



Стивен Д. БИГЕЛОУ
Джозеф Д. КАРР
Стив ВИНДЕР

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕЛЕФОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



**Стивен Д. БИГЕЛОУ
Джозеф Д. КАРР
Стив ВИНДЕР**

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕЛЕФОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



ДМК
ДЛЯ МАСТЕРОВ

Москва, 2007

УДК 621.396.6
ББК 32.872
Б59

Б59 Бигелоу С. Д., Виндер С., Карр Д. Д.
Энциклопедия телефонной электроники. — М.: Издательский дом «ДМК-пресс», 2007. — 576 с.

ISBN 5-9706-0014-8

В книге описано все, что связано с таким всеобъемлющим понятием как «телефония» — начиная с устройства и работы самого простого дискового телефонного аппарата и заканчивая вопросами использования оптоволоконных кабелей в системах связи, телевидения высокой четкости и кабельным модемам.

Также в книге приводятся схемы согласования телефонных аппаратов с абонентской линией связи, объясняются основные принципы использования цифровых сигналов для передачи информации, рассматриваются системы коммерческой связи, голосовой почты, улучшения качества приема-передачи, спутниковая и мобильная связь.

Издание послужит весьма существенным и обширным источником знаний для техников, инженеров, студентов ведущих университетов и для всех тех, кого интересуют проблемы использования современных достижений электроники в средствах телекоммуникаций.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 0-7506-7175-0 (анг.)
ISBN 5-9706-0014-8

Copyright © 2001 by Butterworth-Heinemann.
© Перевод на русский язык, оформление
Издательский дом ДМК-пресс, 2007

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	19
ГЛАВА 1. СИСТЕМА ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ	25
Краткий экскурс в историю вопроса	25
Телефонный аппарат	27
Абонентская линия связи	28
Осуществление вызова.....	29
Набор номера телефона.....	32
<i>Импульсный набор</i>	32
<i>Тональный набор номера</i>	32
Соединение телефонов	33
Звонок на вызываемом телефоне.....	33
Ответ на вызов	33
Процесс разговора по телефону	33
Окончание разговора.....	34
За пределами абонентской линии связи	34
Абонентские телефонные сети общего пользования	35
Система обозначения телефонных станций	35
Организация взаимодействия между отдельными АТС	35
Структура сетей связи	37
<i>Районные или местные сети</i>	37
<i>Территориальные сети</i>	39
<i>Сети дальней связи</i>	39
Способы передачи информации	40
Передача аналоговых сигналов	41
<i>Ширина полосы пропускания звукового канала</i>	41
<i>Уровень сигнала в голосовом канале</i>	42
<i>Шумы голосового канала</i>	45
<i>Мультиплексирование, или уплотнение каналов</i>	46
Передача сигналов управления	49
<i>Передача сигналов с использованием</i> <i>постоянного тока</i>	49
<i>Тональные сигналы</i>	50
<i>Цифровые сигналы управления и контроля</i>	52
<i>Передача сигналов между АТС</i> <i>с использованием общего канала</i>	53
Цифровой метод передачи	54

Системы коммутации	56
Ручное коммутирование линий связи	56
Передовые методы управления процессом коммутации	58
<i>Шаговый искатель</i>	<i>58</i>
Система общего контроля	61
<i>Координатное поле</i>	<i>62</i>
<i>Электромеханический вариант системы</i>	<i>62</i>
<i>Герметизированные язычковые реле, или герконы</i>	<i>65</i>
Цифровые телефонные станции	66
Абонентские линии связи и магистральные линии	67
Технические средства обслуживания	
систем передачи сигналов	69
Проводные технические средства и оборудование	69
Аналоговые каналы передачи информации	69
Цифровые каналы передачи информации	71
<i>Технические средства обслуживания</i>	
<i>межстанционных сигналов управления</i>	
<i>с общим каналом</i>	<i>72</i>
Используемые для передачи информации	
физические среды	74
<i>Проводные средства связи</i>	<i>74</i>
<i>Радиосредства</i>	<i>75</i>
<i>Оптоволоконный кабель</i>	<i>76</i>
Условия для нормальной работоспособности	
систем связи	78
Регистрация телефонного оборудования	80
Контрольные вопросы к главе 1	81
 ГЛАВА 2. ТРАДИЦИОННЫЙ ТЕЛЕФОННЫЙ АППАРАТ	 83
Предварительные замечания к главе	83
Рычаги телефонного аппарата	83
Телефонная трубка лежит на рычагах аппарата	83
Трубка снята с рычагов аппарата	83
Импульсный набор номера	85
Синхронизация импульсов	85
Выявление (распознавание) импульсов набора	87
Подавление звуков речи и подзвонивания	
звонка телефона	87
Тональный набор номера	89
Генерирование тонального сигнала	90

Распознавание тональных сигналов	92
Сравнение времени, затрачиваемого на набор номера различными методами	92
Сопряжение генератора двухтональных многочастотных сигналов с линией связи.....	93
<i>Питание схем телефона</i>	94
<i>Уровни сигналов</i>	94
<i>Искажения</i>	95
<i>Импеданс, или полное комплексное сопротивление</i>	96
<i>Потери на отражение</i>	96
Преимущества использования метода двухтональных многочастотных сигналов.....	96
Микрофон	97
Конструкция микрофона.....	97
Принцип работы микрофона	98
Влияние длины проводов линии связи или шлейфа.....	98
Компенсация изменения сопротивления, связанного с изменением длины линии связи.....	100
Искажения	101
Применение микрофонов других типов	101
<i>Электродинамический микрофон</i>	102
<i>Электретный микрофон</i>	103
Телефонный капсюль	104
Электромеханический звонок	105
Принцип действия звонка	107
Генератор вызывного сигнала	108
Распознавание постоянного тока шлейфа при прохождении вызывного сигнала	110
Функция гибридной системы	112
Работа гибридной системы.....	114
Сигнал самопрослушивания	116
Электронные модели телефонных аппаратов	117
Эквивалентная схема.....	117
Что нового удалось узнать в этой главе?	121
Контрольные вопросы к главе 2	123

ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ В ЦЕПЯХ ПРОХОЖДЕНИЯ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА.....

Предварительные замечания о содержании главы	125
----------------------------------------------------	-----

Требования к абонентскому шлейфу относительно постоянного тока	126
Принципиальная схема дуплексного речевого канала	129
Схемы защиты интегральных микросхем	131
Защита от перенапряжений в телефонной линии	131
Защита схемы при обратной полярности включения напряжения	131
Стандартная мостовая схема выпрямления	132
Мостовая схема выпрямления с низким значением прямого падения напряжения	133
Цепи прохождения речевого сигнала	134
Сопряжение с линией связи по постоянной составляющей	136
Схема компенсации длины шлейфа.....	136
Стабилизаторы выходных напряжений	138
Цепи микрофона	140
Напряжение смещения на микрофоне	140
Предусилитель микрофона.....	141
Передающий усилитель	142
Усилитель сигнала самопрослушивания.....	142
Схема сопряжения с телефонной линией по переменной составляющей.....	143
<i>Цепи приема поступающего сигнала</i>	<i>144</i>
Усилитель поступающего сигнала.....	144
Схема, задающая режим «Отключение звука», и выбор режима набора номера.....	146
Схема подключения (интерфейс) номеронабирателя	147
<i>Согласование линии</i>	<i>147</i>
<i>Компенсация уровня громкости в телефонном аппарате</i>	<i>149</i>
<i>Применимость и технические характеристики интегральных микросхем, разработанных для цепей прохождения речевого сигнала</i>	<i>151</i>
Что нового удалось узнать в этой главе?	154
Контрольные вопросы к главе 3	156

ГЛАВА 4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ НАБОРА НОМЕРА И ВЫЗЫВНОГО СИГНАЛА	159
Предварительные замечания о содержании главы	159

Интегральные микросхемы, использующиеся для импульсного набора номера	159
Повторный набор номера	160
Мощность, потребляемая электронными схемами и изменения напряжения во время переходных процессов	161
Мощность, потребляемая электронными схемами.....	161
Высокие напряжения, возникающие при переходных процессах	162
Схемы импульсного набора номера	164
Параллельное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала	165
Последовательное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала	166
Основная функция электронного импульсного номеронабирателя	166
Применение интегральных схем в импульсных номеронабирателях	170
Использование интегральных микросхем для двухтонального многочастотного набора	173
Пример применения интегральной микросхемы	174
Форма выходного сигнала	177
<i>Реальный пример применения интегральных микросхем</i>	179
Комбинированные номеронабиратели	179
Применяемые на практике интегральные микросхемы...	180
Электронный звонок	182
Однотональный электронный звонок.....	183
Стабилизация напряжения.....	183
Схема блокировки подзвонивания телефона при импульсном наборе	184
Генерация тонального сигнала и выходной звуковой сигнал	184
Недостатки однотонального звонка	185
Многотональный электронный звонок	186
Стабилизация напряжения.....	187
Схемы, блокирующие подзвонивание телефона при наборе номера	187
Схема генерации тональных сигналов	189
Выходные каскады	190

Пример исполнения схемы электронного звонка	191
Выпрямление и защита от перенапряжений	192
Генератор тональных сигналов	193
Выходной усилительный каскад	194
Телефонный аппарат, полностью собранный	
на интегральных микросхемах	195
Что нового удалось узнать в этой главе?	197
Контрольные вопросы к главе 4	199
 ГЛАВА 5. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В	
СИСТЕМАХ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ	201
Предварительные замечания о содержании главы	201
Телефонный аппарат на однокристалльной	
интегральной микросхеме MC34010	201
Линейный интерфейс	202
Цепи прохождения речевого сигнала	204
Тональный номеронабиратель	205
Схема подачи вызывного сигнала	206
Использование микропроцессора	206
Выбор типа микропроцессора	207
Интерфейс микропроцессора	208
Способ передачи данных	209
Считывание	209
Запись	210
Другие сигналы управления	211
Пример использования интегральной микросхемы,	
предназначенной для телефонии	211
Спикерфоны	215
Функциональные возможности спикерфонов	219
Интегральные микросхемы, разработанные	
для применения в спикерфонах	220
Цепь ослабления сигнала	222
Датчики уровня сигнала	224
Усилители	224
Пример практического использования интегральной	
микросхемы MC34118	225
Добавление в спикерфон расширенных	
логико-информационных возможностей	228
Что нового удалось узнать в этой главе?	229
Контрольные вопросы к главе 5	231

ГЛАВА 6. ТЕХНИКА ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ	233
Предварительные замечания о содержании главы	233
Цифровые сигналы	233
Одноразрядные цифровые сигналы.....	233
Многоразрядные цифровые сигналы — с последовательной поразрядной передачей	234
Многоразрядные цифровые сигналы — с параллельной поразрядной передачей	236
Каким образом представляются числа?	239
Представление информации с использованием двоичных кодов	240
Преобразование сигналов	241
Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму	242
Преобразование цифрового сигнала в аналоговый	243
Преимущества и недостатки применения цифровых систем телефонной связи	243
Преимущества цифровых систем связи	243
<i>Снижение издержек при использовании интегральных микросхем общего назначения</i>	243
<i>Функции, выполняемые с использованием интегральных микросхем широкого применения</i>	244
<i>Более простое осуществление мультиплексирования</i>	246
<i>Более простое осуществление управления и контроля</i>	246
<i>Более высокая помехозащищенность в присутствии шумов</i>	247
<i>Значительное снижение перекрестных помех</i>	247
<i>Возможность смешивания цифровых сигналов</i>	248
Недостатки метода цифровой передачи	248
<i>Пропускная способность канала связи по информационной емкости</i>	251
<i>Многократность аналого-цифрового преобразования сигнала</i>	251
<i>Влияние условий окружающей среды на передачу сигналов</i>	252
<i>Интерфейс поддержки аналоговых систем</i>	253
<i>Необходимость использования более</i>	

<i>широкой полосы пропускания</i>	254
<i>Точное и синхронизированное распределение</i> <i>во времени</i>	254
Преобразование сигнала в цифровую форму	257
Дискретизация аналогового сигнала	258
Амплитудно-импульсная модуляция	259
Кодово-импульсная модуляция	260
Дискретизация	261
Кодирование	263
<i>Линейный кодер</i>	263
<i>Компандирование</i>	265
<i>Компандирование с использованием</i> <i>μ-характеристики</i>	266
<i>Компандирование с использованием</i> <i>A-характеристики</i>	268
<i>Дельта-модуляция</i>	270
<i>Кодеры источника</i>	272
Мультиплексирование с разделением во времени	272
Синхронные и асинхронные системы	273
Чередование битов и кодовых групп при уплотнении каналов передачи данных	274
Синхронизация	274
Формат передачи цифровых данных T1	277
Стандарт высокоскоростной передачи цифровых данных T3	279
Форматы цифровых каналов передачи T4 и T5	281
Европейская система и скорость передачи данных	282
Стандарт синхронной оптической сети SONET и Европейский стандарт на волоконно-оптические средства связи SDH	284
Системы рационального использования телефонных кабельных пар	285
Аналоговые и цифровые системы мультиплексной передачи	285
Сети связи ISDN и xDSL	286
Передача сигналов в кодовой группе при импульсно- кодовой модуляции	287
Что нового удалось узнать в этой главе?	288
Контрольные вопросы к главе 6	290

ГЛАВА 7. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В РАЙОННЫХ АТС	293
Предварительные замечания о содержании главы	293
Абонентская телефонная линия	294
Стандартные интерфейсы районных АТС	295
Интерфейс абонентской линии связи	296
Батарейное питание	296
Защита от перенапряжений	297
Подача вызывного сигнала	297
Подача сигналов управления и контроля	297
Подача сигнала через шлейф	298
Подача сигнала через «землю»	298
Контроль подачи сигналов при наборе номера	299
Осуществления контроля над ответом на вызов	302
Кодирование	302
Гибридная схема	302
Схема тестирования	303
Интерфейс магистральной линии	303
Система магистральных линий связи	303
Использование электроники в интерфейсах районных АТС	304
Электронные схемы в интерфейсах абонентских телефонных линий	306
Интерфейс абонентских телефонных линий, выполненный с использованием интегральных микросхем	308
Интегральная микросхема TCM4204	309
Работа интегральной микросхемы	310
Преимущества от использования интегральной микросхемы	312
Фильтры акустического диапазона	313
Фильтр, выполненный на базе интегральной микросхемы TCM2912C	314
Кодеки и комбинированные схемы	315
Работа кодека	317
Интегральная микросхема TCM2910A	320
Комбинированная интегральная микросхема кодека и фильтра	322
Электронные схемы приема сигналов двухтонального многочастотного набора	324

Фильтры и детектирование	326
Интегральное приемное устройство двухтональных многочастотных сигналов	328
Электронные матричные коммутаторы	332
Матричные переключатели, выполненные в виде интегральных микросхем	336
Системы абонентских линий связи	339
Цифровое оборудование мультимплексирования	339
Цифровые абонентские линии связи	341
Что нового удалось узнать в этой главе?	342
Контрольные вопросы к главе 7	344
 ГЛАВА 8. ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ В СЕТЯХ	347
Предварительные замечания о содержании главы	347
Почему, все-таки, передача сигналов в цифровой форме?	347
Комплекс оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми	349
Комплексы сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D-типа	349
Комплекс сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D1	349
Модификации комплексов оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D-типа	352
Комплексы оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D3 и D4	353
Мультимплексоры	354
Форматы фреймов	354
Иерархия систем мультимплексирования	356
Метод заполнения холостыми импульсами	358
Мультимплексированный сигнал DS-1C	361
Синхронизация	361
Коды линий связи	364
Типы кодов, применяемых в линиях связи	365
Дрейф постоянной составляющей	367
Восстановление формы импульсов и синхронизирующих сигналов	367
Повторители сигнала	368
Восстановление синхронизации	370
Регенерация	371
Поступающий сигнал	373

Кадровая синхронизация	373
Другие типы кодов в линиях связи	375
Замещение «N нулей» двоичного разряда	376
Коды B6ZS и B3ZS	376
Код замещения HDB3	379
Код замещения B8ZS	379
Манчестерский код	381
Что нового удалось узнать в этой главе?	381
Контрольные вопросы к главе 8	383

ГЛАВА 9. МОДЕМЫ И АППАРАТЫ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ — ДРУГОЙ ТИП УСЛУГ В ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ.....

Предварительные замечания о содержании главы	385
Что из себя представляет модем и зачем он необходим?	385
Асинхронный символьный формат	388
Пяти- и семибитовые коды символов	390
Работа в асинхронном режиме	390
Синхронный режим работы	391
Изохронный режим работы	394
Модуляция и демодуляция	394
Модуляция	395
Амплитудная модуляция	395
Частотная модуляция	396
Фазовая модуляция	396
Демодуляция сигнала	398
Работа асинхронного модема	398
Системная взаимосвязь	399
Асинхронный модем со скоростью передачи 1200 бит/с	400
Модем 103-й серии компании Белл Системс (Bell Systems)	402
Прогресс, достигнутый в современных модемах	403
Модем, изготовленный на базе однокристалльной интегральной микросхемы	404
Работа интегральной микросхемы	404
Стандарты схем интерфейса цифрового оборудования	405
Распознавание и коррекция ошибок передачи	412
Стандарты	413
Высокоскоростные модемы	413
Выявление и устранение ошибок передачи	415

Сжатие данных.....	415
Другие методы сжатия данных.....	416
Протоколы.....	417
Оборудование факсимильной связи.....	419
Центральный микропроцессор.....	419
Факс-модем.....	421
Панель управления.....	422
Режим приема.....	422
Передача данных.....	423
Факс-устройства, устанавливаемые в компьютерах.....	424
Компьютерный факс-модем на базе интегральных микросхем SSI 73D2291/2292.....	425
Что нового удалось узнать в этой главе?.....	428
Контрольные вопросы к главе 9.....	429
 ГЛАВА 10. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ КАНАЛЫ СВЯЗИ.....	 431
Предварительные замечания о содержании главы.....	431
Средства связи на основе волоконно-оптического кабеля.....	431
Помехи от электромагнитного излучения и безопасность передаваемых данных.....	432
Физические принципы распространения светового сигнала в волоконно-оптическом кабеле.....	434
Краткий теоретический экскурс.....	435
Волоконно-оптический кабель.....	438
Межмодовая дисперсия.....	442
Оптическое волокно с переменным показателем преломления.....	446
Оптические характеристики систем связи, в которых используются волоконно-оптические кабели.....	448
Расчет потерь в системах волоконно-оптической связи.....	449
Преобразование величин, выраженных в децибелах, в коэффициенты усиления или ослабления сигнала.....	451
Специальные шкалы, выраженные в децибелах.....	452
Потери, вызванные дефектами.....	453
Потери, описываемые законом обратной квадратичной зависимости.....	456
Потери на прохождение оптического сигнала.....	456
Потери на поглощение.....	456
Потери, возникающие в местах состыковки волоконно-оптических кабелей.....	456

Волоконно-оптические линии связи	459
Приемный усилитель и схемы управления передающего устройства	460
Что нового удалось узнать в этой главе?	467
Контрольные вопросы к главе 10	468
ГЛАВА 11. БЕСПРОВОДНЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ	471
Предварительные замечания о содержании главы	471
Бесшнуровой телефонный аппарат	471
Аналоговая система связи	472
База телефонного аппарата	473
Портативный блок	474
Используемые частоты	475
Цифровые системы связи	476
Мобильные телефоны	476
Самые ранние системы связи, в которых применялись мобильные телефоны	477
Базовый блок	477
Мобильный блок	479
Зона обслуживания и роуминг (автоматическое подключение к местной сети связи)	481
Организация работы мобильных систем связи	482
<i>Поступающий вызов</i>	482
<i>Исходящий вызов</i>	485
Служба сотовой мобильной телефонной связи	487
Основная концепция организации сотовой связи	488
<i>Структура системы сотовой связи</i>	488
Узел сети сотовой связи	490
Главный коммутационный центр мобильной связи	492
Мобильные устройства	493
Пользование сотовым телефоном	495
Использование роуминга	497
Отличительные черты системы сотовой связи	499
Проблемы сотовой связи	500
<i>Перерывы при ведении разговора</i>	500
<i>«Мертвые» зоны</i>	501
<i>Ограничения, свойственные Прогрессивной системе мобильной связи, AMPS</i>	501
Узкополосная аналоговая система мобильной связи, NAMPS	502
Другие системы сотовой связи	502

Цифровые сети мобильной связи	502
Система множественного доступа с разделением во времени, TDMA	503
Множественный доступ с кодовым разделением каналов	504
Принцип работы метода Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA ...	505
Синхронизация	506
Преимущества использования системы Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA	506
Система Персональных услуг связи	506
Мобильные телефоны третьего поколения	507
Что нового удалось узнать в этой главе?	509
Контрольные вопросы к главе 11	510
 ГЛАВА 12. СБЛИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ	513
Предварительные замечания о содержании главы	513
Технологическая среда	513
Телекоммуникационное обслуживание	514
Кабельное телевидение	517
Телевидение высокого разрешения	518
Кабельные модемы	521
Интернет	524
Конкурирующая среда	525
Телефонные компании	525
Компании кабельного телевидения	527
Интернет-компании	527
Компании прямого спутникового телевидения	528
Компании, ведущие телевидение с использованием низкоорбитальных спутников Земли	529
Состояние дел в международном масштабе	529
Объединение телефонных и компьютерных сетей	530
Что нового удалось узнать в этой главе?	532
Контрольные вопросы к главе 12	534
 ТЕРМИНЫ И НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КНИГЕ	
АНГЛОЯЗЫЧНЫЕ АББРЕВИАТУРЫ	536
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	547
ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	550

Предисловие

Сражение под Новым Орлеаном (1814 г.) было единственным крупным сухопутным сражением, которое Соединенные Штаты выиграли в ходе войны 1812 г. Однако победа, добытая в нем, оказалась бессмысленной, ибо была достигнута спустя целых две недели после того, как сама война уже окончилась. Донесение, объявляющее о конце войны, не пришло к месту назначения вовремя. Что же оказалось причиной такой задержки? Скорость передачи сообщений в 1814 г. была чрезвычайно низкой. Их пересылали с конными курьерами либо парусными судами. Генерал Эндрю Джексон располагал точно такими же несовершенными средствами передачи сообщений между Вашингтоном и Новым Орлеаном, какими располагал и Гай Юлий Цезарь, отправляя своих курьеров с депешами по дорогам между Римом и Галлией. И надо полагать, Цезарь находился даже в лучшем положении, так как его курьеры пользовались прекрасными мощными дорогами, построенными древними римлянами.

Современная революция в телекоммуникационных средствах началась прежде, чем завершилась жизнь одного поколения после сражения под Новым Орлеаном, когда Сэмюэль Ф.Б. Морзе изобрел (электрический) телеграфный аппарат. К началу Гражданской войны большая часть страны была буквально опутана телеграфными проводами, а время передачи сообщений между отдаленными городами сократилось до нескольких минут. Оппозиция Джексона для передачи сообщений обладала возможностями, которые и не снились генералу Эндрю Джексону в его время. Понадобилась жизнь еще одного поколения, чтобы был изобретен телефон, позволивший передавать на большие расстояния живую разговорную речь, а до момента изобретения радио прошла жизнь еще одного поколения.

Все более ускоряющиеся темпы технического прогресса, связанные с телекоммуникациями, наиболее очевидно проявляются на конкретных примерах. Прокладка по дну океана первого трансатлантического телеграфного кабеля была осуществлена в период с 1855 по 1857 гг., а максимальная скорость передачи информации составляла не более 50 слов в минуту. Понадобилось целое столетие, а именно 1955 г., когда по дну океана был проложен первый трансатлантический телефонный кабель. Спустя всего девять лет после ввода в эксплуатацию первого трансатлантического телефонного кабеля был запущен первый телекоммуникационный искусственный спутник (Telstar I, принадлежащий Американской телеграфной и телефонной компании, AT&T). В течение десятилетия, прошедшего с момента запуска Telstar I, в околоземное пространство было запущен-

но такое количество спутников (связи, метеорологических и всяких других), что проблема последующей утилизации космического мусора на околоземной орбите превратилась в далеко не шуточную проблему. Прогресс в темпах сегодняшнего развития средств телекоммуникаций приобретает такую ураганную скорость, что становится чрезвычайно трудно быть с ним на равных.

Результатом конкурентной борьбы в сфере развития телекоммуникаций явилось развитие таких широко доступных в наше время услуг, каковыми является кабельное телевидение,

Интернет, возможности беспроводной и сотовой телефонной связи. По сравнению с тем, как Эндрю Джексон и Юлий Цезарь вынуждены были неделями ожидать прихода новых сообщений, наши современники имеют возможность моментально получать сообщения, графические изображения, видео- и звуковую информацию, буквально в одно касание (можно сказать, на кончике, если не пера, то пальца) через обслуживающие нас телефонные компании, компании, предоставляющие доступ к сети Интернет или сетям кабельного телевидения.

За последние два десятилетия были превзойдены самые смелые ожидания общественности о возможностях развития телефонной связи. Если в самом недалеком прошлом подавляющее большинство абонентов были ограничены в своих возможностях системой аналоговой одноканальной телефонной связи (т.е. обычными телефонными линиями и соответствующим оборудованием, обеспечивающими передачу только речевого сигнала между двумя абонентами), то в настоящее время имеется возможность в реальном масштабе времени одновременно проводить многосторонние разговоры с участием абонентов, находящихся как в различных странах, так и на различных континентах.

Коммутируемые телефонные линии общего пользования на территории Соединенных Штатов Америки представляют одно из величайших чудес современного мира. Они дают возможность связать между собой два любых абонента из более чем ста миллионов, причем сделать это в течение буквально нескольких секунд. Все процессы в этой громадной системе связи управляются самой большой в мире сетью взаимосвязанных и взаимодействующих компьютеров. При всем этом, телефонами этой громадной сети, как правило, пользуются операторы, не прошедшие специальной подготовки и не получившие соответствующих сертификатов (практически почти любой ребенок в возрасте 4-5 лет в состоянии самостоятельно сделать звонок по телефону).

Частично данная книга посвящена этой телефонной системе и тем процессам, которые обеспечивают ее работоспособность. Однако в

большей своей части книга посвящена тем революционным изменениям, которые произошли на пути развития телефонной связи, и тем результатам, которые оказали столь значительное влияние на методы передачи сигналов, на процессы их обработки, выполнение самого соединения, происходящих как при самом обычном телефонном разговоре, так и при передаче данных по системам телефонной связи. Ряд процессов, используемых для передачи речевого сигнала и сигналов управления, все еще используются в повседневной жизни, несмотря на то, что некоторые из них были разработаны на заре создания телефонной связи, то есть в первые десятилетия ее развития, начиная с момента изобретения телефонного аппарата в 1876 г. Однако даже эта часть традиционного и устоявшегося бизнеса подвержена давлению со стороны экономики, права и конкуренции, заставляющему вносить значительные изменения, как это вообще умеет делать бизнес, в оборудование и технологии, используемые для обеспечения телефонных услуг.

Книга начинается с описания основ телефонной связи: с чего, собственно, связь начиналась, какие основные устройства в ней используются и как они взаимодействуют между собой. Затем рассматривается устройство и работа самого обычного телефонного аппарата, еще не имеющего современной электронной начинки. После этого рассматривается то влияние, которое оказала микроэлектроника на конструкцию и работу телефонного аппарата: например, ее влияние на такие его функции, как обработка речевого сигнала, схему согласования телефонного аппарата как электронного устройства с абонентской линией связи, генерацию сигналов, используемых при импульсном и тональном методах набора номера, формирование вызывного сигнала. Далее в книге обсуждается, как современные микропроцессорные системы используют цифровую технику и записанные программы для увеличения производительности и создания новых функций, которыми может обладать телефонный аппарат. Также объясняются основные принципы использования цифровых сигналов для передачи информации, использование современных электронных устройств в работе телефонной станции, а также основные принципы и подходы, используемые для передачи сигналов в сетях. В заключительных главах рассматриваются вопросы современных беспроводных телефонов, мобильных и сотовых систем связи. Очень коротко затрагиваются вопросы использования оптоволоконных кабелей в системах связи, а также возможности Интернета, все возрастающее распространение беспроводных систем связи — очень обширного и интенсивно развивающегося рынка средств телекоммуникаций. В книгу также включены разделы, посвященные вопросам телевидения высокой четкости, модемам, цифровым линиям связи, а также кабельным модемам.

Подобно другим книгам этой серии путь к пониманию сложных проблем излагается постепенно, шаг за шагом. Рекомендуется перед переходом к чтению следующей главы проверить свое понимание материала. Для этого каждая глава книги в конце снабжена контрольными вопросами, позволяющими самостоятельно проверить, как были усвоены основные положения. Правильные ответы на контрольные вопросы приводятся в конце книги.

Коммерческая деятельность, связанная с обеспечением оборудованием и предоставлением услуг как в области местной, так и междугородней связи, претерпевает в наши дни самые бурные изменения, которые в настоящее время в действительности значительно превосходят по своим темпам те изменения, которые должны происходить в любой другой отрасли Соединенных Штатов. До происшедшего под давлением государства в январе 1984 г. разделения Американской телеграфной и телефонной компании, АТТ (AT&T), она была самой крупной компанией в мире, а продукт ее деятельности присутствовал и был необходим, без всяких преувеличений, в каждом доме. Изучение технических вопросов, связанных с работой телефонного оборудования, необходимо для понимания в современной жизни тех подспудных процессов, которые как уже произошли, так и будут продолжаться, являясь действующей силой подобных изменений, происходящих в автомобилестроении, авиации, компьютерных технологиях.

Благодарности и признательность авторов

Первое издание:

Авторы хотят выразить признательность за заботу и опеку д-ру Джону Беллами (John Bellamy), чьи обширные знания по данному предмету наполняют знаниями головы его студентов и содержанием страницы этой книги. Авторы также благодарны за дружеское участие и советы Джону Макнамаре (John McNamara) из Диджитал экипмент корпорэйшн (Digital Equipment Corporation), Кену Бину (Ken Bean) из Тексас Инструментс (Texas Instruments) и Лео Геллеру (Leo Goeller), у которого всегда находилось время для дружеской беседы. И, наконец, мы признательны членам Ассоциации службы международной связи (International Communication Association), чье ободрение и поддержка изменило наше существование.

Рисунки, которые воспроизведены с любезного разрешения Телефонной лаборатории Белла (Bell Telephone Laboratories) и Американской Телефонной и Телеграфной компании (АТТ) [АТ&Т], взяты из источников, список, которых приводится ниже. Ссылки на другие источники приводятся индивидуально.

1. Members of the Technical Staff, Bell Telephone laboratories, *Engineering and Operations of the Bell System*, Bell Telephone Laboratories, Inc., 1977.
2. Members of the Technical Staff, Bell Telephone laboratories, *A History of Engineering and Science in the Bell System, The Early Years (1875 – 1925)*, Bell Telephone Laboratories, Inc., 1975.
3. Members of the Technical Staff, Bell Telephone laboratories, *Bell Laboratories Record*, November, 1980.
4. Network Planning Division of AT&T, *Notes on the Network*, American Telephone and Telegraph Co., No, 500-029, 1980,

Третье издание:

Мне бы хотелось выразить признательность м-ру Шелдону Хохгейзеру [Sheldon Hochheiser] сотруднику Архива компании АТТ за предоставление обширной информации по истории развития и разделения компании АТТ. Также мне хотелось бы выразить благодарность отдельным лицам за их великодушное разрешение воспроизвести в книге ряд материалов:

1. М-ру Т. М. Дальтону (Dalton) III, мэнеджеру, отдел комммерческих услуг (Business Services), Тексас Инструментс Инк. (Texas Instruments, Inc.).
2. М-ру Марку Б. Юргенсону (Mark B. Jorgensen), директору, отдел внешних и корпоративных связей (Corporate Communications), Силикон Системз Инк. (Silicon Systems, Inc.)

3. М-ру Л. Джеферсону Горин (L. Jefferson Gorin), менеджеру, отдел по связям (Media Relations) – Феникс (Phoenix). Моторола семикондактор продактс (Motorola Semiconductor Products) – Феникс (Phoenix), Аризона.
4. Госпоже Эйлин Алгейз (Eileen Algaze), менеджеру по связям с общественностью, отдел маркетинговых коммуникаций, корпорация Рокуэлл Интернэшнл (Rockwell International Corporation).

Четвертое издание

Сотрудники издательства Ньюнез (Newnes) с огромным сожалением вынуждены сообщить, что Джо Карр (Joe Carr), вынесший все тяготы по исправлению данного издания, скончался 25 ноября 2000 г. Являясь автором более 80 книг, Джо помимо этого был широко известен, как автор, сотрудничавший в ряде журналов, лектор и профессиональный инженер, который всегда доставлял улыбку в почтовых сообщениях своим друзьям, членам семьи и коллегам в ставших знаменитыми своих шуточных посланиях по электронной почте. Это очень печальная утрата для издательства Ньюнез.

От имени Джо мы хотели бы поблагодарить и выразить огромную признательность Стиву Уиндеру [Steve Winder], - руководителю группы технического обслуживания компании Бритиш Телеком групп, Сединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии - за его огромный вклад и усилия по развитию этого нового издания книг. Стив подверг экспертизе несколько глав, уделив особое внимание главам 3, 11 и 12. В главе 3 Стив вставил и дал подробную информацию о новой интегральной микросхеме MC34114, рассмотрел вопросы использования цифровых процессоров и заказных (узкоспециализированных) интегральных микросхем, а также предложил добавить свежую информацию, относящуюся к электронным схемам речевого тракта. В главе 11 он обеспечил существенное обновление информации об области множественного (многостанционного) доступа с разделением каналов во времени, по системам сотовой связи, множественному доступу с кодовым разделением. В 12 главе он увеличил материал о модемах и рассмотрел совершенно новые проблемы, такие, например, как телевидение высокого разрешения (четкости), цифровые абонентские линии связи и кабельные модемы. Это только несколько примеров из того огромного количества материала, который Стив написал и вставил в книгу. Мы высоко оцениваем огромный труд Стива, его преданность и неоценимый вклад в подготовку нового издания книги.

Мы также хотим поблагодарить и выразить признательность Ричарду Голдхору (Richard Goldhor) – вице-президенту по конструкторским и технологическим вопросам компании Инаунс Инк. (Enounce, Inc.) – и Стефану Брюдеру (Stephen Bruder) – доценту горно-технологического института, Нью-Мехико – чьи проникательные рецензии, требующие дальнейшего развития темы, оказали нам неоценимую помощь в подготовке и планировании этого издания.

Глава 1. Система телефонной связи

КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ ВОПРОСА

В качестве применяющегося на практике технического устройства телефон родился более века тому назад — в 1876 г. Его рождение явилось следствием экспериментов, проводимых с прибором, который предназначался для одновременной передачи нескольких телеграфных сигналов по одному проводу. Выходец из Шотландии Александр Грехам Белл во время проведения экспериментов с прибором пролил немного кислоты на свои брюки. Его реакция, выразившаяся в ставших с тех пор знаменитыми словах «мистер Уотсон, подойдите, вы мне нужны», заставила буквально броситься его помощника Томаса Уотсона в комнату Белла, но не потому, что с шефом что-то произошло, а по той причине, что электрические провода донесли слова Белла в комнату Уотсона и четко воспроизвели их в приемном устройстве. Простейшее устройство, установленное на улице Кот Стрит в Бостоне 10 марта 1876 г., не было очень удобным для пользования с практической точки зрения (в устройстве использовалась кислота), однако усовершенствования следовали столь стремительно, что реальное воплощение в жизнь концепции Белла о создании общественной разветвленной телефонной сети («это такая огромная система... которая позволяет человеку, находящемуся в одном конце страны, обмениваться словами, произносимыми вслух, с другим человеком, удаленным от него на большие расстояния») начала приобретать реальные черты с января 1878 г., когда первая коммерческая телефонная станция начала свою работу в Нью Хейвене. К 1907 г. в одной только нью-йоркской гостинице «Уолдорф Астория» насчитывалось 1120 телефонных аппаратов и производилось более 500 тыс. телефонных разговоров в год.

Американская телефонная и телеграфная компания АТТ (AT&T) была зарегистрирована в марте 1885 г., чтобы управлять бурным ростом еще не оперившихся телефонных сетей на территории Соединенных штатов. С момента своего создания АТТ действовала как официальная управляемая монополия. Это означало, что АТТ могла создавать, обслуживать и управлять единой универсальной сетью на территории всей страны без постороннего вмешательства, а также производить все телефонные аппараты и оборудование телефонных станций для общего пользования. Федеральное правительство осуществляло контроль над политикой компании, ее практической деятельностью и доходами. Это послужило основой для становления наиболее развитой и эффективной телекоммуникационной сети в мире.

Чуть более века тому назад Александр Грехам Белл изобрел телефон. С тех пор индустрия, связанная с телефонией, стала занимать одно из ведущих мест в мире.

К середине 40-х годов прошлого столетия правительство США начало серьезно интересоваться вопросами телефонной монополии в свете действующего антимонопольного законодательства и инкриминируемыми сомнительными злоупотреблениями со стороны АТТ. Антитрестовый иск, поданный в 1949 г., вынудил АТТ к 1965 г. ограничить свои деловые операции национальными телефонными сетями. В течение нескольких десятилетий Федеральная комиссия США по связи (FCC) начала разрешать поставку новых продуктов и услуг со стороны конкурирующих компаний. К середине 70-х годов прошлого века несколько конкурентов получили право предлагать услуги междугородней связи.

Успехи технологии и вызов конкурентов заставили правительство еще раз пересмотреть свои позиции в отношении монополизма в сфере предоставления телефонных услуг. 20 ноября 1974 г. Департамент юстиции предъявил новый антитрестовый иск компании АТТ. Судебное разбирательство началось в январе 1981 г. Год спустя компания АТТ согласилась на условия, позволяющие урегулировать предъявляемые требования. По существу, компания АТТ должна была ликвидировать все свои местные компании-операторы. Это прекращало бы действие монополии, удерживаемой компанией АТТ почти в течение вековой истории, однако это также породило бы множество регулирующих ограничений.

Процедура официального разделения началась с 1 января 1984 г. Монополия ушла в прошлое. Компания АТТ получила право для конкуренции на рынке предоставления коммуникационных услуг, а местные компании-операторы получили возможность обустраивать и проводить обслуживание местных телефонных сетей.

Каждая местная телефонная компания входила в состав холдинговой компании каждого конкретного региона, которая осуществляла все ежедневные операции в данном регионе, при этом за местной компанией оставлялось право концентрировать свои усилия на развитии и обслуживании телефонных сетей. Эти холдинговые компании теперь известны как Региональные компании-операторы Bell (RBOC). Для осуществления технического взаимодействия после процедуры разделения была основана Центральная сервисная организация (CSO), задачей которой являлась техническая поддержка Региональных компаний-операторов Bell в различных регионах мира путем предоставления услуг по проведению научных исследований и выполнению инженерных разработок. Эта техническая организация занимает место знаменитой Лаборатории Bell, известной в настоящее время как Люцент технологий (Lucent Technologies), и остается в составе компании АТТ после разделения. Центральная сервисная организация финансируется каждой Региональной компанией-оператором Bell, поэтому результаты ее работы используются всеми региональными и местными компаниями.

На сегодняшний день телекоммуникационные сети и средства представляют многомиллиардную индустрию, в которой заняты более одного миллиона человек. Современные телекоммуникационные сети обеспечивают эффективную доставку данных и передачу речевой информации в реальном масштабе времени в самые отдаленные регионы. На сцену выходят новые и слившиеся телекоммуникационные компании. Например, телефонная компания Chesapeake & Potomac слилась с телефонными компаниями New York и New England и после слияния стала называться BellAtlantic, а впоследствии переименовалась в Verizon. В дополнение к компании АТТ в настоящее время существует ряд компаний-поставщиков услуг междугородней связи. Например, в США наравне с компанией АТТ действуют компании MCI Worldcom и Sprint. Также на рынке представлен ряд более мелких телефонных компаний, обслуживающие небольшие объекты (от 10 до нескольких десятков тысяч абонентских номеров), которые в настоящее время способны также предоставлять абонентам выход на междугородние линии связи.

ТЕЛЕФОННЫЙ АППАРАТ

В качестве примера на рис. 1.1 приведен внешний вид самого обычного телефонного аппарата, предназначенного для ведения телефонного разговора.

Он очень прост как по внешнему виду, так и по устройству, хотя и обладает способностью выполнять на удивление большое количество функций, наиболее важными из которых являются следующие:

Обычный телефонный аппарат способен выполнять восемь основных функций, которые обеспечивают предоставление услуг абоненту.



Рис. 1.1.
Телефонный аппарат
(благодаря любезности компании Radio Shack)

1. Аппарат позволяет использовать систему телефонной связи после того, как телефонная трубка снята с рычагов аппарата.
2. Аппарат сигнализирует, что система телефонной связи готова к предоставлению услуг путем подачи специального сигнала, получившего название «сигнал готовности набора номера» (или просто — гудок в телефонной трубке).
3. Аппарат посылает набираемый номер в систему связи. Номер набирается абонентом, когда он нажимает кнопки набора (либо же вращает диск номеронабирателя в старых моделях телефонных аппаратов).
4. Аппарат информирует абонента о состоянии, в котором находится процесс устанавливаемого соединения, путем подачи специальных сигналов (вызов абонента, вызываемый номер занят и т.п.).
5. Аппарат сигнализирует о поступлении вызова другого абонента звонком или каким-нибудь иным звуковым сигналом.
6. Аппарат преобразует речь говорящего по телефону абонента в электрические сигналы, которые передаются второму собеседнику по системе телефонной связи. Он также преобразует электрические сигналы, поступающие с другого, иногда удаленного на очень значительные расстояния, телефона в речевой или иной воспринимаемый органами слуха человека звуковой сигнал.
7. Аппарат автоматически адаптируется к изменениям питающего его напряжения.
8. Аппарат автоматически сигнализирует системе связи об окончании разговора после того, как говорящий «повесил трубку».

Совершенно естественно, что для того чтобы телефон работал, он должен быть соединен с другим телефонным аппаратом. На заре развития телефонной связи аппараты были просто постоянно соединены друг с другом электрическими проводами. По мере увеличения количества телефонов такое решение оказалось малопрактичным, поэтому были созданы местные и центральные телефонные станции, задачами которых было установление соединения между отдельными аппаратами, а также выполнение ряда других функций по установлению связи.

АБОНЕНТСКАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ

Каждый абонентский аппарат соединяется с центральной телефонной станцией, которая достаточно часто является районной АТС и на которой установлено коммутационное оборудование, сигнальное оборудование и станционные батареи, обеспечивающие напряжение постоянного тока, необходимое для работы телефонов. Схема подключения телефонного аппарата к телефонной станции приведена на рис. 1.2. Каждый телефонный аппарат через абонентскую или местную линию связи соединяется с районной телефонной станцией двумя проводами,

получившими название телефонной пары. Один из проводов телефонной пары обозначается буквой Т (от *tip* — штекер), а второй — буквой R (от *ring* — кольцо), использовавшихся в штекерных разъемах, применяемых телефонистками на первых коммутационных панелях при ручном установлении соединения. В ряде стран, включая страны Соединенного королевства Великобритании, эти провода получили названия А-провод и В-провод соответственно.

Переключение соединения на районной или центральной телефонной станции осуществляется в соответствии с управляющими импульсами, передаваемыми при наборе номера с телефона вызывающего абонента (либо же тональными сигналами), в результате которых производится соединение вызывающего телефонного аппарата с вызываемым аппаратом. После того как соединение установлено, два телефона оказываются соединенными с использованием трансформаторно связанных шлейфов, в которых используется ток от аккумуляторных батарей центральных (районных) телефонных станций.

Пара электрических проводов соединяет телефонный аппарат с центральной (районной) телефонной станцией. Такое соединение получило название местной или абонентской линии связи. Один из соединительных проводов получил обозначение Т по названию соединительного штекера, или головки штекера, (Т — от англ. *tip*), а второй — R от названия гнезда, кольца или шейки штекера (R — от англ. *ring*).

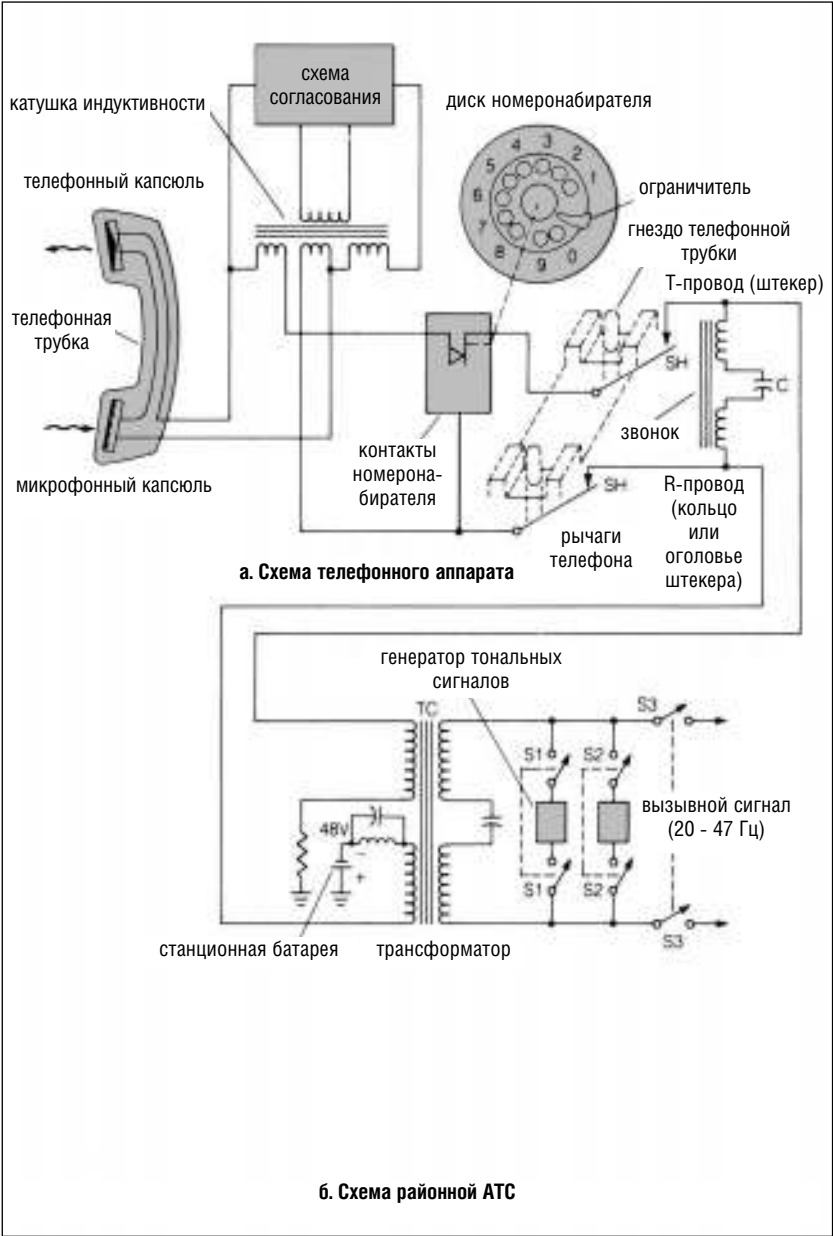
Осуществление вызова

Пока телефонная трубка лежит на рычагах телефонного аппарата, которые под ее весом воздействуют на контакты переключателя рычагов телефонной трубки, контакты переключателя остаются разомкнутыми. О таком положении телефонной трубки принято говорить, что она лежит на рычагах. Электрическая цепь между телефонной трубкой и центральной телефонной станцией будет разомкнута. Однако цепь вызывного сигнала (цепь звонка) в телефоне всегда подключена к центральной телефонной станции, как это показано на рис. 1.2. Конденсатор С препятствует протеканию постоянного тока от аккумуляторной батареи, однако он пропускает переменный ток сигнала вызова. (Цепь звонка имеет высокое собственное сопротивление для речевого сигнала, поэтому она не оказывает влияния на его прохождение.)

Как только телефонная трубка снимается с рычагов, пружиненные кнопки освобождаются и замыкают контакты. Замкнутые контакты переключателя замыкают абонентскую линию связи, соединяющую телефон с центральной телефонной станцией, по линии начинает протекать электрический ток. О таком состоянии принято говорить, что телефонная трубка снята с рычагов. (Такие архаичные выражения, как «трубка лежит на рычагах», «трубка снята с рычагов» или «повесить трубку» пришли из тех далеких времен, когда приемная трубка телефона, преобразующая электрический сигнал в звуковой, была выполнена в виде отдельного элемента и в случаях, когда не использовалась для разговора, висела на специальном рычажном выключателе, — рис. 1.3. Это также объясняет, почему многие люди продолжают относиться к телефонной трубке как к приемной телефонной трубке даже в наши дни.)

Когда телефонная трубка снята с рычагов телефонного аппарата, телефонная станция посылает на вызывающий телефонный аппарат сигнал готовности набора номера.

Рис. 1.2.
Упрощенная
электрическая
схема соединения
телефонного
аппарата и
районной
телефонной
станции
(приводится по
книге: D. L. Cannon
and G. Luecke,
*Understanding com-
munication systems*,
SAMS, a Division of
Macmillan Computer
Publishing, 1984)



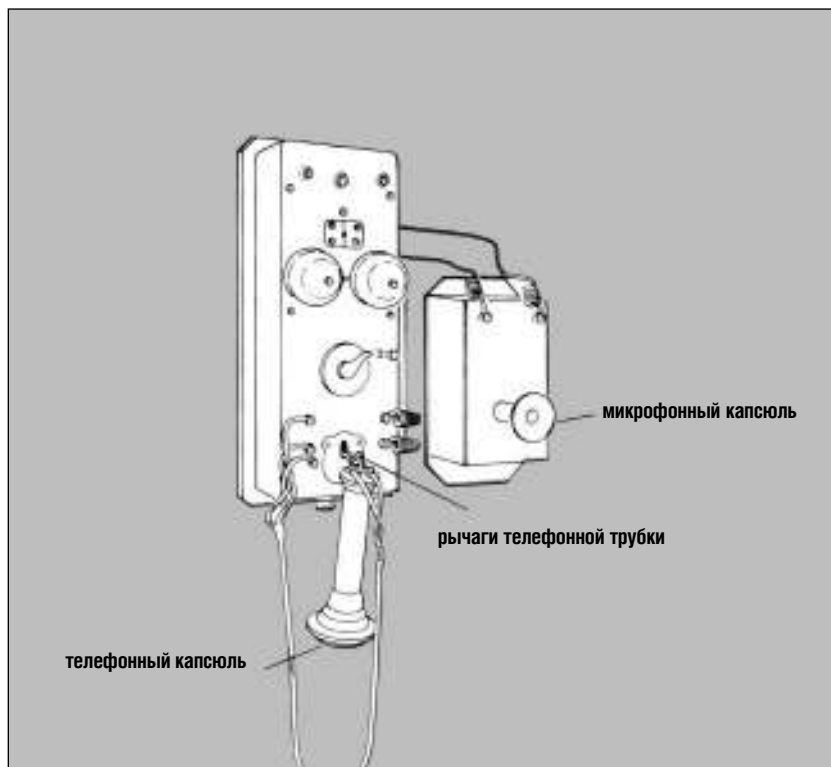


Рис. 1.3.
Одна из первых
моделей
телефонного
аппарата, у
которого приемная
телефонная трубка
была выполнена
отдельно и
подвешивалась на
специальном
рычажном
выключателе

На электрической схеме телефонного аппарата, приведенной на рис. 1.2, постоянный ток протекает через контакты рычагов трубки, контакты номеронабирателя, катушку индуктивности, а также через телефонный и микрофонный капсюли, конструктивно объединенные в единой телефонной трубке. В телефонах с электронными схемами постоянный ток также питает внешние дополнительные цепи, поэтому величина тока, протекающего по линии связи, должна быть несколько больше. Цепь постоянного тока имеет высокое сопротивление для протекания сигнала переменного тока, что обеспечивает такие условия для протекания постоянного тока, при которых не происходит замыкания полезного речевого сигнала. Сигнал, протекающий по замкнутой цепи (иногда говорят — шлейфу телефона) при поднятой трубке, информирует районную телефонную станцию, что кто-то захотел поговорить по телефону. В свою очередь районная телефонная станция посылает на данный телефонный аппарат сигнал готовности набора номера, который позволяет звонящему быть уверенным, что телефонная станция готова принять и обработать сигналы набираемого номера. (Телефонный номер можно также рассматривать в качестве своеобразного адреса, по которому будет отправлено речевое сообщение.)

Набор номера телефона

Старые модели телефонов посылали номер набираемого телефона в виде последовательности электрических импульсов, тогда как современные модели телефонных аппаратов посылают его в виде комбинированного сигнала, состоящего из сигналов нескольких звуковых частот, так называемого тонального, или многочастотного, набора. Особенности каждого типа набора описываются в историческом порядке, пока же следует отметить, что импульсный набор в настоящее время используется все реже (хотя в современных моделях электронных телефонов предусмотрена возможность использовать как тональный, так и импульсный набор).

Импульсный набор

Телефонный номер пересылается по линии связи либо в виде последовательности электрических импульсов (импульсный набор), либо в виде серии последовательных сигналов, каждый из которых представляет комбинацию сигналов двух, иногда трех различных частот звукового диапазона (тональный набор)

Телефонные аппараты, в которых используется импульсный набор, имеют диск номеронабирателя, который при вращении замыкает и размыкает со строго фиксированной скоростью цепь абонентской линии связи. Количество передаваемых импульсов при одном обратном ходе диска номеронабирателя зависит от того, на какой угол был предварительно повернут диск перед тем, как он был отпущен. Хотя для всех сетей связи является обязательным распознавание и обслуживание телефонов с импульсным набором, современные стандарты базируются на тональном методе набора номера.

Тональный набор номера

В большинстве современных моделей телефонных аппаратов используется более передовой метод кодировки и передачи цифр телефонного номера, в котором для каждой цифры используется комбинированный сигнал, полученный от смешивания нескольких сигналов различной частоты, получивший название метода двухтонального многочастотного набора (DTMF). Этот метод набора может использоваться только в том случае, если районная (или другая) телефонная станция оснащена специальным оборудованием, способным обрабатывать такие сигналы. В отличие от моделей телефонов с дисковым номеронабирателем для импульсного набора, телефоны с тональным набором оборудованы наборным полем, на котором расположены 12 кнопок или клавиш для набора цифр от 0 до 9 и специальными клавишами, обозначенными значками: «*» (звездочкой) и «#» (решеткой или обозначением фунта). При нажатии одной из клавиш электронные цепи генерируют два выходных сигнала различной частоты, которые соответствуют набранной цифре номера. Двухтональный многочастотный набор, DTMF, также широко известен как код MF4, который используется производителями оборудования при написании инструкций для электронных банковских систем и маршрутизации телефонных вызовов в центрах обработки заказов (вызовов).

Соединение телефонов

На районной телефонной станции установлено огромное количество реле и переключателей, которые автоматически соединяют вызывающий и вызываемый телефоны. Можно на минутку представить, что соединение между телефонами уже установлено. Как работают системы коммутации, будет более детально рассмотрено немного позже.

Если во время попытки установить соединение телефонная трубка вызываемого телефона оказалась снятой с рычагов, то районной телефонной станцией генерируется сигнал «занято» и направляется на вызывающий телефон. В противном случае на вызываемый телефон поступает сигнал вызова, который ставит в известность этого абонента, что к нему поступил вызов. Одновременно с этим сигнал обратного вызова также поступает на телефон вызывающего абонента, чтобы информировать его, что у вызываемого абонента на телефоне звонит вызывной сигнал.

Соединение производится на телефонной станции, после чего на телефонный аппарат вызываемого номера посылается сигнал вызова.

Звонок на вызываемом телефоне

Очень давно телефонные сети были организованы по принципу «от точки к точке», то есть коммутация соединений между абонентскими линиями не производилась, и вызывающий абонент привлекал внимание абонента на другом конце линии простым поднятием своей телефонной трубки и громкими призывами типа «Алло!», либо «Агу!». Это оказалось не очень удобным, поэтому вскоре появились схемы, основанные на использовании электромеханических сигналов. Одна из таких систем, повсеместно используемая и по сей день и называемая звонком переменного тока, была запатентована в 1878 г. Томасом А. Уотсоном (ассистентом мистера Белла). В современных телефонных аппаратах звонки, работающие на переменном токе, были заменены электронными схемами, генерирующими вызывной сигнал.

Ответ на вызов

Если в ответ на поступивший вызов абонент поднимает телефонную трубку, то замыкание контактов, соединенных с рычагами трубки, полностью завершает соединение электрической цепи или шлейфа вызываемого телефона, и по цепям вызываемого телефона начинает протекать ток шлейфа. На районной или центральной телефонной станции происходит отключение вызывного сигнала и сигнала обратного вызова.

Снятие трубки с рычагов во время поступления сигнала вызова вызывает протекание тока по шлейфу.

Процесс разговора по телефону

Та часть телефонного аппарата, в которую говорит абонент, получила название микрофонного капсюля, или передающего преобразовательного устройства. Микрофонный капсюль преобразует речь (или

Микрофон преобразует энергию акустического сигнала в синхронно изменяющийся с речью электрический сигнал. Приемное устройство преобразует изменяющийся электрический сигнал в эквивалентный акустический, то есть звуки речи собеседника.

энергию любого акустического сигнала) в изменяемый по величине электрический сигнал путем изменения, или модуляции, величины шлейфового тока, происходящего синхронно с речью говорящего.

Та часть телефонного аппарата, которая преобразует изменяющийся электрический сигнал в звуковой, способный к восприятию человеческим ухом, получила название приемного телефона, или телефонного капсюля. После преобразования микрофоном изменяющийся электрический сигнал по проводам линии связи поступает в телефон вызываемого абонента. При этом небольшая часть передаваемого сигнала поступает назад в телефонную трубку (капсюль) говорящего. Эта часть сигнала получила название сигнала самопрослушивания.

Сигнал самопрослушивания необходим для того, чтобы говорящий мог слышать свой собственный голос из телефонной трубки и определять громкость своего собственного голоса. Уровень сигнала самопрослушивания должен быть правильно подобран для адекватного восприятия звука голоса принимающим абонентом, так как слишком большая его величина заставит говорящего уменьшать силу своего голоса, а слишком низкий уровень сигнала — громко говорить в микрофон, то есть голос говорящего начнет звучать на другом конце провода наподобие чудовищных воплей.

Окончание разговора

Как только одна из телефонных трубок будет положена на рычаги, цепь шлейфа, по которой протекает ток, размыкается, и районная телефонная станция производит рассоединение линии связи.

Соединение прекращается, как только один из говорящих положит телефонную трубку. Сигнал, поступивший от положенной на рычаги телефонной трубки, дает команду центральной телефонной станции на рассоединение линии связи. В ряде моделей районных телефонных станций рассоединение осуществляется только после того, как будут положены на рычаги обе телефонные трубки. В других же рассоединение осуществляется только после того, как трубку положит вызывающий абонент.

За пределами абонентской линии связи

До сих пор обсуждение проблемы соединения двух телефонов ограничивалось установлением соединения с использованием абонентских линий связи и районной телефонной станции (районной АТС). Большая часть районных АТС может обслуживать до 10 тыс. телефонных номеров. Однако, как быть, если необходимо обслужить более 10 тыс. телефонных номеров или необходимо позвонить в другой город или другую страну? На протяжении многих десятилетий была развита сложная сеть, состоящая из большого количества телефонных станций и телефонных сетей, которая оказалась способной выполнять эти требования. Необходимо рассмотреть, каким образом организована работа таких сетей.

АБОНЕНТСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СЕТИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Система обозначения телефонных станций

Каждая телефонная станция в Северной Америке имеет два обозначения: класс станции и имя, которые идентифицируют ее и описывают выполняемые ею функции. Принятая система классификации приведена на рис. 1.4.

Абонентские телефоны, как правило, но вовсе не обязательно, соединены с местной (или районной) телефонной станцией. Междугородные (или международные) АТС представлены телефонными станциями, входящими в классы 4, 3, 2 и 1. Промежуточные обозначения, или телефонные станции класса 4X, образуют сравнительно новый класс станций. Этот класс включает полностью цифровые телефонные станции, к которым могут быть подключены удаленные и работающие в автономном (не требующем обслуживания) режиме телефонные станции. Они иногда называются удаленными автономными блоками. Эти телефонные станции, входящие в класс 4X, могут соединять между собой абонентские телефоны точно так же, как и другие телефонные станции, входящие в классы 5 и 4.

Десять региональных центров (телефонных станций, образующих класс 1), которые расположены на территории США, а также два региональных центра в Канаде, соединены непосредственно между собой магистральными группами каналов связи высокой емкости (или высокой пропускной способности). В Северной Америке имеется 67 АТС класса 2, 230 станций класса 3, 1300 станций класса 4 и порядка 19 тыс. станций класса 5.

Организация взаимодействия между отдельными АТС

Достаточно образно можно представить, что линии связи организованы в виде дерева или, точнее, в виде небольшой рощицы, кроны деревьев которой срослись вместе. В упрощенной форме этот принцип демонстрируется на рис. 1.4. Каждая АТС специализируется на выполнении определенных функций. Вызов, для обслуживания которого функций, предоставляемых АТС нижнего уровня, оказывается недостаточно, обычно направляется на АТС более высокого уровня, имеющуюся в сети связи, для последующей обработки вызова.

Региональный центр связи, подобно корню дерева, образует основание сети. Ветви дерева формируют АТС, входящие в классы 2, 3, 4, 4X, а также в класс 5. Большинство телефонных станций связаны не только по принципу «каждая АТС с ближайшей соседней». Существуют множественные и многочисленные соединения между

Каждая телефонная станция занимает свое место в иерархии сетей связи. Как правило, четыре первых класса системы принадлежат междугородным телефонным станциям, а пятый предназначен для организации связи между абонентскими телефонами.

Соединение должно происходить по возможно наиболее низкому уровню сетевой иерархии и, следовательно, по кратчайшему пути. Если же все линии связи оказываются занятыми, используются магистральные группы следующего, более высокого уровня.

код	класс	наименование станции	сокращенное обозначение
1	1	региональный центр (*)	RC
2	2	кустовая станция (*)	SC
3	3	базисная станция (*)	PC
4C	4C	районный коммутационный центр (узловая станция)	TC
4P	4P	междугородняя станция	TP
4X	4X	промежуточная станция	IP
5	5	оконечная (районная) телефонная станция	EO
5R	5R	оконечная телефонная станция с дистанционным необслуживаемым модулем	
R	R	необслуживаемый, дистанционно расположенный модуль	RSU

(*) может представлять станцию, а не центр. Сокращения в таком случае будут: gr, sr или rr

отдельными АТС, которые организованы совсем не так примитивно, как это изображено на рис. 1.4. Система взаимных соединений между АТС определяется потоком как поступающих, так и отправляемых вызовов (трафиком) каждой АТС.

Соединение в сети стараются организовать по наикратчайшему пути, связывающему АТС класса 5, которая обслуживает вызывающего абонента, с АТС класса 5, обслуживающую вызываемого абонента. Группы высокопроизводительных межстанционных соединительных линий, обеспечивающие прямые соединения между станциями одного уровня либо со станциями более низкого уровня, используются в первую очередь. Если же они оказываются занятыми, используются магистральные группы ближайшего более высокого уровня (иногда называемые группами последнего выбора). Цифровые логические схемы общего контроля каждой АТС делают выбор на основе правил, хранящихся в ячейках памяти и определяющих, с использованием какой магистральной группы следует пытаться установить соединение и в каком порядке эти группы использовать. Эти правила, например, предотвращают использование подряд более чем девяти попыток и запрещают попытку организации соединения по бесконечно длинной линии связи (называемым «звонком в никуда» или «пьяным звонком»)*.

Структура сетей связи

Сигналы управления, используемые для выполнения телефонного соединения, а также речевые сигналы собственно телефонного разговора, передаются системой телефонной связи по каналу, для характеристики которого часто используется одно общее название — технические средства обслуживания и оборудование телефонной сети. Оборудование и технические средства обслуживания подразделяются на три широкие категории — районные, или местные, территориальные и дальней связи.

Сигналы управления и речевые сигналы передаются с использованием трех основных групп оборудования и технических средств обслуживания — районных, территориальных и дальней связи.

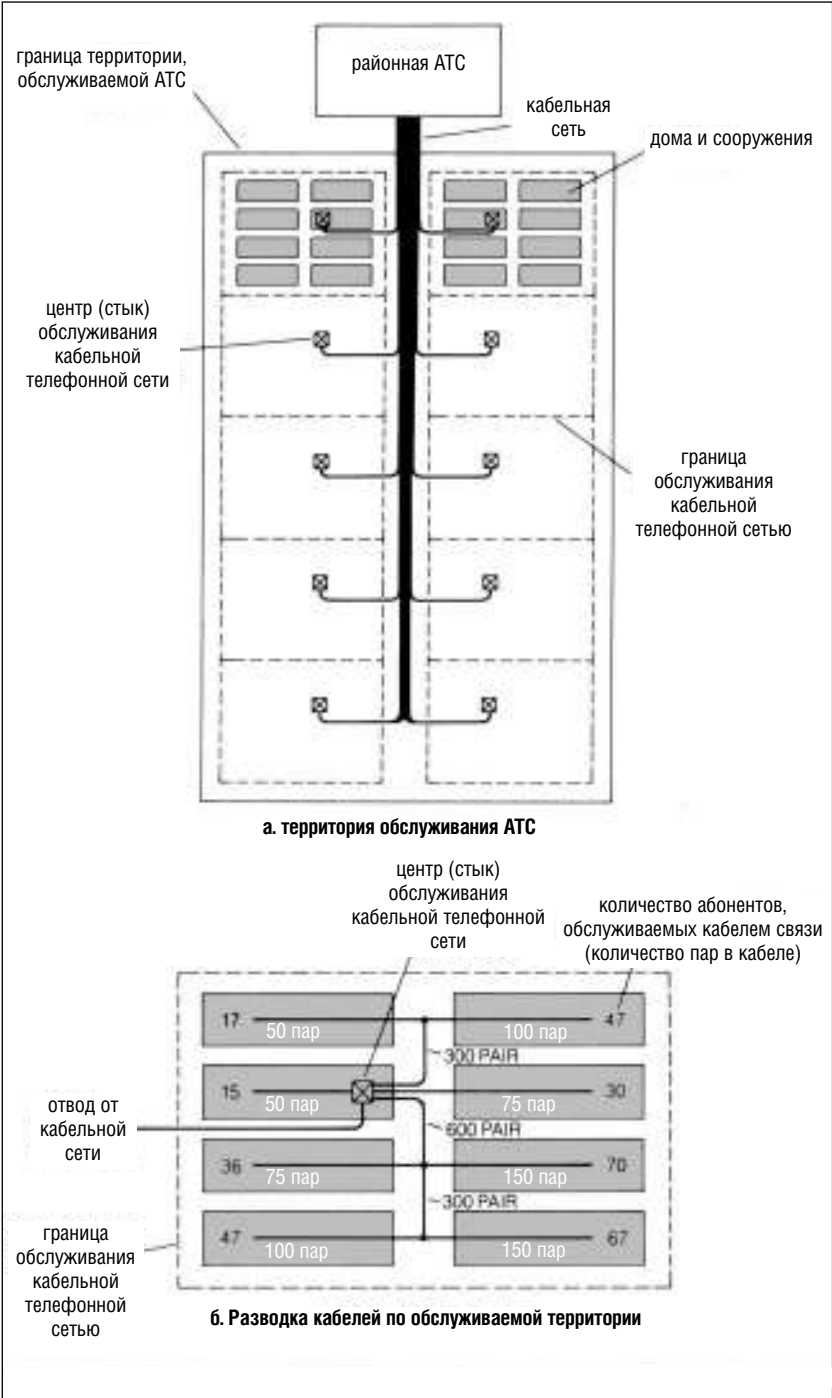
Районные, или местные, сети

Районная телефонная сеть схематично изображенная на рис. 1.5, представляет ту физическую среду, посредством которой телефоны, установленные в домах и организациях, связаны с районной (центральной) АТС. Оборудование и средства обслуживания районной АТС практически всегда используют для передачи сигналов провода, выполненные в виде телефонной пары, которые веером или подобно ветвям дерева расходятся от точки, называемой центром проводной

В районную сеть входят дома и организации, которые соединены с районной АТС телефонным кабелем, выполненным в виде большого количества объединенных в одной оболочке телефонных пар.

* Следует заметить, что девять последовательных попыток организовать соединение на практике так никогда и не были реализованы.

Рис. 1.5.
Районная, или
местная, сеть



связи, по всей обслуживаемой территории. Обслуживаемая территория может очень сильно отличаться по своим размерам: в среднем от 12 квадратных миль в городах до 130 квадратных миль в сельскохозяйственных районах. В городских районах требуется, как правило, использование нескольких районных АТС для обслуживаемых отдельных районов, однако в сельских районах зачастую бывает достаточно лишь одной районной (центральной) АТС. В среднем центр проводной связи на городской территории в состоянии обслуживать 41000 абонентских линий и 5000 магистральных линий. Городская АТС, как правило, имеет более высокую степень способности обработки звонков по сравнению с сельской АТС.

Территориальные сети

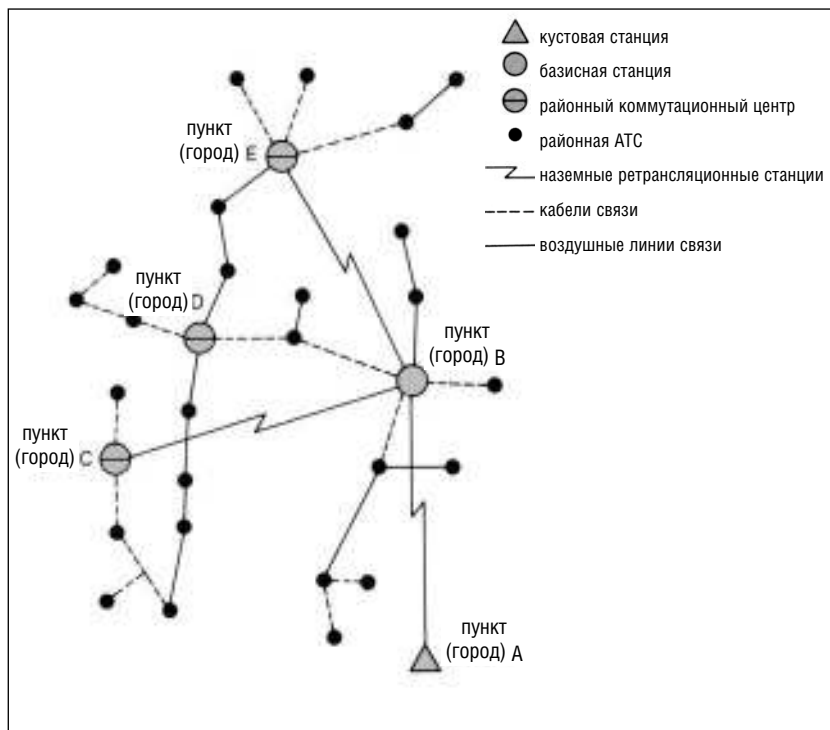
Территориальные сети занимают промежуточное положение между районными (или локальными) сетями и сетями дальней (междугородней) связи. Упрощенная схема организации сетей приведена на рис. 1.6. Телефонные станции связаны между собой системами территориальных (магистральных) сетей. Такие системы могут быть образованы воздушными линиями связи из проводов, подвешенных на телефонных столбах, телефонными парами, образующими многожильный телефонный кабель, радиорелейными линиями связи, а также оптоволоконными кабелями. Сети, обслуживающие территориальные АТС, как правило, соединяют районные АТС с узловыми телефонными станциями. Узловые телефонные станции — это такие станции, которые осуществляют соединения между районными станциями, когда из-за высокой загруженности либо по иной причине оказываются недоступными магистральные линии между телефонными станциями. Узловая станция выполняет по отношению к районной станции точно такую же роль, какую районная телефонная станция выполняет по отношению к абонентским телефонным аппаратам.

Сети территориальных АТС представляют как бы промежуточное передающее звено между районными сетями и магистральными линиями дальней связи.

Сети дальней связи

В течение десятилетнего периода времени, начиная с 80-х годов и кончая 90-ми годами прошлого столетия, кабельные и радиорелейные линии связи, получившие название сети дальней или междугородней связи и соединяющие районные АТС со станциями междугородней связи, на территории США и многих других стран стали очень интенсивно заменяться оптоволоконными линиями связи. В настоящее время в линиях дальней связи используются в основном оптоволоконные кабели (в отличие от космических и радиорелейных линий связи, которые главным образом сохранили свою актуальность в ситуациях,

Рис.1.6.
Сети связи,
соединяющие
территориальные
АТС (с любезного
разрешения Bell
Laboratories)



когда прокладка оптоволоконного кабеля не является выгодной с коммерческой или практической точек зрения; например, некоторые горные районы попадают под эту категорию).

СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

По линии связи передаются как речевой сигнал, так и сигналы управления и контроля. Речевой сигнал, как правило, является аналоговым, однако, сигналы управления или контроля могут быть как цифровыми, так и аналоговыми.

Передаваемое по телефонной линии устное сообщение, или иные звуковые сигналы, не являются единственными сигналами, которые распространяются по линии связи. Часть таких служебных сигналов уже обсуждалась при рассмотрении примера об установлении соединения между вызывающим и вызываемым абонентами: это был сигнал о готовности телефонного оборудования станции к приему и обработке набираемого номера, использование импульсных либо тональных сигналов для передачи на телефонную станцию набираемого номера, сигнал, оповещающий о том, что телефон вызываемого абонента занят, или о том, что на телефоне вызываемого абонента звучит сигнал вызова. Эти сигналы предназначены для того, чтобы предоставить вызывающему абоненту информацию о выполнении соединения или о текущем состоянии выполняемого соединения. Эти сигналы получили общее название управляющих, или контрольных, сигналов. Они могут быть как аналоговыми (тональными),

так и цифровыми (двухуровневыми, действующими по принципу «включено-выключено», иногда их называют релейными). Если бы кто-нибудь решил исследовать вид используемых в районных телефонных сетях сигналов, то он обнаружил бы и аналоговые звуковые сигналы, аналоговые тональные сигналы и цифровые двухуровневые сигналы. Все это представляло бы смесь из аналоговых и цифровых сигналов.

Передача аналоговых сигналов

Те сигналы, которые имеют непрерывный характер и постоянно изменяющуюся по какому-либо закону амплитуду (либо частоту), называют аналоговыми. Речь или голос человека относятся к этому типу сигналов. На рис. 1.7 приводится типичное распределение акустической энергии в речевом сигнале по частоте. По вертикальной оси отложена относительная энергия голоса, а по горизонтальной — частота. График наглядно показывает, что основная энергия голоса человека сосредоточена в частотном диапазоне, простирающемся от частоты, немного меньшей 100 Герц (Гц), до частоты, несколько превышающей 6000 Гц. Однако было установлено, что энергия речевого сигнала, необходимая для ясного распознавания речи, находится в еще более узком частотном диапазоне, простирающемся от 200 до 4000 Гц.

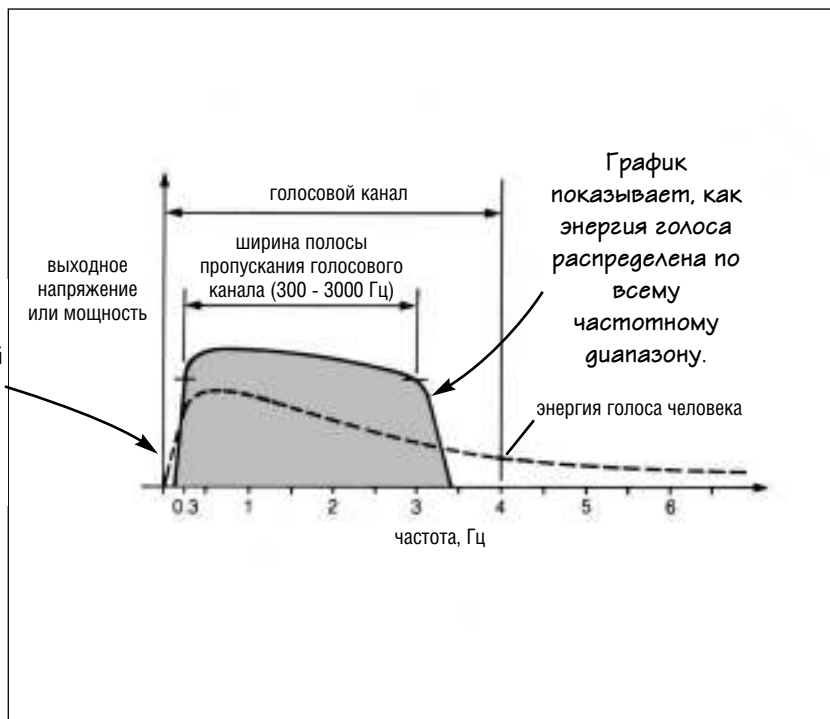
Ширина полосы пропускания звукового канала

Телефонные сети предназначены для передачи сигналов в ограниченном частотном диапазоне. Это обеспечивает передачу сигналов с частотами, соответствующими речевому диапазону, однако, ограничивает распространение нежелательных шумов и помех.

Для предотвращения передачи нежелательных сигналов (помех или шумов), которые могли бы исказить речь либо сигналы управления, телефонные сети проектируются таким образом, чтобы пропускать сигналы только определенного частотного диапазона. Частотный диапазон, сигналы которого могут передаваться по сети, получил название ширины полосы пропускания. Для систем телефонной связи полоса пропускания голосового канала лежит в диапазоне от 0 до 4000 Гц. (Иногда эту полосу пропускания называют каналом передачи сообщений.) Ширина полосы пропускания равна разности частот между верхней и нижней границами полосы пропускания, таким образом, полоса пропускания голосового канала составляет 4000 Гц. При этом, однако, не вся полоса пропускания голосового канала используется для передачи речи. Ширина полосы пропускания, предназначенной для передачи речи человека, находится в диапазоне

Рис. 1.7.
Распределение
энергии голоса
человека
по частоте

Частотный
диапазон,
соответствующий
четкому
восприятию
человеческой речи.



частот от 300 до 3000 Гц, как это показано на рис. 1.7. Таким образом, любой сигнал, передаваемый по телефонной линии и находящийся в диапазоне частот от 300 до 3000 Гц, называется внутриполосовым сигналом — рис. 1.8. Любой сигнал, частота которого не находится в пределах полосы частот от 300 до 3000 Гц, но находится в пределах голосового канала, называется внеполосовым сигналом. Человеческая речь является внутриполосовым сигналом. Часть сигналов управления и контроля попадает во внутриполосовой диапазон, а часть находится во внеполосовом диапазоне.

Уровень сигнала в голосовом канале

Громкость звука, или амплитуда сигнала, в телефонных сетях обычно соотносится с уровнем данного сигнала. Уровень сигнала выражается в виде той энергии, которую сигнал способен предать в нагрузку. Например, пара телефонных проводов, проходящих в телефонном кабеле (или шлейф), образует линию передачи, имеющую полное комплексное сопротивление (или импеданс) величиной 600 Ом. Термин «импеданс» используется применительно к цепям переменного тока, тогда как термин «сопротивление» используется применительно

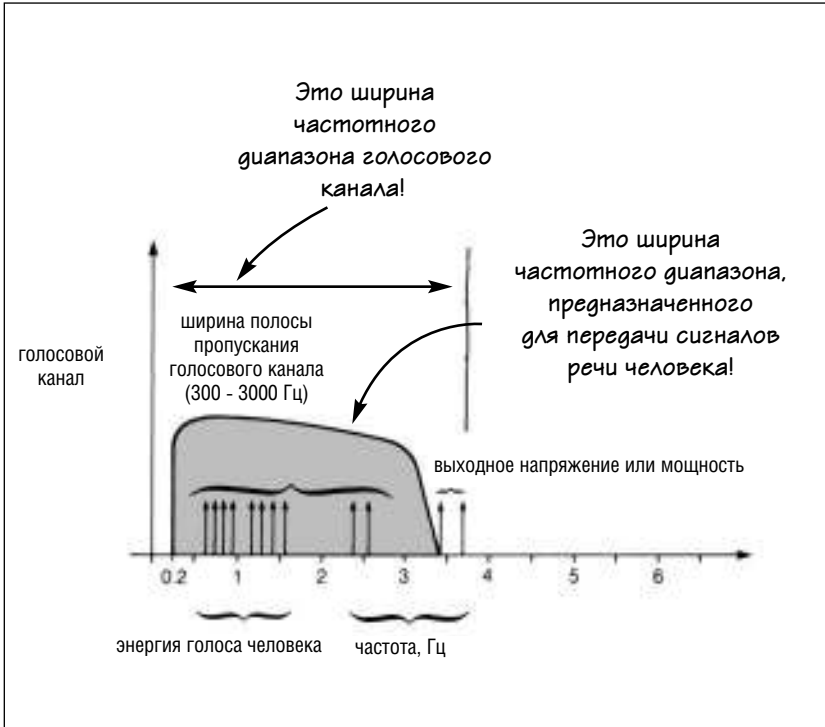


Рис. 1.8.
Внутриполосовые
и внеполосовые
сигналы

к цепям постоянного тока. Как показано на рис. 1.9, мощность, передаваемая в симметричную (согласованную по нагрузке) пару линии передачи, составляет

$$P_{\text{load}} = \frac{e_s^2}{Z},$$

где

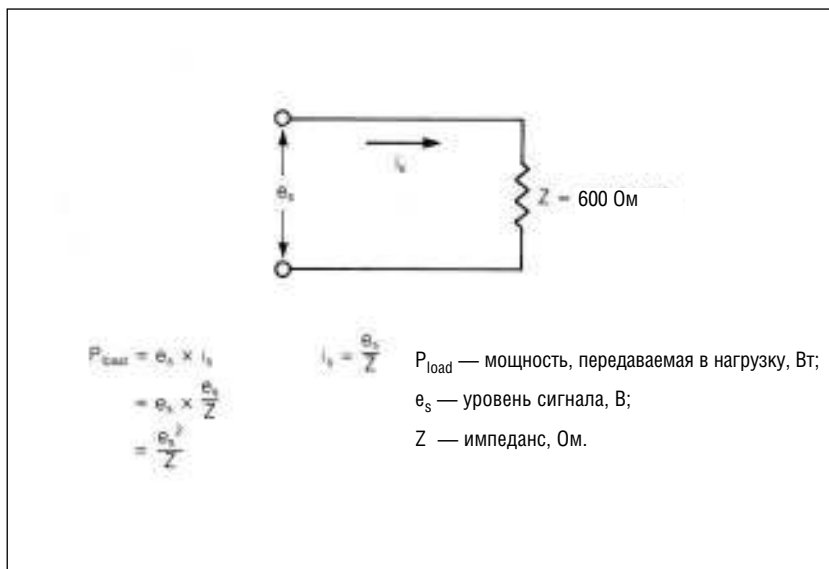
P_{load} — мощность, выраженная в ваттах;

e_s — уровень сигнала, выраженный в вольтах;

Z — полное комплексное сопротивление (импеданс), выраженное в омах.

Уровень сигнала обычно принято выражать относительно какого-нибудь уровня, принятого как относительный или опорный. В телефонии и акустике в качестве такого относительного уровня обычно принимается 1 милливатт (мВт) мощности, передаваемой в нагрузку. Если P_{load} равняется 1 мВт (0,001 Вт), а Z равняется 600 Ом, то в соответствии со схемой, изображенной на рис. 1.9:

Рис. 1.9.
Мощность,
передаваемая
в телефонную
пару



$$1 \text{ мВт} = \frac{e_s^2}{600 \text{ Ом}},$$

или

$$600 \times 1 \times 10^{-3} = (e_s)^2$$

$$0,6 = (e_s)^2$$

$$0,775 = e_s.$$

Уровень сигнала в любой точке цепи соотносится с уровнем мощности величиной в 1 мВт, рассеиваемой в нагрузке с сопротивлением 600 Ом, или соотносится с 0 дБм. Помимо этого на практике используются и другие специальные шкалы относительного уровня, выраженного в децибелах (дБ), что не должно никого смущать.

Следовательно, сигнал с уровнем 0,775 В на нагрузке 600 Ом обеспечит передачу мощности в 1 милливатт.

Уровень передаваемого аналогового сигнала, имеющего постоянную частоту, также может быть выражен в децибелах (дБ). Это несколько иной способ выражения мощности сигнала, передаваемого в нагрузку. В технике для сравнительного описания отношений мощностей используется следующее выражение:

$$1 \text{ дБ} = 10 \log_{10}(P_1/P_2).$$

Такой способ является наиболее рациональным для выражения отношения двух уровней мощности: P_1 и P_2 . В табл. 1.1 приведены некоторые значения такого отношения.

Принято специальное выражение для величины децибела, когда в качестве относительного или опорного уровня мощности P_2 используется значение 1 мВт. В этом случае соотношение мощностей в децибелах выражается в специальных единицах, дБм (уровень мощности сигнала в децибелах относительно 1 милливатта мощности, рассеиваемой в нагрузке 600 Ом). Таким образом, из табл. 1.1 следует, что если P_2 равняется 1 мВт, то сигнал с уровнем 0 дБ будет передавать в нагрузку мощность P_1 , равную 1 мВт. Это вытекает из того, что отношение мощностей P_2 к P_1 должно быть равно единице. Сказанное также можно выразить иначе: когда уровень передаваемого сигнала с мощностью P_1 в нагрузку 600 Ом составляет 20 дБм, то это соответствует передаче 100 мВт мощности (P_1), определяемой относительно мощности опорного уровня P_2 , составляющего 1 мВт.

В телефонии уровень сигнала 0 дБм обычно устанавливается на передающем конце линии передачи на выходе искателя. Эта точка впоследствии используется в качестве опорной или относительной точки системы, получившая название «точка нулевого уровня передачи (0 TLP)». После того как определена точка нулевого уровня передачи и к ней приложен сигнал с нулевым уровнем, выраженным в децибелах, то все остальные значения усиления и ослабления в канале передачи между данной точкой и точкой следующего выхода искателя могут быть измерены непосредственно относительно точки нулевого уровня передачи. Если измеряется величина (значение) сигнала, то используются единицы «дБм0». Если же измеряется только относительное усиление или ослабление сигнала, то используются единицы «дБ».

Шумы голосового канала

В канале связи при его работе достаточно часто присутствуют различные нежелательные сигналы, которые обычно определяют как шумы или помехи, искажающие передаваемую информацию. Грозовые разряды, тепловой шум, наводимые сигналы помех от расположенной рядом линии электропередачи, шум, возникающий в батареях, изъеденных коррозией, или изношенные контакты переключателей, а также выполняемые работы по техническому обслуживанию — вот далеко не полный перечень причин, приводящих к ослаблению полезного сигнала. Качество речи, передаваемой по аналоговым сетям связи, определяется прежде всего абсолютным уровнем шума в канале, когда он является незанятым, то есть когда в нем отсутствует речевой сигнал. Голос обладает способностью маскировать любой присутствующий шум, однако шум в незанятом канале связи ясно различим слушающим. Для незанятого канала уровень шума для линий связи США был установлен стандартами

Все нежелательные сигналы, частота которых совпадает с диапазоном частот речевого сигнала, получили название шум. Любой источник электрической энергии может дать вклад в шум, индуцированный в линии связи.

Скринджента (–69 дБм0 на 180 миль и –50 дБм0 на расстоянии 3000 миль с уровнем –16 дБм0 для речевого сигнала).

Таблица 1.1.
Относительные
уровни мощности,
выраженные в
децибелах

Соотношение мощностей P1/P2, выраженное в децибелах	Соотношение мощностей P1/P2, выраженное в ваттах
40	10000
30	1000
20	100
10	10
3	2,0
-3	0,5
-10	0,1
-20	0,01
-30	0,001
-40	0,0001

Эхо-сигнал вызывается
несогласованностью
параметров нагрузки
с сопротивлением пе-
редающей линии при
передаче электричес-
кой энергии.

Совершенно иной тип шумов представляет шум, обязанный своим происхождением самому передаваемому голосовому сигналу и получивший название «эхо-сигнал». Прежде всего, эхо-сигнал представляет отражение переданного сигнала обратно, в телефон говорящего. Величина задержки прохождения эхо-сигнала зависит от расстояния между точкой передачи и точкой отражения сигнала. Влияние задержки сигнала для говорящего может изменяться от едва заметного до сильно раздражающего и даже до явно сбивающего с толка. Эхо-сигнал также проявляется и на другом конце линии, но в меньшей степени. Возникновение эхо-сигналов вызывается несогласованностями полных комплексных сопротивлений линий передач, как правило, он сильнее проявляется на границе перехода между двухпроводной абонентской линией связи и четырехпроводной магистральной линией передачи. Влияние эхо-сигнала уменьшают за счет внесения ослабления или потерь в линию передачи.

Мультиплексирование, или уплотнение, каналов

По телефонному шлейфу местной линии связи одновременно можно передавать только один разговор (используется один голосовой канал). Такое положение не очень экономически выгодно для междугородних линий связи, поэтому был разработан метод, по которому один физический канал был бы в состоянии передавать одновременно несколько телефонных разговоров. Это выполняется за

счет использования мультиплексирования. Для аналоговых сигналов используется частотное уплотнение (FDM). В очень упрощенном виде это означает, что несколько телефонных разговоров передаются одновременно по каналу связи, но каждый из них отличается своей базовой частотой.

Основные принципы такого подхода проиллюстрированы на рис. 1.10 и 1.11. На рис. 1.10 речевой сигнал имеет частоты, совпадающие с полосой пропускания голосового канала шириной от 0 до 4 кГц. Этот сигнал изменяет или модулирует амплитуду сигнала, имеющего другую частоту (8140 кГц для рассматриваемого примера), который получил название несущей частоты, или просто несущей. Речевой сигнал, имеющий частоту от 0 до 4 кГц, модулирует амплитуду сигнала несущей, имеющей частоту 8140 кГц. Информация, содержащаяся в речевом сигнале, переносится за счет изменения амплитуды сигнала с частотой 8140 кГц. Таким образом, частоты речевого сигнала были преобразованы в другие частоты. Данная техника преобразования известна под общим названием амплитудной модуляции.

В общем случае, если для различных речевых сигналов (различных телефонных разговоров) выделить различные несущие частоты, то большое количество телефонных разговоров может быть мультиплексировано и с использованием одного физического тракта, или канала передачи, передано в точку приема. В точке приема различные разговоры могут быть идентифицированы и выделены по их собственной частоте несущей, а исходный разговор может быть восстановлен путем обратной операции демодуляции несущей частоты, после чего может быть направлен на телефон вызываемого абонента.

Мультиплексирование, или уплотнение, сигналов, для 12 голосовых каналов показано на рис. 1.11. Так как каждый голосовой канал имеет полосу пропускания 4 кГц, то для 12 каналов понадобится ширина полосы $4 \times 12 = 48$ кГц. Так как в рассмотренном примере наименьшая частота несущей составляет 8140 кГц, то частота выходного мультиплексированного сигнала будет простирается от 8140 кГц до 8188 кГц ($8140 + 48 = 8188$). Также очевидно, что если сделать полосу пропускания для каждого канала шире или количество каналов, которые должны уплотняться, возрастет, диапазон частот, необходимый для несущих, также должен будет возрасти. С инженерной точки зрения справедливым оказывается принцип, в соответствии с которым при увеличении количества голосовых каналов, передаваемых по каналу передачи (или физическому каналу, например, телефонной паре), необходимая полоса пропускания канала передачи также должна возрасти.

Большое количество телефонных разговоров может передаваться по одному телефонному каналу при использовании частотного уплотнения, или мультиплексирования. Мультиплексирование включает выделение для каждого речевого сигнала своей собственной несущей частоты.

Рис. 1.10.
Несущая,
модулированная
речевым сигналом

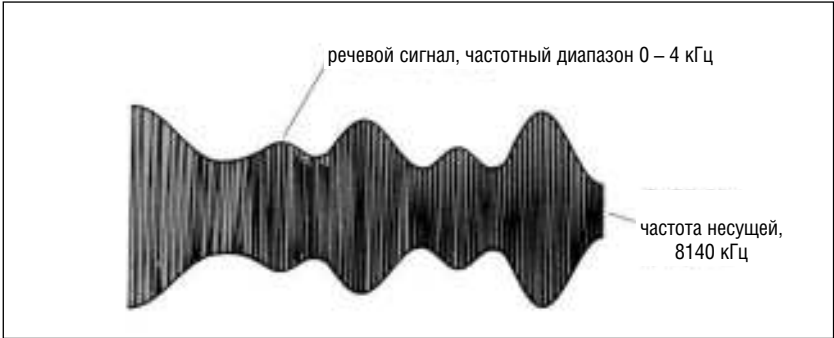
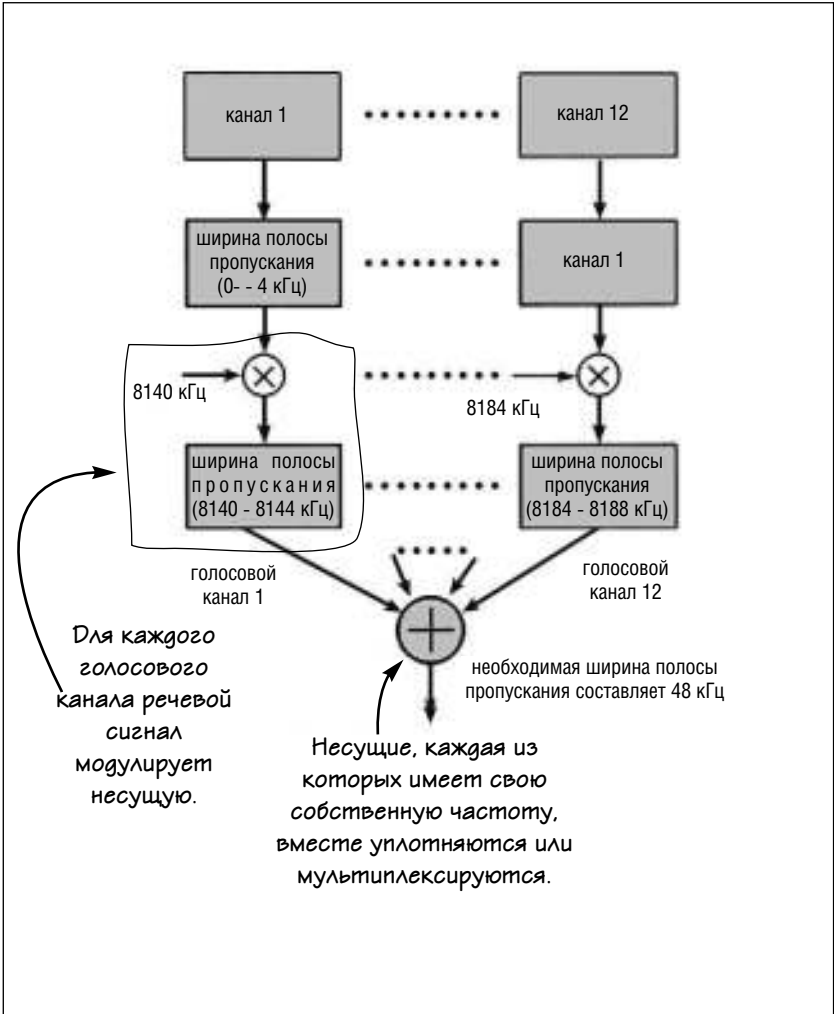


Рис. 1.11.
Мультиплексиро-
ванные сигналы
станции
(приводится по
книге: D. L. Cannon
and G. Luecke,
Understanding com-
munication systems,
SAMS, a Division of
Macmillan Computer
Publishing, 1984)



Передача сигналов управления

Как было ранее установлено, сигналы управления являются специфическими сигналами линии связи, которые используются для управления и контроля над процессом соединения между телефоном, с которого производится вызов, и телефоном, на который этот вызов поступает, а также для указания состояния соединения после того, как данное соединение было выполнено. Первый тип сигналов, который должен быть обсужден, это передача сигналов с использованием постоянного тока.

Передача сигналов с использованием постоянного тока

Передача сигналов с использованием постоянного тока основывается на присутствии или отсутствии тока в цепи, либо присутствии напряжения определенного значения, либо присутствии напряжения определенной полярности. Конкретный вид и состояние сигнала определяется условием, лежит ли трубка на рычагах телефона или она снята с рычагов, прохождением импульсов набираемого номера, а также текущим состоянием выполняемого соединения. Эти сигналы являются цифровыми (релейными) сигналами типа «включено-выключено».

В абонентских телефонных сетях условие, когда телефонная трубка лежит на рычагах, определяет разомкнутое состояние цепи и отсутствие протекающего по шлейфу тока. Поднятие телефонной трубки с рычагов замыкает цепь, по которой начинает протекать постоянный ток. Импульсы набираемого номера, как было указано ранее, соответствуют прерыванию постоянного тока с заранее установленной скоростью. (Потенциальная проблема, связанная с использованием сигналов постоянного тока, заключается в том, что импульсы набираемого номера, если они следуют со слишком большими интервалами, могут быть ошибочно приняты телефонной станцией в качестве сигнала, соответствующего положенной на рычаги трубке. Однако благодаря тщательной конструкторской разработке данная проблема не является распространенной.)

Тип сигналов, который получил наименование «включение обратной полярности сигнальной батареи», используется между районными АТС для указания состояния коммутируемого соединения. Когда передающая АТС делает запрос на обслуживание, занимается незанятая магистраль. Полярность напряжения, которая существует на магистрали, указывает оборудованию, установленному на вызывающем конце линии, что у вызываемого абонента телефонная трубка лежит на рычагах и звонит сигнал вызова. АТС на вызываемом конце устанавливает, что вызываемый абонент ответил, и пересылает подтверждение на вызывающую АТС изменением полярности напряжения.

В оборудовании, применяемом для передачи сигналов телефонов и пересылки информации о текущем состоянии вызова, используются импульсы или изменение направления тока, протекающего в телефонном шлейфе, производимое за счет изменения полярности источника питания.

Е&М-система передачи речи используется в точно таких же целях при передаче сигналов по магистральным линиям между дальними АТС и на сравнительно коротких междугородних линиях. Такая система передачи сигналов требует использования двух дополнительных проводов в начале и в конце магистральной линии — один для Е-провода, а второй — для М-провода. Так как используются отдельные провода, сигналы о состояниях, соответствующих условию для поднятой и лежащей на рычагах телефонной трубки, могут быть поданы с обоих концов магистрали (табл. 1.2). Этот способ позволяет передавать сигналы в двух направлениях одновременно без взаимного влияния, оказываемого одним сигналом на другой. В ряде случаев, чтобы избежать проблем, связанных с шумом, вызываемым общей землей, для каждого сигнала используют два отдельных провода.

Таблица 1.2.
Е&М-система
передачи сигналов

Состояние контактов телефонной трубки	Е-провод (входящий вызов)	М-провод (отправляемый)
Трубка лежит на рычагах телефонного аппарата	Разомкнут	Замкнут на землю
Трубка поднята с рычагов телефонного аппарата	Замкнут на землю	Приложено напряжение станционной батареи

Тональные сигналы

Тональные, или аналоговые, сигналы указывают состояние вызываемого телефона для вызывающего абонента, а также используются в качестве управляющих сигналов.

Как для управления, так и для указания текущего состояния процесса установления соединения используются различные тональные сигналы. Тональные сигналы могут представлять собой как одночастотные сигналы, так и комбинацию из нескольких сигналов, имеющих различные частоты. Эти сигналы являются аналоговыми, которые могут быть как непрерывными, так и представлять тональные посылы (тональные сигналы включаются и выключаются с различными длительностями следования). Тональные сигналы процесса вызова, указанные в табл. 1.3, посылаются АТС на вызываемый телефон, чтобы информировать вызывающего абонента о состоянии вызова. Например, ранее уже упоминавшийся сигнал готовности набора представляет непрерывный тональный сигнал, который является результатом наложения сигналов двух частот, 350 и 440 Гц. Сигнал «занято», информирующий вызывающего абонента о том, что вызываемый телефон занят (то есть трубка второго телефона поднята с рычагов), представляет комбинацию тонального частотного сигнала, состоящего из посылов с длительностью 0,5 с (время включенного состояния сигнала) и перерывов между посылками, также равных 0,5 с (время вык-

люченного состояния сигнала). Предупреждающий сигнал АТС о дополнительном поступившем вызове во время ведущегося разговора представляет комбинацию тональных сигналов, состоящих из четырех частот, для которых как включенное, так и выключенное время составляет 0,1 с. Этот сигнал достаточно громкий, чтобы привлечь внимание, поэтому абонент при поступлении такого сигнала может как бы повесить трубку, которая была поднята (воспользоваться функцией удержания вызова — В.Н.). Все эти тональные сигналы, точно так же, как и двухтональные многочастотные сигналы набора номера (DTMF), которые были рассмотрены ранее, являются внутрисполосовыми сигналами.

Тональные сигналы, которыми обмениваются АТС, могут быть как внутрисполосовыми, так и внеполосовыми. Наиболее часто используемые тональные сигналы одной частоты имеют частоту 2600 Гц для внутрисполосового сигнала и частоту 3700 Гц — для внеполосового сигнала. В Е&М-системе передачи сигнала сигналы управления преобразуются в монотональные тональные сигналы для передачи в системе с использованием несущих, так как сигналы на постоянном токе не могут быть переданы. Тональный сигнал, когда он присутствует, информирует, что трубка лежит на рычагах, а отсутствие тонального сигнала означает, что трубка поднята с рычагов. В многочастотной системе сигналов используется шесть частот: 700, 900, 1100, 1300, 1500 и 1700 Гц — для передачи информации об адресе (телефонном номере) через средства

Таблица 1.3.
Тональные
сигналы,
используемые в
процессе вызова

Тональный сигнал	Частота сигнала, Гц	Время включенного состояния, с	Время выключенного состояния, с
Готовность к набору номера	350 + 440	Непрерывный	
Занято	480 + 620	0,5	0,5
Обратный вызов	440 + 480	2	4
Обратный вызов, офисная мини-АТС	440 + 480	1	3
Потеря вызова (междугородний)	480 + 620	0,2	0,3
Упорядочивание (местный)	480 + 620	0,3	0,2
Трубка не лежит на рычагах *	1400 + 2060 + 2450 + 2600	0,1	0,1
Неправильно набран номер	200-400	Непрерывный, частота сигнала модулируется со скоростью 1 Гц	

* Сигнал, информирующий, что трубка не лежит на рычагах телефонного аппарата, является очень громким, с уровнем 0 дБн по частоте.

обслуживания междугородних разговоров. Частоты используются парно, чтобы представить набираемые номера от 0 до 9, а ряд функций управления и контроля, наподобие двухтонального многочастотного набора, используется в телефонном аппарате.

Цифровые сигналы управления и контроля

Сигналы управления и контроля также могут быть представлены в виде двоичного цифрового кода. Информация о состоянии телефонного аппарата в данный момент времени либо о команде управления может быть представлена в линии связи в виде 8-битовой уникальной комбинации двух сигналов, соответствующих состоянию высокого и низкого уровня сигнала.

Вместо того чтобы прерывать подачу постоянного напряжения, как это делается при передаче сигналов постоянного тока, либо использовать прерывание непрерывных тональных сигналов для того, чтобы создать тональные послы, в качестве управляющих либо контрольных сигналов можно также использовать сигналы, представленные в цифровой форме. Данные сигналы отличаются тем, что вместо того, чтобы быть сигналами релейного типа (то есть сигналами типа «включено-выключено», которые распределены во временном интервале произвольным образом), цифровые сигналы представляют последовательность сигналов двоичного кода, то есть сигналов, имеющих лишь два уровня, условно называемых уровнями 0 и 1, и связанных между собой строго определенными временными соотношениями. Пример цифрового двоичного кода проиллюстрирован на рис. 1.12. В системе телефонной связи уровням нуля (0) и единицы (1) сигналов двоичного цифрового кода могут соответствовать либо специально установленные уровни напряжений, либо специально установленные уровни токов. Следует отметить, что биты двоичного кода представляют последовательность со строгим их распределением по времени. Например, на рис. 1.12 изображен восьмибитовый двоичный код, представленный битами с d_0 по d_7 , причем при передаче в виде последовательности битов они всегда находятся в одном и том же временном слоте (или интервале), занимающем промежуток с t_1 по t_8 . Для определенной конструкторской разработки, когда заданы временные соотношения относительно того, как располагаются биты цифрового кода, эти установленные соотношения впоследствии уже не изменяются.

Управляющая информация может быть заключена в двоичном коде несколькими способами. Например, восемь битов двоичного кода могут использоваться в виде группы, чтобы представить любое число с 0 до 255. В качестве примера на рис. 1.12 приведен двоичный код числа 234 (пример на первой строке). Слева двоичный код числа представлен в таблице в виде комбинации логических нулей и единиц (0 и 1), а справа код представлен в виде соответствующих им уровней напряжений или импульсов. Также 8-битовая группа в коде передачи данных могла бы представлять букву алфавита. Пример представления буквы «Т» в кодировке ASCII представлен на второй линии рис. 1.12. Точно так же могут быть использованы либо индивидуальные биты, либо

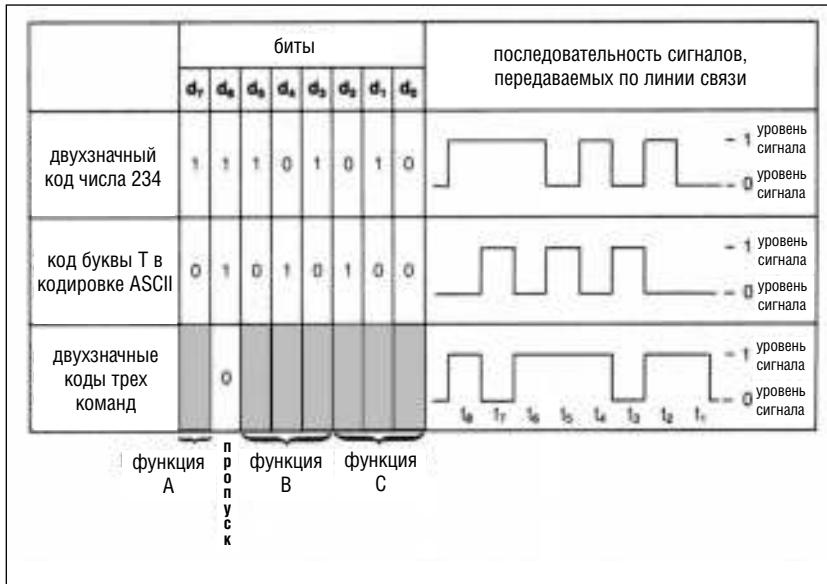


Рис. 1.12.
Использование последовательного двоичного кода для передачи сигналов

подгруппы 8-битового кода для управления и контроля над различными функциями. На третьей строке рисунка приведены примеры использования подгрупп 8-битового кода для обозначения трех функций: А, В и С.

Передача сигналов между АТС с использованием общего канала

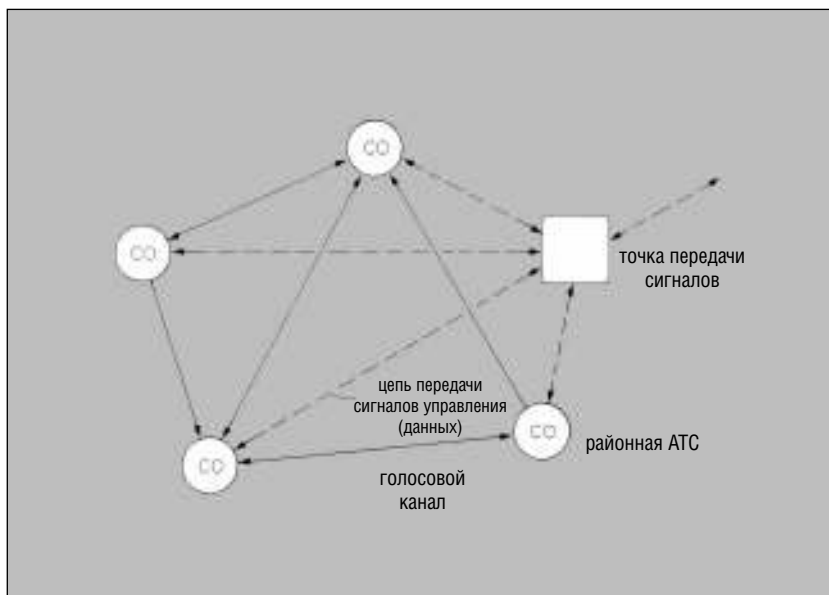
Во всех рассмотренных до сих пор методах сигналы управления и адресации вызова пересылались по тем же самым электрическим цепям, по которым проходил и речевой сигнал. В совершенно ином методе передачи сигналов управления используется принцип разделения сигналов управления и речевых сигналов. Сигналы управления передаются по отдельной электрической цепи, по которой для них выбирается направление и где они выполняют функции управления и коммутации линий независимо от речевых сигналов. Такая система получила название передачи сигналов между узловыми АТС с использованием общего канала (Система управления с общим каналом — CCIS). Принцип организации такой системы проиллюстрирован на рис. 1.13. Основной контроль осуществляется цифровым методом с использованием компьютера, а система управления с общим каналом представляет отдельную сеть передачи данных для коммутирующих сигналов управления. Как следует из названия метода, он используется на магистральных линиях, соединяющих между собой узловые и междугородные АТС.

В особом методе передачи сигналов (передача сигналов между узловыми АТС с использованием общего канала) для управления и адресации вызова используются цепи, по которым не проходит речевой сигнал. Такая система управляется с применением компьютерной техники.

Цифровой метод передачи

В последние годы очень большие успехи были достигнуты в развитии твердотельной электроники и производстве больших интегральных микросхем, которые специально предназначены для управления и обработки цифровых сигналов. Поэтому сверхвысокая плотность выполняемых функций с расширенной возможностью обработки сигналов может быть заключена в очень небольшом физическом объеме, при этом должна иметь невысокую стоимость, малую потребляемую энергию и очень высокую надежность. В силу этих причин разработчики телефонных систем все больше склоняются к использованию полностью цифровых сетей.

Рис. 1.13.
Передача
сигналов между
узловыми АТС
с использованием
общего канала



Наиболее современные системы преобразуют речь и информацию сигналов управления в цифровые сигналы для их последующей передачи по каналам связи. Процесс передачи информации как речевых, так и управляющих сигналов в цифровом виде получил название цифровой передачи данных.

Вместо того чтобы обрабатывать речевой сигнал как аналоговый, этот сигнал преобразуется в цифровой и распространяется по цифровым цепям и обрабатывается с использованием процессов, характерных для такого типа передачи потока данных. Когда такой сигнал поступает на узловую АТС, которая обслуживает вызываемый телефон, она преобразует его обратно в аналоговый сигнал, который

воспроизводит исходный передаваемый речевой сигнал. (В будущем цифровые сигналы смогут быть использованы на всем пути прохождения — от передающего до принимающего телефонного аппарата.)

Когда двоичный сигнал передается в виде последовательности, как это изображено на рис. 1.12, а цифровые коды при этом изменяются в соответствии с изменением сигнала, то этот метод получил название кодово-импульсной модуляции (PCM). Так как речевой сигнал и сигналы управления являются низкочастотными (находятся в диапазоне от 300 до 3000 Гц), а цифровые сети могут работать на очень высоких частотах (достигающих миллионы герц), речевые сигналы многих разговоров могут передаваться одновременно по одной и той же линии. Этот метод получил название мультиплексирования с разделением времени (TDM).

В случае цифровой передачи мультиплексирование выполняется особым способом, в виде мультиплексирования с кодово-импульсной модуляцией, как это показано на рис. 1.14. Для того чтобы проиллюстрировать метод, необходимо мысленно представить человека, который расположен в точке А и в состоянии наблюдать двоичные коды, изображенные на рис. 1.14. Двоичные коды проходят точку А последовательно, по одному биту. В рассматриваемом случае в каждом коде содержится 8 битов (с d_0 по d_7). Величина сигнала в канале 1 представлена комбинацией нулей и единиц в 8-би-

Магистральные линии предназначены для использования современных достижений твердотельной электроники: перед тем как поступить в телефонную сеть, речевые аналоговые сигналы могут быть предварительно преобразованы в цифровую форму. Это предполагает использование мультиплексирования с разделением по времени и мультиплексирования импульсных кодов, позволяющих объединять большую часть речевых сигналов и сигналов управления.

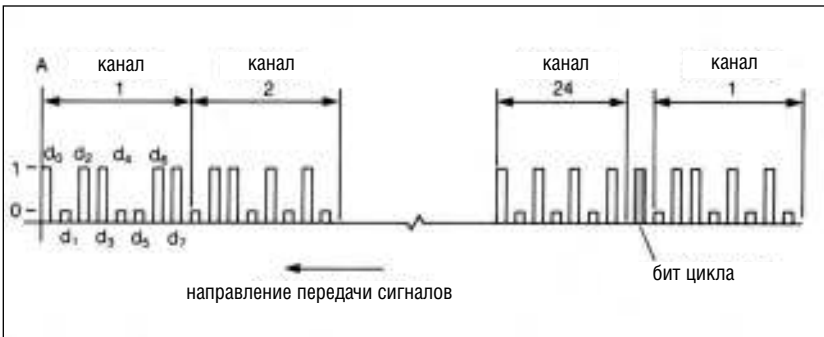


Рис. 1.14. Мультиплексирование сигналов с кодово-импульсной модуляцией (приводится по книге: D. L. Cannon and G. Luecke, *Understanding communication systems*, SAMS, a Division of Macmillan Computer Publishing, 1984)

товом коде канала 1. Величина сигнала в канале 2 представлена комбинацией (набором) нулей и единиц в 8-битовом коде канала 2. Коды канала 2 следуют за кодами канала 1. Вместо передаваемого по одному каналу в случае применения аналоговой цепи, сигналы от 24 каналов смешиваются вместе, но по определенному закону или шаблону. Сигнал канала 2 мультиплексируется после сигнала канала 1, канал 3 после канала 2 и т.д., пока не будут

мультиплексированы вместе коды всех 24 каналов, следующих один за другим, в строгой последовательности по времени, как это изображено на рис. 1.14. Поэтому наблюдатель в точке А смог бы видеть прохождение 8 бит канала 1, затем 8 бит канала 2, затем 8 бит канала 3 и т.д., вплоть до момента, пока не проследуют 8 битов канала 24. Затем шаблон начнет повторение передачи сигналов с канала 1. Именно таким способом большое количество разговоров, преобразованных в цифровые сигналы с использованием кодово-импульсной модуляции, передаются в цифровом виде с использованием метода мультиплексирования с разделением по времени по одному каналу. Более подробно данные методы будут рассмотрены в следующих главах.

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

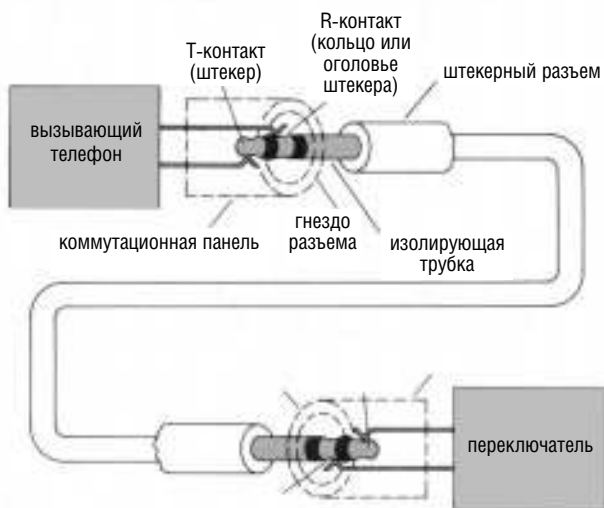
После того как обозначены некоторые ключевые моменты передачи сигналов, необходимо рассмотреть, каким образом телефоны вызывающего и вызываемого абонентов в действительности соединяются, выбирая для этого единственный путь из огромного многообразия возможных. За прошедшее с тех пор время, когда мистер Белл нарисовал в своем воображении «эту огромнейшую систему», использовалось несколько различных способов для того, чтобы управлять процессом переключения одной цепи, или телефонной линии, на другую, находящуюся среди огромного количества себе подобных. Первым способом, естественно, было ручное коммутирование цепей.

Ручное коммутирование линий связи

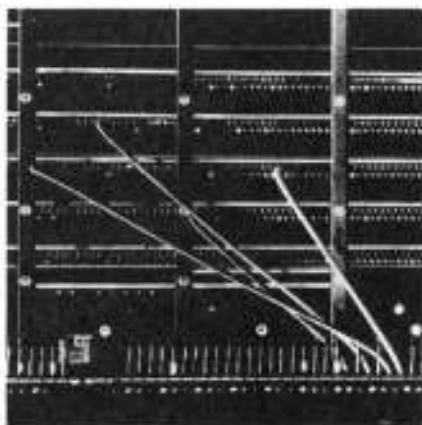
В самых ранних методах телефоны соединяли вместе операторы, которые осуществляли ручное переключение, выполняемое на коммутационной панели.

Самые ранние телефонные коммутаторы управлялись вручную, в них для выполнения соединения использовались гнезда для каждой линии и два штекера на длинном гибком проводе, который назывался шнуровой парой (рис. 1.15а). Шнуровые пары выстраивались в ряды на панели перед оператором, а гнезда (называемые линейными) были устроены на вертикальной панели, как это изображено на рис. 1.15б. Для того чтобы выполнить соединение, оператор вытягивал провод (рис. 1.15в) и вставлял его в гнездо, соответствующее той линии, которую необходимо было обслужить и которая определялась по номеру или имени, называемому вызывающим абонентом, после чего оператор вставлял второй конец шнуровой пары в выходное гнездо линии, по которой поступил вызов. Многие тысячи коммутационных панелей со шнуровыми парами до сих пор используются во всем мире, являясь атрибутом универсальности и гибкости в использовании, простоты алгоритма управления системой, а также сохранения индивидуальных и

Рис. 1.15.
Стенд для ручной
коммутации линий
связи



а. Шнуровая пара или коммутирующий шнур



б. Панель коммутации со шнуровыми парами,
внешний вид



в. Оператор связи за работой (с любезного
разрешения Лаборатории Bell)

своеобразных черт каждого оператора, выполняющего соединение. Правда, не всем абонентам приходится по нраву такой личностный элемент в обслуживании.

Передовые методы управления процессом коммутации

В 1889 г. проживающий в Канзасе, штат Миссури, Алмон Б. Строуджер, владелец похоронного бюро, начал осознавать, что потенциальные клиенты, звонившие на ручной коммутатор местной телефонной станции и просившие соединить их с «похоронной конторой», в большинстве случаев попадали в контору конкурента, расположенную ниже по улице. Эти предположения получили весьма серьезные основания после того, как он узнал, что телефонисткой на коммутаторе работала жена этого второго владельца бюро похоронных принадлежностей в городе. В лучших традициях потомков пионеров-первопроходцев Америки мистер Строуджер изобрел механическое приспособление, которое заменяло предвзятого оператора и могло бы осуществлять соединение под непосредственным контролем вызывающего абонента. Это простое приспособление известно и поныне по имени изобретателя как система Строуджера, или шаговая АТС. Патент на изобретение был получен в 1891 г. и послужил основой для огромного количества систем телефонных коммутаторов во всем мире. Например, к 1978 г. в 53% обслуживаемых АТС системы Bell (это более 23 млн. абонентов) использовалась система Строуджера, несмотря даже на то, что компании, входящие в систему Bell, не производили установку автоматических коммутаторов системы Строуджера вплоть до 1918 г.

Шаговый искатель

Коммутатор системы Строуджера, или шаговый искатель, соединяет пары телефонных проводов в результате последовательного, пошагового действия нескольких последовательных коммутаторов (которые получили название последовательного ряда коммутационных аппаратов, или последовательности переключений), действующих в строгой очередности один за другим. Каждая операция выполняется под непосредственным воздействием импульсов набора, которые генерируются в вызывающем телефонном аппарате специальным узлом. На рис. 1.16 все это изображено в очень упрощенной форме. Изображенная телефонная линия в действительности является двухпроводной. Когда трубка вызывающего телефона снимется с рычагов, ток, протекающий в шлейфе местной линии связи, включает реле на АТС, заставляя первый переключатель последовательности (линейный искатель) вести поиск активной линии, перемеща-

Изобретение Строуджера относится к прибору, который генерирует импульсы набора в телефоне набирающего номер абонента. Соединение, осуществляемое с вызываемым телефоном по двум проводам, выполняется с использованием последовательного ряда коммутационных аппаратов, действующих последовательно, один за другим. Щетки контактов коммутатора перемещаются вверх на один шаг с каждым импульсом набора номера, а затем — горизонтально, чтобы найти свободное положение селектора.

ясь вертикально шаг за шагом до тех пор, пока вертикальный контакт не соединится с линией, на которой была снята трубка. После этого линейный искатель перемещается горизонтально до тех пор, пока не найдет первый свободный селектор, не используемый в данный момент для другого разговора. Это является следующим переключением в последовательности. После того как выполнено соединение с первым свободным селектором, на телефон с поднятой трубкой поступает сигнал готовности набора номера (длинный гудок). Первый селекторный переключатель ожидает набора первой цифры номера, после чего он начинает перемещаться на один шаг вертикально с каждым проступившим импульсом первой цифры набираемого номера. После того как он переместился в соответствии с первой цифрой номера, он начинает перемещаться горизонтально до тех пор, пока не будет найден второй свободный искатель, после чего процесс повторяется. Таким образом, первый переключатель последовательности (линейный искатель) не производит обработку цифр,

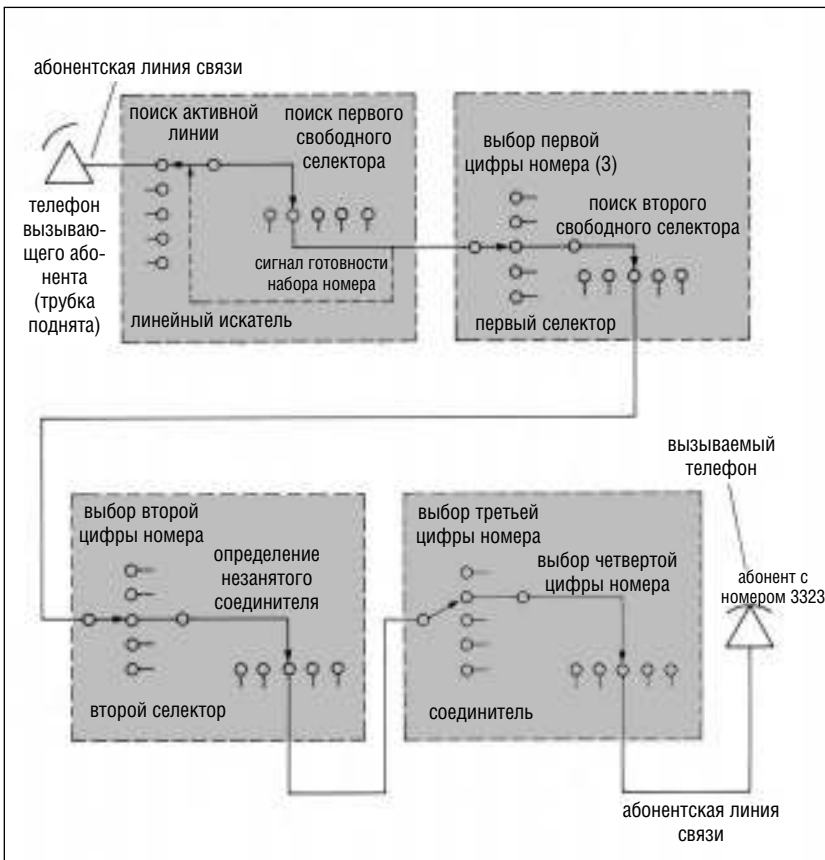
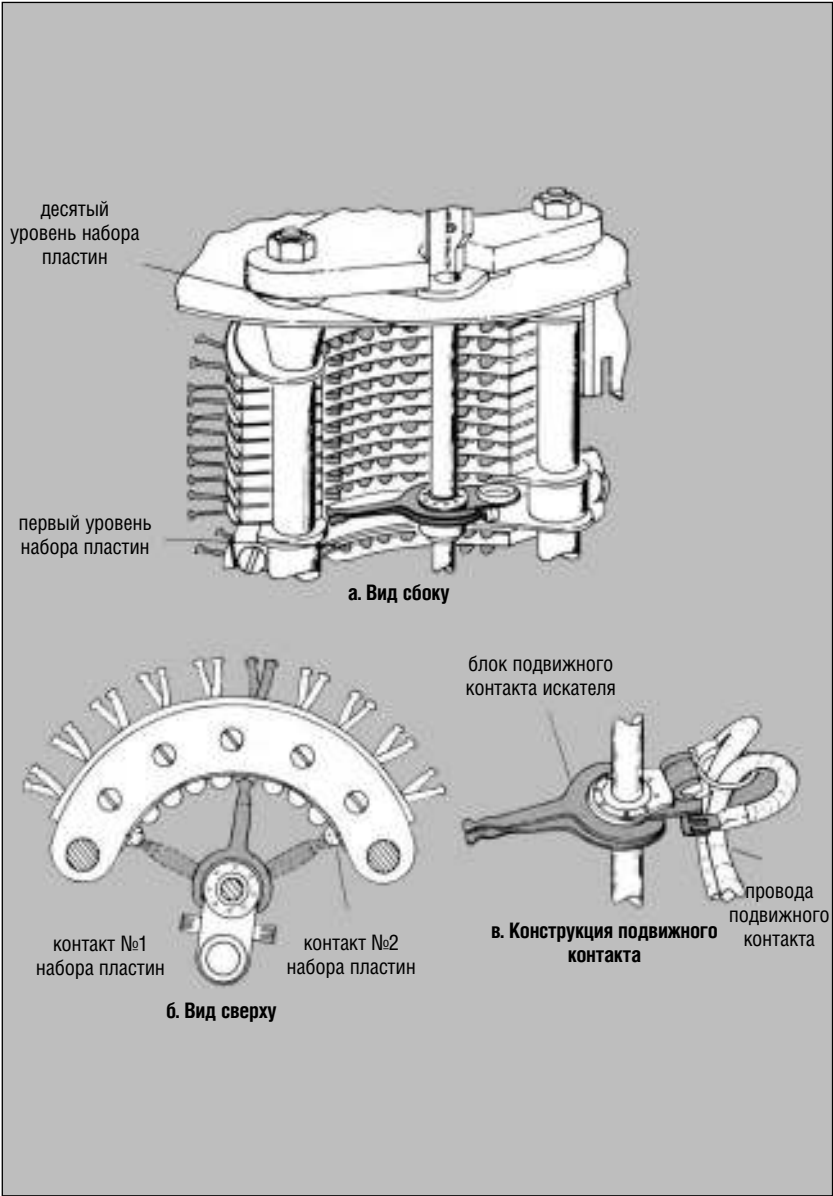


Рис. 1.16.
Искатель
(коммутатор)
системы
Строуджера, или
шаговый искатель

Рис. 1.17.
Конструкция
набора
контактных полей
шагового искателя
Строуджера (с
любезного
разрешения
Лаборатории Bell
— системы
исследовательских
лабораторий в
мире, созданных
компанией *Bell*
Laboratories)



второй и третий обрабатывают по одной цифре номера каждый, а последовательный переключатель в последовательности (который называется соединителем) обрабатывает две последние цифры (четырёхзначного) номера. Телефонная станция, рассчитанная на 10 тыс. номеров, требует четыре цифры для набора номера (с 0000 до 9999) и соответственно четыре переключателя для каждого соединяемого вызова: это линейный искатель, первый селектор, второй селектор и соединитель. Конструкция набора контактных полей (пластин с набором неподвижных контактов) приведена на рис. 1.17. Однако коммутационная система Строуджера имеет ряд принципиальных ограничений:

1. Так как переключатели работают последовательно и все они (за исключением только первого) предназначены для обслуживания большого количества входящих линий, то для вызова существует вероятность оказаться частично заблокированным во время набора последовательности, хотя вызываемая линия может быть и не занятой.
2. Не представляется возможным непосредственно использовать двухтональный многочастотный набор (DTMF). Такая возможность предоставляется в том случае, если узловая АТС оснащена специальными преобразующими устройствами.
3. Процесс коммутирования требует выполнения нескольких последовательных (шаг за шагом, связанных по времени) действий нескольких реле, при этом происходит коммутация значительных токов и напряжений при каждом пошаговом переключении. Производительность механических систем не очень высока, они требуют постоянного технического обслуживания подготовленным персоналом, кроме того, в процессе их работы возникают значительные электрические помехи (наводки) и механические шумы.
4. Так как в коммутируемой сети используется очень большое количество соединительных проводов схемно-реализованной логики, то любые изменения в организации системы переключения требуют больших трудозатрат.

Система общего контроля

Благодаря прежде всего малой гибкости системы и большим затратам, связанным с обслуживанием коммутируемой сети, построенной по системе Строуджера, была возрождена концепция системы общего контроля, однако, на основе принципиально нового типа матричного переключателя, получившего название координатного. Стандартный контроль может, если необходимо, быть применен к

Система общего контроля обеспечивает более высокую гибкость и логику при поиске маршрута выполняемого соединения.

входящему вызову. Он обрабатывает набранные цифры, а затем устанавливает путь через матричный переключатель в соответствии с установленными правилами для схемно-реализованной логики или программного обеспечения. Эти правила предусматривают различный подход к процессу обработки местных и междугородних вызовов, выбор альтернативного маршрута в случае, если первый выбранный маршрут оказывается занятым и автоматической повторной попытке установить соединение при блокировании или ошибках при выполнении соединения. Элементами общего контроля могут быть управляемое реле устройство, называемое маркером, либо компьютер, управляемый записанной программой.

Координатное поле

Система координатного поля использует матричный переключатель, который обслуживается внешней системой общего контроля и предназначен для направления телефонного вызова. Эго работа зависит от соединения, происходящего в месте пересечения горизонтальной и вертикальной линии матрицы, на которые поданы напряжения.

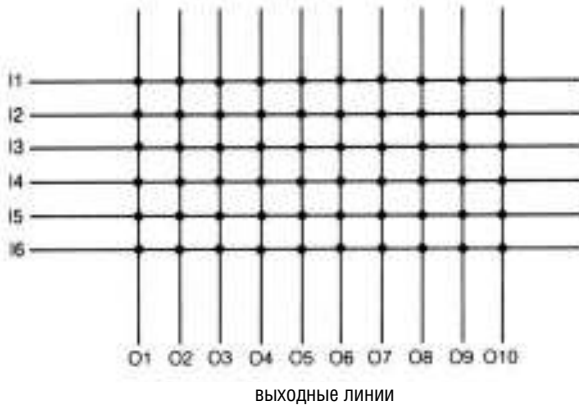
Координатное поле (или сетка) коммутации, как говорит само название, выполняет соединение двух точек за счет пересечения двух линий. Матричный переключатель изображен на рис. 1.18а. Все это вместе называется коммутационной матрицей. Ее работа зависит от того, на какие вертикальную и горизонтальную линии поданы напряжения, а в точке, где линии пересекаются, будет происходить соединение. Следовательно, любая из входящих изображенных линий (с линии I1 по I6) может быть соединена с любой из выходящих линий (с линии O1 по O10) подачей напряжения на соответствующую входную и соответствующую выходную линии.

Как показано на рис. 1.18б, матричный переключатель управляет за счет использования принципа общего контроля. Сигналы управления, поступающие с передающей линии, направляются для управления матрицей, чтобы правильно выполнить соединение с необходимыми линиями на всем пути от телефона вызывающего абонента до телефона вызываемого.

Электромеханический вариант системы

В электромеханической версии используются электромагниты для замыкания и размыкания контактов поля матрицы. После большого количества переключений контакты могут оказаться неработоспособными.

На рис. 1.19 изображен механизм релейного типа, который имеет вертикальные и горизонтальные планки искателей, управляемые электромагнитами, замыкающими контакты реле для выполнения соединения в матрице. Когда на магнит горизонтального искателя подается напряжение, горизонтальная планка искателя слегка поворачивается вокруг своей оси. Это вращение перемещает палец искателя вверх или вниз, чтобы коснуться либо верхнего, либо нижнего поля горизонтальных контактов, чтобы завершить соединение с вертикальными контактами после того, как на соответствующий магнит вертикального искателя будет подано напряжение. Магнит вертикального



а. Коммутационная матрица



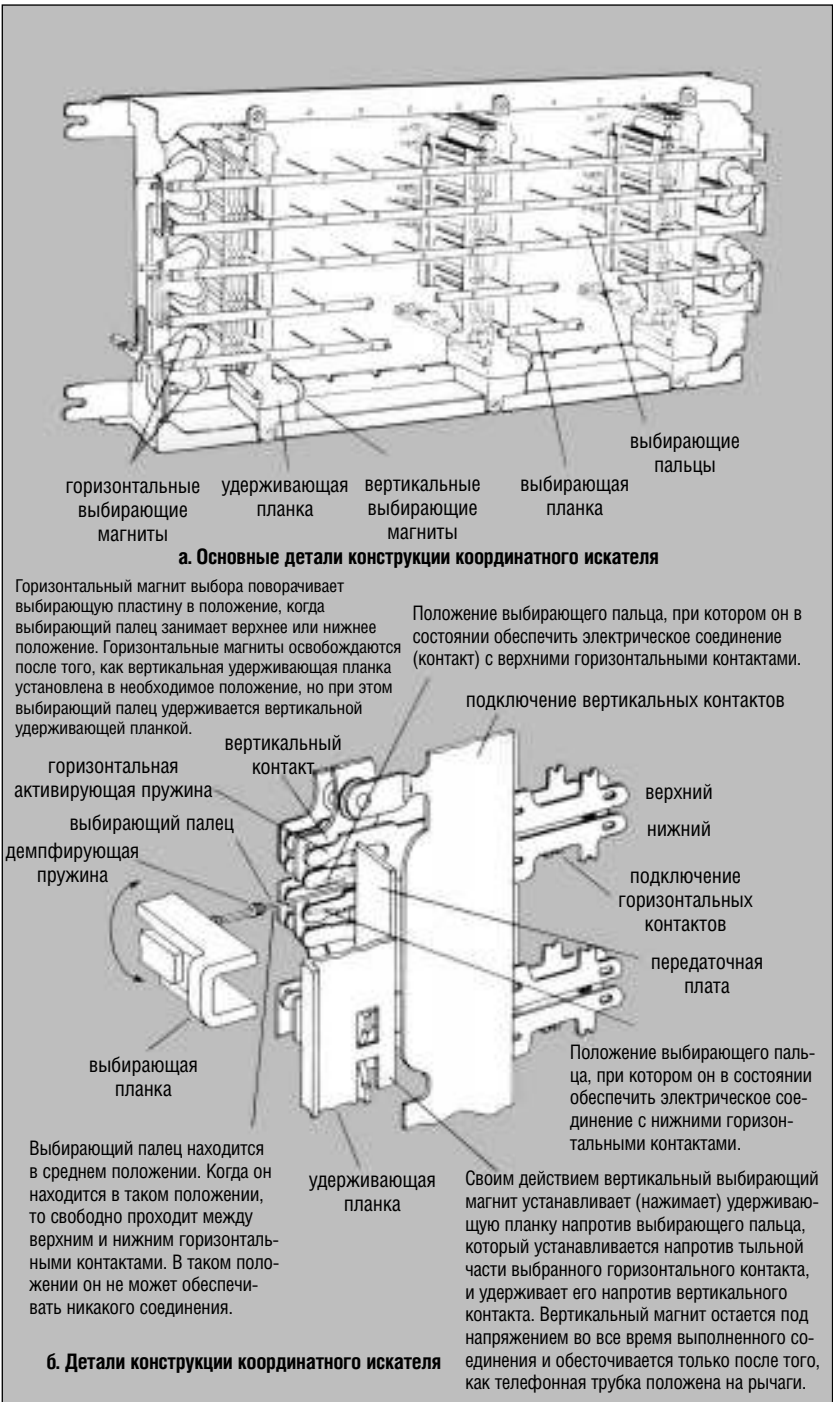
б. Организация работы системы

Рис. 1.18.
Система с
координатным
переключением
(источник: John Bellamy, Digital telephony, John Wiley & Sons, Inc. Воспроизводится с любезного разрешения автора)

селектора перемещает вертикальную поддерживающую планку в сторону, чтобы надавить на выбирающий палец и замкнуть соответствующие горизонтальные контакты с вертикальными. Для остальных магнитов горизонтальных селекторов, на которые было подано напряжение, связанные с ними выбирающие пальцы находятся в среднем положении и проходят между горизонтальными контактами, в то время как вертикальная удерживающая планка надавливает на выбирающие пальцы. Следовательно, в других точках координатного поля никаких иных соединений не происходит.

Единственная точка пересечения находится в месте взаимного перекрещивания конкретной вертикальной и горизонтальной планок, как это проиллюстрировано на рис. 1.18а. Пересечение обеспечивается

Рис. 1.19.
Координатный
искатель (благодаря
любезности
Teletraining, Inc.,
Geneva, IL)



для каждого провода телефонной пары, поэтому коммутируются оба провода линии. После соединения коммутируемое соединение поддерживается током, протекающим через катушку магнита вертикального выбора. Магнит горизонтального выбора обесточивается, и планка горизонтального выбора возвращается в свое незанятое положение, однако ранее выбранный палец удерживается вертикальной удерживающей планкой. Когда на вызывающем конце линии кладут телефонную трубку, то ток, протекающий по магниту вертикального выбора, прерывается и соединение разрывается. Таким образом, вызывающий абонент управляет соединением.

Герметизированные язычковые реле, или герконы

В другом типе АТС для выполнения соединения используются герметизированные язычковые реле, или герконы. Герконы представляют небольшие по размерам реле, заключенные в стеклянные баллоны, и являются электромеханическими переключающими приборами, конструкция которых изображена на рис. 1.20. Эти приборы управляются системой общего контроля, выбирающей то реле, которое должно быть замкнуто в соответствии с набранным номером, и посылающей импульсы по катушке (обмотке), намотанной вокруг стеклянного баллона реле. Импульсы изменяют направление вектора намагниченности пластин, изготовленных из магнитного материала и закрепленных на баллоне реле. Контакты замыкаются или размыкаются в соответствии с направлением вектора намагниченности пластин, который управляется (зависит) от положительной или отрицательной полярности импульса, проходящего по обмотке. Поскольку контакты удерживаются (блокируются) магнитным полем, то не требуется протекания удерживающего тока для поддержания такого типа электрического соединения. Однако для того чтобы произвести рассоединение (разблокировать или сбросить реле), необходимо выполнить дополнительную операцию, задаваемую системой общего контроля, когда тот или иной абонент повесит телефонную трубку.

Герконы в значительной степени улучшили производительность и эксплуатационную надежность телефонных станций. Координатные телефонные станции до сих пор обеспечивают большую часть соединений для дальних и междугородних телефонных разговоров на территории США. Дополнительно к этому герконы составляют важную часть программно управляемых электронных коммутирующих систем.

Все шаговые, координатные и герконовые телефонные станции объединяет общее название: коммутация с пространственным разделением, так как каждый телефонный разговор занимает отдельный физический канал внутри системы телефонной связи. Системы

Телефонные станции, на которых используются герконы, хотя и являются также электромеханическими устройствами, все-таки отличаются более высокой надежностью, так как исполнительные реле заключены в герметичные корпуса. Их контакты замыкаются или размыкаются в зависимости от полярности поступающих электрических импульсов.

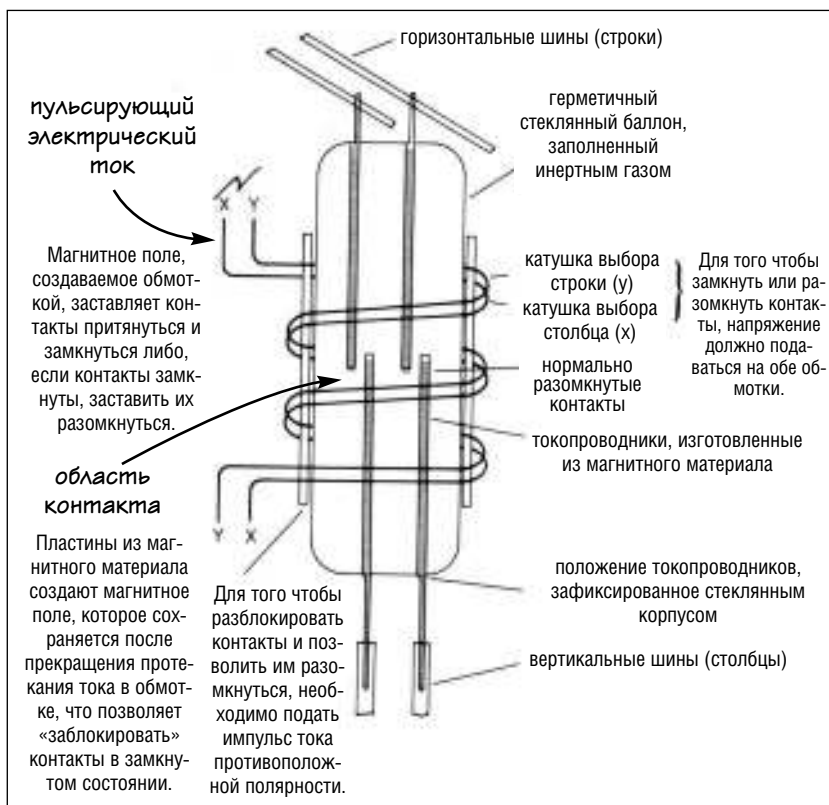
цифровой передачи с мультиплексированием и кодово-импульсной модуляцией с разделением по времени, обсуждавшейся ранее, являются принципиально иными, так как они передают большое количество телефонных разговоров в виде уплотненных импульсных сигналов по одной телефонной линии.

Цифровые телефонные станции

На большей части узловых телефонных станций в настоящее время используется цифровая система коммутации. Это позволило заменить электромеханические системы телефонных станций, требующие интенсивного технического обслуживания, на гораздо более надежные интегральные схемы на полупроводниковых элементах.

В цифровых коммутирующих системах используются мультиплексированные сигналы с разделением времени (как это было продемонстрировано на рис. 1.14). Соединение двух абонентов осуществляется с использованием временного-пространственно-временного (time-space-time: T-S-T) метода коммутации (переключение во времени—в пространстве—во времени). Аналоговые сигналы, поступающие с одного телефона, сначала преобразуются на АТС в цифровую форму, затем они мультиплексируются с сигналами других абонентов, так что каждый из абонентов занимает определенный временной слот. Переключение по времени используется для того, чтобы сдвинуть данные, находящиеся в од-

Рис. 1.20.
Конструкция герметизированного реле



ном временном слоте, в совершенно другой временной слот на входе магистральной линии. Пространственное же переключение используется для того, чтобы сдвинуть данные из его же временного слота во входящей магистральной в тот же самый временной слот в выходной магистральной. Переключение по времени затем используется вновь для того, чтобы сдвинуть данные из его временного слота в выходной магистральной во временной слот второго абонента. Данные составляют часть цифрового сигнала, который преобразуется обратно в аналоговый сигнал для передачи его непосредственно на второй телефонный аппарат.

Узловые станции большой емкости могут использовать большее количество переключений (в основном пространственных) с целью организовать более рациональные маршруты передачи сигнала в пределах телефонной станции.

Дополнительные пространственные переключения позволяют осуществлять большое количество комбинаций коммутации сигнала. Переключение по времени является более дорогим и требует больше ресурсов для обработки, так как данные при этом должны перемещаться как в цепи временного хранения, так и извлекаться из них.

Абонентские линии связи и магистральные линии

Так как процесс соединения телефонов начинается от телефона вызывающего абонента, то вызов по абонентской линии связи поступает на первую телефонную станцию, часто именуемую районной АТС. С районной АТС он поступает по магистральным линиям в соответствии с переключениями, осуществляемыми сигналами управления, на другие телефонные станции. Сигналы управления и их функции в магистральных линиях отличаются от сигналов, действующих в абонентских линиях, так как требуется выполнение соединений между магистральными линиями. Следует более внимательно ознакомиться с некоторыми из них.

Сигнал готовности набора номера поступает на телефон выполняющего вызов абонента в момент, когда районная АТС готова к приему набираемого номера, то есть после того, как она зафиксировала, что абонент снял телефонную трубку с рычагов аппарата. Чтобы передать эту же самую информацию для магистральной линии, необходимо уже использовать соответствующий сигнал распознавания для магистральной линии.

Сигналом распознавания может служить изменение полярности подключения аккумуляторной батареи телефонной станции, кратковременное повторное приложение тонального сигнала, размыкание цепи («мигание» или «мерцание») либо передача кодированного тонального сигнала (сигнал подтверждения готовности

Когда осуществляется обмен сигналами управления и служебными (функциональными) сигналами между районной АТС и узловыми АТС, а также при переходе на магистральные линии связи более высокого уровня, форматы сигналов должны изменяться. Однако представляется весьма существенным, чтобы данные как таковые оставались неповрежденными, с тем чтобы нормальное функционирование телефонной сети продолжалось без изменений.

к пересылке). Сигнал распознавания возвращается обратно только после того, как телефонная станция уже выполнила необходимое соединение, чтобы получить набираемый номер.

Номер вызываемого телефона должен передаваться по магистральной линии в точно такой же форме, как и импульсы набора (либо тональные сигналы набора) с телефонного аппарата звонящего. Это выполняется с использованием пересылающего устройства на исходной телефонной станции. На принимающей телефонной станции могут использоваться входные цепи с системой общего контроля координатной АТС либо (на более современных АТС) электронные цепи, называемые входными регистрами, которые получают и хранят цифры набранного номера. После того как поступят все цифры, они поступают в секцию общего контроля для выбора направления соединения, выполнения соответствующих коммутаций в сети и дальнейшего направления вызова по необходимому каналу.

После того как АТС получила достаточно информации для завершения соединения, она выбирает соответствующую исходящую магистральную линию, занимает ее и подает сигнал, предупреждающий станцию на противоположном конце линии, что поступил вызов, который необходимо обслужить. После того как принимающая АТС определяет поступление вызова, она посылает назад к первой станции сигнал распознавания, подтверждающий, что та может отправлять набранный номер.

Одновременно с тем, как происходит обработка вызова на его пути к вызываемому телефону, каждая телефонная станция в образованной цепочке посылает назад сигнал текущего состояния к предыдущей АТС, осуществившей соединение, чтобы сообщить, как идет процесс выполнения соединения.

Когда вызов поступает на районную АТС, обслуживающую вызываемый телефон, и если трубка этого телефона лежит на рычагах, то по абонентской линии связи посылается вызывной сигнал — подается так называемое напряжение звонка, которое заставляет звонить вызываемый телефон. Одновременно с этим районная АТС, обслуживающая вызываемый телефон, подает назад по всей линии сигнал обратного вызова на вызывающий телефон, чтобы сообщить абоненту, что на телефоне вызываемого абонента звучит звонок вызова.

После того как вызываемый абонент ответил на звонок (поднял с рычагов трубку), его районная АТС подает питание на вызываемый телефон, и процесс разговора между абонентами начинается.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Физически существующие линии связи, по которым передается сигнал, — реле, переключатели, кабели, источники питания, электронные схемы, трансформаторы, сетевые согласующие устройства и т.д. и т.п. — объединяет одно общее название: технические средства и оборудование системы передачи сигналов. То, что передается на конкретном участке системы связи, будь это только речевая информация, речевой сигнал и аналоговые сигналы управления, цифровые сигналы либо только сигналы в цифровой форме, зависит от тех технических средств и оборудования, которыми располагает данный канал. Более того, технические средства и оборудование определяют количество каналов, которые могут использоваться в данном конкретном канале передачи. Обычно принято подразделять технические средства и оборудование на три категории: проводные средства (или на профессиональном жаргоне «медь»), аналоговые и цифровые каналы передачи информации.

Существуют три категории технических средств обслуживания: проводные (или «медь»), каналы передачи для сигнала в аналоговой форме и цифровые каналы передачи информации.

Проводные технические средства и оборудование

Проводные технические средства представляют собой телефонные линии связи, выполненные достаточно часто в виде пары проводов (часто стальных, имеющих медное покрытие и подвешенных на столбах), которые способны обеспечить только один голосовой канал, по которому также могут передаваться как внутриполосовые, так и внеполосовые сигналы управления. Как правило, проводные средства связи используются для того, чтобы связать районные АТС с телефонными аппаратами, установленными в жилых домах и небольших предприятиях.

Проводные технические средства представляют просто телефонные провода (кабели связи, стальные, омедненные провода), проложенные между телефонами абонентов и районной АТС.

Аналоговые каналы передачи информации

Технические средства и оборудование аналоговых сетей (каналов) передачи информации могут существовать в различном виде, например в виде проводных линий, многопарных и коаксиальных кабелей связи, наземных или спутниковых радиосредств УКВ диапазона, либо в виде оптоволоконного кабеля. По каждому тракту могут передаваться от единиц до нескольких тысяч индивидуальных аналоговых голосовых каналов, при этом используются либо аналоговые внутриполосовые, либо межстанционные сигналы управления с общим каналом (CCIS).

Таблица 1.4.
Технические
средства
обслуживания
аналоговых сетей
(каналов) передачи
информации

Среда, используемая для передачи сигнала (информации)	Тип несущей звукового канала	Количество каналов	Количество телефонных пар или радиоканалов	Ширина канала
Неизолированные провода	О	4-12	2	200 кГц
	Оп-2	24	2	200 кГц
Витые пары в кабеле связи	К	12	2	300 кГц
	N-1	12	2	300 кГц
	N-2	12	2	300 кГц
	N-3	24	2	300 кГц
	N-4	24	2	300 кГц
Коаксиальный кабель	L1	1800	3	300 кГц
	L3	9300	5	3 МГц
	L4	32400	9	10 МГц
	L5	108000	10	20 МГц
УКВ радиоканал	TD-2	19800	11	68 МГц
	TD-3	12000	10	500 МГц
	TH-1	10800	6	500 МГц
	TH-3	14400	6	500 МГц
	TM-1	3600	4	500 МГц
	TJ	1800	3	500 МГц
	TL-1	720	3	1000 МГц
	TL-2	2700	3	1000 МГц
	AR6-A	42000	7	500 МГц

В табл. 1.4 приведены наиболее характерные типы технических средств аналоговых каналов, значения ширины полос пропускания, а также количество голосовых каналов, которые могут быть переданы каждым из них. Следует отметить, что по каналу передачи L5 можно одновременно передавать 108 тыс. различных разговоров.

В качестве примера одного из применений аналогового мультиплексирования, хотя и устаревшего в настоящее время, можно привести подводные телефонные кабели. Один из подобных кабелей связи, названный системой SG (или TAT6 — система ТрансАтлантического Телефона) по одному коаксиальному кабелю диаметром 43,2 мм обеспечивал одновременную передачу по 4000 каналов в обоих направлениях. Усилители-повторители сигнала были расположены примерно через каждые 5 морских миль (9,3 км), а эквалайзеры устанавливались на расстоянии от 100 до 150 морских миль (от 185 до 278 км). Питание электронных усилителей-повторителей и эквалайзеров осуществлялось с одного конца кабеля от источника питания с напряжением 7000 В по центральному проводнику. Система работала в двух частотных диапазонах: от 1,0 до 13,5 МГц и от 16,5 до 29,1 МГц. Кабель системы трансатлантического кабеля TAT6, а также другие подобные аналоговые системы были заменены более современными в 90-х годах прошлого века.

Оптоволоконные кабели, в которых используются цифровые каналы передачи с мультиплексированием и разделением по времени (TDM), со временем заменили более древние коаксиальные кабели, использовавшиеся в системе SG (TAT6). Более современные системы TAT-12/13 имеют два контура (шлейфа), каждый из которых способен передавать информацию со скоростью 5 гигабит в секунду; также повсеместно начали устанавливаться другие системы, обладающие еще более высокой пропускной способностью.

Цифровые каналы передачи информации

Технические средства цифровых каналов связи фактически являются теми же самыми, что используются и в терминалах аналоговых каналов, однако все речевые и служебные сигналы (сигналы управления и контроля) преобразуются в цифровую форму, мультиплексируются и пересылаются в виде непрерывного потока цифровых данных по одному каналу. В табл. 1.5 приводится информация относительно некоторых типов мультиплексированных цифровых каналов передачи информации. Следует обратить внимание на то, что чем больше голосовых каналов обрабатывается, тем выше скорость передачи данных в форме цифрового сигнала, выраженная в битах за секунду.

Каналы передачи информации для аналоговых сигналов могут быть подразделены на три основные категории: проводные, которые включают провода, выполненные в виде витой пары (или просто оголенных проводников, подвешенных на столбах), кабелей связи, объединяющих в одной оболочке большое количество витых пар, коаксиальные кабельные линии связи; оптоволоконные кабели; беспроводные, включающие наземные УКВ станции и каналы спутниковой связи.

Технические средства и оборудование цифровых каналов связи аналогичны техническим средствам аналоговых каналов, однако информация передается не в аналоговом, а цифровом виде.

Таблица 1.5.
Цифровые каналы
передачи
информации и
системы
мультиплекси-
рования

Среда, используемая для передачи сигнала (информации)	Обозначение (стандарт) цифрового сигнала	Обозначение типа мульти- плексирования	Количество речевых каналов	Скорость передачи информа- ции, Мбит/с
Цифровая линия передачи данных T1, витая пара 1A-RDS радиоканал	Цифровой сигнал 1-го уровня, передаваемый по линии T1, DS-1	Группа D- каналов	2	1,544
Цифровая линия передачи данных T1C, витая пара	Цифровой сигнал 1-го уровня DS-1C	M1C	48	3,152
Цифровая линия передачи данных T2, витая пара	Цифровой сигнал 2-го уровня, DS-2	M12	96	6,312
3A-RDS радиоканал, FT-3 оптоволоконный кабель	Цифровой сигнал 3-го уровня, DS-3	M13	672	44,736
T4M коаксиальный кабель	Цифровой сигнал 4-го уровня, DS4	M34	4032	274,176
WT4 волноводная линия	Цифровой сигнал 4-го уровня, DS4	M34	4032	274,176
DR18 радиоканал	Цифровой сигнал 4-го уровня, DS4	M34	4032	274,176
FT4 оптоволоконный кабель	Цифровой сигнал 4-го уровня, DS4	M34	4032	274,176

***Технические средства обслуживания межстанционных сигналов
управления с общим каналом***

Как уже обсуждалось ранее, система межстанционных сигналов с общим каналом (CCIS) действует в канале связи, полоса пропускания которого равна полосе пропускания голосового кана-

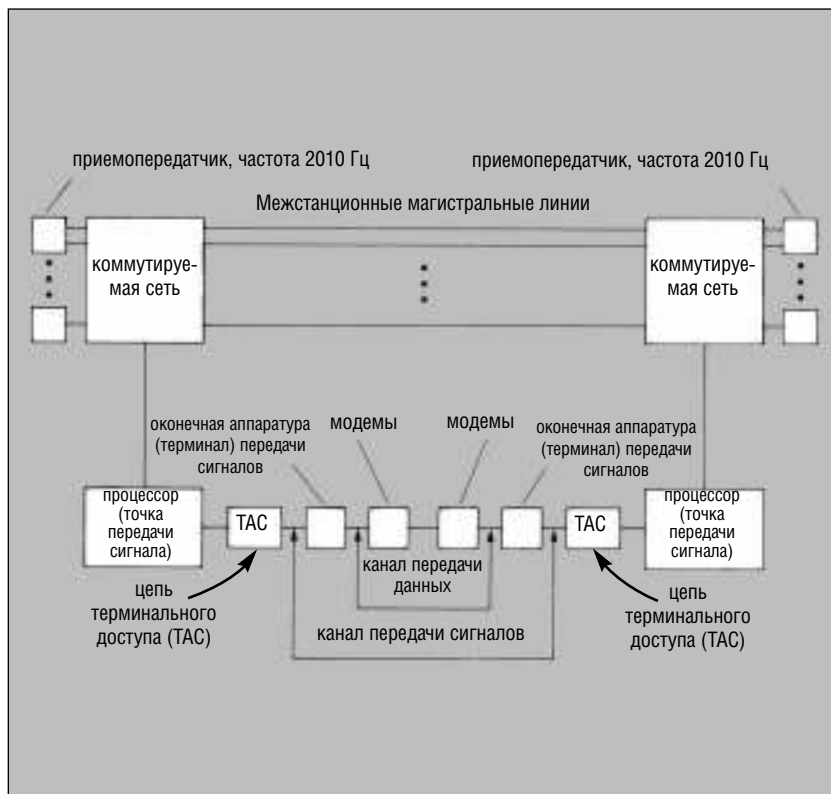


Рис. 1.21.
Технические
средства
обслуживания
межстанционных
сигналов
управления
с общим каналом
(с любезного
разрешения
компании АТТ)

ла и по которому передаются все сигналы управления и контроля сразу для нескольких голосовых каналов, передающих только речевые сигналы. Технические средства обслуживания, необходимые для осуществления такого подхода, приведены на рис. 1.21.

Линия передачи, предназначенная для использования межстанционных сигналов управления с общим каналом, на каждой телефонной станции состоит из схемы терминального доступа (ТАС), оконечной аппаратуры (терминала) передачи сигналов и модема (будет более подробно рассмотрен в главе 6), а также из канала к управляющему компьютеру, который получил название точки передачи сигнала (СТР). Несколько телефонных станций могут осуществлять связь между собой с использованием двух или более точек передачи данных для резервирования и защиты оборудования от выхода из строя.

Система, в которую входят технические средства и оборудование для межстанционных сигналов управления с общим каналом (CCIS), является серьезным улучшением в организации управления и контроля работы сетей связи. Система обеспечивает

Система межстанционных сигналов управления с общим каналом разделяет речевые сигналы и сигналы управления на два различных канала.

более высокую скорость передачи сигналов, гораздо более высокую информационную емкость, а также двухстороннюю передачу сигналов даже в том случае, если по магистральной линии ведется разговор. Дополнительно она предоставляет некоторые преимущества передачи сигнала по отдельному каналу, такие, например, как независимость от случайного прерывания речью или поступившим извне тональным сигналом, который был принят за управляющий, защиту от неправомерного использования сети путем имитирования внутрисетевых сигналов управления, а также защиту от массового блокирования работы целой магистральной группы в случае выхода из строя системы мультимплексирования или сети передачи информации.

Используемые для передачи информации физические среды

Используемые для передачи информации физические среды фактически представляют то, по чему передается сигнал от одной точки сети до другой. Сигнал, который передается по физической среде, может представлять речь либо данные, сигналы управления сети, либо любую возможную комбинацию из этих сигналов. Каждая среда имеет свои собственные преимущества и недостатки. Хотя в современном мире можно найти различные типы сред, которые могут использоваться для передачи сигнала, все их можно разбить на три основные категории: проводные средства связи, радиосредства и оптоволоконные.

Проводные средства связи

Кабель, состоящий из множества попарно свитых проводников, коаксиальный кабель, а также воздушные линии связи являются наиболее распространенными и используемыми на практике техническими средствами (или средой), которые можно найти не только в абонентских линиях связи или межстанционных сетях, они также используются в линиях дальней связи. Провод является старейшим и наиболее простым представителем используемых физических сред, как это показано на рис. 1.22, но до сих пор он остается основой построения всех сетей связи. Полная замена кабелей связи может произойти, по ряду оценок, только через несколько десятилетий.

Но провод имеет и ряд серьезных недостатков. Прежде всего, он дорог, имеет значительные удельные массу и объем. Высокая стоимость монтажа и замены кабелей дальней связи делает достаточно проблематичной проблему выбора носителя, особенно если исполь-

зовать современные физические среды. Помимо этого проводниковый носитель очень восприимчив к воздействию со стороны окружающей среды, он подвержен, например, коррозии, помехам различного рода, броскам напряжения.

Радиосредства

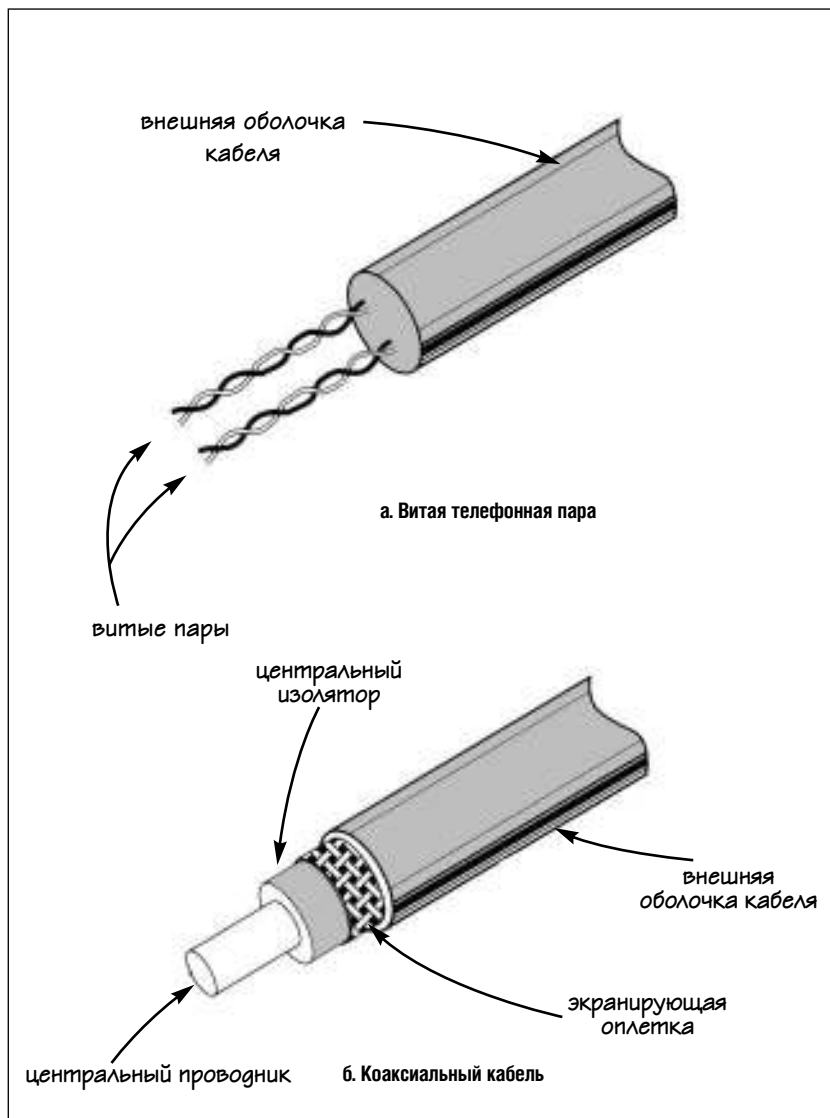
Радиоканалы, или каналы беспроводной связи, включают спутниковые и наземные средства связи, использующие УКВ диапазон. Они имеют ряд преимуществ перед проводной связью при организации сетей межстанционной и дальней связи. Стандартный СВЧ канал связи может обрабатывать более 40 тыс. голосовых каналов в аналоговой форме. Сеть может быть легко реконструирована или изменена без необходимости перекладки огромных количеств медных или оптоволоконных кабелей. Обслуживание радиосистем также дешевле по сравнению с проводными сетями.

К негативным моментам их применения относятся огромные капитальные затраты на здания и сооружения, оборудование и земельные участки. Работа радиосистем также подвержена влиянию атмосферы, она зависит от проблем, связанным с распространением радиоволн УКВ диапазона. Отражение, преломление, дифракция, экранирование, помехи и влияние сигналов от других источников электромагнитного излучения могут привести к ослаблению или искажению радиосигнала при его прохождении через атмосферу Земли. На рис. 1.23 изображен типичный канал радиорелейной связи.

Волновод заполняет разрыв между проводами и радио. Он обладает свойством передавать СВЧ сигнал через пустотелый металлический проводник (волновод) — внешне больше похожий на кабель. Волновод имеет все преимущества передачи радиосигнала, при этом защищает его от атмосферного воздействия, которое может привести к искажению сигнала. Он также обеспечивает такую же ширину пропускания, что и открытый СВЧ радиоканал, потери при прохождении сигнала в волноводе незначительны. На рис. 1.24 приводятся два наиболее распространенных типа волноводов.

К сожалению, несмотря на все преимущества, волновод намного дороже и гораздо сложнее при монтаже и эксплуатации по сравнению с проводными средствами. Как правило, использование таких систем ограничивается очень небольшими расстояниями передачи сигнала. Самые незначительные механические повреждения или коррозия волновода приводят к значительному увеличению потерь при прохождении сигнала.

Рис. 1.22.
Типичные
представители
проводных средств
связи



Оптоволоконный кабель

Оптическое волокно, или оптоволоконный кабель, представляет новый шаг в развитии средств телекоммуникаций и представляет возможность использовать новую физическую среду для распространения сигнала. Оптическое волокно, или световод, изготавливают с использованием высококачественных стеклянных нитей, окруженных оболочкой из специального материала, имеющего несколько бо-

более низкий показатель преломления. Для создания же локальных сетей межкомпьютерной связи с небольшими транзитными участками часто используют пластиковое волокно.

Световой поток, направленный в оптическое волокно, распространяется по световоду, отражаясь от границы раздела между световодом и его внешней оболочкой. На рис. 1.25 схематически изображен разрез оптоволоконного кабеля и распространение в нем светового потока.

Оптоволоконные кабели обладают рядом весьма существенных преимуществ. Прежде всего, они имеют небольшую относительную массу и малый диаметр поперечного сечения, но при этом обладают удивительной прочностью на разрыв. Стандартный оптоволоконный кабель может передавать сигнал на огромные расстояния с ослаблением сигнала менее чем 0,3 дБ на один километр расстояния. Усилители сигнала могут располагаться на расстоянии около 20 миль (32 км). Оптическое волокно обеспечивает широкую полосу пропускания сигнала, ряд образцов оптоволоконного кабеля могут передавать одновременно более 30 тыс. голосовых каналов. Для передачи сигнала не используется электрический ток, поэтому в них отсутствуют электрические помехи, паразитные контуры заземления, перекрестные помехи, наложение сигналов. Все эти преимущества делают оптоволоконный кабель идеальным для применения в дальних магистральных линиях связи.

Вполне естественно, что у оптоволоконного кабеля есть и недостатки. Из соображений безопасности и надежности особые меры предосторожности должны соблюдаться как при прокладке кабеля, так и в местах его соединения, что значительно увеличивает стоимость монтажных работ. Использование оптоволоконного кабеля для передачи большого количества телефонных разговоров означает, что в случае его повреждения из строя одновременно выйдет большое количество каналов связи.

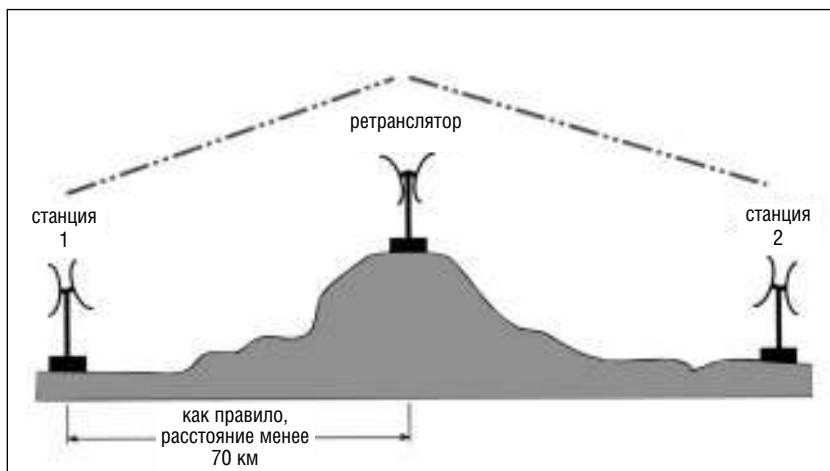


Рис. 1.23.
Пример построения
радиорелейной
линии связи

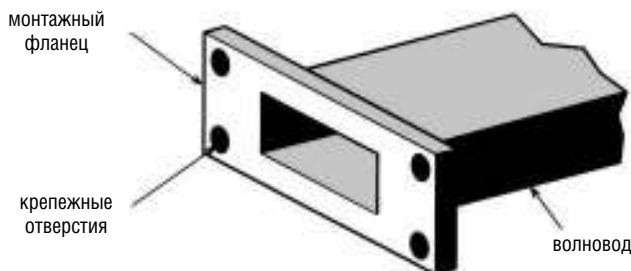
Для предотвращения этого в дальних линиях связи используют второй дублирующий кабель, проложенный по иному маршруту, чем основной, хотя такое решение нельзя признать экономически обоснованным при использовании оптоволоконных кабелей связи в ряде городских территорий. Однако, несмотря на эти недостатки, оптоволоконные кабельные системы связи продолжают расти и развиваться.

УСЛОВИЯ ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ

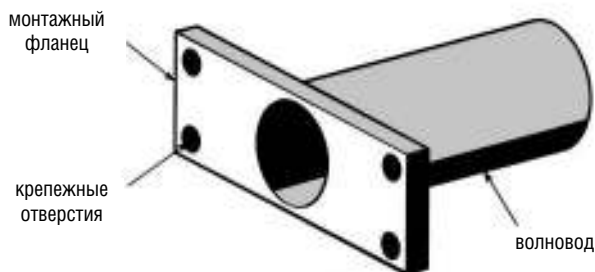
Электрические параметры телефонного аппарата были давно унифицированы и стандартизованы в промышленности.

Для систем телефонной связи установлен ряд стандартных технических параметров, которые служат основой при их производстве. Телефонный аппарат разрабатывается таким образом, чтобы сохранять свою работоспособность в широком диапазоне изменения электрических, механических и акустических параметров. Часть технических характеристик оп-

Рис. 1.24.
Разновидности волноводов, используемых для передачи сигнала



а. Волновод с прямоугольной формой сечения



б. Волновод с круглой формой сечения

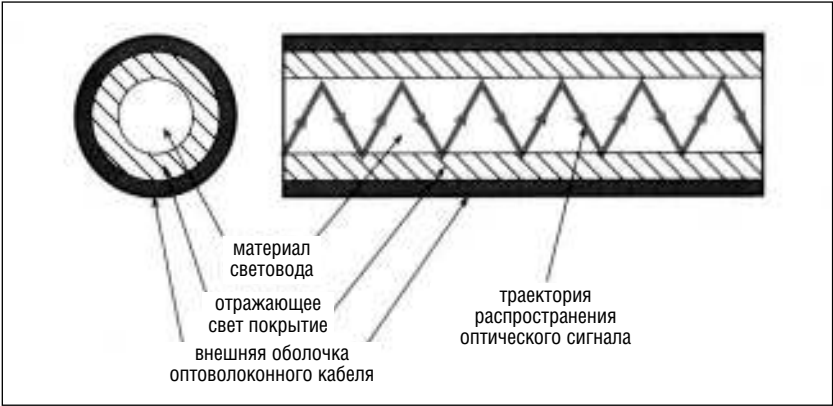


Рис. 1.25.
Конструкция
оптоволоконного
кабеля и
распространение
в нем света

Параметр	Стандартное значение параметра, принятое в США	Пределы изменения параметра	Стандартное значение параметра, принятое в странах Европы
Напряжение батарейного питания	Постоянное напряжение - 48 В	Постоянное напряжение от -48 до -105 В	Такие же значения
Рабочий ток в телефонной линии	От 20 до 80 мА	От 20 до 120 мА	Такие же значения
Сопротивление абонентской линии связи	От 0 до 1300 Ом	От 0 до 3600 Ом	Такие же значения
Уровень потерь в линии	8 дБ	17 дБ	Такие же значения
Уровень искажений	Общий уровень -50 дБ	Не определен	
Сигнал вызова	20 Гц, 90 В среднеквадратического значения	Частота от 16 до 60 Гц, напряжение от 40 до 130 В среднеквадратического значения	Частота от 16 до 50 Гц, напряжение от 40 до 130 В среднеквадратического значения
Уровень звукового давления в телефонном капсюле трубки	От 70 до 90 дБ*	130 дБ*	Отличается
Уровень шумов в телефонном аппарате	Менее чем 15 дБ**		

Таблица 1.6.
Технические
параметры систем
связи и их
предельные
значения

(*) дБ* — уровень акустического давления в дБ.
(**) дБ** — значение помех (шума), выраженное в дБ, относительно уровня 0 дБ, измеренное с психометрическим взвешиванием частотной характеристики.

ределяется человеческим фактором, например требованиями к максимальному акустическому давлению и размерам телефонной трубки, некоторые являются просто наследием прошлого, например напряжение вызывного звонка и его частота, а некоторые, такие как минимальный ток в линии для обеспечения нормальной работы углеродных микрофонов и реле, определяются физическими свойствами используемых в телефонных аппаратах материалов. В табл. 1.6 приводится ряд технических параметров и их предельных значений для абонентских телефонных аппаратов, используемых в США и ряде европейских стран.

РЕГИСТРАЦИЯ ТЕЛЕФОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Федеральная комиссия США по связи установила требования и правила подключения телефонного оборудования к системам связи.

Вплоть до 1955 г. Федеральная комиссия США по связи поддерживала монополию частных компаний, эксплуатирующих сети связи, относительно используемого оконечного оборудования, а также приборов, присоединяемых к оконечному оборудованию. Оконечное, или терминальное, оборудование — это оборудование, подключаемое к сети связи, например телефонные аппараты. В 1955 г. Федеральная комиссия США по связи установила, что частные компании не имеют права препятствовать подключению приборов, которые были бы «частным образом выгодны без нанесения ущерба обществу в целом» к оборудованию, арендованному частными компаниями. (Это был так называемый прецедент с «замолчавшим телефоном».) Эта политика была впоследствии закреплена в известном решении Carterphone, 1968 г., применительно к оборудованию, подключенному к коммутируемым телефонным сетям. В 1975 г. Федеральная комиссия США по связи определила, что любая часть оборудования, зарегистрированного комиссией, может быть непосредственно подключена к телефонным сетям (это не относилось к телефонам-автоматам, в которых использовался один общий телефонный провод для нескольких абонентов).

Правила регистрации оборудования, подключаемого к телефонной сети, установлены в Правилах Регистрации Федеральной комиссии США по связи, часть 68 «Подключение оконечного оборудования к телефонным сетям», июль 1977 г. Этот документ (который может быть получен из Государственной типографии правительственных документов США) описывает типы оборудования, которое подлежит регистрации, требования к стандартам на технические и электрические параметры, а также стандарты на соединительные штекеры и розетки, которые должны использоваться при подключении оконечного оборудования к телефонной сети. Правила также устанавливают процедуру, в соответствии с которой должно тестироваться оборудование, подпадающее по действие правил, установленных в части 68, а также методы проведения испытаний для выполнения сертификации оборудования.

Контрольные вопросы к главе 1

1. Изобретателем телефона был:
 - а) Уотсон;
 - б) Белл;
 - в) Строуджер;
 - г) Эдисон.
2. Районная АТС определяет запрос на обслуживание, поступивший с абонентского телефона:
 - а) по протеканию тока в шлейфе;
 - б) отсутствию тока в шлейфе;
 - в) сигналу звонка телефона;
 - г) импульсам набора номера.
3. Какой вид сигналов передается по абонентской линии:
 - а) речевой сигнал;
 - б) тональные сигналы;
 - в) импульсные;
 - г) все вышеуказанные.
4. К какому классу телефонных станций относится районная (узловая) АТС:
 - а) 2;
 - б) 3;
 - в) 4;
 - г) 5.
5. Какая телефонная станция используется для соединения между районными АТС, если магистральная линия оказывается недоступной:
 - а) районная;
 - б) узловая телефонная станция;
 - в) дальней связи;
 - г) любая из указанных.
6. Какой из нижеуказанных способов относится к типу сигнализации постоянным током:
 - а) ток шлейфа;
 - б) изменение полярности подключения батареи;
 - в) сигналы типа Е&М;
 - г) все из указанных.
7. Ширина полосы пропускания голосового канала равна:
 - а) от 0 до 4000 Гц;
 - б) от 300 до 3000 Гц;
 - в) от 8140 до 8188 Гц;
 - г) ни один из указанных диапазонов.
8. Какой метод используется для передачи более чем одного телефонного разговора по каналу связи:
 - а) гибридный;
 - б) последовательный;
 - в) мультиплексирования;
 - г) все из указанных.
9. Метод передачи сигналов между телефонными станциями с общим каналом:
 - а) использует тот же самый канал, что и для соответствующего телефонного разговора;

- б)** использует для передачи сигналов только отдельный канал;
 - в)** передает сигналы только для одного соответствующего телефонного разговора;
 - г)** используется только в абонентских линиях связи.
- 10.** Переключение телефонных линий выполняется с использованием:
 - а)** цифровых переключателей;
 - б)** шаговых переключателей;
 - в)** координатных переключателей;
 - г)** любого из указанных.
- 11.** Шаговый переключатель:
 - а)** был изобретен Строуджером;
 - б)** при работе генерирует шумы и помехи;
 - в)** не может работать непосредственно при использовании двухтональных многочастотных сигналов;
 - г)** справедливо все указанное.
- 12.** Мультиплексирование с разделением времени используется для:
 - а)** передачи сигналов в аналоговой форме;
 - б)** передачи сигналов в цифровой форме;
 - в)** обеих форм сигналов.
- 13.** Среда для передачи сигнала представляет:
 - а)** кабель с проводами, скрученными в виде витой пары;
 - б)** СВЧ волновод;
 - в)** оптоволоконный кабель;
 - г)** все вышеперечисленные.

Глава 2. Традиционный телефонный аппарат

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К ГЛАВЕ

В предыдущей главе основные функции телефонного аппарата были рассмотрены в самых общих чертах только для того, чтобы показать, каким образом осуществляется вызов и происходит соединение. В этой же главе функции традиционного телефонного аппарата будут рассмотрены в деталях. Затем, в главах 3 и 4, будут рассмотрены электронные цепи телефонных аппаратов, которые обеспечивают выполнение тех же самых и некоторых других дополнительных функций в современном электронном телефонном аппарате.

РЫЧАГИ ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА

Телефонная трубка лежит на рычагах аппарата

На рис. 2.1 приведена принципиальная блок-схема, на которой показаны все основные функции телефонного аппарата. Цепь вызывного сигнала (или звонковая цепь), которая детально будет обсуждаться позже, всегда подключена параллельно линии связи, поэтому она всегда может быть использована для подачи сигнала о поступившем на аппарат вызове. Остальные цепи телефонного аппарата отделены от линии связи разомкнутыми контактами рычагов телефонной трубки, которые всегда разомкнуты, если телефонная трубка лежит на рычагах. При таком положении трубки ток в цепях аппарата не протекает (за исключением небольших токов утечки, вызванных в основном неидеальностью применяемых изоляционных материалов), так как в цепи вызывного сигнала установлен конденсатор, который препятствует протеканию через него постоянного тока.

Трубка снята с рычагов аппарата

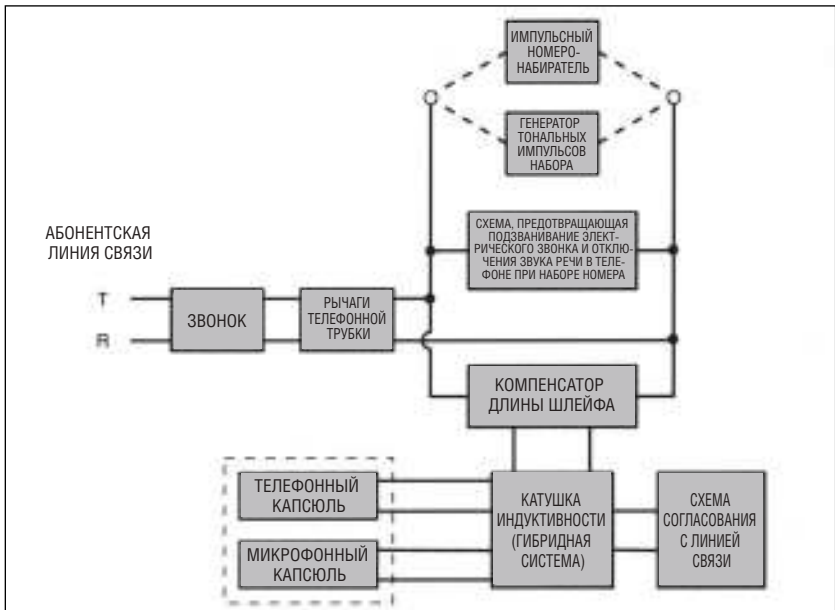
После того как телефонная трубка снята абонентом с рычагов аппарата перед тем, как набрать номер, контакты рычагов S1 и S2, изображенные на рис. 2.2а, замыкаются. По линии связи (или шлейфу, связывающему аппарат с АТС) начинает протекать ток шлейфа. Ток

При снятой с рычагов трубки контакты рычагов замыкаются, что вызывает цепь последовательно развивающихся процессов, происходящих на районной АТС. Прежде всего, подается напряжение на реле, и линейный искатель определяет линию, на которой была поднята телефонная трубка. После этого устанавливается соединение с линией, что подтверждает подача на телефонный аппарат сигнала о готовности к приему набираемого абонентом номера.

протекает от аккумуляторной батареи, установленной на станции, по шлейфу, по телефонному аппарату и по обмотке реле, установленного на районной АТС. Когда величина протекающего по обмотке реле тока достаточна, то реле срабатывает, после чего по его замкнутым контактам поступает сигнал на другое оборудование районной АТС, анализирующий, что на абонентском телефоне была поднята трубка. Линейный искатель ведет поиск линии до тех пор, пока он не определит линию, с которой поступил сигнал о том, что была поднята трубка. После определения такой линии, линейный искатель устанавливает соединение с коммутирующим оборудованием, чтобы подготовиться к приему сигналов о набираемом номере. В этот момент к линии абонента подключается генератор, подающий сигнал готовности набора номера, который информирует абонента, что станция готова к приему набираемого номера (абонент слышит в трубке гудок). Набор номера может выполняться импульсами (прерываниями) тока шлейфа либо посылкой тональных сигналов звуковой частоты. После того как первая набранная цифра номера поступила на районную АТС, генератор сигнала готовности набора отключается от абонентской линии.

Импульсный набор номера все еще используется с тех далеких времен, когда Строуджером был изобретен автоматический коммутатор. Коммутаторы с общим контролем позволяют использовать тональный набор, осуществляемый гораздо быстрее, и команды, обеспечивающие абоненту дополнительные услуги, такие, например, как маршрутизацию вызова с использованием коммутатора центра обработки вызовов.

Рис. 2.1.
Принципиальная
блок-схема
телефонного
аппарата



ИМПУЛЬСНЫЙ НАБОР НОМЕРА

В обычных телефонах старых моделей импульсный набор номера осуществляется дисковым номеронабирателем, на котором по кругу равномерно расположены десять отверстий для пальца руки, и конструкция которого изображена на рис. 2.2а. Количество импульсов в серии, определяемой одним поворотом диска номеронабирателя, задается тем, на какой угол был предварительно повернут диск номеронабирателя перед тем, как он был отпущен. Равномерно расположенные отверстия на диске номеронабирателя и стопор для пальца позволяют с легкостью осуществить предварительный поворот диска на необходимый угол, соответствующий набираемой цифре номера. Поворот диска закручивает пружину номеронабирателя, которая после освобождения диска возвращает его в исходное положение. Небольшой регулятор, установленный внутри номеронабирателя, обеспечивает строго постоянную скорость вращения диска при его возвращении в исходное положение. Кулачок, поворачиваемый совместно с осью, имеющейся на нижней части номеронабирателя, размыкает контакты S3, показанные на рис. 2.2а. Это замыкание и размыкание контактов при обратном вращении диска номеронабирателя приводит к прерываниям тока, протекающего в шлейфе. (Цепь шлейфа не разрывается при прямом вращении диска номеронабирателя.) Размыкание цепи шлейфа вызывает прерывание тока, протекающего по шлейфу и имеющего величину от 20 до 120 мА, а замыкание контактов позволяет току вновь протекать по цепи. Таким образом, импульсный набор обеспечивает серию импульсов тока в цепи шлейфа. Один импульс тока соответствует цифре 1, два импульса будут соответствовать цифре 2 и т.д. — до десяти импульсов, которые будут соответствовать цифре 0 в набираемом номере.

Дисковые номеронабиратели телефонов старых моделей вырабатывают серии импульсов путем прерывания тока, протекающего в шлейфе.

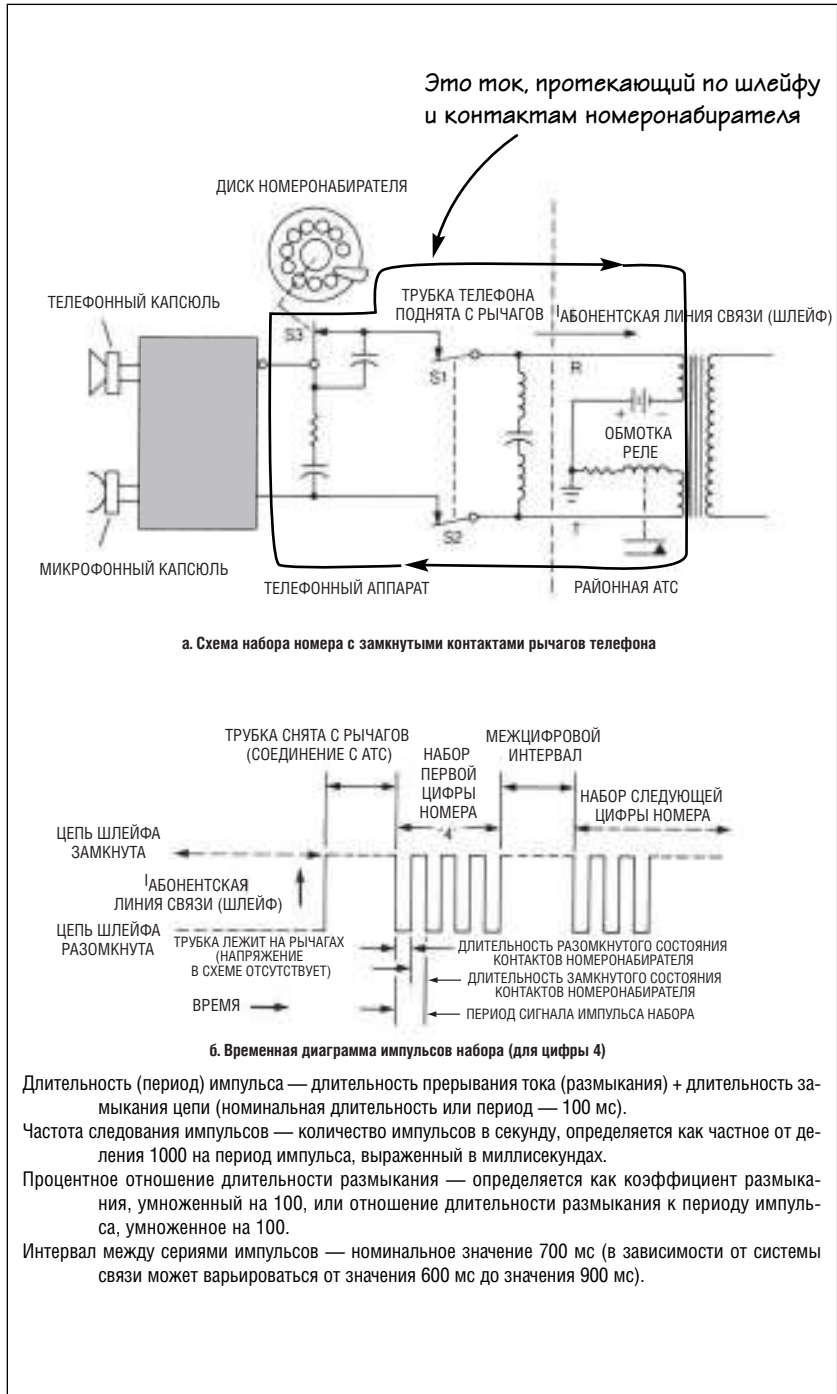
Синхронизация импульсов

Первоначально импульсы набора номера задумывались как средство управления электромеханической коммутирующей системой. Инерционность системы, как и любой другой механической системы, установила верхний предел частоты срабатывания, который был определен примерно как 10 операций в секунду. Таким образом, механические дисковые номеронабиратели телефонов разрабатывались таким образом, чтобы обеспечивать номинальную частоту следования импульсов набора как 10 импульсов в секунду.

На рис. 2.2б приведены графики, показывающие соотношения длительности замкнутого и разомкнутого состояния контактов номеронабирателя или соотношения для синхронизации импульсов набора. Необходимо обратить внимание, что количество прерываний

Частота следования импульсов, которые вырабатываются дисковым номеронабирателем, ограничена сравнительно медленным действием механизма номеронабирателя и ограниченной скоростью переключения реле. Отношение между временем замкнутого состояния контактов номеронабирателя и временем их разомкнутого состояния составляет 60%.

Рис.2.2.
Схема
формирования
импульсов
дисковым
номеронабирателем



соответствует цифре набираемого номера. Один промежуток времени, равный времени разомкнутого и замкнутого состояния цепи шлейфа и называемый периодом или длительностью времени импульса, как правило, составляет 100 мс (миллисекунды), что обеспечивает заданную частоту следования импульсов, равную 10 импульсам в секунду, или 10 Гц. (В одной секунде содержится 1000 мс, следовательно, если 1000 разделить на 100, то получим 10 импульсов в секунду.) Один импульс набора включает период времени, когда цепь разомкнута (называется интервалом прерывания), и период времени, когда цепь замкнута (называется интервалом замыкания цепи). За номинальные значения этих периодов времени в телефонных системах США приняты отрезки времени, соответствующие 60 мс разомкнутого и 40 мс замкнутого состояния. Это соотношение получило название коэффициента размыкания. В ряде других стран оно составляет примерно 67%.

Выявление (распознавание) импульсов набора

На каждые полтора километра проводов витой пары, соединяющей каждый телефонный аппарат с районной АТС, приходится примерно 0,07 мкФ (микрофарады) паразитной шунтирующей емкости и примерно 1,0 мГн (миллигенри) последовательно включенной паразитной индуктивности, а также последовательно включенного активного сопротивления величиной 42 Ом (ома). Оборудование, предназначенное для выявления импульсов набора и установленное на районной АТС, должно быть в состоянии распознавать импульсы набора, форма которых будет отличаться от идеальной прямоугольной формы импульса. Схема распознавания также должна уметь определять отличия между импульсами последовательности, передающей цифру номера, и началом импульсов серии, относящихся к новой цифре номера. Это достигается тем, что интервалы времени между отдельными импульсами в серии задаются отличающимися по длительности от интервалов между отдельными сериями импульсов, соответствующих отдельным цифрам. Как показано на графиках рис. 2.2б, номинальное значение интервала времени между отдельными набираемыми цифрами (междифровой интервал) составляет 700 мс.

Витая пара, соединяющая телефонные аппараты с районной АТС, в силу особенностей своих электрических параметров искажает форму импульса.

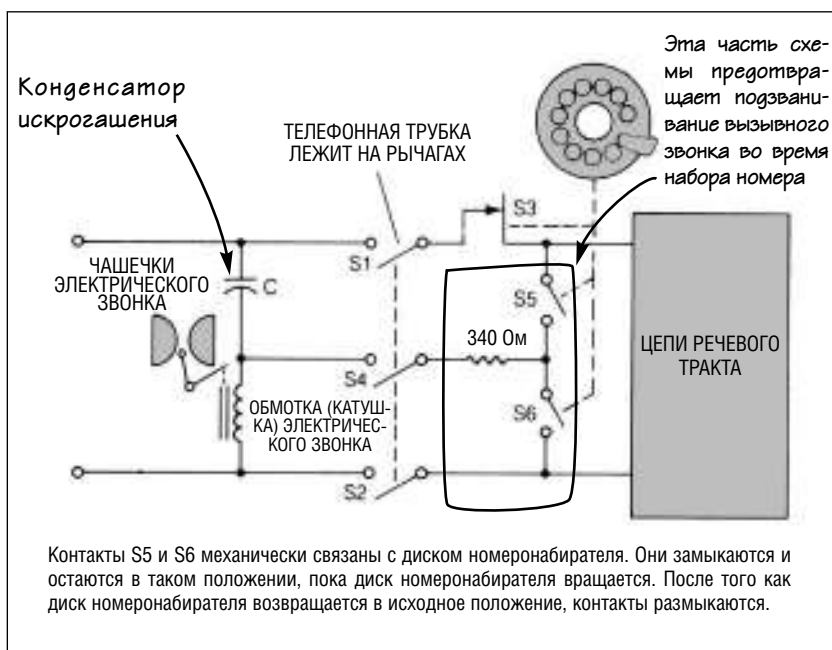
ПОДАВЛЕНИЕ ЗВУКОВ РЕЧИ И ПОДЗВОНИВАНИЯ ЗВОНКА ТЕЛЕФОНА

Каждый раз, когда контакты номеронабирателя прерывают ток, протекающий в цепи шлейфа, возникают высоковольтные выбросы напряжения (высоковольтные пички переходного процесса).

При повороте диска номеронабирателя автоматически шунтируются цепи вызывного звонка и голосовые цепи, чтобы предохранить их от воздействия импульсов набора.

Эти пички, характеризующиеся увеличенным значением напряжения во время генерации импульсов, могут привести к подзваниванию вызывного звонка телефона. Звуки звонка, достаточно тихие, выражаются в виде слабого подзванивания, поэтому цепь, защищающая звонок от подзванивания, получила название цепи антиподзвона. Как показано на рис. 2.3, эта цепь в схемах телефонов часто объединяется с цепью, предназначенной подавлять или отключать звук. Дополнительные выключатели S5 и S6 являются частью обычного номеронабирателя. Когда диск номеронабирателя вращается, контакты выключателей S5 и S6 на номеронабирателе оказываются замкнутыми. Контакты замыкают голосовую цепь и предотвращают прослушивание громких щелчков, возникающих при генерации импульсов набора, в телефоне трубки. Они также предотвращают возможные повреждения в цепях голосового такта. Замкнутые контакты также дополнительно шунтируют катушку вызывного звонка резистором с сопротивлением 340 Ом, что предотвращает подзванивание вызывного звонка. В приведенной схеме конденсатор в цепи звонка также используется в качестве резистивно-емкостного искрогасителя, который предотвращает возникновение искр на контактах номеронабирателя.

Рис. 2.3.
Подавление
звуков речи и
подзванивания
звонка телефона



ТОНАЛЬНЫЙ НАБОР НОМЕРА

В большинстве современных телефонных аппаратов используется метод набора номера, получивший название двухтонального многочастотного набора (DTMF). Метод двухтонального многочастотного набора (для краткости при дальнейшем изложении иногда используется термин тональный набор) может быть использован только в том случае, если районная АТС оснащена оборудованием, предназначенным для обработки тональных сигналов. Однако в настоящее время данная проблема практически не является актуальной, так как тональный набор стал преобладающим методом набора и обработки сигналов номера, и все районные АТС в состоянии предложить подобное обслуживание. Как изображено на рис. 2.4, вместо дискового номеронабирателя телефонные аппараты оснащены наборным полем (или клавиатурой для тонального набора), которое имеет 12 кнопок, соответствующих цифрам от 0 до 9, а также двум специальным значкам: (*) и (#). (Как показано на рис. 2.4 пунктирной линией, ряд специальных телефонов имеют четвертую колонку кнопок, что доводит общее количество кнопок на наборной клавиатуре до 16.) Нажатие одной из кнопок клавиатуры заставляет электронные цепи генерировать два сигнала различной частоты акустического диапазона: более низкочастотный сигнал — для каждого ряда и сигнал более высокой частоты — для каждой колонки.

В современном методе тонального набора с помощью наборной клавиатуры при нажатии какой-нибудь кнопки выбирается определенная пара частот акустического диапазона. Этот метод получил название двухтонального многочастотного набора.

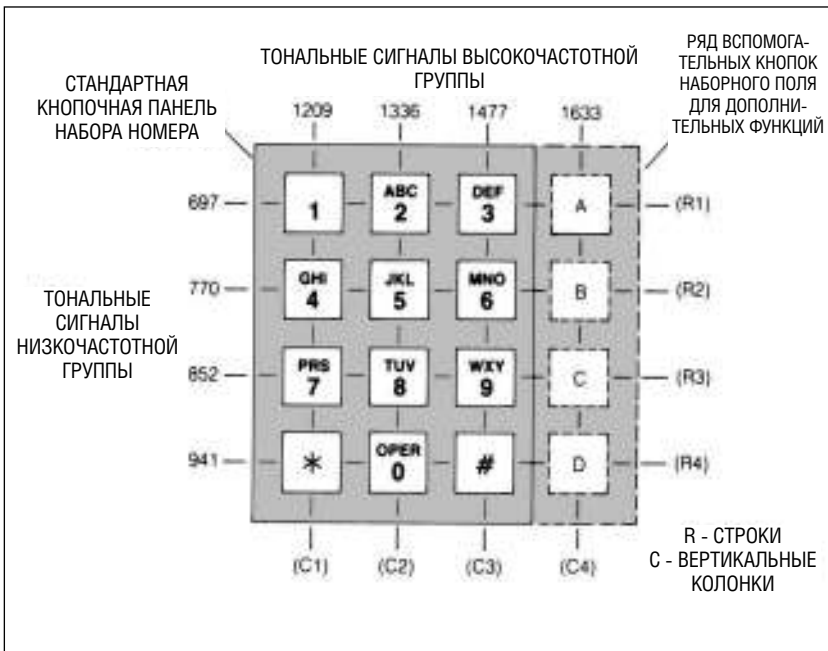


Рис. 2.4. Клавиатура с кнопками набора телефонного номера

Например, при нажатии цифры 5 на клавиатуре происходит генерация тонального сигнала с частотой 770 Гц и второго сигнала с частотой 1336 Гц. Путем применения двухтонального метода обеспечивается 12 неповторяющихся комбинаций с использованием набора только из 7 частот в наборной клавиатуре с 12 кнопками.

Частоты сигналов и общий вид клавиатуры наборного поля были стандартизованы в международном масштабе. Однако допуски на индивидуальные частоты могут отличаться для различных стран. Например, в Северной Америке стандарт допускает отклонение частоты генератора 1,5% и отклонение в 2% для приемника цифрового сигнала.

Генерирование тонального сигнала

Электронная схема, объединяющая два генератора, одновременно генерирует сигналы двух частот, определяемых стандартом двухтонального многочастотного набора (DTMF).

Схема двухтонального многочастотного набора, которая собрана на дискретных (отдельных) электронных элементах, показана на рис. 2.5. Контакты переключателей S1, S2 и S3 изображены в разомкнутом положении. Если телефонная трубка снята с рычагов, ток шлейфа протекает через элементы RV1, L1A, L2A, через комбинированную схему (которая используется для подключения в схеме телефона микрофонного и телефонного капсюлей) и возвращается обратно в линию связи. Транзистор Q1 выключен. Конденсаторы C1 и C2 отключены с одного конца разомкнутыми контактами выключателей S1 и S2.

После того как будет нажата кнопка на наборном поле, механические сочленения, называемые штоками ряда, и колонки при таком положении кнопки клавиатуры замкнут соответствующие контакты S1 и S2, которые подключают конденсатор C1 к выводу L1A, а конденсатор C2 к выводу L2A. Эти переключения в схеме образуют резонансные контуры для генерирования необходимого тонального сигнала низкочастотной группы (контур L1A–C1) и тонального сигнала высокочастотной группы (контур L2A–C2).

Механическое взаимодействие нажимной кнопки и сочленений переключателей таково, что приведенное выше описание замыкания цепей схемы для образования резонансных контуров происходит только при частичном (неполном) нажатии кнопки. Одновременно с этим контакты переключателя S3 остаются в том положении, которое изображено на рис. 2.5. При дальнейшем нажатии рассматриваемой кнопки происходит изменение состояния контактов переключателя S3. Это изменение прерывает протекание постоянного тока через элементы L1A и L2A и возбуждает в двух резонансных контурах генерирование колебаний. Одновременно с этим контакты S3 подключают напряжение станционной батареи к коллектору транзистора Q1. Трансформаторная связь между L1A, L1B и L1C, а так-

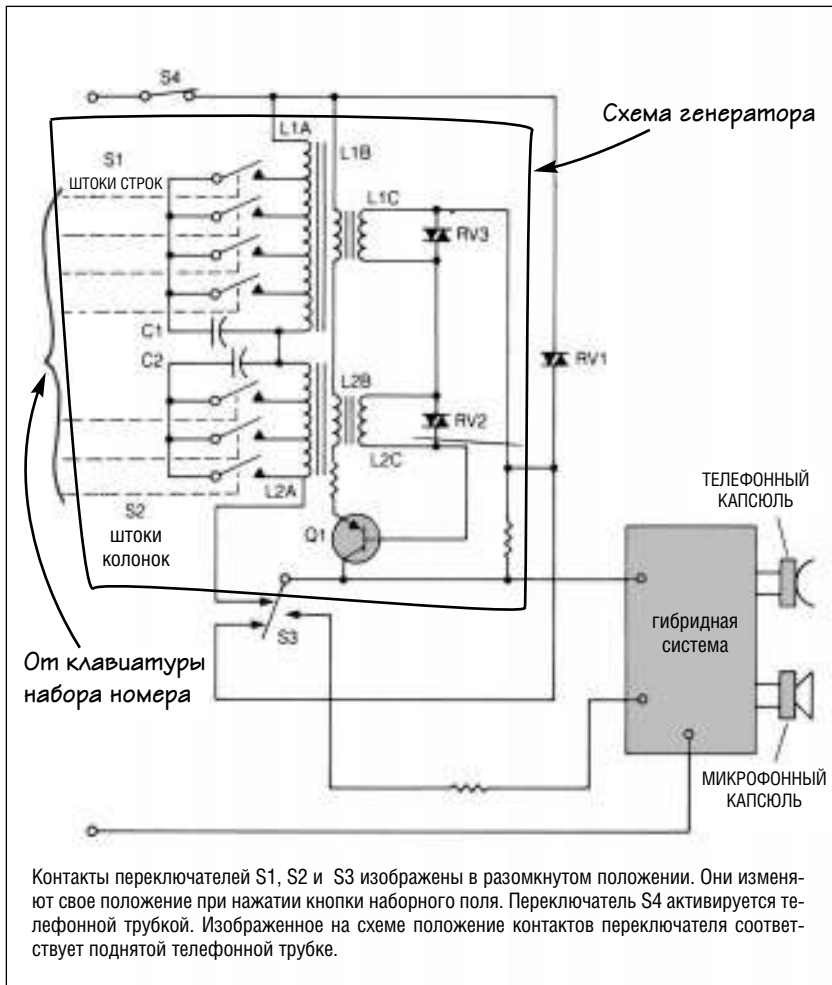


Рис. 2.5.
Принципиальная
схема
двухтонального
многочастотного
набора номера
(DTMF)

же между L2A, L2B и L2C заставляет транзистор Q1 поддерживать режим генерации и модулировать ток шлейфа, для того чтобы обеспечить передачу двух тональных сигналов на АТС. Цепи телефонного и микрофонного капсюлей телефонной трубки оказываются зашунтированными при замыкании контактов переключателя S3, однако исходящие тональные сигналы с пониженным уровнем громкости могут прослушиваться в телефонном капсюле для контроля. В современных телефонных аппаратах двухтональные многочастотные сигналы набора номера формируются с использованием интегральных микросхем, обеспечивающих более высокую надежность работы по сравнению с резонансными контурами, выполненными на дискретных элементах.

Распознавание тональных сигналов

Специальные схемы, обеспечивающие избирательность по частоте и по времени, обеспечивают прием и обработку только тональных сигналов.

Выбор используемых тональных сигналов был произведен очень тщательно, чтобы схемы обработки сигналов (получившие название цифроприемники), установленные на районных АТС, не смогли бы их спутать с другими тональными сигналами, которые могли бы появиться в линии связи. Цифроприемники имеют частотно-избирательные фильтры, которые пропускают только сигналы с частотами, используемыми в двухтональном многочастотном наборе. Помимо этого, цифроприемники имеют синхронизирующие цепи, которые дают возможность удостовериться, что тональный сигнал действует в течение не менее строго ограниченного минимального интервала времени (для стран Северной Америки он должен действовать не менее 50 мс), чтобы быть принятым в качестве действительного тонального сигнала набора.

После того как соединение с вызываемым телефоном установлено, цифроприемник отключается от цепи, и тональные сигналы могут передаваться по телефонной линии точно так же, как обычный речевой сигнал. Это позволяет использовать двухтональные многочастотные сигналы для передачи данных и введения команд на удаленных терминалах либо же для получения информации с удаленного терминала.

Сравнение времени, затрачиваемого на набор номера различными методами

Набор и передача телефонного номера с использованием метода двухтонального многочастотного сигнала происходит гораздо быстрее по сравнению со временем, необходимым при импульсном наборе. На принимающем конце линии это обозначает необходимость использования меньшего количества запоминающих регистров.

Набор номера с использованием метода двухтонального многочастотного сигнала происходит гораздо быстрее как на практике, так и теоретически по сравнению с методом импульсного набора. При использовании тонального набора время, необходимое для распознавания любой цифры номера, составляет всего 50 мс. С учетом времени, необходимого для межцифрового интервала, составляющего также 50 мс, общее время для пересылки любой цифры номера составляет около 100 мс.

В противоположность этому, каждый импульс в методе импульсного набора занимает интервал времени, равный 60 мс, при этом дополнительно требуется интервал времени в 40 мс замкнутого состояния, разделяющий отдельные импульсы, образующие цифру номера, что требует для одного импульса порядка 100 мс времени. Таким образом, любая цифра номера, соответствующая более высокому значащему числу десятичного разряда, потребует при импульсном наборе все больше времени для того, чтобы быть набранной, так как количество импульсов с увеличением числа, входящего в номер, воз-

растает. К тому же необходимо учесть междудифровые интервалы времени, которые при импульсном наборе гораздо больше и составляют по 700 мс. В качестве примера можно рассмотреть время, затрачиваемое на набор номера 555-555-5555, при импульсном наборе номера при междугороднем разговоре:

5 импульсов/на каждую цифру \times 100 мс/на импульс \times 10 цифр номера = 5 с.

Междифровой интервал \times (количество цифр номера — 1) = 700 мс \times 9 = 6,3 с.

Общее время набора номера импульсным методом составит: (5 + 6,3) = 11,3 с.

При использовании метода двухтонального многочастотного набора при наборе того же самого номера затраты времени составят:

Количество цифр номера \times 100 мс/на одну цифру = 10 \times 100 мс = 1 с.

Рассчитанные промежутки времени являются минимально возможными. В действительности пользование как наборным диском, так и кнопками наборного поля добавляют к полученным значениям дополнительное время, однако время, которое экономится при использовании тонального набора при большом количестве ежедневных разговоров, становится просто внушительным. На районной АТС цифроприемники, а также устройства памяти, необходимые для хранения поступающих во время набора цифр, используются для совместного обслуживания большого количества входящих линий. Снижение среднего времени обработки одного поступившего вызова (именуемого временем занятия линии) означает уменьшение необходимого количества цифроприемников для такого же объема обслуживаемых вызовов. Окончательный же результат заключается в том, что требуется меньше капитальных затрат на оборудование при том же количестве обслуживаемых линий, следовательно, стоимость телефонной станции будет снижаться.

Сопряжение генератора двухтональных многочастотных сигналов с линией связи

Требования, необходимые для согласования генератора с линией связи, заключаются в следующем:

1. Необходимые значения напряжения постоянного тока и тока шлейфа должны быть обеспечены при любой длине линии связи.
2. Вырабатываемые тональные сигналы должны иметь определенную амплитуду, уровень искажений сигнала — не превышать определенного значения.

При согласовании генератора двухтональных многочастотных сигналов с линией связи должны быть учтены несколько существенных моментов. Генератор должен сохранять работоспособность при изменении в широких пределах ряда параметров, таких как входное напряжение, длина линии связи. Он должен вырабатывать сигнал с приемлемым значением амплитуды и не содержащий помех, а также иметь соответствующее значение динамического комплексного сопротивления.

3. Генератор двухтональных многочастотных сигналов должен иметь определенное значение выходного полного комплексного сопротивления, чтобы быть согласованным с линией связи.

Питание схем телефона

Проблема при формировании двухтонального многочастотного сигнала наиболее очевидно может проявляться при питании цепей схемы от линии связи в любом из двух предельных случаев: или очень длинном, или очень коротком шлейфе.

Большая длина шлейфа уменьшает величину тока в линии связи и напряжения, питающего электронные цепи телефонного аппарата. Поэтому цепи, генерирующие тональные сигналы, должны сохранять работоспособность при снижении напряжения питания вплоть до значения 3 В.

Минимальное значение рабочего напряжения постоянного тока ($V_{DC(min)}$) для генератора двухтонального многочастотного сигнала и схемы сопряжения (интерфейса) будет представлять сумму амплитудных значений напряжений двух тональных сигналов ($V_{LPK} + V_{HPK}$), необходимого стабилизированного напряжения (V_{REG}), падения напряжения*, необходимого для компенсации значения стабилизированного напряжения ($V_{BE} + V_{CE(SAT)}$). Например:

$$V_{DC(min)} = (V_{LPK} + V_{HPK}) + V_{REG} + (V_{BE} + V_{CE(SAT)}) = 1,24 \text{ В} + 3 \text{ В} + 1,2 \text{ В} = 5,44 \text{ В}.$$

При коротком шлейфе необходимо обеспечить условия, при которых телефонный аппарат мог бы безболезненно для себя пропустить большой по величине ток или сохранить работоспособность при высоких значениях постоянного напряжения в тех случаях, когда на телефонной станции не предпринимается специальных мер по стабилизации или ограничению тока и напряжения, питающего линию связи. В любом случае схема сопряжения должна обеспечивать должную стабилизацию напряжения, если она должна питать остальные цепи.

Уровни сигналов

Уровень тональных сигналов сравнивается с относительным уровнем 0 дБм (1 мВт мощности, рассеиваемой на нагрузке, которая имеет полное комплексное сопротивление 600 Ом). Тональные сигналы более высокого частотного диапазона должны иметь уровень, превышающий на 2 дБ уровень тональных сигналов, генерируемых в

* Имеется в виду, на базовом и коллекторном переходах транзисторов — Прим. перев.

относительно более низкочастотном акустическом диапазоне. Это необходимо для компенсации дополнительных потерь, возникающих при передаче сигнала более высокой частоты. На рис. 2.6 приводятся графики, обычно используемые для того, чтобы охарактеризовать уровни попарно передаваемых тональных сигналов.

Искажения

Допустимый уровень искажений в передаваемых тональных сигналах задается несколькими методами:

1. Суммарная мощность всех нежелательных сигналов должна быть, по крайней мере, на 20 дБ ниже уровня полезного тонального сигнала, при этом уровень последнего должен быть минимальным.



Рис. 2.6.
Технические условия на уровень передаваемых двухтональных многочастотных сигналов

Фигура на графике представляет оптимальное и максимальные различия в уровнях выходного сигнала, установленных для парных передаваемых тональных сигналов.

2. Уровень частотных искажений, производимых парным сигналом, должен составлять:
 - а. не более чем -33 дБм в полосе шириной от 300 до 3400 Гц;
 - б. не более чем -33 дБ на частоте 3400 Гц с уровнем ослабления 12 дБ на октаву до частоты 50 кГц;
 - в. не превышать -80 дБ для частот выше 50 кГц.
3. Искажения, выраженные в децибелах, определяются по следующей формуле:

$$\text{Искажения} = 20 \log_{10} \frac{\sqrt{V_1^2 V_2^2 + \dots + V_N^2}}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}}$$

где

$V_1 \dots V_N$ — значения напряжений для нежелательных частотных искажений;

V_L — значение напряжения для тонального сигнала более низкочастотного диапазона;

V_H — значение напряжения для тонального сигнала более высокочастотного диапазона.

Импеданс, или полное комплексное сопротивление

При работе генератор двухтональных многочастотных сигналов должен представлять для линии динамическое полное комплексное сопротивление, имеющее необходимое для согласования значение. Величина полного комплексного сопротивления, равная 900 Ом, является стандартным значением. В неактивном состоянии генератор двухтональных многочастотных сигналов должен иметь малое значение полного динамического сопротивления при последовательном включении с речевыми цепями и высокое значение полного динамического сопротивления при параллельном включении.

Потери на отражение

Потери на отражение RL выражаются в следующем виде:

$$RL = 20 \log_{10} \frac{Z_L + Z_g}{Z_L - Z_g}$$

где

Z_L — полное комплексное сопротивление линии связи;

Z_g — выходное полное комплексное сопротивление телефонного аппарата, генерирующего сигнал.

Потери на отражение RL должны превышать уровень 14 дБ в частотном диапазоне от 300 до 3400 Гц и превышать уровень 10 дБ в частотных диапазонах от 50 до 300 Гц и от 3400 до 20000 Гц.

Преимущества использования метода двухтональных многочастотных сигналов

Коротко подводя итог, можно отметить, что метод двухтональных многочастотных сигналов, DTMF, пришел на смену методу импульсного набора в силу следующих преимуществ:

1. Снижения общего времени, затрачиваемого на набор номера.
2. Увеличения надежности работы телефонного аппарата вследствие использования полупроводниковых элементов и интегральных микросхем.
3. Возможности использования тонального набора для передачи сигналов между оконечными абонентами после установления соединения телефонной станцией (для передачи данных с небольшими скоростями потока).
4. Снижения требований к количеству необходимого для использования на телефонной станции оборудования.
5. Более высокой совместимости с телефонными станциями, управляемыми электронными (программируемыми) средствами.

МИКРОФОН

Та часть телефона, в которую говорит абонент, называется микрофоном. Это устройство преобразует речь (энергию акустических колебаний) в синхронно изменяющийся с речью электрический ток (электрическую энергию), который может быть передан по системе связи в приемное устройство вызываемого телефона. Подавляющее количество используемых в настоящее время в телефонных аппаратах микрофонов почти ничем не отличаются от изобретенного более века тому назад Томасом А. Эдисоном.

Конструкция микрофона

Как показано на рис. 2.7а, старинный микрофон состоит из небольшого капсюля, полностью заполненного угольными гранулами. Передняя и задняя части капсюля представляют собой металлические проводники, поэтому они изолированы одна от другой. Одна сторона капсюля выполнена так, что она находится в зафиксированном положении с помощью упора, который представляет собой часть гнезда в телефонной трубке. Вторая часть капсюля прикреплена к диафрагме, которая может совершать колебательные движения синхронно с действием давления воздуха, вызываемого речью говорящего в трубку телефона абонента. Колебания диафрагмы изменяют силу давления, оказываемого ей на угольные гранулы. Если гранулы сжимаются под действием оказываемого на них давления, то электрическое сопротивление угольной массы снижается. Когда давление на гранулы снижается, они несколько раздвигаются и электрическое сопротивление капсюля возрастает.

Ток, протекающий по капсюлю микрофона, изменяется в зависимости от величины сопротивления угольной массы. Таким образом, изменяющееся давление воздуха, связанное с речью говорящего

человека, превращается в синхронно изменяющийся электрический сигнал, который может передаваться по линии связи к другому абоненту. Конструктивно могут существовать различные модели микрофонов, однако принцип их работы ничем не отличается от только что описанного. С течением времени угольные микрофоны становятся более шумными из-за того, что частички угля растрескиваются, и поэтому при перемещении телефонной трубки небольшие образовавшиеся угольные частички образуют случайным образом электрически проводящие ток мостики между остальными гранулами. Для устранения этой неприятности следует обратиться в ремонтную мастерскую и заменить микрофон, который отличается повышенным уровнем шума. По этой причине, а также для снижения искажений сигнала угольные микрофоны в современных моделях телефонов заменяются на другие типы микрофонов (см. следующие разделы данной главы).

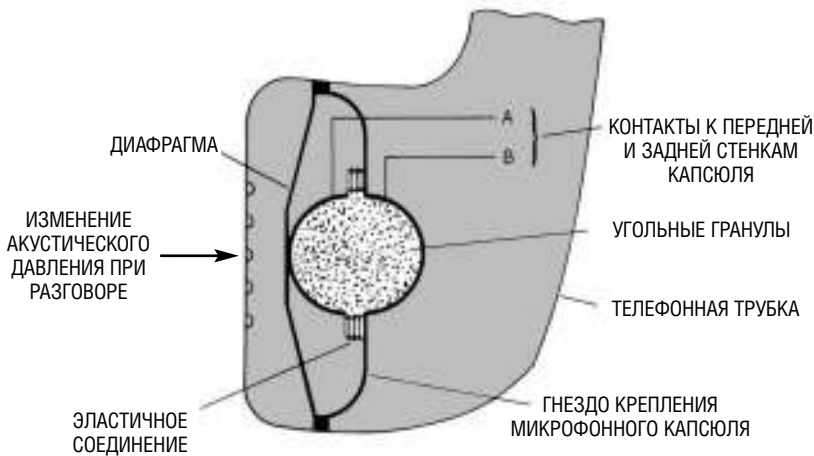
Принцип работы микрофона

Для того чтобы понять, как величина тока в шлейфе зависит от уровня звука, следует обратиться к рис. 2.76, на котором приведена упрощенная электрическая схема включения микрофона в схему. Микрофон с угольными гранулами на схеме представлен в виде переменного сопротивления R_{TR} , величина которого изменяется синхронно с речью говорящего. Величина напряжения, приложенного к микрофону, остается постоянной. Следовательно, с изменением энергии звука изменяется сопротивление R_{TR} микрофона, ток, протекающий по цепи, изменяется в точном соответствии с изменением звуковой энергии или интенсивностью звука. Так как приложенное напряжение представлено другим источником энергии (электрической), то изменения величины электрического тока в цепи передают энергию на приемное устройство вызываемого телефона, которое, в свою очередь, воспроизводит акустическую энергию, превышающую по своему уровню ту, которая первоначально вызвала изменение электрического сопротивления в микрофонном капсуле передающего абонента. Таким образом, за счет дополнительного источника электрической энергии исходный акустический сигнал оказался усиленным.

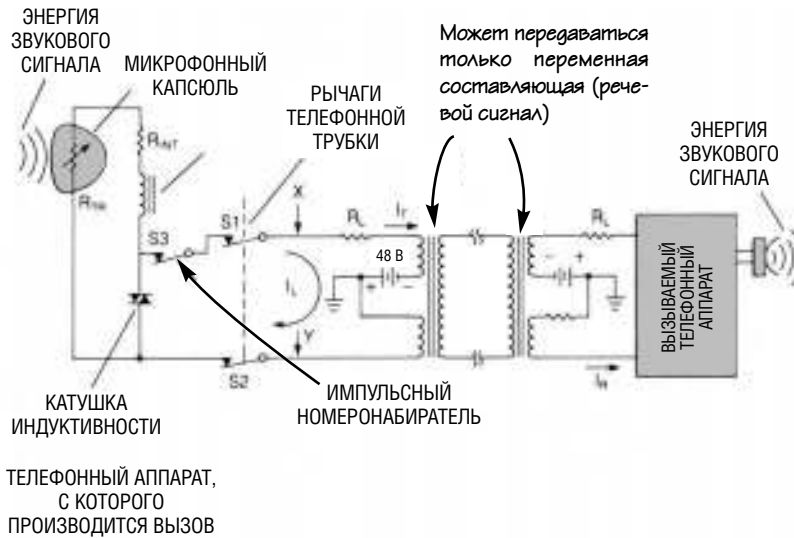
Влияние длины проводов линии связи или шлейфа

Величина сопротивления электрических цепей телефонного аппарата, используемого на территории США, составляет, как правило, 400 Ом при измерении между точками X и Y, указанными на схеме рис. 2.76 (цепь шлейфа линии связи должна быть отсоединена). Оно определяется сопротивлениями, обозначенными как R_{TR} и R_{INT} , при

Рис. 2.7.
Устройство
микрофона
телефонного
аппарата



а. Конструкция (воспроизводится с любезного разрешения: abc TeleTraining, Inc, Geneva, IL)



б. Упрощенная электрическая схема

В полное сопротивление электрической цепи телефона также должно быть включено сопротивление проводов витой пары.

Чем длиннее линия связи, тем выше сопротивление и, следовательно, тем меньше будет сила тока в цепи. Так как пределы изменения величины сопротивления микрофона остаются постоянными, то при увеличении длины линии относительные изменения величины тока, которые вызваны изменением сопротивления микрофона относительно среднего значения тока в цепи, будут уменьшаться.

этом R_{INT} представляет в сумме все остальные сопротивления, за исключением сопротивления R_{TR} .

Резистор R_L представляет сопротивление обоих проводов линии связи. Оно меняется с изменением расстояния до районной АТС: чем больше расстояние, тем длиннее провода, тем выше их сопротивление. Резистор R_B представляет согласующий резистор, установленный на районной АТС; для упрощения рассмотрения его величина принимается равной нулю.

Величина тока I_L , протекающего по шлейфу, определяется по закону Ома:

$$I_L = \frac{\text{Напряжение АТС}}{R_{TR} + R_{INT} + R_L}$$

Напряжение АТС, которое применяется на телефонных станциях США, составляет обычно 48 В, следовательно, ток будет определяться выражением:

$$I_L = \frac{48 \text{ В}}{R_{TR} + R_{INT} + R_L}$$

Общее сопротивление шлейфа ($R_{TR} + R_{INT} + R_L$) становится больше, если увеличивается расстояние между телефонным аппаратом и районной АТС, следовательно, величина тока, протекающего в шлейфе, уменьшается. К тому же, при увеличении общего сопротивления шлейфа относительный вклад изменения величины сопротивления микрофона R_{TR} в общую величину становится все меньше. Следовательно, для одного и того же уровня речевого сигнала относительные изменения величины тока в шлейфе становятся все меньше по мере увеличения длины линии связи. Это приводит к снижению уровня речевого сигнала, который поступает на телефон вызываемого абонента. Такое явление нельзя рассматривать в качестве положительного, поэтому были разработаны методы автоматической компенсации сопротивления, учитывающие изменения длины линий связи.

Компенсация изменения сопротивления, связанного с изменением длины линии связи

Для облегчения и создания одинаковых условий пользования телефонами необходимо, чтобы речевой сигнал всех телефонных разговоров поступал на телефонную станцию с примерно одинаковым уровнем (или громкостью речи) вне зависимости от длины абонентской линии связи. Для достижения такого положения

все современные модели телефонных аппаратов оснащены схемами автоматической компенсации. На схеме, приведенной на рис. 2.7б, сопротивление варистора уменьшается, если ток шлейфа увеличивается при более короткой абонентской линии связи. Через варистор начинает протекать избыточная часть тока микрофона, поэтому величина тока, протекающего через микрофон, остается практически такой же, какой она была бы при большой длине шлейфа. Таким образом, варистор автоматически устанавливает уровень речевого сигнала, который поступит на телефонную станцию, делая его не зависящим от длины абонентской линии связи и сопротивления шлейфа.

В схему телефонного аппарата включен варистор, который автоматически шунтирует часть избыточного тока, протекающего через микрофон, что позволяет регулировать величину тока в достаточно широких пределах при изменении длины линии связи.

Искажения

Основное назначение микрофона — это производить выходной электрический сигнал, форма которого идентична форме входного звукового сигнала. Этот выходной сигнал называется аналоговым выходным сигналом, так как выходной электрический сигнал микрофона представляет собой как бы аналог (или подобие) акустического входного сигнала. Все отличия, возникающие между формами этих двух сигналов, получили название искажений. Некоторые виды искажений совершенно не воспринимаются слушателем, другие, наоборот, что называется «режут слух». Наиболее очевидным видом искажения в телефонии является придание голосу говорящего «льстивых» оттенков речи. Часть искажений вызывается свойствами угольного микрофона, часть определяется тем, что голосовой канал, как было показано в главе 1, имеет более узкую полосу пропускания по сравнению с частотным диапазоном голоса, и поэтому часть частот голосового спектра просто не передается во время телефонного разговора. Это не ухудшает качество и различимость речи, однако слушатель всегда быстро определяет запись разговора, сделанную по телефонным проводам, сравнивая ее по качеству с записью, сделанной при воспроизведении речи с использованием высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры. Большая часть искажений, вызванных угольным микрофоном, может быть устранена в электронных телефонных аппаратах, в которых применяется активный усилитель сигнала и микрофон с малым уровнем искажений.

Угольный микрофон имеет присущие ему ограничения по частотным и динамическим характеристикам. Это приводит к искажениям речевого сигнала.

Применение микрофонов других типов

Все микрофоны могут быть определены как электроакустические преобразователи, которые с использованием особой механической системы преобразуют изменяющееся акустическое давление звуковой волны в изменяющиеся по величине электрический

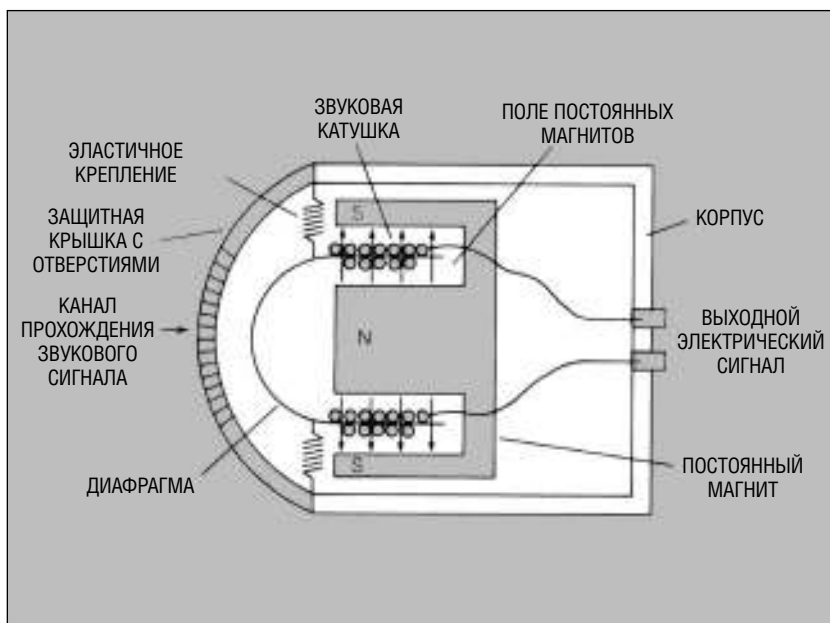
ток или напряжение. Несмотря на то что существует большое количество типов микрофонов, только два из них, за исключением угольного микрофона, объединяют в себе неприхотливость, надежность и низкую стоимость, необходимые для их применения в телефонных аппаратах. Один класс составляют электромагнитные, или электродинамические, микрофоны, а второй — электретные микрофоны.

Электродинамический микрофон

Перемещающаяся диафрагма заставляет перемещаться проводник в магнитном поле, что вызывает возникновение в проводнике пропорциональной скорости перемещения ЭДС

Микрофон электродинамического типа имеет диафрагму, прикрепленную к небольшой катушке, проводу, либо полоске, которые находятся в магнитном поле, образованном полюсами постоянного магнита. Устройство микрофона показано на рис. 2.8. Звуковые волны, воздействуя на диафрагму, заставляют ее перемещаться совместно с катушкой. Перемещение катушки в поле постоянного магнита приводит к возникновению электрического тока, протекающего по катушке, величина которого будет пропорциональна скорости перемещения. Таким образом, энергия звуковой волны преобразуется в изменяющийся электрический ток, который может быть усилен и передан.

Рис. 2.8.
Электромагнитный,
или электродинамический,
микрофон
(поперечный разрез)



Электретный микрофон

Микрофоны электретного типа были известны достаточно давно, однако для практического применения в телефонной связи оказалось необходимым разработать высококачественные диэлектрические материалы и недорогие усилители. Электрет можно рассматривать как электростатический эквивалент постоянному магниту. Он представляет диэлектрический материал, способный сохранять электрический заряд практически бесконечно долго. Зависимость между величинами напряжения (V), емкости (C), и заряда (Q) описывается следующим простым соотношением:

$$V = \frac{Q}{C}$$

Если электрет представляет диэлектрик, который заключен между двумя металлическими пластинами, то он образует специальный вид конденсаторов. Заряд величиной Q постоянно хранится в материале электрета. Следовательно, если одна из обкладок конденсатора выполнена в виде диафрагмы микрофона, то напряжение на выходе будет изменяться в соответствии с перемещениями диафрагмы (пропорционально изменению расстояния между обкладками конденсатора). Такие изменения напряжения весьма незначительны и требуют применения усилителей.

В качестве диэлектрических материалов для современных электретных микрофонов применяются политетрафторэтиленовые или полиэтилентерефталатные полимерные материалы. Они выполняются в виде тонких пленок с нанесенной с одной стороны металлической пленкой. Заряд в материале индуцируется под воздействием коронного разряда, сопровождающегося захватом электронов в материале под воздействием внешнего электрического поля. После обработки в разряде материал может помещаться в корпус, имеющий примерно 18 мм в диаметре и примерно 18 мм в длину.

Один из вариантов конструкции приведен на рис. 2.9. В окончательном виде микрофон очень напоминает студийный конденсаторный микрофон ленточного типа, однако он не нуждается в приложении поляризующего напряжения. Подобно микрофону ленточного типа, электретный микрофон также обладает очень высоким внутренним полным комплексным сопротивлением. Согласование с низкоомными цепями осуществляется в ряде случаев с использованием истокового повторителя, выполненного на полевом транзисторе, который монтируется внутри корпуса микрофона. Диаметр рабочей диафрагмы составляет около 15 мм, а емкость микрофона равна 15 пкФ. Стабильность хранения заряда в материале достаточна для практического применения таких типов

Свойством конденсатора является способность сохранять электрический заряд, величина которого пропорциональна емкости конденсатора. В электретном микрофоне одну из пластин такого конденсатора образует перемещающаяся диафрагма. Следовательно, заряд на пластинах такого конденсатора изменяется в зависимости от перемещения диафрагмы, вызванного звуком, что приводит к изменению напряжения на входе микрофона.

микрофонов, а общий уровень нелинейных искажений может быть менее 1%, тогда как для угольных микрофонов уровень таких искажений составляет от 8 до 10%.

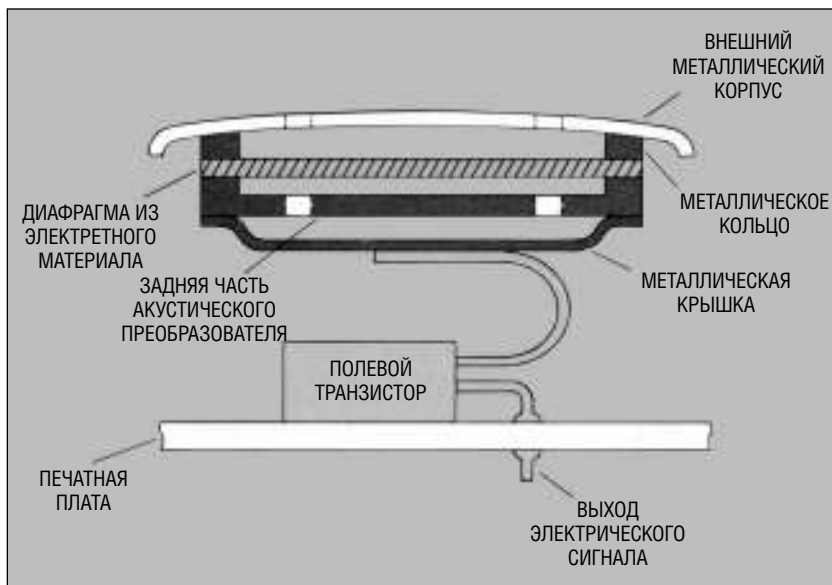
ТЕЛЕФОННЫЙ КАПСЮЛЬ

Приемное преобразующее устройство воспринимает звук путем изменения силы взаимодействия магнитного поля, индуцированного изменяющимся по величине током речевого сигнала, и магнитного поля постоянного магнита. Взаимные притягивания и отталкивания при взаимодействии полей заставляют диафрагму совершать колебательные движения и воспроизводить звук.

Приемное преобразующее устройство (или телефонный капсюль, или просто телефон трубки) преобразует изменяющийся электрический ток, представляющий переданный по линии связи речевой сигнал (обозначен на рис. 2.7 как I_T), в изменения давления воздуха определенной частоты, которые способно воспринимать человеческое ухо. Стандартный электромагнитный телефонный капсюль, конструкция которого приведена на рис. 2.10а, состоит из катушек, имеющих большое количество витков из очень тонкого провода. Катушки намотаны на сердечник постоянного магнита, изготовленный из магнитомягкого материала, и заставляют перемещаться якорь электромагнита. Якорь представляет диафрагму, изготовленную из магнитомягкого материала.

Основное требование, предъявляемое к электромагнитному преобразователю, состоит в том, что постоянный магнит должен создавать постоянное подмагничивающее поле, против которого должно совершать работу изменяющееся электромагнитное поле. В противном случае как положительный, так и отрицательный по направлению электрический ток катушек заставлял бы якорь перемещаться только в одном направлении. Изменяющийся по величине электрический ток, предс-

Рис. 2.9.
Конструкция
электретного
микрофона



ставляющий речевой сигнал (I_R на рис. 2.7), протекает по катушкам и создает изменяющееся электромагнитное поле. Оно поочередно то складывается, то вычитается из поля, создаваемого постоянным магнитом; следовательно, оно попеременно то увеличивает, то уменьшает общее магнитное поле, воздействующее на диафрагму (см. рис. 2.10б). Это заставляет диафрагму колебаться синхронно с изменениями тока и перемещать массу воздуха, воспроизводя речь, которая вызвала в микрофоне передающего телефона изменения электрического тока. (Принцип действия, основанный на использовании поля смещения, задаваемого постоянными магнитами, также реализуется в обычных громководорителях, применяемых для воспроизведения звука во многих классах электроакустического оборудования.)

Телефонный капсюль, конструкция которого приведена на рис. 2.10в, работает аналогично, за исключением того, что якорь представляет отдельную деталь и соединен с конической диафрагмой, изготовленной из немагнитного материала. Качающиеся движения якоря заставляют алюминиевую диафрагму колебаться, воспроизводя первоначальный речевой сигнал.

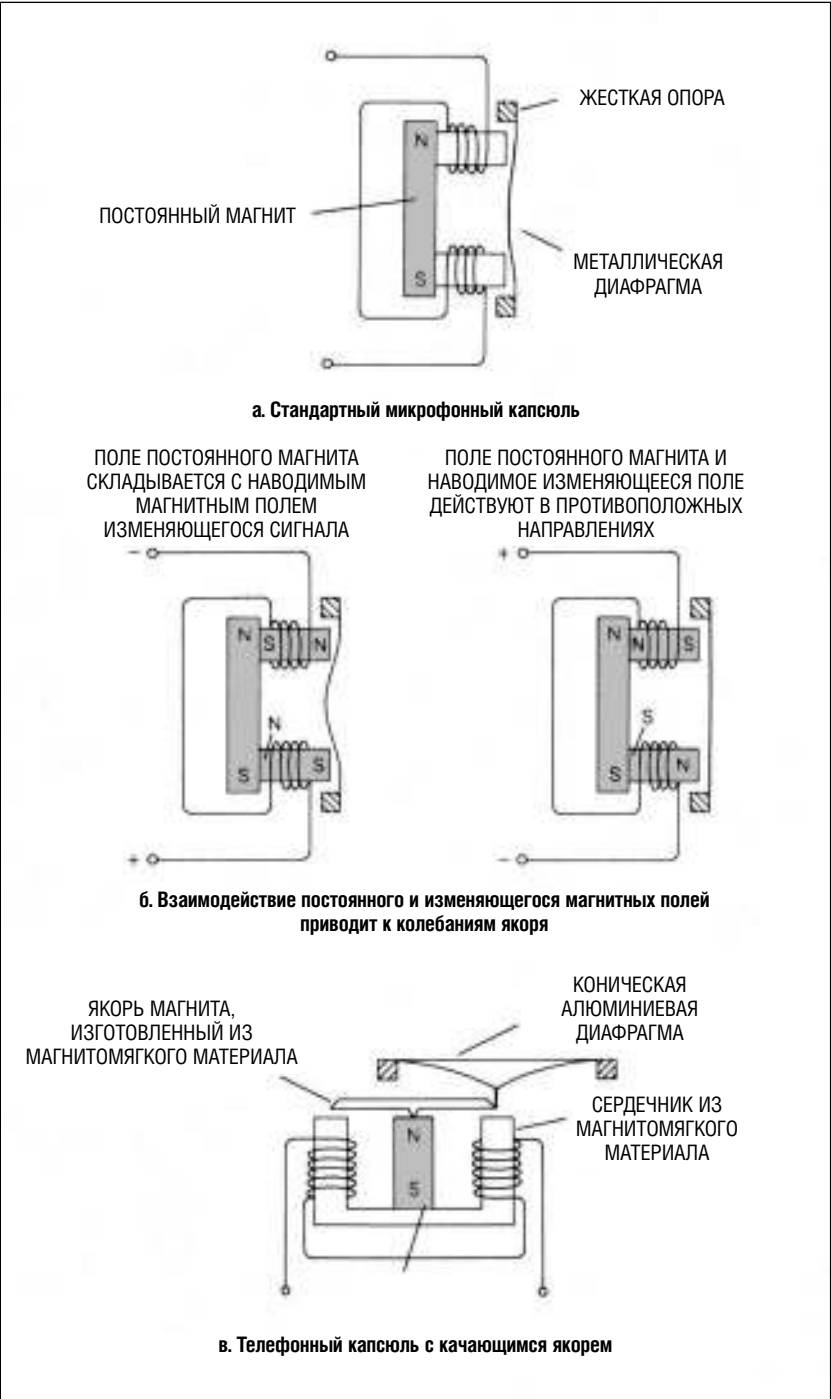
Любопытно было бы отметить, что электромагнитный телефонный капсюль был основным элементом первого патента на телефон, полученного Александром Беллом.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЗВОНОК

После того как вызов поступил на районную АТС, обслуживающую абонентскую линию связи вызываемого абонента, эта телефонная станция должна послать специальный сигнал на вызываемый номер, информирующий вызываемого абонента, что поступил вызов, на который необходимо ответить. Подача такого оповещающего вызывного сигнала, как, впрочем, и он сам, получили название «звонок».

С точки зрения любой телефонной компании необходимо, чтобы вызываемый абонент ответил на вызов как можно быстрее. Во время подачи сигнала вызова, то есть когда телефонный аппарат звонит, дорогостоящее оборудование общего контроля на телефонной станции, в том числе и оборудование, осуществляющее междугородную связь, которое, может быть, является еще более дорогостоящим средством передачи, блокируется (прекращает работу). Это связано с тем, что в этих условиях, когда оборудование генерирует сигналы вызова, не могут поступать входящие звонки. Следовательно, система, оповещающая на телефонном аппарате о поступлении вызова, должна срочно и настойчиво оповещать о его поступлении, кроме этого, она должна быть достаточно громкой, чтобы сигнал можно было услышать на большом расстоянии. Обычно принято считать,

Рис. 2.10.
Устройство
телефонного
капсюля



что для телефонного аппарата, установленного в жилом доме, необходимо слышать звонок вызова, находясь вне дома. Традиционные металлические чашечки электрического звонка с шарнирно установленными якорями реле, полностью удовлетворяют этим требованиям. Как изобретение, они были запатентованы в 1878 г. Томасом А. Уотсоном (ассистентом Белла).

Принцип действия звонка

На рис. 2.11 приведена конструкция и принципиальная схема телефонного звонка. Якорь электромагнита звонка шарнирно закреплен посередине, а два электромагнита образованы катушками, намотанными на железные сердечники постоянных магнитов. Эти электромагниты поочередно притягивают и отталкивают противоположенный конец якоря при приложении к обмоткам переменного напряжения. Якорь приводит в движение молоточек, который поочередно бьет по двум колокольчикам или чашечкам звонка.

Обмотки наматываются таким образом, чтобы намагничивание в катушках при протекании электрического тока было противоположно направленным на каждом из противоположно расположенных полюсов Ш-образной конструкции сердечника. Точно так же, как и в конструкции телефонного капсюля, постоянный магнит задает опорное смещение для якоря, поэтому он оказывается притянутым сначала к одному, а затем к другому полюсу после того, как протекающий по обмоткам переменный ток создает переменный магнитный поток. Кроме этого, постоянный магнитный поток ускоряет движение якоря при его приближении к полюсу, поэтому молоточек бьет сильнее и производит более громкий звук. Очень часто в телефонном аппарате предусмотрена механическая регулировка, позволяющая настраивать громкость звонка.

Упрощенная принципиальная схема приведена на рис. 2.11б. V_R представляет звонковое напряжение, поступающее с АТС. В США оно, как правило, равно примерно 90 В среднеквадратического, или эффективного, значения, а частота может составлять от 16 до 60 Гц. Под действием этого напряжения протекает переменный ток, который приводит звонок в действие. Конденсатор C пропускает переменный ток по обмотке звонка, однако препятствует протеканию постоянного тока, например, от стационарной батареи. Значение индуктивности обмоток катушки и величина емкости рассчитываются таким образом, чтобы цепь вызывного сигнала представляла высокое комплексное сопротивление для сигнала частот речевого диапазона. Так как при вызове трубка лежит на рычагах, контакты рычагов разомкнуты, и напряжение сигнала вызова не поступает в другие цепи телефонного аппарата.

Механизм электрического звонка приводится в действие переменным напряжением, которое, соответственно, сопровождается переменным магнитным полем. Переменное магнитное поле взаимодействует с постоянным магнитным полем, заставляя поворотный якорь электромагнита колебаться.

Генератор вызывного сигнала

В качестве источника переменного тока, который приводит в действие электромеханический звонок, впервые было использовано магнето, или индуктор с ручным приводом, которое также было запатентовано в 1878 г. Уотсоном. Магнето вырабатывало переменное напряжение порядка 75 В и частотой порядка 17 Гц. Высокое напряжение было необходимо из-за существенных потерь, вызванных несовершенством использовавшихся в то время магнитных материа-

Рис. 2.11.
Устройство
телефонного
звонка

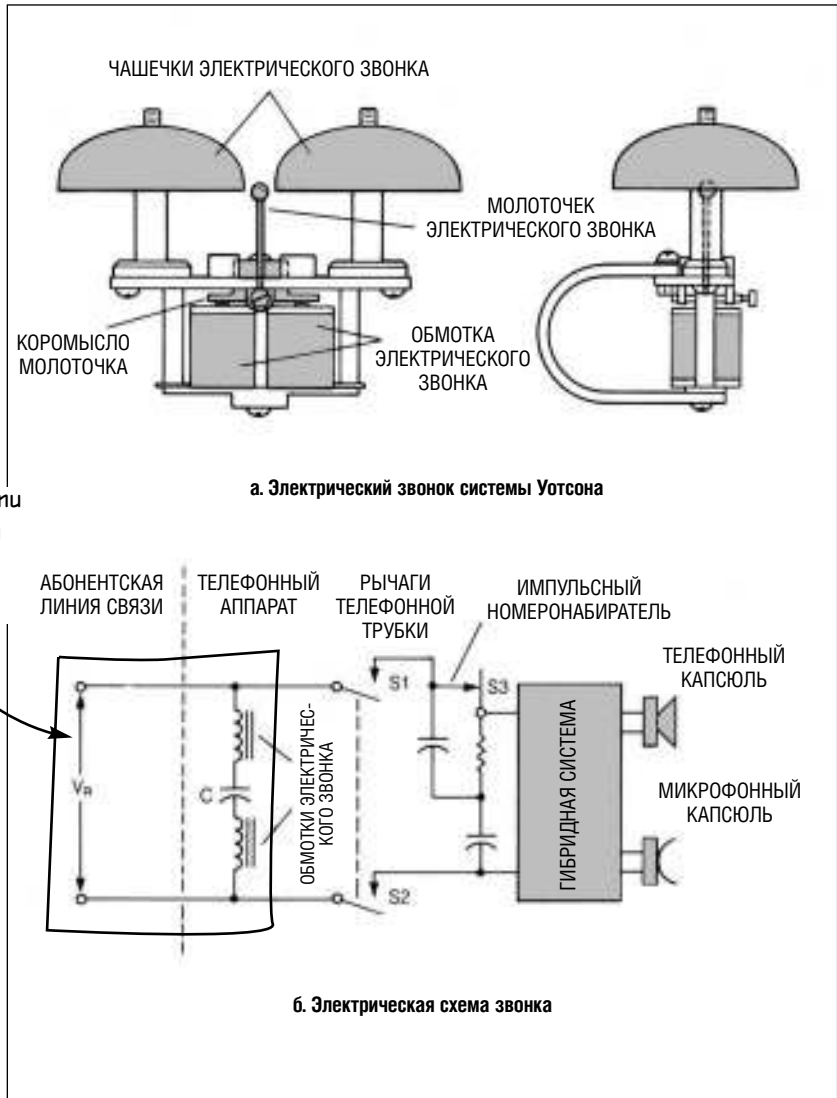
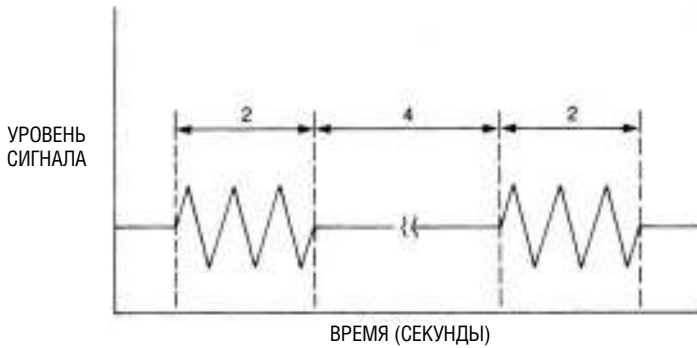
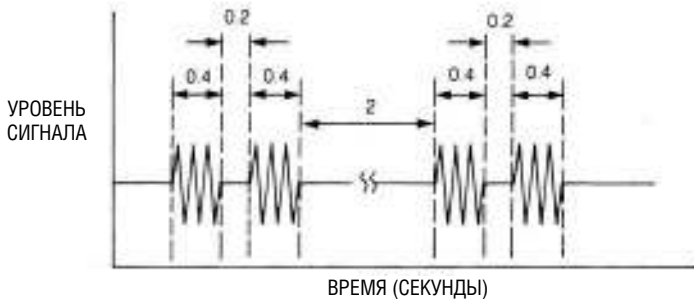


Рис. 2.12.
Ритмы вызывных
сигналов



а. ритм вызывного сигнала, принятый в США и странах Европы



б. ритм вызывного сигнала, принятый в странах Соединенного королевства Великобритании

лов и существующих линий связи. Хотя вызывные звонки современных телефонных аппаратов гораздо совершеннее, прежде всего, благодаря использованию материалов с улучшенными характеристиками и передовым технологиям, высокое напряжение в этих цепях телефонных аппаратов сохраняется по-прежнему.

На большинстве районных АТС сигнал вызова генерируется с использованием генератора, приводимого в действие двигателем постоянного тока, либо же с использованием схем на полупроводниковых инверторах. Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное без использования вращающихся узлов или деталей. Оба типа генераторов получили название машин (или генераторов) вызывного сигнала (иногда используют термин

Вызывной сигнал переменного тока генерируется на районной АТС. Генераторы вызывного тока включаются автоматически. Их перерывы в работе устанавливаются специальным графиком. Это позволяет более равномерно распределить на них нагрузку.

«вызывного тока») и оба питаются от общего источника питания АТС постоянным напряжением –48 В. Так как иногда может понадобиться подать сигнал вызова по большому количеству линий одновременно, несколько генераторов вызывного сигнала используются для распределения нагрузки. Как правило, работа этих генераторов организуется таким образом, чтобы время работы таких генераторов было распределено по особому графику. Это позволяет добиться того, что, по крайней мере, хотя бы один из генераторов будет находиться в состоянии цикла работоспособности в любой отрезок времени. Поэтому для любого вновь поступившего вызова немедленно окажется доступным активный генератор вызывного тока и не придется ожидать, пока закончится пассивный период.

Сигнал переменного тока подается в абонентскую линию с фиксированными по времени интервалами «включено-выключено», чтобы образовать определенную последовательность поступления (ритм) вызывных сигналов. На рис. 2.12 приведены временные диаграммы двух типичных ритмов. Первый из них широко применяется в США и странах Европы (редкие длинные звонки), а второй распространен в Соединенном королевстве Великобритании (два коротких звонка, перерыв 2 секунды, затем опять два коротких звонка). В ряде учреждений (или офисных) АТС с исходящей и входящей связью используются свои собственные ритмы вызывных сигналов, чтобы легче можно было определить по вызову, является ли звонок внутренним (внутриофисным), или же внешним (городским, например).

Распознавание постоянного тока шлейфа при прохождении вызывного сигнала

Направление постоянного тока в шлейфе используется для того, чтобы определить момент, когда будет поднята телефонная трубка, то есть момент прекращения подачи сигнала вызова. Постоянный ток может прикладываться непрерывно либо в интервалах между посылами вызывного сигнала.

В тот промежуток времени, когда на телефоне звучит сигнал вызова, в шлейфе протекает переменный ток, но постоянный ток в шлейфе до ответа вызываемого абонента отсутствует. Если в ответ на поступивший вызов трубка телефона поднимается именно в тот момент, когда звонит телефон, то для телефонной станции становится просто необходимым установить, что в цепи шлейфа именно в этот момент начинает протекать постоянный ток, и это необходимо сделать именно в такой момент, когда по цепи протекает переменный ток вызывного сигнала. То есть необходимо, чтобы подача сигнала вызова на АТС была отменена до того, как отвечающий поднесет телефонную трубку к своему уху (этот промежуток времени обычно принимается равным 200 мс). Этот процесс получил название «снятие вызывного сигнала — ringing».

Величина тока в абонентской линии изменяется в широких пределах. Она зависит от напряжения станционной батареи, величины ограничивающего сопротивления, установленного на АТС для ограничения токов короткого замыкания (и которое может варьироваться от 350 до 800 Ом), сопротивления шлейфа (которое может варьироваться от практически нулевого значения до 1900 Ом), а также сопротивления цепей собственно телефонного аппарата (которое может находиться в пределах от 100 до 400 Ом).

Схемы районной АТС способны идентифицировать значения постоянного тока шлейфа в диапазоне от 6 до 25 мА, что определяется как условие, соответствующее снятой телефонной трубке. Однако схема детектирования тока не должна быть настолько чувствительной, чтобы интерпретировать токи утечки, протекающие между проводами, идущими от головки и от шейки штепсельного разъема, либо токи утечки на землю от любого из проводов в качестве тока, соответствующего условию снятой телефонной трубки. Проблема дополнительно осложняется тем, что абонент, как правило, имеет несколько телефонных аппаратов, подключенных к одной линии. Так если все телефоны звонят одновременно, то суммарное значение переменного вызывного тока может достигать 50 мА, тогда как постоянный ток, протекающий по шлейфу во время ответа на вызов, может иметь значение меньше 20 мА. С учетом того, что во время действия положительной полуволны переменного вызывного сигнала оборудование районной АТС не может отличать его от протекающего постоянного тока, то схемы должны усреднять анализируемый ток, по крайней мере, хотя бы в течение одного полного периода вызывного переменного сигнала, чтобы установить, будет ли на вызываемом телефоне действовать условие, соответствующее снятой трубке.

При использовании метода подачи вызывного сигнала, который только что был обсужден, переменный ток вызывного сигнала накладывается на постоянное напряжение батарейного питания станции. Второй способ заключается в приложении вызывного тока, в промежутках между которым прикладывается сигнал постоянного тока. Достоинством первого метода является возможность определять условие ответа на вызов во время прохождения вызывного сигнала путем определения усредненного уровня постоянного тока. Тогда как определение момента ответа на вызов во время действия вызывного сигнала, когда сигналы постоянного и переменного токов прикладываются по отдельности, оказывается более сложной задачей. В последнем методе необходимо определять для этого изменение полного комплексного сопротивления при поднятии телефонной трубки.

ФУНКЦИЯ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ

На рис. 2.13 приводится схема соединения, в соответствии с которой в телефонной трубке подключаются микрофон и телефон. На этой же схеме приведена упрощенная схема подключения на районной АТС. Особенно следует обратить внимание на элементы, помеченные на схеме, — катушка индуктивности и гибридное соединение. Термин «катушка индуктивности» сохранился из давно прошедших времен как одно из названий, но одна из ее функций в схеме вполне аналогична функции, которую выполняет гибридная система.

Гибридная система обеспечивает переход с двухпроводной линии связи к четырехпроводной системе. При таком включении обеспечивается полноценная дуплексная связь.

Основной задачей гибридной системы является обеспечение сопряжения двухпроводной линии связи с четырехпроводной схемой для выполнения полноценной дуплексной (одновременной двухсторонней) работы системы связи. В системах связи термин «дуплексный» означает, что передача сигналов по схеме может осуществляться в обоих направлениях в одно и то же время. Двухпроводная схема при подключении миллионов абонентских телефонных аппаратов используется исключительно из-за дешевизны такого варианта. Четырехпроводная схема соединения, в которой для прямого и обратного направлений используется своя собственная пара проводов, применяется практически во всех остальных цепях линий связи. Физическое разделение передаваемого и получаемого сигналов в таких цепях необходимо потому, что все типы передаваемых сигналов, как цифровых, так и речевых, должны обрабатываться, а также потому, что на пути распространения сигналов должны использоваться электронные усилители для постоянной поддержки требуемого уровня сигналов. Гибридная система используется на районной АТС для того, чтобы осуществить переход (сопряжение) местной линии связи и магистральной линии, а также между некоторыми магистральными линиями на ряде устаревших АТС, где возможна коммутация только двухпроводных линий связи.

Телефонная трубка также представляет четырехпроводную систему, в которой одна пара проводов используется для передачи, а вторая — для приема сигналов. Этот подход продемонстрирован на схемах, приведенных на рис. 2.11 и 2.13. В несколько измененном виде это изображено на рис. 2.14. Однако следует учитывать, что в действительности цепи телефонного аппарата эволюционировали из цепей, предназначенных для борьбы с местным эффектом, а не из-за проблемы создания гибридных систем сопряжения двухпроводных и четырехпроводных линий связи. По этой причине для схемы в телефонном аппарате гораздо чаще используется термин «катушка индуктивности», а все соединения, изображенные на рис. 2.13, несколько сложнее, чем гибридная система перехода с двухпроводной схемы на четырехпроводную, изображенную на рис. 2.14.

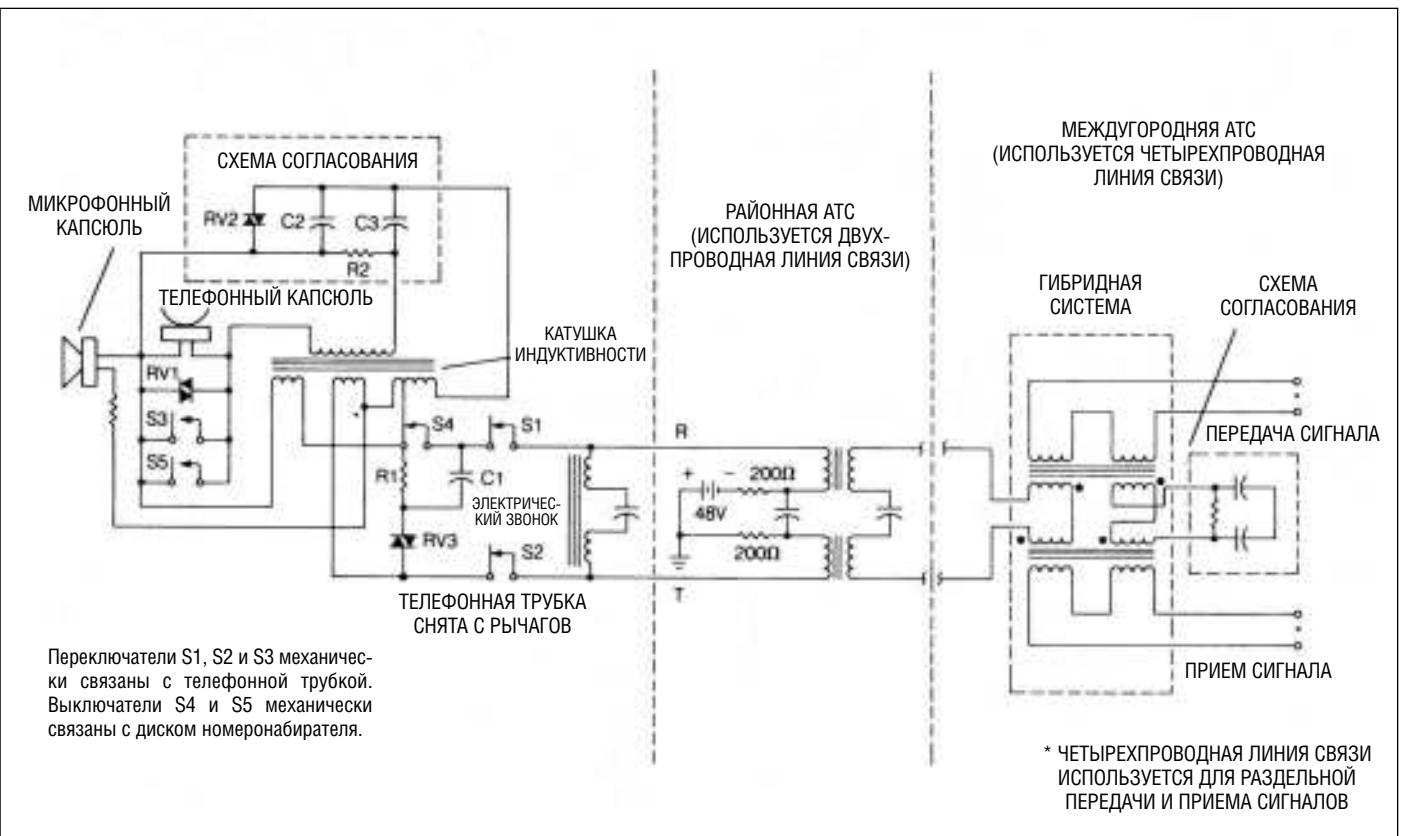
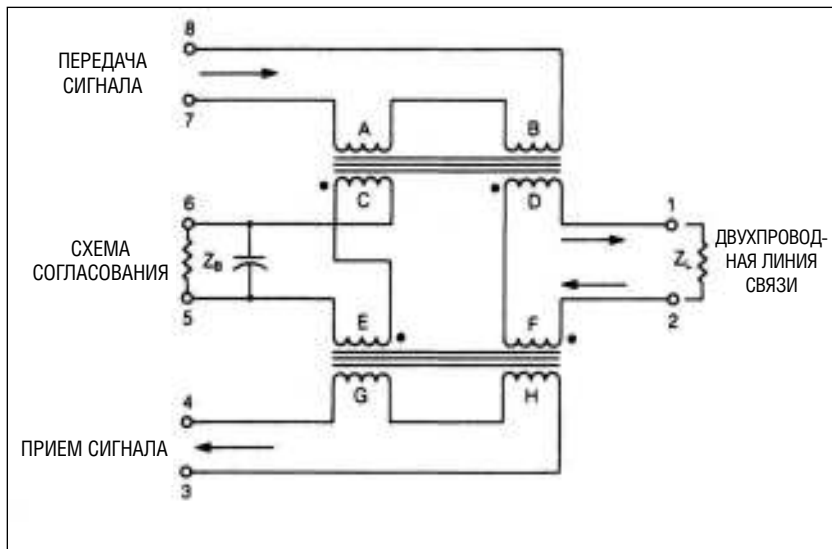


Рис. 2.13.
Гибридная система
в телефоне
аппарате и на
телефонной
станции

Рис. 2.14.
Гибридная
система
включения



Работа гибридной системы

Основой гибридной системы является трансформатор с несколькими обмотками. За счет электромагнитного взаимодействия сигналы трансформируются по различным цепям. В тех цепях, где электромагнитные поля имеют взаимно-обратные направления, сигналы взаимно подавляются. Таким образом осуществляется разделение двух переменных сигналов.

Гибридная система выполняется на основе трансформатора, имеющего несколько обмоток. В действительности, как это изображено на схеме рис. 2.14, она обычно состоит из двух взаимосвязанных трансформаторов, размещенных в одном физическом корпусе. Точно так же, как и в любой другой трансформаторной схеме, в гибридной системе используется электромагнитное взаимодействие: то есть изменяющийся по времени ток, протекающий в обмотке А, образует изменяющееся магнитное поле, которое, в свою очередь, генерирует ЭДС в обмотке С, намотанной на том же самом магнитном сердечнике. Если обмотка С подключена к электрической цепи, то под действием изменяющейся магнитной электродвижущей силы (ЭДС самоиндукции) в такой обмотке будет протекать изменяющийся по времени ток. Таким образом, изначальный ток, протекающий во входной (первичной) обмотке трансформатора, воспроизводится в выходной (вторичной) обмотке трансформатора, при этом электрически обе обмотки оказываются не связанными друг с другом. Отношение входного напряжения к выходному, а также отношение входного тока к выходному зависит от отношения количества витков, содержащихся в первичной обмотке, к количеству витков во вторичной обмотке. Отношение количества витков в обмотках также позволяет согласовывать значения полных комплексных сопротивлений между взаимосвязанными цепями. Полное комплексное сопротивление вторичной обмотки относительно подключенных цепей определяется

соотношением $N^2 \times Z_p$, в котором N представляет отношение количества витков вторичной обмотки к количеству витков в первичной, а величина Z_p — полное комплексное сопротивление первичной обмотки. Согласование полных комплексных сопротивлений является очень важным для цепей с точки зрения снижения активных потерь и потерь на отражение сигнала.

Передаваемый сигнал (см. рис. 2.14), который поступает на выводы 7 и 8, протекая по обмоткам А и В, наводит в обмотках С и D соответствующие ЭДС. Напряжение, возникающее на выводах обмотки D, заставляет по двухпроводной цепи, подключенной к выводам 1 и 2, протекать ток, который является передаваемым сигналом. Этот же самый ток протекает по обмотке F, вызывая появление напряжения на концах обмотки Н.

Совершенно аналогично напряжение, индуцируемое в обмотке С, заставляет протекать ток в схеме согласования и в обмотке Е. Полное комплексное сопротивление Z_B схемы согласования согласует линейное комплексное сопротивление Z_L . Так как значение полного комплексного сопротивления Z_B равняется значению полного сопротивления Z_L , количество витков в обмотках С и D будет равным. Также будут равны количества витков в обмотках Е и F, одинаковыми будут токи, протекающие в цепях С и F и в цепях D и F. В результате в обмотках G и Н будут наводиться одинаковые напряжения, следовательно, они также будут иметь равные количества витков в обмотках.

Обмотки С и Е имеют встречное включение обмоток относительно обмоток D и F. Следовательно, напряжение, индуцированное в обмотке G, будет противоположно по фазе напряжению, индуцированному в обмотке Н, и будет противодействовать напряжению в обмотке Н. Так как они равны и противоположны по фазе, они будут взаимно уничтожать друг друга. Итогом результатом будет то, что сигнал, поступающий от микрофона на выводы 7 и 8, будет передаваться на выводы 1 и 2, но не будет поступать на выводы 3 и 4, которые связаны с телефоном трубки. (Уровень сигнала на выводах 1 и 2 составляет половину значения сигнала на входных выводах 7 и 8, так как вторая половина сигнала рассеивается в схеме согласования.)

Совершенно аналогичный эффект появляется, когда сигнал поступает на выводы 1 и 2 из линии связи. Ток, протекающий в обмотках D и F, индуцирует напряжения в обмотках В и Н. Напряжение в обмотке Н заставляет протекать ток по цепи телефон трубки — обмотка G и обмотка Н. Тот же самый ток, который протекает по обмотке Н, также протекает и по обмотке G. Ток, протекающий в обмотке G, индуцирует напряжение в обмотке Е и заставляет ток протекать в схеме

согласования. Этот ток также протекает по обмотке С и индуцирует напряжение в обмотке А. Напряжение в обмотке А сдвинуто по фазе ровно на 180° относительно напряжения, индуцированного в обмотке В током, протекающим по обмотке D. Это опять происходит благодаря встречному включению обмоток С и Е. Следовательно, напряжения, которые индуцируются в обмотке А и в обмотке В, будут сдвинуты по фазе на 180° и взаимно уничтожатся. Следовательно, никакая составляющая сигнала, появившегося на выводах 1 и 2 из линии связи, не поступит на выводы 7 и 8, выводы микрофона.

Сигнал самопрослушивания

В телефоне необходим эффект самопрослушивания для того, чтобы говорящий мог слышать свой собственный голос. Специальная схема несколько нарушает условие полного согласования гибридной системы, что позволяет выделять в схеме небольшую часть звукового сигнала.

Для гибридной системы, используемой на районной АТС, схема согласования спроектирована настолько тщательно, что никакая часть передаваемого сигнала не попадает на входные выводы приемных цепей, и одновременно с этим никакая часть получаемого сигнала не попадает в цепи сигнала передаваемого. Однако в схеме катушек индуктивности, применяемой в телефонном аппарате, в схеме согласования намеренно нарушается условие идеального согласования, что дает возможность выделить небольшую долю передаваемого звукового сигнала и направить ее в телефонный капсюль телефона, с которого ведется разговор. Эта часть сигнала получила название сигнала самопрослушивания.

Сигнал самопрослушивания необходим для того, чтобы говорящий был в состоянии слышать свою собственный голос из телефонного капсюля и определить, насколько громко он может говорить. Уровень сигнала самопрослушивания должен подбираться достаточно аккуратно, так как слишком высокий уровень сигнала заставит говорящего автоматически слишком сильно понижать громкость своего голоса по сравнению с тем уровнем, который необходим, чтобы быть достаточно хорошо различимым на вызываемом телефоне. С другой стороны, слишком малый уровень сигнала самопрослушивания заставит говорящего слишком сильно увеличивать громкость своей речи, так что она станет звучать подобно крику для слушателя на другом конце провода. Для схемы, приведенной на рис. 2.13, значения резистора R2 и конденсаторов C2 и C3, а также отношение количества витков в обмотках катушек индуктивности обеспечивают необходимый уровень сигнала самопрослушивания для основного количества реализуемых на практике случаев. Варистор RV2 обеспечивает автоматическую регулировку уровня сигнала самопрослушивания при различных условиях установки телефонного аппарата и вызванных этим изменениями тока шлейфа, в основном из-за различий в длине абонентской линии связи.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

Внимательное изучение схемы, приведенной на рис. 2.13, открывает достаточно интересную подробность: обычный телефонный аппарат с дисковым номеронабирателем не имеет в своем составе «активных» цепей или элементов (активными электронными элементами считаются такие элементы, которым при их работе сопутствует усиление сигнала либо его коммутация). Другими словами, в обычном телефонном аппарате не выполняются операции по усилению входящего электрического сигнала. Это означает, что уровень электрического сигнала, или тока, который определяется в основном условиями обслуживания сигнала на районной АТС, является тем уровнем, с которым он распространяется по абонентской линии связи; и именно с этим уровнем сигнал поступает к абоненту, ведущему разговор со второго телефонного аппарата. В действительности уровень сигнала на телефонном аппарате слушателя будет все-таки ниже из-за неизбежных потерь, возникающих при передаче сигнала по линии связи.

На самом деле какое-то усиление сигнала происходит на районной АТС или иной промежуточной телефонной станции, а также усиление сигнала повторяется на промежуточных этапах распространения между районными АТС. Это сделано для централизации дорогостоящего и сложного оборудования, требующего квалифицированного технического обслуживания, кроме того, пользование таким оборудованием как бы делится между многими абонентами телефонной сети. В итоге абонентская линия связи и районная АТС приобретают черты системы с «централизованной обработкой», тогда как телефонный аппарат сам по себе остается относительно недорогим устройством, выполняющим роль интерфейса между человеком и линией связи или устройством ввода-вывода. Тем не менее такое положение дел меняется, и, как будет показано в данной книге, телефонный аппарат очень сильно эволюционирует, чтобы быть в состоянии предоставить огромное количество дополнительных услуг. Современный телефонный аппарат имеет некоторые возможности по обработке данных, включая, например, возможность запоминать набранный номер или отображать на своем дисплее номер или кодовое имя вызывающего абонента и т.п.

Эквивалентная схема

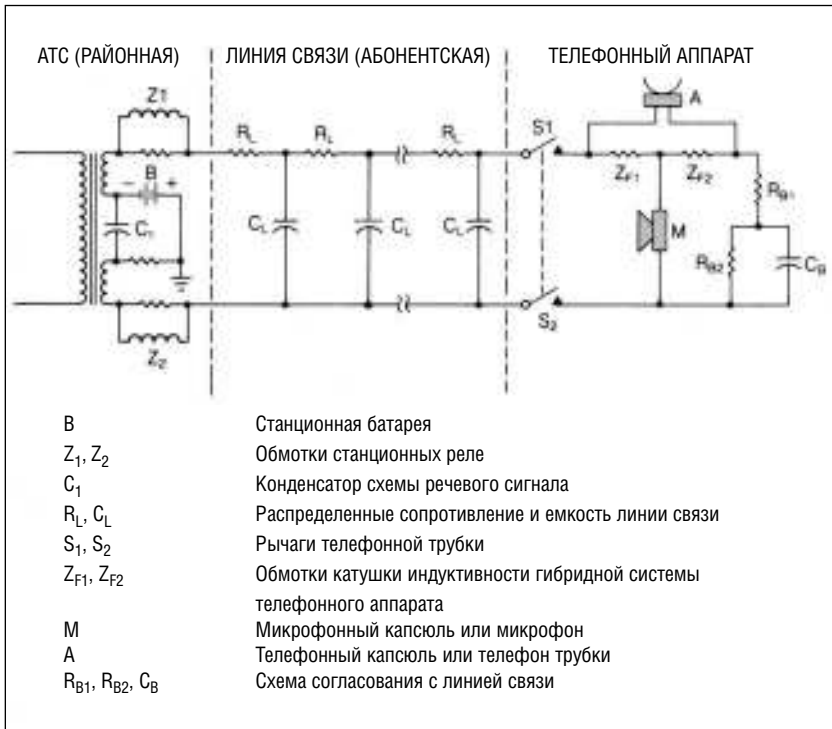
Так как обсуждение в нижеследующих главах данной книги покажет, каким образом телефонный аппарат эволюционировал в своем развитии, а также каким образом он займет свое место в распределенных системах, то использование эквивалентной схемы

Принцип работы электронной модели аппарата может быть лучше понят, если его представить в виде эквивалентной схемы, которая имеет в своем составе как распределенные, так и сосредоточенные значения сопротивления, емкости и индуктивности.

системы телефонной связи может оказаться наиболее плодотворным для этих целей. На рис. 2.15 приведена такая эквивалентная схема. Телефонная станция, линия связи и телефонный аппарат заменены своими эквивалентными схемами. Последовательно включенное распределенное сопротивление проводов линии связи, а также параллельно включенная распределенная емкость проводов представлены на схеме сосредоточенными значениями сопротивления R_L и емкости C_L . Телефонный аппарат представлен микрофонным и телефонным капсюлями, а также полными комплексными сопротивлениями катушки индуктивности Z_{F1} и Z_{F2} . Схема согласования, представленная резисторами R_{B1} , R_{B2} и конденсатором C_B , настроена таким образом, чтобы быть согласованной с усредненными параметрами полного комплексного сопротивления линии, а также чтобы обеспечить необходимый уровень сигнала самопрослушивания.

Очень полезно разобраться, как работает эквивалентная схема телефонного аппарата при различных режимах: приеме и передаче звукового сигнала. На рис. 2.16 представлена эквивалентная схема, соответствующая процессу, когда абонент говорит в мик-

Рис. 2.15.
Эквивалентная
схема телефонной
станции,
абонентской линии
связи и
телефонного
аппарата



рофон трубки. Напряжение, возникающее в процессе преобразования речевого сигнала, обозначено как V_T . Если возникло напряжение, то падение напряжения, равное ему, будет существовать в каждом из контуров, содержащих Z_L и X_B . Напряжение V_O представляет напряжение сигнала, который передается по телефонной линии, то есть как выходное напряжение, являющееся итоговым результатом (частью) преобразования речи говорящего в сигнал с напряжением V_T . Остальная часть напряжения V_T , которую обозначили как V_{F1} , представляет падение напряжения на полном комплексном сопротивлении Z_{F1} . В контуре схемы согласования напряжение V_{ZB} представляет падение напряжения на схеме согласования, а напряжение V_{F2} — падение напряжения на Z_{F2} . Так как напряжения V_{F1} и V_{F2} равны, но противоположны по фазе, они взаимно компенсируют друг друга, следовательно, напряжение на телефонном капсюле трубки отсутствует.

На рис. 2.17 представлена эквивалентная схема телефонного аппарата в режиме приема сигнала, поступившего по телефонной линии. Сигнал может быть представлен в виде напряжения V_r на последовательном комплексном сопротивлении линии связи Z_L . Ток, протекающий под действием напряжения V_r , вызовет падения напряжений на элементах схемы, которые можно обозначить как V_{F1} , V_T , V_{F2} , V_B . Однако в этом случае напряжения V_{F1} и V_{F2} совпадают по фазе, поэтому на телефонной трубке возникает суммарное напряжение V_R , которое заставляет мембрану телефона колебаться и воспроизводить звук. Напряжение на микрофоне V_T просто рассеивается на микрофоне и не вызывает никакого эффекта.

Эквивалентная схема телефонного аппарата в режиме передачи сигнала представлена микрофоном, который является источником ЭДС, питающей параллельно-последовательную резистивную цепь. Необходимо отметить, что суммарное падение напряжения на телефонном капсюле практически равно нулю.

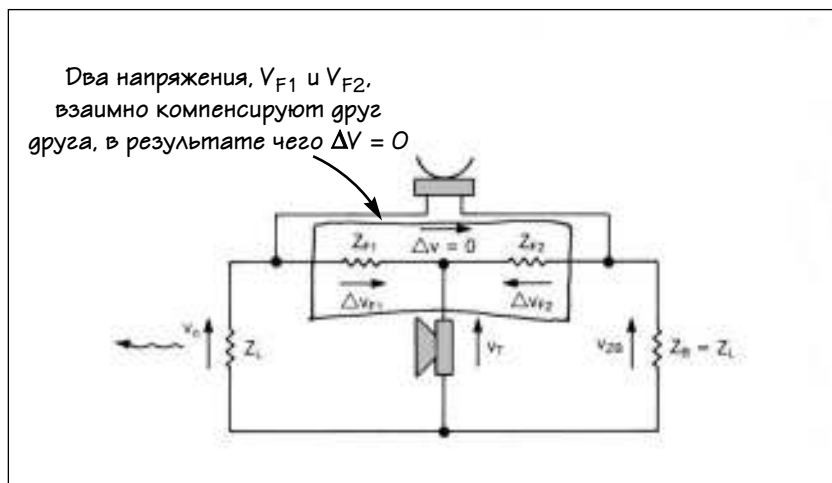
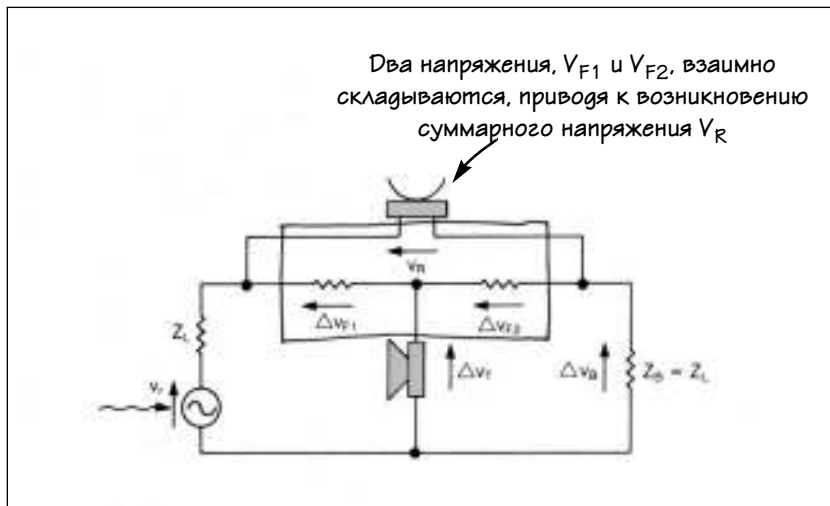


Рис. 2.16.
Гибридная
система
телефонного
аппарата:
эквивалентная
схема в режиме
передачи сигнала

Рис. 2.17.
Гибридная система
телефонного
аппарата:
эквивалентная схема
в режиме приема
сигнала



Эквивалентная схема телефонного аппарата в режиме приема сигнала представлена источником ЭДС, включенной последовательно с нагрузкой и питающей параллельно-последовательную резистивную цепь. Необходимо отметить, что суммарное падение напряжения на телефонном капсюле в данном режиме представляет достаточную величину, чтобы возбудить приемное устройство.

Эти эквивалентные схемы будут очень полезны при анализе возможного использования электронных схем для замены ими пассивных функций, имеющихся в обычном телефонном аппарате. Например, основной целью представленной конфигурации микрофона, гибридной схемы и приемного устройства (телефона трубки) является передача возможно большей части поступившего сигнала звукового диапазона в телефон трубки, а также передача как можно большей части мощности речевого сигнала с использованием микрофона в остальную часть схемы. В случае если для питания переменным напряжением, подаваемым от телефонной станции, удастся использовать недорогие и низковольтные усилители мощности, устанавливаемые в телефонных аппаратах, то тогда как электрические схемы, так и сами телефонные аппараты могут значительно видоизмениться.

Обычная гибридная система с использованием низкочастотного трансформатора может быть заменена гораздо меньшими по размерам и более дешевыми схемами, в которых используется резистивно-связанные мостовые цепи, причем потери в мостовых схемах компенсировались бы использованием усилителей. Так как коэффициент усиления усилителей может регулироваться в широких пределах, то можно было бы использовать современные микрофоны с низким уровнем искажений, а компенсация, вводимая из-за изменения длины абонентской линии связи, могла бы осуществляться гораздо более точно. Рассмотрение таких цепей телефонных аппаратов начнется в следующей главе книги.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Стандартный телефонный аппарат обладает следующими функциями: подает сигнал системе телефонной связи о том, что он должен воспользоваться предоставляемыми ею услугами; посылает на телефонную станцию набранный абонентом телефонный номер; передает речевой сигнал; получает речевой сигнал; отправляет сигналы, характеризующие процесс установления связи между абонентами; звонит в ответ на поступивший вызов и подает на телефонную станцию сигнал на рассоединение после того, как трубка телефона положена на рычаги.
2. Микрофонный капсюль трубки преобразует речь в электрический сигнал, когда сопротивление между угольными гранулами изменяется при изменении звукового давления на диафрагму микрофона.
3. Телефонный капсюль трубки преобразует электрические сигналы в звук путем приложения изменяющегося электромагнитного поля, производимого изменяющимся электрическим током, к диафрагме телефона трубки.
4. Набор номера телефона вызываемого абонента аналогичен процедуре выбора адреса в системе телефонной связи.
5. На телефонный аппарат подается напряжение, достигающее 130 В среднеквадратического значения, которое вырабатывается на телефонной станции генератором вызывного сигнала.
6. Сигнал снятия телефонной трубки появляется сразу после того, как телефонная трубка оказывается поднятой с рычагов телефонного аппарата или снятой со специального крюка; этот сигнал эквивалентен протеканию непрерывного тока по абонентской линии связи или шлейфу телефона.
7. Тональный набор номера осуществляется значительно быстрее по сравнению с импульсным набором, а сигналы двухтонального многочастотного набора, DTMF, могут использоваться для передачи данных с низкой скоростью потока.
8. Цепи подавления (или приглушенного) звука используются для того, чтобы выбросы напряжения, возникающие при переходных процессах в ходе импульсного набора номера, не возбуждали цепи вызывного сигнала телефонного аппарата, а также для защиты цепей, по которым проходит речевой сигнал.
9. Длина шлейфа телефона влияет на уровень сигнала, поэтому в телефонном аппарате предусмотрена автоматическая компенсация тока шлейфа.

10. Гибридная система представляет трансформатор, который осуществляет переход от четырехпроводной линии связи (как правило, магистральной) к двухпроводной (абонентской) линии связи. В телефонном аппарате данную функцию выполняет катушка индуктивности.

Контрольные вопросы к главе 2

1. Номинальное значение межцифрового промежутка (в миллисекундах) при импульсном наборе номера для систем связи в США составляет:
а) 40;
б) 60;
в) 100;
г) 67.
2. Какой тип микрофонных капсулей, применявшихся в устаревших моделях телефонных аппаратов, был заменен на более современные типы микрофонов для современных моделей телефонов:
а) угольный;
б) электромагнитный;
в) электретный;
г) керамический.
3. Какой элемент в телефонном аппарате предназначен, прежде всего, для компенсации длины шлейфа:
а) резистор;
б) варистор;
в) конденсатор;
г) катушка индуктивности.
4. Какой тип телефонного капсуля наиболее часто используется в телефонной трубке стандартного телефонного аппарата:
а) угольный;
б) электромагнитный;
в) электретный;
г) керамический.
5. Какой элемент в телефонном аппарате имеет основную функцию, заключающуюся в создании интерфейса между телефонной трубкой и абонентской линией связи:
а) резистор;
б) варистор;
в) конденсатор;
г) катушка индуктивности.
6. Сколько индивидуальных тональных сигналов используется для системы двухтонального многочастотного набора, когда на наборном поле имеется 12 кнопок:
а) 2;
б) 3;
в) 7;
г) 12.
7. Система двухтонального многочастотного набора требует (*вставьте пропущенное слово из списка*) времени, по сравнению с импульсным набором номера:
а) меньше;
б) больше;
в) примерно столько же.
8. Какой из нижеперечисленных параметров имеет наиболее важное значение для

правильного сопряжения генератора сигналов двухтонального многочастотного набора с телефонной линией:

- а)** полное комплексное сопротивление;
- б)** амплитуда тонального сигнала;
- в)** ток шлейфа;
- г)** все из вышеперечисленных.

9. Схема, предупреждающая подзванивание:

- а)** предотвращает выполнение несанкционированных действий с телефонным аппаратом;
- б)** предотвращает позванивание чашечек вызывного звонка при

импульсном наборе номера;

- в)** исключает ситуацию, когда речевой сигнал заставляет позванивать чашечки телефонных звонков;
- г)** все из вышеперечисленных.

10. Сигнал самопрослушивания:

- а)** это тип обратной связи;
- б)** определяется схемой согласования;
- в)** не позволяет говорящему слышать в телефоне трубки свой собственный голос;
- г)** все из вышеперечисленных.

Глава 3. Электронные схемы в цепях прохождения речевого сигнала

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

Обсуждение проблем в данной главе начинается с рассмотрения системы телефонной связи в том виде, в каком она существует в настоящее время, а затем оно переходит к рассмотрению происходящих в телефонной связи изменений по мере того, как механические и традиционные электрические элементы заменяются электронными приборами и схемами, чаще всего выполненными в виде интегральных микросхем. Во всех устройствах твердотельной микроэлектроники подавляющая часть необходимых элементов схемы выполнена на едином полупроводниковом микрокристалле, или чипе, на котором помимо отдельных элементов в ходе сложного технологического процесса также выполняются все предусмотренные схемой внутрисхемные соединения. При использовании таких интегральных микросхем очень часто применяются и дополнительные внешние элементы, такие как резисторы и конденсаторы, которые используются для задания рабочих режимов или «программирования» требуемых характеристик схемы, то есть задания определенных электрических параметров, удовлетворяющих требованиям применения интегральной микросхемы в конкретных условиях эксплуатации. Таким образом, одна микросхема широкого применения может быть использована для большого количества в чем-то похожих, но одновременно различных по техническим характеристикам вариантов применения. Такой подход позволяет снизить стоимость интегральной микросхемы за счет унификации ее характеристик и значительно повысить ее надежность и производительность. В этой главе основное внимание будет уделено интегральным микросхемам, которые обеспечивают дуплексный канал связи (возможность одновременной передачи и приема речи) в телефонной линии с использованием телефонного аппарата.

Однако предварительно необходимо сделать одно очень существенное замечание. Все изменения и усовершенствования, вносимые в любую часть системы телефонной связи, будь это связано с телефонным аппаратом, коммутационным оборудованием, установленным на АТС, физической средой, по которой производится передача сигнала, и т.п., должны не только обеспечивать более высокие технические характеристики, большее удобство в использовании, меньшую стоимость и экономичность производства и массу других

Реальные достижения современных технологий в области разработки и применения микроэлектроники должны постоянно соотноситься с необходимостью учета их совместимости с параметрами реально существующих телефонных линий связи. Это приводит к тому, что коренные улучшения, связанные с использованием возможностей новых технологий и оборудования, могут вводиться лишь постепенно.

преимуществ, связанных с техническим прогрессом, но все вносимые изменения также должны, помимо всего прочего, быть технически совместимыми с уже существующими системами телефонной связи. Если бы представилась чисто гипотетическая возможность начать все сначала, однако, с технологическим уровнем развития сегодняшнего дня, то, без всяких сомнений, многие вещи делались бы совершенно иначе! Линии связи к абонентским телефонным аппаратам выполнялись бы с использованием системы мультиплексирования с разделением времени в линиях, проложенных между отдельными домами, в отличие от существующих телефонных пар, связывающих каждого абонента с телефонной станцией. Ширина полосы пропускания, без всяких сомнений, была бы выбрана значительно шире, сигналы управления и вызова использовались бы другие. Однако для подавляющего большинства систем связи блестящие перспективы новых разработок оказались бы не востребуемыми. Для этого просто не хватило бы капитальных ресурсов, производственных мощностей, да и просто человеческих ресурсов, необходимых для того, чтобы полностью перестроить, например, в США, систему телефонной связи. Да, кстати сказать, и нет никакой особенно веской причины, чтобы захотеть сделать это.

Все те усовершенствования, которые описываются в этой и последующих главах книги, будут рассмотрены в той последовательности, в которой они вводились телефонными компаниями в течение более чем ста лет их существования; то есть будут рассмотрены только те небольшие изменения, которые оказались совместимыми с существующими телефонными линиями в точках интерфейса (то есть в точках их стыка) и которые выполнены за последнее время. Изменения в индустрии телефонной связи носят скорее эволюционный, а вовсе не революционный характер, они едва различимы и никогда не бывают неожиданными.

ТРЕБОВАНИЯ К АБОНЕНТСКОМУ ШЛЕЙФУ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электронный телефонный аппарат должен быть в состоянии работать, если питание его цепей осуществляется непосредственно от абонентской линии связи.

Перед тем как обсуждать происшедшие изменения в электрических схемах телефонного аппарата, необходимо рассмотреть те составляющие системы телефонной связи, которые не подверглись существенным изменениям, но с которыми электронный телефонный аппарат обязан взаимодействовать и быть совместимым. Конечно, это прежде всего абонентская линия связи (или местная линия связи, либо просто абонентский шлейф), которая соединяет телефонный аппарат с районной АТС. Следует отметить очень существенную деталь, заключающуюся в том, что электронный телефонный

аппарат везде, где это только возможно, для питания своих цепей и микросхем использует часть тока, протекающего по шлейфу от районной АТС. Следовательно, прежде всего необходимо будет рассмотреть параметры постоянного напряжения, существующего в шлейфе и используемого для питания схем в телефонном аппарате.

На рис. 3.1 изображена стандартная схема организации питания с использованием станционной батареи, которая применяется на районной АТС для подключения абонентской телефонной линии. На рис. 3.1а приведена схема, в которой подключение осуществляется с использованием емкостных элементов, а на рис. 3.1б — с использованием индуктивностей (емкостной и индуктивный варианты подключения). Конкретный тип используемого на районной АТС варианта подключения зависит от характера применяемых сигналов

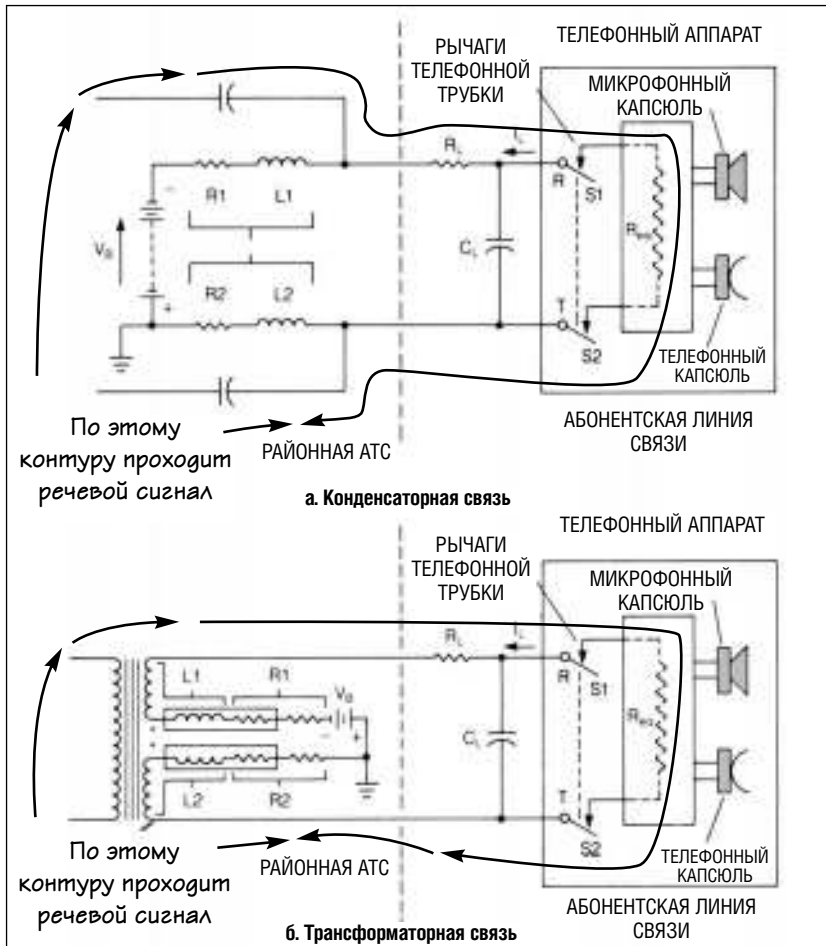


Рис. 3.1.
Стандартная
схема
батареи
питания
районной АТС

управления в подключаемых линиях связи, а также от конкретной конструкторской разработки телефонной станции.

Для каждой из схем батарейного питания значения L_1 и L_2 абсолютно равны, а их сумма представляет индуктивность питаемой схемы на районной АТС, включая индуктивности обмоток реле регистрирующих и исполнительных датчиков. Такое же требование распространяется и на сопротивления: резисторы R_1 и R_2 также равны, а их сумма представляет полное сопротивление, включая сопротивления используемых цепей датчиков (цепей детектирования или обнаружения сигнала). R_L и C_L представляют сосредоточенные значения сопротивления и емкости абонентской линии. Величина R_{eq} представляет собой эквивалентное сопротивление телефонного аппарата в абонентской линии, которое необходимо учесть для расчета величины тока в шлейфе. V_B представляет напряжение, которое приложено к абонентской линии со стороны районной АТС (батарейное или станционное напряжение). В табл. 3.1 приведены характерные значения параметров для некоторых различных систем батарейного питания телефонных станций.

В большей части наиболее широко распространенных на территории США стандартных телефонных аппаратов тем элементом, который определяет минимально допустимый рабочий ток в абонентской линии связи, является угольный микрофонный капсюль. Для обеспечения его нормальной работы необходим минимальный ток 23 мА, однако в качестве минимального значения тока для абонентских линий связи обычно выбирается значение 20 мА. (Чувствительность линейных реле районной АТС по минимальному значению тока срабатывания также может ограничивать значения минимального тока в шлейфе, однако реле конструируются таким образом, чтобы обеспечить работоспособность в пределах тех допустимых отклонений в значении тока 20 мА, которые приводятся в табл. 3.1.) Для значения батарейного питания V_B , равного 48 В, и значения R_T , равного 400 Ом, минимальное значение тока, протекающего в шлейфе, составило бы 120 мА при условии, что абонентская линия на районной АТС была бы замкнута накоротко. Это соответствует параметрам системы связи, обозначенной в табл. 3.1 под первым номером. (Значение R_T может изменяться для различных стран в широких пределах, например во Франции оно изменяется от 380 до 780 Ом.)

В стандартных телефонных аппаратах угольный микрофон определяет минимально допустимый уровень тока, протекающего в абонентской линии.

Таблица 3.1.
Батарейное питание районной АТС

Система батарейного питания	Номинальное напряжение батарейного питания, В	Стандартное значение сопротивления, $R_T = R_1 + R_2$	Ток, мА	
			Максимальное значение	Минимальное значение
1	48 2	400	120	20
2	48 2	800	60	20
3	24 2	400	60	20

Эквивалентное сопротивление R_{eq} , приведенное на схеме рис. 3.1 как эквивалентное сопротивление телефонного аппарата, обычно принимается равным 400 Ом, однако, может иметь и очень небольшое значение, равное, к примеру, 100 Ом. Использование закона Ома для электрической цепи, в которой напряжение, равное 48 В, делится на ток, равный 23 мА (и определяемый как такой минимальный ток, который необходим для нормальной работы угольного микрофона), дает максимальное значение сопротивления для абонентской линии связи, равное 2087 Ом. Если сопротивление R_{eq} равно 400 Ом и R_T также равно 400 Ом, то максимальное сопротивление R_L для абонентской линии связи составит: $2087 - 800 = 1287$ Ом, или, если взять округленно, 1300 Ом (см. ранее приведенную табл. 1.6).

Если же в электронном телефонном аппарате используется микрофон другого типа, отличающийся по своим характеристикам от угольного микрофона с гранулами, то минимальное значение тока в абонентской линии связи может составлять гораздо меньшее значение, чем 20 мА, например, ток шлейфа может составлять всего 10 мА. В таком случае лимитирующим фактором будет являться минимальный ток, необходимый для поддержания работоспособности линейных реле на районной АТС.

При этих условиях ток шлейфа, протекающий при положенной на рычаги телефонной трубки и потребляемый электронными цепями телефонного аппарата, должен быть намного меньше минимального значения тока, необходимого для срабатывания линейных реле АТС, так как в противном случае линейные реле могут включиться и ошибочно зафиксировать состояние поднятой с рычагов телефонной трубки. Совершенно очевидно, что ток потребления при положенной на рычаги телефонной трубки также должен быть минимальным, чтобы не допускать перегрузки источников питания на телефонной станции. По этой причине для ряда небольших (местных, офисных) АТС в технических условиях задается значение минимального тока в шлейфе, который может лежать в пределах от 6 до 25 мА. Это условие становится особенно актуальным для таких телефонных станций, которые могут определять протекающий ток шлейфа при поднятой телефонной трубке с использованием полупроводниковых оптоэлектронных пар (оптронов), которые подключаются непосредственно к цифровым логическим схемам.

Требование минимального значения протекающего в шлейфе тока при положенной на рычаги телефонной трубки необходимо для предотвращения срабатывания линейных реле, а также для уменьшения потребляемого абонентским телефоном от районной АТС тока.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ДУПЛЕКСНОГО РЕЧЕВОГО КАНАЛА

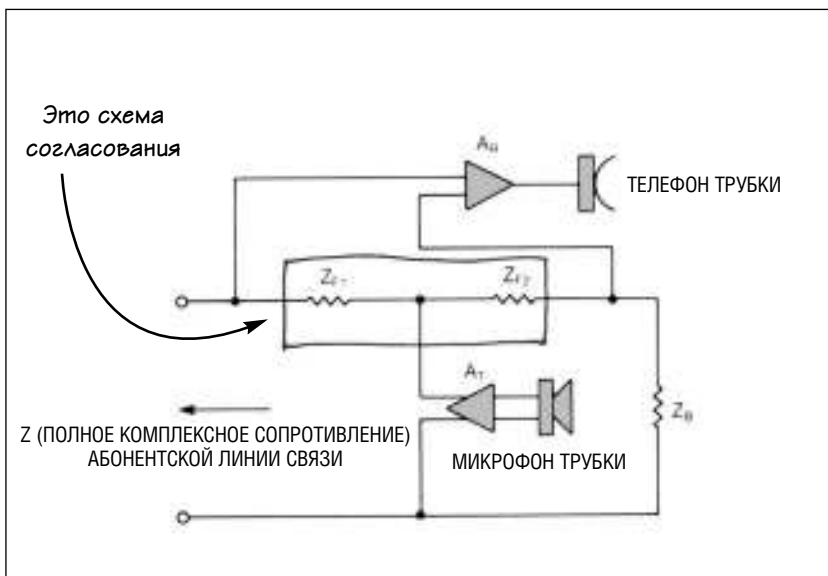
Используя все вышеизложенное в качестве фундамента для дальнейшего обсуждения, следует рассмотреть основную тему данной главы — электронные схемы и различные типы приборов, которые

В схеме электронного телефонного аппарата в цепях подключения микрофона и телефона используются усилители.

пришли на смену микрофонному и телефонному капсюлям, а также индуктивно связанным катушкам (или гибридным схемам) стандартного телефонного аппарата.

Для того чтобы лучше понять, как электроника вошла в современный телефонный аппарат, следует вернуться к ранее рассмотренной гибридной схеме (системе), приводимой на рис. 2.14 и теперь вновь воспроизведенной в виде эквивалентной схемы на рис. 3.2. Приведенная схема представляет блок-схему дуплексного речевого канала, в которой используются электронные интегральные микросхемы и полупроводниковые элементы. Сигнал от микрофона в данной схеме передается через усилитель передачи сигнала, который обозначен на схеме символом A_T , а сигнал на телефон трубки подается через приемный усилитель, обозначенный на схеме как A_R . Треугольник является стандартным обозначением электронного усилителя в принципиальной схеме. Усилители на эквивалентной схеме, приведенной на рис. 3.2, подключаются в тех же точках, в которых ранее на схеме рис. 2.14 подключались микрофонный и телефонный капсюли. Схема согласования, приведенная на схеме рис. 2.14, на схеме рис. 3.2 представлена в виде элемента Z_B .

Рис. 3.2.
Эквивалентная
схема цепей
передачи речевого
сигнала телефона,
в которых
используются
электронные
усилители



Еще две дополнительные цепи, которые не показаны на рис. 3.2, необходимы для применения в тех случаях, когда в телефонном аппарате используются интегральные микросхемы. Эти дополнительные цепи, представляющие схему защиты от перенапряжений и защиту при неправильной полярности подключения, представлены на блок-схеме рис. 3.3.



Рис. 3.3.
Блок-схема цепей
тракта речевого
сигнала
телефонного
аппарата

СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Защита от перенапряжений в телефонной линии

В интегральных микросхемах и электронных схемах телефонных аппаратов используются транзисторы, работающие при малом уровне сигнала, поэтому полупроводниковые элементы таких схем очень легко могут быть повреждены выбросами (пичками) высоковольтного напряжения, возникающими при переходных процессах, которые могут быть вызваны в линии связи грозowymi разрядами, производимыми коммутациями, наводками от линий электропередач. Следовательно, для предохранения цепей электронного телефонного аппарата необходимо использовать средства защиты от возможных перенапряжений и бросков токов, вызванных различными переходными процессами. В силу того, что технологические приемы, используемые при производстве интегральных микросхем, не могут обеспечивать достаточно высокие значения пробивных напряжений, то параллельно линии связи подключаются один или несколько дополнительных стабилитронов, которые обеспечивают защиту оборудования телефонной линии при превышениях напряжения в линии. Как только входное напряжение на телефонном аппарате превысит напряжение стабилизации (напряжение пробоя стабилитрона), стабилитрон начинает проводить ток и поддерживает входное напряжение, подаваемое на электронные цепи, на установленном для данного конкретного прибора значении. Если защита от перенапряжения необходима в точке схемы, где возможно изменение полярности напряжения, то прибор защиты выполняется в виде двух встречно-включенных стабилитронов, конструктивно выполненных в виде единого прибора, либо путем использования двух отдельных стабилитронов, которые соединяются по схеме встречного включения, а затем подключаются параллельно линии связи.

Для защиты интегральных микросхем от выбросов высоковольтного напряжения, возникающих в телефонных линиях связи, используются полупроводниковые стабилитроны.

Защита схемы при обратной полярности включения напряжения

Соблюдение правильной полярности включения входного напряжения является крайне важным условием работоспособности электронных

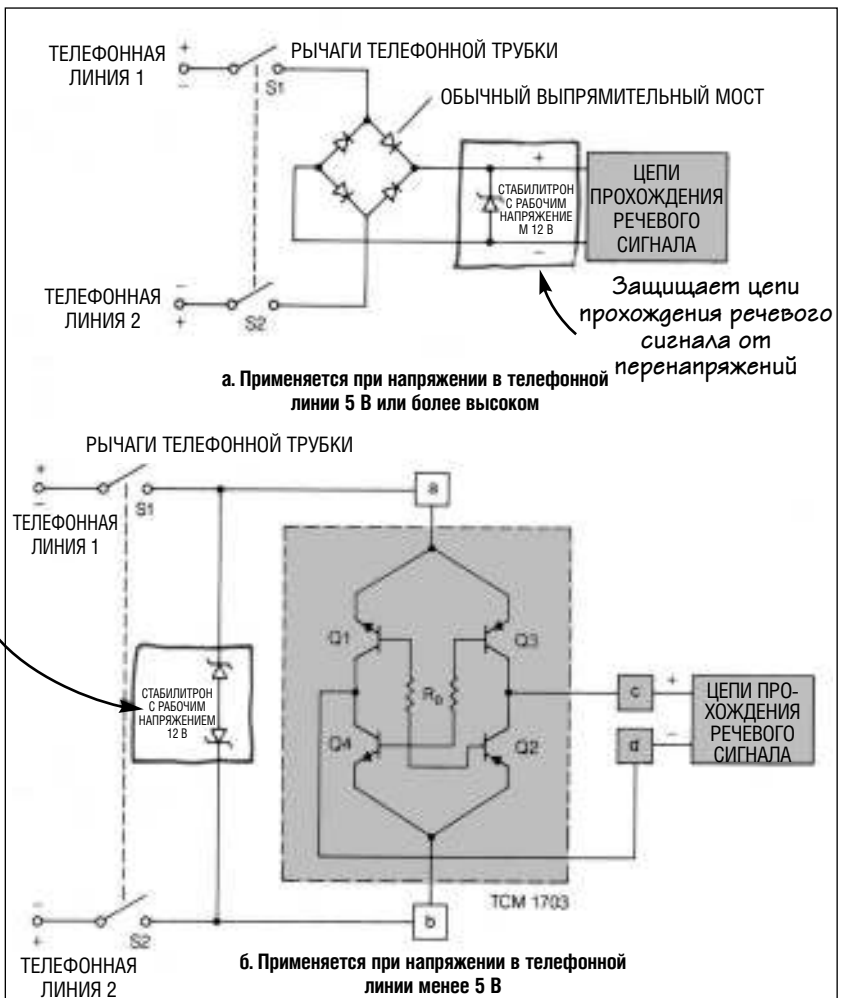
Защита электронных цепей телефонного аппарата при неправильной полярности подключения осуществляется путем использования мостовых схем выпрямления.

схем и цепей, так как они не могут нормально работать при обратной полярности напряжения и будут, скорее всего, просто выведены из строя. Стандартным методом защиты от неправильной полярности подключения является применение мостовых выпрямительных схем. Полярность выходного напряжения выпрямительного моста всегда будет одной и той же, вне зависимости от полярности входного напряжения.

Стандартная мостовая схема выпрямления

Мостовая схема выпрямителя очень легко может быть собрана с использованием четырех диодов; вариант такой схемы представлен на рис. 3.4а. Так как выпрямительные диоды достаточно хорошо про-

Рис. 3.4. Схемы защиты от перенапряжений и неправильной полярности подключения



тивостоят высоковольтным броскам напряжения, возникающим при переходных процессах, необходимо использовать на выходе схемы лишь один стабилитрон для защиты цепей речевого сигнала. Стандартная мостовая схема двухполупериодного выпрямления, собранная на кремниевых диодах, характеризуется прямым падением напряжения около 1,5 В. Такая величина прямого падения напряжения становится существенной для электронных телефонных аппаратов, так как рабочие режимы схемы задаются определенными значениями напряжений, тогда как повторный вызов, который обсуждался для стандартного телефонного аппарата в главе 2, управлялся токами. Следовательно, минимальное значение напряжения, поддерживаемое в телефонной линии, является гораздо более важной характеристикой для электронного телефонного аппарата. Так как для нормальной работы цепей речевого тракта необходимо напряжение 3,5 В, то напряжение в линии связи должно составлять как минимум 5,0 В в случае использования в схеме мостового выпрямления кремниевых диодов.

При напряжениях в телефонной линии связи менее чем 5 В используется низковольтная мостовая схема выпрямления. Прямое падение напряжения в такой схеме мало, так как проводящие транзисторы находятся в режиме насыщения. Однако транзисторы могут быть легко выведены из строя бросками напряжения, поэтому для их защиты необходимо в схеме использовать стабилитроны.

Мостовая схема выпрямления с низким значением прямого падения напряжения

В ряде систем телефонной связи могут применяться напряжения менее 5,0 В. В таких случаях в электронных телефонных аппаратах необходимо использовать схемы выпрямления с малым значением прямого падения напряжения, составляющим порядка 0,5 В или даже еще меньше. Такие значения прямого падения напряжения могут быть получены с использованием активной схемы моста, приведенной на рис. 3.46, для которой падение напряжения между входным и выходным значением представляет падение напряжения $V_{CE(sat)}$ транзистора. Напряжение $V_{CE(sat)}$ представляет падение напряжения на коллекторно-эмиттерном переходе транзистора, когда переход смещен в прямом направлении, то есть включен. Такой режим работы транзистора получил название режима насыщения. В зависимости от полярности входного напряжения, которое приложено к точкам «а» и «b» схемы, проводящими окажутся либо пара транзисторов Q1–Q2, либо пара Q3–Q4. Если к точке «а» приложено положительное напряжение, а к точке «b» — отрицательное, то проводить ток будут транзисторы Q3 и Q4. Транзисторы Q1 и Q2 проводят ток, когда точка «b» имеет положительный потенциал, а точка «а» — отрицательный. Таким образом, выходное напряжение в точках «с» и «d» будет иметь одну и ту же полярность вне зависимости от полярности напряжения в телефонной линии. Величины сопротивлений резисторов R_B подобраны так, чтобы транзисторы всегда находились в режиме насыщения. Падение напряжения на

Соединение производится на телефонной станции, после чего на телефонный аппарат вызываемого номера посылается сигнал вызова.

такой мостовой схеме представляет сумму падений напряжений $V_{CE(sat)}$ на двух смещенных в прямом направлении коллекторно-эмиттерных переходах транзисторов.

Такая мостовая схема также удовлетворяет требованиям относительно малого значения шунтирующего тока (порядка одного миллиампера) и не оказывает влияния на сигналы акустического частотного диапазона. Однако максимальное рабочее напряжение в такой телефонной линии не может составлять более 14 В. Такое значение напряжения оказывается достаточным для нормальных значений изменения напряжения в линии связи, однако высоковольтные выбросы напряжений, возникающие при переходных процессах, могут повредить схему выпрямления. Следовательно, между мостовой схемой выпрямления и телефонной линией необходимо разместить схему защиты от переходных перенапряжений, как это изображено на схеме рис. 3.46. Так как входное напряжение может оказаться любой полярности, то используется два встречно-включенных стабилитрона, которые шунтируют линию связи.

ЦЕПИ ПРОХОЖДЕНИЯ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Упрощенная схема цепей прохождения речевого сигнала (или схема речевого тракта телефона), которая для практического применения оказывается наиболее подходящей, когда она выполнена в виде интегральной микросхемы, приведена на рис. 3.5. Интегральная микросхема MC34114 производства компании Motorola представляет законченную схему речевого тракта, содержащую встроенный микрофон, телефон и схему самопрослушивания, а также стабилизатор постоянного напряжения и схему автоматического регулирования усиления — АРУ (AGC). Схема подключается к телефонной линии с использованием являющегося необходимым выпрямительного моста. Схема моста представляет динамическое сопротивление, эквивалентное по величине небольшому резистору, включенному последовательно в цепь прохождения сигнала, и большому по величине резистору, включенному параллельно цепи прохождения сигнала.

Внешние, или так называемые навесные, элементы микросхемы необходимы для настройки коэффициентов усиления микрофона, телефона трубки и величины сигнала самопрослушивания. Коэффициенты усиления микрофона и телефона трубки также устанавливаются схемой автоматической регулировки усиления, АРУ, рабочие параметры которой определяются длиной абонентской линии связи, а также двумя резисторами (R_2 и R_3). Уровень сигнала самопрослу-

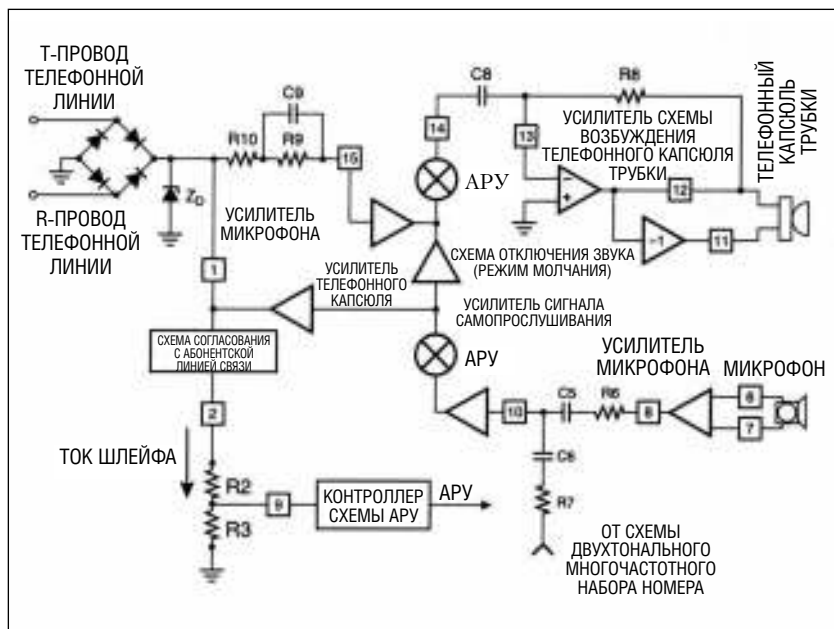


Рис. 3.5.
Интегральная
микросхема
MC34114
компании Motorola
для цепей
прохождения
речевого сигнала

шивания может устанавливаться за счет изменения значений элементов схемы согласования (R_9 , R_{10}), и C_9 .

Интегральная микросхема MC34114 предназначена для работы с электретным микрофоном, имеющим высокое значение полного комплексного сопротивления, хотя с ней могут применяться и динамические микрофоны с низким значением полного комплексного сопротивления.

Интегральная микросхема MC34114 сохраняет свою работоспособность при снижении входного напряжения (V^+) вплоть до значения +1,2 В. Такая способность обеспечивает очень высокую гибкость: дает возможность ее использования в самых различных условиях работы телефонной линии. Схема сопряжения (интерфейс) с цепями набора номера (цепи набора номера будут детально рассмотрены в следующей главе) обеспечивают простоту и удобство применения интегральной микросхемы, на основе которой выполняются схемы набора номера. Вход «режима отключения звука» (или режима «подавления», отключения звука) необходим для того, чтобы снизить уровень сигнала, поступающего в телефон трубки при импульсном наборе номера (или тональном наборе). Встроенный стабилизатор напряжения может быть использован для задания смещения на микрофоне и питания цепей схемы номеронабирателя.

СОПРЯЖЕНИЕ С ЛИНИЕЙ СВЯЗИ ПО ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Схема сопряжения с телефонной линией по постоянному току обеспечивает питание постоянным напряжением цепей схемы телефонного аппарата, а также задает параметры тока шлейфа.

Ток, протекающий в телефонной линии, сначала поступает на мостовой выпрямитель, который гарантирует необходимую полярность напряжения, подаваемого в цепи речевого тракта. Интегральная микросхема выйдет из строя, если на нее будет подано напряжение обратной полярности. Стабилитрон с рабочим напряжением 12 В, включенный параллельно телефонной линии связи и интегральной микросхеме, обеспечивает защиту от возможных бросков напряжения. Величина напряжения в телефонной линии обычно лежит в пределах от 5 до 10 В, поэтому в обычных условиях стабилитрон не проводит ток. Однако при чрезвычайных обстоятельствах величина напряжения в телефонной линии может оказаться выше указанных значений, тогда стабилитрон начнет проводить ток, защищая интегральную микросхему от повышенного напряжения за счет падения на нем избыточного напряжения.

Цепи, осуществляющие сопряжение с телефонной линией по постоянной составляющей, в зависимости от величины тока, протекающего в абонентской линии связи, контролируют значение постоянного напряжения и значение тока, которые поступают на внутренние элементы интегральной микросхемы речевого тракта. Схема компенсации шлейфа определяет величину постоянного напряжения в телефонном аппарате и устанавливает значение управляющего напряжения для схемы АРУ. В интегральной микросхеме МС34114 содержатся три стабилизатора напряжения. Один стабилизатор напряжения устанавливает рабочее напряжение для интегральной микросхемы. Два стабилизатора напряжения используются для выработки стабильных выходных напряжений. Один из них вырабатывает напряжение 1,7 В, которое используется в качестве напряжения смещения на микрофоне (V_R), а второй вырабатывает выходное напряжение 3,3 В (V_{DD}), которое может быть использовано для питания внешних цепей схемы номеронабирателя. Схема сопряжения с телефонной линией по постоянной составляющей приведена на рис. 3.6.

Схема компенсации длины шлейфа

Схема компенсации длины шлейфа устанавливает напряжение постоянного тока на Т-проводе и R-проводе, и управляет параметрами схемы речевого тракта.

Схема компенсации длины шлейфа приведена на рис. 3.7. Такая схема необходима для того, чтобы установить для телефонного аппарата рабочие параметры по постоянному напряжению в зависимости от длины абонентской линии связи и величины тока, протекающего по ней. Транзистор Q1 препятствует протеканию избыточного тока

по цепям интегральной микросхемы и направляет его по внешним резисторам R2 и R3. Смещение на транзисторе задается с использованием резистора R1, который совместно с конденсатором C1 составляет часть схемы фильтра нижних частот. Фильтр нижних частот ослабляет любой существенный переменный речевой сигнал для того, чтобы предохранить транзистор Q1 от воздействия, вызванного влиянием речевого сигнала или сигнала набора номера. Таким образом, цепь компенсации длины шлейфа действует как цепь с постоянным по величине током и представляет цепь с высоким значением полного комплексного сопротивления для переменного сигнала. Подбором необходимого значения сопротивления R1 устанавливается величина полного комплексного сопротивления телефонного аппарата по переменной составляющей.

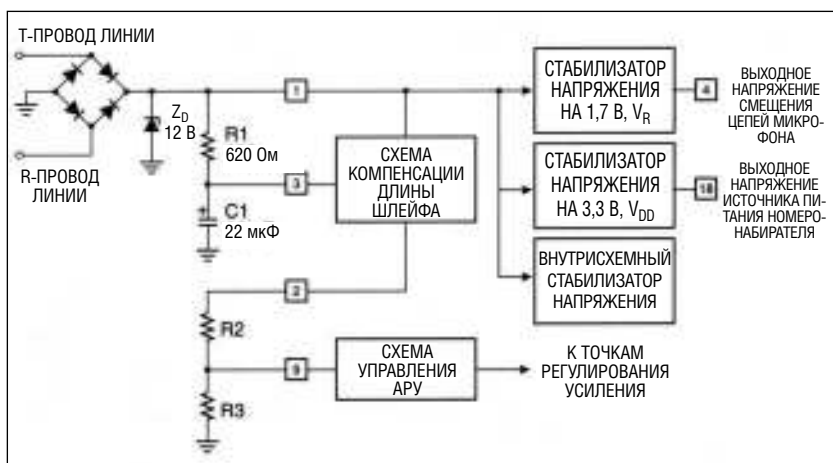
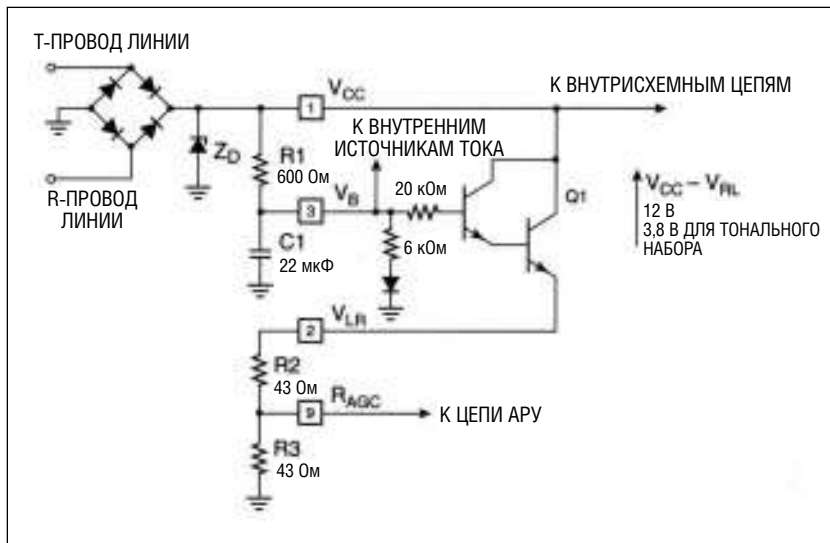


Рис. 3.6.
Схема сопряжения
(интерфейс) с
телефонной линией
по постоянной
составляющей

Величина постоянного напряжения между Т- и R-линейными выводами может быть установлена исходя из заданного значения тока, который в свою очередь зависит от длины абонентской линии связи. Прежде всего, рассчитывается сопротивление на участке между V_{LR} и землей для заданных значений напряжения и тока в абонентской линии связи, определяющего значение падения напряжения 1,4 В на выпрямительном мосту и значение 2,8 В на транзисторе Q1. Это сопротивление представляет сумму сопротивлений резисторов R2 и R3. Затем выбирается сопротивление резистора R3 таким образом, чтобы схема АРУ уменьшала усиление усилительного каскада для коротких линий.

В случаях когда интегральная микросхема MC34114 используется в режиме тонального набора (то есть действует та часть интегральной микросхемы, которая обеспечивает тональный набор номера),

Рис. 3.7.
Схема компенсации
длины шлейфа



напряжение на транзисторе Q1 возрастает до значения 3,8 В. Это происходит из-за того, что дополнительный ток силой 1,5 мА потребляется от точки, в которой задается смещение транзистора (V_B), что вызывает увеличение падения напряжения на резисторе R1 и снижает напряжение смещения примерно на 1 В (620 Ом \times 1,5 мА). Дополнительный ток 1,5 мА потребляется схемой стабилизатора напряжения на 3,3 В (который питает внешнюю цепь номеронабирателя). Когда напряжение на транзисторе Q1 возрастает до 3,8 В, ток, проходящий через резисторы R2 и R3 снижается, компенсируя таким образом увеличение тока за счет стабилизатора 3,3 В и поддерживая общий ток линии связи приблизительно на одном и том же уровне.

Стабилизаторы выходных напряжений

В состав интегральной микросхемы MC34114 входят два стабилизатора напряжения, которые предназначены для питания внешней схемы номеронабирателя и задания смещения в цепи микрофона. Стабилизаторы представляют устройства, которые ограничивают значения тока и напряжения. Очень часто к ним добавляют внешние конденсаторы для того, чтобы стабилизировать уровень выходного напряжения.

Простая схема стабилизатора, предназначенная обеспечить напряжение смещения микрофона, приведена на рис. 3.8. В данной схеме используется цепь постоянного по величине тока 500 мА, включенная последовательно с нагрузкой.

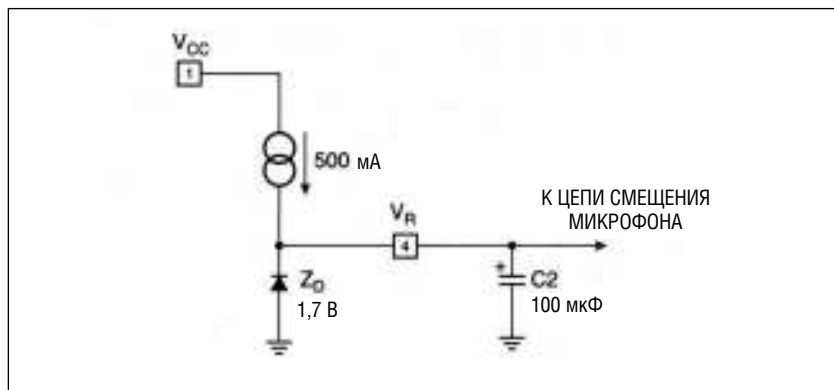


Рис. 3.8.
Стабилизатор,
задающий
напряжение
смещения
микрофона

Стабилитрон поддерживает постоянное по величине опорное напряжение, составляющее 1,7 В. Внешний конденсатор C2 добавлен в схему для снижения уровня шумов полупроводникового стабилитрона и стабилизации выходного напряжения.

Интегральная микросхема MC34114 компании Motorola имеет дополнительную цепь стабилизации, которая обеспечивает напряжение 3,3 В, подаваемое на любую внешнюю интегральную схему стабилизатора напряжения тонального номеронабирателя, которая изображена на рис. 3.9. Данная схема содержит стабилизатор постоянного тока и полупроводниковый стабилитрон. Стабилитрон обеспечивает стабилизацию напряжения; внешний конденсатор схемы (C7) может быть использован для того, чтобы снизить уровень шумов и еще более стабилизировать выходное напряжение.

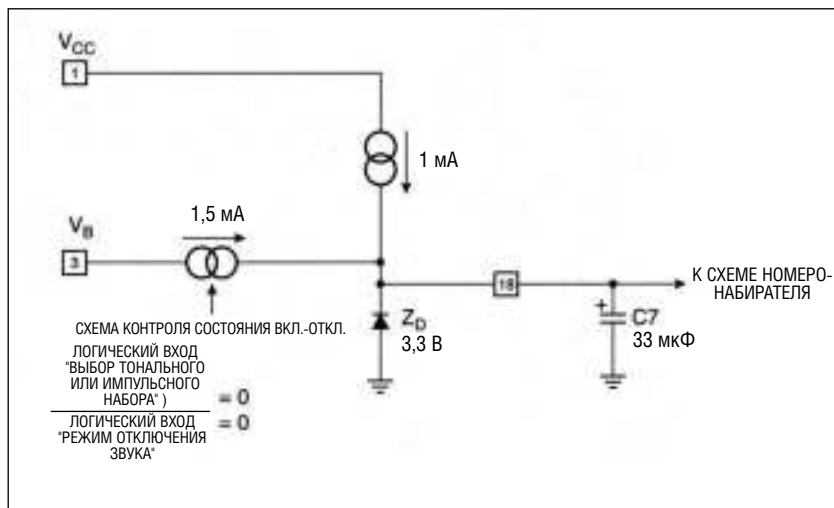


Рис. 3.9.
Схема
стабилизатора
источника питания
номеронабирателя

В случаях, когда интегральная микросхема используется в схеме передачи речевого сигнала либо при тональном наборе номера, цепь стабилизации тока обеспечивает протекание постоянного по величине тока 1 мА, который подается на выход и на стабилитрон.

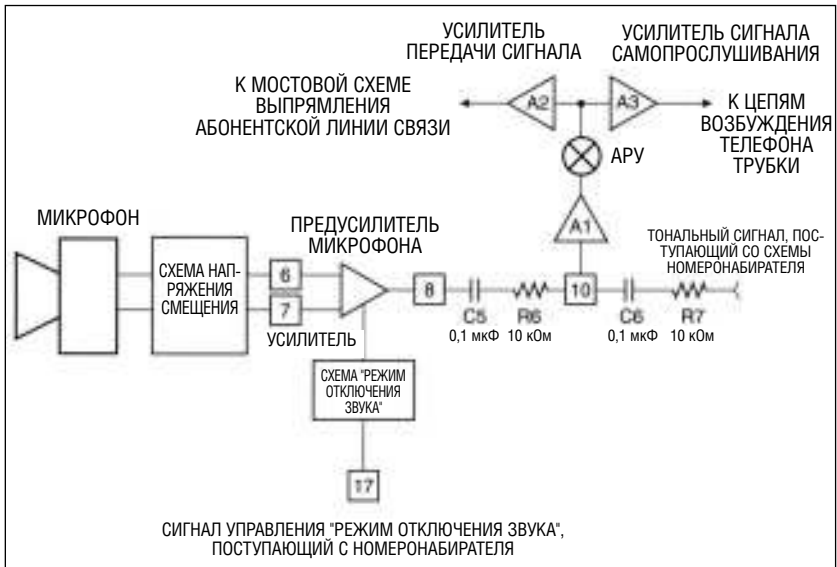
Когда используется режим тонального набора номера (на логические входы «выбор типа набора» и режим «Отключение звука» поданы логические нули), вторая дополнительная цепь стабилизатора постоянного тока обеспечивает дополнительный ток величиной 1,5 мА. Этот ток потребляется от точки задания смещения (V_B) схемы компенсации длины шлейфа.

ЦЕПИ МИКРОФОНА

Внешние цепи смещения позволяют использовать электретные или электродинамические микрофоны.

Принципиальная схема электронных цепей микрофона при использовании интегральной микросхемы МС34114 приведена в виде блок-схемы на рис. 3.10. Напряжение смещения на микрофоне задается с использованием цепи, в которой использованы внешние (навесные) элементы схемы.

Рис. 3.10.
Блок-схема цепей микрофона



Напряжение смещения на микрофоне

Напряжение смещения на электретный микрофон, который характеризуется высоким значением полного комплексного сопротивления, может быть подано с использованием схемы, приведенной на рис. 3.11. Микрофон связан по переменной составляющей с интегральной мик-

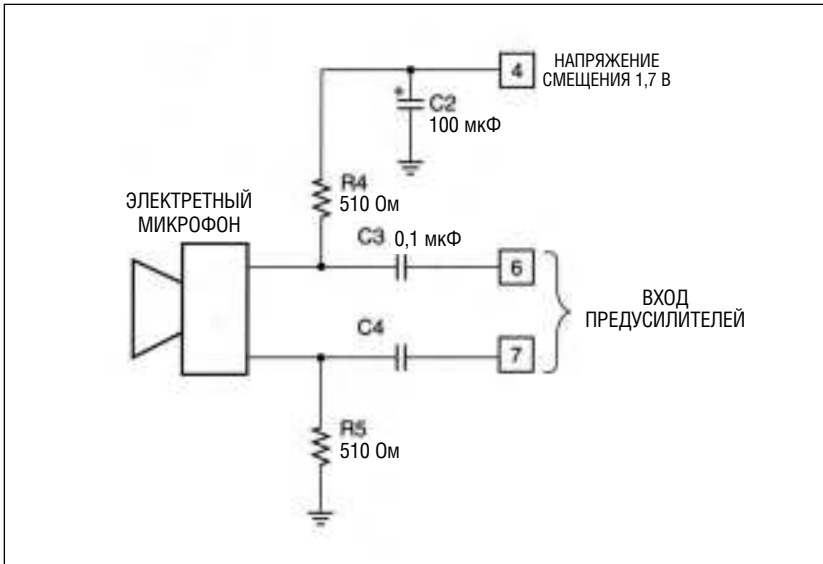


Рис. 3.11.
Схема
смещения
микрофона

росхемой МС34114 через конденсаторы C3 и C4, что позволяет избежать влияния собственных цепей смещения предусилителя.

Источник напряжения смещения 1,7 В должен иметь конденсатор (C2), подключенный к земле, чтобы снизить шумы источника питания и обеспечить условие, при котором он обладал бы низким комплексным сопротивлением относительно земли в области звуковых частот. Резисторы R4 и R5, имеющие равные сопротивления, подключены с двух сторон электретного микрофона, чтобы обеспечить условие, при котором оба выхода имеют одинаковые комплексные сопротивления относительно земли (то есть чтобы обеспечить условие согласования).

Предусилитель микрофона

Предусилитель микрофона обеспечивает усиление 30 дБ и имеет согласованный дифференциальный вход. Согласованный вход позволяет снизить влияние электромагнитного излучения. Он также способствует снижению любых возможных перекрестных помех цепи телефона трубки. (Следует помнить, что провода микрофона и телефона трубки проходят по одному и тому же жгуту проводов, подключающему телефонную трубку к аппарату, что приводит к некоторому взаимному влиянию сигналов.) Во время набора номера усилитель микрофона отключается с использованием схемы, обеспечивающей режим «Отключение звука» — сигнал управления, который подается от схемы номеронабирателя.

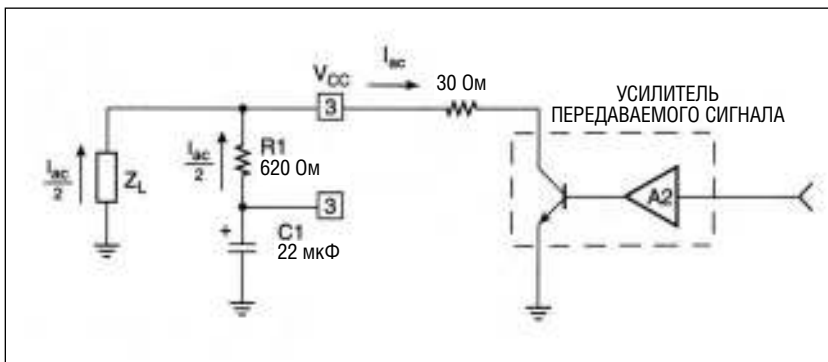
Речевой сигнал с предусилителя микрофона поступает через последовательно включенные резистор и конденсатор на усилитель A1, который имеет коэффициент усиления, равный 2. Если предусилитель микрофона был отключен, то на вход усилителя вместо речевого сигнала подаются тональные сигналы схемы номеронабирателя. Использование схемы режима «Отключение звука» для отключения предусилителя микрофона обеспечивает поступление одновременно только одного типа сигналов.

Выходной сигнал усилителя A1 проходит через элемент управления усиления, работа которого управляется схемой АРУ и зависит от тока шлейфа. Элемент контроля усиления устанавливает уровень сигнала, поступающего на передающий усилитель A2, коэффициент усиления которого равен 50.

Передающий усилитель

Передающий усилитель A2 имеет выходной каскад с открытым коллектором, что обеспечивает его высокое значение полного комплексного сопротивления относительно сигналов, поступающих по телефонной линии. Выходной сигнал, поступающий с выхода с открытым коллектором, генерирует напряжение в телефонной линии, которое обязано своим происхождением току, протекающему через сопротивление, образованное параллельно включенными полным комплексным сопротивлением телефонной линии и сопротивлением согласующего резистора R2, как это показано на рис. 3.12.

Рис. 3.12.
Каскад линейного
усилителя
(линейный
формирователь)



Усилитель сигнала самопрослушивания

Усилитель сигнала самопрослушивания A3, изображенный на рис. 3.10, обеспечивает передачу части речевого сигнала на телефонный капсюль трубки. Говорящий по телефону человек может слышать свой собственный голос в телефоне трубки и выбирать в соответствии

с этим необходимую громкость своего собственного голоса. Усилитель сигнала самопрослушивания выполняет свою функцию путем инвертирования передаваемого сигнала и подачи части этого сигнала в приемную цепь телефона, как это показано на рис. 3.10.

Схема АРУ, описанная ранее, устанавливает уровень сигнала самопрослушивания и строго следит за тем, чтобы часть сигнала самопрослушивания, поступающая в цепь телефонного капсюля, была прямо пропорциональна току шлейфа. Это заставляет поддерживать амплитуду сигнала самопрослушивания постоянно пропорциональной уровню поступаемого сигнала, вне зависимости от длины абонентской линии связи.

Необходимо также отметить, что коэффициент усилителя сигнала самопрослушивания всегда намного меньше единицы. Только небольшая часть передаваемого сигнала должна поступать в приемную цепь телефона, следовательно, необходимо ослабить речевой сигнал на его пути к телефонному капсюлю.

Усилитель сигнала самопрослушивания компенсирует различия в длине абонентской линии связи.

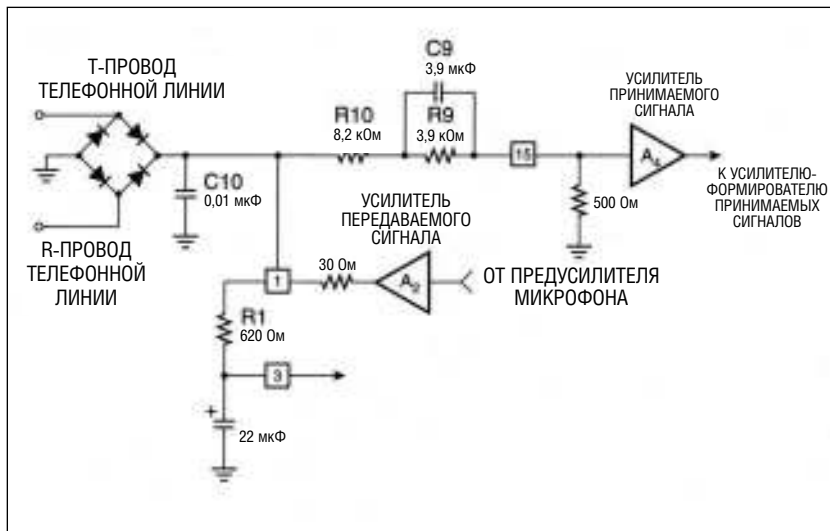
Схема сопряжения с телефонной линией по переменной составляющей

Переменный сигнал в телефонной линии проходит по мостовой схеме выпрямления, величина полного комплексного сопротивления которой для этого сигнала имеет небольшое значение, так как постоянное смещение, подаваемое на два диода, переводит их в проводящее состояние. Конденсатор С10 шунтирует высокочастотный сигнал и снижает возможное влияние электромагнитного излучения от телефонов сотовой связи или иных источников помех (рис. 3.13).

Цепь, образованная последовательно включенными резистором R1 и конденсатором С1 и включенная на землю, фактически означает, что резистор R1 согласует телефонную линию в области голосовых частот. Хотя номинальное значение согласующего комплексного сопротивления телефонной линии составляет примерно 600 Ом, величина сопротивления резистора R1 практически всегда выбирается несколько выше, а именно — берется значение 620 Ом, чтобы учесть параллельно включаемые нагрузки с высоким полным комплексным сопротивлением, которые обусловлены другими цепями схемы.

Схема выравнивания, состоящая из резисторов R9 и R10 и конденсатора С9, имеет высокое значение полного комплексного сопротивления со стороны телефонной линии. Усилитель передаваемого сигнала (А2) имеет выход с открытым коллектором, который представляет высокое комплексное сопротивление для сигнала на выходе (то есть на линии).

Рис. 3.13.
Схема сопряжения
с телефонной
линией по
переменной
составляющей



Цепи приема поступающего сигнала

Схема цепей приема поступающего сигнала, выполненных в составе интегральной микросхемы MC34114 производства компании Motorola, приведена на блок-схеме рис. 3.14. Схема включает усилитель принимаемого сигнала как таковой, также схему АРУ и схему управления приемными цепями. Схема прохождения сигнала самопрослушивания была рассмотрена в предыдущем разделе. Пассивные элементы в схеме используются для того, чтобы задать рабочие параметры схемы.

Усилитель поступающего сигнала

Абонентская линия связи подключается к схеме согласования (Z_B), которая состоит из резисторов R9, R10 и конденсатора C9. Значения сопротивлений и емкости элементов подобраны так, чтобы обеспечить подавление сигнала самопрослушивания. Наличие конденсатора C9 обеспечивает измерение фазового сдвига сигнала и проведение корректировки, учитывающей вносимый абонентской линией фазовый сдвиг. Для полного подавления сигнала самопрослушивания необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$Z_B = (40 \times R2/Z_{LINE}) - 500 \text{ Ом.}$$

Значения, приведенные на рис. 3.14, вполне подходят для телефонной линии с номинальным сопротивлением 600 Ом и согласующим оконечным резистором R1.

[illegible]

Усиление усилителя поступающего сигнала А4 имеет фиксированное значение, однако схема АРУ управляет общим усилением приемного каскада. Усиление возрастает в цепях, которые используются в дальних линиях связи для компенсации дополнительных потерь. Общее усиление приемного каскада устанавливается в соответствии со значением тока, протекающего через чувствительный элемент схемы АРУ и через резистор обратной связи R8. Токи, протекающие через указанные элементы, должны быть равны, чтобы ток на входе инвертора задающего (возбуждающего) усилителя отсутствовал бы. Следовательно, увеличение значения сопротивления резистора R8 увеличивает общий коэффициент усиления цепей поступающего сигнала.

145

высокочастотным радиосигналом. Оно также снижает вероятность того, что речевой сигнал, поступающий по проводам в телефонный капсюль за счет электромагнитного взаимодействия, попадет в цепи микрофона.

Точные соотношения для расчета коэффициента усиления цепей приема сигнала интегральной микросхемы MC34114 могут быть найдены в справочнике компании Motorola «*Motorola Telecommunication Device Data Book*» либо на Интернет-сайте компании (www.motorola.com).

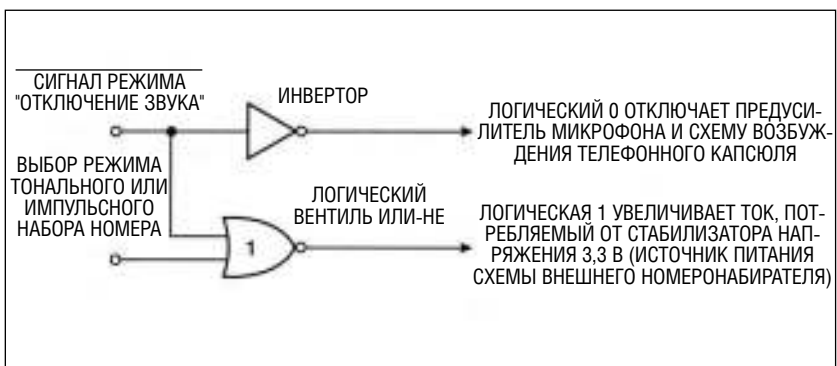
Схема, задающая режим «Отключение звука», и выбор режима набора номера

Цепь, задающая режим «Отключение звука» (или режим молчания), предотвращает прослушивание громких сигналов («щелчков») в телефонной трубке во время набора номера. Схема выбора режима набора номера автоматически увеличивает ток, который потребляется внешней схемой номеронабирателя при осуществлении набора.

В схему приема сигнала на рис. 3.15 также добавлена цепь режима «Отключение звука». Цепь режима «Отключение звука» работает совместно со схемой сопряжения номеронабирателя и цепями каскада приема сигналов, чтобы отключить (или приглушить звук) в цепях приема сигнала во время процесса набора номера. Эта операция предотвращает поступление громких звуков (или «щелчков») в телефонную трубку. Сигнал управления цепями режима «Отключение звука» генерируется цепями внешнего номеронабирателя. Во время нормального телефонного разговора сигнал режима «Отключение звука» равен логической 1. Это приводит к тому, что на выходе инвертора присутствует логический 0 и цепь возбуждения телефонного капсюля работает в нормальном режиме.

При наборе номера вырабатывается сигнал логического 0. На выходе инвертора действует логическая 1, которая отключает схему возбуждения телефонного капсюля. Если сигнал выбора режима также является логическим нулем, соответствующим режиму тонального набора номера, то на выходе логического вентиля (схемы) ИЛИ-НЕ

Рис. 3.15.
Логическая схема
управления



будет логическая 1. Вентиль ИЛИ-НЕ управляет величиной тока, потребляемого от стабилизатора напряжения 3,3 В (источника питания номеронабирателя) и увеличивает значение тока до 2,5 мА, когда на выходе логического вентиля ИЛИ-НЕ присутствует логическая 1. Увеличение потребляемого тока на 1,5 мА осуществляется за счет схемы компенсации длины шлейфа, как это было описано ранее.

Схема подключения (интерфейс) номеронабирателя

В интегральной микросхеме MC34114 производства компании Motorola предусмотрено подключение схемы внешнего номеронабирателя, которая позволяет направлять непосредственно в телефонную линию сигналы тонального набора. На рис. 3.16 приведена схема сопряжения номеронабирателя с интегральной микросхемой. Вывод 16 представляет вход сигнала для выбора режима набора номера, который переключает логическую схему режима «Отключение звука» с импульсного на тональный режим набора номера. Таким образом, схема может обеспечить необходимый сигнал для цепей режима «Отключение звука» как при импульсном, так и при тональном режиме набора. Выводы схемы для выбора режима набора также должны быть подключены к соответствующим цепям, осуществляющим набор.

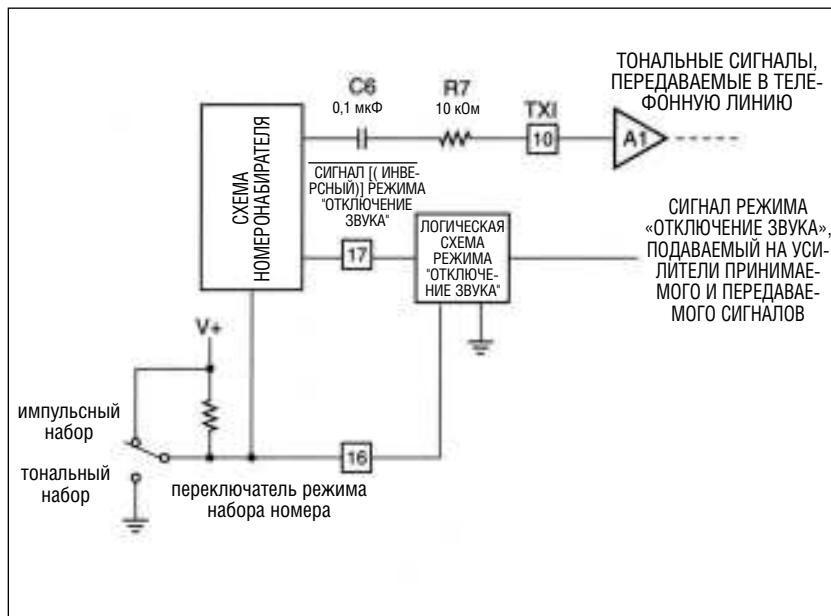
Сигнал режима «Отключение звука», поступающий из схемы номеронабирателя, подается на вывод 17. Этот именно тот вход, на который подается логический сигнал управления, который отключает телефонный капсюль. Сигналы тонального набора номера могут подаваться на вывод 10 интегральной микросхемы через резистивно-емкостную цепь, состоящую из конденсатора С6 и резистора R7. Эти сигналы будут усилены непосредственно усилителем А1 и переданы в абонентскую линию телефонной связи. (Более подробная информация, описывающая работу номеронабирателя, будет приведена в последующих главах.)

Согласование линии

Обсуждение телефонного аппарата не будет вполне законченным, если не рассмотреть схему его согласования с телефонной линией связи. Эта проблема будет обсуждаться с самых общих позиций, с учетом электрических и акустических факторов, воздействующих на классический пассивный телефонный аппарат.

При работе телефонного аппарата несколько факторов влияют на процесс передачи энергии по витой телефонной паре между усилителями поступающего и передаваемого речевого сигналов.

Рис. 3.16.
Схема
подключения
номерабира



Полная схема телефонного аппарата, включающая телефонную трубку, усилители и гибридную схему, приведена на рис. 3.17. Часть сигнала, который генерируется в микрофоне и представляет долю (а — б), подается в телефонную линию после усиления в К раз, обусловленного действием усилителя передачи сигнала A_T и рассогласованием гибридной схемы. Рассогласование гибридной схемы приводит к тому, что доля сигнала б, генерированного в микрофоне, пройдя усиление в усилителе принимаемого сигнала A_R , подается на телефонный капсюль. Эта часть сигнала представляет собой сигнал самопрослушивания, который был обсужден ранее в главе 2.

Электрический сигнал, входящий в телефонный капсюль, преобразуется в акустический сигнал и поступает в органы слуха человека. Однако часть этого акустического сигнала, b_x , будет поступать обратно в микрофон телефонной трубки через воздушную среду, а также частично передаваться через кости пальцевых суставов. Такая обратная связь должна считаться положительной и будет добавляться к исходному сигналу, вызывая его увеличение, если уровень обратной связи окажется достаточно высоким. В то же время форма телефонной трубки, способы крепления микрофонного и телефонного капсюлей внутри трубки, материалы, из которых изготовлена трубка телефона, могут значительно снизить эту акустическую обратную связь.

Согласование электрических параметров для сигнала зависит от гибридной схемы и величины полного комплексного сопротивления согласующего элемента телефонной линии, Z_B . Последние данные по его значению определялись телефонными компаниями после многочисленных статистических исследований телефонных линий, используемых для телефонной связи, и широкого спектра параметров электронных компонентов, применяемых в телефонных аппаратах.

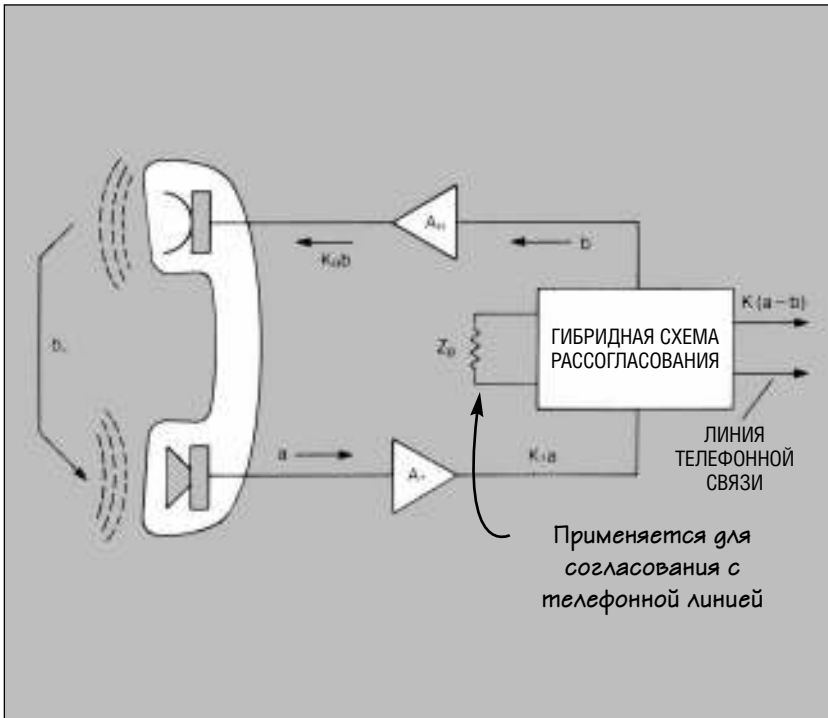


Рис. 3.17.
Пути
прохождения
электрического и
акустического
сигнала в
телефонном
аппарате

Компенсация уровня громкости в телефонном аппарате

Если вспомнить более раннее обсуждение работы стандартного телефонного аппарата, то там говорилось, что именно варисторы (компоненты схем, чье сопротивление изменяется при изменении тока, протекающего по элементу) применялись в гибридной схеме.

Варисторы автоматически изменяют свое сопротивление таким образом, что уровень громкости в системе телефонной связи от микрофонного до телефонного капсюлей остается примерно одинаковым, несмотря даже на то, что длина шлейфа возрастает.

Электронный телефонный аппарат поддерживает постоянный уровень выходного сигнала при широком диапазоне изменений тока в шлейфе за счет автоматической подстройки коэффициентов усиления при приеме и передаче речевого сигнала.

На рис. 3.18 это продемонстрировано на примере телефонного аппарата модели 500 компании Bell. Необходимо отметить, что по горизонтальной оси отложены как сопротивление абонентской телефонной линии R_L в омах (верхняя часть графика), так и длина линии, выраженная в тысячах футов (нижняя часть графика). По вертикальной оси отложена чувствительность, выраженная в децибелах.

Зависимость относительной чувствительности телефонного капсюля телефонного аппарата модели 500 компании Bell показывает, что относительный уровень громкости звука, развиваемого в телефонном капсюле, остается в пределах ± 1 дБ для абонентской линии, начиная с линии с нулевой длиной шлейфа ($R_L = 0$) и кончая линией с длиной, составляющей 4250 м ($R_L = 1180$ Ом). В качестве примера показано, что ранее выпускаемые телефонные аппараты модели 302 обладали потерями 5 дБ в громкости при длине абонентской телефонной линии 3640 м. Совершенно аналогично вторая зависимость на графике рис. 3.18 показывает чувствительность при передаче сигнала.

Рис. 3.18.
Стандартный
телефонный
аппарат.
Относительные
уровни громкости
звuka в
зависимости от
длины абонентской
телефонной линии
(с любезного
разрешения
Лаборатории Bell)



Как уже объяснялось ранее, в интегральной микросхеме MC34114, применяемой в цепях передачи речевого сигнала телефонных аппаратов, длина шлейфа определяет значение напряжения на входе схемы АРУ, которая, в свою очередь, устанавливает значение коэффициента усиления для усилителей передаваемого и принимаемого сигналов в электронном телефонном аппарате.

Это обеспечивает такую же или даже еще лучшую компенсацию по сравнению с той, которая имеется в телефонном аппарате модели 500 компании Белл.

Применение и технические характеристики интегральных микросхем, разработанных для цепей прохождения речевого сигнала

Компания Motorola действительно является одной из крупнейших производителей интегральных микросхем для систем телефонной связи, вторую группу составляют компании Филипс и Самсунг. Исчерпывающие данные о технических характеристиках любой интегральной схемы, такой, например, как MC34114 компании Motorola, можно получить непосредственно у производителя продукции. Интегральная микросхема S1T2425A производства компании Самсунг вполне идентична интегральной микросхеме MC34114 компании Motorola, которая в настоящее время является уже устаревшей и подробно описана в предыдущих изданиях данной книги.

На первый взгляд спецификация интегральной микросхемы MC34114 компании Motorola может показаться весьма тяжеловесной, однако существует несколько основных параметров, которые представляются чрезвычайно важными для высокой эффективности работы цепей прохождения речевого сигнала. В табл. 3.2 приводятся некоторые из наиболее важных ее характеристик. Хотя интегральная микросхема MC34114 сохраняет работоспособность при снижении напряжения до 1,2 В, для правильной работы стабилизаторов напряжения, рассчитанных на 1,7 В и 3,3 В, требуется напряжение 5 В либо же еще более высокое.

Для того чтобы подчеркнуть гибкость применения интегральной микросхемы в цепях речевого тракта, в табл. 3.3 приводятся сведения о назначении каждого из всех внешних элементов схемы, приведенной на рис. 3.19.

Интегральные микросхемы, применяемые в схемах модемов и других устройств системы телефонной связи, производятся большим количеством самых разных производителей интегральных микросхем, таких, например, как компании Philips, Texas Instruments, National Semiconductor, Oki, Infineon, Lucent Technology и Samsung. Производители предлагают различные образцы своей продукции, каждый из которых обладает своими собственными характеристиками, особенностями и способен предоставлять какие-нибудь дополнительные функции.

Некоторые интегральные микросхемы общего применения, такие, например, как цифровые процессоры обработки сигнала (DSP),

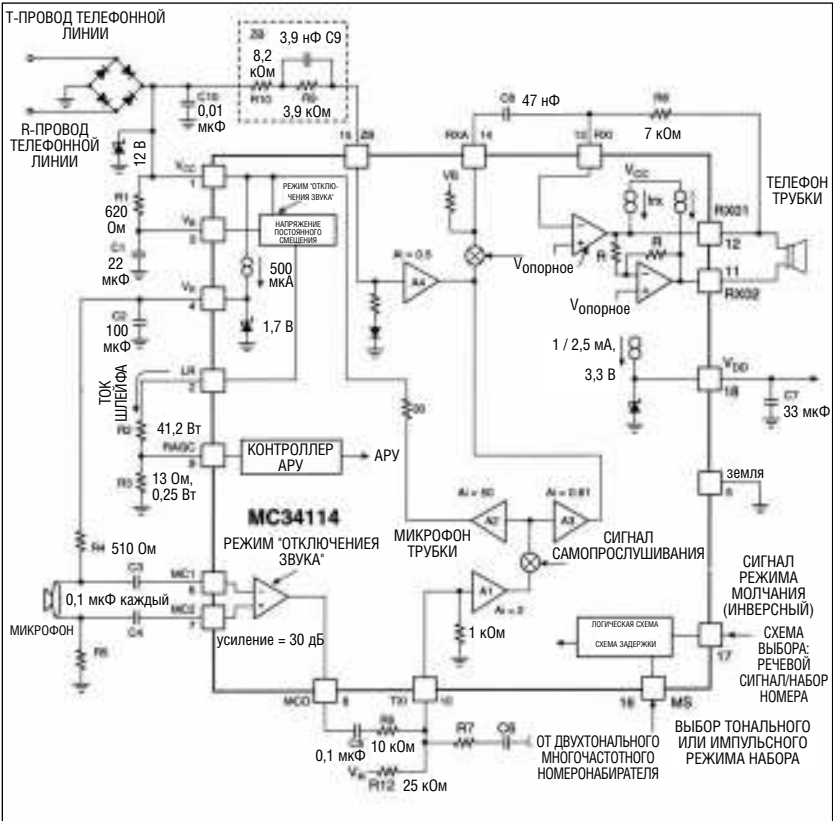
Глава 3

Электронные схемы в цепях прохождения речевого сигнала

Таблица 3.2.
Технические
характеристики
интегральной
микросхемы
МС34114
производства ком-
паний Motorola

Значения параметров	Минимальное	Максимальное
Значение входного постоянного напряжения, Vcc	+1,2 В	+10,5 В
Входное комплексное сопротивление микрофонного предусилителя	14 кОм	27 Ом
Усиление канала передачи (участок от точки микронного входа до Vcc)	36 дБ	40,5 дБ
Усиление канала приема (участок от Vcc до выхода телефонного капсюля трубки)	-7,2 дБ	-5 дБ

Рис. 3.19.
Принципиальная
схема
интегральной
микросхемы
МС34114
производства
компаний
Motorola



Внешний элемент схемы	Выполняемая функция
R1	Определяет полное комплексное сопротивление телефонного аппарата
R2, R3	Управляют функцией АРУ
R4, R5	Задают смещения цепи микрофона
R6	Ограничивает амплитуду сигнала на входе микрофона
R7	Ограничивает амплитуду входного тонального сигнала
R8	Устанавливает коэффициент усиления усилителя телефонного капсюля трубки
R9, R10	Управляют компенсацией сигнала самопрослушивания
C1	Блокирует прохождение сигналов переменной составляющей в цепи компенсации длины абонентской линии
C2	Стабилизирует работу источника питания 1,7 В, используемого в цепях микрофона
C3, C4	Обеспечивают прохождение сигнала к предусилителю микрофона
C5	Обеспечивает прохождение сигнала микрофона в схему прохождения речевого сигнала
C6	Обеспечивает прохождение сигналов от схемы двухтонального многочастотного номеронабирателя
C7	Стабилизирует работу источника питания 1,7 В, используемого в цепях номеронабирателя
C8	Обеспечивает прохождение сигналов усилителя цепи телефонного капсюля трубки
C9	Управляет компенсацией сигнала самопрослушивания (компенсирует фазовый сдвиг в абонентской линии)
C10	Замыкает цепь прохождения высокочастотного радиосигнала

Таблица 3.3.
Назначение
внешних
компонентов
интегральной
микросхемы

программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA), программируются таким образом, чтобы выполнять функции, задаваемые очень сложным алгоритмом. Такие алгоритмы программирования оказываются доступными для использования из множества

источников, однако, следует учитывать, что такие микропрограммы являются собственностью частных компаний и на них распространяется право на интеллектуальную собственность (IP). Компании, обладающие правом на интеллектуальную собственность, могут менять условия, на которых используются их микропрограммы в различных разработках. Высокоскоростные модемы и кодеки (или кодеры–декодеры), предназначенные для кодирования–декодирования речевого сигнала с невысокой скоростью в блоках цифровой передачи речевых сигналов по каналам телефонной связи, очень сложные, и в них часто используются существующее программное обеспечение для цифровых процессоров обработки сигналов что называется «с нуля».

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Все изменения в конструкции телефонного аппарата должны выполняться таким образом, чтобы они оказывались совместимыми с существующими параметрами телефонных линий связи.
2. Использование в телефонном аппарате схемы одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала можно сравнить с использованием соответствующей гибридной схемы, за исключением того, что вместо катушки индуктивности используется мостовая схема из резисторов.
3. Схемы одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала в настоящее время выполняются в виде полупроводниковых интегральных микросхем, так как это позволяет обеспечить высокие технические характеристики, низкое энергопотребление, небольшие размеры, малую массу и очень высокую надежность.
4. Электронные схемы одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала должны сохранять работоспособность при пониженных напряжениях в линии (вплоть до напряжения 4 В), если их питание осуществляется непосредственно за счет постоянного напряжения, используемого в телефонной линии.
5. Для защиты от повреждения электронных схем изменениями или скачками напряжения в абонентской линии связи необходимо предусмотреть защиту от перенапряжений.
6. Схемы одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала должны сохранять свою работоспособность при любой полярности напряжения в телефонной линии. Для обеспечения постоянной полярности напряжения питания, подаваемого в электронные схемы, используется мостовая схема выпрямления.

7. Схемы одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала должны потреблять от телефонной линии при положенной на рычаги телефонной трубке очень маленький по величине ток.
8. В схемах одновременной двухсторонней передачи речевого сигнала должны быть предусмотрены цепи стабилизации тока и напряжения.
9. Регулируемый коэффициент усиления в электронном телефонном аппарате обеспечивается схемой АРУ, которая автоматически вводит необходимую компенсацию, связанную с различной длиной телефонного шлейфа. Это отличается от схемы стандартного телефонного аппарата, в котором компенсация для изменения длины шлейфа проводится с использованием варисторов.

Контрольные вопросы к главе 3

1. Оборудование, которое используется в линиях телефонной связи, изменяется:
 - а) очень быстро, «в ногу» с развитием современных технологий;
 - б) практически не меняется, так как это требует очень больших затрат;
 - в) происходящие изменения достаточно консервативны, чтобы сохранять баланс между новыми технологиями и стоимостью оборудования.
2. Изменения в телефонном аппарате могут быть:
 - а) очень незначительными, так как телефонный аппарат подключается к телефонным линиям связи, изменения в которых происходят достаточно медленно;
 - б) настолько значительными, насколько изменяется схема сопряжения с абонентской линией связи;
 - в) связаны только с его внешним видом, например цветом, формой, расположением деталей и т.д.
3. Угольный микрофон:
 - а) представляет сравнительно недавнюю разработку электронной техники;
 - б) был изобретен Томасом А. Уотсоном, ассистентом м-ра Белла;
 - в) определяет величину минимально допустимого тока, который должен протекать в абонентской линии связи.
4. Ток в абонентской линии при положенной на рычаги телефонной трубки должен иметь небольшую величину для того, чтобы:
 - а) линейные реле на районной АТС не могли бы спутать его с током, сигнализирующим о снятой телефонной трубке;
 - б) провода телефонных линий, имеющих сравнительно небольшое сечение, не перегревались;
 - в) исключить неверное срабатывание вызывного сигнала;
 - г) не повредить угольный микрофон телефонной трубки.
5. Электрическая энергия, необходимая для работы те-

лефона и функционирования телефонной линии связи, обычно обеспечивается:

- а)** телефонной компанией в виде переменного тока низкого напряжения;
 - б)** абонентом телефонной сети за счет батареек, установленных в абонентском телефонном аппарате;
 - в)** районной АТС и называется батарейным питанием, так как иногда для этого на телефонных станциях используются аккумуляторные батареи.
- 6.** Схема защиты телефонной сети и оборудования от перенапряжений:
- а)** необходима в телефонном аппарате для защиты от напряжения вызывного сигнала со сравнительно высоким значением;
 - б)** всегда входит в состав полупроводниковой интегральной микросхемы;
 - в)** является функцией районной АТС;
 - г)** необходима из-за бросков напряжения, вызванных переходными процессами, грозовыми разрядами, наличием в сетях связи индуктивностей или короткими замыканиями.
- 7.** Специальная схема выпрямительного моста необходима в электронном телефонном аппарате из-за того, что:

- а)** переменное напряжение должно быть преобразовано в постоянное для того, чтобы использоваться вместо батарейного питания телефонной станции;
 - б)** следует исключить прохождение в линию связи посторонних сигналов акустического диапазона;
 - в)** прямое падение напряжения на обычной схеме выпрямительного моста слишком велико и оставшаяся после выпрямления часть недостаточна для работы телефонного аппарата.
- 8.** Интегральная микросхема МС34114 первоначально предназначалась для работы с:
- а)** динамическим микрофоном, имеющим низкое значение полного комплексного сопротивления;
 - б)** напряжениями, составляющими менее 1 В;
 - в)** схемами сопряжения номеронабирателя;
 - г)** электретными микрофонами, имеющими высокое значение полного комплексного сопротивления.
- 9.** Согласованный дифференциальный вход предусилителя микрофона:

- а)** уменьшает вероятность возникновения перекрестных помех за счет цепи телефонного капсюля трубки;
- б)** отключает работу цепи режима «отключения звука»;
- в)** увеличивает электромагнитные помехи.

10. Электретный и электродинамический микрофоны представляют полностью взаимозаменяемые электронные приборы, которые могут быть использованы в цепях прохождения речевого сигнала:

- а)** правильно;
- б)** неверно.

Глава 4. Электронные схемы набора номера и вызывного сигнала

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В данной главе основное внимание уделяется вопросам замены тех элементов и узлов стандартного телефонного аппарата, с использованием которых осуществляют набор номера и звучание сигнала вызова, на электронные схемы, выполняющие эти же самые функции. Электронные схемы сделали механические дисковые номеронабиратели анахронизмом. Полупроводниковые интегральные микросхемы позволяют генерировать импульсы либо тональные сигналы набора номера путем нажатия кнопок на наборном поле (клавиатуре) телефонного аппарата. Полупроводниковые элементы памяти могут хранить один или несколько телефонных номеров, поэтому нажатие только одной кнопки на клавиатуре телефона позволяет отправить номер, хранящийся в памяти телефонного аппарата, по телефонной линии. Точно так же электронный звонок заменил электромеханический, используемый для подачи сигнала о поступившем на телефон вызове. При этом могут использоваться электронные звонки, имеющие одну тональность (частоту) вызывного сигнала либо многотональные сигналы вызова.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО НАБОРА НОМЕРА

Импульсный метод набора был наиболее широко используемым во всем мире способом для пересылки адреса (телефонного номера) на районную АТС. В ряде стран так называемого третьего мира этот метод набора номера может еще продолжаться использоваться в настоящее время. Механический дисковый номеронабиратель со всеми его шестеренками, эксцентриками, кулачками, контактами и регулятором скорости вращения оказался самым первым кандидатом на замену электронными схемами. Дисковый номеронабиратель был заменен интегральной микросхемой, которая получила наименование импульсного номеронабирателя. Существует несколько вариантов исполнения данной интегральной микросхемы, которые выпускаются различными производителями полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Старинные электромеханические номеронабиратели были заменены интегральными микросхемами. Однако параметры выходного сигнала номеронабирателя должны были оставаться неизменными для того, чтобы оказаться совместимыми с существующим оборудованием районных телефонных станций.

Для того чтобы большинство современных телефонных аппаратов оказались совместимыми с еще сохранившимися электромеханическими телефонными станциями, в них устанавливается специальный переключатель, позволяющий выбирать режим либо импульсного, либо тонального набора номера. Электронный импульсный номеронабиратель может передавать импульсы набора со скоростью 10 импульсов в секунду. Так как человек может нажимать кнопки телефонного аппарата значительно быстрее, чем импульсы набора могут быть переданы по телефонной сети, полупроводниковые элементы памяти могут сохранять от 17 до 33 цифр набираемого номера на время, необходимое для передачи импульсов номера телефона. Этот номер продолжает храниться в памяти в течение нескольких часов либо до набора следующего телефонного номера. Данная функция должна обеспечиваться в телефонном аппарате, так как ряд электромеханических телефонных станций все еще может сохраняться в ряде мест, особенно в развивающихся странах, однако на территории США и Канады электронные номеронабиратели используются практически повсеместно.

Повторный набор номера

При имеющейся в полупроводниковой схеме функции запоминания номера оказалось очень легко реализовать функцию повторного набора номера. При нажатии лишь одной кнопки последний набравшийся номер будет набран повторно.

Эта функция оказывается особенно полезной, когда приходится неоднократно предпринимать попытки дозвониться до занятого номера. Первоначально широкому использованию данной функции противились отдельные телефонные компании, так как они опасались, что произойдет блокирование («закупоривание») телефонных сетей из-за того, что повторный набор номера может осуществляться очень быстро и часто. Они также беспокоились относительно вопросов технического обслуживания аккумуляторных батарей, напряжение которых использовалось для питания электронных схем телефонных аппаратов. (Следует вспомнить, что предпочтение в использовании стационарных батарей на каждой телефонной станции вместо их применения в каждом отдельном телефонном аппарате было отдано на самом раннем этапе развития телефонных сетей в давно прошедших 90-х годах позапрошлого столетия прежде всего из-за вопросов их стоимости и сложностей технического обслуживания.) Развитие полупроводниковой микроэлектроники и разработка кремниевых интегральных микросхем на комплементарных полевых транзисторах, имеющих структуру металл-окисел-полупроводник (так назы-

Применение интегральных микросхем обеспечивает осуществление функции повторного набора номера и удовлетворяет требованию очень низкого энергопотребления.

ваемых КМОП-структур), позволило создать интегральные микросхемы, отличающиеся сверхмалым энергопотреблением, и благополучно разрешить возникшие проблемы. Ток, потребляемый этими схемами, составляет всего единицы микроампер, что позволяет питать такие схемы постоянным напряжением от телефонных линий. Так, например, если бы для питания цепей, используемых для запоминания номера телефона и требующих очень незначительного по величине тока, использовались бы батарейки того же типа, что и в калькуляторах или иных бытовых электронных устройствах, то энергии таких батареек хватило бы на несколько лет работы.

МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ СХЕМАМИ, И ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Перед тем как рассмотреть схему работы электронного импульсного номеронабирателя, необходимо более подробно остановиться на двух основополагающих проблемах: одна связана с энергопотреблением электронных схем, а вторая — с изменениями (скачками) напряжения, вызванными переходными процессами.

Мощность, потребляемая электронными схемами

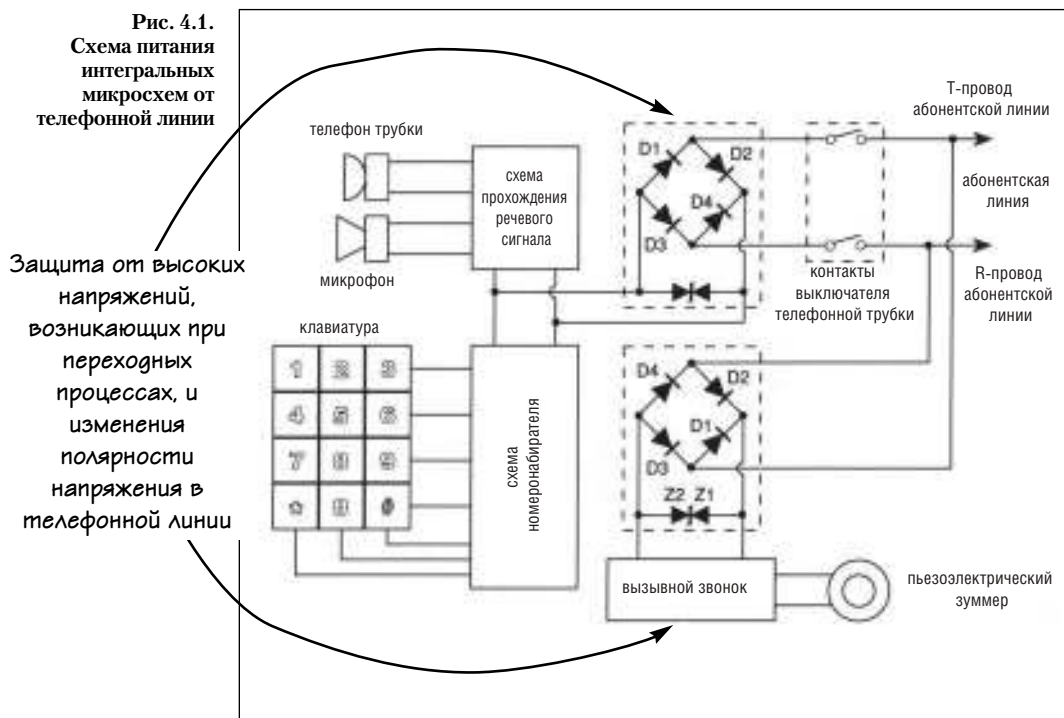
На рис. 4.1 представлена схема, на которой показаны пути, по которым из телефонной линии подается питание к электронным схемам, установленным внутри телефонного аппарата. Питание из телефонной линии на схему вызывного сигнала должно подаваться, минуя контакты рычагов телефонной трубки, то есть напряжение вызывного сигнала должно поступать на электронную схему, когда телефонная трубка лежит на рычагах. В этом случае диодная мостовая схема выпрямления должна стоять на входе электронной схемы (если только это не предусмотрено в самой схеме электронного звонка) для того, чтобы исключить повреждения схемы при изменении полярности напряжения.

Остальные цепи и схемы телефонного аппарата также должны питаться от телефонной линии. Однако все они должны получать питание после замыкания контактов рычагов телефонной трубки. По этой причине для питания любой цепи или схемы, которая не имеет собственного выпрямительного моста, используется дополнительный выпрямительный мост.

Хотя на рис. 4.1 приведена схема стандартного диодного моста, в цепях питания интегральных микросхем, предназначенных для работы в телефонных линиях с очень низкими значениями напряжения, могут использоваться выпрямительные мосты с

Все электронные цепи телефонного аппарата должны питаться через схему выпрямительного моста, чтобы исключить их повреждение при изменении полярности напряжения в абонентской линии или при подключении.

пониженными значениями прямого падения напряжения. В хорошо разработанной схеме телефона должно использоваться не более двух схем выпрямительных мостов (либо же только одна, если в схеме вызывного сигнала предусмотрена собственная мостовая схема). Следует обратить внимание на встречно-включенные стабилитроны после схемы каждого выпрямительного моста. Как уже обсуждалось в главе 3, данные полупроводниковые приборы обеспечивают защиту интегральных микросхем от превышений напряжения, возникающих, как правило, из-за переходных процессов.



Высокие напряжения, возникающие при переходных процессах

Когда телефонная трубка лежит на рычагах, контакты рычагов разомкнуты и полное напряжение станционной батареи (как правило, оно составляет 48 В постоянного тока) оказывается приложенным к Т- и R-выводам телефонного аппарата. При снятии телефонной трубки с рычагов контакты замыкаются. Если при этом контакты начинают «дребезжать» (моментальное замыкание и раз-

мыкание контактов), а телефонный аппарат представляет при этом индуктивную нагрузку, то будут возникать импульсы, имеющие относительно высокое напряжение и получившие название перенапряжения переходных процессов. Импульсы набора номера (связанные с размыканием и замыканием контактов электрической цепи) также приводят к высоковольтным перенапряжениям переходных процессов.

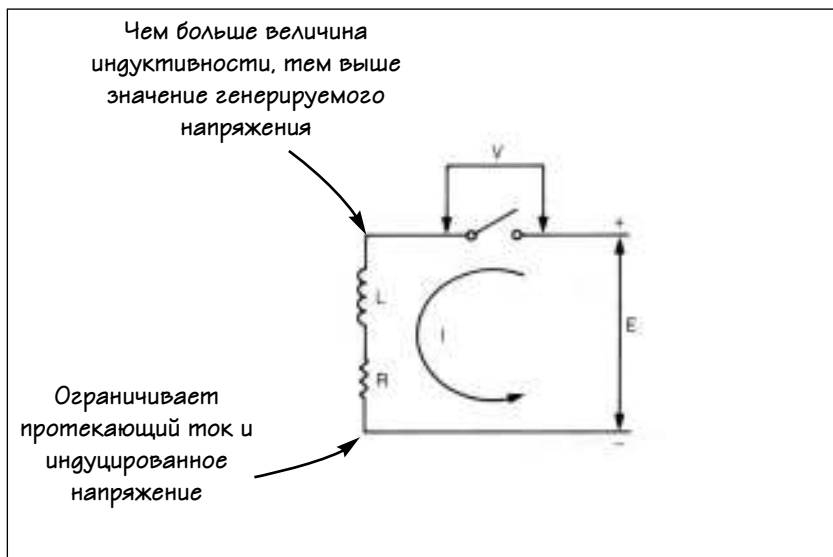


Рис. 4.2.
Эквивалентная
схема,
поясняющая
возникновение
перенапряжений
при переходных
процессах

На рис. 4.2 приведена эквивалентная схема именно для такой ситуации, когда контакты переключателя только что разомкнулись. Перед этим в цепи протекал ток величиной I . Благодаря магнитной энергии, запасенной в индуктивности L , которая стремится поддерживать ток постоянным, на выводах индуктивности появляется напряжение, которое оказывается приложенным к размыкаемым контактам. Величина напряжения может быть рассчитана с использованием следующего выражения:

$$V = \frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

где

L — индуктивность схемы (выражается в генри);

ΔI — изменение величины тока (выражается в амперах);

Δt — время, во время которого происходит изменение величины тока (выражается в секундах).

Величина индуцированного напряжения будет возрастать при большей величине протекающего по цепи тока и большем значении индуктивности цепи. При этом чем быстрее происходит изменение тока (при его приложении либо прекращении) во времени, тем выше будет значение индуцированного напряжения.

Ниже приводится пример, показывающий, каким высоким может оказаться значение перенапряжения. Можно предположить, что величина индуктивности L равна 1 Гн, что величина протекающего тока в момент размыкания контактов равна 10 мА (10×10^{-3} ампера) и что процесс размыкания и прерывания тока происходит за 10 мс (10×10^{-6} секунды). Для расчета величины напряжения необходимо подставить указанные значения в вышеприведенное уравнение:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1 \times 10 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-6}} \\ &= 1 \times 10^3 \\ &= 1000 \text{ В} \end{aligned}$$

Иными словами, величина генерируемого напряжения при указанных условиях составляет 1 тыс. вольт! Интегральные микросхемы и большая часть низковольтных транзисторов не могут противостоять таким значениям напряжения и будут выведены из строя. Таким образом, электронный телефонный аппарат должен иметь в своих цепях высоковольтные транзисторы, которые необходимо использовать в цепях подключения такого телефонного аппарата к телефонной линии, а также он должен иметь цепи, способные либо гасить, либо поглощать такие перенапряжения, возникающие в результате переходных процессов. Эти функции в схеме телефона выполняют цепи защиты от перенапряжений, цепи режима «Отключение звука» и цепи подавления вызывного сигнала (цепи, блокирующие проявление эффекта подзванивания телефонного аппарата).

Цепи защиты от перенапряжений рассматривались в главе 3. Следует вспомнить, что для этой цели, в зависимости от ожидаемой полярности напряжения в защищаемой точке схемы, используются униполярные стабилитроны, рассчитанные на одну полярность сигнала, либо биполярные стабилитроны, сохраняющие свою работоспособность при изменении полярности сигнала. Схемы, подавляющие (или отключающие) прохождение речевого сигнала (режима «Отключение звука») либо отключающие элементы подачи вызывного сигнала для исключения эффекта подзванивания (подзвукивания) телефона, будут рассмотрены в следующих разделах.

СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО НАБОРА НОМЕРА

Необходимо вспомнить, что контакты импульсного дискового номеронабирателя стандартного телефонного аппарата включены последовательно с катушкой индуктивности (гибридной схемы), а количество прерываний тока в шлейфе (или импульсов прерывания) равняется порядковому числу набираемого номера, то есть од-

но прерывание соответствует цифре 1, пять прерываний соответствует цифре 5 и т.д., с фиксированной частотой прерываний — 10 импульсов в секунду. Такой метод получил название «набор прерыванием тока в шлейфе». Схема импульсного набора электронного телефона, которая пришла на смену механическому номеронабирателю, должна выполнять ту же самую функцию — прерывать ток, протекающий в шлейфе, с частотой 10 импульсов в секунду.

Эта схема дополнительно должна выполнять еще одну функцию. Следует вспомнить, что при обычном механическом наборе номера дисковый номеронабиратель имел дополнительные контакты, которые замыкали контакты телефонного капсюля, чтобы набирающий номер абонент не мог прослушивать в трубке импульсы набираемого номера. Эта функция получила название режима отключения звука, то есть схема импульсного номеронабирателя также должна обеспечивать режим «Отключение звука» телефонного капсюля или, в более общем случае, режим отключения цепей прохождения речевого сигнала. В общем случае, существует два основных метода выполнения данной функции.

Электронная схема импульсного набора должна выполнять две функции: обеспечивать импульсное прерывание тока в телефонной линии связи и обеспечивать режим «Отключение звука» в телефоне трубки.

Параллельное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала

Параллельное включение электронной схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала представлено на эквивалентной схеме, изображенной на рис. 4.3. На данной схеме цепь набора номера, изображенная контактами S3, включена параллельно со схемой прохождения речевого сигнала. Такая схема ранее называлась гибридной схемой, но более современная терминология закрепила за ней название цепи (или схемы) прохождения речевого сигнала. Схема прохождения речевого сигнала отключается при обеспечении режима «Отключение звука» контактами переключателя S4, управление работой которых осуществляется схемой импульсного набора. Можно более детально рассмотреть схему их работы.

Когда телефонная трубка поднимается со своих рычагов, контакты переключателя S4 замыкаются, а контакты переключателя S3 размыкаются. Протекающий по цепям прохождения речевого сигнала ток шлейфа сигнализирует телефонной станции, что абонент требует обслуживания. Когда абонент начинает набирать номер и отпускает кнопку первой цифры номера, схема импульсного номеронабирателя замыкает контакты S3 и размыкает контакты S4, поэтому ток шлейфа начинает протекать по схеме импульсного набора номера, а одновременно с этим цепи прохождения речевого сигнала отключаются, что приводит к отключению и обеспечению режима отключения звука в телефонном капсюле. В режиме набора номера схема выполняет функции замыкания и размыкания контактов S3 электронными

Для параллельной схемы включения цепей прохождения речевого сигнала и импульсного номеронабирателя, схема последнего должна обеспечивать выходной сигнал в виде импульсов прерывания тока в абонентской линии, но одновременно с этим импульсы набора не должны поступать в цепи прохождения речевого сигнала.

средствами, обеспечивая прерывание тока в шлейфе необходимое количество раз. После того как набор номера завершен, контакты переключателя S3 остаются замкнутыми, а контакты переключателя S4 замыкаются, обеспечивая протекание тока в абонентской линии.

Последовательное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала

При последовательном включении цепей прохождения речевого сигнала и электронной схемы импульсного набора, последняя должна обеспечивать выходной сигнал, который вызывает импульсное прерывание тока в шлейфе и цепях прохождения речевого сигнала, однако, прерываться должен только ток, протекающий в цепи телефонного капсюля.

Электронная схема импульсного набора номера также может выполнять свою функцию прерывания тока шлейфа и обеспечения режима отключения звука при последовательном включении схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала (рис. 4.4). В этом случае схемы, обеспечивающие прерывание тока в телефонной линии и представленные переключателем S3, включены последовательно с цепями прохождения речевого сигнала. Точно так же, как и на рис. 4.3, импульсный номеронабиратель выполняет роль устройства, замыкающего и размыкающего контакты S3 электронными средствами. Однако в отличие от схемы, приведенной на рис. 4.3, в которой ток по цепям прохождения речевого сигнала не протекал при выполнении набора номера, в данном случае прерываемый ток шлейфа протекает по цепям речевого тракта. Следовательно, схема, обеспечивающая режим отключения звука, должна быть построена с использованием иных подходов.

Электронными средствами импульсный номеронабиратель обеспечивает эквивалент процесса размыкания контактов переключателя S4 в цепи телефонного капсюля. Таким образом, даже если импульсный ток проходит через гибридную схему, импульсы тока не воздействуют на телефонный капсюль, так как цепь оказывается разомкнутой. После вышесказанного настала очередь рассмотреть типичную интегральную микросхему, используемую в качестве импульсного номеронабирателя.

Основная функция электронного импульсного номеронабирателя

На схеме рис. 4.5 показаны основные блоки, входящие в состав интегральной микросхемы, предназначенной для выполнения функций стандартного электронного номеронабирателя. В зависимости от конкретной интегральной микросхемы, ключевая логическая схема декодирования (схема декодирования сигнала кнопки наборного поля) будет принимать либо четырехбитовый двоичный код, соответствующий ключу выбора (кнопке клавиатуры), либо же она будет принимать код (ключ) в виде последовательности сигналов строки и колонки матрицы, образованной расположением кнопок на наборном поле. Для используемой в данном примере интегральной микросхемы будет использоваться входной двоичный код.

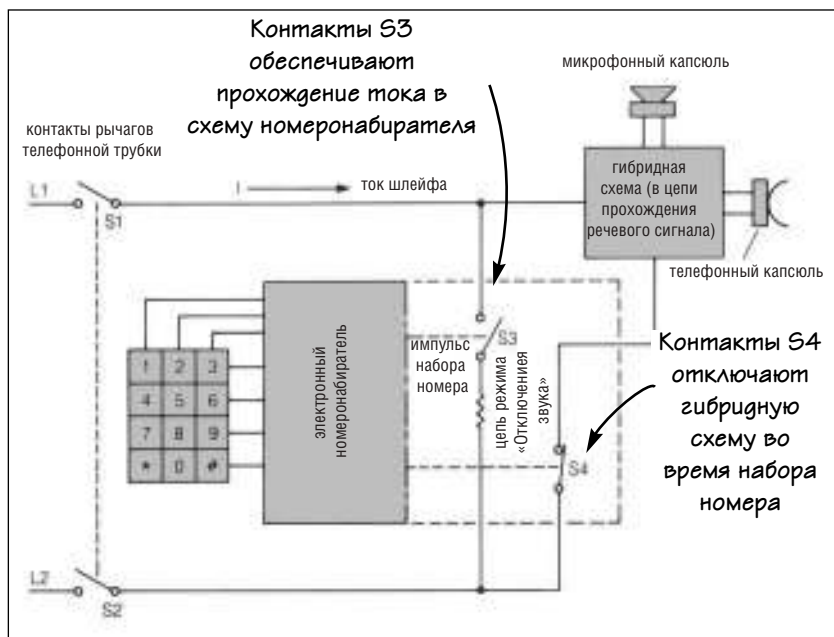


Рис. 4.3.
Параллельное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала

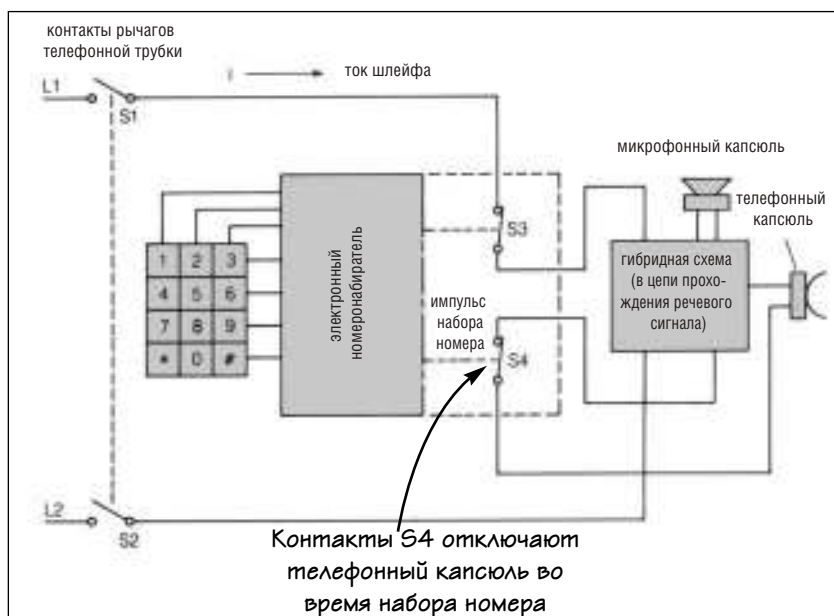


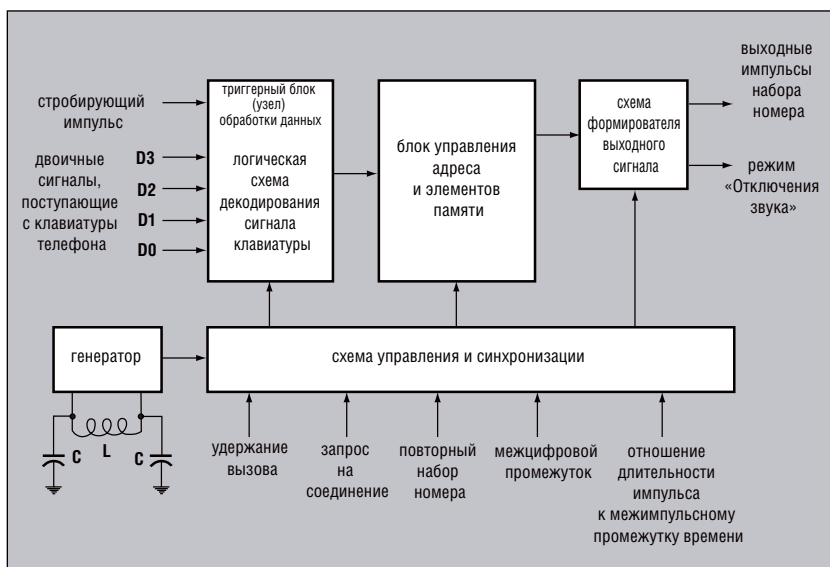
Рис. 4.4.
Последовательное включение схемы номеронабирателя и цепей прохождения речевого сигнала

После того как ключ обнаружен и проверен, двоичный код номера поступает на хранение во внутреннюю память. Стандартная интегральная микросхема электронного номеронабирателя может

хранить в своей памяти от 16 до 20 цифр телефонного номера. Дополнительная схема управления памятью указывает месторасположение (ячейку), в которой хранится каждая цифра, либо из которой она вызывается для повторного набора номера. Номер будет сохраняться в памяти интегральной микросхемы до тех пор, пока не будет набран новый номер либо же не будет отключено питание интегральной микросхемы.

Также в составе интегральной микросхемы предусмотрена схема тактового генератора, который вырабатывает сигнал стабильной частоты для всех внутренних цепей номеронабирателя. Именно этот генератор тактовой частоты обеспечивает синхронизацию и порядок следования команд в логической схеме управления электронного номеронабирателя. Кварцевые стабилизаторы частоты, резисторы, конденсаторы или индуктивности могут использоваться для подстройки частоты тактового генератора.

Рис. 4.5.
Интегральная
микросхема
импульсного
номеронабирателя



Работа выходной схемы управляется логическими схемами синхронизации и управления, на нее подаются выходные импульсные сигналы и сигнал управления режимом «отключения звука», оба непосредственно связанные с работой цепей прохождения речевого сигнала. Дискретный высоковольтный транзистор средней мощности, включенный на выходе интегральной микросхемы, служит для того, чтобы, используя поступившие импульсы набора, реально прерывать ток, протекающий в абонентской линии. Дополнительные

дискретные элементы могут понадобиться для того, чтобы сигнал «отключения звука» в зависимости от совместимости с конкретной схемой речевого тракта мог бы быть использован. Интегральная микросхема прохождения речевого сигнала, такая, например, как описанная в главе 3 МС34114 компании Motorola, может использовать сигналы режима «Отключение звука» непосредственно.

Для электронной схемы тракта передачи речевого сигнала, в которой используются дискретные элементы, как, например, в более раннем телефонном аппарате модели 500, необходимо было бы использовать какую-нибудь дополнительную схему согласования для обеспечения функции «Отключение звука».

Логическая схема управления и синхронизации, как правило, имеет несколько дополнительных входов, предназначенных для дополнительного изменения параметров процесса, осуществляющего набор номера. Наиболее часто используются три входа для управления такими параметрами, как «Трубка лежит на рычагах телефона/Трубка поднята с рычагов», установка «Длительность межцифровых интервалов» и установка «Отношение длительности разомкнутого к замкнутому состоянию контактов номеронабирателя (либо параметр «Отношение длительности импульса» — длительности прерывания тока шлейфа — к длительности промежутка между импульсами цифры номера).

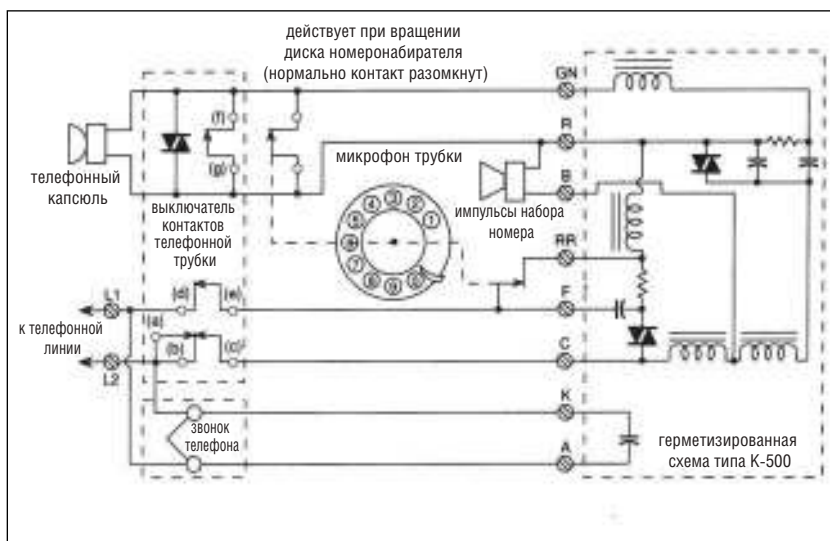
Параметр «Трубка лежит на рычагах телефона/Трубка поднята с рычагов», который иногда называется «запросом на вызов», представляет сигнал, который позволяет схеме номеронабирателя определить условие замыкания контактов при поднятии трубки и протекания тока в шлейфе. Номеронабиратель не будет действовать, если данный сигнал поступит в момент, когда трубка лежит на рычагах. Межцифровой интервал (IDT) управляет задержкой или промежутком времени между следованием последовательностей импульсов, соответствующих отдельной цифре номера. Обычно величина межцифрового интервала может варьироваться от 200 до 1000 мс при частоте следования 10 импульсов набора в секунду или от 100 до 500 мс, если частота следования будет составлять 20 импульсов в секунду. Для отношения длительности разомкнутого к замкнутому состоянию контактов (MBR) может быть выбрано либо соотношение «67% времени — низкий уровень сигнала / 33% времени — высокий уровень», либо соотношение «61% времени — низкий уровень сигнала / 39% времени — высокий уровень сигнала» в зависимости от логического состояния входной линии. Тактовая частота непосредственно воздействует на частоту следования импульсов набора, поэтому частота следования импульсов набора, равная 10 или 20 импульсам в секунду, может выбираться путем замены элементов схемы генератора.

Двумя дополнительными функциями, которые достаточно часто оказываются доступными, являются «Блокировка» (Hold) и «Повторный набор номера». Блокировка представляет сигнал, который предотвращает генерацию импульсов тогда, когда производится набор текущей цифры номера. После освобождения (разблокировки) данной цепи схемы будет возобновлена обычная генерация импульсов. Данная функция оказывается очень полезной в тех случаях, когда необходимо расширить межцифровой интервал за пределы обычно устанавливаемого. «Повторный набор номера», как говорит само название функции, помещает последнюю набранную цифру в ячейку памяти для того, чтобы она могла быть повторена на входе схемы.

Применение интегральных схем в импульсных номеронабирателях

Импульсный метод набора продолжает терять свою былую популярность по мере того, как все большее и большее число районных АТС оснащается оборудованием, предназначенным для обработки тональных сигналов. Несмотря на то что в обозримом будущем телефонные станции районного уровня будут сохранять совместимость с импульсным методом набора номера, преимущества, обусловленные удобством и более высокой скоростью тонального набора, дополненные к тому же возможностями осуществлять автоматизированную продажу и информационное обслуживание, без всяких сомнений, вытеснят телефонные аппараты с импульсными номеронабирателями.

Рис. 4.6.
Электрическая
схема стандартного
телефонного
аппарата
с дисковым
номеронабирателем



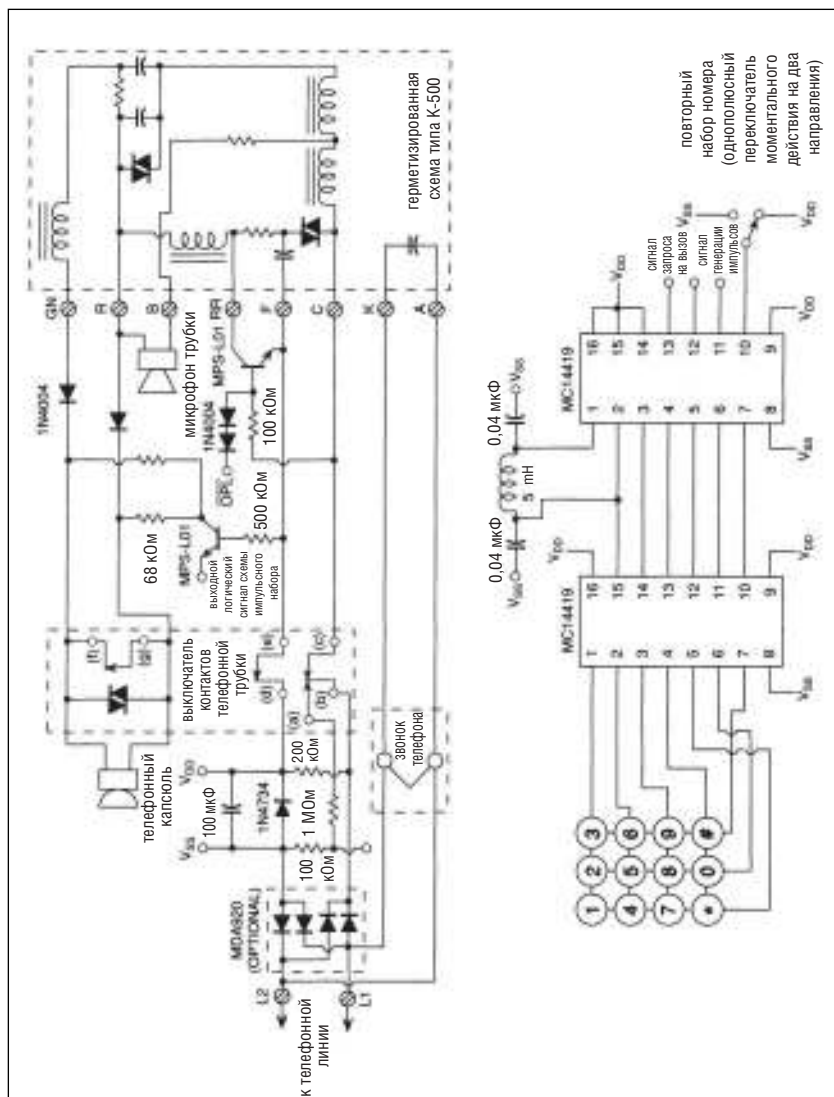
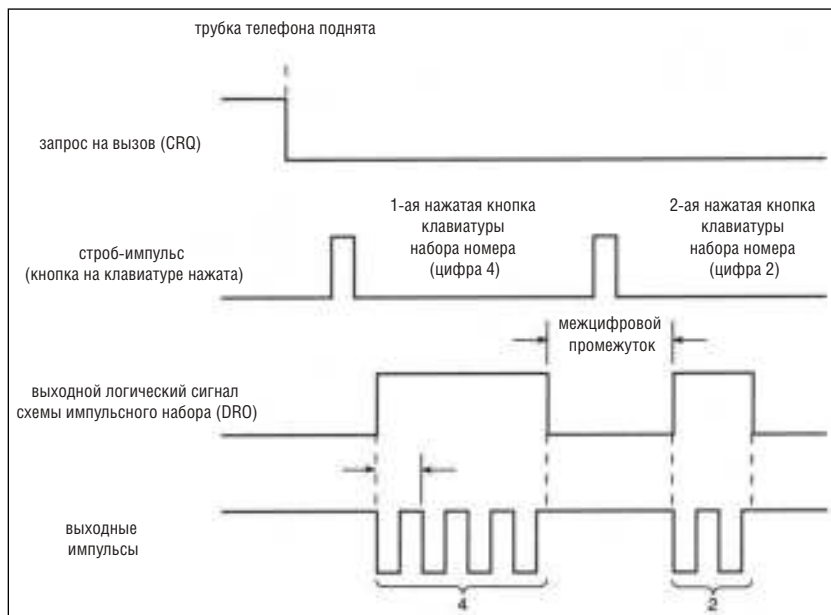


Рис. 4.7.
Модернизированная
схема телефонного
аппарата,
предназначенного
для импульсного
набора номера,
с использованием
интегральной
микросхемы
(с любезного
разрешения компании
Motorola Inc.)

Одной из представительниц интегральных микросхем, предназначенных для импульсного набора и представленных на рынке микросхем сегодняшнего дня, является интегральная микросхема МС14408, выпускаемая компанией Motorola. Она изготавливается на основе КМОП полевых транзисторов, характеризующихся сверхмалым потреблением энергии, и способна выполнять большое количество функций. Так как для интегральной микросхемы МС14408 необходимы двоичные входные сигналы, требуется использование

декодера сигналов кнопочной панели телефона в двоичный код (например, использовать интегральную микросхему MC14419 компании Motorola) в качестве интерфейса между электронными схемами наборной панели и импульсного номеронабирателя.

Рис. 4.8.
Синхронизация
импульсов
набора



Первоначально интегральная микросхема MC14408 предназначалась для непосредственной замены механизма электромеханического дискового номеронабирателя, применяемого в стандартных телефонных аппаратах, пример схемы которого изображен на рис. 4.6. На рис. 4.7 приводится схема точно такого же стандартного телефонного аппарата, в который добавлена интегральная микросхема, предназначенная для импульсного набора номера.

Как только у телефонного аппарата поднимается трубка, для логического сигнала запроса на вызов (CRQ) устанавливается низкий уровень сигнала. Этот сигнал настраивает внутренние цепи интегральной микросхемы MC14408 либо на прием нового номера, либо на выполнение повторного набора номера. Когда схема номеронабирателя осуществляет набор номера, для логического выходного сигнала схемы импульсного набора (DRO) устанавливается высокий уровень сигнала. Этот сигнал выключает транзистор, установленный в цепи телефонного капсюля и гарантированно обеспечивает режим «Отключение звука» в телефонной трубке. Уровень логическо-

го выходного сигнала схемы импульсного набора будет оставаться высоким на весь период времени посылы импульсов набора. Импульсы набора (рис. 4.8) проходят через вывод генерации импульсов (OPL), который обеспечивает включение и выключение диодно-транзисторной цепи, осуществляющей прерывание тока шлейфа. Телефонная станция воспринимает эти серии импульсов тока в качестве цифр набираемого номера.

Напряжение питания (V_{dd}) интегральной микросхемы подается через мостовой выпрямитель MDA920, обеспечивающий защиту от неправильной полярности подключения, а также через стабилитрон 1N4734 и конденсатор с емкостью 100 мкФ. Потенциал земли в схеме телефонного аппарата обозначен как V_{ss} . Заряд, который накапливается в конденсаторе емкостью 100 мкФ, оказывается достаточным для того, чтобы поддерживать работоспособность элементов памяти номеронабирателя в течение нескольких часов.

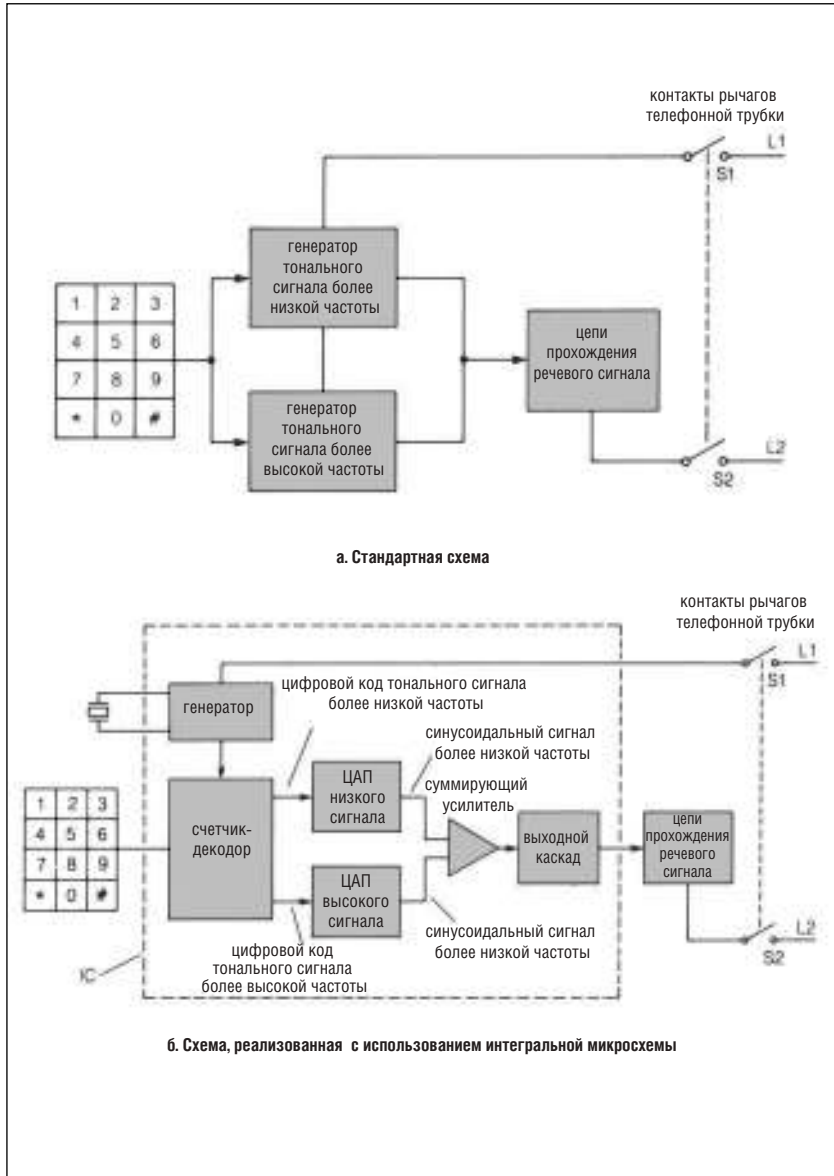
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ДЛЯ ДВУХТОНАЛЬНОГО МНОГЧАСТОТНОГО НАБОРА

Процесс набора и пересылки номера по телефонной линии также может быть выполнен путем использования тональных сигналов набора, как это уже было обсуждено для случая стандартного телефонного аппарата. Для выполнения данной функции были разработаны специальные типы интегральных микросхем. Стандартный способ осуществления этой задачи проиллюстрирован на рис. 4.9а. В отличие от стандартного способа, при котором специальные генераторы вырабатывают синусоидальные сигналы низкой и высокой частоты и подают их в цепи прохождения речевого сигнала, генератор двухтональных многочастотных сигналов на базе интегральной микросхемы (рис. 4.9б) имеет счетчик и декодер, который считает импульсы, поступающие от генератора с кварцевой стабилизацией частоты, и генерирует выходные кодовые сигналы, которые соответствуют тональным сигналам низкой и высокой частот.

Каждый из двух выходных сигналов счетчиков поступает на свой собственный цифро-аналоговый преобразователь. Цифро-аналоговый преобразователь, как и говорит его название, преобразует выходной цифровой код счетчика в синусоидальный сигнал акустического диапазона. Два тональных сигнала, один из которых имеет более низкую, а второй более высокую частоту, складываются в операционном усилителе, после чего поступают в цепи прохождения речевого сигнала в виде комбинированного сигнала выходного каскада.

Для генерации двухтональных многочастотных сигналов (DTMF) с использованием электронных схем, сигнал замыкания на кнопочной клавиатуре телефона преобразуется в комбинацию синусоидальных сигналов низкой и высокой частот, которые смешиваются попарно и усиливаются для того, чтобы возбуждать цепи прохождения речевого сигнала.

Рис. 4.9.
Пример
реализации схем
генераторов
двухтональных
многочастотных
сигналов



Пример применения интегральной микросхемы

Генерация выходного тонального сигнала в интегральной микросхеме генератора двухтональных многочастотных сигналов начинается с момента, когда абонент нажал одну из кнопок на клавиатуре телефонного аппарата. Варианты конструкции контактов кнопок, приме-

няемых в клавиатурах телефонных аппаратов, могут отличаться схемотехнически и представлены на рис. 4.10а. На верхнем рисунке представлена стандартная конструкция контактов клавиатуры наборного поля, используемой при тональном наборе, которая выполнена наподобие двухполюсного выключателя DPST, где каждая отдельная пара контактов определяет строку и колонку матрицы, соответствующей нажатой кнопке. Второй и несколько более дешевый вариант конструкции представлен снизу на рис. 4.10а. Это так называемая конструкция класса А, или однополюсный переключатель, в котором используется только один контакт для задания точки, в которой будут пересекаться строка и колонка матрицы. Ряд интегральных микросхем проектируется таким образом, чтобы иметь возможность взаимодействовать с обоими типами конструкции контактов. В любом случае замкнутый контакт соответствует определенной нажатой кнопке на клавиатуре телефонного аппарата. В ряде случаев через замкнутые контакты напряжение питания может подаваться на выходные линии в течение всего времени, пока кнопка на клавиатуре телефонного аппарата будет замкнута. В других случаях может подаваться потенциал земли или потенциал общей шины источника питания. Клавиатура телефонного аппарата может быть сконструирована таким образом, чтобы при нажатии кнопки подавался только одиночный импульс, как это делается в случае клавиатуры, используемой при последовательном опросе. Форма выходного сигнала изображена на рис. 4.10б.

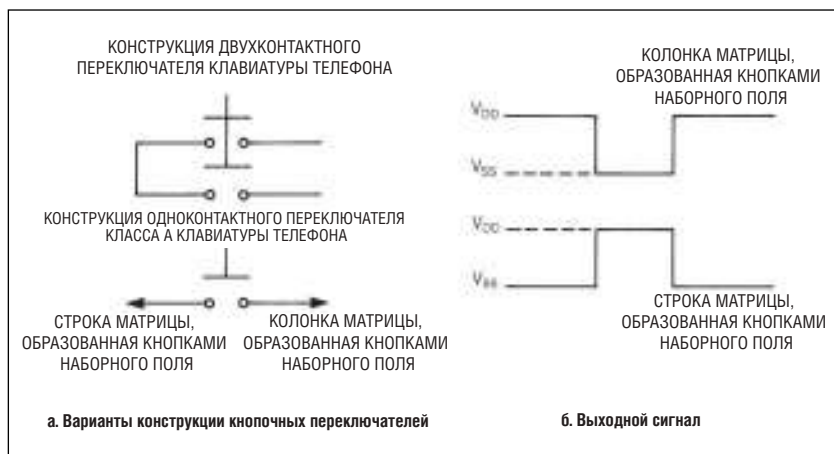


Рис. 4.10. Варианты конструкции контактов кнопок клавиатуры телефонного аппарата и форма выходного сигнала

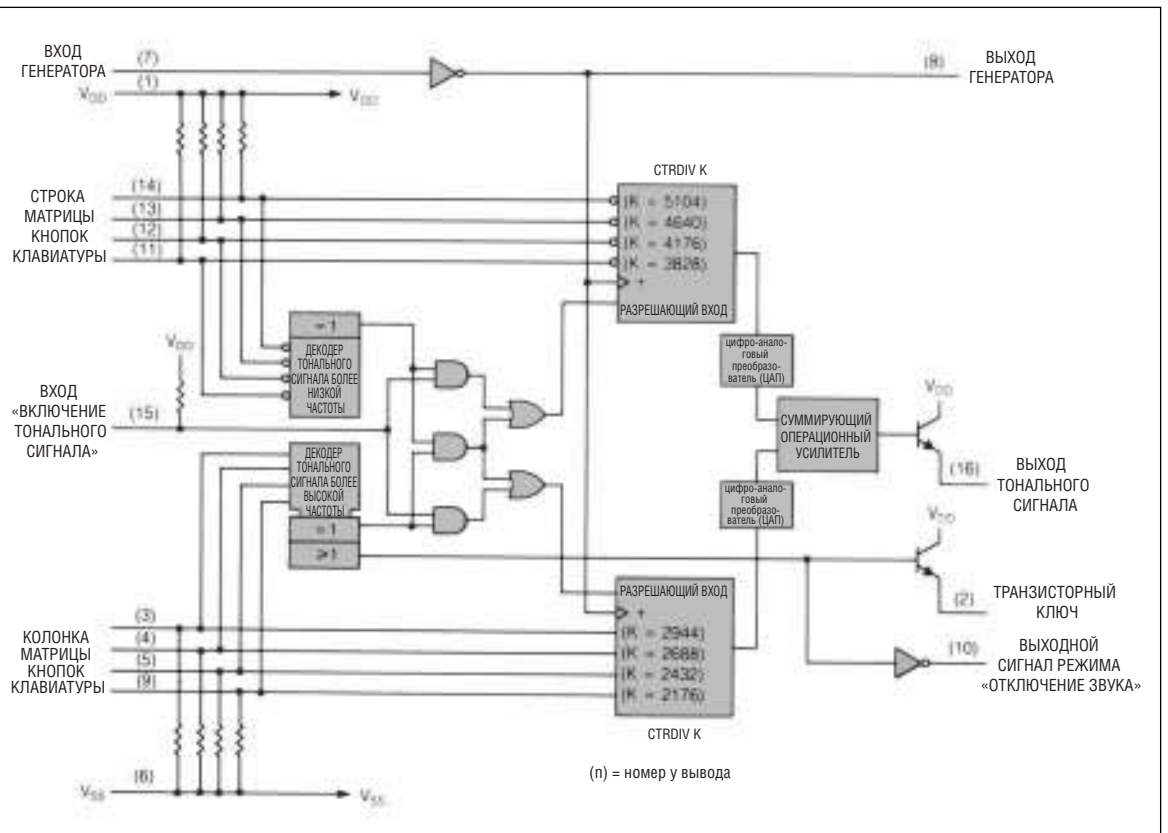
На рис. 4.11 более детально изображена стандартная интегральная микросхема TSM5087 (МК5087), применяемая для тонального набора, производства компании Texas Instruments. Данная интегральная микросхема входит в целое семейство приборов, от интегральной микросхемы TSM5087 до TSM5094. На диаграмме можно

видеть, что цепи декодера (обозначенные в схеме как =1) и набор логических вентилях ИЛИ и И в центре схемы выполняют функцию управления выходным сигналом делителей, обозначенных в схеме как CTRDIV K. Управление осуществляется таким образом, что при нажатии только одной кнопки генерируется два выходных сигнала: один сигнал — от строчных делителей и второй — от делителей колонок. Эти два выходных цифровых сигнала преобразуются в аналоговые сигналы и складываются в суммирующих усилителях. Следует отметить, однако, что полностью не исключается ситуация, когда будут одновременно нажаты две кнопки на клавиатуре. Если две одновременно нажатые кнопки расположены в одной строке или в одной колонке, а на входе «Включение тонального сигнала» (вывод 15 на рассматриваемой в качестве примера интегральной микросхеме) присутствует сигнал логическая 1, то будет генерироваться только один тональный сигнал, соответствующий строке или колонке, в которой были одновременно нажаты две кнопки. Эта особенность позволяет осуществлять проведение проверки клавиатуры генератора тональных сигналов. При одновременном нажатии двух кнопок, расположенных на клавиатуре по диагонали одна относительно другой, не должно происходить генерирования тонального сигнала (на обеих сторонах декодеров будет условие «не равны одному»).

Вторая особенность, представляющая интерес, демонстрируется с использованием логического элемента, помеченного как i1 и расположенного в нижней части декодера высокочастотного тонального сигнала. Данный логический вентиль обеспечивает подачу выходного сигнала, имеющего напряжение стандартного логического уровня, (на схеме обозначен как выход сигнала режима «Отключение звука», вывод 10), а также выходного сигнала, проходящего через транзисторный ключ (вывод 2), отключающего цепи прохождения речевого сигнала. Выходной сигнал режима «Отключение звука» предназначен для отключения телефона трубки при наборе номера с тем, чтобы набирающий номер абонент не мог полностью прослушивать ослабленный звук тональных сигналов набора. Данные выходные сигналы присутствуют всегда, вне зависимости от того, нажата одна или несколько кнопок клавиатуры.

Синтез частот в схеме выполняется за счет использования сигнала с единой частотой 3,579545 МГц, поступающего от внешнего кварцевого генератора (используется недорогой кварцевый стабилизатор, применяемый в схемах цветных телевизоров), который подключается к выводам 7 и 8. Этот входной сигнал делится в блоках, обозначенных CTRDIV K, на восемь, обеспечивающих выходные сигналы, имеющие восемь различных частот, из которых два сигнала с двумя частотами выбираются каждый раз при нажатии кнопки на клавиатуре. Эти два сигнала с различными частотами затем соединяются и усиливаются, образуя тональный сигнал набора номера.

Рис. 4.11.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
ТСМ5087

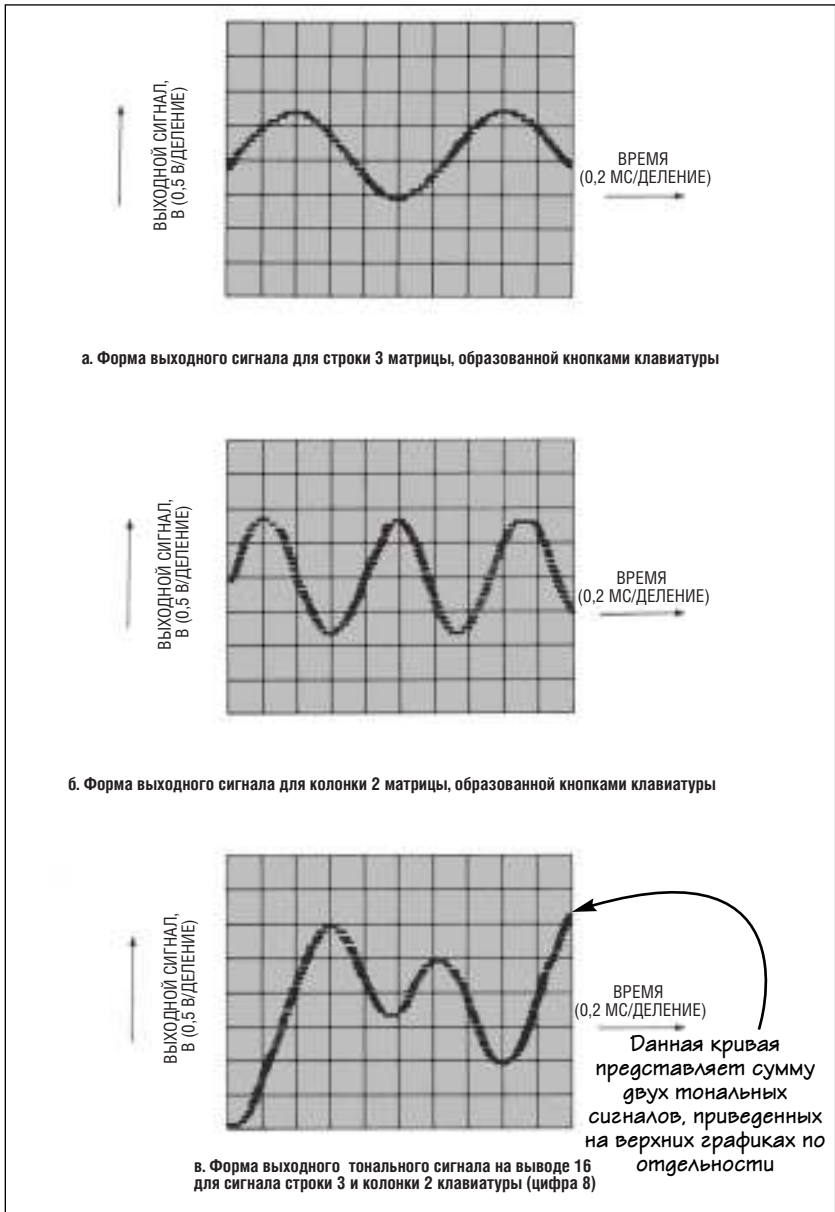


Форма выходного сигнала

Выходной сигнал не имеет формы синусоидального сигнала в чистом виде, он имеет ступенчатую форму из-за осуществляемого преобразования цифрового сигнала в аналоговый. Типичный вид ступенчатой аппроксимации синусоидальных сигналов, соответствующих строкам и колонкам клавиатуры, приводится на рис. 4.12.

Искажения сигнала синусоидальной формы не превышают стандартного значения 7%. Стандартное содержание гармоничных и интермодуляционных искажений суммарного двухтонального сигнала будет на 30 дБ ниже, если их соотносить с наиболее сильным сигналом основного тонального сигнала.

Рис. 4.12.
Форма
двухтонального
многочастотного
сигнала



Реальный пример применения интегральных микросхем

Пример применения интегральной микросхемы TCM5087 в телефонном аппарате приведен на рис. 4.13. Выходной тональный сигнал набора номера поступает по цепям прохождения речевого сигнала в телефонную линию. Питание интегральной микросхемы осуществляется через мостовой выпрямитель, полупроводниковый диод Z1 осуществляет защиту интегральной микросхемы от перенапряжений, вызванных переходными процессами. Фильтрующий конденсатор C1 поддерживает напряжение на интегральной микросхеме, а также снижает шумы и сглаживает нестабильность напряжения источника питания. Сигнал режима «Отключение звука» управляет работой транзистора Q1 и отключает телефонный капсюль трубки в цепи прохождения речевого сигнала. Выходные сигналы XMIT на выводе 2 и ST1 на выводе 15 интегральной микросхемы были описаны при обсуждении схемы, приведенной на рис. 4.11.

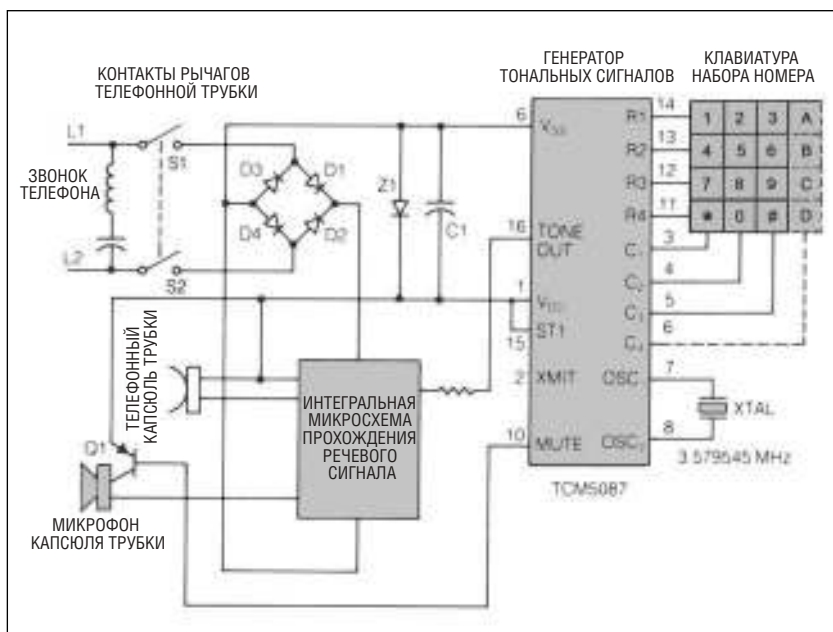


Рис. 4.13.
Применение интегральной микросхемы TCM5087 в телефонном аппарате

КОМБИНИРОВАННЫЕ НОМЕРОНАБИРАТЕЛИ

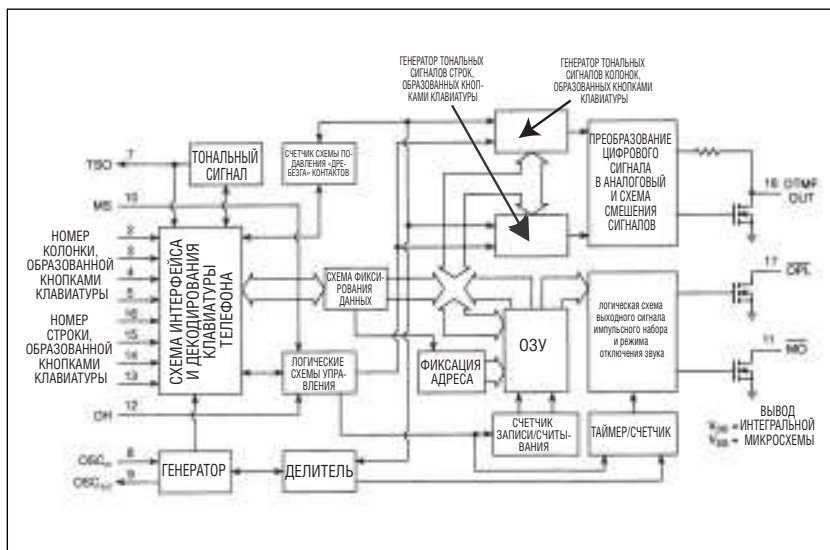
Успехи полупроводниковой технологии в создании интегральных микросхем сделали практически возможным совмещение в единой интегральной микросхеме функции импульсного номеронабирателя и номеронабирателя двухтональных многочастотных сигнала.

лов. Тип набора номера может легко производиться изменением положения одного переключателя. Такие комбинированные номеронабиратели также позволяют осуществлять функцию повторного набора последнего набравшегося номера, а также сохранения в памяти 10 или более телефонных номеров.

Применяемые на практике интегральные микросхемы

Компания Motorola выпускает серию интегральных микросхем комбинированных номеронабирателей: MC145412, MC145413, MC145512. На рис. 4.14 представлена блок-схема семейства интегральных микросхем MC145412/413/512. Каждый номеронабиратель непосредственно связан с типом клавиатуры телефонного аппарата, имеющей либо 12 (3×4), либо 16 (4×4) кнопок на наборном поле. С использованием отдельного вывода для входного сигнала будет производиться выбор между тональным или импульсным режимами набора, а также между частотами следования импульсов, составляющих либо 10, либо 20 импульсов в секунду. Встроенная память позволяет хранить 10 телефонных номеров, каждый из которых может содержать до 18 значащих цифр, в это число также входит последний набравшийся номер. И последнее, интегральная микросхема сохраняет свою работоспособность при снижении напряжения в телефонной линии до значения 1,7 В. Такая черта делает их полностью совместимыми с интегральными микросхемами MC3401, применяемыми в трактах прохождения речевого сигнала и описанных в главе 3.

Рис. 4.14.
Блок-схема
комбинированного
номеронабирателя
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)



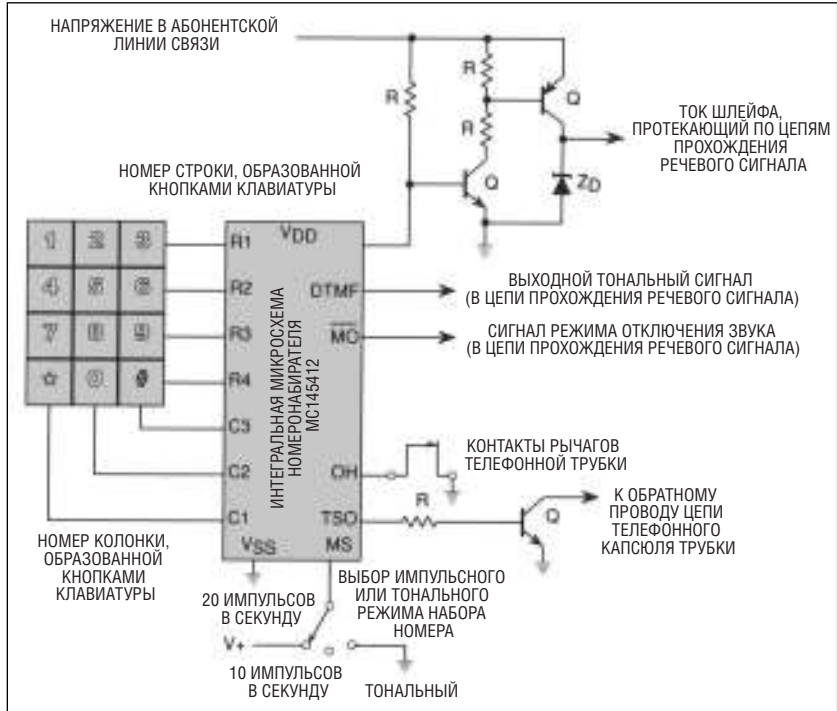
На рис. 4.15 приведен пример конкретного применения интегральной микросхемы MC145412 производства компании Motorola. Для набора номера используется стандартная клавиатура с 12 кнопками (3 колонки \times 4 строки). Сигналы с клавиатуры поступают на входы строк и колонок. Подача потенциала земли на вход микросхемы ОН при поднятой телефонной трубке позволяет производить набор номера. При положенной на рычаги телефонной трубки номер может вводиться в память телефонного аппарата без генерирования сигналов набора. Пьезокристалл с частотой 3,58 МГц обеспечивает высокую стабильность синхронизации сигналов при работе интегральной микросхемы.

Сигнал выбора режима набора номера может иметь либо высокий логический уровень для скорости следования импульсов набора 20 импульсов в секунду, либо отсутствовать для скорости следования 10 импульсов в секунду, либо иметь потенциал земли для двухтонального многочастотного набора. Тональные сигналы многочастотного набора представляют выходные сигналы, поступающие на вывод DTMF OUT интегральной микросхемы, когда для схемы номеронабирателя установлен режим тонального набора, а для выходного сигнала импульсного набора (OPL) будет соблюдаться условие высокого значения полного комплексного сопротивления. При режиме импульсного набора номера на выводе интегральной микросхемы DTMF OUT будет условие высокого значения полного комплексного сопротивления, тогда как импульсные сигналы будут поступать на вывод OPL. Цепь, обеспечивающая режим отключения (приглушения) звука подключается непосредственно к интегральной микросхеме прохождения речевого сигнала. На нее будет подаваться логический сигнал низкого уровня при наличии выходного импульсного или тонального сигнала, в других же случаях уровень логического сигнала будет высоким.

Соотношение между длительностью импульса набора и временем их следования (соотношение длительности замкнутого и разомкнутого состояния контактов номеронабирателя) не дает возможность настройки в интегральной микросхеме MC145412. Интегральные микросхемы запрограммированы масочным методом при их изготовлении. Для обеих интегральных микросхем MC145412/13 стандартное значение соотношения между длительностью импульса набора и временем их следования составляет 40/60. Для интегральной микросхемы MC145512 это соотношение составляет 32/62.

Доступ к памяти, в которой сохраняются запрограммированные номера и последний набравшийся номер, осуществляется достаточно просто с использованием интегральной микросхемы номеронабирателя. Для повторного набора последнего набравшегося номера необходимо просто нажать на клавиатуре кнопки «*» и «0».

Рис. 4.15.
Пример
использования
комбинированного
номерабирателя



Для извлечения хранящегося в памяти номера необходимо нажать кнопку «*», а затем кнопку цифры от 1 до 9, под которым она была прежде сохранена. Подробное описание последовательности команд и кодов набора можно получить в технической документации на интегральные микросхемы серии MC145412/413/512.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗВОНОК

В электронных звонках может регулироваться как тон (частота) основного сигнала, так и его громкость. Кроме этого, электронные звонки значительно меньше по размерам и массе по сравнению с обычными электромеханическими звонками.

Звук, производимый телефонным звонком, является просто способом сообщить вызываемому абоненту, о том, что кто-то ожидает его ответа на вызов. Как правило, в стандартном телефонном аппарате это осуществлялось с помощью самого простого электромеханического звонка. Электронный же звонок, подобно своему электромеханическому собрату, должен быть достаточно эффективен, недорог, вынослив и надежен. В отличие от электромеханического звонка электронный звонок может обладать дополнительными функциями. Частота основного тона звонка может изменяться, поэтому вызов на каждом индивидуальном телефонном аппарате в офисе может быть идентифицирован, например, по тону звонка. Такие звонки могут увеличи-

вать громкость своего звучания по мере увеличения общей продолжительности звучания вызывного сигнала.

Очень серьезным преимуществом электронного звонка являются его значительно меньшие габаритные размеры и масса. Становятся востребованными новые типы телефонных аппаратов, для которых уже не является необходимой функция громкого телефонного звонка, сигнал которого разносится по всему дому. Так как в большинстве домов в самых различных местах установлены дополнительные параллельные телефонные аппараты, высокая громкость звучания сигнала вызова уже не становится жизненно необходимой. Схема расположения телефонных аппаратов может быть очень гибкой, поэтому телефонные провода могут быть проложены с использованием самых неожиданных и нетрадиционных способов, либо же, наоборот, прокладываться совместно с сетями питания других электронных устройств. Электронные звонки могут иметь один основной тон звучания либо же быть многотональными. Следует помнить, что для того чтобы зазвучал сигнал вызова, на районной телефонной станции в абонентскую сеть должен быть подан переменный сигнал с большим амплитудным значением тока.

Однотональный электронный звонок

Электронный звонок с одним тоном, или частотой звучания, состоит из генератора самовозбуждения с фиксированной частотой, который включается и отключается однополупериодным пульсирующим током вызывного сигнала. На рис. 4.16 представлены две схемы однотональных электронных звонков. В схеме, представленной на рис. 4.16а, используется вариант электромагнитного акустического преобразователя, а на схеме рис. 4.16б используется пьезоэлектрический акустический преобразователь типа «звучащий диск».

Электронный звонок с одним тоном звучания представляет генератор самовозбуждения и акустический преобразователь, которые питаются переменным током от абонентской линии связи.

Стабилизация напряжения

Блоки стабилизации напряжения на обеих схемах, представленных на рис. 4.16, совершенно одинаковы. Во время следования отрицательной полуволны переменного входного сигнала диод D1 открыт, и поступающая мощность рассеивается на резисторе R1. Малое падение напряжения на диоде D1 гарантирует, что диод D2 препятствует протеканию тока, поэтому в схеме генератора напряжение не поступает на транзистор Q1, в силу чего звуковой выходной сигнал отсутствует. При положительном полупериоде диод D2 открывается, когда напряжение начинает превышать напряжение стабилизации

Стабилизация напряжения в схеме однотонального электронного звонка заставляет период работы генератора зависеть от амплитуды и частоты вызывного сигнала.

диода D3, и генератор начинает работать в течение положительной полуволны напряжения вызывного сигнала. Следовательно, длительность работы схемы генератора определяется амплитудой и частотой вызывного сигнала, поступающего по абонентской телефонной линии.

Схема блокировки подзвонивания телефона при импульсном наборе

Стабилитрон D3 и конденсатор C2 образуют цепь, препятствующую подзвониванию электронного звонка при прохождении импульсов набираемого номера. Напряжение стабилизации диода D3 устанавливает пороговое значение, которое необходимо преодолеть импульсам набора для того, чтобы поступить в цепь вызывного сигнала, а конденсатор C2 представляет фильтр, на котором гасятся все скачки напряжения переходных процессов, превышающие пороговое значение.

Генерация тонального сигнала и выходной звуковой сигнал

Электромагнитный преобразователь, показанный на схеме рис. 4.16а, представляет, как правило, преобразователь с подвижной катушкой или подвижным якорем, подобный тем преобразователям, которые рассматривались в телефонных капсюлях в главе 2. Обратная связь цепи генерации сигнала осуществляется за счет трансформаторной связи с использованием трансформатора T1.

Пьезоэлектрический преобразователь представляет тонкий латунный диск, к которому приклеен с применением эпоксидных материалов тонкий диск пьезокерамического материала (рис. 4.17а). На верхнюю поверхность керамики нанесен тонкий слой серебра, необходимый для создания электрического контакта. Цепь обратной связи, необходимая для осцилляции схемы, представленной на рис. 4.16б, создается за счет использования небольшой площади на поверхности диска, изолированной от остальной части поверхности травлением или механическим удалением серебряного покрытия вокруг области, используемой в качестве элемента цепи обратной связи. При возникновении генерации в схеме, диск из-за своих пьезоэлектрических свойств начинает изгибаться и колебаться с частотой колебаний генератора, как показано на рис. 4.17б, и воспроизводить звуковые колебания. Для увеличения эффективности звучания оба типа преобразователей помещаются в корпуса, обеспечивающие акустический резонанс, в качестве которого обычно используют части корпуса и трубки телефонного аппарата.

Пьезоэлектрический преобразователь представляет элемент, способный выполнять две функции. Он воспроизводит звук, а также обеспечивает образование цепи обратной связи генератора.

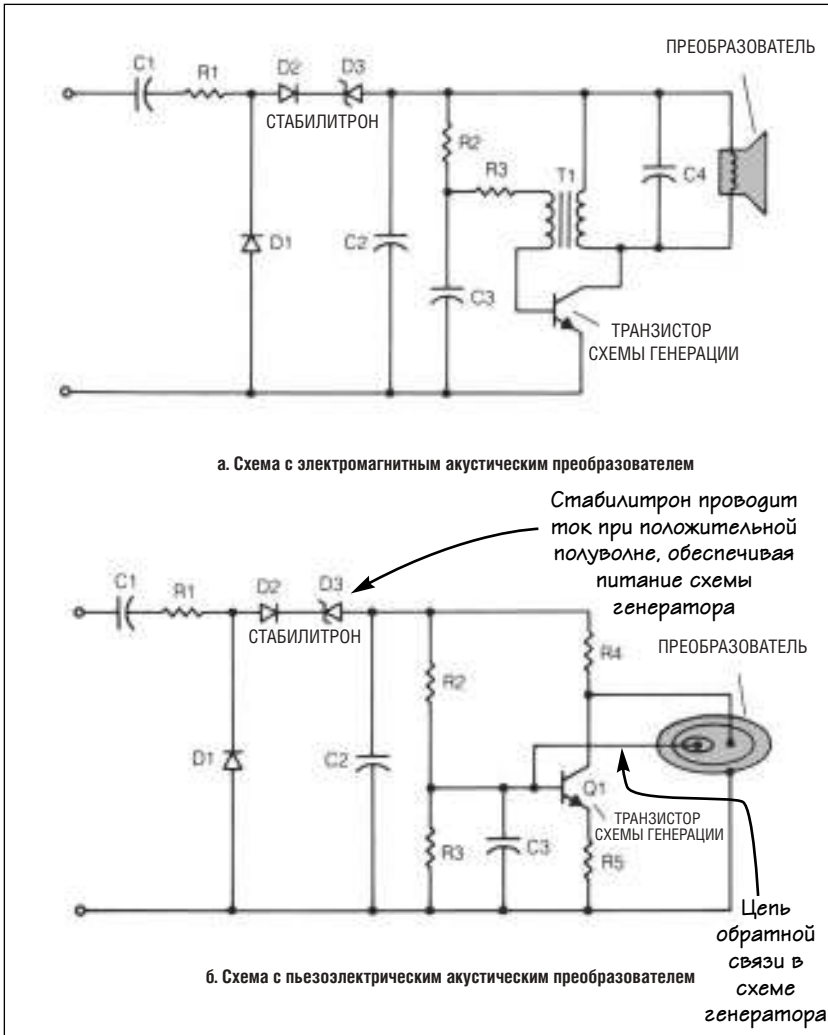


Рис. 4.16.
Схемы
электронных
однотональных
телефонных
звонков

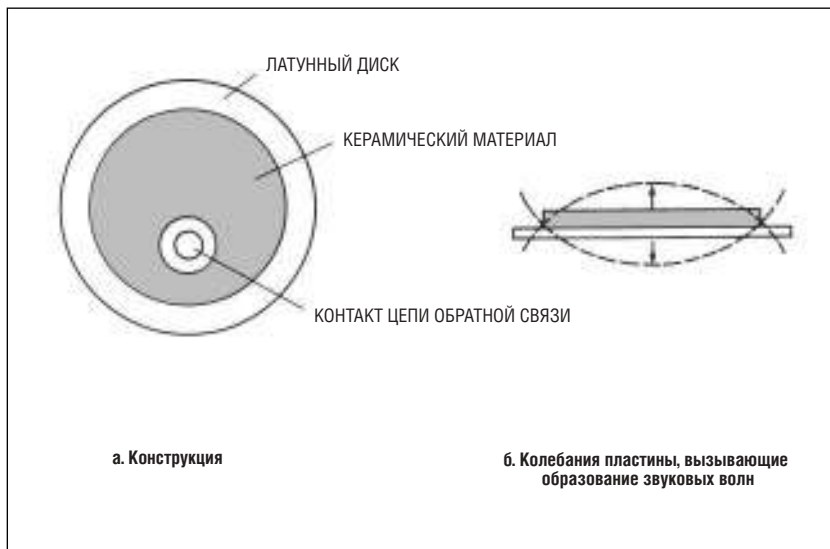
Недостатки однотонального звонка

Электронный однотональный звонок может быть изготовлен с использованием нескольких очень недорогих элементов, однако частота звучания такого звонка обычно лежит в диапазоне от 2 до 3 кГц. При таких частотах звучания возникают две основные проблемы восприятия звука человеком:

С возрастом у людей их способность воспринимать звуки в данном частотном диапазоне снижается.

Способность определять месторасположение источника звука с частотой от 2 до 3 кГц у человека недостаточна.

Рис. 4.17.
Конструкция и
принцип работы
пьезокерамического
акустического
преобразователя



Последняя проблема значительно осложняет возможность определить, чей именно телефон зазвонил среди множества офисных телефонных аппаратов, если они все однотипны и подключены к различным телефонным линиям. Обе эти проблемы решаются достаточно просто, если использовать многотональные звонки с более низкими частотами звучания.

Многотональный электронный звонок

В многотональном электронном звонке напряжение, подаваемое при вызове по телефонной линии, используется только для питания цепей вызывного сигнала.

Совершенно очевидно, что электронные схемы многотональных звонков должны быть сложнее по сравнению со схемами однотональных, однако использование современных интегральных микросхем может сделать общую стоимость электронных компонентов, входящих в схему многотонального звонка, даже ниже по сравнению со стоимостью компонентов схемы, используемых при сборке однотонального звонка. При формировании выходного сигнала многотонального звонка происходит переключение с одной частоты звучания на другую либо даже на несколько частот, скорость которого задается элементами электронной схемы, тогда как частота переменного напряжения сигнала вызова АТС определяет скорость переключения однотонального электронного звонка. Таким образом, для многотонального электронного звонка напряжение вызывного сигнала является фактически только напряжением питания его электронной схемы.

На блок-схеме рис. 4.18 приводятся основные функции, чаще всего реализуемые в схеме электронного звонка. Переменное напряжение вызывного сигнала, прежде всего, выпрямляется, затем использу-

ется схема стабилизации напряжения, позволяющая поддерживать постоянное значение напряжения источника питания. Схема защиты от перенапряжений ничем не отличается от ранее рассмотренных.

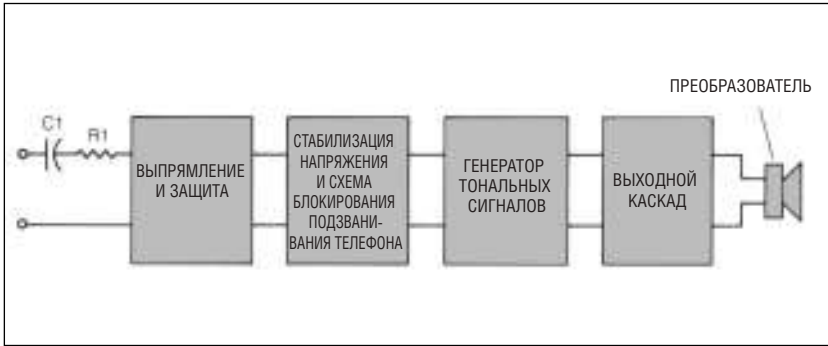


Рис. 4.18.
Блок-схема
многотонального
электронного
звонка

Стабилизация напряжения

Переменное напряжение, поступающее на вход схемы электронного звонка, может отличаться по своему значению в очень широких пределах в зависимости от того, на каком расстоянии от АТС находится телефонный аппарат. Стабилизация напряжения необходима для того, чтобы напряжение питания цепей генерации сигналов не зависело от длины шлейфа. Схема стабилизатора должна обеспечивать его работоспособность при изменении входного напряжения в пределах от 10 до 90 В среднеквадратического значения. Как правило, напряжение выходного сигнала стабилизатора напряжения превышает минимальное значение рабочего напряжения (скажем, напряжения 25 или 40 В). При меньших значениях входного напряжения эффективность работы схемы снижается.

Стабилизация напряжения в схеме многотонального электронного звонка обеспечивает его нормальную работоспособность в широком диапазоне изменений напряжения вызывного сигнала.

Схемы, блокирующие подзванивание телефона при наборе номера

Схема, исключая эффект подзванивания телефона при наборе номера, должна четко различать сигналы, возникающие при импульсном наборе номера, и переменное напряжение вызывного сигнала. Импульсы набора номера, попадающие в схему звонка при наборе, имеют небольшую продолжительность, амплитудное напряжение достигает значения 200 В, а частота составляет 10 Гц, как показано на рис. 4.19а. Переменное напряжение вызывного сигнала имеет приблизительно синусоидальную форму, частота сигнала может лежать в диапазоне от 16 до 60 Гц.

Для того чтобы исключить подзванивание телефона во время набора номера, один вид схемы блокирования подзванивания телефона подавляет пикки, возникающие при формировании импульсов набора и поступающие на звонок, используя для этого частотно-чувствительную и пороговую схемы.

Одним из путей, который позволяет определить различия между двумя функционально различными сигналами, является использование частотно-чувствительных схем. Перенапряжения переходных процессов, возникающие при импульсном наборе, могут подавляться при условии, что электронный звонок будет чувствителен только к более высоким частотам входного вызывного сигнала. Недостатком этого метода является то, что компоненты такого низкочастотного фильтра чисто физически имеют значительные размеры. Второй путь заключается в том, чтобы снизить чувствительность звонка к коротким импульсам путем использования фильтра нижних частот, за которым включается схема детектора пороговых значений. Параметры пороговой схемы задаются так, что после фильтрации выпрямленного сигнала величина напряжения переходных процессов при наборе номера никогда не превысит порогового значения, тогда как переменный вызывной сигнал превышает указанное значение, как это проиллюстрировано на рис. 4.19б.

На практике такой подход оказывается несколько сложнее, чем это кажется на первый взгляд, так как схема порогового значения также ограничивает уровень вызывного сигнала, который и производит, собственно говоря, сигнал вызова абонента. На абонентских линиях большой протяженности и при подключении к линии нескольких телефонных аппаратов реальное значение напряжения вызывного сигнала может составлять всего 10 В среднеквадратического значения. Следовательно, должен быть установлен некоторый компромисс между эффективностью схемы блокирования подзванивания телефона и чувствительностью схемы электронного звонка.

Рис. 4.19.
Форма сигналов
в цепи,
блокирующей
подзванивание
телефона

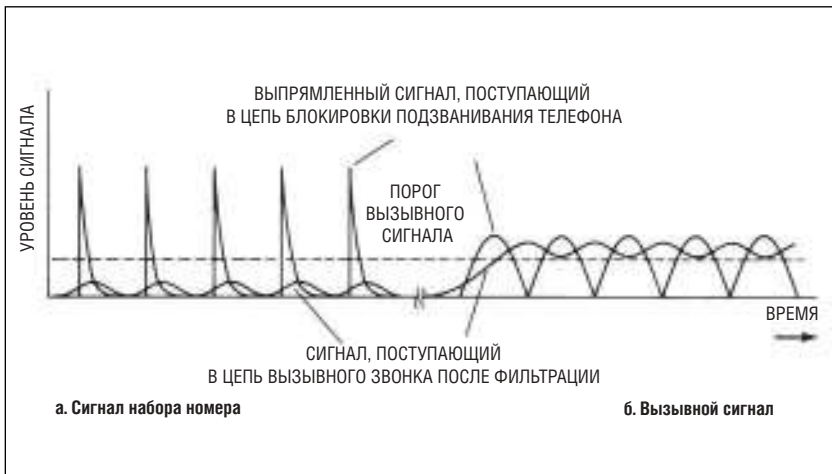


Схема генерации тональных сигналов

Для генерации тональных сигналов в многотональном электронном звонке используются различные приемы. В наиболее часто используемой на практике схеме используется генерация тональных сигналов с двумя различными частотами, однако, существуют интегральные схемы, в которых генерируются сигналы трех различных частот. Также существуют схемы, в которых генерирование тональных сигналов производится по более сложному закону, при котором последовательность звучания тонов напоминает музыкальную мелодию.

Одна из простейших схем для генерации двухтонального вызывного сигнала приводится на рис. 4.20а. В схеме используется два генератора: один из них настроен на генерирование сигнала более низкой частоты, например от 10 до 20 Гц, а второй генерирует сигнал более высокой частоты, например от 440 до 480 Гц. Схема управления частотой переключает выход во время прохождения сигнала вызова с одного генератора на другой. Такой подход характеризуется тем недостатком, что необходимость иметь два сигнала с различными частотами определяет необходимость иметь два генератора и, соответственно, два набора элементов схем генераторов, что увеличивает стоимость и размеры схемы.

Во втором варианте схемы двухтональных сигналов, приведенной на рис. 4.20б, используется задающий генератор для генерирования сигнала высокой частоты, из которого затем с помощью схемы делителя частоты формируются два тональных аудиосигнала и управляющий сигнал переключения. Частота задающего генератора, например, f (Гц), сначала делится на величину x или y , что позволяет получить выходные тональные сигналы с частотами, равными частному от деления f/x , или f/y (Гц). Частота этого тонального сигнала затем делится на величину Z , чтобы получить сигнал управления переключением выходов, обеспечивающий скорость переключения от 10 до 20 Гц между выходами схем делителей частоты X и Y . Для схемы задающего генератора, в котором отсутствует кварцевая стабилизация частоты, для настройки его собственной частоты используется внешний дополнительный резистор, показанный на рис. 4.20б. Однако для улучшения стабильности частоты основного генератора в ряде схем используется кварцевый стабилизатор частоты, который на схеме обозначен пунктирной линией. При кварцевой стабилизации частоты рисунок (или мелодия) вызывного сигнала может изменяться только заменой кварцевого стабилизатора.

Вызывной сигнал, состоящий из двух акустических частот (тонов), может быть получен либо от двух схем генераторов, управляемых частотным сигналом, либо от схемы одного генератора и делителя частоты.

Выходные каскады

Для получения максимальной выходной мощности от входного сигнала, характеризующегося сравнительно небольшой мощностью, необходимо точное согласование полных комплексных сопротивлений выходных цепей электронного звонка. Выходной каскад с симметричным выходом помогает получить более высокую выходную мощность по сравнению с выходным каскадом с несимметричным выходом.

Выходной каскад (усилитель мощности) в схеме электронного звонка должен согласовать полное комплексное сопротивление акустического преобразователя со схемой, чтобы обеспечить максимальный уровень выходной звуковой мощности при небольшом уровне входного сигнала. Может быть использован дифференциальный выходной усилитель, чтобы увеличить напряжение возбуждения (управления) преобразователя.

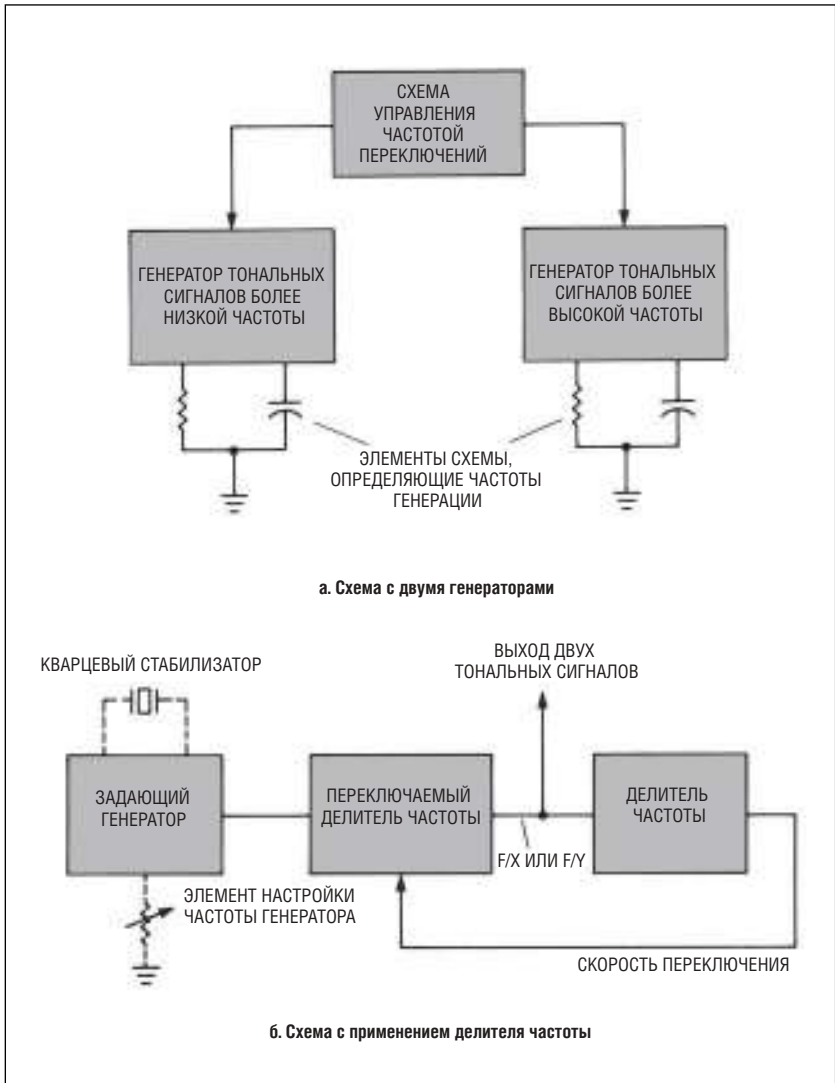


Рис. 4.20.
Схемы
многотональных
электронных
звонков

Этот прием особенно часто используется для управления приборами с высоким значением полного комплексного сопротивления, таких, например, как пьезоэлектрический преобразователь. Вместо достаточно часто используемого варианта несимметричного выхода, изображенного на рис. 4.21а, при котором акустический преобразователь подключен между одним активным выходом и землей, в схеме с симметричным выходом нагрузка подключена между двумя активными выходами, возбуждаемыми по дифференциальной схеме с противоположным по фазе сигналом (или с использованием двухтактной схемы), которая показана на рис. 4.21б. При таком методе происходит удвоение напряжения двойного амплитудного значения, приложенного к преобразователю, что позволяет получить значительно более громкий звуковой сигнал.

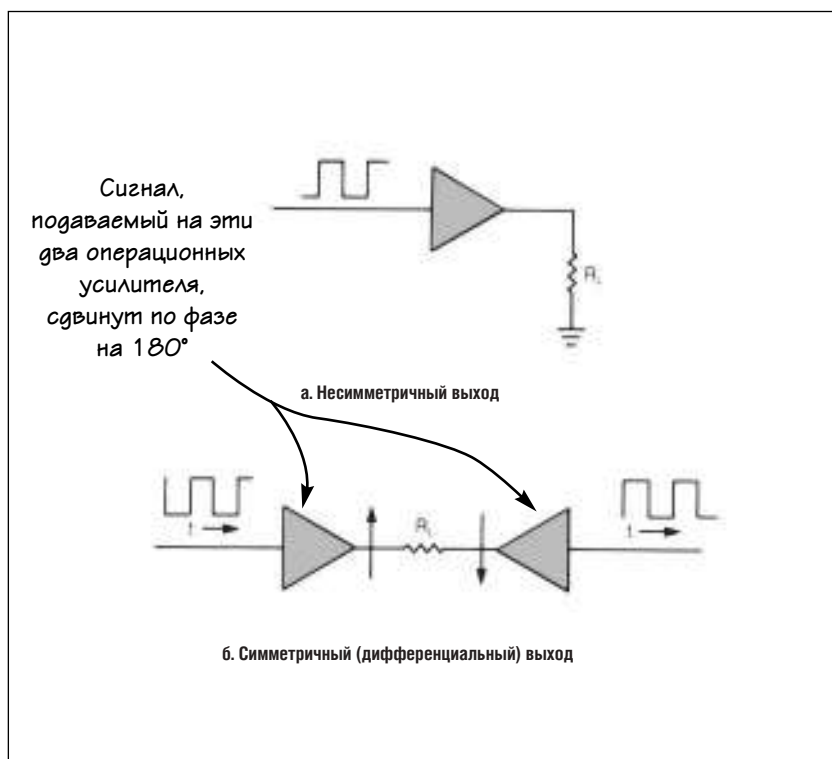


Рис. 4.21.
Выходные
усилители
мощности

ПРИМЕР ИСПОЛНЕНИЯ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ЗВОНКА

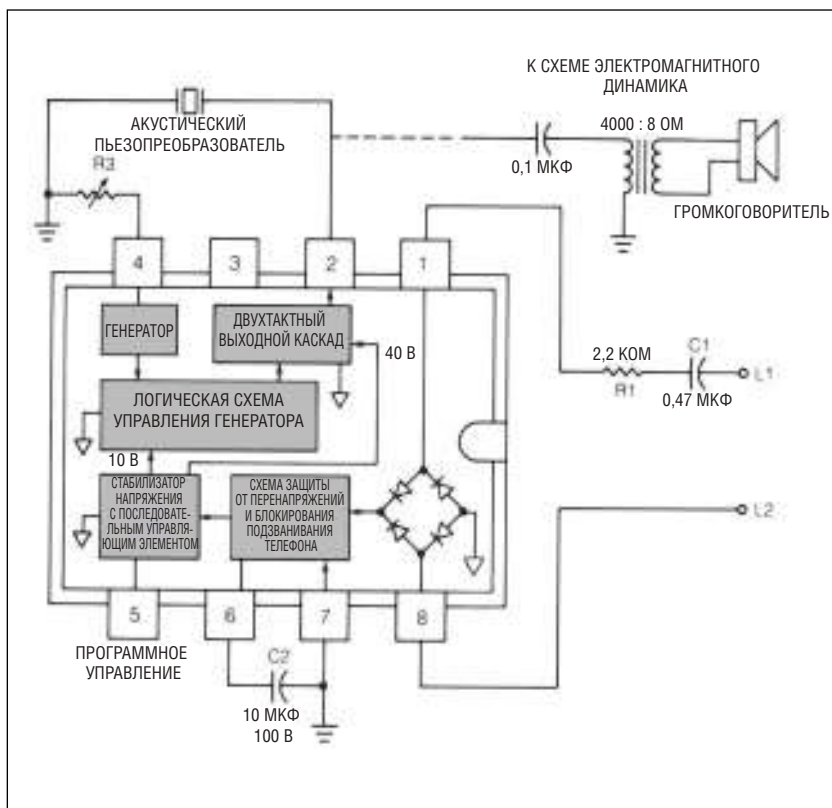
На рис. 4.22 приведен пример практического исполнения схемы электронного многотонального звонка на базе интегральной микросхемы, в которой используются только два резистора, два конденсатора

и преобразователь, являющиеся внешними элементами по отношению к интегральной микросхеме и позволяющие полностью выполнять функцию вызывного сигнала для абонента. Все необходимые цепи выпрямления и защиты от перенапряжения при переходных процессах уже интегрированы в стандартный корпус, имеющий 8 выводов, расположенных с двух сторон корпуса (корпус DIP-типа). Более подробное описание такой схемы (интегральная микросхема TCM1506), производимой компанией Texas Instruments, будет приведено ниже.

Выпрямление и защита от перенапряжений

Переменный вызывной сигнал проходит через конденсатор C1 и резистор R1, после этого выпрямляется встроенными в микрочип диодами. Защита от перенапряжений, которые вызваны грозовыми разрядами и могут достигать значений до 1500 В с длительностью до 200 мс, обеспечивается замыкающей на землю цепью.

Рис. 4.22.
Интегральная
микросхема
обнаружения и
усиления
вызывного сигнала
TCM1506 компании
Texas Instruments



При появлении высоковольтного импульса перенапряжения на входе микрокристалла замыкающая цепь закорачивает входные цепи и пропускает импульс перенапряжения через резистор R1. После этого исходное состояние закорачивающей цепи автоматически восстанавливается. Переменный ток проходит внешний фильтр C2 и подается на стабилизатор напряжения, который обеспечивает питание интегральной микросхемы. Встроенный в микрокристалл генератор генерирует синхронизирующий (тактовый) сигнал, частота которого может изменяться внешним подстроечным резистором R3.

Генератор тональных сигналов

Двухтональный выходной сигнал получают от схемы задающего генератора, используемого совместно с программируемым делителем частоты, как это уже было рассмотрено на примере схемы, приведенной на рис. 4.20. Скорость переключения акустического преобразователя между выходными сигналами с более высокой и более низкой частотами задается вторым делителем частоты, схема которого считает периоды тонального выходного сигнала, необходимые для генерации управляющего сигнала, определяющего скорость переключения выходов тональных сигналов. В соответствии со схемой, приведенной на рис. 4.23, где для задающего генератора установлена частота сигнала 48 кГц, а для программируемого делителя частоты установлен коэффициент деления, равный 28, частота выходного сигнала и входного сигнала управления частотой переключения будет составлять 1714 Гц. Схема делителя, определяющего скорость переключения выходов (коэффициент для этого делителя частоты составляет 128), отсчитывает 128 периодов сигнала с частотой 1714 Гц, а затем переключает схему программируемого делителя частоты на коэффициент деления, равный 32. После этого частота выходного тонального сигнала и сигнала, подаваемого на вход делителя частоты, управляющего скоростью переключений выходов, составит 1500 Гц. Схема делителя скорости переключения после этого отсчитывает 128 периодов сигнала с частотой 1500 Гц, после чего схема программируемого делителя возвращается к коэффициенту деления частоты, равному 28. Этот цикл повторяется до тех пор, пока в телефонной линии будет присутствовать сигнал вызова.

Скорость переключения определяется в соответствии с выражением:

$$\begin{aligned}
 SR &= \frac{1}{DSR(1/f_1) + DSR(1/f_2)} \\
 &= \frac{1}{\frac{128}{1714} + \frac{128}{1500}} \\
 &= 6.25 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

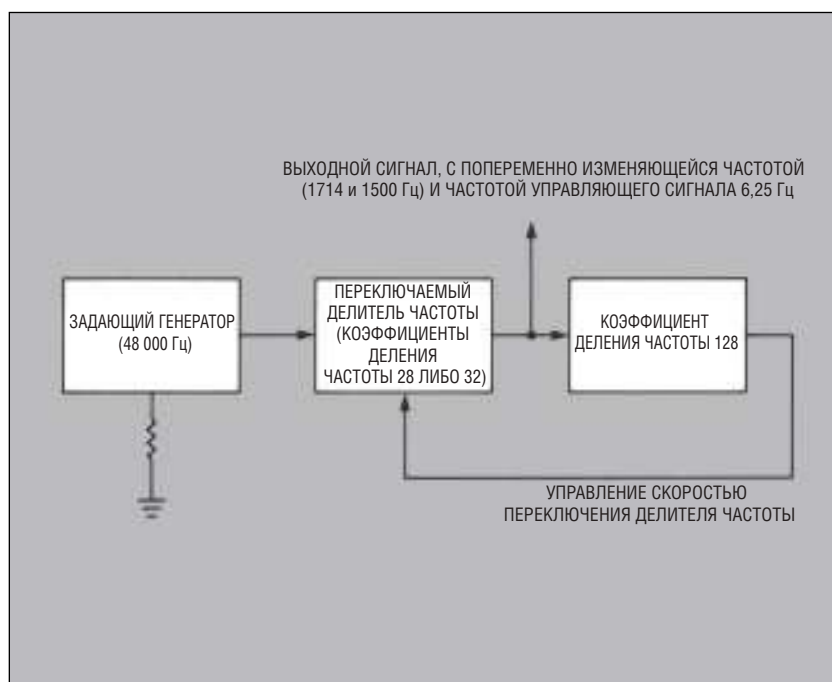
где

DSR — отношение скорости переключения делителя частоты;

f_1 — частота сигнала более высокой частоты;

f_2 — частота сигнала более низкой частоты.

Рис. 4.23.
Блок-схема
генератора
тональных
сигналов
интегральной
микросхемы
TSM1506



Частота задающего генератора интегральной микросхемы настраивается с использованием резистора R3, показанного на рис. 4.22. Так как частота выходного сигнала получается за счет применения делителей частоты сигнала задающего генератора, они сохраняют соотношение между своими частотами, равное 28:32, или 1:1,4 вне зависимости от фактической частоты задающего генератора.

Выходной усилительный каскад

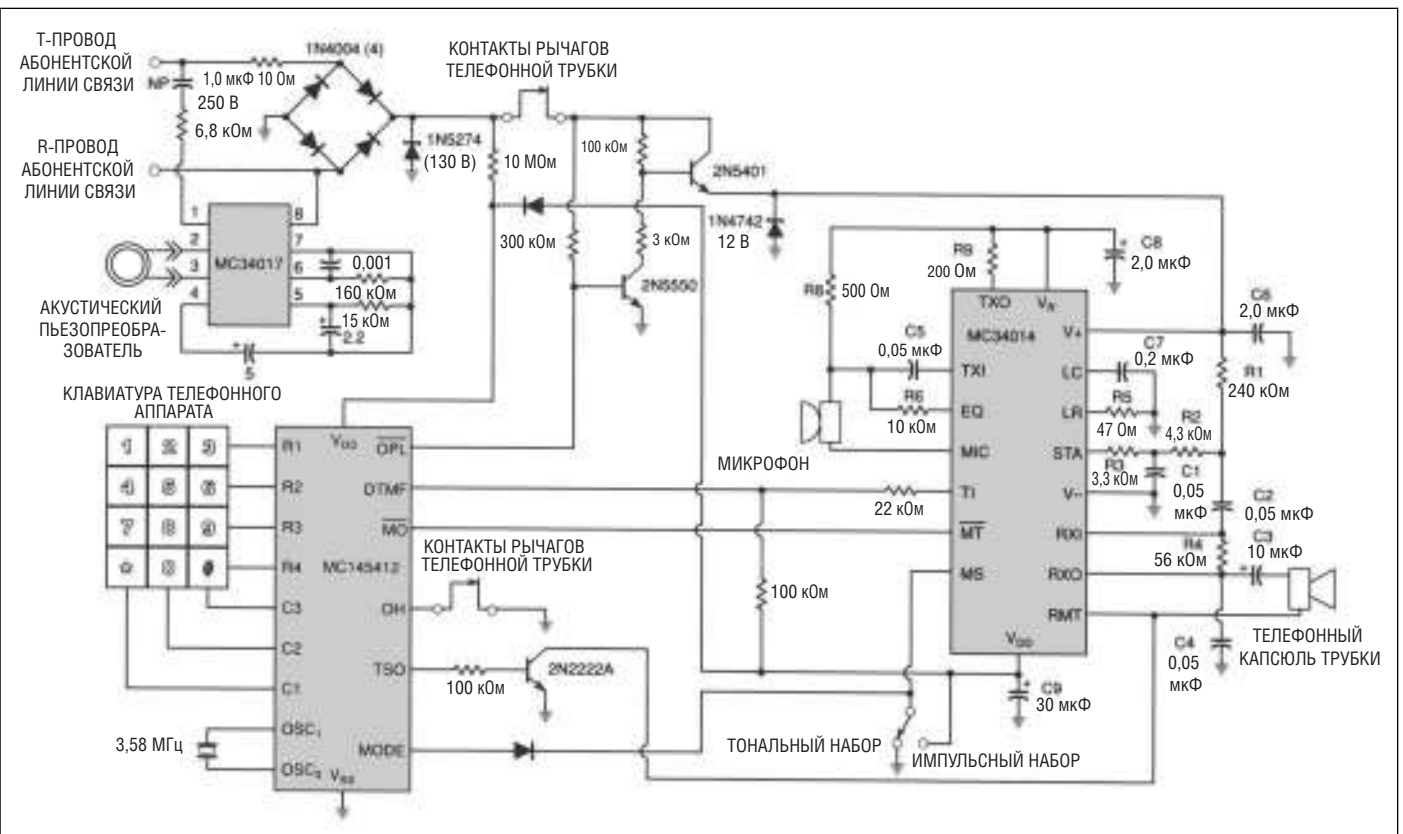
Выходной каскад, представленный на схеме рис. 4.22, разработан специально для возбуждения пьезоэлектрического акустического преобразователя дискового типа либо для возбуждения электромагнитного акустического преобразователя. На схеме пьезоэлектрический преобразователь показан сплошными линиями. Выходная схема построена по схеме каскада с несимметричным выходом, что позволяет интегральной микросхеме подавать на схему в режиме холостого хода напряжение, амплитудное значение которого может изменяться от 0 до 40 В. В случае если будет использован электромагнитный акустический преобразователь, то необходимо использовать дополнительные конденсатор с емкостью 0,1 мкФ и согласующий трансформатор, который согласует сопротивление 4000 Ом с сопротивлением звуковой катушки динамика, равным 8 Ом. На схеме рис. 4.22 подключение динамика показано пунктирными линиями.

ТЕЛЕФОННЫЙ АППАРАТ, ПОЛНОСТЬЮ СОБРАННЫЙ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Интегральные микросхемы, предназначенные для набора номера, а также обеспечивающие прохождение вызывного и речевого сигналов, могут быть объединены все вместе, чтобы создать телефонный аппарат совершенно нового типа. В таком телефонном аппарате, в котором используются только интегральные полупроводниковые микросхемы, предоставляется возможность использовать многие дополнительные функции, такие, например, как многотональный сигнал вызова, в зависимости от возможностей АТС выбирать импульсный или тональный набор номера, производить набор с использованием собственной памяти телефона, а также функции повторного набора последнего набравшегося номера. При этом активные цепи прохождения речевого сигнала освобождаются от массивных трансформаторов или катушек индуктивностей. На рис. 4.24 приводится полная схема телефонного аппарата, в котором используются только полупроводниковые схемы и элементы.

Питание схемы телефонного аппарата осуществляется полностью от абонентской телефонной линии через стандартную мостовую схему, защищающую от обратной полярности напряжения в линии и использующую стандартные выпрямительные диоды 1N4004. Защита от перенапряжений обеспечивается стабилитроном 1N5274 с рабочим напряжением 130 В. Интегральная микросхема MC145412 позволяет осуществлять набор как в импульсном режи-

Рис. 4.24. Схема
телефонного
аппарата, в котором
используются
только элементы и
схемы
твердотельной
электроники
(с любезного
разрешения компании
Motorola Inc.)



ме, так и с использованием двухтонального многочастотного набора, DTMF. Тональные сигналы поступают непосредственно на интегральную микросхему цепи прохождения речевого сигнала МС34014, рассмотренную в главе 3. Схема прохождения речевого сигнала будет усиливать и передавать сигналы двухтонального многочастотного набора в телефонную линию. При импульсном наборе номера цепь, образованная дискретными транзисторами 2N5401 и 2N5550, будет осуществлять прерывание тока в телефонной линии. Стабилитрон 1N4742 с рабочим напряжением 12 В осуществляет вторичную защиту цепей прохождения речевого сигнала от перенапряжений при импульсном наборе номера. Интегральная микросхема МС34017 вызывного сигнала подключается со стороны телефонной линии. В интегральной микросхеме МС34017 имеются свой собственный диодный выпрямитель, элементы схемы, осуществляющие защиту от перенапряжений, а также схема, блокирующая подзвонивание телефона при наборе номера. Пьезоэлектрический акустический преобразователь возбуждается через схему двухтактного выходного усилителя.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Импульсный набор номера, а также тональный набор, определение поступления сигнала вызова и сам сигнал вызова в телефонном аппарате могут осуществляться с применением полупроводниковых интегральных микросхем.
2. Интегральные микросхемы в телефонном аппарате требуют принятия специальных мер защиты от импульсов напряжения, получивших название перенапряжений переходных процессов и имеющих достаточно большие величины, которые значительно превосходят напряжения пробоя интегральных микросхем и способны нарушить их работоспособность.
3. Скачки высоковольтного напряжения, вызванные переходными процессами, возникают при прерываниях тока, протекающего в цепи, в которой имеются катушки индуктивности.
4. Электронные импульсные номеронабиратели могут обеспечивать электронное коммутирование, которое может выполняться либо по параллельной, либо по последовательной схеме включения относительно цепей прохождения речевого сигнала.
5. Во время набора номера звук в телефонной трубке отключается (режим отключения звука или молчания), поэ-

- тому щелчки от импульсов набора в телефонной трубке не прослушиваются.
6. Режим отключения звука в телефонной трубке может осуществляться либо с применением полупроводниковых коммутирующих приборов, либо с использованием контактов реле.
 7. В типичной интегральной схеме, применяемой для двухтонального многочастотного набора номера (DTMF), используется задающий генератор и делители частоты, которые позволяют формировать тональные сигналы различных частот как для строк, так и для колонок матрицы, образованной кнопками клавиатуры на телефонном аппарате.
 8. В телефонном аппарате могут использоваться интегральные микросхемы, генерирующие как однотональный, так и многотональный сигнал вызова.
 9. Схема, блокирующая подзванивание телефона, исключает попадание напряжения импульсов во время набора номера в цепь вызывного сигнала.
 10. Для получения многотонального вызывного сигнала используется задающий генератор и делители частоты, позволяющие генерировать сигналы более высокого и более низкого тона, которые поступают на акустический преобразователь вызывного устройства.
 11. Для подачи звукового сигнала вызова могут использоваться либо пьезоэлектрические, либо электромагнитные преобразователи электрического сигнала в акустический.

Контрольные вопросы к главе 4

1. Ячейки встроенной памяти добавлены в телефонный аппарат для того, чтобы позволить:
 - а) набирать более длинные по количеству цифр телефонные номера;
 - б) осуществлять более быстрый набор номера;
 - в) осуществлять автоматический набор последнего набравшегося номера;
 - г) ни одна из вышеперечисленных причин.
2. Каково назначение диодного выпрямительного моста в линейной схеме телефонного аппарата:
 - а) снизить величину напряжения до значения, обеспечивающего работу электронных схем;
 - б) увеличить величину напряжения до значения, обеспечивающего работу электронных схем;
 - в) замыкать накоротко телефонную линию, когда трубка телефона лежит на рычагах;
 - г) защищать электронные схемы телефонного аппарата при изменениях полярности напряжения в телефонной линии.
3. Какие нежелательные электрические эффекты возникают в схеме телефона, когда контакты рычагов телефонной трубки разомкнуты:
 - а) в результате переходных процессов генерируется напряжение, имеющее значительную величину;
 - б) телефонная линия замыкается накоротко;
 - в) телефонная линия размыкается;
 - г) Никаких нежелательных эффектов это не вызывает.
4. Скорость следования импульсов при импульсном наборе номера составляет:
 - а) 20 импульсов в минуту;
 - б) 10 импульсов в минуту;
 - в) 10 импульсов в секунду;
 - г) 80 импульсов в секунду.
5. Импульсный номеронабиратель должен обеспечивать:
 - а) отключение звука в телефонной трубке при наборе номера;
 - б) отключение микрофона при наборе номера;
 - в) замыкание при наборе номера телефонной линии накоротко;
 - г) все из вышеуказанных причин.

6. Сколько тональных сигналов различной частоты должно быть использовано в телефонном аппарате с тональным набором номера и кнопочной клавиатурой, на которой имеется четыре колонки кнопок:
 - а) 2;
 - б) 8;
 - в) 4;
 - г) 16.
7. Каковы преимущества использования электронного звонка:
 - а) более высокая громкость звучания;
 - б) меньшие размеры;
 - в) хорошая направленность распространения звука;
 - г) большой вес.
8. Какие функции обеспечивает использование генератора многотональных вызывных сигналов:
 - а) схема, блокирующая подзванивание телефона при наборе номера;
 - б) генерация тональных сигналов;
 - в) усиление выходного сигнала;
 - г) все из вышеперечисленных функций.
9. Генератор тональных сигналов набора номера в электронном телефонном аппарате вырабатывает тональные сигналы с использованием:
 - а) интегральной микросхемы;
 - б) RC цепи;
 - в) цифровой схемы делителя частоты;
 - г) цифровой схемы умножителя частоты.
10. Пьезоэлектрический акустический преобразователь представляет:
 - а) итальянский свисток;
 - б) диск из специальной керамики, используемый для воспроизведения звука;
 - в) прибор, используемый в качестве приемника;
 - г) прибор, используемый в качестве передатчика.

Глава 5. Интегральные микросхемы, применяемые в системах телефонной связи

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В предыдущих главах данной книги были подробно рассмотрены те элементы и компоненты, из которых состоит стандартный телефонный аппарат, а также каким образом каждый такой элемент может быть заменен эквивалентной по характеристикам электронной микросхемой. Однако преимущества применения компонентов твердотельной микроэлектроники на этом не заканчиваются. Ее современное техническое и научное состояние позволяет выполнять все стандартные функции, характерные для современного уровня развития телефонной связи, при этом большое количество гораздо более сложных логических функций могут выполняться элементами, расположенными на одном единственном полупроводниковом микрокристалле, на котором создается современная интегральная микросхема (часто для таких интегральных микросхем используется термин «однокристалльная»). Это открывает огромный диапазон новых возможностей для телефонной связи при незначительных дополнительных (или даже вовсе отсутствующих) затратах, которые необходимо сделать при производстве принципиально новых телефонных аппаратов. В данной главе будут рассмотрены новые возможности применения и функции ряда наиболее современных интегральных микросхем, которые предназначены для использования в системах телефонной связи.

ТЕЛЕФОННЫЙ АППАРАТ НА ОДНОКРИСТАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ МС34010

Следует представить себе на минуту полностью интегрированную микросхему, предназначенную для телефонной связи, — это будет абсолютно законченный телефонный аппарат, способный выполнять все необходимые функции, электронные цепи которого искусно размещены на одной единственной интегральной микросхеме. Как минимум, такой телефонный аппарат должен иметь номеронабиратель, устройство оповещения о вызове, цепи прохождения речевого сигнала и цепи сопряжения (интерфейс) с абонентской линией

Все функции, выполняемые телефонным аппаратом, могут быть осуществлены с использованием элементов, которые технологически изготавливаются в виде единой интегральной микросхемы.

связи. Для такого телефона понадобились бы некоторые дополнительные, и весьма недорогие по цене, элементы, позволяющие подстраивать его рабочие характеристики, удовлетворяющие различающимся по своим параметрам требованиям к полному входному сопротивлению телефонной линии и применяемой в ней системе сигналов управления и контроля. Иными словами, такой телефонный аппарат должен был бы автоматически настраиваться к изменяющимся в широких пределах таким параметрам, как длина шлейфа, и сохранять свою работоспособность при снижении напряжения в линии связи до такого низкого значения, как 1,4 В.

Интегральная микросхема МС34010 производства компании Motorola представляет электронную схему телефона, которая обеспечивает все вышеперечисленные функции, а также содержит микропроцессорный интерфейсный порт, необходимый для работы в автоматическом режиме и для предоставления дополнительных возможностей (функций). Этот порт позволяет осуществлять не только дистанционное выполнение команд микропроцессора по дистанционному набору номера (обеспечение удаленного доступа), но также будет обеспечивать микропроцессору возможность интерпретировать входные команды, поступающие с клавиатуры. Использование этого метода позволяет с помощью микропроцессора осуществлять взаимодействие непосредственно по телефонным линиям с персональными компьютерами либо автоматизированными системами управления. Элементы и принципиальная схема электронного телефона приведены на рис. 5.1.

Линейный интерфейс

Стабилизатор напряжения абонентской линии связи, или интерфейс абонентского шлейфа, ответственен за то, чтобы все внутренние электронные цепи телефонного аппарата питались неизменными по уровню напряжением и током. На рис. 5.2 приведена схема подобного линейного интерфейса. Стабилизация тока по величине обычно выполняется с использованием проходного транзистора Т1. Кроме этого он обычно задает входное сопротивление по постоянному току телефонного аппарата. Конденсатор С9 является элементом фильтра в схеме стабилизации напряжения.

Интегральная микросхема, предназначенная для работы в телефонном аппарате, разрабатывалась специально из условия надежной работы в линиях телефонной связи, в которых напряжение снижается до значения 1,4 В. Когда напряжение в телефонной линии снижается до значения меньше, чем 3 В, сохраняется работоспособность только стабилизатора напряжения, который

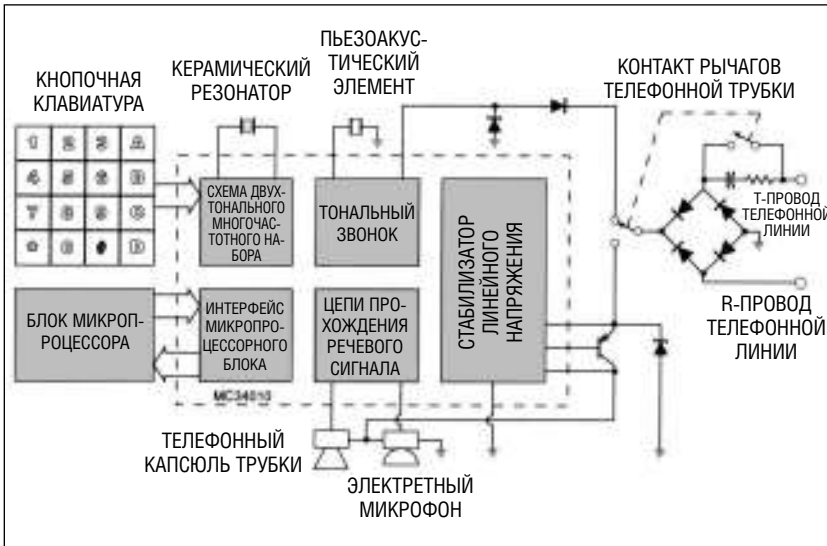


Рис. 5.1. Принципиальная блок-схема телефонного аппарата на однокристальной интегральной микросхеме (с любезного разрешения компании Motorola Inc.)



Рис. 5.2. Принципиальная блок-схема линейного интерфейса (с любезного разрешения компании Motorola Inc.)

обеспечивает необходимый уровень сигнала, поступающий в цепи прохождения речевого сигнала и номеронабирателя. Когда напряжение в телефонной линии превышает значение 3 В, цепь, состоящая из транзисторов Q1 и Q2, открывается и передает избыточную мощность по постоянной составляющей в резистор нагрузки R4. Таким образом, именно резистор R4 определяет входное сопротивление схемы по постоянному току. Конденсатор C11 действует в качестве фильтра по постоянной составляющей, который препятствует прохождению по резистору R4 любого переменного сигнала, поступающего по абонентской линии связи.

Стабилизатор напряжения схемы линейного интерфейса поддерживает требуемый уровень тока и напряжения, которыми питаются внутренние электронные цепи телефонного аппарата.

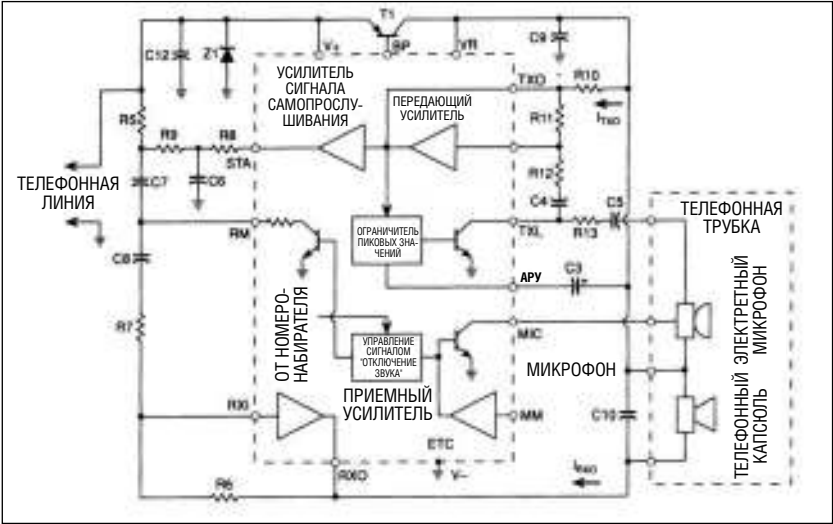
Цепи прохождения речевого сигнала

Схема цепей прохождения речевого сигнала осуществляет согласование и сопряжение между цепями телефонной трубки, выполненной по 4-х проводной схеме и абонентской двухпроводной линией.

Одна из основных задач схемы цепей прохождения речевого сигнала — это обеспечить интерфейс, или сопряжение, цепей электретного микрофона и телефонного капсюля с двухпроводной телефонной линией. На рис. 5.3 приведена упрощенная блок-схема цепей прохождения речевого сигнала в составе интегральной микросхемы.

Ток шлейфа, проходящий по цепи транзистора T1, используется для питания электретного микрофона. Цепь, состоящая из резисторов R10, R11, R12 и R13, задает необходимое смещение между микрофоном и передающим усилителем. Изменения тока именно в этой цепи представляют закодированную информацию речевого сигнала, которая поступает в телефонную линию. Небольшая часть передаваемого сигнала через усилитель с малым коэффициентом усиления поступает обратно в телефонный капсюль, создавая сигнал самопрослушивания. Датчик пиковых значений и схема ограничения введены для того, чтобы ослаблять любой громкий передаваемый сигнал и ограничивать уровень звуковых искажений. Сигнал отключения звука, поступающий от встроенного номеронабирателя, будет отключать микрофон и телефон трубки, чтобы подавить громкие звуки, возникающие при двухтональном многочастотном наборе, а также любые раздражающие слух щелчки, вызванные переключением контактов телефонной трубки или кнопок клавиатуры (интегральная микросхема MC34010 не позволяет производить импульсный набор). Полное комплексное сопротивление цепей прохождения речевого сигнала по переменному току в точности равно полному комплексному сопротивлению цепей приемного тракта, поделенному на коэффициент усиления приемного усилителя.

Рис. 5.3.
Принципиальная
блок-схема цепей
прохождения
речевого сигнала
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)



Тональный номеронабиратель

Полная схема тонального номеронабирателя входит в состав интегральной микросхемы МС34010. Она полностью совместима как с 12-кнопочной, так и 16-кнопочной клавиатурами, применяемыми для набора номера. При нажатии кнопки наборного поля клавиатуры схема компаратора (сравнения) клавиатуры определяет 3-разрядные адреса строки и колонки для нажатой кнопки. Эти трехразрядные адреса используются в схемах счетчика/кодирующего устройства для выбора установок делителя частоты, основанных на фиксированной частоте задающего генератора и необходимых для формирования тональных сигналов со строго определенных частотами. Меняющаяся 8-разрядная цифровая группа (кодовая группа) генерируется кодирующими устройствами строки и колонки матрицы на заданной частоте. Индивидуальные цифро-аналоговые преобразователи строк и колонок матрицы наборного поля преобразуют 8-разрядные группы (слова) в соответствующие уровни напряжений аналогового сигнала. Эти синтезированные тональные сигналы смешиваются на операционном усилителе, чтобы сформировать необходимый двухтональный выходной сигнал. На рис. 5.4 приводится принципиальная блок-схема номеронабирателя, применяемого в системе двухтонального многочастотного набора.

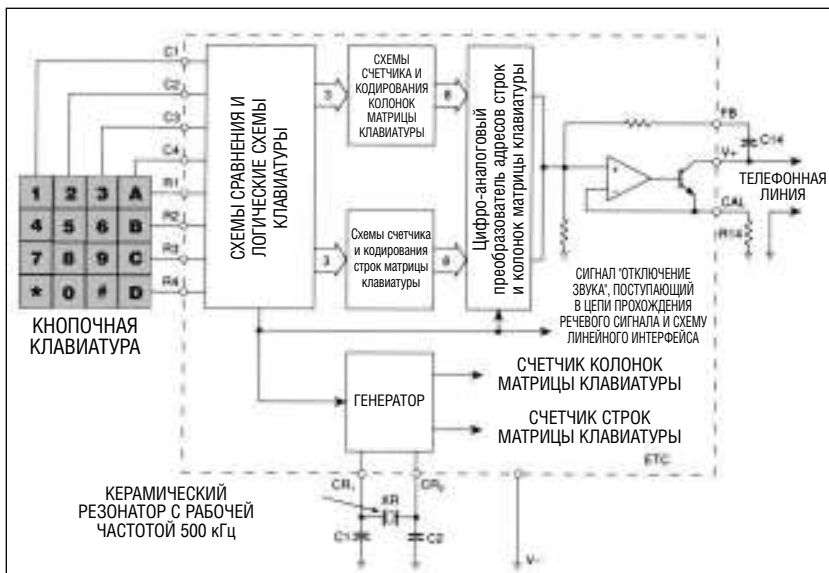


Рис. 5.4.
Принципиальная блок-схема номеронабирателя, используемого для двухтонального многочастотного набора (с любезного разрешения компании Motorola Inc.)

Уникальная разработка, используемая для генерации сигналов с частотами, соответствующими строкам и колонкам матрицы наборного поля, обеспечивает точность воспроизведения частоты тонального сигнала в пределах $\pm 0,16\%$. В результате в схеме может быть ис-

Тональный набор является наиболее предпочтительным методом набора номера, применяемым в интегральных микросхемах, предназначенных для использования в телефонной связи.

пользован гораздо более дешевый керамический резонатор с рабочей частотой 500 кГц вместо дорого кварцевого стабилизатора для опорной частоты в схеме двухтонального многочастотного набора. Генератор с точностью поддержания частоты $\pm 0,3\%$ в данной интегральной телефонной микросхеме будет обеспечивать точность тонального сигнала в системе многочастотного набора, превышающую $\pm 0,8\%$.

Схема подачи вызывного сигнала

Схема, обеспечивающая подачу вызывного сигнала и применяемая в составе интегральной микросхемы MC34010 производства компании Motorola, очень схожа с теми индивидуальными схемами вызывного сигнала, которые рассматривались в главе 4. На рис. 5.5 представлена принципиальная блок-схема, обеспечивающая подачу тонального вызывного сигнала и реализованная в составе интегральной микросхемы MC34010. Сигналы вызова, поступающие на вход мостовой схемы, обеспечивающей защиту от неправильной полярности включения, претерпевают обычное двухполупериодное выпрямление, затем их величина ограничивается стабилизаторами Z2 и Z3. Когда напряжение сигнала вызова превышает уровень порогового значения, задаваемого резистором R2, запускается делитель частоты, обеспечивающий отношение частот 8/10. Он будет обеспечивать попеременный двухтональный либо мелодичный (в виде трелей) сигнал, поступающий на выходной усилитель с несимметричным выходом, возбуждающий пьезоэлектрический акустический элемент. Когда напряжение вызывного сигнала снижается ниже порогового уровня, делитель частоты с отношением 8/10 отключается и выходной сигнал вызова перестает звучать.

Частота сигнала вызова может подстраиваться с использованием внешних элементов схемы. Основная частота генератора свободных колебаний (f_0) определяется RC цепью, состоящей из резистора R3 и конденсатора C13. Постоянная времени этой цепи может изменяться в очень небольших пределах, позволяя устанавливать частоту вызывного сигнала в желаемом акустическом диапазоне.

Пороговое значение вызывного сигнала и частота сигнала вызова могут изменяться в небольших пределах, чтобы обеспечить наиболее благоприятное звучание вызывного сигнала.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРА

Введение микропроцессора в схему телефонного аппарата на первый взгляд может показаться совершенно излишним. Как-никак, любая функция, необходимая для того, чтобы телефон мог выполнять свою роль в качестве средства связи, может быть реализована в процессе разработки и производства однокристалльной интегральной микросхемы. Тот факт, что с помощью базовой модели телефона

нельзя выполнять математические вычисления или логические функции, мало что может добавить к этой неразберихе.

По правде говоря, введение в схему телефона микропроцессора ничего не добавляет к эффективности работы аналоговых телефонных линий. Сила микропроцессора заключается в широком диапазоне тех дополнительных возможностей, которые он способен предложить. Увеличенный объем памяти для телефонных номеров и повторного вызова, цифровой дисплей (либо жидкокристаллический, либо на светоизлучающих диодах), возможность визуального отображения на таком дисплее календаря и часов, индикация длительности разговора и обратного вызова, автоматический повторный вызов, автоответчик — вот некоторые из большого количества тех дополнительных возможностей, которые обеспечивает микропроцессор. Телефонные аппараты, представляющие такие расширенные возможности, очень часто относят к разряду «разумных» телефонов.

Микропроцессоры позволяют реализовать с использованием телефонного аппарата большое количество дополнительных возможностей, причем дополнительные затраты при этом, как правило, минимальны.

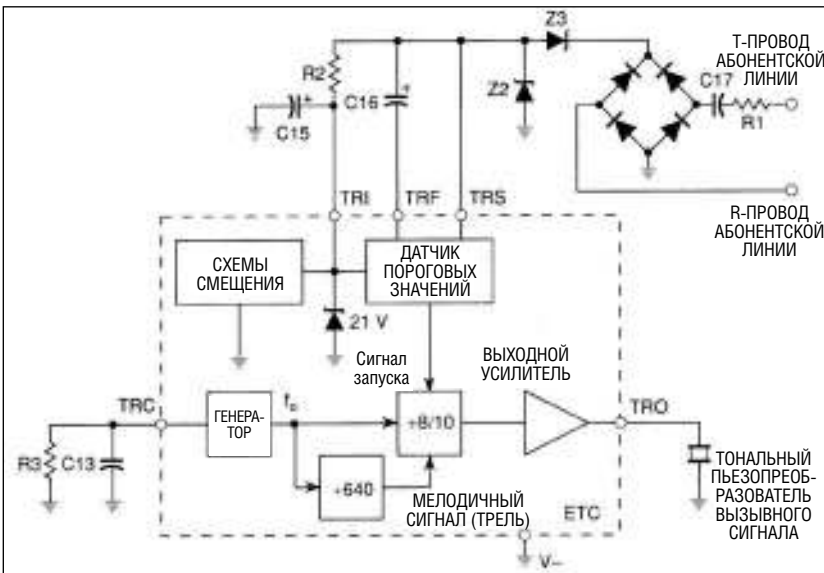


Рис. 5.5.
Блок схема
тонального
вызывного сигнала
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)

Выбор типа микропроцессора

При выборе микропроцессора, который будет использоваться в телефонной связи, определяющими являются несколько факторов. Прежде всего, наиболее важным фактором является энергопотребление. Так как, скорее всего, питание схемы процессора будет осуществляться от абонентской телефонной линии, он должен сохранять свою работоспособность при очень низких уровнях питающего напряжения, сравнимых с уровнем питания остальных интегральных мик-

росхем, применяемых в телефонном аппарате. Схемы, построенные с использованием комплементарных структур на полевых транзисторах со структурой металл-окисел-полупроводник (КМОП-структуры), и схемы интегральной инжекционной логики (И²Л — логические схемы), способны сохранять работоспособность при широком диапазоне изменения напряжения в абонентской линии связи.

Вторым важным фактором является универсальность и стандартизованность параметров микропроцессора. Хотя специально разработанные и изготовленные (так называемые «заказные») микропроцессоры могут обладать большей производительностью по сравнению со стандартными образцами, время, стоимость и усилия, затраченные на подобную разработку и его программирование, могут оказаться значительно выше по сравнению с вариантом использования образцов, которые уже имеются на складах хранения готовой продукции, такими, например, как микропроцессор компании Texas Instruments TMS7000 или микропроцессор компании Motorola MC6800.

Интерфейс микропроцессора

Каждая кнопка на клавиатуре телефонного аппарата представлена 4-разрядным двоичным числом, которое может считываться и обрабатываться микропроцессором.

Интегральная микросхема компании Motorola MC34010 имеет специальную интерфейсную схему, предназначенную для подключения микропроцессорной системы. Принципиальная блок-схема интерфейса приведена на рис. 5.6. Схема интерфейса включена в схему номеронабирателя для двухтонального многочастотного набора и подключается к внешнему микропроцессору с использованием шести линий передачи сигнала.

Каждый раз при нажатии кнопки набора на клавиатуре (безразлично, для 12-кнопочной или 16-кнопочной модели) соответствующие коды схемы сравнения соответствующей строки и колонки матрицы наборного поля преобразуются в 4-разрядный код схемы декодера клавиатуры. Каждая кнопка наборного поля имеет свой собственный уникальный код, как это изображено в таблице, приведенной на рис. 5.7. Схема двухтонального многочастотного набора использует коды кнопок для загрузки обоих программируемых счетчиков для того, чтобы генерировать требуемые комбинации тональных сигналов. Схема интерфейса процессора одновременно загружает код кнопок клавиатуры в двунаправленный 4-разрядный сдвиговый регистр для передачи кода в микропроцессор.

Способ передачи данных

Данные со сдвигового регистра передаются последовательно в микропроцессор или обратно, с использованием вывода Ввод/Вывод. Скорость передачи и синхронизация передачи данных управляется тактовыми (или синхронизирующими) импульсами, посылаемыми микропроцессором по линии синхронизации (CL). Он также управляет направлением перемещения данных, используя для этого вывод DD (направление перемещения данных). Таким образом, производится процесс управления набора номера схемой телефона. Будет ли микропроцессор считывать или записывать данные клавиатуры набора номера, зависит от конкретной выполняемой функции и от того, как она запрограммирована.

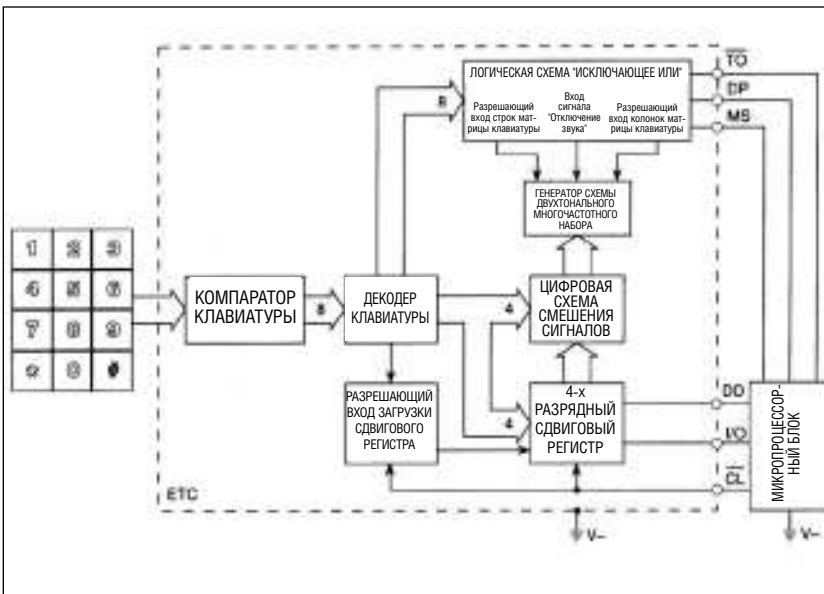


Рис. 5.6.
Принципиальная
блок-схема
микропроцессор-
ного интерфейса
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)

Считывание

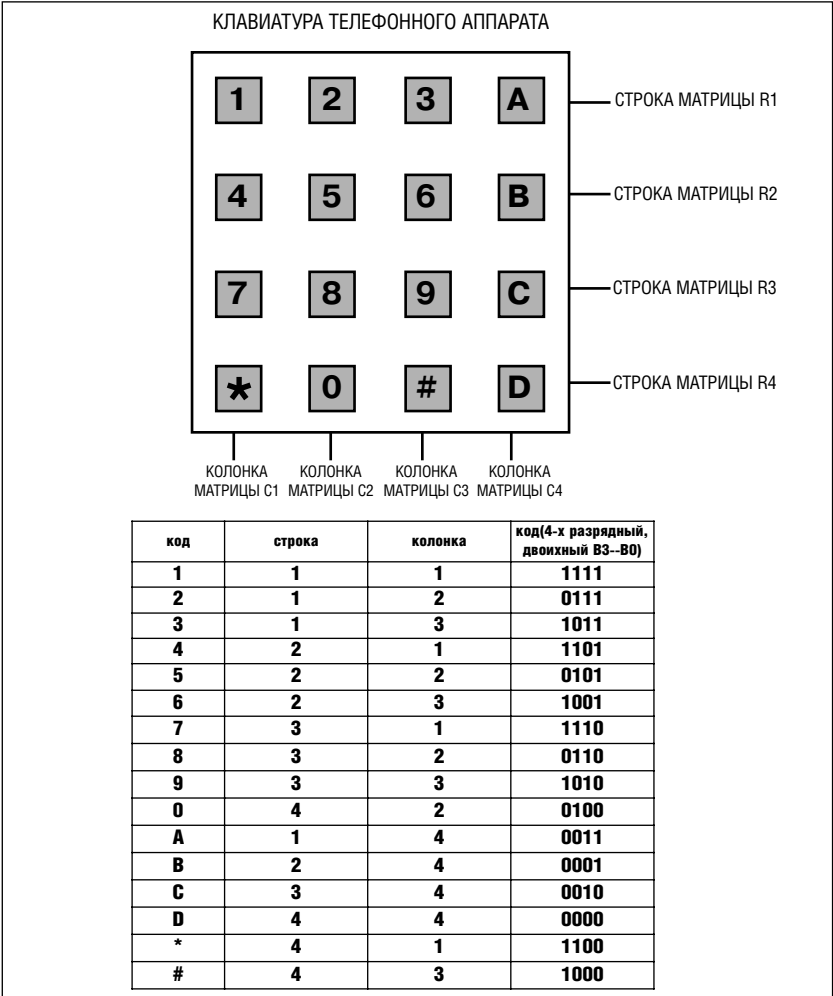
В том случае когда микропроцессор считывает информацию с номеронабирателя для того, чтобы, например, запрограммировать телефонный номер или изменить режим работы, на линии направления перемещения данных (DD) присутствует логический сигнал, соответствующий низкому уровню. При нажатии кнопки на клавиатуре ее код поступает на генератор двухтонального многочастотного набора. Он также загружается в сдвиговый регистр. Каждый последующий отрицательный фронт тактового (синхронизирующего) импульса, поступающий

по линии синхронизации, будет сдвигать без сохранения сдвигаемых разрядов один бит за один раз через контакт Ввод/Вывод — начиная со старшего разряда. Скорость, с которой производится обмен, будет зависеть от тактовой частоты схемы синхронизации (CL-сигнал).

Запись

При записи микропроцессором информации, предназначенной для номеронабирателя и необходимой для автоматического набора последнего набравшегося номера либо для автоматизированного управления, на шине DD-сигнал (направление перемещения данных) будет логический сигнал высокого уровня.

Рис. 5.7.
Четырехразрядные
двоичные коды
наборного поля
клавиатуры
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)



Четыре бита загружаются в сдвиговый регистр через вход Ввод/Вывод, причем первым загружается бит старшего разряда. С каждым тактовым импульсом шины синхронизации (CL-сигнал) загружается один бит. Для предотвращения введения ошибочных данных при произведении записи на шине Выход тонального сигнала (ТО-сигнал) устанавливается состояние высокого уровня логического сигнала. Этот сигнал запрещает генерирование тонального сигнала до тех пор, пока не будут загружены все 4 бита. После завершения загрузки микропроцессор возвращает шину ТО в состояние с низким уровнем логического сигнала, после чего становится возможным генерирование тонального сигнала.

Для любой микропроцессорной системы будут необходимы: постоянное запоминающее устройство, ПЗУ (ROM), предназначенное только для считывания и необходимое для постоянного хранения программы, а также оперативное запоминающее устройство, ОЗУ (RAM) для временного хранения данных и переменных.

Другие сигналы управления

В интегральной микросхеме MC34010 компании Motorola генерируется два сигнала обратной связи, которые могут использоваться микропроцессорной системой. Сигнал набора номера (DP-сигнал) приобретает высокий логический уровень, как только будет нажата любая из требуемых кнопок наборного поля. После того как кнопка отпускается, логический сигнал возвращается к состоянию с низким уровнем. Вторым сигналом, характеризующим состояние системы, является сигнал «отключения звука» (MS-сигнал). Этот сигнал имеет высокий логический уровень, когда генерируется тональный сигнал и включается режим отключения звука в телефонной трубке. Логический сигнал отключения звука (MS-сигнал) возвращается к состоянию с низким уровнем после того, как закончится генерация тонального сигнала. Любая из этих сигнальных шин может использоваться для передачи сигналов управления к микропроцессорному блоку либо любой иной схеме управления телефонного аппарата.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ТЕЛЕФОНИИ

Интегральная микросхема MC34010 компании Motorola, предназначенная для использования в телефонии, разрабатывалась таким образом, чтобы быть в состоянии обеспечить выполнение всех функций, характерных для большинства стандартных телефонных аппаратов, требуя при этом использования минимального количества внешних элементов схемы. Типичный пример использования интегральной микросхемы MC34010 приведен на рис. 5.8.

С помощью внешних (дополнительных или навесных) резисторов и конденсаторов задаются рабочие характеристики для интегральной телефонной микросхемы, такие, например, как входное полное комплексное сопротивление, коэффициенты усиления усилителей и подавление скачков напряжений, возникающих при переходных процессах.

За исключением телефонного капсюля, имеющего сопротивление 300 Ом, в электронном телефоне не используется более никаких индуктивных элементов. Полное комплексное сопротивление, коэффициенты усиления, подавление скачков напряжения переходных процессов, а также фильтрация сигналов — все эти параметры настраиваются с использованием готовых к применению (навесных или дискретных) резисторов и конденсаторов.

Когда телефонная трубка лежит на рычагах, контакты S1 и S2 находятся в положении, указанном на рис. 5.8. Входное комплексное сопротивление телефонного аппарата определяется в таком состоянии величинами резистора R1, конденсатора C17 и стабилитрона Z3. В идеале, при положенной на рычаги телефонной трубки телефонный аппарат должен обладать бесконечно большим сопротивлением. Конденсатор C17 определяет высокое значение полного комплексного сопротивления по постоянной составляющей и низкочастотному сигналу в полосе пропускания голосового сигнала. Резистор R1 будет обеспечивать высокое комплексное сопротивление на всех остальных частотах. Полупроводниковый стабилитрон Z3 имеет нелинейную характеристику, которая обеспечивает согласование схемы при изменении уровня напряжения в телефонной линии. Мостовая схема защиты при изменении полярности напряжения (B1) собирается с использованием стандартных выпрямительных диодов 1N40005.

Когда телефонная трубка поднята с рычагов, контакты S1 замыкают резистор R1 и конденсатор C17, чтобы уменьшить входное комплексное сопротивление. По абонентской линии от АТС начнет протекать шлейфовый ток. Сопротивление цепей телефонного аппарата по постоянной составляющей будет в этом случае определяться резистором R4, благодаря которому избыточный линейный ток, превышающий значение 10 мА, будет отводиться от электронной схемы. Полное комплексное сопротивление по переменной составляющей при поднятой трубке телефона определяется комплексным сопротивлением телефонного капсюля и усилением приемного усилителя:

$$Z_{\text{снятой трубки}} = Z_{\text{телефонного капсюля}} / A_{\text{приемника}}$$

Усиление приемника определяется, прежде всего, величиной резистора R6. Более высокое значение резистора R6 увеличивает усиление приемника, а более низкое приводит к обратному эффекту.

Как пороговое значение, определяющее начало прохождения вызывного сигнала, так и значения частоты выходного сигнала могут настраиваться в определенных пределах с использованием внешних элементов интегральной микросхемы. Резистор R2 определяет уровень напряжения, при котором начинает звучать сигнал вызова.

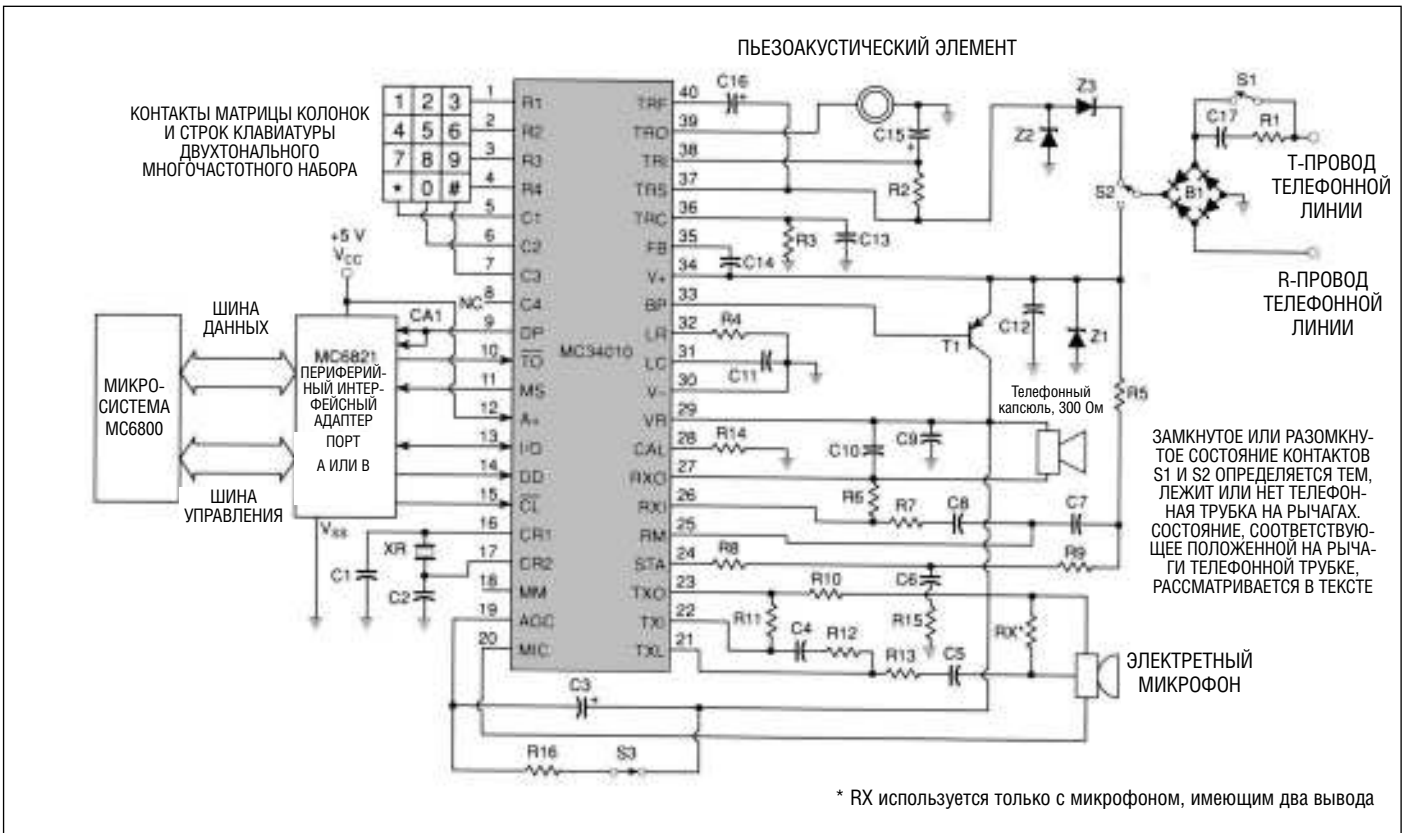


Рис. 5.8.
Схема,
демонстрирующая
применение
интегральной
микросхемы в
телефонном
аппарате
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)

Увеличение значения сопротивления R2 будет снижать уровень напряжения, необходимого для начала цикла прохождения вызывного сигнала. Основная частота генератора вызывного сигнала (f_o) устанавливается величинами сопротивления резистора R3 и конденсатора C13. Эта зависимость может быть выражена с использованием выражения:

$$f_o = \frac{1}{(R3 \times C13) + (8 \times 10^6)}$$

где f_o представляет частоту в герцах. Частоты тонального сигнала, которые в действительности различаемы на слух, в пьезоэлектрическом преобразователе имеют в несколько раз меньшее значение по сравнению с основной частотой тонального сигнала и определяются соотношением:

$$\text{частота более высокого тона } f_a = f_o/8;$$

$$\text{частота более низкого тона } f_n = f_o/10.$$

Скорость, с которой происходит переключение во время звучания вызывного сигнала с частоты более высокого тона на частоту более низкого и обратно, то есть своеобразный «рисунк мелодии звучания» определяется соотношением:

$$\text{скорость переключения} = f_o/640.$$

Частоты, при которых обычно происходит нормальная работа звонка телефонного аппарата, лежат в диапазоне от 1 до 10 кГц.

Амплитуда сигнала двухтонального многочастотного набора, передаваемого в абонентскую линию связи с вывода V+, легко настраивается резистором R14. Уменьшение сопротивления резистора R14 будет увеличивать амплитуду выходного тонального сигнала. Так как соотношение всех амплитуд для всех тональных сигналов матрицы колонок и строк наборного поля являются фиксированными, изменение значения сопротивления R14 будет влиять на амплитуды всех тональных сигналов.

Амплитуда и коэффициент усиления передаваемого сигнала могут изменяться в рассматриваемой интегральной микросхеме независимо. Передаваемый речевой сигнал, поступающий в абонентскую линию связи, на выводе V+ ограничивается резистором R10. Увеличение сопротивления резистора будет уменьшать амплитуду передаваемого сигнала, а уменьшение вызывать обратный эффект. Коэффициент усиления передачи зависит от значения сопротивления резистора R11. Также на него влияет уровень сигнала самопрослушивания. При увеличении сопротивления резистора R11 сигнал большей величины будет поступать через резистор R10 в абонентскую линию. Сигнал самопрослушивания также будет стремиться к еще большему увеличению уровня передаваемого сигнала.

Величина сигнала самопрослушивания определяется отношением сопротивлений резисторов R9 и R5. Через резистор R9 всегда будет протекать слегка больший по величине ток по сравнению с током резистора R5 с тем, чтобы гарантировать, что сигнал самопрослушивания, поступающий в телефонный капсюль, будет находиться в фазе с выходным передаваемым сигналом. Резисторы R8 и R15 совместно с конденсатором C6 образуют цепь фазовращателя, используемую для компенсации любого фазового сдвига, вносимого абонентской линией связи. Сигнал самопрослушивания поступает в цепь телефонного капсюля через конденсаторы C7 и C8.

Защита интегральных микросхем от бросков напряжения, вызываемых переходными процессами, обычно осуществляется несколькими различными способами. В состоянии, когда телефонная трубка лежит на рычагах, полупроводниковый стабилитрон Z2 с рабочим напряжением 30 В защищает цепи вызывного сигнала. В состоянии, когда телефонная трубка снята с рычагов, переключатель S2 подключает основную часть схемы. Стабилитрон Z1 с рабочим напряжением 18 В используется для цепей прохождения речевого сигнала и защиты от переходных процессов в номеронабирателе. Конденсатор C3 будет подавлять любые раздражающие слух щелчки, которые могут возникнуть в телефонном капсюле. Для более быстрой реакции схемы резистор R16 может подключаться параллельно конденсатору C3 при замыкании контактов S3. В табл. 5.1 приводится подробный перечень элементов, используемых в схеме, приведенной на рис. 5.8 совместно с их стандартными значениями и кратким описанием назначения.

Интегральная микросхема MC34010 компании Motorola является одной из большого количества специализированных телефонных интегральных микросхем, разработанных для использования в индустрии телекоммуникаций. Хотя этот телефонный аппарат предлагает более высокие удобства и простоту в использовании по сравнению со стандартными телефонными аппаратами, все большую популярность приобретает другой тип телефонных аппаратов. Это так называемые спикерфоны.

Защита интегральных микросхем от бросков напряжения, вызываемых переходными процессами, обычно осуществляется с использованием стандартных полупроводниковых стабилитронов.

СПИКЕРФОНЫ

Спикерфон представляет устройство, в котором в корпус телефонного аппарата встроены как приемник звука (микрофон), так и устройство для его воспроизведения (громкоговоритель, или динамик). Внешний вид спикерфона приведен на рис. 5.9.

Такая конструкция не требует использования привычной телефонной трубки, хотя последняя, как правило, добавляется к телефонному

Таблица 5.1.
Внешние
элементы,
используемые
совместно с
интегральной
микросхемой
МС34010 компании
Motorola

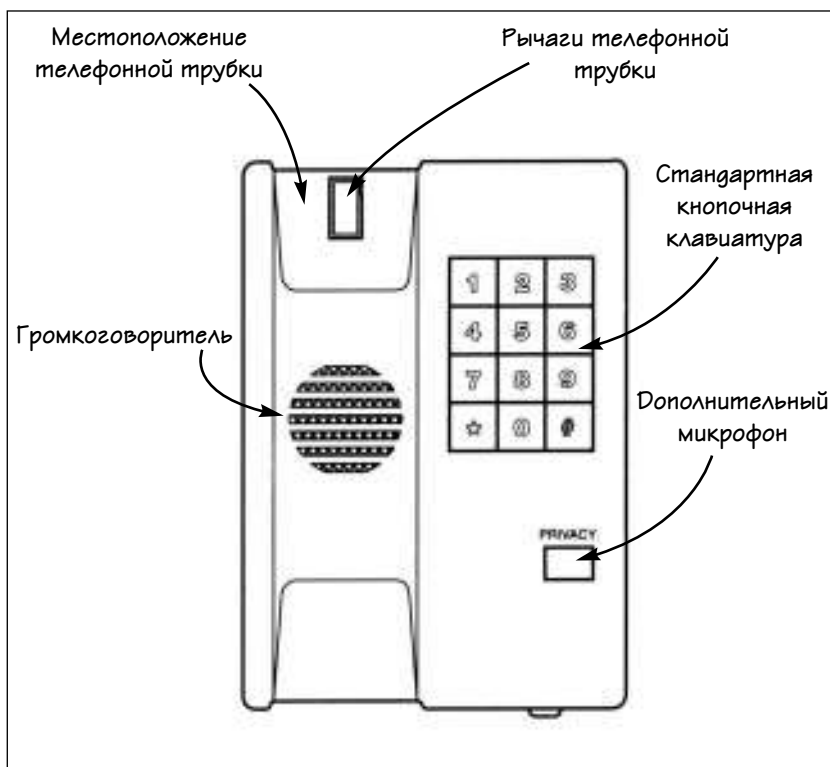
Элемент схемы	Номинальное значение	Назначение элемента
C1, C2	100 пкФ	Конденсаторы керамического резонатора генератора тональных сигналов
C3	1 мкФ, 3,0 В	Конденсатор фильтра нижних частот ограничителя пере- даваемого сигнала; управляет временем нарастания и вре- менем спада ограничителя пиковых значений передавае- мого сигнала
C4, C5	0,1 мкФ	Входные конденсаторы передающего усилителя; предот- вращают протекание постоянной составляющей на вывод TXL, а также ослабляют низкочастотный шум на выводах микрофона
C6	0,05 мкФ	Конденсатор схемы сигнала самопрослушивания; обеспе- чивает фазовый сдвиг для согласования при прохожде- нии сигнала по цепям схемы самопрослушивания, выз- ванный конечным значением реактивного сопротивления телефонной линии
C7, C8	0,05 мкФ	Входные конденсаторы усилителя поступающего сигна- ла; предотвращают протекание тока постоянной состав- ляющей на вывод RM и ослабляют низкочастотный шум в телефонной линии
C9	2,2 мкФ, 3,0 В	Конденсатор регулируемого стабилизатора напряжения; обеспечивает частотную устойчивость регулируемого ста- билизатора напряжения, предотвращая возникновение режима генерации
C10	0,01 мкФ	Накопительный выходной конденсатор усилителя; обеспечи- вает частотную устойчивость усилителя поступающего сиг- нала, предотвращая возникновение режима генерации
C11	0,1 мкФ	Фильтрующий конденсатор нагрузки по постоянной сос- тавляющей; предохраняет цепи нагрузки по постоянной составляющей от ослабления переменного сигнала на вы- воде V+
C12	0,01 мкФ	Блокировочный конденсатор телефонной линии; ограничи- вает прохождение по телефонной линии высокочастотных сигналов и предотвращает возникновение режима генерации в регулируемом стабилизаторе напряжения
C13	620 пкФ	Конденсатор генератора вызывного сигнала; определяет так- товую частоту частотных синтезаторов тонального сигнала и сигнала мелодии (рисунка) вызывного сигнала
C14	0,1 мкФ	Выходной конденсатор обратной связи схемы двухтональ- ного многочастотного набора (DTMF); охватывает по пе- ременной составляющей выходной усилитель схемы DTMF, за счет действия которой снижается выходное комплексное сопротивление
C15	4,7 мкФ, 25 В	Входной конденсатор схемы тонального вызывного сигнала; фильтрует выпрямленный входной сигнал вызова с целью сглаживания напряжения питания генератора вы- ходного буфера
C16	1,0 мкФ, 10 В	Фильтрующий конденсатор тонального звонка; суммирует напряжение, поступающее с токочувствительного резисто- ра R2 на входе порогового детектора

Таблица 5.1.
Продолжение

C17	1,0 мкФ, 250 В переменного напряжения, неполярный	Линейный конденсатор тонального звонка; связывает по переменной составляющей тональный звонок и телефонную линию; частично определяет входное полное комплексное сопротивление телефона при положенной на рычаги телефонной трубки
R1	6,8 кОм	Входной резистор тонального звонка; ограничивает величину тока, поступающего в телефонную линию и частично определяет входное полное комплексное сопротивление телефона при положенной на рычаги телефонной трубки
R2	1,8 кОм	Токочувствительный резистор тонального звонка; определяет величину напряжения на входе схемы порогового детектора в зависимости от величины входного тока тонального звонка
R3	200 кОм	Резистор генератора тонального звонка; определяет тактовую частоту частотных синтезаторов тонального сигнала и сигнала мелодии (рисунка) вызывного сигнала
R4	82 Ом, 1,0 Вт	Нагрузочный резистор по постоянной составляющей; проводит весь постоянный ток линии при превышении значения тока, необходимого для цепей прохождения речевого сигнала или цепей набора номера, определяет величину сопротивления по постоянной составляющей телефонного аппарата при поднятой с рычагов трубки
R5, R7	150 кОм, 56 кОм	Входные резисторы принимающего сигнал усилителя; передают переменный входной сигнал, поступающий по телефонной линии, на принимающий усилитель; напряжение сигнала на резисторе R5 вычитается из напряжения сигнала на резисторе R9, чтобы снизить уровень сигнала самопрослушивания, поступающий на телефонный капсюль
R6	200 кОм	Резистор обратной связи усилителя цепи приема сигнала; устанавливает уровень усиления принимающего сигнал усилителя
R8, R9	1,5 кОм, 30 кОм	Резисторы цепи сигнала самопрослушивания; управляет входным сигналом принимающего усилителя с использованием инвертированного выходного сигнала микрофона; фаза сигнала на резисторе R9 должна быть противоположна фазе сигнала на резисторе R5
R10	270 Ом	Резистор нагрузки передающего сигнал усилителя; преобразует выходное напряжение передающего усилителя в ток, который возбуждает телефонную линию; определяет максимальный уровень передаваемого сигнала
R11	200 кОм	Резистор обратной связи усилителя передаваемого сигнала; устанавливает усиление усилителя передаваемого сигнала
R12, R13	4,7 кОм, 4,7 кОм	Входные резисторы усилителя передаваемого сигнала; передают сигнал от микрофона на усилитель передаваемого сигнала; определяют динамический диапазон ограничителя пиковых значений передающего усилителя
R14	36 Ом	Резистор калибровки схемы двухтонального многочастотного набора; устанавливает амплитуду выходного сигнала тонального номеронабирателя DTMF
R15	2 кОм	Резистор схемы сигнала самопрослушивания (в качестве необязательного элемента схемы); уменьшает на высоких частотах фазовый сдвиг сигнала самопрослушивания при его прохождении по цепи
R16	100 Ом	Резистор ограничения тока подавления треска контактов телефонной трубки (в качестве необязательного элемента схемы); ограничивает ток в момент, когда контакты переключателя S3 разряжают конденсатор C3 при поднятии телефонной трубки
R _x	3 кОм	Резистор смещения микрофона; обеспечивает прохождение тока выходного сигнала от вывода VR, питающего электретный микрофон с двумя выводами; резистор R _x не используется с микрофонами, имеющими три вывода

аппарату, чтобы обеспечить большее удобство и конфиденциальность при ведении разговора. При конструктивном размещении элементов, обеспечивающих прием и передачу звука в местах телефонного аппарата, показанных на рисунке, становится возможным слушать речь звонящего по телефону человека и отвечать ему практически из любой точки помещения. Они также позволяют нескольким людям принимать участие в одном разговоре без использования одновременно нескольких параллельно подключенных к абонентской линии телефонных аппаратов.

Рис. 5.9.
Внешний вид
стандартного
телефонного
аппарата-
спикерфона,
оснащенного
микрофоном и
динамиком



Многочисленные параллельные телефоны будут приводить к снижению уровня сигнала и будут делать более сложным участие каждого в происходящем разговоре.

Спикерфоны, которые иногда называют «телефонными аппаратами с повышенным комфортом, или телефонами, освобождающими руки говорящего», вовсе не являются такими уж недавно изобретенными вещами. В той или иной форме они существовали многие десятилетия, хотя несколько причин препятствовали их широкому проникновению на коммерческие рынки вплоть до 80-х годов прошлого века.

Основной проблемой первых моделей спикерфонов являлась обратная связь. Акустический сигнал, воспроизводимый динамиком, свободно распространялся по всему помещению, попадал в микрофон телефонного аппарата и мог поступать в цепи передачи речевого сигнала. Затем этот «передаваемый сигнал» мог усиливаться и поступать в абонентскую линию связи. При этом некоторая часть сигнала в качестве сигнала самопрослушивания могла поступать обратно в динамик, но уже от микрофона. В принципе, обратная связь является одним из важнейших элементов всех генерирующих схем. В рассматриваемом же случае возникающий режим самогенерации, обязанный своим происхождением голосовой обратной связи, вызывает громкий, невероятно сильно раздражающий вой или завывание. В результате двухсторонняя связь с использованием спикерфона в полном объеме становится невозможной. Вызывающий и вызываемый абоненты должны соблюдать очередность при разговоре, либо слушая своего собеседника, либо говоря, то есть общение с собеседником происходит в полудуплексном режиме. Для переключения из режима передачи в режим приема речевого сигнала должны использоваться очень сложные чувствительные и коммутирующие схемы. Итоговое увеличение как объема самого телефонного аппарата, так и его стоимости зачастую оттесняли спикерфоны за границы коммерческого успеха. В новом поколении спикерфонов широко применяются передовые разработки в области интегральных микросхем, позволяющие преодолеть указанные недостатки.

Массивные по конструкции, более дорогостоящие и непрактичные спикерфоны получили широкое развитие только после создания и широкого распространения специализированных телефонных интегральных микросхем, которые позволили значительно улучшить характеристики спикерфонов.

Функциональные возможности спикерфонов

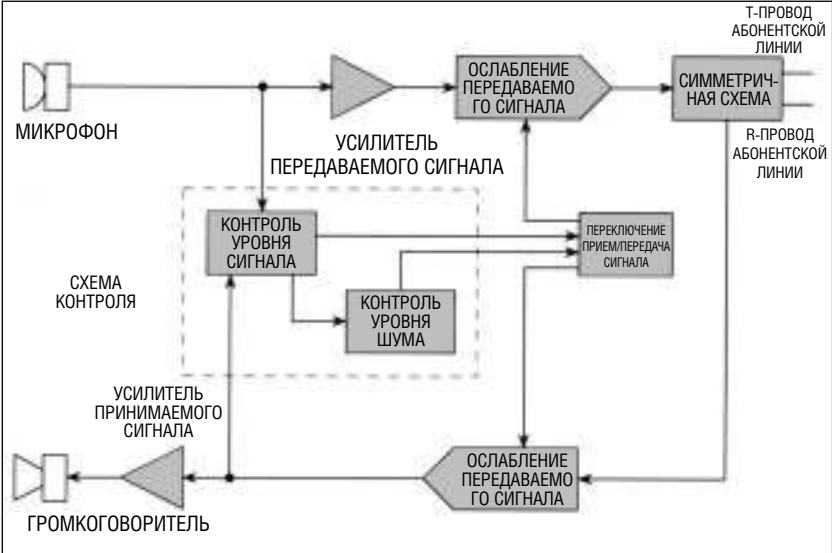
Для того чтобы спикерфон мог функционировать нормально, должны быть выполнены условия, касающиеся функциональных возможностей аппарата. На рис. 5.10 приведена упрощенная блок-схема цепей прохождения речевого сигнала спикерфона.

Спикерфон должен быть в состоянии усиливать принимаемый и передаваемый сигналы, проходящие по абонентской линии связи через схему согласования. Так как абонент может находиться достаточно далеко от телефона, усилители принимаемого и передаваемого сигналов должны обеспечивать достаточный коэффициент усиления. Уровень этих сигналов постоянно контролируется и регулируется относительно уровня фоновых шумов. Мониторы управляют работой переключающей схемы. Переключающая схема будет включать или выключать схему ослабления принимаемого или передаваемого сигнала в зависимости от того, какой именно участник разговора говорит в данный конкретный момент времени. Схема согласования осуществляет преобразование речевого сигнала с четырехпро-

Определение направления передачи сигнала и переключение цепей являются наиболее важными функциональными способностями цепей прохождения речевого сигнала спикерфона.

водной на двухпроводную схему. Необходимо обратить внимание на отличие данной схемы прохождения речевого сигнала от схемы прохождения речевого сигнала телефона, рассмотренной в главе 3.

Рис. 5.10.
Принципиальная
блок-схема цепей
прохождения
речевого сигнала в
спикерфоне



**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ,
РАЗРАБОТАННЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СПИКЕРФОНАХ**

Все электронные схемы, необходимые для усиления сигнала, контроля его уровня ослаблением, переключением и выполнением функции гибридной схемы, могут быть выполнены в настоящее время в виде однокристалльной полупроводниковой интегральной микросхемы. Существующий уровень интеграции микросхем позволяет создавать образцы гораздо меньшего размера и более высокой производительности, которые очень легко монтируются и тестируются, позволяя при всем этом экономить значительные средства. Компания Motorola производит интегральные микросхемы, специально предназначенные для использования в спикерфонах.

На рис. 5.11 представлена блок-схема интегральной микросхемы MC34118 компании Motorola. Она включает в себя все цепи и схемы, необходимые для того, чтобы обеспечить выполнение функций законченной схемы цепей прохождения (и обработки) речевого сигнала. Интегральная микросхема питает усилитель передаваемого сигнала, детекторы общего и фоновых шумов, схемы ослабления принимаемого и передаваемого сигналов, а также цепи коммутации/управления.

Стандартная интегральная микросхема спикерфона содержит усилители, детекторы уровня сигнала, схемы коммутации и управления.

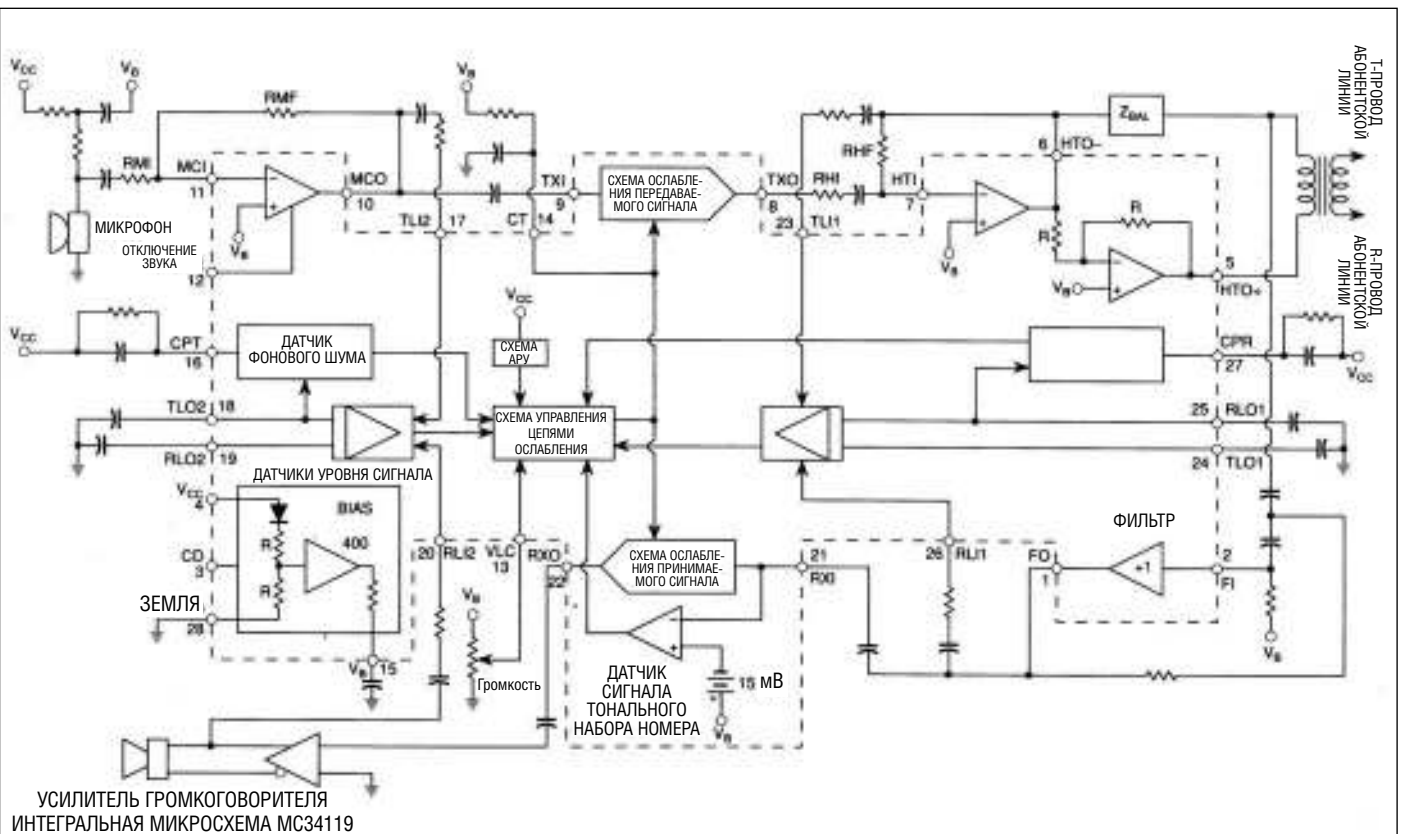


Рис. 5.11.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
МС34118
компании Motorola
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)

Цепь ослабления сигнала

В тракте прохождения речевого сигнала имеются две цепи ослабления уровня сигналов: одна предназначена для передаваемого сигнала, а вторая — для принимаемого. Обе цепи образуют так называемую комплементарную пару, когда работа одной схемы дополняется работой второй, при этом контроль их взаимодействия осуществляется схемой управления уровнем ослабления сигнала, то есть всегда, когда включена одна цепь ослабления сигнала, то вторая будет отключена, и наоборот. Такое поочередное действие является основой для осуществления полудуплексного режима. Хотя на самом деле цепи ослабления сигнала при работе не осуществляют полностью режима холостого хода (или полного размыкания цепи прохождения сигнала), тем не менее, они обеспечивают очень высокий уровень ослабления, достигающий -46 дБ.

Рис. 5.12.
Схема управления
(блок-схема
приводится с
любезного
разрешения
компания Motorola
Inc.)

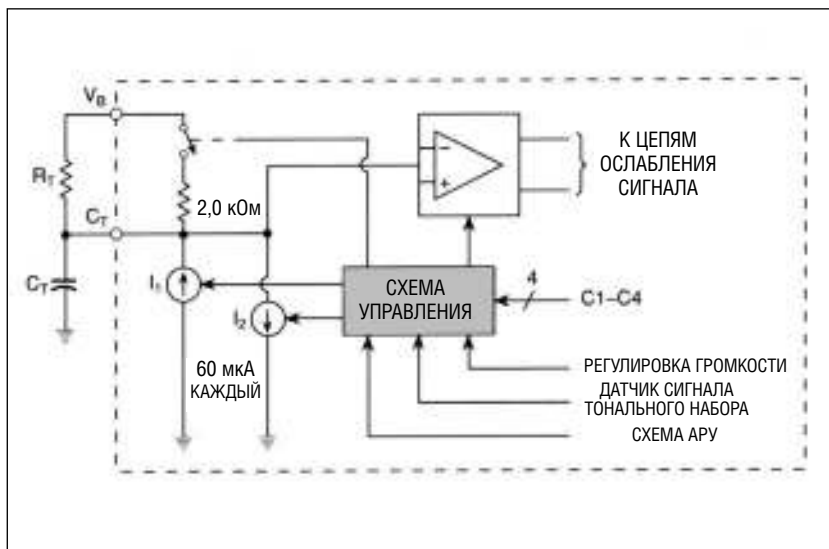


Схема управления работой цепями ослабления обрабатывает (различает) четыре уровня входного сигнала: сигналы двух уровней, поступающие от датчиков, контролирующих фоновый шум, сигналы двух уровней, поступающие от детекторов уровня сигналов, как это подробно изображено на рис. 5.12. На характеристики коммутации (переключения) также влияют настройки громкости звука, детектор тонального набора, а также схема АРУ. Каждый из этих факторов позволяет схеме управления работой цепей ослабления сигнала решать, когда производить передачу сигнала, а когда вести прием поступающего.

Датчики уровня сигнала

Интегральная микросхема МС34118 имеет два набора из двух датчиков (детекторов) уровня сигналов: два в тракте приема сигнала и два в тракте передачи сигнала. Датчики уровня сигнала являются немного более сложными устройствами по сравнению с компараторами с высоким коэффициентом усиления. Их состояние на выходе будет изменяться, когда входной сигнал будет становиться выше или ниже по сравнению с опорным сигналом. Чувствительность коммутации каждого датчика уровня сигнала может задаваться независимо с использованием индивидуальных РС-цепей. Схема, осуществляющая контроль над работой цепями ослабления сигнала, обрабатывает каждый из этих поступающих сигналов для того, чтобы определить действительный режим работы для спикерфона. Более подробная диаграмма установок (настроек) датчиков уровня сигналов показана на рис. 5.13.

Датчики контроля фонового шума, которые разрабатывались для того, чтобы быть способными отличать характеристики речевого сигнала от фонового шума, также используются в рассматриваемой интегральной микросхеме. Так как речевой сигнал имеет постоянно меняющиеся характеристики, а фоновый шум, как правило, является постоянным (или медленно меняющимся), то в подавляющем большинстве практически важных случаев не представляется очень уж большой сложностью разграничить эти два условия.

Усилители

Речевой сигнал, поступающий с электретного микрофона, будет усиливаться усилителем с несимметричным выходом с уровнем не менее 80 дБ. Такой подход гарантирует, что любой обнаруженный, даже весьма слабый, сигнал будет передан. Также добавлена возможность использовать режим «Отключение звука» для того, чтобы по желанию абонента обеспечить конфиденциальность. Если абонент вынужден будет обсудить что-нибудь вслух, но при этом его речь не должна быть услышана по телефону вторым абонентом, то первым может быть нажата на телефонном аппарате специальная кнопка режима «Отключение звука» — mute. Условие высокого уровня логического сигнала на выводе «отключение звука» отключит микрофонный усилитель и ослабит любой передаваемый сигнал. Условие низкого уровня логического сигнала восстановит прежнее положение в схеме. На рис. 5.14 приводится подробная схема микрофонного

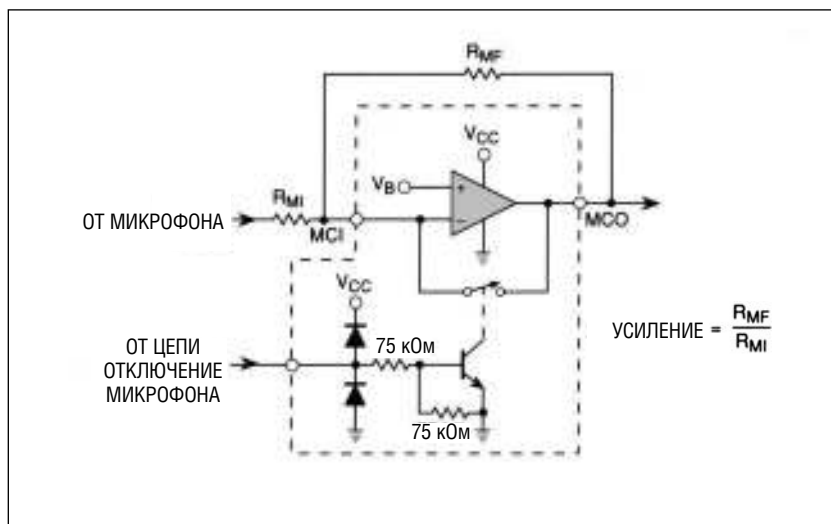


Рис. 5.14.
Схема микрофонного усилителя и цепи «отключение звука»
(с любезного разрешения компании Motorola Inc.)

усилителя и цепи, позволяющей осуществлять режим «Отключение звука».

Для создания гибридной схемы, осуществляющей интерфейс между 4-проводной схемой телефонной трубки и 2-проводной схемой абонентской линии связи, в рамках интегральной микросхемы MC34118 используются усилители. Усиление в гибридной схеме может задаваться внешними (навесными) элементами. В качестве фильтра в цепи принимаемого сигнала используется операционный усилитель. Соответствующим подбором соотношения между номинальными значениями сопротивлений резисторов и емкости конденсаторов может быть образован полосовой фильтр. Подобный фильтр будет ослаблять низкочастотный шум, такой, например, как фон переменного тока в линии связи, а также высокочастотные сигналы, которые могли бы вызвать проблемы с обратной связью.

Пример практического использования интегральной микросхемы MC34118

Базовая схема спикерфона, оставляющая при ведении разговора руки абонента не занятыми телефонной трубкой, представлена на рис. 5.15. Интегральная микросхема MC34118 компании Motorola составляет основную часть этой схемы. Рабочие параметры микросхемы устанавливаются с использованием минимального количества внешних резисторов и конденсаторов. В рассматриваемой конкретной микросхеме используется громкоговоритель, имеющий сопротивление катушки 25 Ом и мощ-

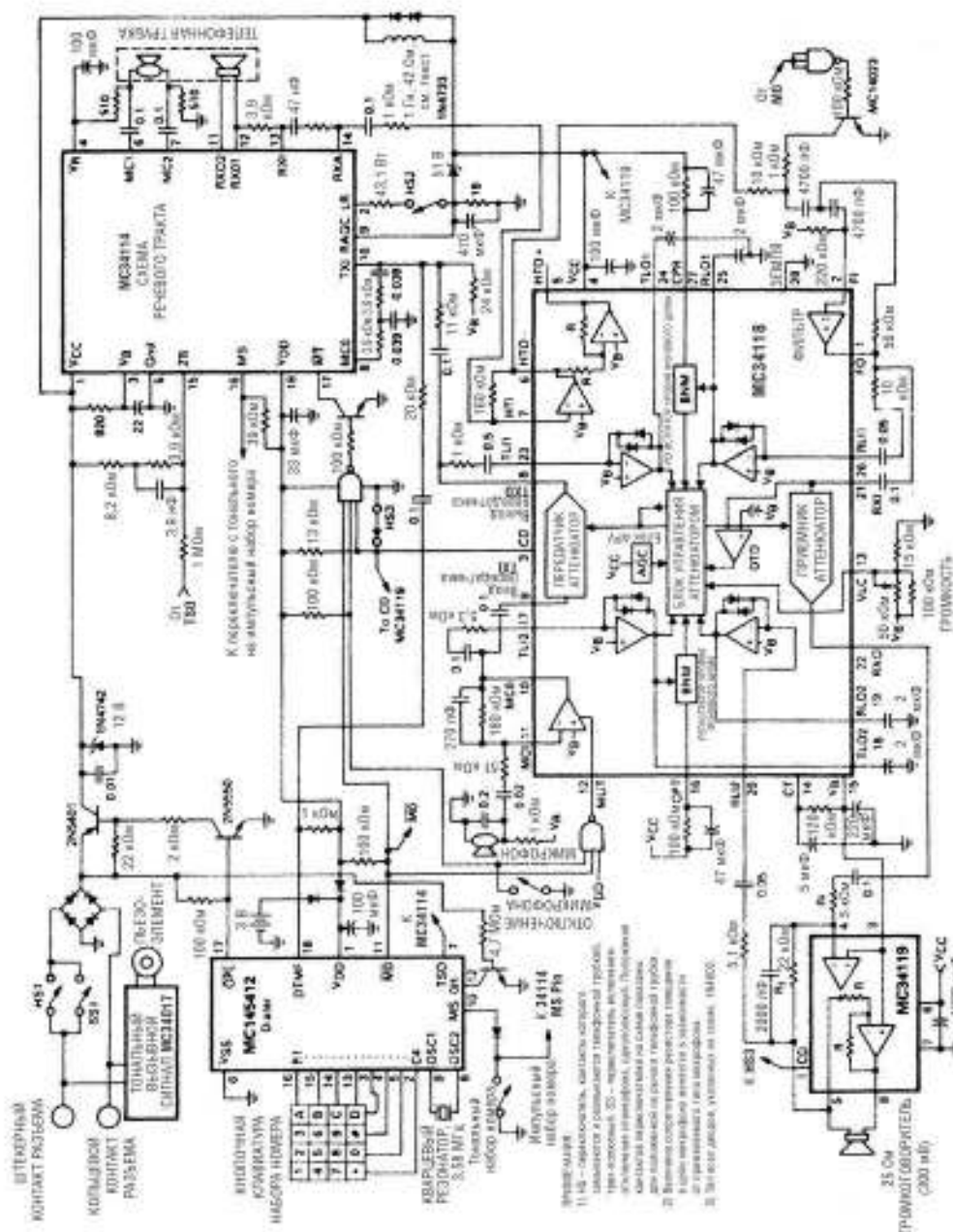
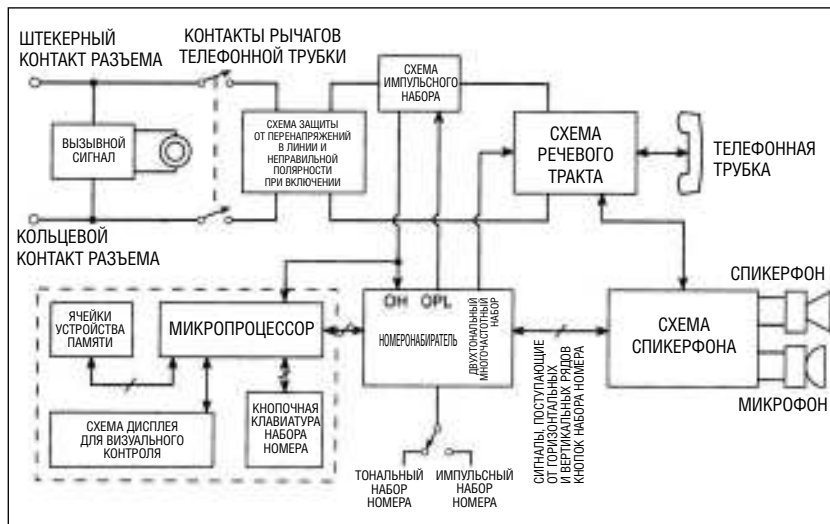


Рис. 5.16. Схема телефонного аппарата с импульсным и тональным набором, обеспечивающего повышенную комфортность пользования аппаратом (с любезного разрешения компании Motorola Inc.)

Рис. 5.17.
Блок-схема
спикерфона,
в которой
используются
расширенные
логико-
информационные
возможности



ность 300 мВт. Так как интегральная микросхема не предназначена для того, чтобы обеспечивать непосредственно достаточную выходную мощность для питания громкоговорителя, то в схеме используется дополнительный НЧ усилитель на базе интегральной микросхемы МС34119.

Хотя схема, приведенная на рис. 5.15, и представляет собой пример функционального использования интегральной микросхемы МС34118, она страдает от нескольких серьезных недостатков. Прежде всего, в ней отсутствует звонок вызова. Это означает, что она самостоятельно не в состоянии подать сигнал о поступившем вызове. Во вторых, в ней отсутствует средство набора номера, следовательно, отсутствует возможность подать сигнал на другой телефон. И последнее — в схеме совершенно не предусмотрена возможность пользования телефонной трубкой. Абонент ограничен в своих возможностях и вынужден пользоваться только громкоговорителем и микрофоном. Все эти недостатки были исключены в модели телефона/спикерфона, схема которого представлена на рис. 5.16.

Электронные схемы, питание которых осуществляется за счет напряжения абонентской телефонной линии и которые выполнены в виде интегральных микросхем МС34118 и МС34119, полностью совпадают со схемой, представленной на рис. 5.15, однако в них было сделано несколько весьма существенных улучшений. Интегральная микросхема МС34017, выполняющая функцию вызывного сигнала, обеспечивает подачу сигнала с изменяющимся рисунком звучания на прилагаемый к ней пьезоакустический элемент. Набор номера может осуществляться как тональным, так и импульсным методами за счет использования интегральной микросхемы номеронабирателя МС145412. Следует обратить внимание на батарею питания (гальванический

элемент) с напряжением 3 В, установленную за схемой номеронабирателя. Она обеспечивает батарейную поддержку для ячеек памяти, предназначенных для хранения телефонных номеров. В цепь с батареей добавлен диод, гарантирующий протекание тока только в одном направлении: от гальванического элемента. Диод предотвращает вынужденный подзаряд батарейки, когда напряжение в абонентской линии будет превышать напряжение батарейки. Интегральная микросхема МС34114 служит в качестве дополнительной цепи прохождения речевого сигнала, которая необходима при использовании телефонной трубки. Таким образом, при необходимости телефонный аппарат может переключаться из режима использования телефонной трубки в режим работы спикерфона, когда руки говорящего полностью свободны, и обратно — в режим пользования обычной телефонной трубкой.

Добавление в спикерфон расширенных логико-информационных возможностей

Хотя схема спикерфона не оснащена микропроцессорным интерфейсом, в нее можно добавить микропроцессор, как это показано на рис. 5.17. Иными словами, на рис. 5.17 приведена принципиальная блок-схема спикерфона, который способен работать в режиме тонального или импульсного набора и принципиальная схема которого совпадает со схемой, приведенной на рис. 5.16, за небольшим, но весьма существенным исключением, заключающимся в том, что в последней схеме дополнительно используется микропроцессорный модуль.

В данную схему дополнительно были введены электронные цепи, необходимые для подключения микропроцессора (микропроцессорный интерфейс), устройства памяти, подразделяющиеся на ПЗУ для хранения микропрограмм и оперативную, или рабочую, а также буквенно-цифровой дисплей. Следует отметить, что и в этом случае кнопочная клавиатура используется для ввода в микропроцессор сигналов матрицы, образованной строками и колонками кнопочной клавиатуры. Микропроцессор определяет состояние, поднята ли телефонная трубка или же она лежит на рычагах, после чего решает, будет ли введенная цифра послана на схему номеронабирателя либо будет интерпретироваться в качестве командного кода, предназначенного для обновления визуальной информации на дисплее или других рабочих параметров, таких как время или дата.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Все функции, которые необходимы для обеспечения нормального функционирования телефонного аппарата, могут выполняться элементами схемы, выполненными в составе полупроводниковой однокристалльной интегральной микросхемы.
2. Добавление микропроцессорного модуля в схему телефонного аппарата позволяет осуществлять большое количество дополнительных и разнообразных функций, которые принято обозначать как дополнительные логико-информационные возможности (или расширенные интеллектуальные возможности), причем дополнительные затраты при введении таких изменений минимальны или же вовсе отсутствуют.
3. Интегральные телефонные микросхемы при питании от абонентской линии связи в состоянии сохранять свою работоспособность при снижении напряжения в линии вплоть до значения 1,4 В.
4. Схемы и приборы, выполненные с использованием КМОП-структур и логических схем интегральной инжекционной логики (I^2L), достаточно часто применяются в телефонных интегральных микросхемах из-за очень широкого диапазона допустимых изменений рабочего напряжения и нечувствительности к помехам и шумам.
5. Любая функция, выполняемая телефонной интегральной микросхемой, может быть достаточно просто оптимизирована с использованием минимального количества подстроечных резисторов и конденсаторов.
6. Применение любого микропроцессорного модуля потребует использования некоторого минимального объема постоянной (ПЗУ, или ROM) и оперативной (ОЗУ, или RAM) памяти.
7. Спикерфоны, или телефонные аппараты, обеспечивающие свободу рук при ведении разговора, позволяют абоненту говорить или слушать собеседника, находящегося на другом конце провода, из любой точки помещения, где установлен телефонный аппарат.
8. При разработке конструкции спикерфона основная проблема была связана с возникающей при разговоре обратной связью.
9. Схемы коммутации, усиления сигнала и контрольных датчиков, необходимые для работы спикерфона, могут быть созданы на базе однокристалльной интегральной микросхемы.
10. Микропроцессорный модуль может быть добавлен практически к любой интегральной телефонной микросхеме.

Контрольные вопросы к главе 5

1. Какой из элементов, обеспечивающих выполнение нижеприведенных функций, не является обязательным в интегральной телефонной микросхеме:
 - а) стабилизатор напряжения;
 - б) номеронабиратель;
 - в) визуально-контрольный дисплей;
 - г) схема прохождения речевого сигнала.
2. Что необходимо микропроцессорному модулю, чтобы нормально взаимодействовать с цепями телефона:
 - а) постоянное запоминающее устройство (ПЗУ, или ROM);
 - б) оперативное запоминающее устройство (ОЗУ, или RAM);
 - в) специализированная схема интерфейса в телефоне;
 - г) элементы, указанные в пп. а и б.
3. Стабилизатор напряжения, имеющийся в телефонной интегральной микросхеме, управляет:
 - а) амплитудой сигнала;
 - б) током;
 - в) напряжением;
 - г) элементами, указанными в пп. б и в.
4. Сокращение «КМОП-структура» означает:
 - а) покрытый слоем металла кремний;
 - б) соответствующую полупроводниковую структуру металл-окисел-кремний;
 - в) комплементарную структуру металл-окисел-полупроводник;
 - г) ни одно из вышеперечисленных значений.
5. Сокращение «И²Л (I²L)» означает:
 - а) логическую схему внутреннего сумматора;
 - б) логическую схему итеративной инжекционной логики;
 - в) логическую схему интегральной инжекционной логики;
 - г) ни одно из вышеперечисленных значений.
6. В телефонных интегральных микросхемах защита от скачков напряжения, вызванных переходными процессами, обычно выполняется с использованием:
 - а) мостовых выпрямительных схем;
 - б) полупроводниковых стабилитронов;
 - в) индуктивностей;
 - г) варисторов.

7. Рабочие характеристики схем интегрированных вместе телефонов и спикерфонов оптимизируются путем использования:
- а) резисторов;
 - б) индуктивностей;
 - в) туннельных диодов;
 - г) конденсаторов;
 - д) элементов, указанных в пунктах а и г.
8. Спикерфон обеспечивает работу в режиме:
- а) дуплексной (одновременной двухсторонней) связи;
 - б) полудуплексной (поочередной двухсторонней) связи;
 - в) открытой дуплексной связи;
 - г) компьютерной связи.
9. Выражение «Невозможно создать схему интерфейса микропроцессора и спикерфона» является:
- а) правильным;
 - б) неверным.
10. Выражение «Интегрированный телефонный аппарат по сравнению со спикерфоном обеспечивает более высокое усиление передаваемого и принимаемого сигналов» является:
- а) правильным;
 - б) неверным.

Глава 6. Техника цифровой передачи

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В этой главе объясняются основные положения использования цифровой техники для передачи телефонных сигналов. В ней рассматриваются системы, в которых используются импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) и мультиплексная передача с временным разделением (уплотнением) каналов, а также производится сравнение с системами передачи аналогового сигнала. Техника передачи цифрового сигнала оперирует с информацией, полностью представленной в дискретной или цифровой форме. Для лучшего понимания процессов, происходящих при цифровой передаче данных, необходимо рассмотреть некоторые ключевые понятия о природе цифрового сигнала.

ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ

Цифровой сигнал, о котором очень кратко упоминалось в главе 1, представляет собой комбинацию отдельных (или дискретных) элементов, получивших наименование «бит». Бит может принимать только одно из двух возможных значений: либо значение единицы (1), либо значение нуля (0). Значения 0 и 1 могут быть поставлены в соответствие большому количеству двухзначных (или парных) условий: это могут быть состояния «включено-выключено», условие протекания тока или его отсутствия в цепи, состояние высокого уровня напряжения или состояние низкого уровня напряжения на участке цепи, состояние достоверного (истинного) или ложного и т.д. Для лучшего понимания всего вышесказанного следует обратиться к рис. 6.1а.

Цифровой сигнал представляет последовательность битов, которые могут принимать одно из двух значений.

Одноразрядные цифровые сигналы

Цифровой сигнал, представленный на рис. 6.1а, изменяет свое значение от уровня 0 до уровня 1, а затем обратно, по мере того, как изменяется переменная координата, имеющая размерность времени. Состояния 0 и 1 также могут быть представлены значениями напряжения, как это изображено на рис. 6.1б: напряжение +5 В будет соответствовать уровню 1, а напряжение 0 В будет соответствовать уровню 0. Далее, форма сигнала, представленного на рис. 6.1б, может быть получена путем измерения напряжения на переключателе S_0 , установленном в электрической цепи, показанной на рис. 6.1в,

Цифровой сигнал в электрической цепи может быть образован путем механического замыкания или размыкания контактов переключателя, производимого в строго фиксированные промежутки времени. Напряжение выходного сигнала, графически воспроизведенное по оси времени, будет представлять последовательность цифровых сигналов.

контакты которого замыкаются и размыкаются через определенные интервалы времени. Для того чтобы получить рассматриваемую форму сигнала, контакты переключателя S_0 должны быть разомкнутыми в течение одной секунды, затем быть замкнутыми в течение одной секунды, затем оставаться разомкнутыми в течение четырех секунд, замкнутыми в течение двух секунд, разомкнутыми в течение трех секунд, замкнутыми в течение одной секунды, разомкнутыми в течение одной секунды, замкнутыми в течение одной секунды и разомкнутыми в течение двух секунд.

Хотя данный пример и оказывается полезным для понимания природы цифрового сигнала, читатель уже осознал, что подвижные контакты переключателя S_0 , изображенного на рис. 6.1в, перемещающиеся взад и вперед для формирования сигнала, а также измерение состояний дискретных значений сигнала с использованием вольтметра было бы слишком медленным процессом для реально действующих цифровых систем. Электронные схемы распознают уровни и значения цифровых сигналов, а также передают эти состояния между электронными цепями со скоростью нескольких миллиардов в секунду (1×10^9 с), так что за мгновение ока будут произведены миллионы операций.

Цепь L1, представленная на рис. 6.1в, может рассматриваться в качестве цепи управления или контроля в любой цифровой системе либо же, говоря более профессионально, она может рассматриваться в качестве цепи управления коммутируемой линией связи. Если постоянно определять уровень сигнала в цепи L1, то можно определять состояние цепи управления.

Многоразрядные цифровые сигналы — с последовательной поразрядной передачей

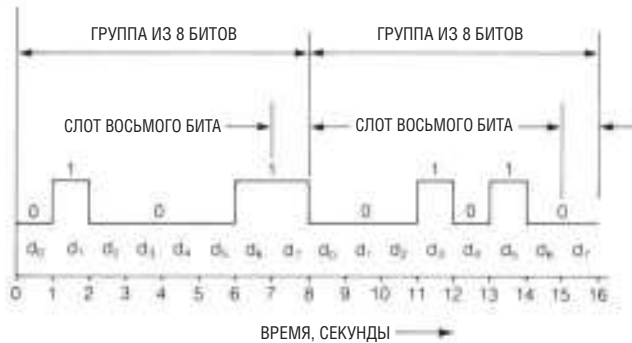
Последовательная поразрядная (или побитовая) передача может быть представлена в виде непрерывного потока сигналов высокого и низкого уровня (например, наличия напряжения или его отсутствия), проходящего с постоянной скоростью по электрической цепи.

Если информация, которая находится в цепи L1, изображенной на рис. 6.1в, должна быть перемещена или передана в другое место расположения, то она должна быть передана в последовательном виде. Последовательная передача может быть представлена следующим образом: цифровые сигналы, заключающие в себе некую информацию и представленную в дискретном виде, последовательно проходят какую-то фиксированную точку, последовательно, бит за битом, при этом каждый последующий бит в последовательный момент времени. Например, если на рис. 6.1а за такую фиксированную точку принять ось Y (по которой откладывается уровень двоичного сигнала), а сигнал перемещался бы влево с изменением времени, то для первой секунды наблюдался бы нулевой уровень сигнала, пересекающего точку начала координат, затем уровень сигнала изменился

бы на 1 и оставался бы таковым в течение одной секунды. Затем, в следующую секунду, уровень сигнала изменился бы обратно к 0 и оставался бы на уровне 0 в течение следующих четырех секунд, и т.д. Следовательно, если бы какой-нибудь наблюдатель фиксировал биты, проходящие через точку начала координат (или ось Y), то за первые восемь секунд он мог бы наблюдать сигнал в виде следующей комбинации битов:

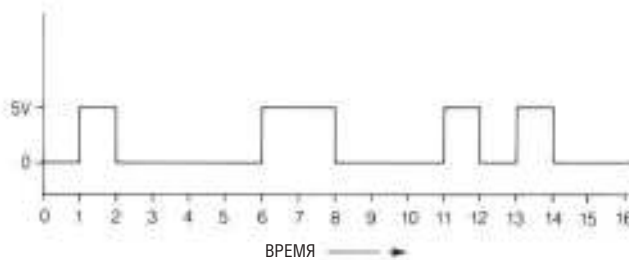
0 1 0 0 0 1 1

УРОВЕНЬ БИНАРНОГО ЛОГИЧЕСКОГО СИГНАЛА



а. Уровни сигнала, соответствующие 0 и 1

УРОВНИ СИГНАЛА,
ВЫРАЖЕННЫЕ В ВОЛЬТАХ



б. Состояния, представленные уровнями сигнала в вольтах



в. Электрическая схема

Рис. 6.1.
Цифровые
сигналы:
одноразрядные
и многоразрядные
с последовательной
поразрядной
передачей

В следующие восемь секунд комбинация битов, или код, была бы:

0 0 0 1 0 1 0 0

Многоразрядные цифровые сигналы — с параллельной поразрядной передачей

Параллельная побитовая передача может быть представлена в виде двух или более непрерывных потоков сигналов высокого и низкого уровня, проходящих с постоянной скоростью по двум или более электрическим цепям одновременно. При трехразрядной обработке сигнала существует три уровня сигнала.

Далее следует предположить, что вместо одного переключателя, изображенного на рис. 6.1в, в схеме установлено три переключателя, как это показано на рис. 6.2а. Каждый переключатель переключается, как и прежде, через каждую секунду, однако, та комбинация символов 0 и 1, которые они генерируют, для каждого переключателя оказывается независимой. При этом все переключения начинаются в один и тот же момент времени, то есть синхронно, поэтому если переключатель изменил свое состояние, то он меняет его в тот же самый момент времени, что и остальные переключатели.

Комбинации нулей и единиц, которые генерируются каждым из трех переключателей, для рассматриваемого конкретного случая изображены на рис. 6.2б. Как показано на рис. 6.2а, каждая из комбинаций символов (или уровней) фиксировалась с использованием измерительного устройства, установленного на каждой линии и измерявшего напряжение точно таким же образом, как это делалось для схемы, изображенной на рис. 6.1в. Эти измерительные устройства будут необходимы для того, чтобы объяснить другой принцип передачи данных, используемый в цифровой технике, — принцип параллельной поразрядной обработки сигнала.

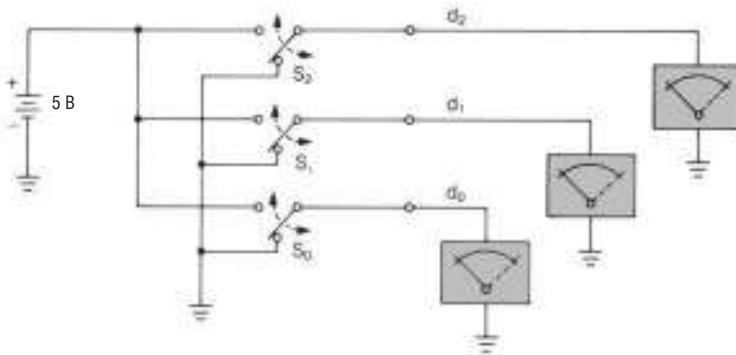
Три бита могут образовывать восемь различных комбинаций. Каждая из таких комбинаций, или код, могут представлять характерный номер или символ.

Комбинации символов, изображенные на рис. 6.2б, могут точно так же быть представлены в наглядной форме последовательных символов, как это делалось на рис. 6.1а. Точка для фиксирования опять будет совпадать с началом координат или с осью Y. Однако в рассматриваемом случае все три сигнала должны будут пересекать точку начала координат одновременно. Поэтому из соображений однозначности каждой из комбинаций необходимо приписать положение бита: d_0 — для комбинации битов S_0 , d_1 — для комбинации битов S_1 и d_2 — для комбинации битов S_2 .

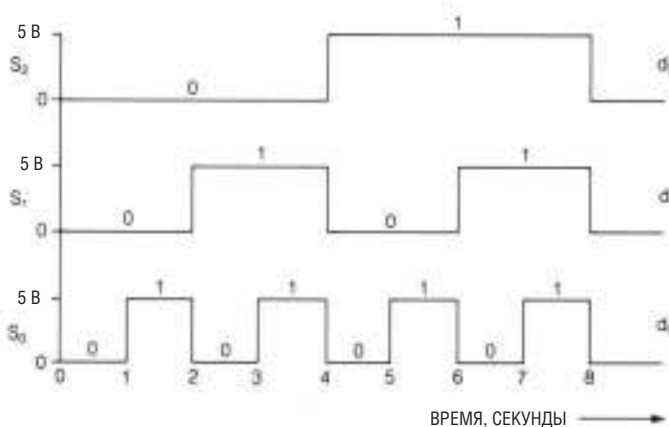
В момент начала процесса (в момент времени, равный нулю секунд) $d_0 = 0$, $d_1 = 0$ и $d_2 = 0$. Код в нулевой момент времени можно обозначить в виде комбинации битов 000. Спустя одну секунду код изменится, то есть $d_0 = 1$, $d_1 = 0$ и $d_2 = 0$. Все биты кода пересекают точку начала координат в один и тот же момент времени, следовательно, все биты появляются (то есть являются выходным сигналом) параллельно. Такой прием в цифровой технике получил название параллельной побитовой обработки.

Двоичные (или бинарные) сигналы, либо коды, генерирующиеся для различных комбинаций d_0 , d_1 и d_2 в различные периоды времени, приведены в виде таблицы, изображенной на рис. 6.3. Колонка 2 показывает, что с использованием всех возможных комбинаций из трех битов могут быть образованы восемь различных кодов. В общем виде это правило может быть выражено следующим образом: если имеется N битов, то может быть образовано 2^N различных кодов (битовых комбинаций из 0 и 1), которые могут быть использованы для идентификации 2^N различных условий. Как показано в таблице,

Рис. 6.2.
Цифровые сигналы
с параллельной
порядковой
передачей



а. Электрическая схема



б. Уровни напряжений

Рис. 6.3.
Таблица двоичных
сигналов,
генерирующихся для
различных
комбинаций d_0, d_1, d_2
в различные периоды
времени

По истечении времени в секундах	Двоичные сигналы			Эквивалентное число десятичной системы	Другие возможные эквивалентные значения
	d_2	d_1	d_0		
0	0	0	0	0	А
1	0	0	1	1	Останов.
2	0	1	0	2	Вперед
3	0	1	1	3	В
4	1	0	0	4	Откл.
5	1	0	1	5	Вкл.
6	1	1	0	6	Направо
7	1	1	1	7	Налево
Восемь различных отрезков времени	Восемь различных комбинаций сигнала			Восемь различных десятичных чисел	Восемь различных символов или команд

приведенной на рис. 6.3, восемь кодов могут представлять (изображать) либо числа от 0 до 7, либо объединение из 8 различных команд и (или) символов (знаков, букв). Любой номер, имеющий различное количество цифр, может быть представлен простым добавлением большего количества позиций в битовую комбинацию. Группа, состоящая из восьми битов, является наиболее часто используемой в телефонных системах связи. С их использованием можно представить 256 различных состояний (условий).

Каким образом представляются числа?

В десятичной системе счисления используется 10 значащих цифр — от 0 до 9. Они составляют основание (или базу) десятичной системы счисления. В десятичной системе счисления числа принято располагать справа налево, когда первая цифра представляет разряд единиц (10^0), вторая цифра представляет разряд десятков (10^1), третья цифра — разряд сотен (10^2) и т.д. При переходе к более старшему разряду значение числа возрастает, при этом увеличение кратно числу 10 в степени, показатель которой равняется числу разрядных переходов.

Бинарная, или двоичная, система счисления в качестве базы имеет число 2. В подавляющем большинстве случаев числа располагаются справа налево, точно так же, как и в десятичной системе счисления. Самый правый разряд, d_0 , образует разряд единиц (2^0), второй разряд, d_1 , составляет разряд двоек (2^1), третий разряд, d_2 , образует разряд четверок (2^2), четвертый разряд составляет разряд восьмерок (2^3) и т.д. В каждом более старшем разряде значение цифры возрастает, увеличение пропорционально числу 2 в соответствующей степени. В табл. 6.1 приводится сравнение двух систем счисления.

В десятичной системе счисления при переходе справа налево от одного разряда к более высокому значение разрядной цифры возрастает, увеличение равно числу 10 в степени, показатель которой равен количеству разрядных переходов. В двоичной, или бинарной, системе счисления при переходе от одного разряда к другому, более высокому, значение цифры возрастает, увеличение равно числу 2 в степени, показатель которой равен количеству разрядных переходов.

	Десятичная система счисления (основание 10)				Двоичная система счисления (основание 2)				
Разряд	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Разрядные значения	1000 (Тысячи)	100 (Сотни)	10 (Десятки)	1 (Единицы)	16	8	4	2	1

Таблица 6.1.
Сравнение значений чисел в зависимости от занимаемого разряда

Для того чтобы использовать эти разрядные значения для кода, представленного на рис. 6.3, необходимо взять значения в тех разрядах, где имеются единицы; последующее складывание этих значений позволяет получить эквивалентное число в десятичной системе счисления. Например, преобразование двоичного кода 011 в десятичное число выполняется следующим образом:

$$\begin{aligned}(1 \times d_0) + (1 \times d_1) + (0 \times d_2) &= \\(1 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 4) &= \\1 + 2 + 0 &= 3.\end{aligned}$$

Представление информации с использованием двоичных кодов

Для того чтобы отобразить информационные данные, биты могут быть сгруппированы несколькими различными способами. В одном из способов каждая 8-битовая группа используется для того, чтобы отобразить число или символ. Такая группа из 8 битов получила название байта.

В случаях когда символы двоичного кода используются для отображения или представления информации вне зависимости от того, будут они обрабатываться или формироваться последовательно или параллельно, процесс передачи информации может осуществляться несколькими различными способами. Первый путь заключается в использовании законченных групп, образованных отдельными битами.

На рис. 6.1а в качестве иллюстрации приводится восьмиразрядная (или 8-битовая) группа, являющаяся общепринятым способом организации (группирования) битов как в системах телефонной связи, так и в различных цифровых системах. Все биты, образующие данную группу, служат для однозначного распознавания информации. 8-битовая группа образует уникальный код, позволяющий распознавать состояния информации, которая была представлена в цифровой форме. Биты в каждой 8-битовой группе, как это явствует из рис. 6.1а, пронумерованы, начиная с d_0 и кончая d_7 , при этом бит, расположенный под номером d_0 , называется самым младшим разрядным битом (или битом самого младшего двоичного разряда, LSB), а бит d_7 — самым старшим значащим разрядным битом (битом самого старшего двоичного разряда, MSB).

Как дополнение к использованию в качестве кода законченных битовых групп часто используются особые индивидуальные биты, находящиеся внутри группы, которые предназначены для управления особыми функциями либо для обозначения особого состояния. Наиболее типичным примером из области цифровой телефонной связи является установление (назначение) для одного из битов в группе состояния, которое бы однозначно указывало, лежит ли трубка телефонного аппарата на рычагах или она снята с них. Пример, приведенный на рис. 6.1а, наглядно демонстрирует такой подход.

При ином подходе какому-то конкретному биту предписывается функция указывать какое-нибудь особое состояние либо какую-нибудь возможность.

Бит d_7 из 8-битовой группы используется для того, чтобы характеризовать (указывать) состояние абонентского телефонного аппарата. Когда телефонная трубка снята с рычагов, биту d_7 соответствует логический сигнал высокого уровня, или равный логической 1, когда же телефонная трубка лежит на рычагах, биту d_7 соответствует логический сигнал низкого уровня, или равный логическому 0. Следовательно, для ситуации, изображенной на рис. 6.1а, когда поступают биты, входящие в первую 8-битовую группу (случай последовательного метода обработки сигнала), биту d_7 соответствует сигнал, равный логической 1, и система связи распознает, что телефонная трубка поднята с рычагов. Когда поступает вторая 8-битовая группа, биту d_7 соответствует сигнал, равный логическому 0, поэтому будет определено состояние телефона, при котором телефонная трубка лежит на рычагах. Другие биты, находящиеся на иных позициях (в других разрядах), могут использоваться подобным же образом для идентификации сигналов управления и контроля.

Третий прием при передаче информации заключается в использовании подгруппы битов. В качестве примера следует предположить, что код, образованной 8-битовой группой, разбит на подгруппы следующим образом:

010	1100	1
A	B	C

В третьем методе используется прием подразделения группы битов на подгруппы, при этом каждая подгруппа представляет символ или букву в группе символов.

При этом способе три первых бита кода, подгруппа A, могут быть использованы для идентификации одного из восьми различных региональных центров связи. Следующие четыре бита, образующие подгруппу B, могут использоваться для совершенно иных целей, например для идентификации одной из 16 магистральных линий. Последние биты, образующие подгруппу C, могут опять быть использованы для идентификации положения телефонной трубки (поднята ли она с рычагов или же лежит на рычагах).

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ

В силу того что ранние системы телефонной связи были полностью аналоговыми (а большая часть систем связи в мире и по сей день остаются таковыми), возникает необходимость преобразования аналоговых сигналов в цифровые, чтобы они могли передаваться по цифровым каналам связи с использованием цифровой техники. Когда же цифровой сигнал поступает в пункт назначения, он должен быть преобразован обратно в аналоговую форму. Необходимо кратко ознакомиться с этими двумя методами взаимного преобразования сигналов.

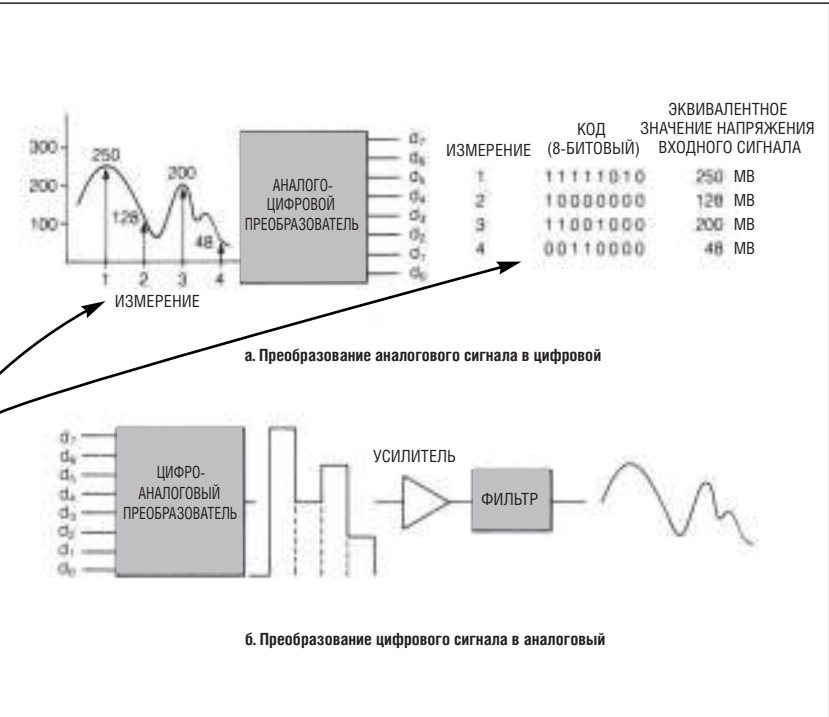
Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму

Для того чтобы преобразовать аналоговый сигнал в цифровой, непрерывный диапазон уровней напряжения аналогового сигнала разбивается на ряд дискретных отрезков, для каждого из которых величина напряжения представляется в виде однозначно определяемого 8-битового кода.

На рис. 6.4а показаны основные этапы преобразования аналогового сигнала в цифровой. Входной сигнал представляет непрерывно изменяющийся электрический аналог речевого сигнала, поступившего на вход микрофонного капсюля телефона. В строго определенные промежутки времени входной аналоговый сигнал измеряется, и полученное значение напряжения преобразуется в эквивалентный цифровой код. В рассматриваемом примере используется 8-битовый код. Код на выходе преобразователя представляет параллельный сигнал в конкретный момент времени, когда производится измерение входного сигнала, и его значение представляет значение измеренного напряжения (аналогового сигнала). Параллельные коды для передачи преобразуются в форму последовательно обрабатываемого сигнала. После поступления в место назначения они преобразуются обратно в последовательную форму, в которой они поступают на цифро-аналоговый преобразователь.

Рис. 6.4.
Преобразования
сигналов

Результаты измерений значения напряжения в указанных точках преобразуются в эти коды



Преобразование цифрового сигнала в аналоговый

Как продемонстрировано на рис. 6.4б, из поступающего входного 8-разрядного параллельного кода в цифро-аналоговом преобразователе для каждого однозначно определяемого кода в качестве выходного сигнала задается уровень напряжения. Полученный в результате преобразования уровень напряжения остается постоянным в течение времени, равном периоду времени измерения, поэтому выходной сигнал будет иметь ступенчатую форму. Если выходной сигнал, имеющий ярко выраженную ступенчатую форму, пропустить через схемы усилителя и фильтра, то подобная операция восстанавливает форму сигнала, делая его очень близким по форме к исходному аналоговому, то есть имеющему сглаженную форму и непрерывно изменяющееся значение амплитуды. Чем большее количество операций измерения напряжения проводилось в течение заданного промежутка времени аналого-цифровым преобразователем, тем более точно удастся впоследствии воспроизвести форму сигнала на выходе цифро-аналогового преобразователя.

Для того чтобы преобразовать цифровой сигнал в аналоговый, на вход цифро-аналогового преобразователя подаются цифровые сигналы, которые после обратного преобразования представляют собой похожий, но не непрерывный, а ступенчато изменяющийся сигнал. Затем этот ступенчатый сигнал подается на схему, образованную усилителем и фильтром и производящую сглаживание полученного выходного сигнала, после чего он начинает представлять достаточно точную копию исходного сигнала.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Процесс замены аналоговых телефонных сетей на цифровые очень интенсивно начал происходить начиная с 1962 г., когда компанией Bell System в Чикаго была установлена первая цифровая система для передачи речевого сигнала. Этот стремительный порыв переводить аналоговые телефонные сети на цифровые технологии не вызвал затруднений просто из-за уже существующего к тому моменту и все время возрастающего спроса на системы передачи данных между вычислительными машинами. Более того, преимущества использования цифровой передачи применительно к речевому сигналу были настолько впечатляющими, что даже возможное желание производителей продолжить установку аналоговых систем телефонной связи оказалось бы просто экономически разорительным. Поэтому следует более подробно остановиться на некоторых, особенно впечатляющих преимуществах цифровых систем.

Преимущества цифровых систем связи

Снижение издержек при использовании интегральных микросхем общего назначения

В телефонных сетях и коммутационном оборудовании, предназначенном для использования в цифровых системах связи,

При производстве и эксплуатации телефонных аппаратов все более выгодным с экономической точки зрения становится использование цифровых электронных микросхем по сравнению с аналоговыми образцами.

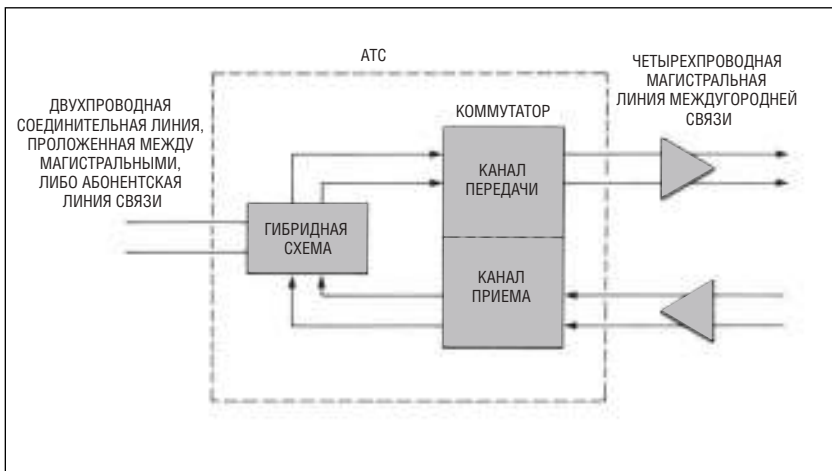
можно использовать те же самые типы логических интегральных микросхем, которые применяются в цифровой по своей природе компьютерной технике. Стоимость цифровых интегральных микросхем общего назначения уменьшалась практически вдвое через каждые три года, причем данная тенденция наблюдается практически на протяжении последних 20 лет. Стоимость же аналоговых интегральных микросхем снижается гораздо более медленными темпами. В результате цифровые системы стоят все меньше, и по мере того, как все большее количество систем устанавливается, их стоимость продолжает еще больше снижаться. В настоящее время практически прекратилась разработка аналогового коммутационного оборудования, за исключением, возможно, уж совсем небольших по емкости образцов телефонных станций. В результате объемы их производства падают, что приводит к увеличению стоимости аналогового оборудования.

Функции, выполняемые с использованием интегральных микросхем широкого применения

В тех случаях когда как система передачи сигнала, так и телефонная станция являются цифровыми, оказывается возможным отказаться от гибридной схемы, схемы подавления эхо-сигнала, а также части других аналоговых схем.

В тех случаях когда оборудование, обеспечивающее передачу сигнала, и телефонная станция являются полностью цифровыми, то представляется возможность объединить функции передачи сигнала и коммутации таким образом, что отпадает необходимость применения большей части традиционно используемых схем интерфейса, таких, например, как схема согласования 2-проводной абонентской линии и 4-проводных магистральных линий связи (либо гибридной схемы), изображенная на рис. 6.5.

Рис. 6.5.
Схема интерфейса между двухпроводной и четырехпроводной телефонными линиями, используемая в аналоговых магистральных линиях связи



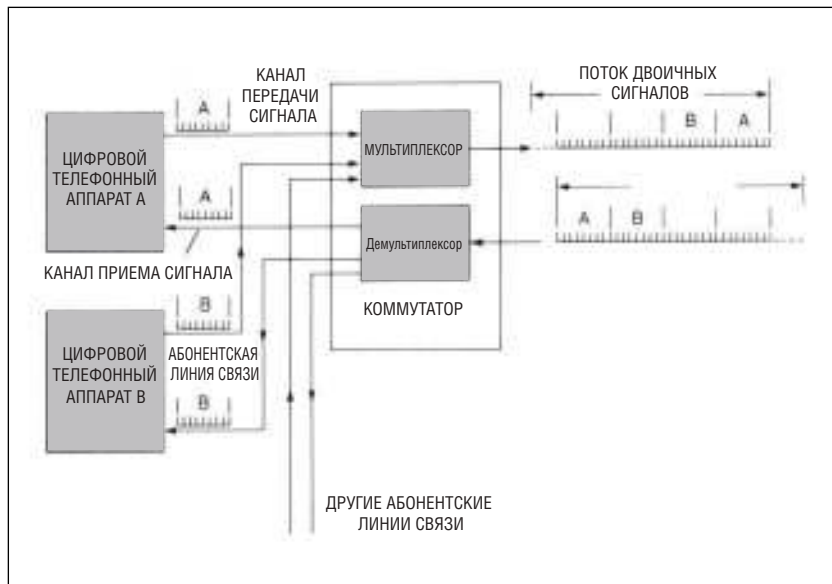


Рис. 6.6.
Схема цифрового
канала телефонной
связи, в которой
используется метод
мультиплексирования

На рис. 6.6 в очень упрощенном виде показано окончательное оборудование, которое применяется в системе телефонной связи (от одного телефонного аппарата до другого), использующей оборудование, предназначенное для передачи только цифровых сигналов. В каждом телефонном аппарате речевой сигнал преобразуется непосредственно в цифровую форму. Раздельные цепи, предназначенные для передаваемого и принимаемого сигналов, передают сигнал от каждого из телефонных аппаратов в коммутатор каналов, или мультиплексор. В рассматриваемом примере сигналы от каждого из телефонных аппаратов обозначены буквами А и В соответственно. Цифровая АТС мультиплексирует этот и другие сигналы в непрерывный поток двоичных сигналов. (Этот процесс будет рассмотрен немного позже.) Поток двоичных сигналов (или битовый поток) передается в последовательном виде в демультиплексор, установленный на АТС в точке назначения. Этот процесс изображен в виде функции приема на рис. 6.6. АТС выделяет отдельные сигналы из общего потока двоичных сигналов и направляет их на требуемый телефонный аппарат.

Отсутствие необходимости использовать гибридную схему, схему подавления эхо-сигнала и иных аналоговых устройств значительно снижает стоимость оборудования, а также значительно увеличивает качество передачи речевого сигнала при дальних и междугородних разговорах. На практике действительно реализуется ситуация, когда при полностью цифровом способе передачи речевого сигнала

По сравнению с системами аналогового мультиплексирования, цифровое мультиплексирование осуществляется с гораздо меньшими затратами.

от пункта назначения до пункта приема качество междугородного разговора вне зависимости от расстояния остается точно таким же, что и при местных разговорах.

Более простое осуществление мультиплексирования

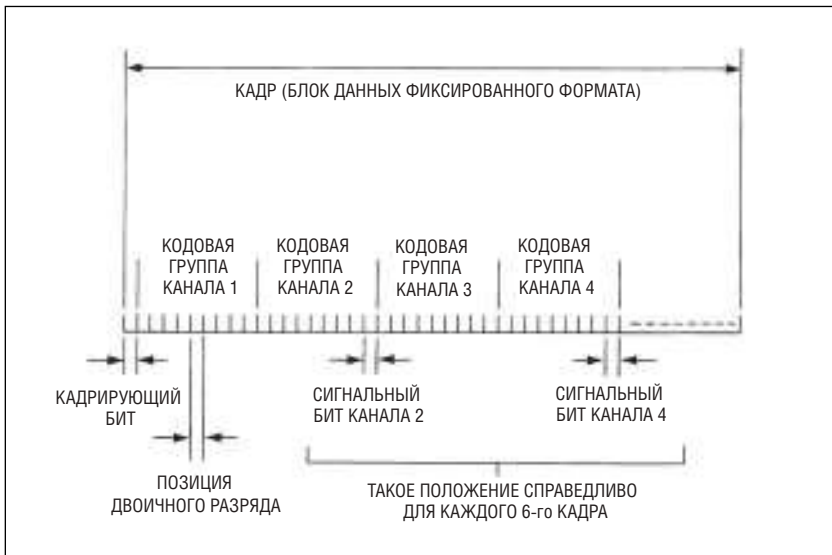
Передача сигнала о текущем положении телефонной трубки аппарата выполняется путем выделения одного сигнального бита на канал, с помощью которого и указывается состояние телефона.

Цифровые сигналы очень легко мультиплексируются, для чего может быть использована цифровая логическая интегральная микросхема невысокой стоимости, о которой уже упоминалось выше. Фильтры, которые необходимо использовать для разделения каналов, гораздо проще по сравнению с фильтрами для мультиплексирования аналоговых сигналов, а необходимость использования индивидуальной пары проводов для передачи сигнала при мультиплексировании значительно снижается.

Более простое осуществление управления и контроля

Передача сигналов управления, осуществляющих контроль за каналом и набором номера, осуществляется гораздо проще и дешевле. Эти сигналы являются, без всяких сомнений, цифровыми; например, сигналы, соответствующие снятой или лежащей на рычагах телефонной трубке и последовательности импульсов набираемого номера, представляют двоичные сигналы с уровнями, соответствующими логическим 0 и 1, и могут быть попросту представлены с использованием другого бита в передаваемом потоке цифровых сигналов, как это показано на рис. 6.7.

Рис. 6.7.
Передача сигналов
управления
и контроля
в цифровом
битовом потоке



Более высокая помехозащищенность в присутствии шумов

Двоичные сигналы, поскольку они представлены импульсами, имеющими строго определенную и одинаковую форму, могут быть очень легко восстановлены в случаях, когда они оказываются искаженными шумовыми сигналами. Данный процесс иллюстрируется на рис. 6.8 для различных участков цифровой линии связи. На рис. 6.8а показан биполярный битовый поток. Этот слегка отличающийся формат получил название биполярного, так как единицы, входящие в код, могут изменять свой знак как на положительный, так и отрицательный относительно уровня логического нуля. Формат, представленный на рис. 6.1а, называется нейтральным битовым потоком, так как уровень логической единицы всегда имеет положительное значение относительно уровня сигнала логического нуля. С точки зрения терминологии связи прием, продемонстрированный на рис. 6.8, дает возможность осуществлять связь при низком значении отношения уровня сигнала к уровню шума. Для аналоговых систем связи отношение уровня сигнала к уровню шума должно составлять от 40 до 50 дБ, чтобы обеспечить приемлемое качество передачи речи. Это связано с тем, что сигнал шума усиливается схемой наравне с речевым сигналом, поэтому допустимым может быть только очень незначительный уровень шума. Цифровые системы обеспечивают сохранение работоспособности без помех при отношениях уровня сигнала к шуму, имеющих очень низкое значение, от 15 до 25 дБ, при этом не происходит усиления шума.

В усилителях-повторителях (рис. 6.9) каждый импульс восстанавливается до той же самой формы, с какой он начинал передаваться, что исключает добавление шума на всем пути прохождения речевого сигнала по линии связи. Так как сигнал шума не смешивается и не усиливается с полезным сигналом, речевой сигнал на приемном конце телефонной линии протяженностью 2 тыс. миль настолько же четкий и не имеющий шума, как если бы он передавался по линии связи, имеющей длину всего в 2 мили. Чем чаще устанавливаются повторители, тем ниже вероятность, что цифровые импульсы будут искажены за счет воздействия шума, и тем выше будет оставаться отношение полезного сигнала к шуму. Таким образом, скорость появления ошибок на всем пути прохождения сигнала от начала до конца линии связи может быть получена со сколь угодно малым значением за счет правильной установки регенерирующих повторителей сигнала.

По сравнению с аналоговыми сигналами цифровые сигналы могут использоваться при более высоком уровне шумов, так как они могут значительно легче распознаваться и выделяться из сигнала шума.

Значительное снижение перекрестных помех

Цифровые сигналы также обладают высокой устойчивостью к воздействию перекрестных помех. Перекрестные помехи наиболее явно проявляются и раздражают людей в тот момент, когда два абонента, установившие соединение, но одновременно вдруг замолчавшие

Оборудование для цифровой передачи сигнала практически не восприимчиво к перекрестным помехам в линиях связи.

на некоторое время, могут неожиданно услышать и достаточно четко различить посторонний разговор, соединение для которого установлено с использованием другой пары проводов телефонного кабеля. Помимо вызываемого у разговаривающих собеседников раздражения, это обстоятельство также нарушает право на конфиденциальность у абонентов, ведущих разговор по другой линии связи. Когда же перекрестные помехи возникают в цифровой линии связи, они проявляются в виде неупорядоченного, нечеткого шума, а не в качестве хорошо различимой речи говорящих между собой людей.

Возможность смешивания цифровых сигналов

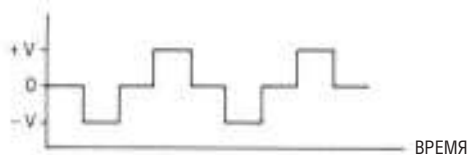
Один и тот же тип цифрового оборудования может быть использован для обработки всех цифровых сигналов различного происхождения, вне зависимости от того, представляют ли они какие-нибудь данные или голосовую информацию, а также вне зависимости от источника сигнала и пункта его назначения.

Цифровые каналы связи без труда передают те цифровые сигналы, источником которых не является непосредственно речь человека. На рис. 6.10 представлена последовательность битов, передаваемых по цифровому каналу, представляющая смесь цифровых сигналов с речевым сигналом, который был предварительно переведен в цифровую форму с использованием аналого-цифрового преобразователя.

Так как сигналы, поступившие от всех источников, являются либо преобразованными в цифровую форму, либо же изначально являются цифровыми, они все имеют одинаковую форму. Следовательно, нет необходимости использовать специальные электронные устройства, которые должны были бы разделять их либо создавать для них специальные каналы. По этой же самой причине форму этих сигналов достаточно легко контролировать и, если необходимо, исправлять при прохождении по цифровому каналу связи, как это выполнялось с использованием повторителей. Электронные цепи, осуществляющие контроль, должны только четко разделять состояния, соответствующие наличию или отсутствию импульса вне зависимости от источника и пункта назначения, куда должна поступить информация.

Недостатки метода цифровой передачи

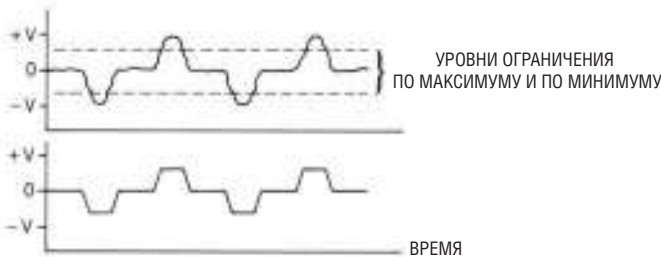
Как это и бывает в большинстве реальных ситуаций, процесс передачи речевого сигнала в цифровой форме не обходится без препятствий. К счастью, большая их часть связана с необходимостью использования схем согласования или схем интерфейса с существующими аналоговыми сетями, а не с оборудованием или системой цифровой связи в целом. Проблема интерфейса будет значительно уменьшена по мере того, как все большее количество сетей связи перейдут на цифровую систему передачи и коммутирования.



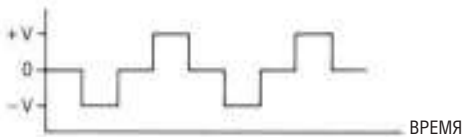
а. Обычный сигнал



б. Сигнал, искаженный влиянием шума



в. Ограниченный по максимальному и минимальному значениям и переведенный в дискретную форму сигнал шума



г. Восстановленный выходной сигнал

Форма цифровых сигналов может быть восстановлена с высокой точностью при их искажении сигналом шума высокой интенсивности

Рис. 6.8. Двоичные сигналы в присутствии сигнала шума

Рис. 6.9.
Восстановление
формы
зашумленного
сигнала с
использованием
повторителя

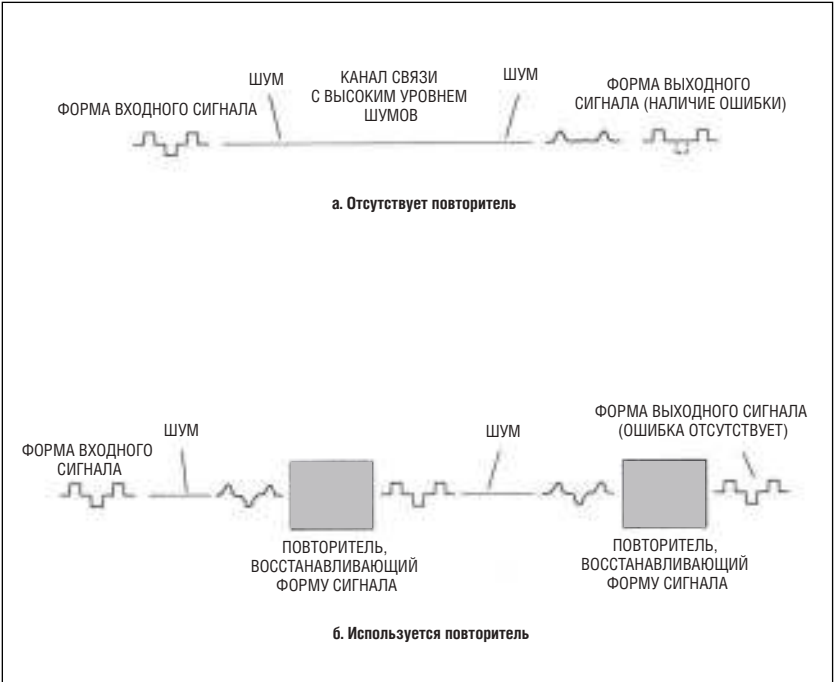
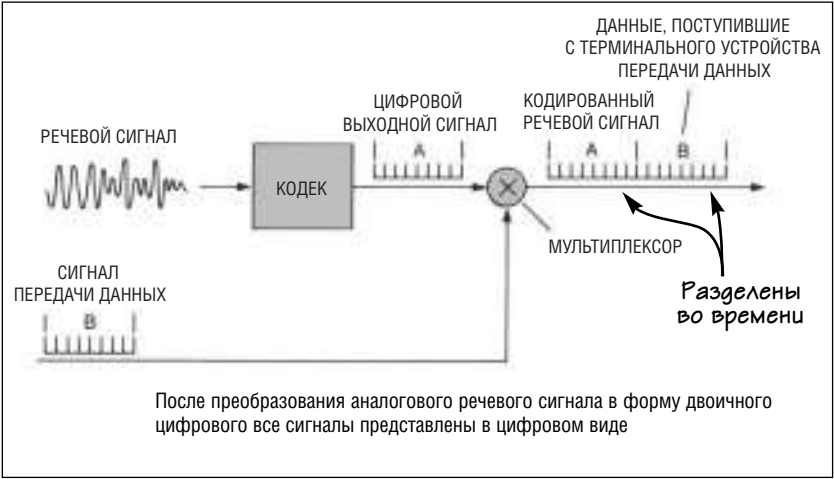


Рис. 6.10.
Смешивание
сигнала от речевого
и неречевого
источников в
цифровой схеме
обработки



Пропускная способность канала связи по информационной емкости

Информационная емкость цифровой системы связи ограничена. Основной единицей цифровой системы является бит, а единица скорости передачи информации, бит в секунду, является единицей, характеризующей качество цифровой системы. В 1928 г. сотрудник Телефонной лаборатории Bell (Bell Telephone Laboratories) Р. Харлей (R. Harley) опубликовал работу, в которой привел соотношение между шириной пропускания канала, пропускной способности канала по информационной емкости и временем передачи. Данный закон устанавливал, что

$$I \propto B T,$$

где

I — пропускная способность канала по информационной емкости, выраженная в битах в секунду;

B — ширина полосы пропускания, выраженная в герцах;

T — время передачи, выраженное в секундах.

В 1948 г. Клод Е. Шеннон, также сотрудник Телефонной лаборатории Bell, опубликовал в журнале «Bell System Technical Journal» ставшей классической работу, в которой обосновывалось ограничение пропускной способности канала по информационной емкости. Результатом работы стало математическое выражение, налагающее ограничение на пропускную способность канала по информационной емкости (или ограничение Шеннона по пропускной способности), которое выражалось в следующем виде:

$$I = 3,32 B \log_{10} \left[1 + \frac{S}{N} \right]$$

где

I — пропускная способность канала по информационной емкости, выраженная в битах в секунду;

B — ширина полосы пропускания, выраженная в герцах;

S/N — отношение мощностей полезного сигнала к сигналу шума.

Многократность аналого-цифрового преобразования сигнала

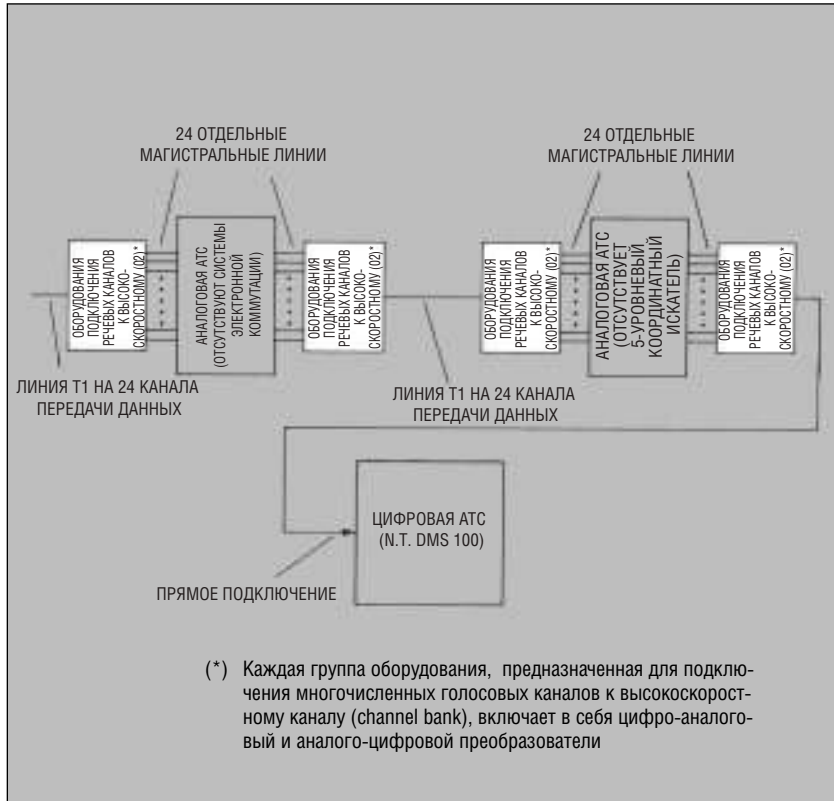
В случае когда цифровая линия связи должна соединяться с элементами аналоговой сети, возникает необходимость аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования. Как показано на рис. 6.11, две такие точки преобразования необходимы на каждой аналоговой телефонной станции в сети. Это положение будет сохраняться до тех пор, пока все

Из-за необходимости сопряжения с существующим оборудованием аналоговых сетей приходится использовать многочисленные дополнительные преобразователи сигнала из аналоговой формы в цифровую и из цифровой в аналоговую.

оборудование аналоговых телефонных станций и линий связи не будет заменено на цифровое и все преимущества использования цифровых технологий не станут всеобъемлющими.

Рис. 6.11.
Преобразование
аналогового
сигнала в
цифровой и
обратное
преобразование
цифрового сигнала
в аналоговый

Сопряжение цифрового оборудования с существующим аналоговым оборудованием порождает ряд проблем. Цифровое оборудование рассчитано на работу с малыми уровнями напряжений и токов и очень чувствительно к броскам напряжения или тока, которые возникают при переходных процессах в используемом оборудовании с более высокими напряжениями питания.



Влияние условий окружающей среды на передачу сигналов

Как указывалось ранее, существует целый ряд преимуществ использования стандартных цифровых интегральных микросхем, аналогичных тем, которые используются в персональных компьютерах. Однако использование подобных интегральных микросхем в существующих системах телефонной связи также приводит к ряду проблем. Интегральные микросхемы предназначены для работы с низкими уровнями токов и напряжений. Они выходят из строя при повышенных напряжениях, а их рабочие характеристики сильно изменяются, если рабочая температура выходит за допустимые пределы. Большинство существующих систем телефонной связи (особенно это относится к районным АТС и абонентским линиям связи) проектировались в эпоху реле, рассчитанных на

высокие значения рабочих токов и электромеханические коммутирующие системы. Как указывалось в главе 4, условия работы таких цепей характеризуются высокими значениями бросков напряжений, возникающих из-за переходных процессов. Дополнительно к этому такие системы не требуют при работе точного поддержания температурного режима, следовательно, изменения температуры могут быть значительными. Несовместимость между двумя подходами к требованиям при проектировании систем связи является причиной возникновения ряда проблем при подключении цифровых систем к существующим телефонным сетям.

Интерфейс поддержки аналоговых систем

В существующих в настоящее время системах телефонной связи напряжение постоянного тока, необходимое для обеспечения нормальной работы телефонного аппарата, и напряжение переменного тока, обеспечивающее работу вызывного сигнала, должны быть отделены от логических цепей, по которым проходит цифровой сигнал в цифровых системах связи, несущий закодированный речевой сигнал. Дополнительно к этому необходимо обеспечить прохождение и других сигналов цепей управления, контроля и защиты. Схемы сопряжения, обеспечивающие разделение таких сигналов в соответствии с выполняемыми функциями в телефонной индустрии (англоязычных стран — В. Н.), получили название BORSCHT. Данный акроним составлен из начальных букв английских слов, обозначающих такие функции, как батарейное питание станции (*battery feed*), защита от перенапряжений (*overvoltage protection*), сигнал вызова (*ringing*), подача сигналов управления и контроля (*signaling/supervision*), кодирование сигнала (*coding*), гибридная схема (*hybrid*) и схема тестирования (*testing*).

Как показано на рис. 6.12, все функции, зашифрованные под акронимом BORSCHT, обычно выполняются схемой на небольшой сменной печатной плате, которая получила название схемы сопряжения абонентской линии связи (в англоязычной литературе часто используется акроним SLIC, образованный начальными буквами названия схемы (или платы) сопряжения, — *subscriber line interface circuit*). Данные схемы сопряжения входят в состав стандартного оборудования цифровых телефонных станций и обеспечивают интерфейс для подключения абонентских телефонных линий к цифровым телефонным станциям. Более детально эти схемы будут рассмотрены в главе 7.

Все указанные функции, за исключением кодирования сигнала и тестирования, были рассмотрены в предыдущих главах книги, однако, на что особенно хотелось бы обратить внимание в этом месте, если бы телефонные линии на всем своем протяжении (от одного телефонного аппарата до другого) составляли бы единую непрерывную цепь и были

Система, которая позволяет осуществлять сопряжение аналоговых и цифровых систем связи, известна под акронимом BORSCHT.

Схемы сопряжения цифровых и аналоговых цепей для каждого абонента выполняются в виде карты, получившей название SLIC.

бы цифровыми, то удалось бы сэкономить огромные средства, так как не приходилось бы обеспечивать выполнение всех функций, зашифрованных под акронимом BORSCHT.

Необходимость использования более широкой полосы пропускания

В системе цифровой передачи сигнала требуется почти в восемь раз более широкая полоса пропускания по сравнению с системами аналогового сигнала, прежде всего, из-за высокой скорости нарастания сигнала. Эти требования значительно увеличивают стоимость усилителей и линий связи.

Наиболее видимый невооруженным взглядом недостаток, связанный с цифровой системой передачи сигнала, заключается в требовании увеличить ширину полосы пропускания при передаче цифровых сигналов, если сравнивать ситуацию с передачей сигналов в аналоговом виде. Стандартный канал передачи данных T1 (см. табл. 1.5), предназначенный для передачи сигнала с уровнем (стандартом) DS-1, способен передавать 24 речевых канала с полосой пропускания порядка 4 кГц каждый. Скорость передачи цифрового сигнала линии связи составляет 1,544 Мбит/с, а требуемая полоса пропускания составляет порядка 772 кГц. Если для передачи аналогового сигнала по 24 каналам требуется только 96 кГц ($24 \text{ канала} \times 4 \text{ кГц}$), то для передачи цифрового сигнала требуется примерно в восемь раз более широкая полоса для тех же самых 24 цифровых каналов ($772 \text{ кГц} : 96 \text{ кГц} = 8,04$). Дополнительная ширина полосы пропускания эффективно используется для обеспечения более низкого отношения сигнал/шум.

Точное и синхронизированное распределение во времени

Любая погрешность синхронизации, то есть что-то менее совершенное по сравнению с идеальной синхронизацией по частоте и фазе между потоком данных и тактовым генератором, будет приводить к возникновению ошибки при передаче данных.

Технические приемы, используемые для контроля положения каждого конкретного бита в битовой группе были описаны в начале главы. Так как единственной возможностью контролировать присутствие или отсутствие бита и отличать значение одного бита от другого является принцип их взаимного расположения по оси времени, то элемент синхронизации приобретает особо важное значение в цифровых телефонных станциях и системах передачи сигнала. На рис. 6.13 приводится пример того, как ошибка синхронизации может привести к возникновению ошибок в двоичных разрядах передаваемого сигнала. Для конкретной телефонной станции синхронизация всех внутренних передаваемых и пересылаемых данных обеспечивается своим собственным тактовым генератором. Если же сигнал от данной системы поступает на приемное устройство, имеющее свою собственную тактовую частоту, которая оказывается меньше (либо больше) по сравнению с тактовой частотой передающего устройства, то некоторые биты могут оказаться утраченными, как это показано на рис. 6.13. Это утрата происходит потому, что уровень сигнала, действующий в момент

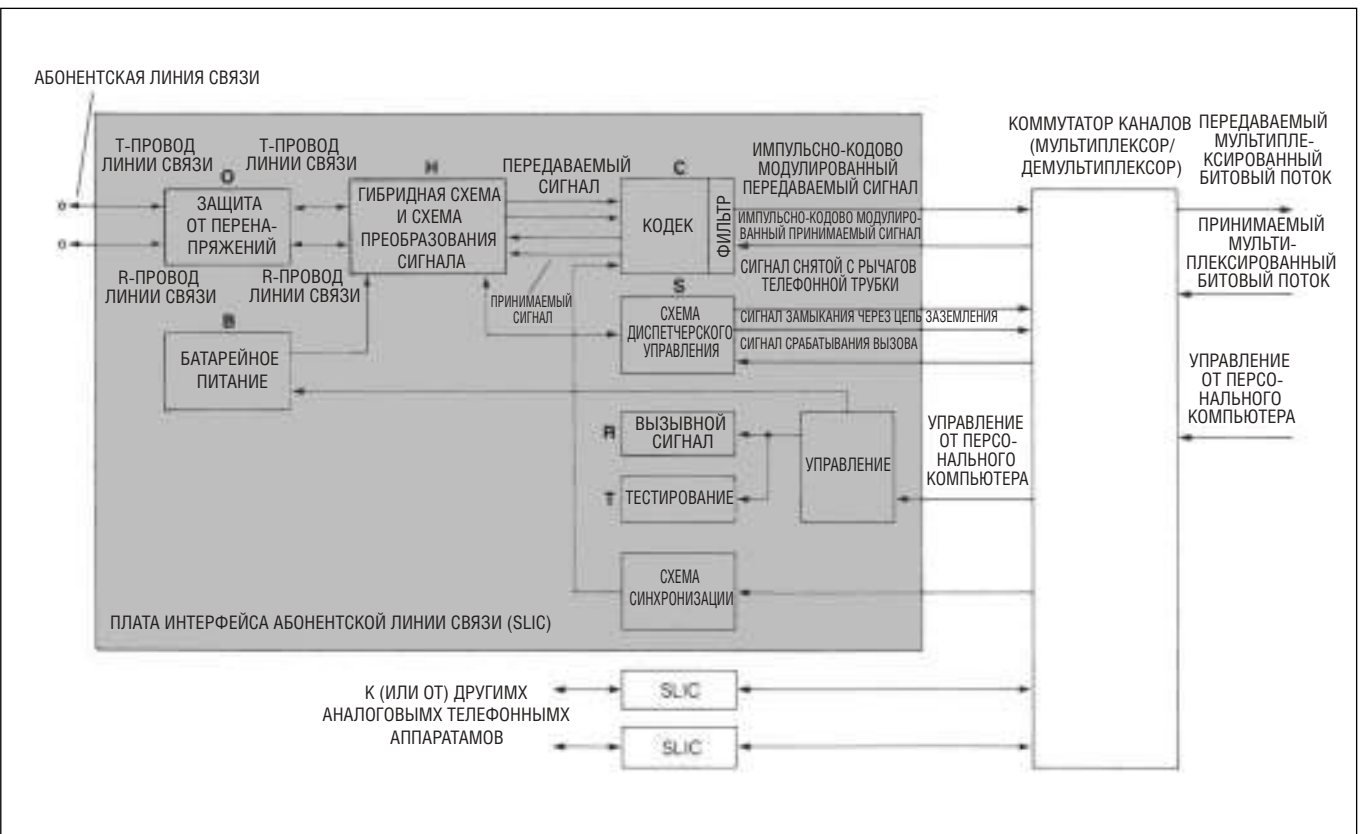
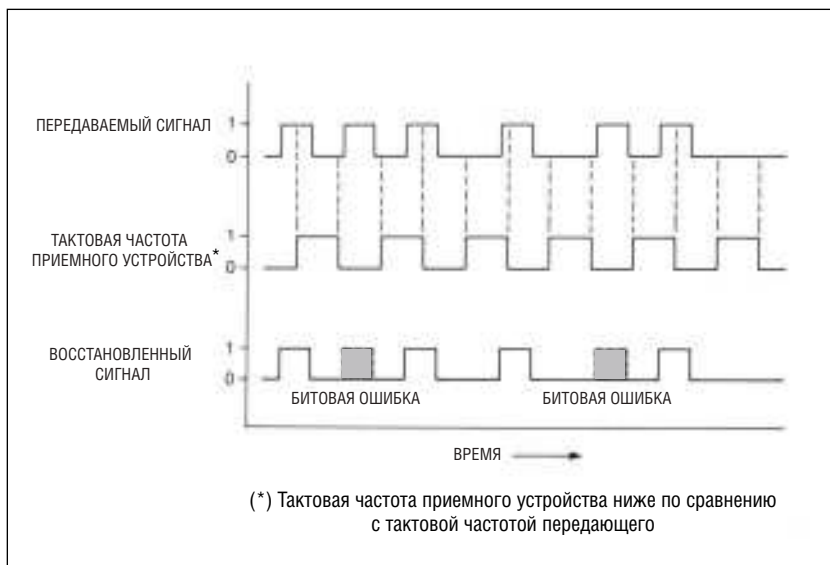


Рис. 6.12.
Схематичное
изображение
функций, которые
осуществляются
акронимом
BORSCNT

Рис. 6.13.
Влияние
погрешностей
синхронизации на
восстановление
формы сигнала



перехода от уровня логического 0 к уровню логической 1 и от уровня логической 1 к логическому 0 схемы синхронизации, является уровнем логического сигнала, используемого для восстановления формы импульса сигнала. Для того чтобы исключить данную проблему, в ряде приемных устройств используется метод генерирования сигнала синхронизации от собственного цифрового сигнала; таким образом, обеспечивается точность синхронизации сигналов. Если же на одно приемное коммутирующее устройство поступают цифровые сигналы от нескольких различных источников (наиболее распространенный случай), то в принимающем устройстве должна быть предусмотрена возможность для согласования небольших расхождений в скоростях передачи данных от различных источников.

Небольшие различия в скоростях передачи могут быть компенсированы путем использования недорогих интегральных микросхем общего назначения, однако большие различия могли бы потребовать использования большого количества дополнительных логических схем. Большие различия в скоростях передачи и сложности синхронизации могут быть преодолены путем синхронизации всех телефонных станций в цифровой сети за счет использования главного (ведущего) или единого для всех генератора тактовых импульсов. Такая схема реализуется в коммутируемых телефонных сетях общего пользования и приведена на рис. 6.14. В указанной схеме имеется несколько телефонных станций различных типов, однако главный генератор тактовых

Ключевым моментом цифровой передачи являются устройства синхронизации потоков данных и схемы тактовых импульсов.

Для преодоления больших значений асинхронности необходимо использовать один главный (или ведущий) генератор тактовых импульсов.

импульсов сети синхронизирует работу всех коммутируемых сетей, входящих в единую систему. После рассмотрения всех преимуществ и недостатков следует обратиться к некоторым специфическим чертам, присущим цифровой передающей системе.

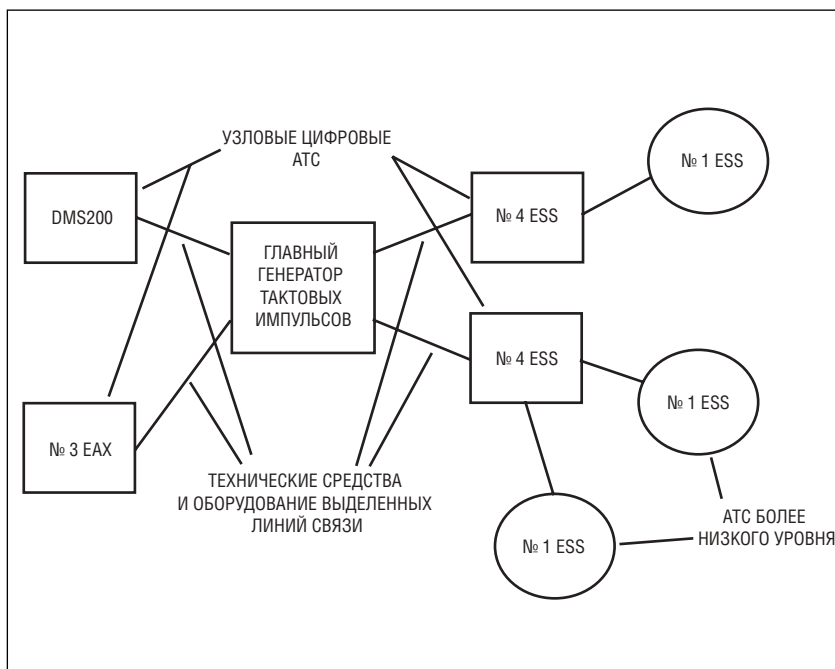


Рис. 6.14.
Синхронизация
тактовых
импульсов с
использованием
главного тактового
генератора

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛА В ЦИФРОВУЮ ФОРМУ

Необходимо вспомнить, что речевой сигнал представляет аналоговый сигнал, который непрерывно меняется со временем по частоте в пределах частотного диапазона голосового канала, для которого определен промежуток частот от 300 до 3000 Гц. Для того чтобы передать речевой сигнал по цифровой системе связи, аналоговый сигнал должен быть преобразован в цифровой (иногда используется жаргонный термин «оцифрован») с использованием аналого-цифрового преобразователя. После такого преобразования речевой сигнал может очень эффективно передаваться в виде дискретных импульсов, так как импульсы, представляющие цифровой сигнал, могут иметь очень маленькую длительность. В результате период длительности импульсов может быть уменьшен до предела для того, чтобы в одном и том же промежутке времени, соответствующем реальному времени исходного речевого сигнала, можно было бы разместить как можно большее количество таких импульсов. Данный технический

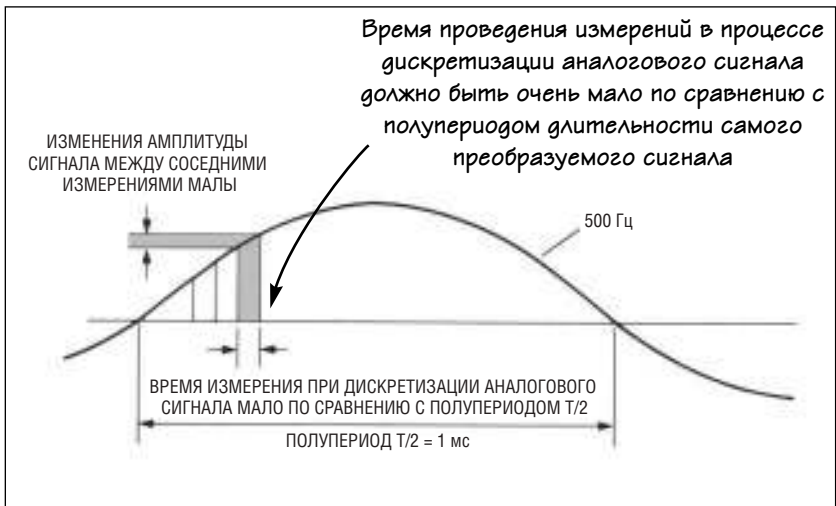
прием получил специальное название — мультиплексирование с разделением во времени. Более подробно он будет обсужден чуть позже в этой главе, однако прежде следует рассмотреть, каким образом получают импульсы, представляющие преобразованный в цифровую форму аналоговый речевой сигнал.

Дискретизация аналогового сигнала

Для того чтобы преобразовать аналоговый сигнал в цифровую форму, его необходимо измерять в дискретные промежутки времени с частотой, которая, по крайней мере, вдвое превышает самую высокую по значению частоту, ожидаемую в аналоговом сигнале.

Если человек говорит в микрофон и если при этом электрический сигнал, генерируемый в результате воздействия звуковой волны, подать на экран осциллографа, скорость развертки которого будет достаточно высокой для того, чтобы можно было наблюдать полупериод изменяющегося сигнала, то можно будет легко наблюдать речевой сигнал, осциллограмма которого будет очень близка к представленному на рис. 6.15. На осциллограмме рассматриваемого акустического сигнала показаны отрезки времени, в течение которых производятся его измерения, необходимые для представления аналогового сигнала в дискретной или цифровой форме. Очевидно, что амплитуда сигнала меняется очень незначительно в пределах тех очень коротких промежутков времени, через которые производятся измерения амплитуды. Таким образом, измерение сигнала в любой промежуток времени будет являться достаточно точным представлением данного сигнала, если интервалы времени малы, а значения, полученные в результате изменений сигнала по обе стороны от точки, в которой проводится дискретизация, не сильно отличаются. На практике было доказано, что если измерения сигнала при дискретиза-

Рис. 6.15.
Измерения,
выполняемые
в процессе
дискретизации
аналогового сигнала



ции проводятся с частотой, которая как минимум вдвое превышает частоту самого высокочастотного компонента поступающего сигнала, то в результате дискретизации будет полностью сохранена вся информация, передаваемая в исходном сигнале. Это фундаментальное открытие в теории дискретизации сигнала было сделано в 1933 г. Гарри Найквистом и известно в качестве критерия (устойчивости) Найквиста. В виде простого соотношения данный критерий выражается следующим образом:

$$f_s \geq 2BW,$$

где f_s — частота, или скорость, с которой выполняются измерения при дискретизации, а BW — ширина полосы пропускания входного сигнала.

В случае речевых сигналов, передаваемых по телефонным линиям, для ширины полосы пропускания голосового канала установлено значение 4000 Гц. Применение критерия Найквиста для частоты измерений аналогового сигнала при его дискретизации в системах телефонной связи дает значение

$$f_s \geq 2 \times 4000,$$

которое определяет минимальное значение частоты дискретизации сигнала, равное 8000 измерений в секунду.

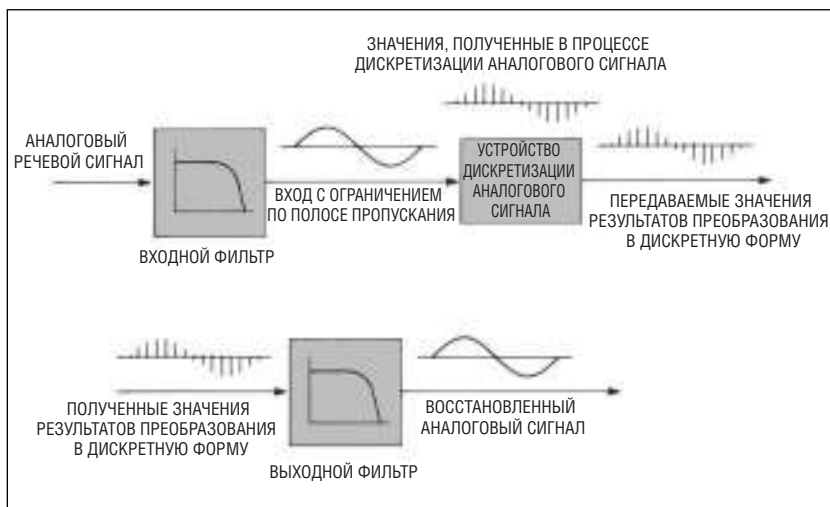
Амплитудно-импульсная модуляция

Сигнал, получаемый при таком виде преобразования аналогового сигнала (или выполнения измерений дискретизации), представляет импульсы, имеющие постоянную частоту, однако амплитуда каждого импульса равняется амплитуде измеряемого в процессе дискретизации сигнала в момент проведения такого измерения. Таким образом, импульсы являются модулированными по амплитуде, что продемонстрировано на рис. 6.16, а сам процесс получил наименование амплитудно-импульсной модуляции. Импульсы, полученные в результате дискретизации аналогового сигнала, могут пересылаться по цифровым каналам связи и затем, пройдя соответствующие фильтры на выходе канала, будут воспроизводить исходный сигнал и заключенную в нем информацию. Однако при этом возникает весьма существенная техническая проблема. Так как передача информации осуществляется с использованием зависимости с амплитудой импульсов, то должно быть установлено или определено соотношение между амплитудами импульсов. Любые искажения или шумы, вносимые в процессе передачи, в приемном терминале не могут быть устранены, так как приемное устройство не обладает механизмом, позволяющим распознать, был ли искажен при

При амплитудно-импульсной модуляции используется несущая, которая характеризуется постоянным значением частоты. Амплитуда каждого из соответствующих импульсов равна амплитуде входного аналогового сигнала в соответствующей точке, в которой выполняется измерение дискретизации.

передаче результат какого-нибудь конкретного измерения, выполненного при дискретизации, либо нет. Дополнительно к этому возникает вторая проблема, заключающаяся в том, что при передаче импульсы стремятся расширяться и взаимодействовать друг с другом, что еще больше усложняет процесс восстановления исходного сигнала.

Рис. 6.16.
Передача сигнала с
использованием
амплитудно-
импульсной
модуляции



Из-за этих проблем амплитудно-импульсная модуляция, как правило, не используется для передачи сигналов на расстояние, превышающее порядка одного метра.

Кодово-импульсная модуляция

Кодово-импульсная, или импульсно-кодовая, модуляция (ИКМ) представляет измерение амплитуды в дискретных точках аналогового сигнала и преобразование (дискретизацию) результата каждого измерения в кодированный набор из двоичных цифр.

Для того чтобы избежать проблем, присущих амплитудно-импульсной модуляции, используется метод преобразования сигнала, получивший название кодово-импульсной модуляции. Информация, заключенная в результатах измерения амплитуды аналогового сигнала, преобразуется в число. Этот процесс преобразования данных из непрерывной формы в дискретную получил наименование дискретизации. Для передачи по цифровому каналу число представляется в виде двоичного кодового набора. Любой из битов (или разрядов) кодового набора имеет уровень сигнала, который соответствует одному и тому же уровню логического 0 либо логической 1. Информация представлена в закодированном виде, представляющем набор из двоичных цифр, а не в виде амплитуды, следовательно, амплитуда импульса может произвольной, не оказывая влияния на содержащуюся в нем информацию.

Дискретизация

Способ дискретизации или квантизации, при котором определенному (двоичному) числу ставится в соответствие конкретный результат измерений, выполняемых при дискретизации сигнала, изображен на рис. 6.17. Электрическая схема, получившая название дискретизатора или квантователя, производит измерение амплитуды аналогового сигнала и воспроизводит соответствующее измерению число. При этом устанавливаются определенные пороговые значения, и полученные в результате измерений числа, соответствующие амплитудам аналогового сигнала, попадают в определенные полосы значений, которые ограничены установленными пороговыми значениями. В подавляющем большинстве случаев соотнесенные в процессе преобразования числа представляют известную аппроксимацию, а не точные значения, так как применение истинных значений потребовало бы гораздо большего количества разрядов в двоичном коде. Двоичный код имеет определенный набор из двоичных чисел, который ограничивает то количество однозначно определяемых чисел, которые могут быть соотнесены. Следовательно, для того чтобы отображать измеряемое в ходе дискретизации значение при кодировании, будет выбрано то значение, которое окажется наиболее близким к истинному значению из доступного набора чисел.

Схема дискретизации преобразует фиксированный или изменяющийся аналоговый сигнал в эквивалентный ему набор фиксированных или изменяющихся двоичных чисел.

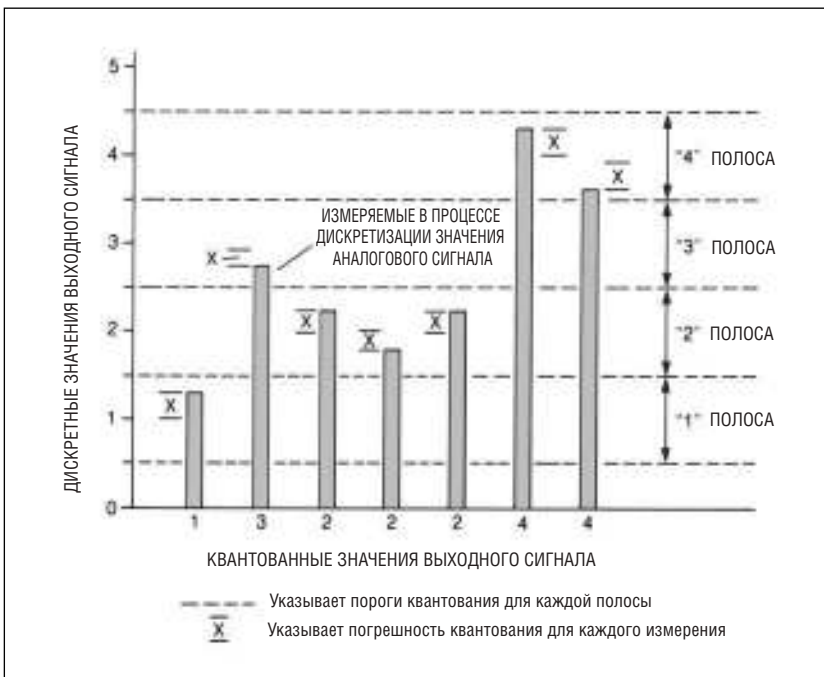
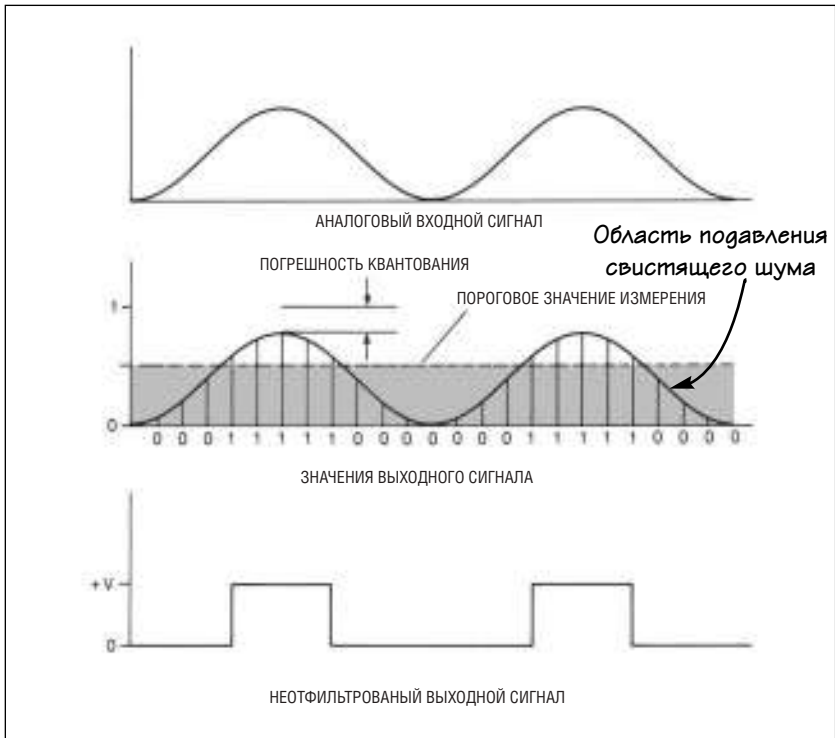


Рис. 6.17.
Дискретизация
аналогового
сигнала

Погрешность дискретизации вызывает появление фоновых шумов в приемном устройстве в виде свистящих шумов. Сужение ширины интервалов полос при измерениях уменьшило бы величину шума, однако, потребовало бы увеличения количества битов (размера кодового набора или слова) и большей ширины полосы пропускания канала связи.

Подобная замена истинного измеряемого значения приближенным приводит к появлению погрешности, которая представляет отклонение приближенного значения от истинного, измеряемого в процессе дискретизации. Величина данного отклонения указана на рис. 6.17 в виде значка X. Данная погрешность дискретизации приводит к возникновению дополнительного шума в сигнале, получившего название шума дискретизации и прослушиваемого в телефоне в виде свистящих шумов. Шум дискретизации может быть уменьшен, если уменьшить пороговые значения для каждой полосы и сделать полосы уже. Это обеспечит большее количество интервалов или чисел, которые могут быть определены в области максимального значения амплитуды. Иными словами, это сделает разницу между дискретными значениями чисел меньше, что позволит уменьшить погрешность дискретизации. Однако увеличение количества интервалов или полос потребует большего количества битов в двоичном коде, следовательно, будет необходима более широкая полоса пропускания канала. Возникает определенный компромисс между большим количеством узких полос дискретизации (шире полоса пропускания, но ниже уровень шумов) и уменьшением количества таких полос (требуется более узкая полоса пропускания, но выше уровень шумов).

Рис. 6.18.
Шум незанятого
канала связи,
который возникает
из-за погрешностей
дискретизации



В некоторых устройствах дискретизации возникает эффект, получивший специальное название — шум незанятого канала. Этот эффект наблюдается при низких уровнях сигнала, когда шум дискретизации превышает уровень сигнала. Этот эффект особенно заметен в такой момент, когда в канале связи отсутствует любой другой сигнал, который мог бы замаскировать сигнал шума. Как показано на рис. 6.18, правильно выполненный расчет схемы дискретизации приводит к тому, что уровень сигнала шума оказывается меньше максимального значения первого интервала дискретизации (в рассматриваемом случае это будет «1»), для которого автоматически будет предопределено значение нуля. В этом случае только те значения амплитуды, которые превышают первое пороговое значение, будут давать вклад в выходной сигнал.

Этот прием обеспечивает эффективное автоматическое подавление при малых уровнях сигнала и значительно снижает уровень шума незанятого канала.

Кодирование

После того как результат измерения аналогового сигнала был преобразован методом дискретизации в дискретное число, это дискретное число должно быть представлено в битовой форме, то есть преобразовано в кодовый набор, имеющий несколько разрядов. Устройство, которое преобразует или переводит дискретизированный сигнал, получило название устройства кодирования, или просто кодера. Устройство, установленное в приемной части канала и производящее обратное преобразование (переводит битовый код в число), получило название декодера. Комбинированное устройство, включающее оба типа вышеназванных и необходимое для системы двухстороннего действия, получило название кодека (аббревиатура от слов кодер и декодер). Принцип работы кодеков и связанных с ним электронных схем будет рассмотрен в главе 7.

Устройство кодирования (или просто кодер) переводит квантизированный сигнал в цифровой код для выбранной системы счисления. Декодер переводит код системы счисления обратно в аналоговый эквивалент.

Линейный кодер

В простейшем виде кодирование позволяет получить выходной сигнал, который связан линейной функцией с входным сигналом. Графически зависимость величины входного сигнала от выходного представлена на рис. 6.19. Если величина входного дискретного сигнала равна единице в десятичной системе счисления, то выходной сигнал кодера будет соответствовать числу 001 в двоичной системе счисления. Когда значение входного сигнала равно десятичной двойке, то выходной сигнал будет представлен в виде двоичного числа 010. И так далее. Эта схема очень проста для понимания. Она используется в ряде современных коммерческих систем телефонной связи и современных цифровых записывающих систем для высококачественного воспроизведения звуковых записей.

Каждому уровню дискретного сигнала сопоставлен индивидуальный 8-разрядный код. Семь разрядов (битов) кода предназначены для выражения уровня сигнала, а восьмой разряд — для идентификации его знака.

Рис. 6.19.
Линейное
кодирование



Количество разрядов в выходном сигнале кодера зависит от количества интервалов (или полос) дискретизации в схеме квантования. Количество интервалов по мере добавления количества разрядов в коде увеличивается пропорционально значению степени числа 2, как это продемонстрировано в табл. 6.2.

Таблица 6.2.
Зависимость
количества
интервалов
(полос)
дискретизации от
количества
разрядов в коде

Количество разрядов в коде	Количество интервалов дискретизации
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256

Так как сигнал необходимо дискретизировать как с положительной, так и отрицательной полярностью, то один из разрядов кода должен быть использован для обозначения знака. По этой причине количество интервалов дискретизации снижается (пропорционально значению степени числа 2), поэтому для восьмиразрядного кода будет возможным использование только 128 интервалов, так как один разряд из восьми необходимо использовать для идентификации знака сигнала. Количество

разрядов в кодовой группе для требуемого количества интервалов определяется в соответствии с выражением:

$$n = \log_2(2 \times N),$$

где n — количество разрядов, а N — количество интервалов. Величина N увеличена на множитель 2, чтобы учесть дополнительный разряд для обозначения знака. Например, для 64 интервалов количество требуемых разрядов n составит:

$$n = \log_2(2 \times N);$$

$$n = \log_2(128);$$

$$n = 7 \text{ разрядов.}$$

Компандирование

Одной из важнейших характеристик качества квантизатора является отношение уровня сигнала к уровню шума дискретизации аналогового сигнала (в англоязычной литературе используется сокращение **SQR**). Для линейных систем отношение уровней сигнала к шуму дискретизации представляет отношение величины входного сигнала к $1/4$ величины интервала дискретизации. (Данное значение, равное 0,25 для усредненного значения шума дискретизации, определено статистическими методами при условии, что при достаточно большом промежутке времени кодированные входные сигналы имеют равномерное распределение уровней внутри каждой из полос, задаваемых пороговыми значениями.) Это означает, что отношение уровней сигнала к шуму дискретизации возрастает с увеличением амплитуды сигнала, поэтому сигналы с более высоким уровнем будут иметь более высокое значение отношения (выше качество), чем сигналы с малым уровнем, или слабые сигналы.

Одной очень важной характеристикой качества устройства дискретизации является величина соотношения уровней сигнала к уровню шума дискретизации. Интервалы дискретизации стараются установить как можно меньше для сигналов в области малого уровня и больше — для сигналов с высоким уровнем.

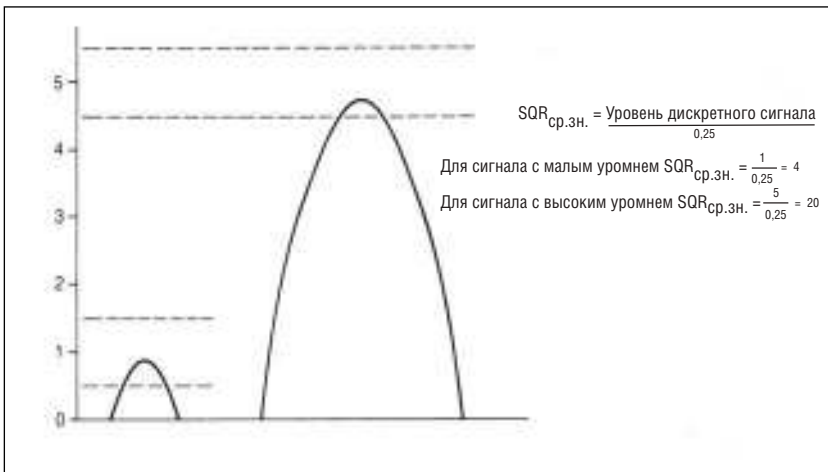


Рис. 6.20.
Отношение
уровней сигнала
к шуму
дискретизации
(**SQR**) возрастает
с уровнем сигнала
в линейном кодере

На рис. 6.20 показано, что слабый сигнал с амплитудой 1 имеет отношение уровней сигнала к шуму дискретизации, равное 4, тогда как сильный сигнал с амплитудой 5 имеет отношение уровней сигнал/шум дискретизации, равное 20. Это условие не является очень уж желательным, так как слабые сигналы всегда более вероятны, чем сигналы с высоким уровнем; кроме того, сигнал с более высоким уровнем имеет тенденцию маскировать любой присутствующий шум. Средством, позволяющим исправить такое положение дел, является определение размеров интервалов дискретизации в зависимости от уровня входного сигнала, так чтобы интервалы были меньше для слабых сигналов и больше для сильных сигналов. Такое положение дел даст нелинейную зависимость уровня выходного сигнала от уровня входного и приведет к тому, что выходной сигнал будет сжат по отношению к входному. Соответствующая зависимость изображена на рис. 6.21. Следует отметить, что на данном рисунке входной сигнал, который возрастает по амплитуде от значения $1/2$ до 1, в кодированном виде изменяется в 16 раз, тогда как для входного сигнала, изменяющегося от $1/64$ до $1/32$, выходной сигнал в кодированном виде изменяется в то же самое количество раз — 16.

Таким образом, изменения в слабом сигнале производят такие же изменения значений выходного сигнала, как и в сигнале, большем по величине в 32 раза. Данный прием в технике получил название метода сжатия.

В приемном устройстве линии передачи сигнала у декодера имеется дополняющая функция расширения для того, чтобы восстановить линейность сигнала после произведенного сжатия. Комбинация таких блоков, определяющих характеристики сжатия и расширения (восстановления) в кодеке, получила название компандера (образовано из начальной и конечной частей английских слов *compressor/expander*, означающих устройства сжатия и расширения). При использовании компандера отношение уровней сигнал/шум дискретизации, *SQR*, сохраняется практически постоянным во всем диапазоне изменения уровня входного сигнала. Совокупность всего оборудования цифрового канала, установленного в начале и в конце цифрового канала передачи данных в коммутируемых сетях общего пользования, которые предназначены для измерения величины аналогового сигнала при его дискретизации, дискретизации и кодирования для преобразования речевого сигнала в битовый формат, получила название совокупности оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми каналами (*channel bank*).

Компандирование с использованием μ -характеристики

В широко развитой телефонной сети, такой, например, как система (сеть) телефонной связи компании Bell в США, большое количество цифровых каналов взаимодействуют друг с другом, поэтому каждая совокупность оборудования и устройств сопряжения цифрового канала связи должна использовать общую и стандартную для всех схему, вы-

В приемном устройстве декодер воспроизводит рассмотренный процесс в обратном порядке. Интервалы дискретизации устанавливаются таким образом, чтобы они имели большие величины для слабых сигналов для того, чтобы исправить отношение сигнал/шум дискретизации.

полняющую как преобразование аналогового сигнала в цифровую форму, так и операцию компандирования. Схема, удовлетворяющая данным требованиям, имеет достаточно длинное наименование «стандарт ИКМ цифрового кодирования с компандированием в соответствии с характеристикой, параметр которой $\mu = 255$ » и которая обычно для простоты обозначается как μ – характеристика (или микрозависимость). Работа схемы компандирования построена на использовании логарифмической зависимости, которая может быть выражена в виде соотношения:

$$F_{\mu}(x) = \text{sgn}(x) \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)}$$

где:

x – приведенное (нормализованное) значение входного сигнала (заключено между -1 и $+1$);

$\text{sgn}(x)$ – знак положительной или отрицательной полярности входного сигнала;

μ – параметр сжатия, установлен равным 255 для сетей связи в странах Северной Америки;

$F_{\mu}(x)$ – значение сжатого выходного сигнала.

В любой сети цифровой системы связи должна быть стандартизованная схема, выполняющая компандирование (операции сжатия и расширения). Стандартом, принятым в системе телефонной связи компании Bell, является применение компандеров, в которых используется μ -характеристика (или микрозависимость).

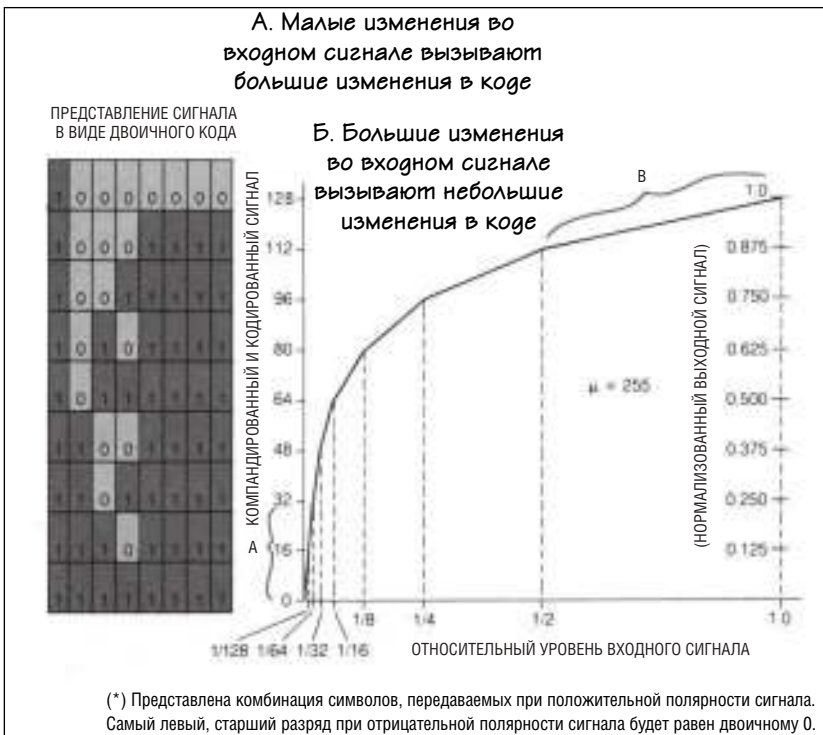


Рис. 6.21.
Кривая
компандирования,
используемая
в компандере

Аналоговый сигнал кодируется в 8-разрядный двоичный код. Семь разрядов (или битов) предназначены для кодирования и передачи уровня сигнала, а восьмой разряд указывает полярность сигнала (двоичная 1 используется для положительной полярности сигнала, двоичный 0 – для отрицательной). Скорость передачи определяется скоростью (частотой) измерений при дискретизации и числом битовых единиц, приходящихся на одно измерение.

При работе кодирующего устройства используется кусочно-линейная аппроксимация логарифмической кривой, которая представлена на рис. 6.21. Кодирующее устройство вырабатывает 8-разрядный выходной сигнал: 7 разрядов предназначены для кодирования величины сигнала, а восьмой — для характеристики его знака. Самый левый (самый старший значащий) разряд предназначен для обозначения знака. При положительной полярности входного сигнала в данном разряде используется двоичная 1, и для отрицательной полярности входного сигнала — двоичный 0. Остальные разряды кодовой группы (7 оставшихся битов) указывают абсолютное значение входного сигнала. Так как частота измерений при дискретизации, как было определено ранее, составляет 8000 замеров в секунду, скорость передачи данных по индивидуальному голосовому каналу при использовании для кодирования оборудования, использующего μ – характеристику, будет составлять: 8000 замеров в секунду, умноженные на 8 битов в секунду при каждом замере, что составит 64 тыс. битов в секунду. Реальная скорость передачи данных для большинства цифровых средств и оборудования намного выше, чем только что указанная, так как для подавляющей части каналов используется совместное мультиплексирование.

Компандирование с использованием А-характеристики

Компандеры, в которых используется μ – характеристика, являются стандартным оборудованием для цифровых сетей в странах Северной Америки и в Японии. Для европейских сетей, однако, стандарт компандирования определяется А-характеристикой, параметры сжатия которой определяются следующими выражениями:

$$F(x) = \operatorname{sgn}(x) \frac{A|x|}{1 + \lambda \ln(A)}$$

если

$$0 \leq |x| < \frac{1}{A}$$

и

$$F(x) = \operatorname{sgn}(x) \frac{(1 + \lambda \ln(A|x|))}{(1 + \lambda \ln(A))}$$

если

$$\frac{1}{A} \leq |x| \leq 1$$

где:

$F(x)$ — значение сжатого выходного сигнала;

$\text{sgn}(x)$ — положительный или отрицательный знак величины x ;

A — параметр сжатия, значение которого для европейских сетей установлено равным 87,6.

Компандер, в котором используется А-характеристика, также вырабатывает 8-разрядный код для каждого измерения, выполняемого при дискретизации входного сигнала, и в точно таком же формате, что и при компандировании с использованием μ — характеристики; при этом скорость передачи данных также составляет 64 тыс. бит в секунду для каждого канала. Кусочно-линейная аппроксимация характеристики компандера приведена на рис. 6.22. Схема, использующая А-характеристику, в области малых сигналов имеет несколько лучшее отношение уровня сигнала/шум, однако схема, использующая μ -характеристику, имеет более низкий уровень шумов при незанятом канале связи. (Когда характеристики компандера приведены в масштабе графиков, приведенных на рис. 6.21 и 6.22, то они могут показаться практически не имеющими отличий, однако при воспроизведении в увеличенном масштабе небольшие отличия в сравниваемых характеристиках будут проявляться более явно.)

Европейская цифровая сеть основывается на стандарте так называемой А-характеристики, которая очень схожа с микро- (или μ -) характеристикой. Система связи, основанная на А-характеристике, имеет более низкие шумы в области слабых сигналов, однако, имеет более высокий уровень шума при незанятом канале связи.

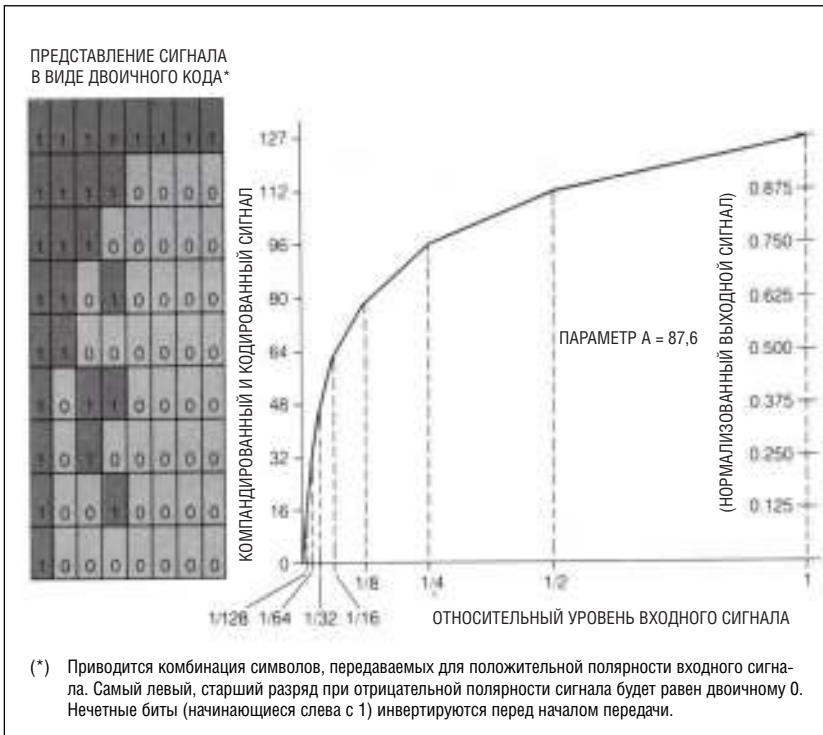


Рис. 6.22.
Кусочно-линейная аппроксимация зависимости компандирования, используемая в компандере с А-характеристикой

Схема преобразования аналогового сигнала в цифровой, описанная выше, выполняет достаточно большое количество измерений при дискретизации и пересылает достаточное количество битов для полного кодирования входного аналогового сигнала, что позволяет точно воспроизвести его при поступлении в место назначения. Таким образом, рассмотренные схемы являются вполне приемлемыми для кодирования и цифровой передачи любого аналогового сигнала, настолько, насколько ширина канала позволяет для выбранной частоты выполнения измерений дискретизации производить кодирование сигнала без ошибок. Способность точно передавать любой аналоговый сигнал обеспечивается за счет пересылки достаточного количества битов, позволяющих кодировать результат каждого измерения в каждом интервале дискретизации.

Дельта-модуляция

В методе дельта-модуляционного кодирования результат в каждой точке, в которой производится измерение при дискретизации сигнала, сравнивается с результатом измерений в следующей точке, и только разность полярностей является выходным сигналом, представленным в виде последовательности импульсов.

Еще один технический прием для кодирования дискретизированного аналогового сигнала получил название дельта-модуляции. В данном методе вместо того чтобы отправлять закодированное значение каждого измерения, полученного при дискретизации, отправляется только разность в полярности между текущим измерением и последующим. Упрощенная принципиальная блок-схема, иллюстрирующая данный метод, приводится на рис. 6.23а. В данном методе кодируется результат измерения при дискретизации входного аналогового сигнала. С использованием цепи обратной связи он декодируется и сравнивается с входным сигналом в следующей точке измерения, для которой проводится дискретизация, с целью определить, будет ли сигнал положительным (нарастающим) или отрицательным (уменьшающимся). По существу, выходной сигнал, как представлено на рис. 6.23б, только показывает, в каком направлении будет изменяться аналоговый выходной сигнал, однако, не отражает скорости изменения сигнала. Следовательно, информация о скорости изменения должна быть встроена в декодер либо передаваться отдельно. Частично данная проблема решается измерением входного сигнала с большей частотой, чем это производится для логарифмических кодеров с импульсно-кодовой модуляцией, которые были рассмотрены ранее. Этот метод обеспечивает лучшую корреляцию между последовательными измерениями и, таким образом, уменьшение ошибки в схемах, которые восстанавливают сигналы. При скоростях передачи данных, которые используются при передаче стандартного цифрового сигнала, схема логарифмической импульсно-кодовой модуляции обеспечивает несколько более высокое качество и значительно меньший уровень шумов в занятой линии связи. Это связано с тем, что в методе дельта-модуляции отсутствует способ представления выходного сигнала с нулевым значением, и поэтому он выдает ложный сигнал в любой иной (отличный от данного) незашумленный канал, как это показано на рис. 6.24.

Рис. 6.23.
Упрощенная схема
метода дельта-
модуляции

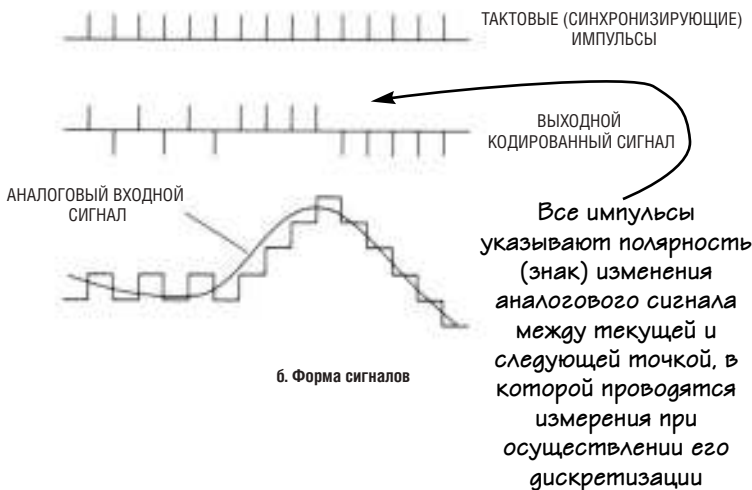
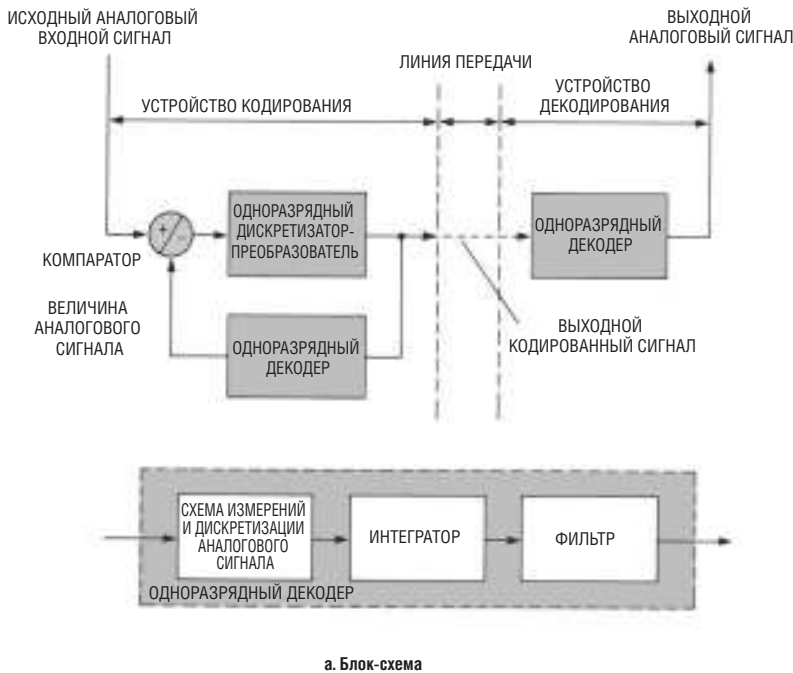
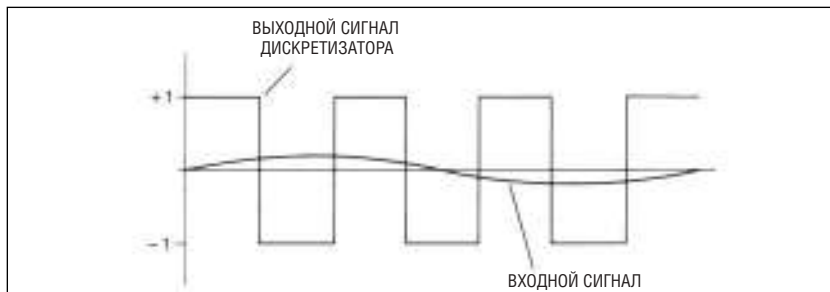


Рис. 6.24.
Генерация шума
незанятого канала
в дельта-
модуляторе



Кодеры источника

Иной класс кодеров, получивших название исходных (или кодеров источника), уменьшает ширину полосы пропускания сигнала, представленного в цифровой форме, принося, таким образом, в жертву качество воспроизведения, но без значительного снижения разборчивости речи.

Все те кодеры, которые были рассмотрены до сих пор, относятся к классу кодеров аналогового сигнала, при разработке которых была поставлена задача точно воспроизвести на выходе декодера аналоговый входной сигнал. Существует, однако, иной класс кодеров, получивших название кодеров источника, в которых осуществляется идея свести к минимуму количество разрядов или передаваемых битов (то есть уменьшить ширину полосы пропускания), необходимых для воспроизведения входного сигнала, который должен оставаться вполне разборчивым, но при этом совсем не обязательно оставаться точным воспроизведением исходного. Например, воспроизводимый речевой сигнал может быть понятным, но звучать при этом глухо либо однотонно. Кодеры источника используют априорную информацию о характеристиках источника входного сигнала, осуществляющего его кодирование. В настоящее время используется несколько способов такого кодирования, наиболее распространенным из которых является так называемое линейное предиктивное кодирование (линейный кодер с предсказанием). Такие системы используются в широком масштабе в электронных схемах воспроизведения речи. Они представляют очень частный интерес и остаются вне рамок рассмотрения данной книги.

МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ВО ВРЕМЕНИ

В методе мультиплексирования с разделением во времени многочисленные цифровые речевые сигналы измеряются в круговой последовательности и поочередно передаются по линии связи. Таким образом, каждый канал оказывается отделенным от остальных во времени.

После того как входной речевой сигнал измерен при его дискретизации, представлен в дискретном виде и закодирован в цифровом представлении, он должен быть передан в пункт назначения. Экономические аспекты передачи сигнала по телефонным сетям общего пользования диктуют необходимость мультиплексирования большого количества индивидуальных каналов связи в единую цепь с широкой полосой пропускания. Как правило, экономически не выгодно по отдельному каналу связи передавать только один закодированный голосовой канал со скоростью 64 тыс. бит в секунду, хотя это и делается подобным образом в

ряде современных офисных телефонных станций, с которыми используются цифровые телефонные аппараты. Следует вспомнить из главы 1 (рис. 1.15), что при осуществлении цифровой передачи метод мультиплексирования заключается в том, чтобы передавать индивидуальные биты, отделенные друг от друга во времени (а не по частоте, или фазе), что и определило название данного метода — мультиплексирование с разделением во времени (англоязычное обозначение — TDM).

Рис. 6.25 иллюстрирует основные положения данного метода. На рис. 6.25а показано, что синхронизирующие (тактовые) импульсы, генерируемые ведущим (главным) генератором с кварцевой стабилизацией частоты, поступают на один вход логической схемы (логического вентиля) И. На второй вход логического вентиля поступает кодированный цифровой сигнал из речевого канала. Когда на двух входах одновременно присутствуют как синхронизирующий импульс, так и входной импульс речевого канала, выходной сигнал подается на логический вентиль ИЛИ, воспроизводящий на своем выходе выходной сигнал, поступивший от любого вентиля И, который был включен синхронизирующим импульсом.

Синхронизирующие импульсы для каждого из каналов подаются в последовательности, изображенной на рис. 6.25б, образуя, таким образом, последовательность из слотов времени. При поступлении синхронизирующего импульса номер 1 образуется временной слот, в котором содержится цифровой код канала номер 1. Следуя указанной последовательности, для канала 2 образуется временной слот, который создается под воздействием синхронизирующего импульса номер 2. Канал 3 следует за каналом 2, а канал 4 следует за каналом 3 и т.д., вплоть до максимального количества мультиплексируемых каналов, после чего весь цикл повторяется с начала. В каждом временном слоте канала находится закодированный символ, идентифицирующий передаваемую информацию (точнее, ее часть), которая передается в качестве эквивалента исходного аналогового сигнала.

Синхронные и асинхронные системы

Распределение места во времени в битовом потоке для битов индивидуального канала может быть выполнено на специализированной, или выделенной (постоянно назначенной), основе либо же по так называемому требованию. Системы, выполняющие распределение на выделенной основе, получили название синхронных систем; они составляют стационарный поток равномерно распределенных битов. В асинхронных системах, с другой стороны, между символами

располагаются стартовый бит и бит стопа (останова), разбиение производится на интервалы времени, характеризующиеся различной продолжительностью. В зависимости от конкретного типа разработки асинхронные системы могут называться либо асинхронными системами с мультиплексированием с разделением во времени, статистическими мультиплексорами либо узлами коммутации пакетов в сети. Как правило, системы передачи в современных телефонных сетях являются синхронными, тогда как сети, специально разработанные для передачи цифровых данных, являются, как правило, асинхронными.

Чередование битов и кодовых групп при уплотнении каналов передачи данных

При мультиплексировании с разделением во времени (TDM) измерение при дискретизации осуществляется несколькими способами. При чередовании 4 кодовых групп (или слов) выделяется достаточное время для того, чтобы восемь разрядов (или один байт) от каждого канала могли бы передаваться последовательно. При чередовании же битов выделяется необходимое время для пропускания только одного бита из каждого канала.

Каждая из цифровых кодовых групп (или кодовых слов), поступающих от каждого кодера голосового канала, содержит несколько разрядов, или битов (как правило, восемь). Четырехразрядные кодовые группы используются в примере, приведенном на рис. 6.26, при этом, как изображено на этом же рисунке, оказывается возможным чередовать биты несколькими различными способами. Если передается целиком кодовая группа первого канала, затем кодовая группа второго канала, затем третьего и т.д., то для результирующего набора битов используется термин «чередование кодовых групп или слов» (рис. 6.26б). Если же производится чередование отдельных битов, когда последовательно передается первый бит от каждого кодового слова, затем передается второй бит, затем третий и т.д., то для результирующего набора передаваемых битов используется термин «чередование битов» (рис. 6.26в). В любом случае результирующий набор битов имеет специальное название кадра, или фрейма.

Самым нижним уровнем мультиплексирования с разделением во времени в сетях общего пользования является чередование кодовых групп, главным образом потому, что источник данных (совокупность устройств цифрового канала) в качестве выходных сигналов каждого цифрового канала производит индивидуальные кодовые группы. Самым высоким уровнем мультиплексирования в сетях общего пользования является чередование битов, так как источниками данных являются непрерывные битовые потоки, поступающие от мультиплексоров более низкого уровня.

Синхронизация

Передающее устройство, отправляющее мультиплексированный поток битов, должно добавить в битовый поток информацию, содержащую сведения о фрейме, которая позволила бы идентифицировать

В методе мультиплексирования с разделением во времени границы фрейма, как правило, определяются битами или кодовыми группами.

Рис. 6.25.
Основные
принципы,
используемые
в методе
мультиплексирова-
ния с разделением
во времени

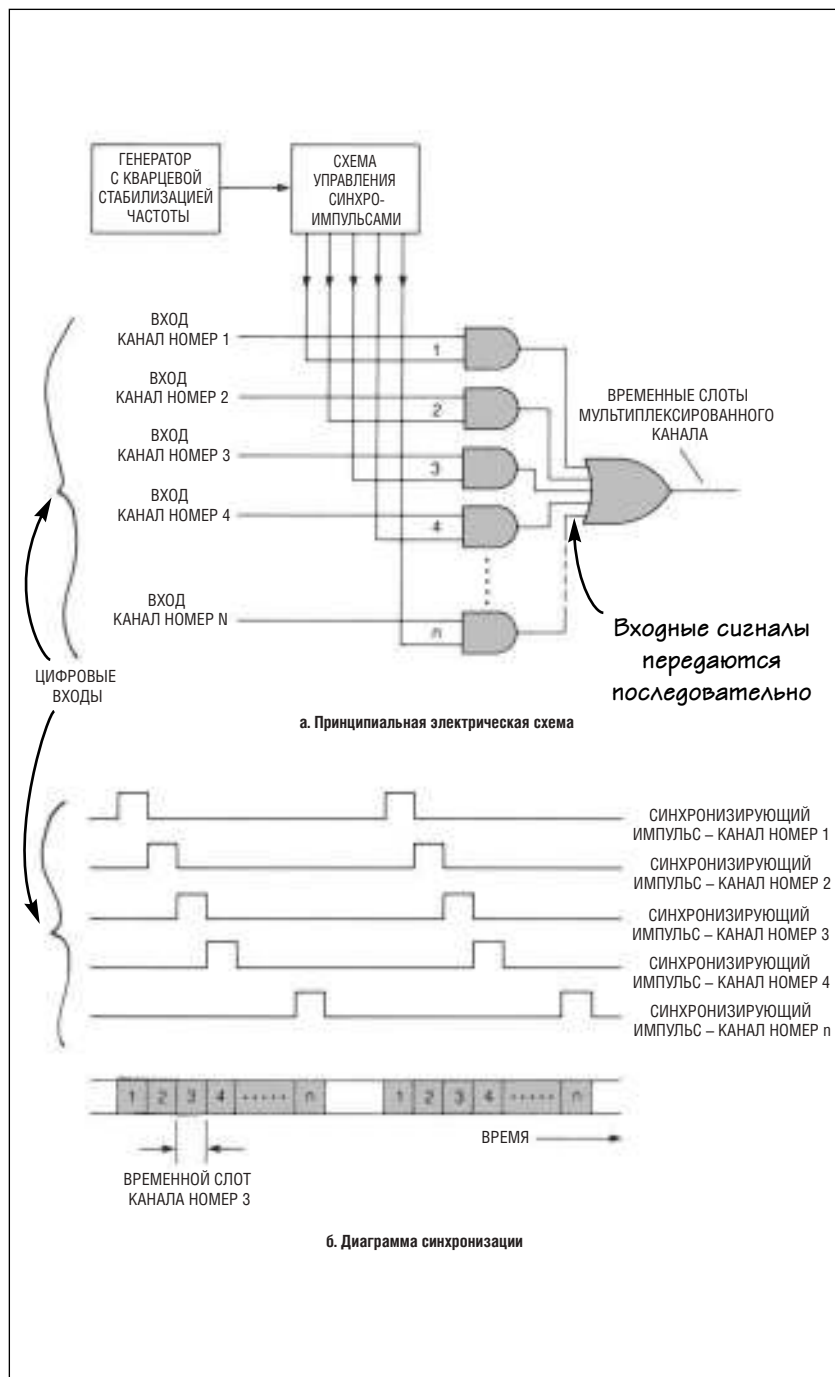
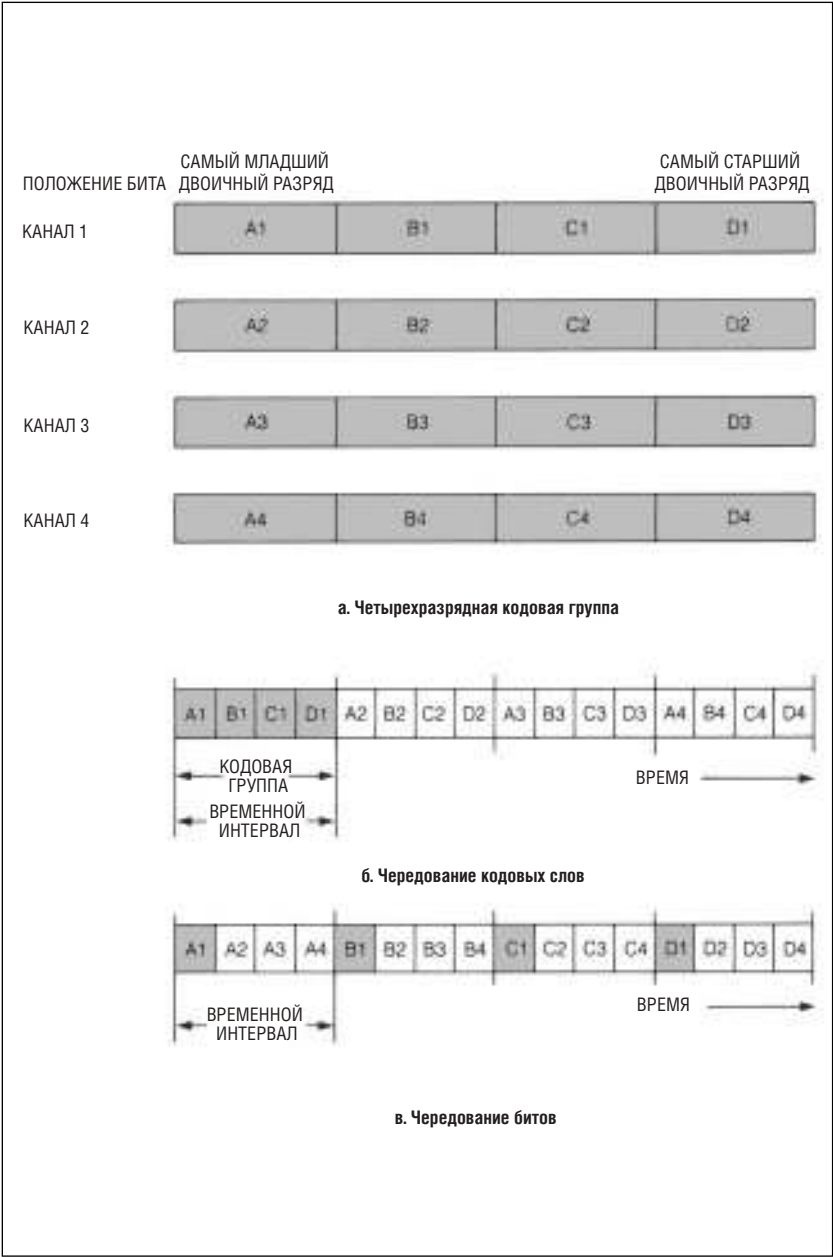


Рис. 6.26.
Чередование битов
и кодовых групп



начало каждого фрейма. Информация о фрейме может состоять из отдельного бита, кодового слова точно такой же длины, что и остальные слова фрейма, стирания (удаления) или систематического изменения определенного бита в кодовых группах, либо изменения формы сигнала одного или нескольких битов во фрейме. В схемах, обычно применяемых в телефонных сетях, для определения границ фреймов к потоку данных, как правило, добавляется либо один бит, либо одна кодовая группа (состоящая из восьми разрядов). На рис. 6.27 иллюстрируется два наиболее часто используемых случая.

Формат передачи цифровых данных T1

Аналоговые речевые сигналы генерируются в телефонном аппарате и затем передаются по каждой абонентской телефонной линии. Эти сигналы поступают на районную АТС, где они преобразуются в дискретную форму и кодируются для того, чтобы быть переданными в цифровой форме по каналу передачи данных. Для того чтобы обеспечить экономичность передачи информации от многих каналов на телефонную станцию пункта назначения, информация каждого канала для передачи по единому

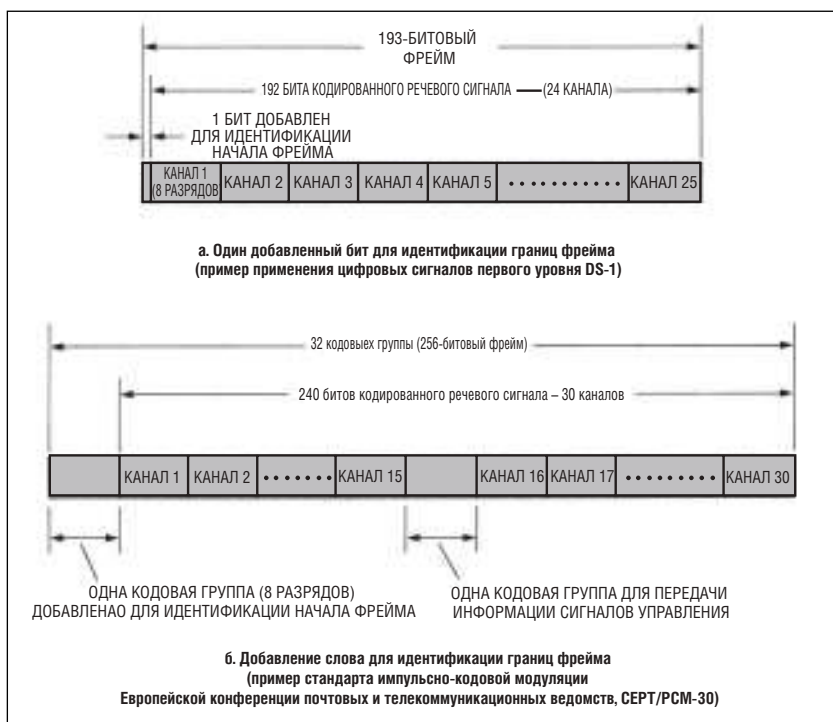
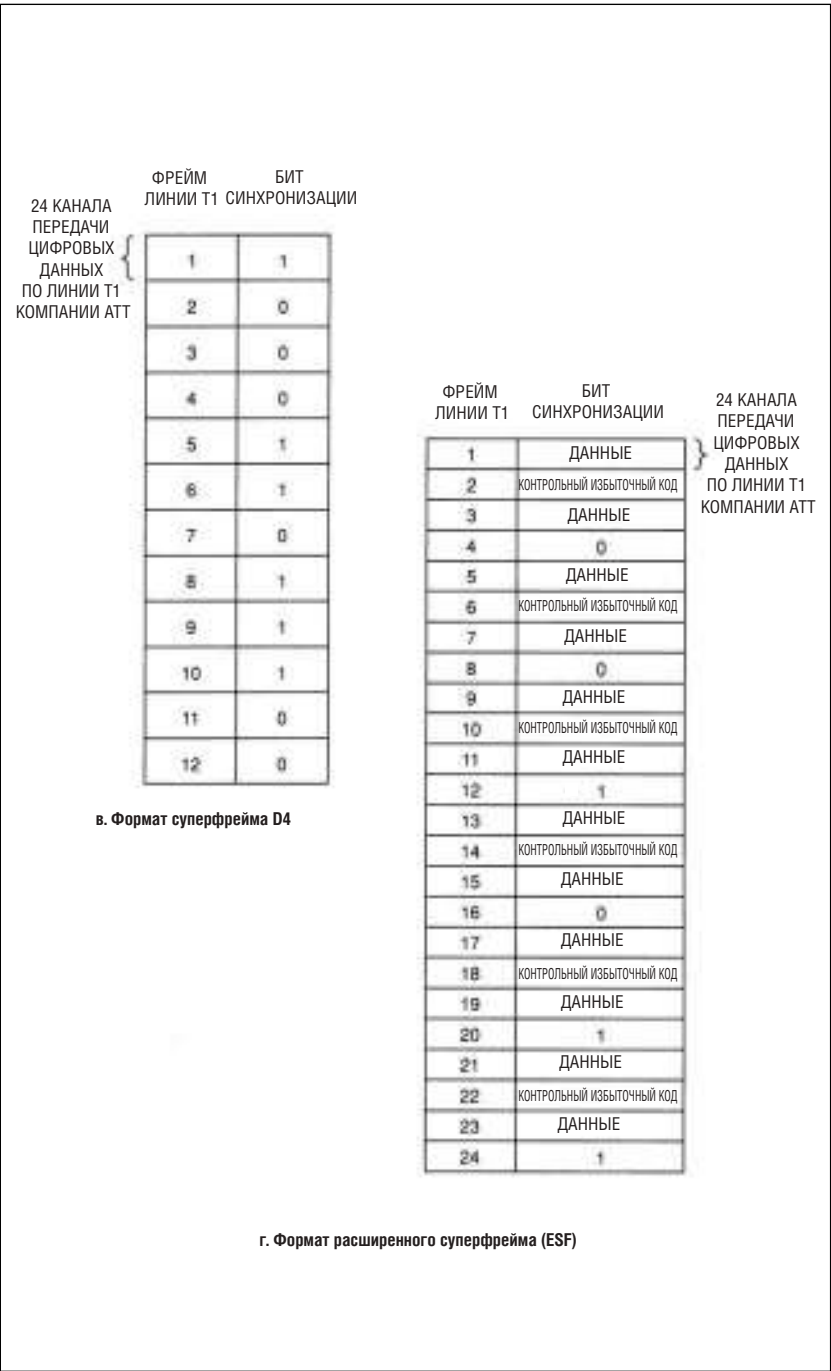


Рис. 6.27.
Методы обозначения границ фреймов добавлением бита и добавлением кодового слова

Рис. 6.27
(окончание рисунка)



физическому каналу может быть подвергнута мультиплексированию с разделением во времени, как это было описано в предыдущем разделе.

Основной метод мультиплексирования цифровых каналов в Соединенных Штатах известен под названием системы T1 (или линии T1, по терминологии компании АТТ). Но также этот метод иногда именуется системой канала с основной скоростью передачи, или же упрощенно «основной скоростью». При использовании линии T1 преобразованные в цифровую форму 24 голосовых канала могут быть мультиплексированы для передачи по двухпарному кабелю (одна пара проводов используется для передачи и вторая — для приема).

Формат цифровых сигналов, используемый для фреймов при передаче данных в системе T1, получил название DS-1 и приводится на рис. 6.27а. Формат DS-1 делит передаваемые данные по фреймам, каждый из которых содержит по 193 бита. Первый бит всегда считается синхронизирующим битом фрейма. Остальные 192 бита представляют восьмиразрядные чередующиеся кодовые группы (слова) 24 цифровых каналов.

Следует вспомнить, что частота измерения сигнала голосового канала при выполнении преобразования дискретизации должна составлять примерно 8 кГц, чтобы обеспечить его четкое представление в дискретной форме. Это означает, что одно восьмиразрядное преобразование должно выполняться через каждые 125 микросекунд (мкс). Так как в каждом фрейме должна содержаться информация каждого из 24 индивидуальных каналов, плюс к этому должен быть дополнительный бит, идентифицирующий границы фрейма, то система связи должна пересылать 193 бита каждые 125 мкс. При данных условиях линия T1 должна посылать или принимать данные со скоростью, равной $(193/125 \times 10^{-6})$, что составит 1544 тыс. битов в секунду, или 1,544 мегабит в секунду (Мбит/с).

Передача сигналов между двумя точками системы связи (линии) T1 осуществляется методом «заема единицы». В каждом шестом фрейме один бит изымается из каждого из 24 каналов и используется для передачи сигнальной информации. Таким образом, в среднем в каждом фрейме для передачи сигналов используются 24/6 битов (или 4 бита).

Стандарт высокоскоростной передачи цифровых данных T3

Скорость передачи данных по цифровому каналу (или линии) T1, равная 1,544 Мбит/с, достаточно часто удовлетворяет обычным условиям, характерным для небольших и средних значений потока обмена информацией. Однако при высоких объемах передаваемых данных линия T1 очень быстро приблизится к пределу своих возможностей.

Компания АТТ предприняла первые попытки увеличить пропускную способность каналов связи с использованием скорости стандарта (формата) DS-2 еще в 70-х годах прошлого века. Формат DS-2 был получен за счет объединения четырех цифровых каналов формата DS-1 (линий стандарта T1), в которых использовалось чередование битов для формирования единой цепи со скоростью передачи данных 6,312 Мбит/с. Для того чтобы реализовать изменения в синхронизации для каждой индивидуальной цепи формата DS-1, был добавлен еще один уровень синхронизации фреймов. Техника использования подстановочного (холостого) бита была использована для того, чтобы установить точно одинаковые скорости передачи битов для каждого DS-1 канала перед проведением чередования.

Популярность формата DS-2 оказалась ограниченной, он был использован ограниченное количество раз. Неотъемлемой проблемой, связанной с использованием медных носителей на высоких частотах, оказалось требование использовать кабели специального вида, имеющие к тому же особое экранирование. Разработка оптоволоконных кабелей в конце 70-х годов открыла новую эру в области пропускной способности цифровых каналов. Скорость передачи данных формата DS-2 была объединена с возможностями, предоставляемыми новым оборудованием, и привела к созданию нового стандарта, получившего название стандарта DS-3 (или системы T3). Стандарт DS-3 определяется как семь сигналов в формате DS-2. Это также будет эквивалентно передаче 28 сигналов стандарта DS-1, что оказывается эквивалентным 672 индивидуальным каналам, обеспечивающим суммарную скорость передачи данных 44,736 Мбит/с. С технической точки зрения, формат DS-2 еще продолжает существовать, но для любых практических применений он рассматривается как внутренняя, составная часть системы T3.

Несмотря на свою скорость, стандарт DS-3 не является таким же производительным, какими являются форматы DS-1 или DS-2. При использовании для передачи стандарта DS-3 необходимо учитывать, что до 96% передаваемого потока представляют действительно данные, при этом 4% приходится на контрольные и определяющие границы фрейма — биты и другие служебные (или вспомогательные) сигналы. Все это определяет эффективность передачи стандарта DS-3 величиной 96%. Если сравнивать эту цифру с величинами эффективности формата DS-1, составляющей 99%, или формата DS-2, достигающего 97%, то величина эффективности, равная 96%, может, на первый взгляд, показаться достаточно высокой. Однако при скорости передачи данных 44,736 Мбит/с величина, равная 4%, соответствует 1,728 Мбит/с потока служебной (контрольной и вспомогательной) информации, то есть превышает пропускную

способность одного канала формата DS-1! При этом большая часть потока служебных и дополняющих данных необходима для обеспечения синхронизации между передаваемыми данными потоков в форматах DS-1, DS-2 и DS-3.

Форматы цифровых каналов передачи T4 и T5

Бит, имеющий порядковый номер 193 и предназначенный для ограничения и обозначения фрейма в линии передачи T1, может также быть использован для синхронизации структуры передачи данных, получившей название «суперфрейма» (или суперцикла). Его использование позволяет в линии связи T1 обрабатывать гораздо большее количество каналов по сравнению со стандартным значением 24 канала, которые синхронизируются в пределах одного фрейма. (Наиболее часто используемой структурой суперфрейма является формат D4, который получил свое название по оборудованию, составляющему совокупность оборудования и устройств сопряжения цифрового канала связи, разработанного компанией АТТ). В суперфрейме D4, состоящем из 12 фреймов формата линии T1, используется бит цикловой организации для повторения определенного шаблона. Шаблоны с битами цикловой организации интерпретируются в приемном оборудовании, которое декодирует каждый канал. На рис. 6.27 приводится формат соответствующего суперфрейма, используемого при передаче в формате D4.

Как показано на рис. 6.27а, каждый фрейм включает 24 канала линии T1, однако кадрирующий бит (бит организации цикла) изменяется в комбинации символов, совместно с которой принимающая совокупность устройств оборудования цифрового канала, осуществляющего сопряжение с голосовыми, может быть синхронизована. Эта двенадцатибитовая комбинация, представляющая в двоичном коде число 100011011100, повторяется через каждые 12 фреймов. Совокупность устройств оборудования цифрового канала, осуществляющего сопряжение с голосовыми, стандарт D4 будет передавать 24×12 , или 288 каналов.

Расширенный суперфрейм (англоязычное обозначение ESF), введенный компанией АТТ, предоставляет дополнительные возможности по передаче сигналов, диагностике и определению ошибок передачи, а также способность передавать 24 полноформатных фрейма стандарта T1, что обеспечивает передачу 24×24 , или 576 каналов. Как показано на рис. 6.27г, структура расширенного суперфрейма намного сложнее по сравнению со структурой суперфрейма стандарта D4. В расширенных суперфреймах 193-й бит используется не только для синхронизации фреймов, как это делается в суперфрейме

стандарта D4, но также для канала управления передачей данных и определения ошибок передачи с использованием оборудования контроля с помощью избыточного циклического кадра (CRC).

Биты синхронизации фреймов вставляются во фреймы с номерами 4, 8, 12, 16, 20 и 24. Эти шесть битов представлены в виде комбинации 001011, которая повторяется для каждого фрейма. Биты контроля передачи данных 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 и 23 образуют двенадцатибитовый подканал, который может быть использован для проведения диагностики без необходимости использования отдельного канала. При осуществлении связи по этому каналу передачи данных используется стандартный протокол, такой, например, как HDLC (высокоуровневый протокол управления каналом, разработанный Международной организацией по стандартизации, ISO). Более того, совершенствование метода контроля с использованием избыточного циклического кадра снижает проблемы возникновения неверного определения границ фреймов, которые просто изводили ранние конструкторские разработки совокупности устройств оборудования D-цифровых каналов, осуществляющих сопряжение с голосовыми. Биты под номерами 2, 6, 10, 14, 18 и 22 будут заставлять совокупность устройств оборудования цифрового канала, осуществляющего сопряжение с голосовыми, восстанавливать их комбинацию символов, устанавливающих границы фреймов в случаях, когда контроль с использованием избыточного циклического кадра фиксирует наличие ошибки.

Система связи стандарта T4 была развита аналогичным образом, преобразовавшись в стандарт T5, увеличивший вдвое производительность системы связи T4. Скорость передачи данных в системе связи T5 составляет 560,16 Мбит/с, обслуживая 8064 голосовых каналов.

Европейская система и скорость передачи данных

В оборудовании мультиплексирования, используемом в европейских странах, применяется формат, отличающийся от формата, применяемого в стандарте DS-1. Формат, установленный Европейской конференцией почтовых и телекоммуникационных ведомств (СЕРТ), или формат РСМ-30, также известный под названием E1, представляет 256-битовый фрейм из 32 кодовых групп (слов), схематично изображенный на рис. 6.276. Первая группа (временной слот под нулевым номером) представляет 8-разрядную группу цикловой синхронизации (для определения границ фрейма). За ней следуют восьмиразрядные группы данных для 15 каналов. Затем вставлена восьмиразрядная группа передачи сиг-

налов (временной слот под номером 16), за которой следуют восьмиразрядные группы данных для завершающих 15 каналов. Так как один канал используется исключительно для передачи сигналов, то на один фрейм приходится 8 сигнальных битов.

Частота выполнения измерений при дискретизации сигнала каждого канала по-прежнему составляет 8 кГц — это означает, что фрейм должен следовать через каждые 125 мкс. Передача 256 битов за 125 мкс означает скорость передачи данных, равную $256/125 \times 10^{-6} = 2\,048\,000$ бит/с, или 2,048 Мбит/с.

В соответствии с иерархией европейской системы четыре потока каждого уровня мультиплексируются в один поток более высокого уровня: то есть четыре потока уровня E1 мультиплексируются в поток E2; четыре потока E2 используются для создания потока E3 и т.д. Детали этого процесса отражены в табл. 6.3. Так как потоки не синхронизированы между собой, особое значение приобретает процесс синхронизации в мультиплексорах. Используется вставка дополнительных битов для заполнения возникающих промежутков, если данные оказываются недоступными из-за отсутствия синхронизации; этот процесс также известен под названием «выравнивания».

Уровень	Количество голосовых каналов	Обозначение мультиплексной передачи	Скорость передачи данных, Мбит/с
E1	30	Первичный	2,048
E2	120	M12	8,448
E3	480	M23	34,368
E4	1920	M34	139,264
E5	7680	M45	565,148

Таблица 6.3.
Европейские системы мультиплексирования

Временной промежуток фрейма в системе мультиплексной передачи E2 составляет 100,38 мкс. В каждом фрейме содержится 848 битов. 820 битов логического блока передачи информации перемежаются с вспомогательными (используется чередование битов при уплотнении каналов). Четыре бита (по одному из каждого вспомогательных) либо

являются битами информационного блока, либо выравнивающими битами. Также имеется 12 выравнивающих управляющих битов (по три от каждого вспомогательного), которые и используются для передачи сигналов в случае, если применяется выравнивание. Используется 10 битов выравнивания фрейма. Оставшиеся 2 бита используются для контроля соединения.

Следует учитывать, что европейская система не совпадает с системой, принятой в США, как по количеству каналов, так и по скорости передачи данных, что приводит к возникновению достаточно сложных проблем взаимодействия на любом из уровней передачи, кроме уровня индивидуального канала.

Стандарт синхронной оптической сети SONET и Европейский стандарт на волоконно-оптические средства связи SDH

Стандарт синхронной волоконно-оптической сети (SONET) и Европейский стандарт синхронной цифровой иерархии, или стандарт на волоконно-оптические средства передачи данных (SDH), предназначены для волоконно-оптических линий связи. Достаточно часто между точками, между которыми осуществляется связь, прокладываются два оптоволоконных кабеля, чтобы в случае выхода из строя одного из кабелей использовать для передачи сигналов запасной. В стандартах связи SONET и SDH используется мультиплексная передача с чередующимися битами для вспомогательных блоков, что позволяет выводить канал связи T1 или E1 из высокоскоростного потока без необходимости демультиплексирования в обратном иерархическом порядке.

Стандарт сети SONET используется в странах Северной Америки, и ее пропускная способность обозначается в виде STS- n , где $n = 1, 3, 12, 24$ и т.д. Соответствующий оптический носитель для системы связи SONET обозначается в виде OC- n . SDH является стандартом синхронной цифровой иерархии, применяемым в европейских системах связи, пропускная способность которого обозначается как STM- n , где $n = 1, 4, 8, 16$ и т.д. Несмотря на то что некоторые значения

Таблица 6.4.
Стандарт
Североамерикан-
ской синхронной
оптической сети
SONET
и Европейский
стандарт
синхронной
цифровой иерархии
SDH

США	Европа	Скорость передачи данных, Мбит/с
STS-1	–	51,84
STS-3	STM-1	155,52
STS-12	STM-4	622,08
STS-24	STM-8	1244,16
STS-48	STM-16	2488,32
STS-192	STM-64	9953,28

пропускной способности различных стандартов совпадают (см. табл. 6.4), форматы передачи данных в системах связи отличаются, поэтому непосредственный переход от одного стандарта системы связи к другому невозможен. Основным преимуществом совпадения скоростей передачи данных является возможность использования идентичного передающего оборудования в обеих системах связи. Например, система с оптическим носителем ОС-192 может быть использована как для передачи потоков данных, соответствующих пропускной способности STS-192, так и для STM-64.

Системы рационального использования телефонных кабельных пар

Системы связи, в которых используется вышеописанное оборудование, позволяющее фактически увеличить количество телефонных разговоров, выполняемых с использованием одной телефонной пары (либо уменьшить количество телефонных пар проводов, необходимых для каждого канала), иногда называются системами увеличения количества телефонных пар. В простейшей системе увеличения количества пар, уплотняющей только два разговора, ведущихся по одной физической телефонной линии, обычно используется оборудование с частотным разделением. В более сложных системах, таких, например, как системы мультиплексирования абонентских телефонных линий (Subscriber Loop Multiplex system), производится уплотнение до 80 абонентских линий с использованием линии связи стандарта T1. Система уплотнения 40 абонентских линий связи (Subscriber Loop Carrier 40 system) может передавать 40 абонентских разговоров по 40-канальной линии связи T1 со скоростью 38 тыс. бит в секунду на один канал. Такие системы связи очень привлекательны для использования в сельской местности, когда стоимость прокладки индивидуального телефонного кабеля (телефонной пары) для каждого абонента становится непомерно высокой.

Системы цифровой мультиплексной передачи часто используются на локальном уровне для уменьшения количества используемых физических пар проводов, например, в сельской местности. Такие системы связи позволяют уплотнять до 80 абонентских линий в одной физической линии связи.

Аналоговые и цифровые системы мультиплексной передачи

Передача все большего количества каналов с использованием одной физической линии связи вызвала необходимость введения определения семейства, или иерархичности, в системах мультиплексной передачи. Это касается как области применения аналоговой, так и цифровой связи. Аналоговые мультиплексные системы, используемые в Северной Америке, приводились ранее в табл. 1.5, там же приводятся и те физические среды,

которые используются для каждого канала связи. Стандартные системы связи, используемые в европейских странах, приводятся в табл. 6.3.

Сети связи ISDN и xDSL

Данные со скоростью передачи 64 Кбит/с либо еще более высокой, а также речь в цифровой форме могут передаваться непосредственно в офис или жилой дом с использованием цифровых сетей связи с комплексными услугами, так называемых ISDN-сетей, либо по цифровым абонентским линиям связи (xDSL).

В цифровой сети связи с комплексными услугами и базовой скоростью передачи данных (Integrated Services Digital Network — Basic Rate, или сокращенно ISDN-BRA) по одной витой медной паре проводов передаются данные со скоростью 64 Кбит/с, то есть фактически для канала связи 2B+D, передающего данные двух В-каналов с базовой скоростью 64 Кбит/с и D-канала со скоростью 16 Кбит/с, может быть использован один медный провод, выполненный в виде витой пары. Для передачи сигналов в линии связи используется один из четырех уровней напряжения (или символов), такая система обозначена как 2B1Q (два двоичных (биты), один четверичный (символ)); каждый уровень напряжения задается двумя битами данных. Скорость передачи сигналов управления в линии связи составляет 80 тыс. бод (или 160 Кбит/с), из которых 144 Кбит/с относятся к В- и D-каналам связи, а 16 Кбит/с синхронизируют контроль.

В цифровой сети связи с комплексными услугами и первичной скоростью передачи данных (Primary Rate Integrated Services Digital Network, или сокращенно ISDN-PRI), скорость передачи по В-каналам составляет 30×64 Кбит/с и по одному D-каналу — 64 Кбит/с. Цифровая сеть ISDN-PRI совместима с системами E1 и обеспечивает пропускную способность 2048 Мбит/с. Для передачи сигналов по сети ISDN-PRI используются оптоволоконные кабельные системы или широкополосные медные пары.

Системы цифровых абонентских линий связи (DSL), такие, например, как ADSL, SDSL, HDSL и VDSL, представляют системы с высокими скоростями передачи данных по медным проводникам, выполненным в виде витой пары. Для достижения необходимой скорости передачи битового потока используется метод многочастотной модуляции несущей. По своей сути это напоминает использование большого количества модемов, подключенных к одной и той же паре проводников, при этом каждый из модемов имеет собственную частоту несущей, а модулирование производится различными битами потока данных.

Асимметричная цифровая абонентская линия (ADSL) используется, прежде всего, для доступа в Интернет, для которой существенным является условие загрузки больших объемов данных, поступающих из центрального узла связи. Высокоскоростная пе-

редача данных по медной витой паре абонентской линии связи (HDSL) обеспечивает высокие скорости передачи данных в двух направлениях, как правило, со скоростями 2048 Мбит/с (или стандарт E1) и используется для цифровой сети ISDN-PRI. При этом необходимо использовать две медные витые пары: одну — для передаваемых данных, а вторую — для принимаемых. Оди-нарная абонентская линия связи (SDSL) обеспечивает более низкие скорости передачи данных, изменяющиеся вплоть до значения 1544 Мбит/с (или стандарт T1). Сверхскоростная абонен-тская линия связи (VDSL) будет обеспечивать скорость передачи данных вплоть до значения 51,84 Мбит/с (или стандарт STS1) и предназначена для широкополосного обслуживания в офисах и жилых домах.

Передача сигналов в кодовой группе при импульсно-кодовой модуляции

В аналоговом канале сигнальная информация передается одним из методов, которые были обсуждены в главе 1, — по-прежнему наиболее распространенным методом остается размыкание и замыкание абонентского шлейфа, по которому протекает постоянный ток. Так как в канале связи, в котором применяется импульсно-кодовая модуляция, отсутствует протекающий постоянный ток, возникла необходимость использовать иные методы передачи сигнала о текущем положении телефонной трубки на рычагах телефонного аппарата, а также передачи сигналов набора номера вместе с речевыми сигналами. Метод, который используется в настоящее время в комплексах оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с голосовыми каналами типов D-2, D-3 и D-4, включает использование специализированного бита в специализированной кодовой группе в качестве двоичного индикатора, указывающего состояние канала, соответствующее поднятому или покоящемуся на рычагах положению телефонной трубки. Используемый бит является самым младшим значащим разрядом в каждой шестой кодовой группе (см. рис. 6.7). Использование данного разряда, который обычно предназначен для передачи речевого сигнала, вносит некоторую погрешность или искажения в речевой сигнал и снижает соотношение уровня сигнала к уровню шума дискретизации (параметр SQR) примерно на 1,8 дБ. Более подробно данный метод излагается в главе 8.

Передача сигнала о состоянии, соответствующем поднятой или положенной на рычаги телефонной трубки, в кодовой группе при импульсно-кодовой модуляции включает использование самого младшего двоичного разряда в каждой шестой кодовой группе. На качество передаваемого аудио-сигнала это влияет незначительно.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Для передачи в цифровых системах любая информация должна быть представлена в двоичной форме. Для передачи информации используются кодовые группы, состоящие из битов, каждый из которых может быть либо двоичной единицей, либо двоичным нулем.
2. В системах телефонной связи стандартными являются восьмиразрядные (или восьмибитовые) группы. Информация в кодовой группе может содержаться в составе всей кодовой группы, в подгруппе, выделенной из состава кодовой группы, либо в отдельном разряде этой же группы.
3. Передача кодовых групп в последовательном виде является наиболее распространенным методом передачи цифровых сигналов в системах телефонной связи.
4. Аналоговый сигнал при его преобразовании в дискретный измеряется с частотой, равной 8000 измерений за одну секунду, так как эта частота измерений вдвое превышает частоту самой высокочастотной составляющей речевого сигнала, передаваемого в телефонных линиях связи.
5. Аналоговые сигналы измеряются, каждый дискретный замер преобразуется (кодируется) в двоичные сигналы с использованием метода импульсно-кодовой модуляции. В процессе кодирования перед передачей информации она может быть сжата.
6. В приемном устройстве двоичный код декодируется, и сигнал фильтруется с целью восстановить исходный аналоговый сигнал. При этом в случае сжатия сигнала в передающем устройстве он будет восстановлен.
7. Оборудование, выполняющее операции сжатия и восстановления двоичного сигнала, получило название компрессора.
8. В наиболее часто используемых типах компрессоров для процедуры сжатия применяются зависимости, получившие название μ – характеристики и A-характеристики.
9. Для цифровых сигналов, преобразованных с использованием импульсно-кодовой модуляции, используется мультиплексирование (или уплотнение каналов) при передаче по одному физическому каналу с разделением (или уплотнением) во времени.
10. При мультиплексировании сигналов наиболее часто используются либо чередование кодовых групп, либо чередование битов (разрядов) из различных групп.
11. Системы мультиплексирования могут быть либо синхронизированными, либо асинхронными.

-
12. Асинхронные системы используются, по большей части, для передачи данных.
 13. Системы связи на основе цифровых абонентских линий, такие, например, как ADSL, SDSL, HDSL и VDSL, являются высокоскоростными системами для передачи данных с использованием медного носителя, выполненного в виде витой пары проводников.

Контрольные вопросы к главе 6

1. Телефонная сеть была преобразована для передачи сигналов в цифровой форме, прежде всего, для того, чтобы:
 - а) передавать компьютерные данные в цифровой форме;
 - б) снизить затраты;
 - в) улучшить качество передачи речи;
 - г) увеличить пропускную способность каналов связи.
2. Передача речи и сигналов управления в цифровой форме более выгодна потому, что:
 - а) цифровые логические схемы имеют меньшую стоимость по сравнению с аналоговыми;
 - б) сигналы управления в цифровой форме передавать проще;
 - в) можно обеспечить более низкое отношение уровня сигнала к уровню шума;
 - г) все из вышеперечисленных причин.
3. Метод цифровой передачи обладает недостатками, проистекающими, прежде всего, из-за:
 - а) отсутствия способности противостоять перекрестным помехам;
 - б) сложностей процесса мультиплексирования;
 - в) более высокой стоимости электронных схем;
 - г) необходимости использования схем сопряжения с существующими аналоговыми сетями.
4. Математическое выражение $f_s \geq 2BW$ получило название:
 - а) теоремы Шеннона;
 - б) критерия Найквиста;
 - в) закона Эрланга;
 - г) эффекта Эдисона.
5. Процесс измерений при дискретизации аналогового сигнала сопровождается:
 - а) импульсными шумами;
 - б) фазовыми искажениями;
 - в) амплитудно-импульсной модуляцией;
 - г) частотной когерентностью.
6. В процессе дискретизации ставятся в соответствие:
 - а) величина напряжения относительно цифровых сигналов;
 - б) телефонисты относительно поступающего вызова;
 - в) символы относительно результатов измерений аналогового сигнала;

- г) ни одно из вышеуказанных соответствий.
7. Простейшим видом кодирования сигнала является:
- а) использование двухфазного сигнала;
 - б) использование гибридной схемы;
 - в) метод сжатия;
 - г) линейный метод.
8. Какое количество разрядов должно использоваться в 64-интервальном преобразователе (квантизаторе) непрерывных данных:
- а) 2;
 - б) 10;
 - в) 8;
 - г) 7.
9. При сравнении двух преобразователей непрерывных данных качество одного из них, имеющего более низкое значение уровня сигнала к шуму дискретизации, SQR, будет:
- а) более высоким;
 - б) более низким;
 - в) одинаковым;
 - г) не поддающимся оценке.
10. Если кодовая группа для системы связи T1 с фреймом из 193 битов будет содержать только четыре разряда, какое количество каналов может передаваться:
- а) 48;
 - б) 50;
 - в) 6;
 - г) 24.
11. Для правильного ответа на вопрос 10 — какова будет скорость передачи данных, выраженная в Мбит/с:
- а) 0,772;
 - б) 3,088;
 - в) 1,544;
 - г) 1,024.
12. Параметром, характеризующим степень сжатия сигнала для компандеров, применяемых в цифровых сетях США, является:
- а) сигма-характеристика;
 - б) μ -характеристика;
 - в) A-характеристика;
 - г) Характеристика «R в квадрате».
13. В цифровых системах уплотнения каналов передачи (мультиплексирования) чередование битов используется:
- а) в системах самого низкого уровня;
 - б) в системах самого высокого уровня;
 - в) при чередовании кодовых групп;
 - г) ни в одном из вышеперечисленных способов;
 - д) во всех вышеперечисленных способах.
14. В синхронных системах уплотнения каналов передачи (мультиплексирования) положение битов во временном промежутке кода является:
- а) выделенным;
 - б) свободным;
 - в) нерегулярным;
 - г) по требованию.

- 15.** Асинхронные системы уплотнения каналов передачи (мультиплексирования) используются:
- а)** в основном, для передачи речевого сигнала;
 - б)** в основном, для передачи данных;
 - в)** только для передачи речевой информации;
 - г)** во всех вышеперечисленных случаях.
- 16.** Системы высокоскоростной передачи данных с использованием медных проводников, выполненных в виде витой пары, известны под названием:
- а)** системы связи цифровых абонентских линий DSL;
 - б)** системы связи с комплексными услугами и первичной скоростью передачи данных ISDN-PRI;
 - в)** систем связи, использующих стандарт синхронной оптической сети SONET и Европейский стандарт на волоконно-оптические средства передачи данных SDH.
 - г)** ни одно из вышеперечисленных названий.

Глава 7. Применение электронных схем в районных АТС

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В пяти первых главах книги основное внимание уделялось функциям, выполняемым телефонным аппаратом, а также тому, как использование электроники позволяет выполнять все рассмотренные функции качественнее и проще, увеличив количество предоставляемых абоненту услуг. Глава 6 положила начало обсуждению вопросов, выходящих за рамки телефонного аппарата. Настоящая глава продолжает указанную тенденцию, концентрируя особое внимание на вопросе, а что же, собственно говоря, находится на другом конце абонентской линии связи, а именно – на автоматической телефонной станции. Точно так же, как разработчик современной модели электронного аппарата должен учитывать существующие стандарты и правила, разработчик оборудования, предназначенного для установки на узловой, или районной, автоматической телефонной станции, должен, в свою очередь, быть уверен, что используемые электронные схемы будут полностью совместимы при работе как с современной электронной моделью телефонного аппарата, так и с ее более древним, самым обычным предшественником, подключенными к абонентской линии связи. Все эти условия совместимости различного по своему характеру оборудования ранее уже обсуждались, и они проистекают из того, что оказывается экономически невыгодным заменить одновременно все телефонные аппараты на современные модели при вводе в действие новой электронной АТС. Поэтому все современные схемы сопряжения с абонентским оборудованием, или схемы интерфейса, разрабатываются таким образом, чтобы обеспечить работоспособность уже находящихся в эксплуатации телефонных аппаратов.

Эти стандартные схемы интерфейса, а также вопросы повышения эффективности их работы составляют основное содержание данной главы. При этом будет сделан краткий обзор о современном состоянии и ближайшем будущем абонентских линий связи, когда цифровые электронные аппараты подключаются к цифровым абонентским интерфейсам и реализуют основные принципы цифровой телефонной связи, описанной в главе 6. И дополнительно ко всему сказанному: большая часть рассматриваемого

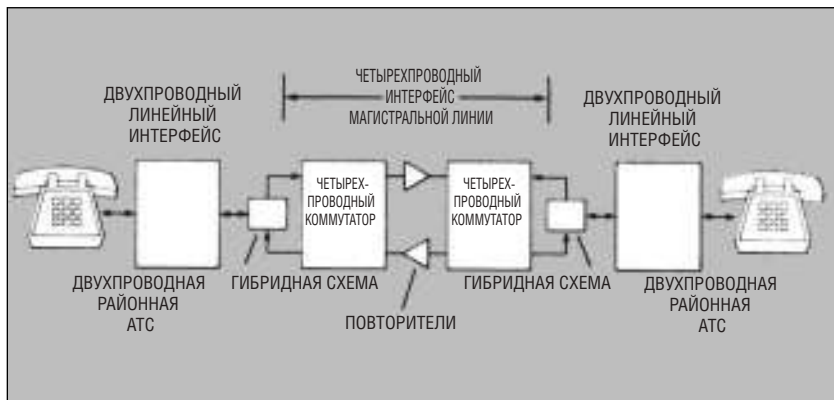
материала может быть распространена на специализированные коммутационные системы, такие, например, как офисные АТС, в которых может использоваться телефонный аппарат любой конструкции, но настолько, насколько интерфейс между специализированной системой и центральной станцией будет удовлетворять стандартам телефонной компании.

АБОНЕНТСКАЯ ТЕЛЕФОННАЯ ЛИНИЯ

Абонентская телефонная линия, как часть системы телефонных коммуникаций, не претерпела практически никаких серьезных изменений, начиная с конца 60-х годов прошлого века. Вопросы экономического порядка и успехи в электронных технологиях привели к переосмысливанию задач и роли этой части телефонных линий связи.

Абонентская линия связи, иногда называемая телефонным шлейфом, связывает, как уже неоднократно указывалось на страницах этой книги, абонента с районной АТС, а затем – с использованием оборудования, установленного на АТС, – со всей всемирной системой коммутируемых линий связи. Принципы организации работы абонентской линии связи изменились весьма незначительно со времен изобретения телефонного аппарата, хотя конструктивные изменения за это время вносились неоднократно. Самым основным изменением явилась практически повсеместная замена ранее использовавшихся оголенных проводов связи, подвешенных на изоляторах перекладин телефонных столбов, на витые пары из медных проводников, объединенных при прокладке линии связи в виде единого кабеля связи. Использование медных проводов и электромагнитных реле в качестве основных элементов системы телефонной связи оставалось неизменным практически на протяжении ста лет, при этом затраты на обслуживание и капитальное строительство составляли основную долю расходов всей телефонной индустрии. Однако в конце 60-х годов прошлого века подход к экономическим вопросам проектирования абонентских линий связи начал изменяться. Стоимость кабеля связи, состоящего из множества отдельных витых пар, продолжала постоянно воз-

Рис. 7.1.
Характерный пример осуществления аналогового телефонного соединения при выполнении междугородного телефонного разговора



растать, прежде всего, из-за постоянно возрастающей стоимости меди, а также затрат, связанных с прокладкой такого кабеля под улицами городов или на телефонных столбах. В то же самое время стоимость «интеллектуальной» электронной начинки телефонного оборудования продолжала неуклонно снижаться по мере того, как интегральные микросхемы становились все меньше по размерам, но при этом все более производительными и все менее дорогими.

СТАНДАРТНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ РАЙОННЫХ АТС

Как правило, все большие и сложные системы разбиваются на более простые подсистемы или модули, что позволяет упростить процесс их проектирования, использования и технического обслуживания. Точка, в которой данные подсистемы соединяются одна с другой, получила название интерфейса. Исчерпывающие технические характеристики интерфейса устанавливают все механические, электрические и рабочие требования к входным и выходным сигналам; в идеале такие технические условия позволяют устанавливать взаимные соединения без знания точных собственных характеристик взаимодействующих подсистем. Большое количество различных по задачам интерфейсов существует в системах телефонной связи, прежде всего, из-за их сложности, огромных размеров и разветвленности. Еще более сложные системы интерфейса требуются для того, чтобы согласовать между собой старое и новое телефонное оборудование, а также различные типы оборудования, которые предназначены для выполнения одних и тех же функций.

Как уже указывалось в главах 1 и 2, центральная, или районная, АТС является местом, в котором происходит самое первое переключение и обработка поступающих телефонных вызовов. Если вызов предназначен для абонента, обслуживаемого этой же АТС, то поступивший вызов просто переключается на необходимую абонентскую линию. Если же вызов предназначен для телефонного аппарата абонента, расположенного не очень далеко, но обслуживаемого другой районной АТС, то вызов должен быть переключен на магистральную, или соединительную, линию, которая связывает две районные АТС. Если же вызов направляется в другой город, то он должен быть переключен на систему линий дальней или междугородней связи с использованием междугородних телефонных магистральных линий, например, таких, что изображены на рис. 7.1. Помимо того, что АТС выполняет свои функции по коммутации вызова, она также выполняет еще две очень важные и различные функции интерфейса. Лучше всего эти функции интерфейса описываются с использованием профессионального телефонного жаргона.

Интерфейсы предназначены для сопряжения двух подсистем телефонной линии связи между собой. Они состоят из оборудования и программного обеспечения, позволяющих осуществлять передачу как речи, так и данных, а также снабжать оборудование необходимым электропитанием.

Телефонный вызов обрабатывается, прежде всего, на уровне районной телефонной станции. В зависимости от удаленности места назначения вызов будет переключаться один или несколько раз на различные уровни системы связи и проходить через интерфейсы, установленные как со стороны разъемов линии связи, так и со стороны магистральных линий.

Абонентская линия связи чаще всего называется абонентским шлейфом и получила название интерфейса абонентской линии (или линейного интерфейса), как расположенного со стороны разъемов абонентской линии, а магистральная линия, связывающая АТС с другой районной телефонной станцией, получила название интерфейса магистральной линии, как расположенного со стороны разъемов магистральной линии.

ИНТЕРФЕЙС АБОНЕНТСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Подавляющее количество схем интерфейса в телефонных сетях действует между телефонным аппаратом и районной АТС. Так как данные схемы интерфейса эволюционировали со времен вызывных звонков с питанием от магнето, дисковых номеронабирателей и шаговых искателей, то оказалось значительно труднее заменить существующие интерфейсы электронными схемами и при этом еще соблюсти требования к стандартам и характеристикам завтрашнего дня. Из-за очень большого количества и разветвленности абонентских линий связи схемы такого интерфейса будут составлять наиболее значительную часть по сравнению со всеми телефонными линиями связи.

Основные требования к интерфейсу абонентской линии связи в стандартной телефонной сети можно определить ранее введенным в главе 6 обозначением – BORSCHT, которое является акронимом (аббревиатурой), составленным из англоязычных слов: Батарейное питание – Защита от перенапряжений – подача Вызывного сигнала – подача сигналов Управления и Контроля – Кодирование – Гибридная схема – Тестирование. После всего сказанного следует подробнее остановиться на стандартном интерфейсе абонентской линии связи, или абонентском, линейном интерфейсе.

Батарейное питание

Система питания абонентской телефонной линии от стационарной батареи (или источника питания телефонной станции) должна выполнять следующие задачи:

1. Обеспечить питанием телефонный аппарат абонента (как правило, величина напряжения постоянного тока в шлейфе составляет 48 В).
2. Обеспечить возможность прохождения сигналов управления как к телефонному аппарату, так и от него.
3. Обеспечить низкое значение сопротивления для протекания постоянного тока в шлейфе.

Питание абонентской телефонной сети от стандартной стационарной батареи должно обеспечить подачу напряжения с требуемым значением в телефонный шлейф, характеризующийся низким значением омического сопротивления и высоким значением полного комплексного сопротивления.

4. Обеспечить высокое значение полного комплексного сопротивления по переменному току.

Различные варианты организации батарейного питания на районной АТС были обсуждены в главе 3.

Защита от перенапряжений

Защита от перенапряжений в линии обеспечивает сохранение работоспособности оборудования и защиту персонала от опасных бросков напряжения, возникающих при переходных процессах во время грозовых разрядов, которые могут достигать значения до 1000 В, а также от возможных наводок или коротких замыканий между линиями связи над действующими линиями электропередачи. За исключением случая очень высоких напряжений, оборудование защиты, установленное на телефонных станциях, подобно используемому для защиты телефонных аппаратов и детально описанному в главе 3.

Подача вызывного сигнала

Работа звонка вызывного сигнала в телефонном аппарате и работа вызывного генератора, установленного на районной АТС, обсуждались в главе 2. Телефонная станция должна обеспечить условия, при которых сигнал вызова на телефонном аппарате абонента должен информировать о поступившем вызове. Следовательно, телефонная станция должна подавать такой сигнал после того, как на коммутаторе завершено подключение абонентской линии. Обычно это выполняется с использованием реле, питание на которое подается с коммутатора. Величина напряжения вызывного сигнала составляет 90 В среднеквадратического значения, а частота сигнала – 20 Гц.

Подача сигналов управления и контроля

Определение запроса на обслуживание (момент, когда абонент снял телефонную трубку с рычагов), подача сигналов набора номера, контроль за состоянием вызова (определение момента, когда второй абонент ответил на поступивший вызов или когда после окончания разговора любой их абонентов положил трубку) определяются наличием или отсутствием тока, протекающего в абонентской линии. Это условие требует наличия на телефонной станции датчика, который был бы в состоянии точно отличать, вне зависимости от длины шлейфа, ток линии при поднятой трубке от тока, возникающего в линии в результате шумов, утечек или наводок, а также небольших по величине токов, необходимых при питании от телефонной линии электронных и интегральных микросхем, установленных в

Телефонная станция обеспечивает подачу сигнала вызова на телефонный аппарат. Запрос на обслуживание определяется протеканием или отсутствием тока в цепи. Датчик определяет наличие тока в абонентской линии связи, а также фиксирует значительные изменения в его значении. Используется два метода: подача сигнала через шлейф и подача сигнала через «землю».

электронных моделях телефонных аппаратов. Существует два наиболее распространенных метода, используемых для определения момента снятия телефонной трубки с рычагов абонентского аппарата, получивших название подачи сигнала через шлейф и подачи сигнала через «землю».

Подача сигнала через шлейф

При использовании метода определения подачи сигнала через шлейф в качестве чувствительного и логического устройств используются реле отсечки и линейное реле. Напряжение на линейное реле подается, когда контакты телефонной трубки замыкаются. Работа линейного реле прекращается после включения реле отсечки.

Телефонные линии, в которых сигнал на АТС подается через шлейф, представляют подавляющее большинство линий; сигнал о снятии телефонной трубки с рычагов подается путем замыкания линии в телефонном аппарате. На рис. 7.2 приводится интерфейс абонентской линии, в котором в качестве чувствительных и исполнительных элементов используются реле. Если телефонная трубка лежит на рычагах, не действуют ни линейное реле, ни реле отсечки, а батарея линейного реле обеспечивает подачу питания в линию связи. Так как контакты рычагов телефонной трубки разомкнуты, ток в линии отсутствует (за исключением небольших токов утечки).

Как только абонент поднимает телефонную трубку (рис. 7.2а), ток станционной батареи начинает протекать через замкнутые контакты, обеспечивая подачу напряжения на обмотку линейного реле. Набор контактов линейного реле замыкается, подавая с использованием линейного искателя сигнал на цепи коммутации, что абонент требует обслуживания. После того как линейный искатель занял линию и подал сигнал готовности набора номера, он включает реле отсечки, которое размыкает линейное реле, как это изображено на рис. 7.2б, и переключает цепь на коммутационное оборудование. При этом также отключается линейная батарея, и дальнейшая работа происходит при питании от другого источника питания через первый селектор, или регистр системы коммутации. Необходимо обратить внимание, что у линейного реле имеется две обмотки, одна из которых подсоединена к R-выводу телефонной линии, а вторая подключена к Т-выводу. Обмотки реле симметричны и намотаны таким образом, что наводимые в них напряжения взаимно уничтожаются, поэтому только тот ток, который протекает в абонентской линии, заставит включиться реле.

Подача сигнала через «землю»

Метод, при котором используется подача сигнала через «землю», применяется в телефонных линиях, предназначенных для подключения офисных АТС к районной, а также в других ситуациях, когда бывает необходимо мгновенно определить линию, которая была выбрана для ис-

пользования (занятие линии) с любого конца. Заземление R-провода, как показано на рис. 7.3, вызывает протекание тока по одной половине линейного реле, что оказывается достаточным для его срабатывания. Дальнейшая работа происходит точно таким же образом, как это рассматривалось для случая подачи сигнала через шлейф. После того как оборудование офисной АТС обнаружило запрос и подало сигнал готовности набора номера, контакты подачи сигнала через «землю» размыкаются.

Контроль подачи сигналов при наборе номера

Основная проблема подачи сигналов при импульсном наборе номера заключается в том, чтобы четко определять различия между моментом отсутствия тока в момент его прерывания при импульсном

При методе подачи сигнала через «землю» линейное реле может быть включено при замыкании на землю R-вывода телефонной линии в любой ее точке. Такая схема используется, как правило, в оборудовании, предназначенном для офисных АТС.

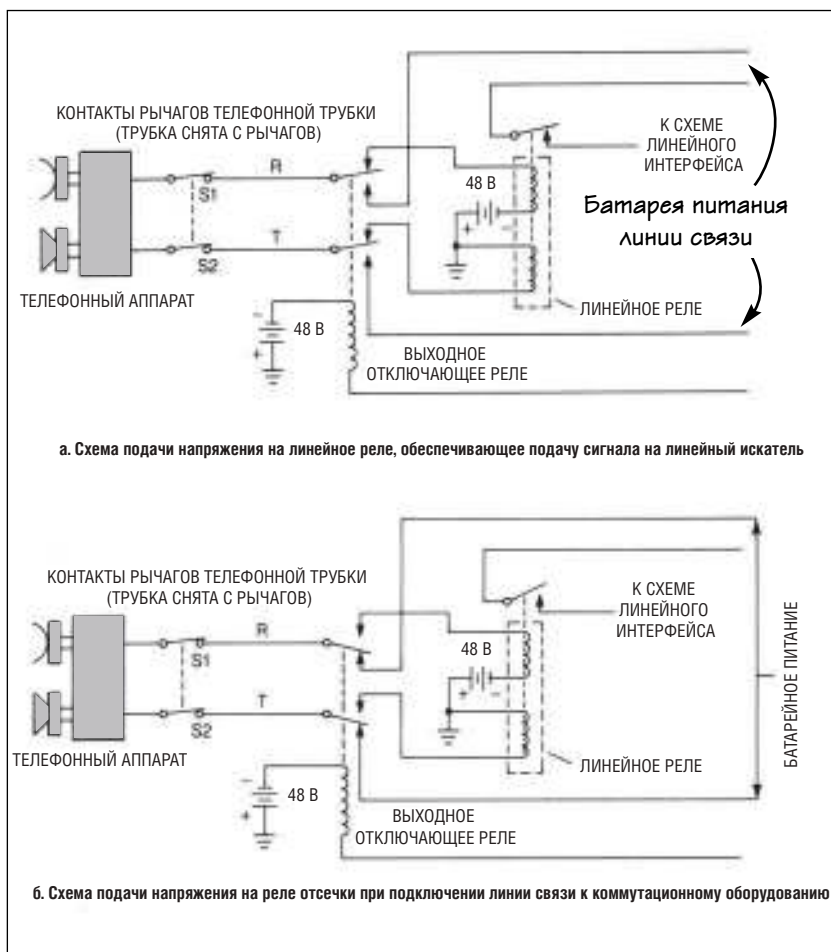


Рис. 7.2.
Работа реле
линейного
интерфейса

наборе и отсутствием тока, вызванным положенной на рычаги телефонной трубкой. В стандартной системе телефонной связи это осуществлялось путем использования трех реле, обозначенных как реле А, В и С и приведенных на рис. 7.4. У реле А очень малое время срабатывания, напряжение на него подается при замыкании цепи, образованной R- и Т-проводами, контактами телефонной трубки, затем контакты реле размыкаются и замыкаются при замыкании и размыкании контактов роторного номеронабирателя.

Таким образом, реле А следует за импульсами набора и его контакты размыкаются и замыкаются синхронно с импульсами набора, чтобы быть в состоянии управлять первым селектором в шаговом искателе.

Реле В включается, когда оказывается включенным реле А, однако у этого реле увеличенное время отпускания. Оно спроектировано таким образом, что достаточная по величине энергия запасается для того, чтобы удерживать контакты замкнутыми при небольших перерывах во время отсутствия электрического тока; следовательно, его контакты остаются замкнутыми в то время, когда контакты реле А попеременно размыкаются и замыкаются. Контакты реле В не размыкаются даже до тех пор, пока контакты реле А остаются разомкнутыми в течение примерно 200 мс; то есть реле В остается замкнутым в течение всего времени, пока абонент держит трубку телефона снятой с рычагов, и определяет момент, когда абонент даст сигнал отбоя (положит телефонную трубку на рычаги), путем освобождения контактов.

Реле С также является реле с замедленной характеристикой на отпускание и используется для того, чтобы определять конец последовательности импульсов набора для роторного номеронабирателя. В то время, когда на реле А и В уже подано напряжение, напряжение на реле С подается после того, как первый импульс набора номера прервет протекание тока, чтобы отпустить реле А. Напряжение на реле С будет оставаться до тех пор, пока генерируются импульсы набора номера, и сохраняется до момента, пока сохраняется напряжение на реле А хотя бы в течение интервала времени, составляющего не менее 200 мс. Так как продолжительность самого длительного по времени стандартного импульса набора составляет менее 100 мс, время освобождения (отпускания) реле С, равное 200 мс, оказывается достаточным, чтобы сохранять напряжение на реле С на промежуток времени, равный самому продолжительному по длительности интервалу импульса набора. Затем, после того как набор номера завершится, а напряжение на реле А сохраняется, реле С разъединяется, что является сигналом для схемы коммутации, что набор данной цифры номера закончен.

Для контроля над процессом набора номера используются три реле. Путем выбора различных характеристик этих реле схема в состоянии определять различия между отсутствием тока во время перерывов при импульсном наборе номера и отсутствием тока в шлейфе при положенной на рычаги телефонной трубке.

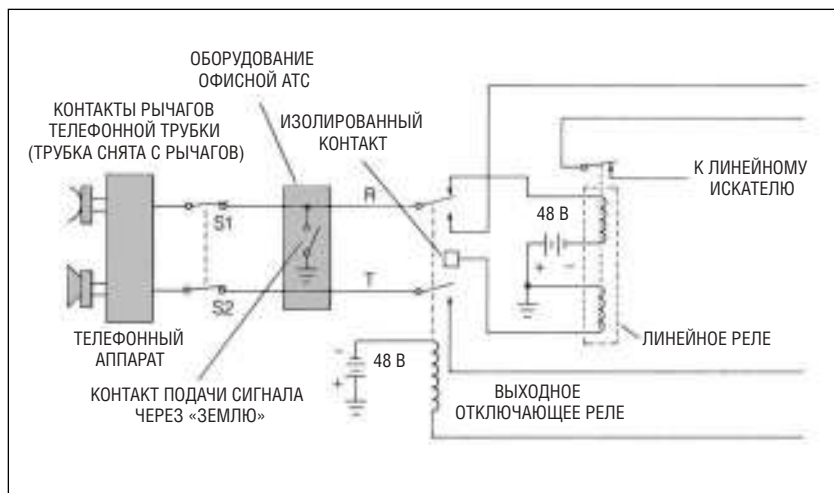


Рис. 7.3.
Подача сигнала
через «землю»

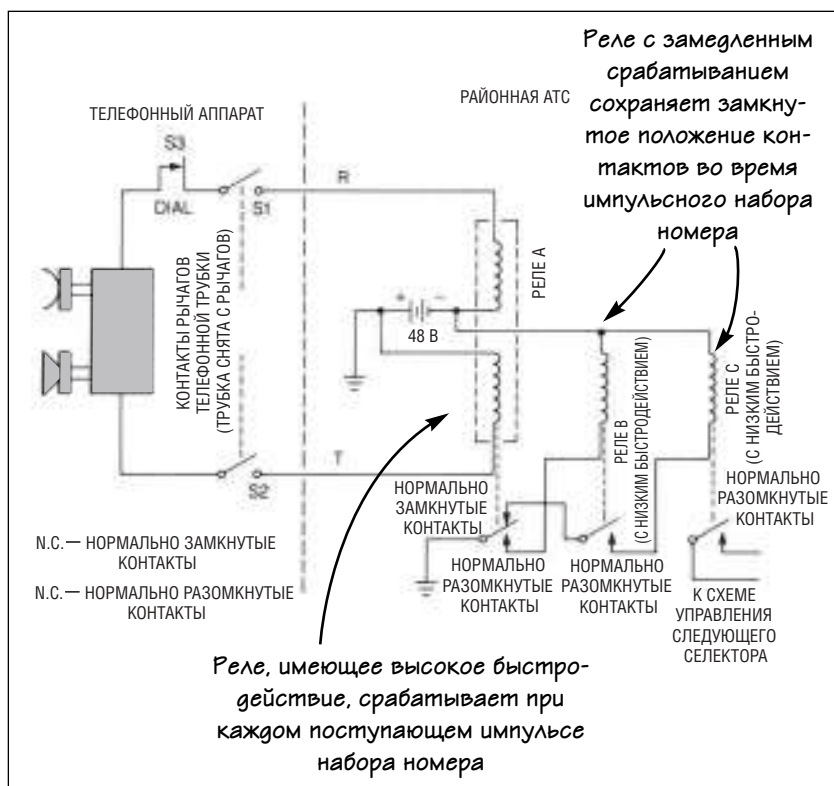


Рис. 7.4.
Контроль подачи
сигналов при
наборе номера

Осуществления контроля над ответом на вызов

Осуществление контроля над ответом на вызов требует подачи сигнала на АТС, осуществляющую набор, что на поступивший вызов абонент ответил. Методы подачи сигнала включают в себя отключение сигнала вызова (прекращение протекания тока сигнала вызова в линии), мгновенное рассоединение цепи и изменение полярности сигнала.

Осуществление контроля над ответом на поступивший вызов подразумевает рассоединение цепи, по которой протекает ток вызывного сигнала (используется термин «отключение звонка»), в тот момент, когда вызываемый абонент ответил на вызов. Этот процесс также может потребовать мгновенного рассоединения цепи либо же изменения полярности подключения R- и T-проводов телефонной пары. Ряд телефонных компаний используют это средство для того, чтобы указать, что телефонный вызов был «доставлен» к вызываемому абоненту и с этого момента плата за междугородний вызов может начинаться отсчитываться. Возможность изменения полярности сигнала означает, что приобретатель телефонного аппарата должен был бы настойчиво требовать, чтобы телефонный аппарат был оснащен системой защиты от неправильной полярности подключения, которая подробно обсуждалась в главе 3. В противном случае телефонный аппарат не мог бы быть использован для подачи сигналов на удаленный компьютер либо иные специализированные терминалы с использованием кнопочной панели, предназначенной для двухтонального многочастотного набора, DTMF. Или, что еще хуже, телефон просто оказался бы поврежденным при подключении к телефонной линии, в которой используется изменение полярности сигнала.

Кодирование

Коды объединяют устройства кодирования и декодирования в одно устройство.

Кодирование речевого сигнала в последовательность цифровых кодов, которые для передачи в цифровом виде помещаются во временной слот (или интервал) импульсно-кодовой модуляции, осуществляется в устройстве кодирования на передающем конце телефонной линии, как это было обсуждено в главе 6. Восстановление сигнала на принимающем конце линии связи требует наличия устройства декодирования. Когда устройства кодирования и декодирования объединяются в единой интегральной микросхеме, то они получают название кодека. Более подробно кодеки будут обсуждаться немного позже в данной главе.

Гибридная схема

При усилении сигналов, необходимым при его передаче на большие расстояния, гибридная схема необходима для разделения передаваемого и принимаемого сигналов.

Стандартная телефонная подстанция (или местный коммутатор) построена по двухпроводной коммутируемой схеме, что подразумевает передачу телефонного разговора в двух направлениях по одной и той же паре телефонных проводов. В случае, когда телефонный разговор должен передаваться на значительные расстояния, становится необходимым использование усилительной техники. Следовательно, системы коммутации в этом случае должны выполняться по четырех-

проводной схеме, как это изображено на рис. 7.1. Преобразование от двухпроводной к четырехпроводной схеме выполняется с использованием трансформатора гибридной схемы, как это было ранее описано в главе 2. Гибридная схема устанавливается со стороны магистральной линии связи соответствующей телефонной станции (интерфейс магистральной линии), так как разговоры, ведущиеся по местным линиям связи, не требуют усиления; только разговоры, передающиеся на большие расстояния и требующие усиления, должны проходить через гибридную схему. Однако, если АТС является цифровой, гибридная схема должна являться частью линейного интерфейса.

Схема тестирования

Выполнение тестирования или проверки для устранения неисправностей и выполнения необходимого профилактического обслуживания требует доступа к абонентской линии связи и цепям коммутационного оборудования АТС. Дополнительные реле, установленные в схемах абонентской линии связи, обеспечивают осуществление такого доступа.

ИНТЕРФЕЙС МАГИСТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ

Термин «магистральная линия» имеет очень большое количество благоприобретенных за длительное время значений (при этом некоторые из них вызывают некоторое недоумение). Наиболее часто употребляемое значение означает канал связи между оборудованием, используемым в коммутируемых линиях связи и установленным в двух различных по своему расположению местах. Такое определение также содержит в себе некоторую неопределенность, так как, например, магистральная линия в офисной АТС, которая установлена на промышленном предприятии или в бизнес-центре, заканчивается на районной АТС и может рассматриваться как простая абонентская линия, тогда как частная сеть или «объединяющая линия», действующая между двумя офисными АТС, будет функционально совершенно идентична магистральной линии связи между двумя районными АТС.

Термин «магистральная линия» относится к каналу связи, соединяющему установленное в различных местах коммутирующее оборудование.

Система магистральных линий связи

Обычно магистральная линия связи оканчивается на так называемой «схеме интерфейса магистральной линии», которая представляет собой схему сопряжения, или интерфейс, для передаваемого речевого сигнала, сигналов контроля и управления между магистральной линией и системой коммутации. Она рассматривается как часть

Схема магистрального интерфейса представляет схему сопряжения между магистральной линией связи и системой коммутации. Для передачи сигнала могут использоваться медные телефонные проводные пары, по которым передаются мультимплексированные аналоговые или цифровые сигналы. Магистральная линия должна иметь источник батарейного питания, систему сигналов управления и контроля, а также окончное оборудование.

магистральной линии, когда производится измерение уровня передачи сигнала. Магистральные линии имеют гораздо более высокую стоимость по сравнению с абонентскими линиями связи, поэтому они прокладываются только там, где они действительно необходимы. Однако, так как магистральная линия не является закрепленной за каким-то одним конкретным владельцем, такая система магистральных линий используется гораздо более интенсивно, чем обычная абонентская линия связи. Например, для группы из 30 магистральных линий связи, которая спроектирована таким образом, чтобы только 3% вызовов в период пиковой нагрузки оказались бы заблокированными (для них не производилось бы соединение), будет в среднем приходиться примерно 70% вызовов этого пикового периода.

Магистральные линии, проложенные на небольшие расстояния, могут представлять обычные телефонные проводные пары, тогда как магистральные линии дальней связи обычно обеспечиваются системами и оборудованием, предназначенными для мультимплексной аналоговой или цифровой передачи. Магистральная линия связи может быть предназначена сама по себе как для односторонней, так и для двухсторонней передачи, с использованием как автоматического соединения, так и с использованием операторов. Интерфейс магистральной линии на районной АТС согласовывает все эти различные условия и обеспечивает один и тот же уровень функционального обслуживания, что и линейный интерфейс, хотя за счет большей сложности оборудования и использования большего количества вариантов.

На рис. 7.5 приведены некоторые типы интерфейсов, как линейных, так и магистральных, для компьютерно-управляемой электронной коммутационной системы с пространственным уплотнением № 1 (No. 1 ESS) компании АТТ, на которой показаны типичные маршруты коммутации и используемой терминологии. Соединения направляются через матричные переключатели для выполнения соединений типа линия–линия, или типа линия–магистральная линия. В магистральных линиях связи также обязательно наличие таких элементов, как батарейное питание, сигналы управления и контроля, окончное оборудование.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ В ИНТЕРФЕЙСАХ РАЙОННЫХ АТС

В течение многих лет телефонные станции с электронной системой коммутации типа No. 1 и No. 1A ESS составляли основу коммутационных систем класса 5 в системе телефонной связи компании Bell Systems. Новой разработкой явилась телефонная станция No. 10A RSS (с дистанционной системой управления коммутацией). Она разрабатывалась таким образом, чтобы ее

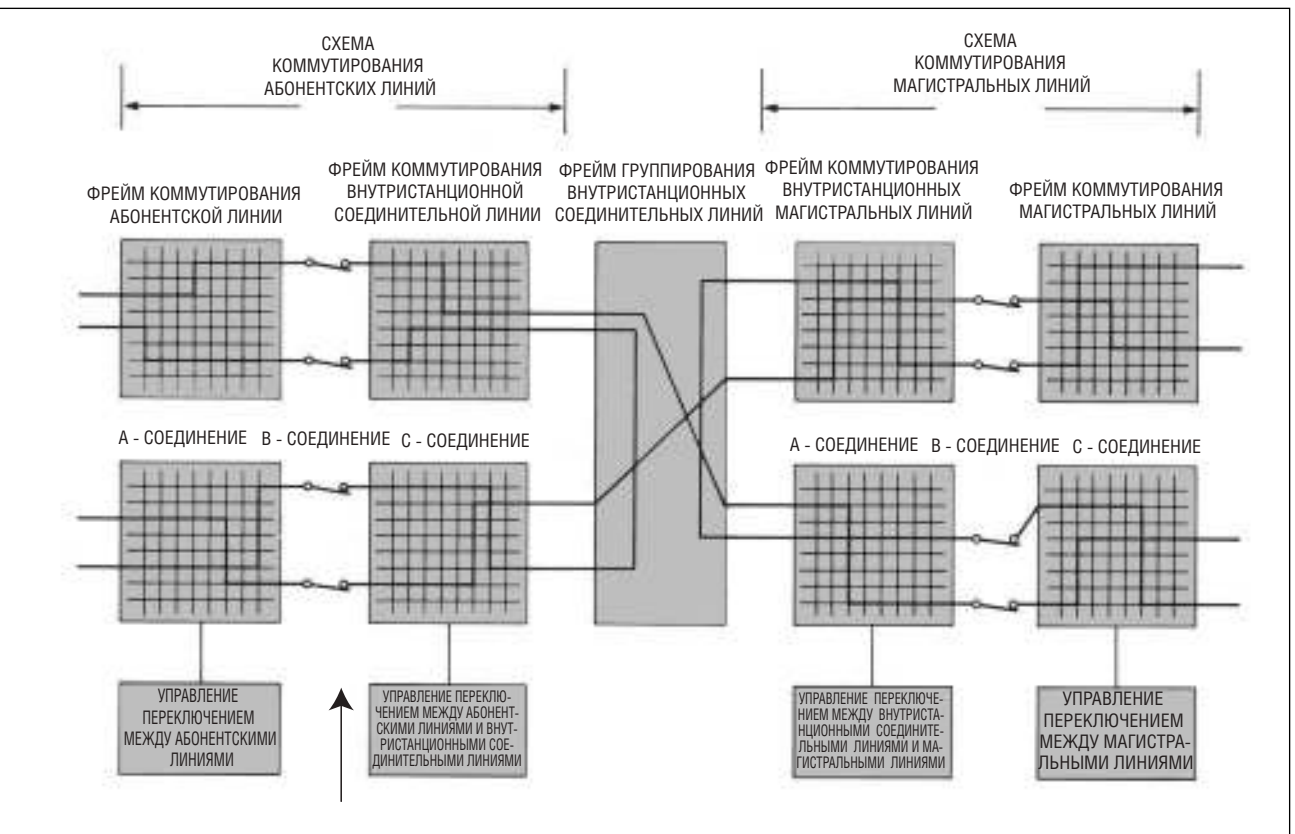


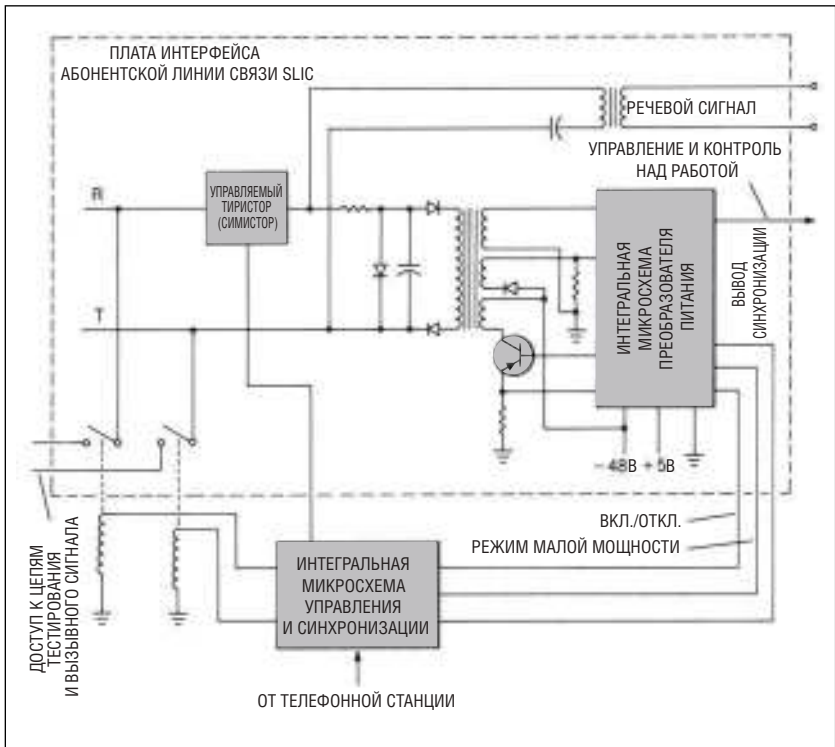
Рис. 7.5.
Типы интерфейсов
компьютерно-
управляемой
(электронной)
системы
коммутации

управление осуществлялось дистанционно с использованием 'электронной телефонной станции No. 1 ESS, используемой в качестве главного контроллера. Телефонная станция No. 10A обеспечивает выполнение практически всех тех же функций, которые осуществляет районная АТС, а также позволяет использовать системы электронной коммутации на тех территориях, где ранее делать это было экономически нецелесообразно. Фактически телефонная станция No. 10A представляет пример распределенного искусственного интеллекта в сетях телефонной связи.

Электронные схемы в интерфейсах абонентских телефонных линий

Наибольший интерес в использовании телефонной станции No. 10A представляют ее схемы (или платы) интерфейса абонентских линий связи (или абонентского интерфейса – в оригинале книги используется англоязычная аббревиатура SLIC) и электронные схемы коммутации. Коммутационная часть телефонной станции будет обсуждена в этой главе чуть позже, а сейчас для иллюстрации различных способов реали-

Рис. 7.6.
Схемы
абонентского
интерфейса (SLIC)
телефонной
станции с
дистанционной
системой
коммутации
No. 10A RSS
компании
Bell Systems



зации функций абонентского интерфейса рассмотрим схему абонентского интерфейса станции No. 10А, приведенную на рис. 7.6. Схема абонентского интерфейса телефонной станции No. 10А занимает промежуточное положение между полностью законченной твердотельной интегральной микросхемой и схемой, в которой совершенно не используются электронные компоненты, поскольку в ней использована комбинация электронных элементов с трансформаторами, что позволяет данной схеме интерфейса обеспечить:

1. Очень малое потребление мощности, составляющее 650 мВт из расчета на одну абонентскую линию.
2. Изоляцию схемы от прохождения синфазных сигналов абонентской линии за счет использования трансформаторной связи с преобразователями мощности (силовыми).
3. Защиту от высоковольтных скачков напряжения, возникающих при переходных процессах, путем совместного использования в схеме диодов и трансформаторов за счет низкочастотной характеристики трансформаторов.
4. Два режима работы: при высокой и малой мощности. В режиме высокой мощности рабочая частота стабилизатора мощности изменяется с 40 на 90 Гц в зависимости от сопротивления линии. Это позволяет изменять выходное напряжение в зависимости от длины абонентского шлейфа. В режиме малой мощности стабилизатор обеспечивает только питание, необходимое для протекания тока, компенсирующего потери в абонентской линии.
5. Использование напряжения вызывного сигнала.
6. Доступ к линии для проведения тестирования.

Во время прохождения вызывного сигнала и тестирования абонентской линии питающий стабилизатор мощности и источник питания для речевого сигнала должны быть отключены от линии. Это осуществляется установкой стабилизатора и размыканием отключающего симистора (триака). Напряжение вызывного сигнала с частотой 20 Гц подается с общей шины вызывного сигнала через вибрационные реле. Вибрационные реле также позволяют осуществлять тестирование. Работа этих реле управляется системой коммутации с удаленным доступом с использованием фиксаторов и релейных драйверов интегральной микросхемы управления и синхронизации. Данная схема управления и синхронизации также осуществляет управление интегральной микросхемой стабилизатора, участвует в определении маршрута прохождения сигнала в системе коммутации, а также мультиплексирует сигналы контроля и управления, включая сигнал отключения вызывного сигнала.

Схемы интерфейса абонентских телефонных линий (SLIC) и электронное коммутационное оборудование телефонных станций с электронной коммутацией No. 10А обеспечивают наилучшие результаты от совместного применения элементов твердотельной электроники и более традиционных методов электротехники.

Интерфейс абонентских телефонных линий, выполненный с использованием интегральных микросхем

Для выполнения функций интерфейса абонентских телефонных линий были использованы интегральные микросхемы, так как они способны выполнять большую часть функций, определяемых аббревиатурой BORSCHT, совместимы с цифровой техникой связи и легко программируются.

Проектирование интегральной микросхемы, которая предназначалась бы, в первую очередь, для выполнения функций интерфейса абонентских телефонных линий, в реальности оказалось нацеленным не только на выполнение большинства функций, определяемых аббревиатурой BORSCHT, но и на все более явно наметившийся переход телефонных систем к методам цифровой передачи речевого сигнала. Более того, программная гибкость цифровых систем связи, позволяющая приспосабливать ее к изменяющимся условиям практического применения либо вводить дополнительные возможности путем изменения программы, оказали большое влияние на разработку.

Однако здесь существуют определенные ограничения. Полупроводниковые материалы и создаваемые на их основе структуры, используемые при создании интегральных микросхем, таких, например, как схема абонентского или линейного интерфейса SLIC, и предназначенных для обработки большого количества логических операций и усиления сигналов, имеют ограничения в своей применимости и, прежде всего, по значениям напряжения пробоя, которые они должны выдерживать. Следовательно, высоковольтные схемы и цепи защиты от высоковольтных бросков напряжения, возникающих при переходных процессах, не входят в состав интегральной микросхемы, а выполняются в виде внешних ее элементов. Дифференциальные усилители, выполненные в составе интегральной микросхемы, имеют очень хорошие характеристики подавления синфазных сигналов, но имеют ограничения по управлению большими по величине токами, протекающими в абонентских линиях связи. Следовательно, использование изолирующих трансформаторов на входе абонентских линий связи становится оправданным при использовании большого количества плат интерфейса абонентских линий SLIC, выполненных на базе интегральных микросхем. Также становится более предпочтительным использование системы батарейного питания на районной АТС по сравнению с использованием питающих стабилизаторов, описанных чуть ранее. Когда платы интерфейса абонентских линий SLIC на базе интегральных микросхем используются совместно с батарейным питанием, наиболее общепринятым способом задать ток шлейфа является использование внешнего транзистора, позволяющего гарантированно обеспечить необходимый по величине ток, который должен поступать на абонентский телефонный аппарат для его нормального функционирования.

Интегральная микросхема TSM4204

Примером интегральной микросхемы, разработанной для обеспечения функций интерфейса для абонентской телефонной линии, может служить разработанная компанией Texas Instruments микросхема TSM4204. Как показано на рис. 7.7, интегральная микросхема TSM4204 предназначена для создания интерфейса абонентской линии с цифровой телефонной станцией, использующей метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), а также – для создания интерфейса с кодеком. Она выполняет функции гибридной схемы, контроля и управления, а также контроля над вызывным сигналом и проведением тестирования. Так как в системе связи с использованием гибридной схемы осуществляется переход от четырехпроводной схемы к двухпроводной, данная функция передается от интерфейса магистральной линии к линейному интерфейсу районной АТС и выполняется для каждой абонентской линии. Батарейное питание сохраняется в том виде, в каком оно существует на районной АТС, а защита от высоковольтных перенапряжений, возникающих при переходных процессах, обеспечивается дополнительной интегральной микросхемой TSM4301.

Интегральная микросхема TSM4204 разработана для создания интерфейса между абонентской телефонной линией и цифровым кодеком. Представляет отдельный модуль, обеспечивающий выполнение функций гибридной схемы, контроля и управления, а также окончательного контроля над вызывным сигналом и тестированием.

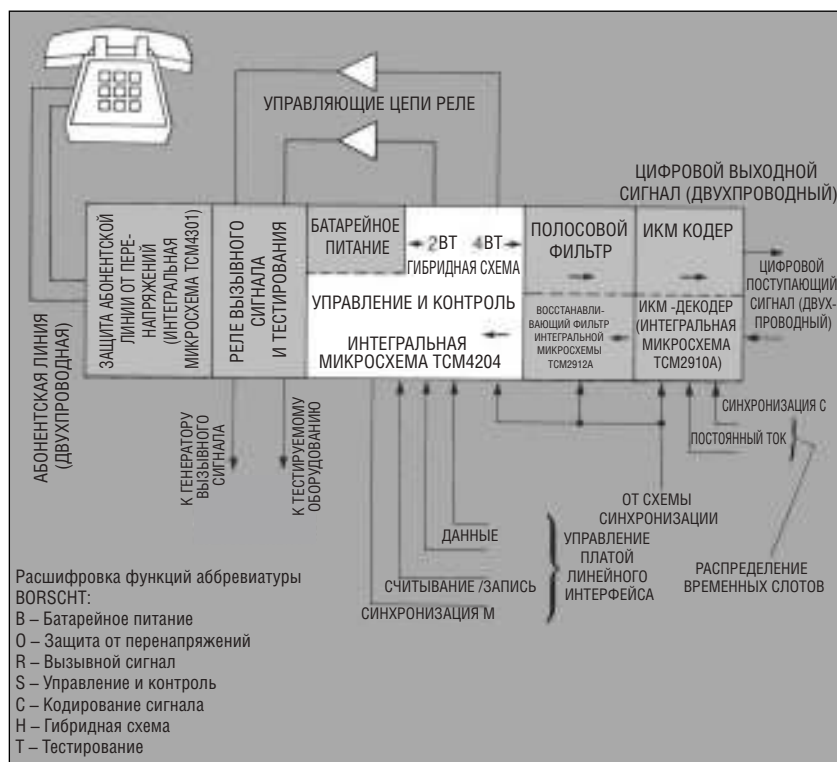


Рис. 7.7.
Принципиальная
схема цифровой
платы линейного
интерфейса

Работа интегральной микросхемы

Более подробная схема собственно интегральной микросхемы, используемой в качестве интерфейса абонентской линии, приведена на рис. 7.8. Речевой сигнал поступает в абонентскую линию с коммутатора районной телефонной станции через вход принимаемого сигнала (REC IN), аттенюатор поступающего сигнала (REC ATTN) и затем схему управления, обеспечивающую работу линейного трансформатора в двухтактном режиме с использованием внешних (относительно интегральной микросхемы или навесных) резисторов R1 и R2. Внешние стабилитроны D1 и D2 обеспечивают защиту от перенапряжений в телефонной линии. После прохождения трансформаторов связи на районной АТС речевые сигналы, поступающие от абонента, проходят на вход операционного усилителя интегральной микросхемы TCM4204, A1, а затем через аттенюатор передаваемого сигнала (XMIT ATTN) и выход двухпроводной соединительной линии станции на схемы магистральных линий. Усиление операционных усилителей задается внешними резисторами R3 и R4.

Сигнал замыкания контактов телефонной трубки (состояние, соответствующее поднятой с рычагов трубки) детектируется схемой резистивного моста (резисторы R8–R13) со стороны выводов абонентской линии линейного трансформатора и подается через операционный усилитель A2 на фильтр нижних частот, а затем через цифровой интерфейс на шину управления контроллера. Фильтр нижних частот препятствует прохождению вызывного сигнала в момент его подачи, поэтому он не оказывает влияния на работу микропроцессора. Сигнал готовности набора номера в линию поступает через вход REC IN, а затем – в схему принимаемого сигнала. Тональный сигнал набора номера проходит через схему передаваемого сигнала и поступает на выход XMIT OUT.

Работа внешних схем управления реле вызывного сигнала и тестирования определяется встроенными в микрокристалл триггерами (схемами запуска), которые синхронизируются через шину управления микропроцессора с использованием цифрового интерфейса. При включении схема управления реле подает напряжение на реле вызывного сигнала, подающего вызывной сигнал в абонентскую линию. После ответа вызываемого абонента ток, соответствующий условию поднятой с рычагов трубки, фиксируется внешним резистором R7, чтобы обеспечить отключение вызывного сигнала через A2. Доступ к тестированию обеспечивается подачей питания на реле тестирования точно таким же способом, что и на реле вызывного

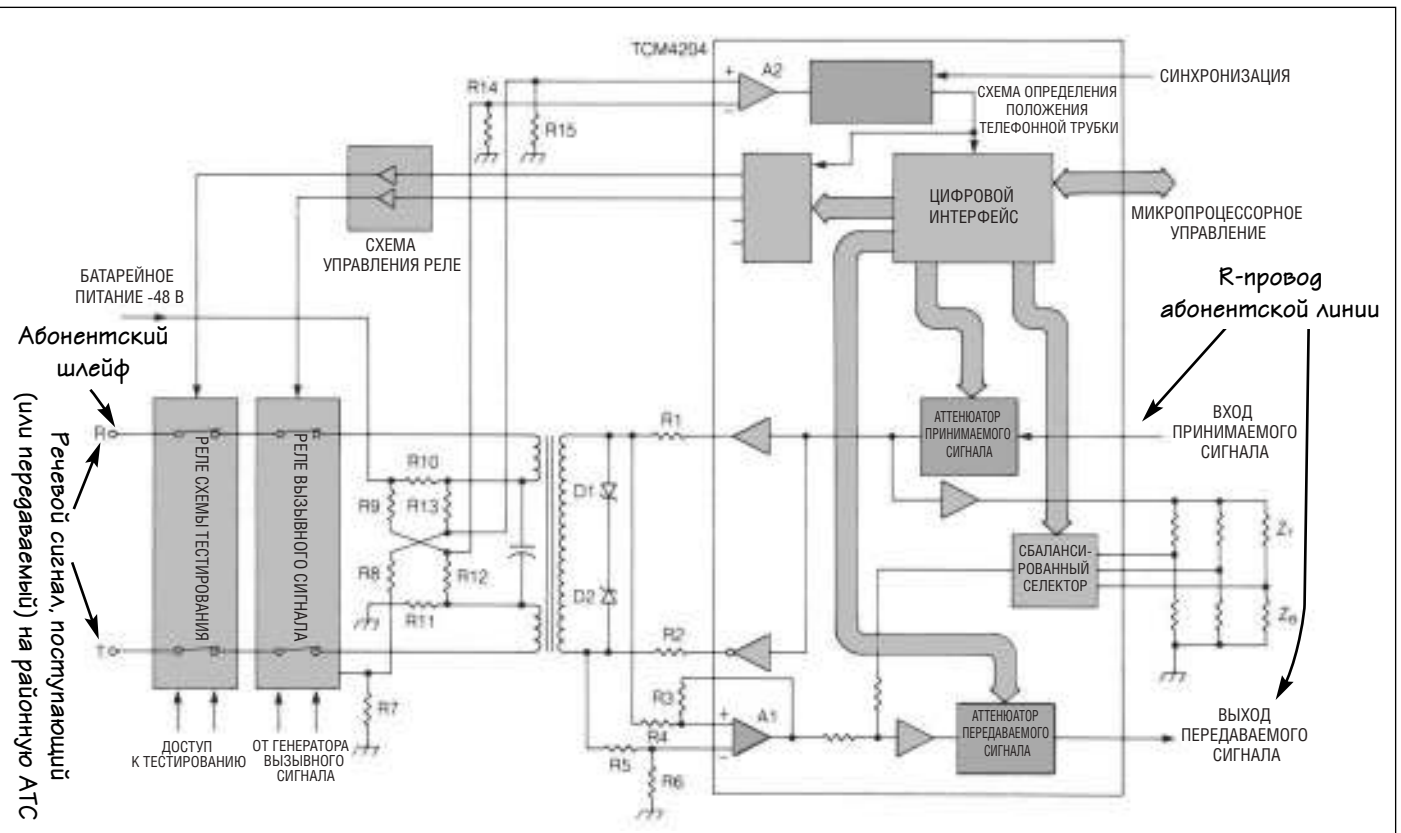


Рис. 7.8.
Схема управления
абонентской линией

сигнала. Когда на реле не подаются напряжения, подача батарейного питания –48 В в абонентскую линию обеспечивается через нормально замкнутые контакты реле.

Преимущества от использования интегральной микросхемы

Цифровая схема управления работой абонентской линии позволяет удаленному микропроцессору управлять большим количеством функций, обеспечивающих ее работоспособность и тестирование.

Наиболее примечательной особенностью такой схемы управления абонентской линии является цифровой интерфейс и те дополнительные возможности управления, которые он обеспечивает. Она позволяет внешнему микропроцессору (контроль которого распространяется на большое количество плат абонентского интерфейса SLIC) отдельно управлять аттенюаторами принимаемого и передаваемого сигналов, выбирать параметры внешней схемы согласования, обеспечивая увеличение или уменьшение значений Z_T и Z_B в соответствии с поступающими командами, а также проверять параметры аналоговой обратной (возвратной) петли, которые необходимы при проведении тестирования. Помимо этого, обеспечиваются оба режима подачи сигнала: подача «через землю» и подача по абонентской линии.

Параметры управления интегральной микросхемой TCM4204 сохраняются в 24-разрядной памяти в схеме цифрового интерфейса. Внешний микропроцессор устанавливает и поддерживает контроль над работой интегральной микросхемы последовательной записью в каждый разряд регистра. Каждый разряд также может считываться микропроцессором последовательно. Разряды нулевой и первой имеют фиксированное состояние, которое может только считываться, тогда как разряды со 2-го по 23-й предназначены для временного хранения данных, информация в которых может по мере необходимости как записываться, так и считываться. Точное назначение каждого разряда может быть найдено в паспортных данных интегральной микросхемы TCM4204.

Для обслуживания интерфейса абонентской телефонной линии SLIC используются четыре отдельные линии управления: вход сигнала разрешения интегральной микросхемы (CE), вход ввода/вывода данных (I/O), вход записи/считывания (R/W), синхронизирующий вход (CLKM), управляющий синхронизацией и передачей данных на микропроцессор либо с него. Последовательная передача данных осуществляется через контакт I/O до тех пор, пока на входе CE присутствует низкий уровень логического сигнала, а на контакте R/W – либо высокий, либо низкий уровень логического сигнала. Каждый тактовый импульс на выводе CLKM будет перемещать указатель регистра на следующий доступный разряд линии ввода/вывода.

Два разряда регистра задают один из четырех режимов работы интерфейсной линейной платы. Режим 0 переводит плату интерфейса SLIM в режим ожидания. Этот режим очень напоминает режим пониженного энергопотребления, однако сигналы, характеризующие состояния на выходных выводах, отличаются. Режим 1 вызывает переход к режиму пониженного энергопотребления. В этом режиме питание на цепи управления интерфейсной платы подается, однако все цепи прохождения речевого сигнала оказываются недоступными. Режим 2 предназначен для передачи обычного речевого сигнала. В этом режиме на все внутренние цепи подается напряжение, и плата абонентского интерфейса будет работать в нормальном режиме. Режим 3 устанавливает условие обратной (возвратной) петли, при котором размыкается обычная схема согласования и любой передаваемый выходной сигнал должен следовать за принимаемым сигналом на приемник. Этот режим используется для проверки телефонного шлейфа.

Фильтры акустического диапазона

При передаче к вызываемому абоненту речевого сигнала по системе связи, в которой используется дискретизация непрерывного аналогового сигнала, очень важно, чтобы никакие частоты, превышающие половину значения частоты измерений дискретизации, не поступали на вход схемы дискретизации кодера. При их попадании на вход сигналы с этой частотой не будут воспроизводиться должным образом, а на выходе появятся ложные сигналы, частота которых будет представлять разность между действительным значением частоты нежелательного сигнала и половиной значения частоты дискретизации. Это явление получило специальное название «искажения из-за наложения спектров при дискретизации», или, в более общем случае, эффекта наложения. Для того чтобы избежать данного явления, входной сигнал перед дискретизацией должен быть отфильтрован. Наглядный, в прямом смысле этого слова, эффект наложения проявляется в фильмах-вестернах, в которых скорость кадров недостаточна для того, чтобы правильно записать быстрое вращение спиц колеса, поэтому вместо быстрого вращения колес вперед на экране они медленно вращаются назад либо вообще стоят на месте.

Когда сигнал приходит от вызываемого абонента, выходной сигнал декодера должен быть отфильтрован для того, чтобы удалить высокочастотные составляющие, вызванные процессом ступенчатости при восстановлении сигнала в декодере. Эти процессы требуют наличия в цифровых телефонных системах недорогих высококачественных фильтров.

Для системы связи с дискретизированным речевым сигналом для того, чтобы предотвратить искажения, полосу пропускания голосового канала должна быть ограничена по частотам как сверху, так и снизу.

Фильтры для передаваемого и принимаемого сигналов, изображенные на рис. 7.7, представляют в своей основе фильтры нижних частот, которые обрезают частоты свыше 3 кГц. Помимо этого, фильтр передаваемого сигнала также должен ослаблять любую составляющую входного сигнала с частотой 60 Гц (которая может быть индуцирована в абонентской линии близкорасположенными линиями электропередачи). Следовательно, становится актуальным наличие полосового фильтра, полоса пропускания которого простирается от 300 до 3000 Гц. Как в большинстве случаев, технические характеристики фильтров представляются в виде полосы пропускания (от 300 до 3000 Гц) и ослабления на частотах области не пропуска (обрезания) – частоты менее 300 Гц и выше 3000 Гц. Однако в этом случае очень важное значение приобретают характеристики пульсации (изменения спектральной характеристики по полосе пропускания) из-за проблем, связанных с качеством передачи сигнала и возникающих при прохождении вызова через систему из нескольких фильтров, включенных последовательно, которые с достаточно высокой вероятностью используются в системах связи с импульсно-кодовой модуляцией. Требования, предъявляемые к области не пропуска, препятствуют возникновению эффекта наложения на частотах свыше 4 кГц.

Фильтры также вносят вклад в перекрестные помехи, а также в шум неза занятой линии. Если в состав одной монолитной интегральной микросхемы входит более чем один фильтр, то особое внимание должно быть уделено для существенного ослабления перекрестных помех между ними и принятия мер, исключающих их взаимодействие. Связь по перекрестным помехам через общий источник питания является наиболее распространенной и должна быть исключена.

Фильтр, выполненный на базе интегральной микросхемы TSM2912C

Блок-схема стандартного фильтра для акустического диапазона, выполненного в виде однокристалльной микросхемы компании Texas Instruments TSM2912C, приведена на рис. 7.9. Схема разделена на три блока. В блоке, относящемся к передаваемому сигналу, имеются акустический фильтр верхних частот третьего порядка и фильтр нижних частот шестого порядка, предназначенные обеспечить фильтрацию в полосе пропускания нежелательных коммутационных и низкочастотных шумов. В блоке принимаемого сигнала для кодека используется коррекция вида $\sin x/x$ и

фильтруются высокочастотные сигналы, возникающие при коммутации. Интегральная микросхема TCM2912C разрабатывалась для того, чтобы обеспечить фильтрацию в полосах пропускания передаваемого и принимаемого сигналов для соединительных линий с кодово-импульсной модуляцией или оконечных устройств абонентских линий. В ней применяется метод переключаемых конденсаторов и используются п-канальные МОП-структуры. Коэффициент усиления передаваемого сигнала может устанавливаться отношением сопротивлений резисторов R1 и R2. Если используются электронные гибридные схемы, имеющие высокое значение комплексного входного сопротивления, то выход принимаемого сигнала (HIGH IMPEDANCE REC ANLG OUT) может управлять гибридной схемой напрямую. Если требуется согласование со схемой, имеющей низкое значение полного комплексного сопротивления, встроенный в микрокристалл усилитель мощности может быть включен по схеме, приведенной на рис. 7.9. Величины резисторов R3 и R4 подбираются для обеспечения необходимого усиления, а резистор R5 служит для согласования величины полного комплексного сопротивления. Третий блок схемы содержит тактовые генераторы, стабилизаторы напряжения для принимающего и передающего фильтров и развязывающее устройство подложки интегральной микросхемы, снижающее перекрестные помехи.

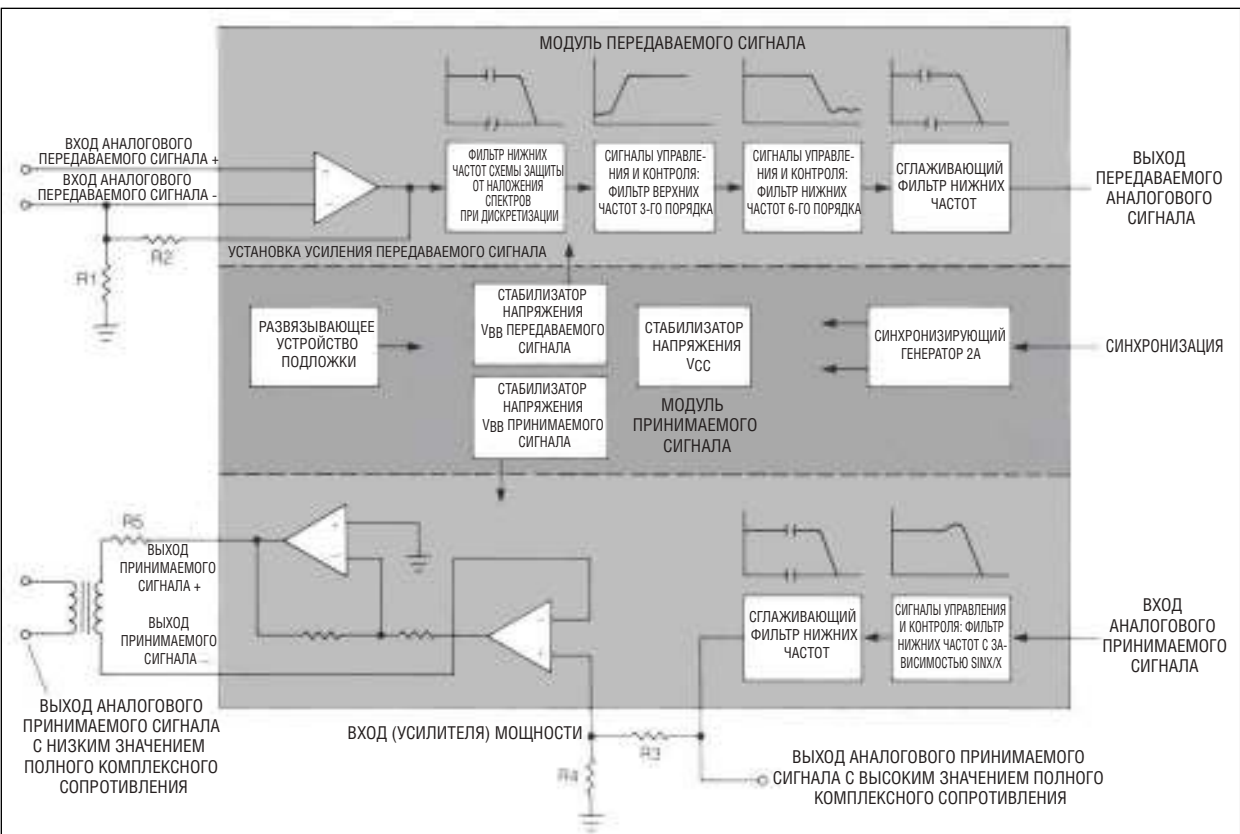
Кодеки и комбинированные схемы

На рис. 7.7 была приведена блок-схема цифровой платы линейного интерфейса. На ней изображены объединенные кодер и декодер в единый кодек TCM2910A и схема интерфейса кодека с интегральной микросхемой TCM2912C. Интегральная микросхема TCM2912C содержит фильтры как для передаваемого, так и принимаемого сигналов. Интегральная схема управления абонентской линией связи, TCM4204, обеспечивает необходимый переход от четырехпроводной к двухпроводной линии связи.

Представленная на рис. 7.7 схема относится к случаю использования для одной абонентской линии или одного канала связи. Также возможна ситуация, когда один кодек используется несколькими линиями с использованием мультиплексного оборудования. Такой подход позволяет экономить на оборудовании, так как требуется использовать меньшее количество кодеков. Однако при использовании одного кодека на несколько абонентских линий возникает ряд существенных проблем. Первая связана с

Для экономии на ряде видов оборудования, достаточно большая часть абонентских линий может мультиплексироваться с использованием одного кодека. Такой способ является, однако, компромиссным. Большое количество телефонных аппаратов окажутся неработоспособными в случае выхода из строя одного кодека. Дополнительно к этому, аналоговое мультиплексирование с разделением по времени является достаточно сложным процессом и осложняется проблемами перекрестных помех. Здравый смысл подсказывает, что индивидуальный кодек для каждой абонентской линии является наилучшим решением проблемы.

Рис. 7.9.
Фильтр линии
связи с импульсно-
кодовой
модуляцией



надежностью или простоем. Если большое количество линий мультиплексируются с использованием одного кодека, то все эти линии окажутся неработоспособными в случае выхода из строя одного кодека. Вторая проблема связана с тем, что метод аналогового мультиплексирования с разделением во времени является очень сложным и менее гибким процессом по сравнению с цифровым мультиплексированием. Кроме этого, подобные кодеки, предназначенные обслуживать большое количество линий, гораздо сложнее при проектировании в виде однокристалльной интегральной микросхемы, прежде всего, из-за перекрестных помех, возникающих между отдельными каналами связи, и требований обеспечения необходимой производительности по скорости передачи.

Из-за перечисленных проблем, а также потенциально очень большого объема линий (существует более 600 миллионов абонентских телефонных линий связи), стоимость которых могла бы быть снижена, большинство производителей в мире нацелены на использование персонального кодека для каждой телефонной линии. Ожидаемое снижение стоимости следует из стандартной зависимости стоимости разработки, в соответствии с которой стоимость изделия электронной техники значительно снижается при больших объемах его производства.

Основные области использования кодеков в системах телефонной связи связаны с районными АТС, оборудованием и устройствами сопряжения цифровых каналов связи с голосовыми каналами, автоматическими офисными телефонными станциями и цифровыми телефонными аппаратами. Также возможно использование кодеков в других, не связанных с телефонией, областях, но объемы такого применения будут незначительными.

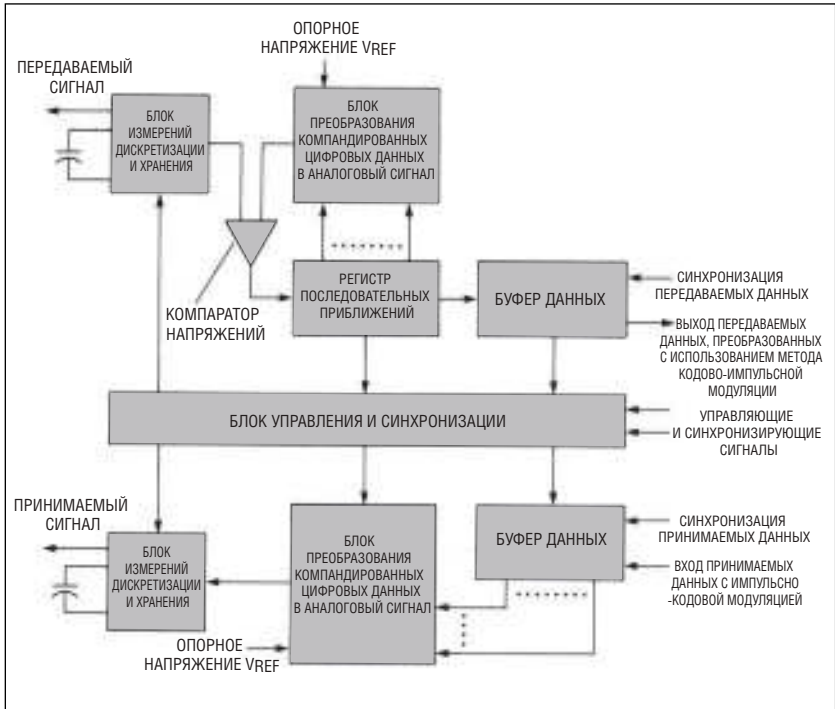
Работа кодека

В сущности, во всех кодеках используется принцип аппроксимирования, приведенный в иллюстративной форме на рис. 7.10. В направлении передачи сигнала сигнал абонента проходит дискретизацию в усилителе, также выполняющем функции дискретизатора-синхронизатора, кодируется с использованием компаратора напряжения и уплотняющего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), а также соответствующего аппроксимирующего регистра. Результирующие сжатые данные в двоичной форме под управлением схемы синхронизации передаваемых данных загружаются в буфер данных, перемещаются в соответствующий временной ИКМ-слот. При приеме передаваемого сигнала информа-

В базовой конфигурации кодека используется цифровая техника для выполнения уплотнения (командирования), цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования и т.д., и все это – при соблюдении условия точной синхронизации.

ция в цифровом виде поступает по абонентской линии через другой буфер в расширяющий (для сжатых данных) цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и синхронизируется в буфере синхронизирующим генератором принимаемых данных. Уплотняющий цифро-аналоговый преобразователь, действующий как аналого-цифровой преобразователь, вырабатывает напряжение, которое запоминается в приемном усилителе дискретизаторе-синхронизаторе, а затем поступает через восстанавливающий низкочастотный фильтр для сглаживания.

Рис. 7.10.
Кодек,
обслуживающий
отдельный канал
связи (приводится по
статье Paul R. Gray
и David Messerschmit
«Integrated circuits for
local digital switching
line interfaces» в
журнале IEEE
Communications, vol.
18, No. 3, 1980, p.p.
12-23. © Институт
инженеров по
электротехнике и
электронике IEEE,
1980)



Кодирование с компандированием, или нелинейное компандирование, было обсуждено в главе 6; иллюстрация, приведенная на рис. 7.11, позволяет добавить ряд существенных деталей. Кривая μ -характеристики приведенного (нормализованного) входного сигнала для положительных значений в зависимости от выходного напряжения используется в качестве примера потому, что является самой распространенной на территории США. Для использования на практике характеристика в кодеке представляется в виде отдельных сегментов, представляющих линейно-кусочную аппроксимацию характеристики.

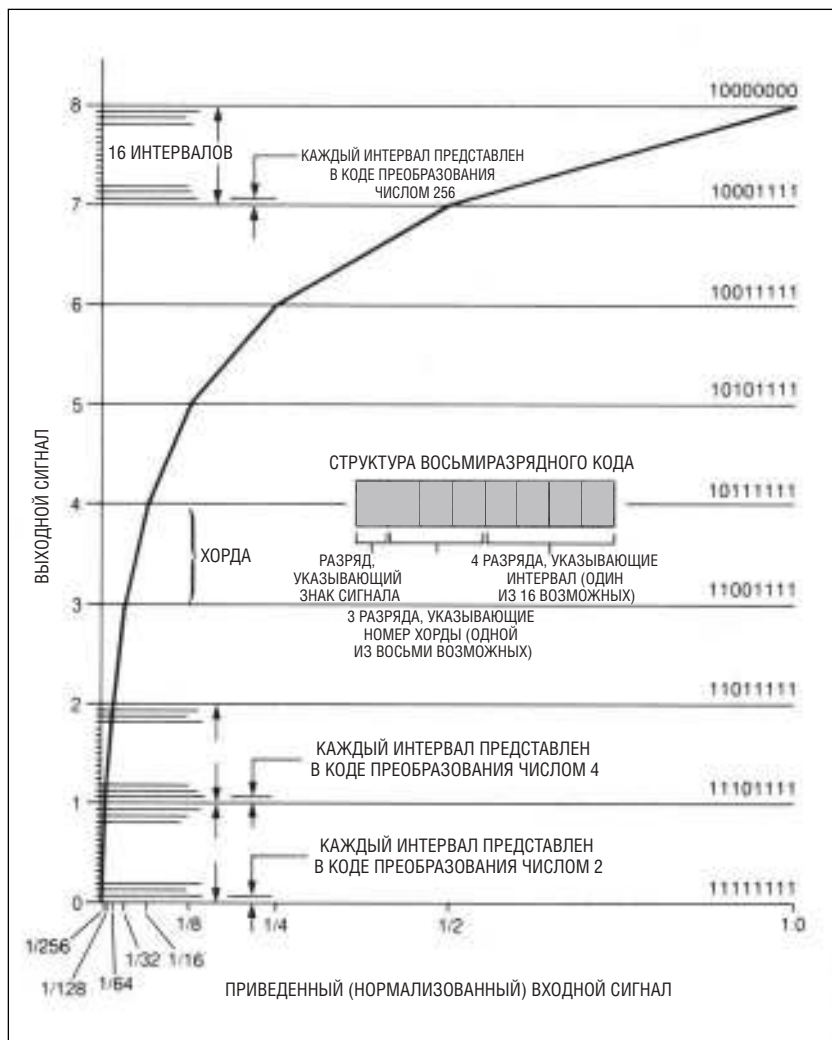


Рис. 7.11.
Более подробная иллюстрация процесса компандирования (нелинейного сжатия), выполняемого с использованием μ -характеристики

Весь диапазон значений выходного сигнала делится на 16 сегментов, называемых хордами, – 8 хорд для положительных значений сигнала и 8 хорд для отрицательных значений. Каждая хорда разбивается на 16 интервалов. Каждый интервал в любой конкретной хорде представлен в коде выходного сигнала одним и тем же количеством разрядов, однако при увеличении величины выходного сигнала, когда он располагается в хорде с более высоким номером, при кодировании интервалам присваивается более высокий номер. Как показано для второго сегмента выходного сигнала (хорда номер 2), код выходного сигнала возрастает в 4 раза для каждого интервала данного сегмента,

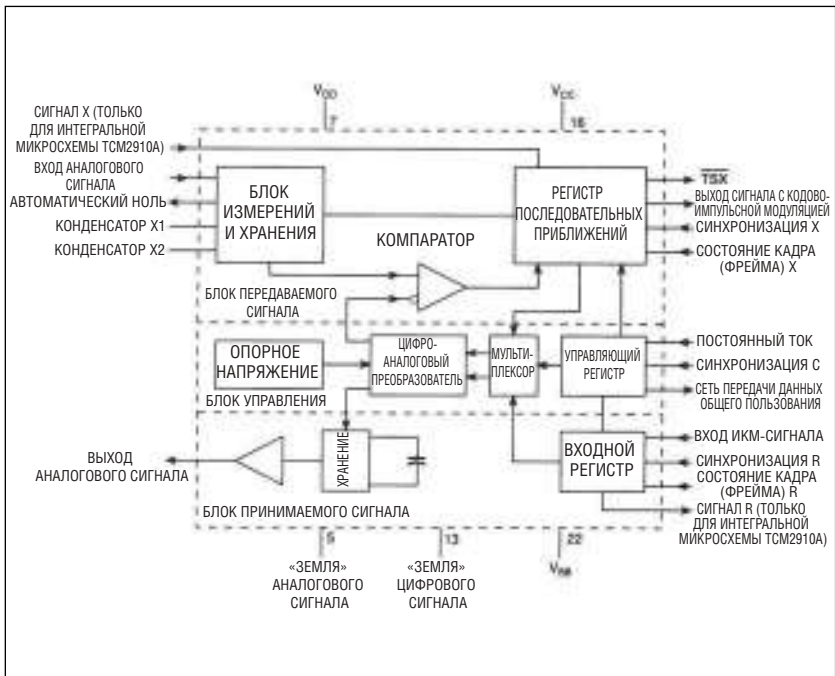
Для выполнения операции кодирования с компандированием в кодеке при дискретизации сигнала используется μ -характеристика. Увеличение величины каждого интервала с уровнем сигнала происходит с увеличением числового значения кода выходного 8-разрядного сигнала. Пошаговое увеличение является линейным в пределах каждого сегмента (хорды) зависимости, однако величина шага возрастает по логарифмическому закону для каждого нового сегмента.

тогда как для восьмого сегмента выходного сигнала для каждого интервала код выходного сигнала возрастает в 256 раз. Как показано на рис. 7.11, полный код процесса компандирования представляет комбинацию (двоичных) цифр из 8 разрядов. Один разряд предназначен для обозначения знака сигнала (плюс или минус), 3 разряда предназначены идентифицировать хорду и 4 оставшихся разряда – для идентификации интервала.

Интегральная микросхема TCM2910A

Интегральная микросхема TCM2910A компании Texas Instruments представляет законченный компандирующий кодек с μ -характеристикой. Она разрабатывалась в качестве кодека с импульсно-кодовой модуляцией и обладает полным набором функций, необходимых для создания интерфейса с четырехпроводной телефонной линией, предназначенной для работы в качестве стандартной цифровой линии передачи с временным разделением, такой, например, как линия T1. Каждая из присущих интегральной микросхеме TCM2910A функций может быть обнаружена на блок-схеме, приведенной на рис. 7.12. Данная интегральная микросхема полностью совместима с интегральной микросхемой TCM2912C, выполненной в виде фильтра.

Рис. 7.12.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
TCM2910A
(с любезного
разрешения
корпорации Texas
Instruments Inc.



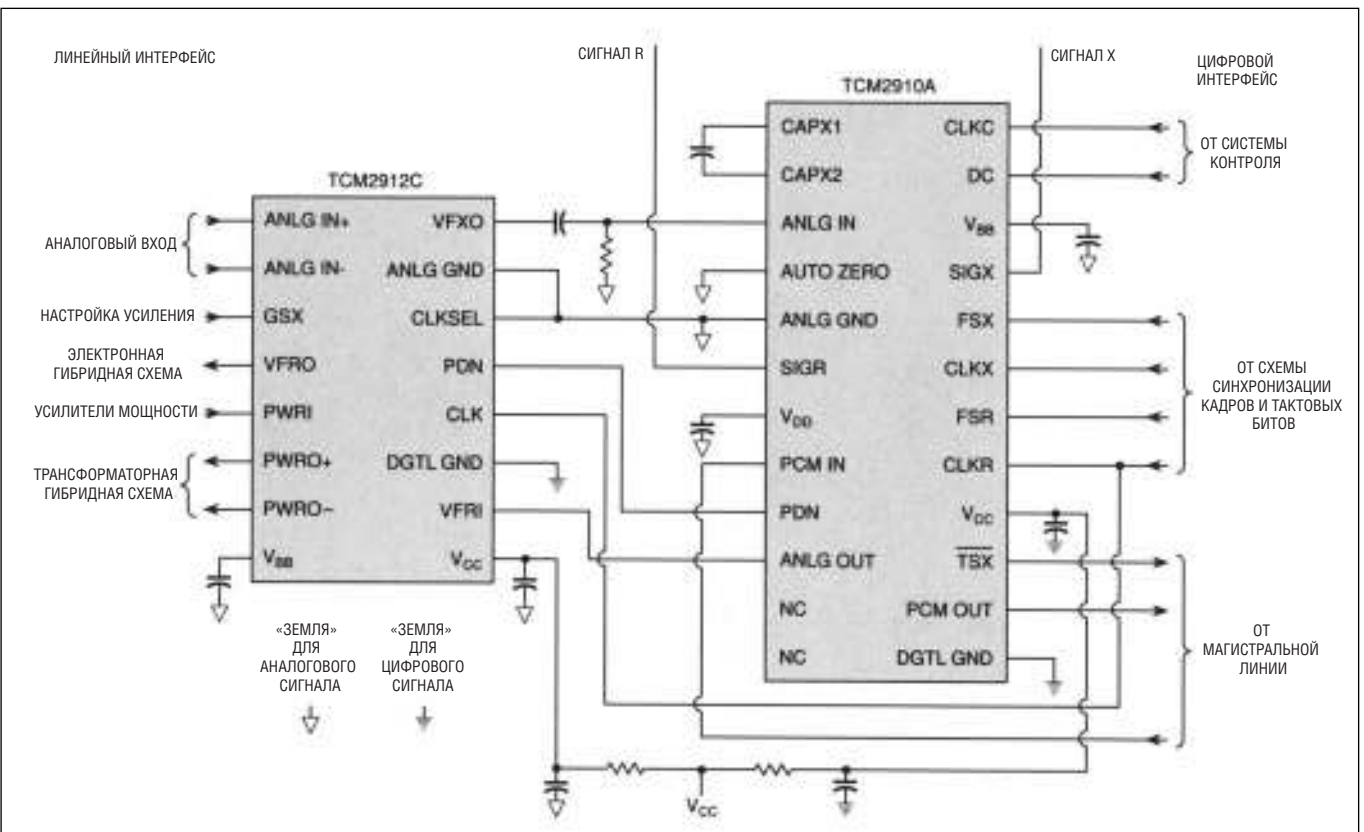


Рис. 7.13.
Стандартный
интерфейс
фильтр/кодек
(с модификацией
разрешения Texas
Instruments Inc.

Микрокристалл интегральной микросхемы TCM2910A может быть разбит на три отдельных области или блока: блок передаваемого сигнала, блок управления и блок принимаемого сигнала. Схема эталонного или опорного напряжения блока управления обеспечивает точное значение эталонного напряжения для схемы цифро-аналогового преобразователя. Цифро-аналоговый преобразователь выполняет две важнейшие функции в схеме кодека. Прежде всего, он преобразует и расширяет сжатые цифровые ИКМ данные в аналоговый выходной сигнал, который поступает на фильтр. Во-вторых, схема цифро-аналогового преобразователя также используется в качестве части схемы аналого-цифрового преобразователя, которая преобразует отфильтрованный аналоговый сигнал, поступающий из абонентской линии связи, в сжатые с использованием кодово-импульсной модуляции данные, предназначенные для передачи. Другая схема управления переключает кодек из режима приема сигнала в режим передачи.

В интегральную микросхему TCM2910A также встроены две дополнительные функции. Внешняя схема контроля энергопотребления позволяет отключаться кодеку, когда он не используется. В больших по размерам системах это может обеспечить существенную экономию электроэнергии. Также предусмотрен внешний контроль распределения временных слотов (интервалов). Такая гибкость схемы позволяет микропроцессору управлять синхронизацией принимаемых и передаваемых кодовых групп в кодеке. На рис. 7.13 приводится схема соединений между интегральными микросхемами TCM2910A и TCM2912C.

КОМБИНИРОВАННАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА КОДЕКА И ФИЛЬТРА

Выполненная в виде единой интегральной микросхемы комбинированная схема объединяет функции кодека и фильтра.

На рис. 7.14 приведена блок-схема комбинированного устройства. Свое название интегральная микросхема получила из-за того, что в ней конструктивно объединены функции кодека и фильтра. Функции фильтра определяются достаточно быстро путем сравнения рис. 7.14 с рис. 7.9, а соответствующие функции, представленные на рис. 7.10, могут быть легко определены для кодека, представленного на рис. 7.14.

Интегральная микросхема TCM2914 совместима с комплексом оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с голосовыми каналами типа D, используемым в цифровых линиях связи T1, и асинхронным методом тактирования, используемым компанией АТТ (АТ&Т). Интегральная микросхема TCM2913 предназначена для использования в синхронных системах связи. Для работы может выбираться как μ -характеристика компандирования, так и А-характеристика, для чего предназначен вывод выбора μ -характеристика/А-характер-

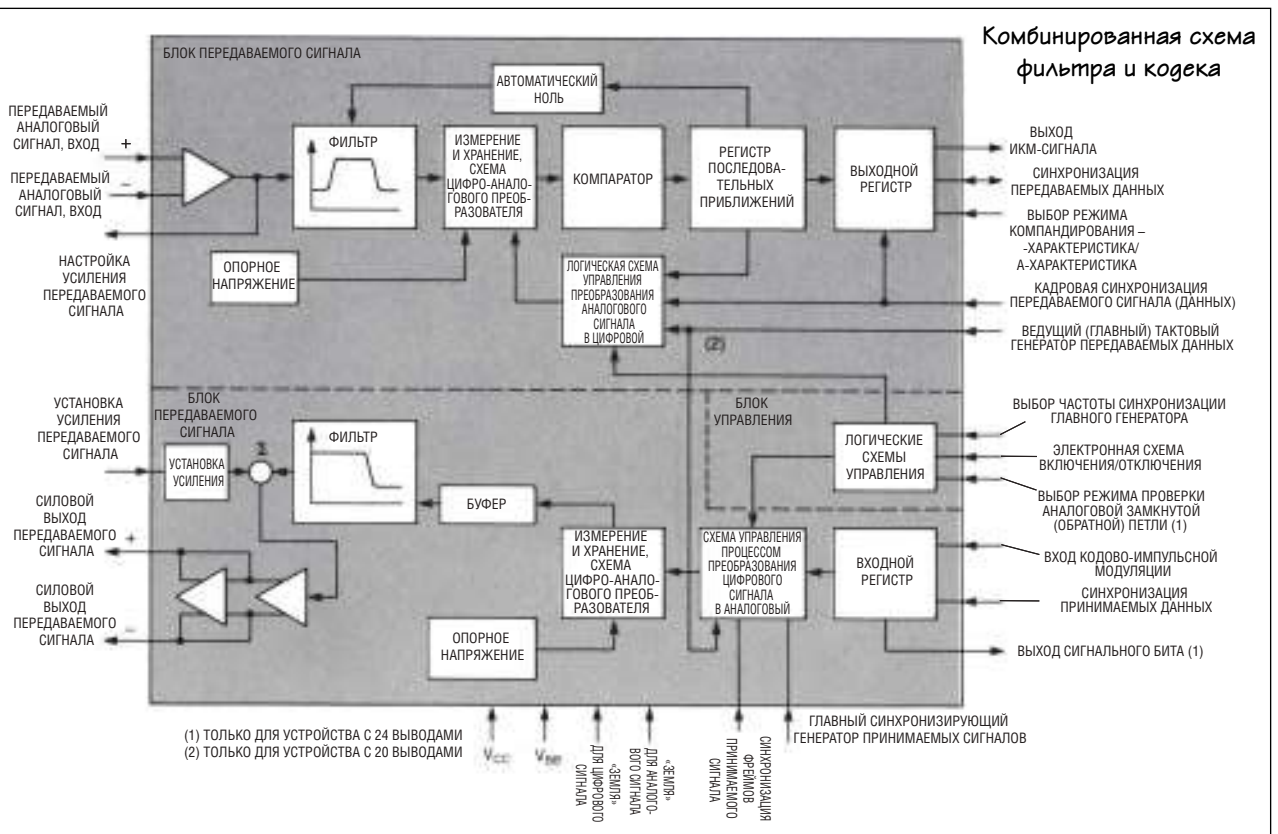


Рис. 7.14.
Комбинированный
ИКМ кодек
и фильтр,
выполненные
в виде
однокристальной
интегральной
микросхемы
(интегральные
матросхемы
ТСМ29113 и ТСМ
29114)

В главе 6 на рис. 6.7 было проиллюстрировано, как осуществляется передача сигналов управления в битовом потоке. Там показано, что восьмой разряд кодовой комбинации используется для передачи сигналов управления и что такой сигнальный бит располагается в каждом шестом фрейме. Такая система получила название системы А-сигналов управления, или А-сигнализации. Также существует система В-сигналов управления для каждого канала, которая предоставляет возможность идентифицировать четыре различных условия с использованием А-сигнализации и В-сигнализации на один канал. В В-сигнализации также используется восьмой разряд, но он посылается в двенадцатом фрейме. Таким образом, сигналы управления передаются в каждом шестом фрейме, а кадрирующий бит используется для идентификации шестого, двенадцатого, двадцать четвертого и так далее фрейма. Практически все кодеки, использующие μ -характеристику, предназначены для вставки как А-, так и В-сигнальных битов. В интегральной микросхеме ТСМ2914 вставка битов сигналов управления для передачи выполняется на выводе μ -характеристика/А-характеристика, когда для работы используется μ -характеристика компрессирования, а выходной сигнал управления для принимаемого канала снимается с вывода Signaling Bit Out (Выход сигнального бита), изображенного на рис. 7.14.

Электронные схемы приема сигналов двухтонального многочастотного набора

Электронные схемы для приема сигналов двухтонального многочастотного набора используются для декодирования двухтональных многочастотных сигналов набора номера, поступающих на районную АТС. Сложность задачи декодирования этих уникальных в своем роде сигналов требует использования дорогостоящего и сложного оборудования. Новые типы декодеров сигналов двухтонального многочастотного набора могут изготавливаться в виде однокристалльной интегральной микросхемы.

Двухтональные многочастотные сигналы набора номера, DTMF, а также схемы генераторов таких сигналов были обсуждены в главе 4. За рядом исключений, генераторы двухтональных многочастотных сигналов достаточно просты для понимания принципа их работы, а также изготовления. Однако тональные сигналы набора, генерируемые в телефонном аппарате, должны быть правильно интерпретированы на районной АТС и преобразованы в соответствующие команды коммутации. Хотя сам по себе процесс декодирования тональных сигналов не представляет очень больших сложностей, особая природа и характеристики двухтональных многочастотных сигналов создали не совсем привычные проблемы для инженеров и разработчиков систем связи. Какое-то время оборудование для декодирования двухтональных многочастотных сигналов требовало использования сложной и дорогостоящей электронной аппаратуры, которая в силу экономических причин первоначально была предназначена для обслуживания не менее 30 абонентских линий связи каждая.

По мере того как тональный метод набора стал получать все более широкое распространение, спрос на использование таких приемных устройств стал возрастать и будет возрастать еще больше. По мере увеличения производства таких устройств их цена должна снижаться.

На рис. 7.15а вновь приводятся значения частот двухтональных многочастотных сигналов, которые генерируются в телефонном аппарате. Частоты в каждой из горизонтальных строк матрицы наборного поля (или группа низкочастотных тональных сигналов), а также частоты в каждом из вертикальных рядов матрицы (группа высокочастотных тональных сигналов) отделяются друг от друга промежутком частот, ширина которого составляет примерно 10% частотного диапазона. Группы низкочастотных и высокочастотных тональных сигналов разделяются частотным промежутком, составляющим примерно 25%. Эти особенные значения частот были выбраны с особой тщательностью, чтобы удовлетворять сразу нескольким критериям, самым важным из которых являлось требование иметь минимальные гармонические искажения.

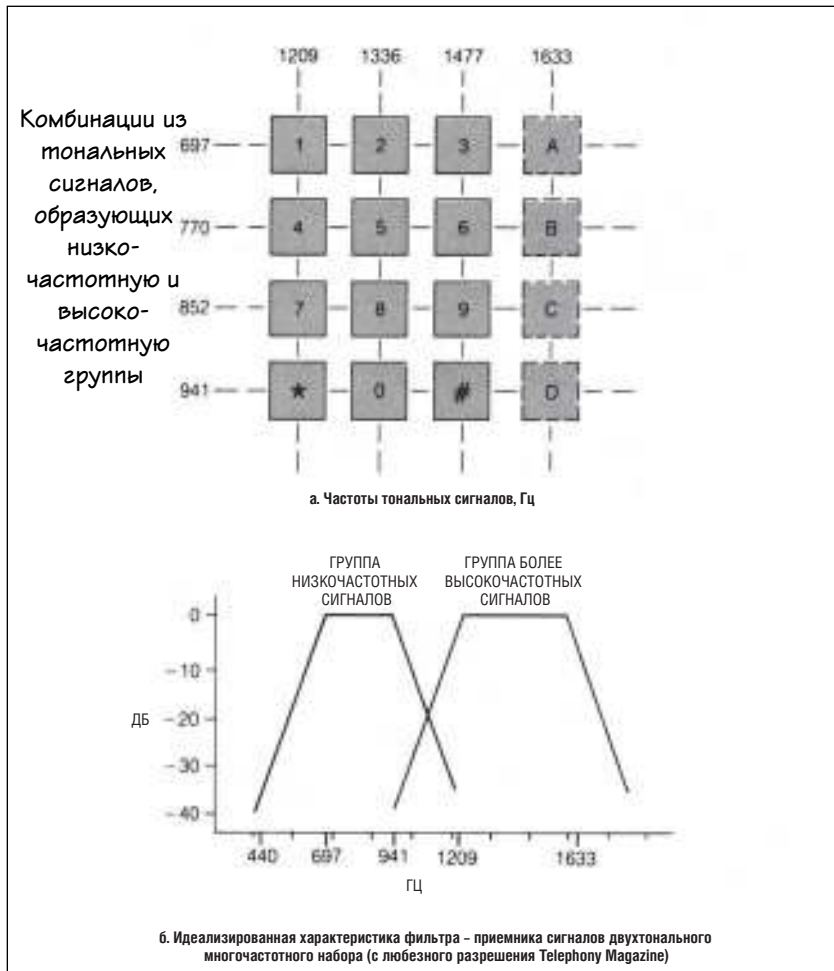
Приемное устройство для двухтональных многочастотных сигналов должно выполнять следующие задачи:

1. Правильно выделять парный тональный сигнал при отклонении частоты в пределах $\pm 2\%$ от номинального значения и не воспринимать сигналы с отклонениями в частоте $\pm 3\%$.
2. Строго контролировать присутствие только одного тонального сигнала из каждой частотной группы, при этом длительность тонального сигнала должна составлять, по крайней мере, 40 мс.
3. Детектировать как два отдельных сигнала любую устойчивую пару тональных сигналов, которые разделены промежутком времени, равным 35 мс, или еще большим интервалом времени. Детектировать парный тональный сигнал в качестве того же самого сигнала, а не двух отдельных, если интервал времени между тональными парами составляет 5 мс или меньше.
4. Правильно детектировать тональные сигналы, уровень которых может изменяться в пределах 27,5 дБ динамического диапазона. Если два основных парных тональных сигнала имеют различие в амплитудах, то такое явление получило название твиста (искривления, скручивания). Схема обработки тональных многочастотных сигналов должна правильно определять тональную пару в пределах до 6 дБ твиста.
5. Правильно определять сигнал двухтонального многочастотного набора при наличии в линии связи речевого сигнала или шумов.

Фильтры и детектирование

Из вышеприведенных требований должно быть ясно, что фильтры должны играть немаловажную роль в схеме приема и обработки сигналов двухтонального многочастотного набора. На рис. 7.15б приводится частотная характеристика идеального фильтра схемы двухтонального многочастотного набора. Такой тип фильтров получил название гребенчатых фильтров, так как его выходной сигнал представляет две отдельные полосы частот, при этом он должен пропускать сигналы, входящие как в высокочастотную группу тональных сигналов, так и в низкочастотную группу, отфильтровывая сигналы всех остальных частот. Выходной сигнал фильтра должен поступать на детектор, удовлетворяя и другим требованиям.

Рис. 7.15.
Набор частот,
используемых при
двухтональном
многочастотном
наборе, и частотная
характеристика
фильтра



На рис. 7.16 представлена общая блок-схема гребенчатого фильтра, сигнал с которого поступает на схему детектирования и который должен выполнять две основные задачи. Производители полупроводниковых приборов выпускают однокристальные интегральные микросхемы, которые способны выполнять задачи как по фильтрованию, так и детектированию сигнала, такие, например, как микрокристалл 75T201 компании Silicon Systems, Inc. Функция фильтра в интегральной микросхеме схожа с той функцией, которая выполняется в цифровой плате линейного интерфейса на пути прохождения сигнала во время его кодирования и декодирования. Интегральная микросхема обеспечивает усиление сигнала, фильтрацию входного сигнала от шумов и ослабление речевого сигнала, а также в ней имеется отдельный (гребенчатый) фильтр для тональных сигналов различных частотных групп. После прохождения схемы фильтра тональный сигнал перед поступлением на схему детектора преобразуется в сигнал прямоугольной формы.

Сигнал, входящий в каждую частотную группу, проверяется в детекторе по отдельности. Для определения частоты сигнала используются методы цифровой техники, а именно – метод измерения количества тактовых импульсов ведущего генератора, укладывающихся в течение каждого периода сигнала с неизвестной частотой. Сигналы из группы высокочастотных или низкочастотных тональных сигналов проверяются с использованием логических схем, которые устанавливают, действительно ли их частоты удовлетворяют требованиям, предъявляемым к сигналам многократного набора. Если удовлетворяют, то они объединяются для формирования выходного кодового сигнала, представляющего набираемую цифру номера.

Схема фильтра предусматривает усиление сигнала, а также ослабление шумов и речевого сигнала.

Каждый тональный сигнал, используемый для двухтонального многократного набора, проверяется на его достоверность. При подтверждении его достоверности он используется в качестве кода для представления цифры набираемого номера.

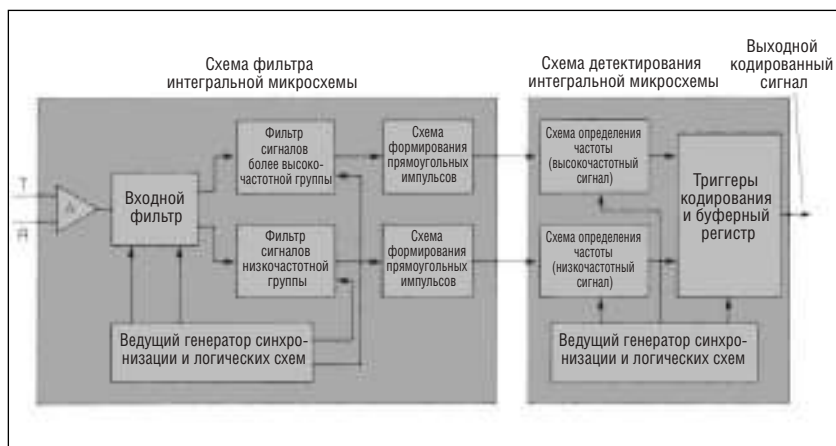


Рис. 7.16.
Схема
детектирования
сигналов
двухтонального
многократного
набора

Схема детектора (распознавания) должна достаточно четко отличать парные тональные сигналы многочастотного набора от речевых акустических сигналов и при этом не затрачивать на процесс детектирования слишком много времени.

Одной из наиболее сложных задач схемы детектирования (распознавания) является определение того, является ли тональный сигнал действительно сигналом двухтонального многочастотного набора либо речевым сигналом, частота которого соответствует диапазону частот сигналов тонального набора. Если критерии принятия сигнала за действительный окажутся слишком «мягкими», парные тональные сигналы набора будут распознаваться достаточно быстро в качестве правильных, но эти же критерии окажутся недостаточными, чтобы точно так же определить сигналы речевых фрагментов или каких-нибудь иных звуков в качестве «звучащих», как вполне реальные сигналы двухтонального многочастотного набора. Искажения такого рода относятся к группе «разговорных» и могут привести к ошибочному определению цифры номера или иным ошибкам в работе приемного устройства. Если же критерии распознавания и принятия тонального сигнала окажутся слишком жесткими, время проверки значительно увеличится и приемное устройство перестанет удовлетворять требованиям синхронности. В результате используется компромиссное решение между полным исключением ошибок принятия сигнала шума в качестве сигнала набора номера и некоторой конечной вероятностью возникновения подобных ошибок. При таких условиях время, затрачиваемое на проверку сигнала, составляет порядка 10 мс.

Интегральное приемное устройство двухтональных многочастотных сигналов

Сложность проблемы фильтрации сигналов и требования синхронизации потребовали создания точных и надежных схем декодеров для сигналов многочастотного набора, которые добавили изрядную долю в сложность, размеры, потребляемую мощность и стоимость оборудования районных АТС. Однако все те достижения в полупроводниковой микроэлектронике, которые сделали возможным создание телефонного аппарата на одной интегральной микросхеме, также позволили сделать реальною однокристалльную интегральную микросхему приемного устройства для системы двухтонального многочастотного набора. Компания Silicon Systems Incorporated – SSI изготовила и выпускает линейку приемников сигналов двухтонального многочастотного набора, выполненных в виде интегральных микросхем серии 75Т.

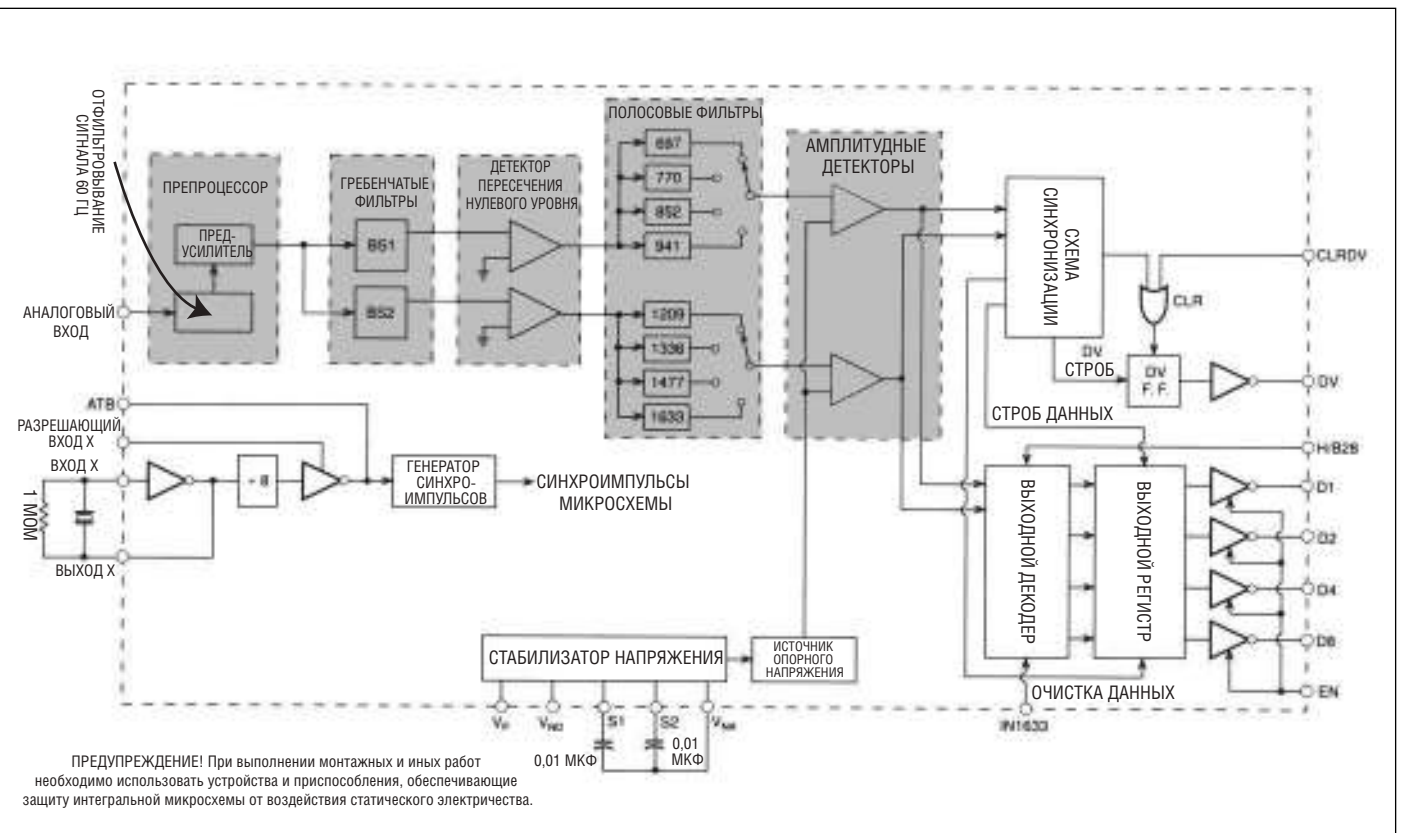
На рис. 7.17 приводится полная блок-схема приемника двухтональных многочастотных сигналов 75Т201, производимого

компанией Silicon Systems Inc. Приемник предназначен для обработки сигналов, поступающих с клавиатуры набора номера, имеющей стандарт расположения кнопок 3×4 или 4×4 . Схемы усиления, фильтрования сигнала с использованием гребенчатых или полосовых фильтров, преобразование сигнала в прямоугольную форму, схемы встроенных источников питания, генераторов, логические управляющие и триггерные схемы – все оказались объединенными в одной интегральной микросхеме, помещенной в стандартный DIP-корпус с 22 выводами (плоский корпус с двухсторонним расположением выводов). Единственными внешними элементами, необходимыми для запуска декодера, являются кварцевый резонатор с частотой 3,58 МГц (для цветовой синхронизации) и два блокировочных конденсатора цепи питания.

Сигналы тонального набора, поступающие по абонентской линии связи, поступают на аналоговый вход процессора предварительной обработки. Сигналы усиливаются и обрабатываются начальным полосовым фильтром, имеющим полосу пропускания от 500 Гц до 6 кГц. Сигналы, обработанные в препроцессоре, затем разделяются на две полосы, каждая из которых соответствует только одной тональной группе. Таким образом, смешанные сигналы, поступающие от генераторов рядов и строк матрицы наборного поля, разделяются.

Детекторы пересечения нулевого уровня формируют сигналы идеальной прямоугольной формы с той же частотой, что и гребенчатый фильтр. Когда воздействие тонального сигнала многочастотного набора оказывается в течение достаточного промежутка времени, результирующий сигнал прямоугольной формы достигнет достаточного значения амплитуды, чтобы оказаться пригодным для обработки схемой полосового фильтра. Данные полосовые фильтры будут выделять тональный сигнал со строго определенным значением частоты. В ситуации, когда фактически действует сигнал многочастотного тонального набора, один входной сигнал из каждой группы полосовых фильтров окажется достаточным по величине для того, чтобы превысить значение опорного напряжения схемы амплитудного детектора. Цепь синхронизации при этих условиях окажется запертой, и будет детектировать выходной сигнал того полосового фильтра, который оказался активным в этот момент. Логическая схема декодирования начнет вырабатывать четырехразрядный выходной сигнал либо в шестнадцатирично-, либо в двоично-кодированном коде вида «2 из 8», который приведен в табл. 7.1. Для переключения между этими выходными кодированными сигналами может использоваться один логический входной сигнал.

Рис. 7.17.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
SSI75T201
производства
компании Silicon
Systems, Inc.
(с любезного
разрешения
компании Silicon
Systems, Inc.)



Шестнадцатиричная система					Двоично-кодированный код "2 из 8"				
Число	D8	D4	D2	D1	Число	D8	D4	D2	D1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	2	0	0	0	1
3	0	0	1	1	3	0	0	1	0
4	0	1	0	0	4	0	1	0	0
5	0	1	0	1	5	0	1	0	1
6	0	1	1	0	6	0	1	1	0
7	0	1	1	1	7	1	0	0	0
8	1	0	0	0	8	1	0	0	1
9	1	0	0	1	9	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
*	1	0	1	1	*	1	1	0	0
#	1	1	0	0	#	1	1	1	0
A	1	1	0	1	A	0	0	1	1
B	1	1	1	0	B	0	1	1	1
C	1	1	1	1	C	1	0	1	1
D	0	0	0	0	D	1	1	1	1

Табл. 7.1.
Выходные коды
интегральной
микросхемы SSI
75T201
производства
компании Silicon
Systems, Inc.

* (С любезного разрешения компании Silicon Systems Inc.)

Схема выходного декодера двухтонального многочастотного сигнала приведена на рис. 7.18. Схема в состоянии преобразовывать двоично-кодированный выходной код «2 из 8» в действительный выходной сигнал «2 из 8». Схема будет в состоянии работать с сигналами двухтонального многочастотного набора, вырабатываемыми как панелями набора номера телефонов, имеющими матрицу расположения кнопок 3×4 , так и матрицу 4×4 . Сигнальная шина DV показывает, что была выполнена действительно процедура декодирования, а данные будут оставаться на выходе до тех пор, пока действительно не наступит пауза набора номера, либо пока логическим сигналом высокого уровня не будет команда очистить линию (CLR DV).

собой по схеме, приведенной на рис. 7.19б. Такой прибор обладает следующими особенностями. Если напряжение приложено к прибору таким образом, что положительное напряжение действует на анод, а отрицательное – на катод, то при такой полярности приложенного напряжения прибор обладает высоким сопротивлением и подобен диоду, на который подано обратное смещение. Прибор будет оставаться в таком состоянии до тех пор, пока напряжение, приложенное между анодом и катодом, не превысит напряжения его пробоя, либо до тех пор, пока через управляющий электрод прибора не будет инжектирован ток. Если между анодом и управляющим электродом протекает ток, сопротивление на участке между анодом и катодом становится очень маленьким и прибор начинает вести себя подобно полупроводниковому диоду, на который подано прямое смещение.

Далее, если даже ток, протекающий между анодом и управляющим электродом, перестанет протекать, р-п-п-прибор будет оставаться в своем проводящем, или низкоомном, состоянии до тех пор, пока напряжение между анодом и катодом не уменьшится до такого значения, когда ток с минимальным значением, получивший название тока удержания, не будет в состоянии протекать через прибор. После того как ток уменьшится ниже значения тока удержания, прибор переключится обратно в свое высокоомное состояние.

Прибор, используемый в телефонной станции No. 10А, изготовлен в виде интегральной микросхемы.* Как показано на рис. 7.19в, тридцать два матричных переключателя изготовлены в виде матрицы, имеющей 8 рядов и 4 строки. Она используется в качестве электронного соединителя, создающего цепь с низким сопротивлением между шинами строк и рядов матрицы, которая действует при пропускании тока по цепи управляющего электрода и поддержании минимального значения удерживающего тока, протекающего между анодом и катодом.

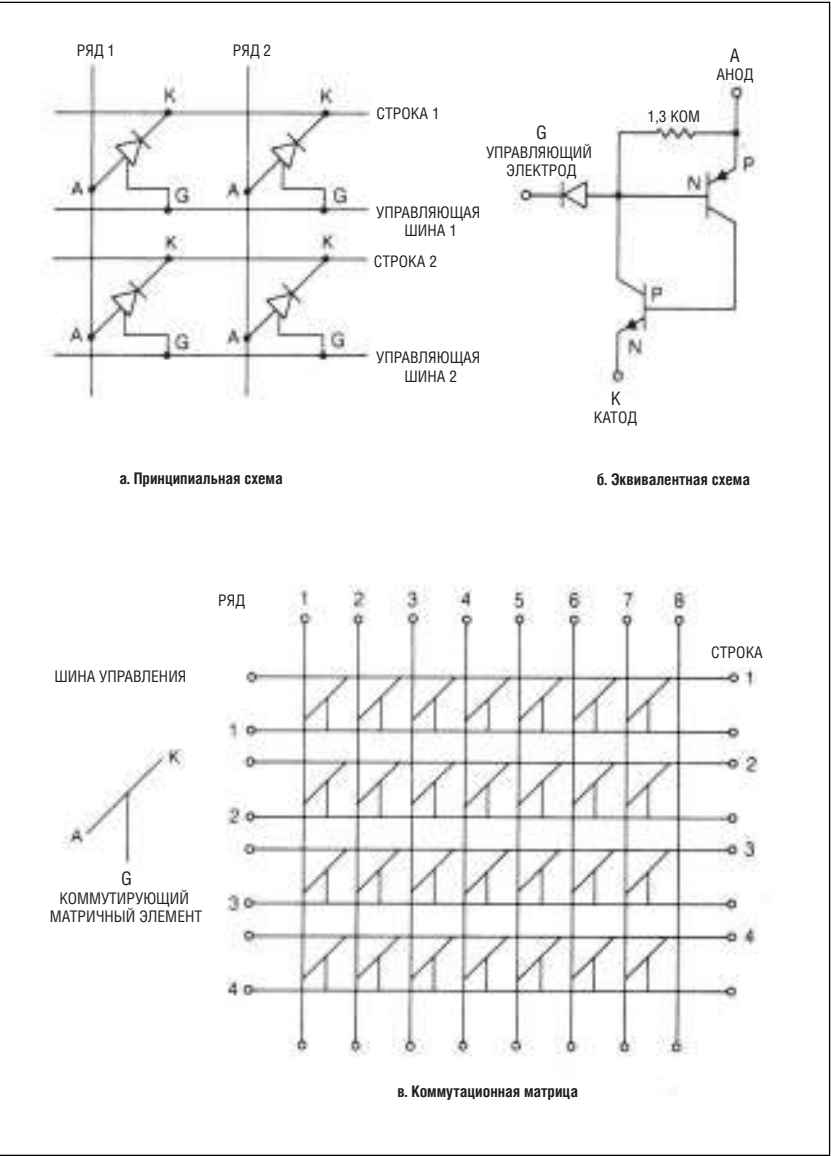
На рис. 7.20 показано, каким образом используются коммутационные матрицы для соединения симметричных каналов передачи речевого сигнала, образованных двухпроводными абонентскими линиями связи. На рисунке коммутируемые матрицы изображены частично, а детальная схема в нижней части рис. 7.20 в точности совпадает со схемой, изображенной на его верхней половине. Соединение цепей выполняется в два этапа. На первом этапе все точки на пути прохождения сигнала находятся под высоким напряжением, а все источники тока I_n и I_i отключены.

Так называемый ток удержания, создаваемый источником питания в абонентской линии связи, поддерживает проводящее состояние прибора.

Коммутационные матрицы используются для электрического соединения двух абонентских линий связи.

* См. статью: J.M. Adrian, L. Freimanis, R.G. Sparber «Peripheral System Architecture and circuit design (Архитектура периферийных систем и расчет схем) в журнале The Bell System Technical Journal, vol. 61, No. 4, 1982, pp. 451ff.

Рис. 7.19.
Элемент
матричного
переключателя и
коммутационная
матрица



Символы, используемые для обозначения источников тока, означают, что они обеспечивают протекание постоянных токов, имеющих величины I_n и I_r . Ток I_n является удерживающим током, и его значение превышает значение, необходимое для удержания тиристора в проводящем, или низкоомном, состоянии. Это тот ток, который протекает по абонентской линии связи при выполнении разговора между абонентами.

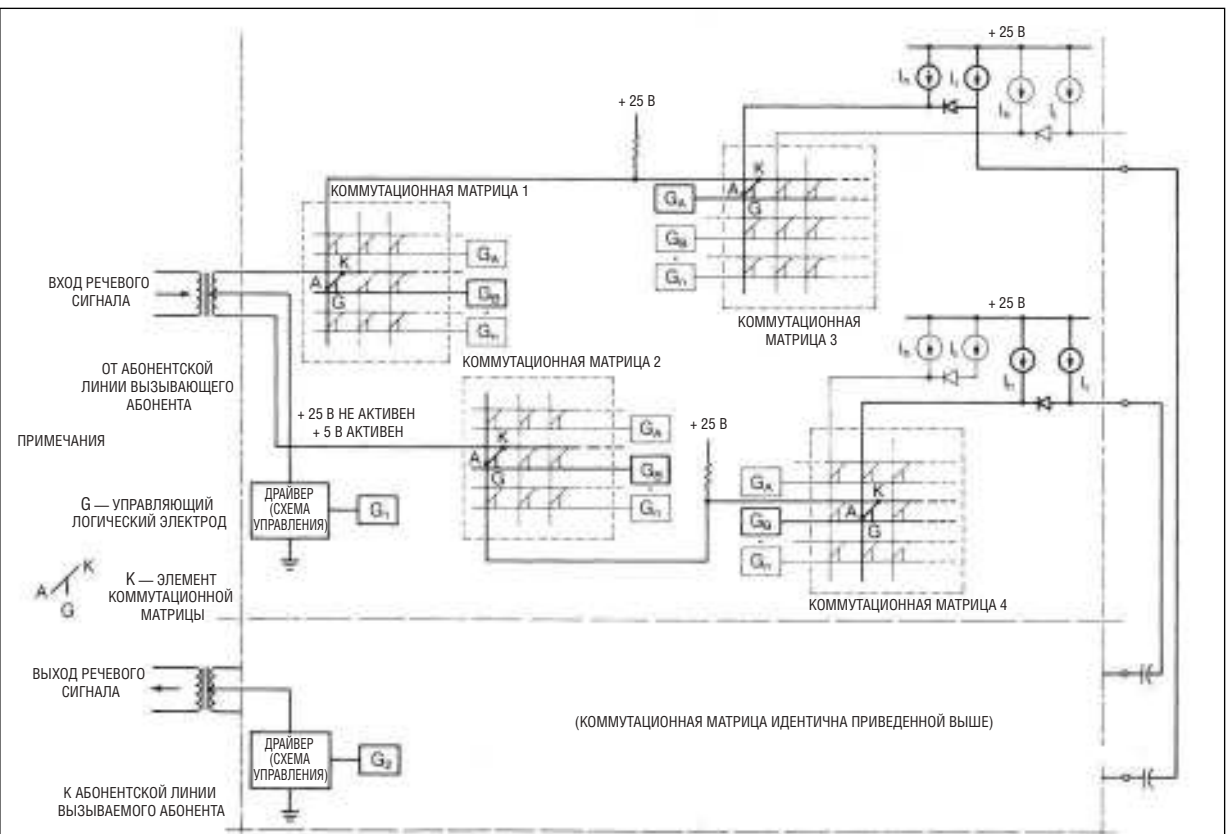


Рис. 7.20.
Схема выполнения
электронных
соединений в
коммутирруемой
матрице

Соединение происходит следующим образом. На первом этапе разрешается протекание тока I_A по верхней части схемы. Затем включается логический вентиль, либо G_A , либо G_B или G_n , для того, чтобы мог протекать ток от управляющего электрода к аноду для соответствующего элемента матричного переключателя. Следует отметить, что могут использоваться различные комбинации из матричных элементов для установления маршрута соединения по коммутируемой матрице.

На третьем этапе включается логический вентиль G_1 , управляющий драйвером (схемой управления) центрального вывода входного трансформатора, после чего завершается образование токопроводящего пути для тока I_n , который должен обеспечить его замыкание на землю. Этот процесс обеспечивает включение и фиксирование проводящего состояния р-п-р-п-тиристора, после чего логические вентили матричного переключателя отключаются. После всех действий все матричные переключатели на образованном соединении (на схеме выделены жирным шрифтом) имеют низкое сопротивление, а верхняя половина соединения оказывается завершенной. Для того чтобы завершить процесс коммутации, в результате которого окажутся соединенными вызывающая и вызываемая абонентские линии связи, аналогичные этапы процесса происходят и в нижней половине схемы, приведенной на рис. 7.20. Источники тока I_1 включаются для того, чтобы обеспечить поддержание процесса передачи разговора в линиях связи. Речевой сигнал передается из верхней части схемы в нижнюю с помощью конденсаторов, однако прохождение постоянной составляющей тока ими блокируется.

Образованная цепь соединения освобождается отключением драйвера с центральным выводом, который отключает источник тока, и возвращением абонентских линий в состояние с высоким напряжением.

Матричные переключатели, выполненные в виде интегральных микросхем

Компания Silicon Systems Inc. производит матричный переключатель из 96 элементов SSI 78A093, который формирует матрицу из 12×8 элементов, изображенную на рис. 7.21. Семь адресных линий (три адресные линии рядов, с AY0 по AY2, и четыре адресные линии строк, с AX0 по AX3) обеспечивают под микропроцессорным управлением доступ к каждому из 96 коммутируемых элементов. Конкретный коммутируемый элемент выбирается путем поступления на элемент соответствующего адреса ряда и строки.

Информация о разомкнутом состоянии (Откл.) или замкнутом (Вкл.) вводится через вывод Data (данные) и фиксируется положительным импульсом в цепи стробирующего импульса. Если на выводе Data присутствует логический сигнал низкого уровня, стробирующий импульс отключит адресный блок, и наоборот.

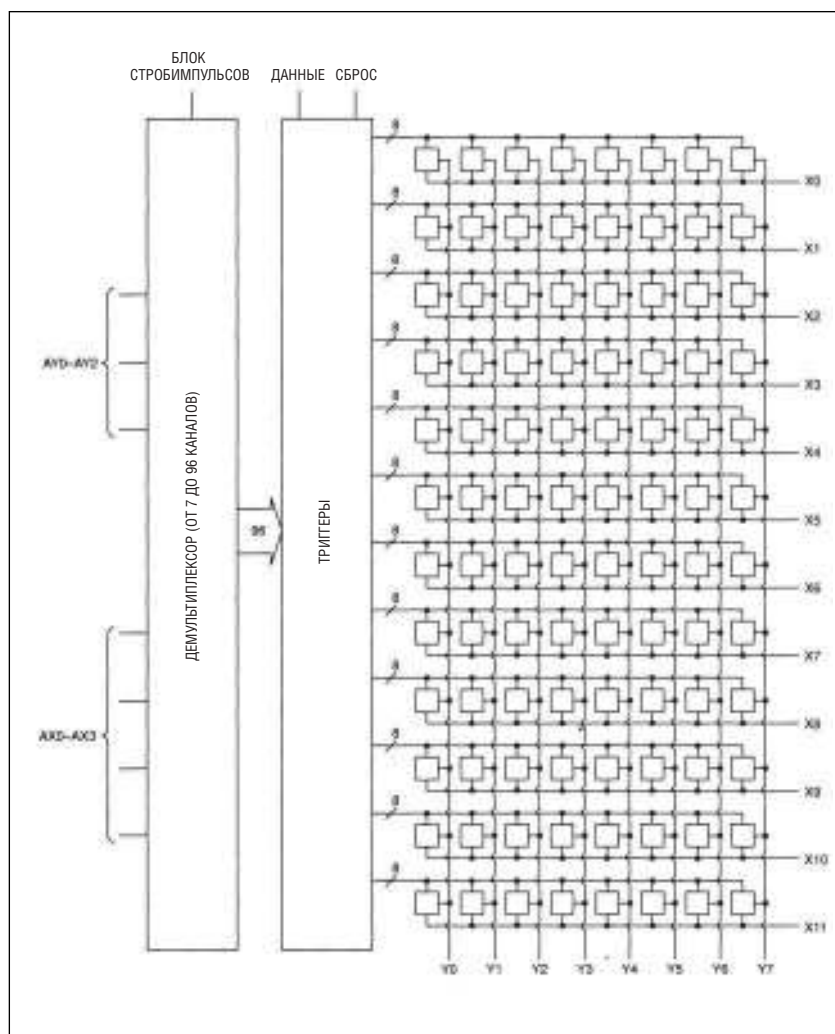


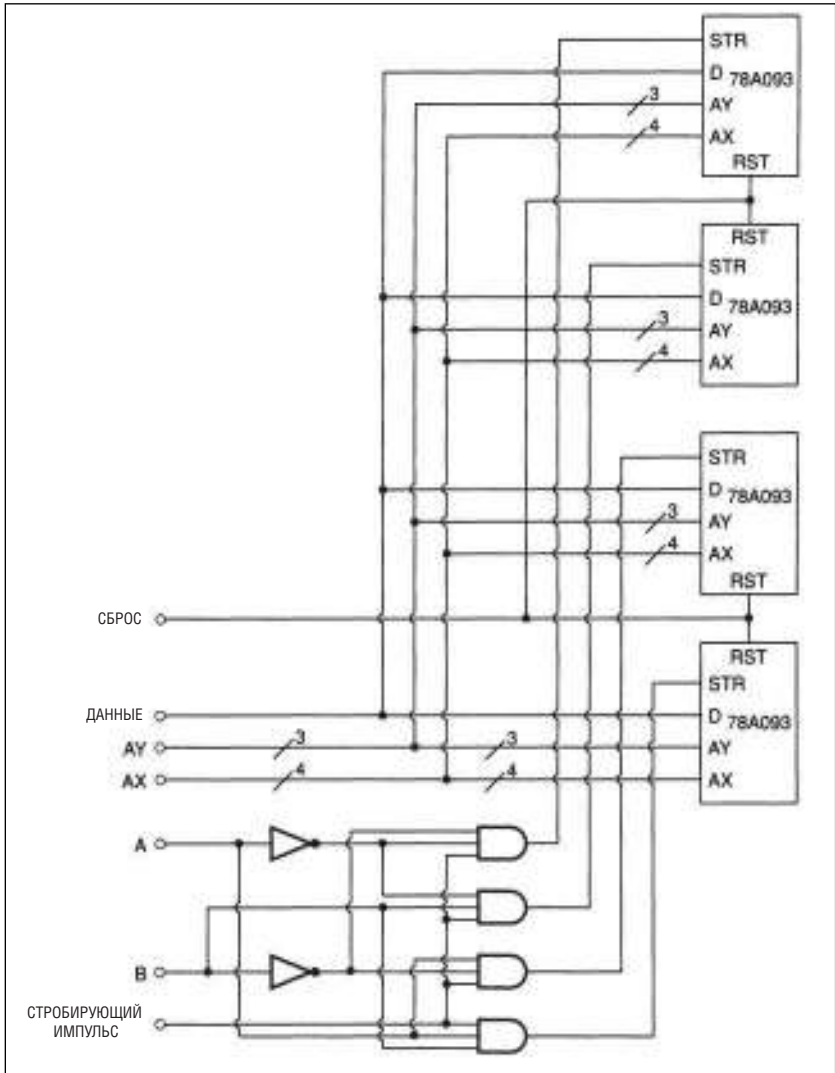
Рис. 7.21.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
SSI 78A093
(с любезного
разрешения
компании Silicon
Systems Inc.)

Матричный переключатель, выполненный в виде интегральной микросхемы, обладает большим количеством преимуществ перед своим релейным предшественником. Прежде всего, из-за использования в интегральной микросхеме КМОП-структур его отличает очень ма-

лый уровень энергопотребления (менее 100 нВт на отдельный элемент). Аналоговые коммутируемые системы обеспечивают более чем на –92 дБ ослабление перекрестных помех, величину сопротивления цепи во включенном состоянии всего лишь в 28 Ом и практически не вносят никаких искажений в сигнал.

Самым простым способом использования матричных переключателей является их тандемное применение с включением цепи искателя для управления стробирующим сигналом. На рис. 7.22 приведен пример схемы многоматричного переключателя.

Рис. 7.22.
Применение
матричного
переключателя
(с любезного
разрешения
компании *Silicon
Systems Inc.*)



СИСТЕМЫ АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Одним из основных путей применения достижений микроэлектроники в абонентских линиях связи является расширение области обслуживания, когда абонентские линии связи становятся очень протяженными. Как уже обсуждалось в предыдущих главах, все функции, связанные с работой абонентской линии, приближаются к пределу своих возможностей, когда сопротивление абонентской линии начинает превышать значение 1300 Ом, а шлейфовый ток снижается до значения менее 20 мА. В частности, при таких условиях метод точного набора становится ненадежным для использования, особенно при пониженных температурах, а усиление передающего оборудования значительно снижается. Эти проблемы становятся особенно заметными в сельской местности, где протяженность абонентских линий связи свыше 13 км является самым обычным делом.

В недавнем прошлом помогали электронные схемы, обеспечивая системы связи недорогими усилителями, позволяющими увеличивать уровень сигнала и восстанавливать уровни напряжения и токов сигналов, необходимых для набора номера и прохождения сигналов управления. Новая техника включает мультимплексирование нескольких (от четырех до восьми) абонентских линий в одну локальную линию, как было обсуждено в главе 6 книги.

Совсем недавно микропроцессорная техника была использована в значительных по протяженности системах связи для автоматического усиления как речевого сигнала, так и сигналов управления, и все это при более низкой стоимости из расчета на один канал связи. Такие системы обладают возможностью автоматической подстройки, чтобы обеспечить наилучшие результаты передачи, которая основывается на непрерывных измерениях, выполняемых во время процесса соединения.

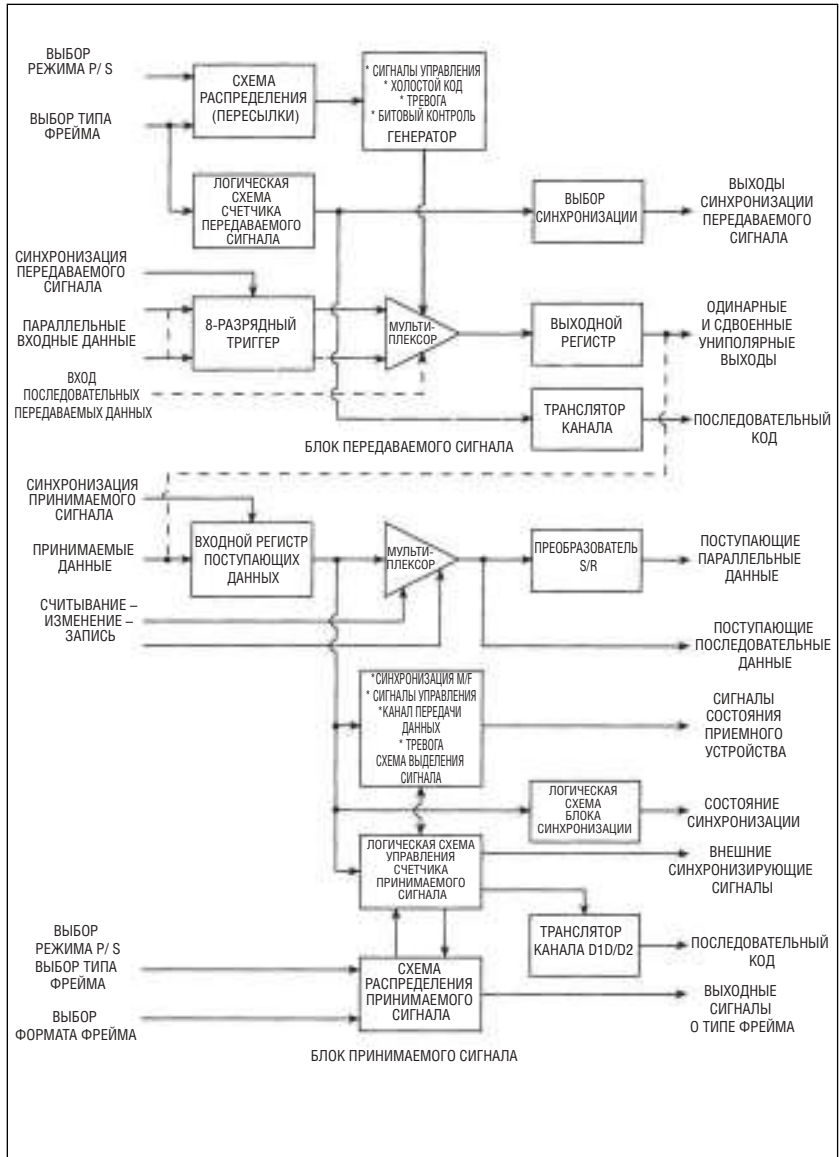
Реально достигнутые за последние годы успехи в микроэлектронике используются для значительного увеличения расстояний, на которых гарантируется работоспособность абонентских линий связи. Для этого применяются линейные усилители и оборудование, обеспечивающее восстановление уровней напряжения сигналов управления и величин токов.

ЦИФРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МУЛЬТИМПЛЕКСИРОВАНИЯ

В главе 6 были рассмотрены наиболее важные концепции цифровой передачи сигнала в линиях T1 с использованием формата мультимплексирования DS-1. Более ранние системы связи T1 требовали использования не менее двухсот дискретных интегральных микросхем для того, чтобы обеспечить выполнение каждой необходимой функции, а также необходимости сопряжения линий связи Соединенных Штатов и Европы, использующих различные стандарты цифровой передачи.

Компания Rockwell International выпускает ИКМ приемопередатчик (трансивер) R8070 T1/CEPT, в котором интегрированы все необходимые функции для приемного и передающего устройств, использующих импульсно-кодovou модуляцию, и который конструктивно представляет собой однокристалльную интегральную микрос-

Рис. 7.23.
Блок-схема
мультиплексора
R8070 (с любезного
 разрешения
 компании *Rockwell*
International Corp.)



хему (и совместимую, судя по названию, со стандартами как линий T1, так и Европейской конференции почтовых и телекоммуникационных ведомств, СЕРТ). Интегральная микросхема R8070 включает в свой состав схемы, обеспечивающие функции синхронизации, контроля и выделения сигналов. На рис. 7.23 приводится полная блок-схема интегральной микросхемы R8070.

В указанной интегральной микросхеме возможно использование одиннадцати режимов работы, которые обеспечивают поддержку наиболее общих вариантов форматов E1 и СЕРТ. Интерфейс между микропроцессором и интегральной микросхемой R8070, позволяющий осуществлять управление, а также возможность как последовательной, так и параллельной передачи данных, чрезвычайно прост. Этот прибор обеспечивает существенную экономию как в применяемой элементной базе, так и в техническом обслуживании системы. Хотя детальное описание возможностей применения стандарта E1 выходит за рамки данной главы, на рис. 7.24 приводится типичная схема использования интегральной микросхемы R8070 и взаимодействующего с ней четырехпроводного интерфейса, выполненного на базе микросхемы 8069.

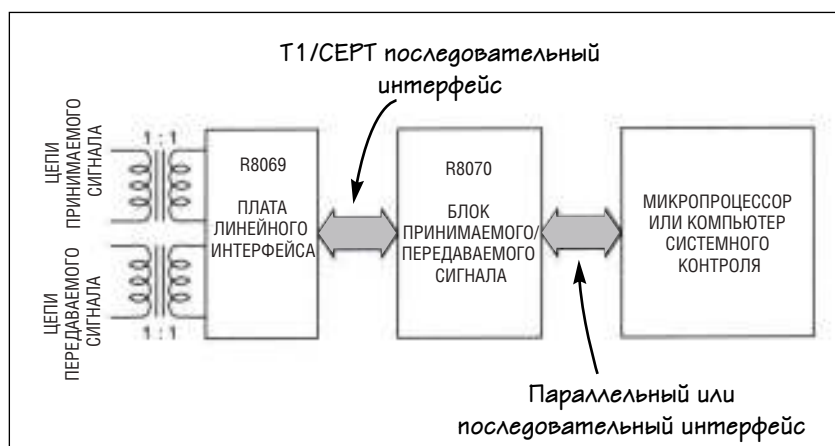


Рис. 7.24.
Пример
практического
использования
интегральной
микросхемы R8070

Цифровые абонентские линии связи

Цифровая система передачи, объединенная с локальной или местной цифровой телефонной станцией, со всей очевидностью демонстрирует необходимость применения мультимплексного оборудования для абонентских телефонных линий, имеющих большую протяженность, а переход к полностью цифровой линии связи еще более подтверждает необходимость такого перехода. При проведенном ранее обсуждении методов цифровой передачи цифровой канал использовался для передачи цифровых сигналов на районную АТС, где они через систему интерфейса передавались в аналоговые абонентские линии связи. Использование цифровых абонентских линий позволяет сигналам в дво-

Использование цифровой техники во всей системе связи от абонентского телефонного аппарата до телефонной станции обеспечивает гораздо более высокий уровень обслуживания при самой экономической стоимости.

ичном виде проходить весь путь до абонентского телефонного аппарата, так как вся информация обрабатывается в цифровом виде. Телефонный аппарат непосредственно имеет кодек и выполняет функции фильтра. Речь, данные, сигналы управления и контроля также используются в цифровом виде и будут коммутироваться, передаваться и обрабатываться через одну и ту же систему связи. Такая система связи нашла свое воплощение в ряде типов офисных АТС и, несомненно, получит распространение в коммутируемых линиях связи общего доступа.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Интерфейс абонентской линии связи требует выполнения очень большого количества функций, которые для краткости объединяются под аббревиатурой BORSCHT.
2. Под англоязычной аббревиатурой BORSCHT зашифрованы следующие функции систем телефонной связи: Батарейное питание (B), защита от Перенапряжений (O), Вызывной сигнал (R), сигналы Управления и контроля (S), Кодирование (C), Гибридная схема (H) и Тестирование (T).
3. Интегральные микросхемы, выполненные на базе единого полупроводникового микрокристалла, разрабатываются таким образом, чтобы выполнять как можно большее количество функций BORSCHT.
4. Кодеки представляют электронные схемы, которые были разработаны и созданы в виде интегральных микросхем на одном полупроводниковом микрокристалле, и предназначены для выполнения цифрового кодирования и декодирования.
5. Для фильтрации нежелательных сигналов и ослабления шумов необходимо использовать фильтры как верхних (ФВЧ), так и нижних частот (ФНЧ), а также использовать фильтры для сглаживания выходного сигнала цифро-аналогового преобразователя, чтобы с меньшими искажениями воспроизводить речевой сигнал.
6. Процесс детектирования сигналов двухтонального многочастотного набора в приемном устройстве является гораздо более сложным процессом по сравнению с генерированием этих сигналов в телефонном аппарате, так как приемное устройство должно воспринимать действительные сигналы набора номера и не принимать паразитные сигналы.
7. Гребенчатый фильтр имеет две отдельные полосы пропускания, предназначенные для разделения акустических сиг-

- налов более высокочастотной группы от сигналов низкочастотной группы, генерируемых при использовании метода двухтонального многочастотного набора номера.
8. Полупроводниковые приборы, имеющие р-п-р-структуру (или тиристоры) используются в качестве матричных переключающих элементов вместо герконовых реле. На основе полупроводниковых р-п-р-п-приборов изготавливаются коммутационные матрицы, конструктивно выполненные в виде однокристалльной интегральной микросхемы.

Контрольные вопросы к главе 7

1. Инженер, проектирующий оборудование районной АТС, должен был бы предусмотреть как обязательный элемент:
 - а) применение электронных телефонов в муниципальной телефонной станции;
 - б) изменение одновременно только одной функции;
 - в) установку стандартного интерфейса между абонентом и районной АТС.
2. Основное различие между интерфейсом абонентской линии и интерфейсом магистральной линии заключается в том, что:
 - а) для интерфейса магистральной линии предъявляются требования выполнять функции, зашифрованные под аббревиатурой BORSCHT, тогда как для линейного интерфейса они не предъявляются;
 - б) интерфейсы абонентских линий представляют, как правило, аналоговые системы с мультиплексированием;
 - в) интерфейсы абонентских линий относятся к абонентской линии связи, а интерфейсы магистральной линии предназначены для выполнения соединений с другими телефонными станциями.
3. Аббревиатура SLIC означает:
 - а) плату интерфейса голосового тракта;
 - б) плату интерфейса абонентской линии связи;
 - в) входную команду абонентской линии связи.
4. Аббревиатура BORSCHT, используемая в данной книге, обозначает следующие функции, выполняемые в телефонной сети:
 - а) батарейное питание, защиту от перенапряжений, вызывной сигнал, сигналы управления и контроля, кодирование, гибридную схему и тестирование;
 - б) русский борщ, который развозится сотрудникам телефонной компании, работающим на выезде;
 - в) батарейное питание, состояние телефонной трубки, соответствующее ее положению на рычагах аппарата, вызывной сигнал, абонен-

- тскую линию, интерфейс, кодирование, гибридную схему и отключение.
5. Принципиальное отличие в методах подачи сигнала «через землю» и через абонентскую линию (шлейф) заключается в том, что:
- а) в методе подачи сигнала через шлейф используются реле, а в методе «через землю» – интегральные микросхемы;
 - б) метод подачи сигнала через шлейф использует симплексную передачу сигналов, что подразумевает небольшую задержку в их передаче, тогда как в методе подачи сигнала «через землю» используются дуплексная передача сигналов, обеспечивающая одновременность их прохождения;
 - в) в методе подачи сигнала через шлейф используются линейные реле и реле отсечки, в подаче сигналов «через землю» используются станционные реле А, В и С.
6. Искажения из-за наложения спектров при дискретизации сигнала или эффект наложения (ступенчатость):
- а) исключаются за счет фильтрации частот ниже 300 Гц;
 - б) представляют собой
 - в) представляют собой паразитные помехи, вызванные наличием в проходящем дискретизацию сигнале частот со слишком высоким значением.
7. Как правило, кодирование сигнала производится:
- а) дискретизацией непрерывного сигнала путем измерения амплитуды в определенные моменты времени и использовании полученного значения в качестве выходного сигнала;
 - б) сверткой сигнала с последующим кодированием;
 - в) дискретизацией непрерывного сигнала путем измерения амплитуды в определенные моменты времени и использования соответствующего двоичного кода для кодирования;
 - г) сравнением с аналоговым сигналом, позволяющим получить максимальное совпадение.
8. Приемные устройства сигналов двухтонального многочастотного набора, DTMF, являются:
- а) к счастью, гораздо более простыми устройствами, чем генераторы сигналов двухтонального многочастотного набора;
 - б) устройствами, позволяющими точно определять различие между

- случайными сигналами акустического диапазона и тональными сигналами набора;
- в)** устройствами, предназначенными воспринимать цифровой сигнал, если присутствует хотя бы один сигнал из двух тональных, чтобы обеспечить допустимый предел ошибки при передаче.
- 9.** Коммутационные матрицы, выполненные на полупроводниковых элементах:
- а)** изготавливаются на основе р-п-р-п-структур, или управляемых тиристоров, для которых при определенных условиях характерно сохранение фиксированного состояния высокой электропроводности;
 - б)** используются в электронных коммутационных системах компании Bell No. 1A;
 - в)** пока еще не нашли практического применения
- из-за слишком высоких уровней напряжения, необходимых для их переключения;
- г)** являются другим названием сверхминиатюрных герконовых реле.
- 10.** Электронная коммутационная матрица требует:
- а)** минимальных значений тока удержания и тока шлейфа при передаче речевого сигнала для того, чтобы оставаться в фиксированном (переклоченном) состоянии;
 - б)** минимального значения тока удержания для того, чтобы оставаться в фиксированном (переклоченном) состоянии;
 - в)** наличия различных значений тока удержания и тока передачи речевого сигнала для сохранения работоспособности;
 - г)** приложения напряжения свыше 48 В между шинами анодов и катодов для отключения.

Глава 8. Передача сигналов в сетях

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В данной главе описываются методы передачи сигналов, применяемые для этого физические носители (передающая сигнал среда), а также оборудование, необходимое для передачи на большие расстояния цифрового сигнала, процесс формирования которого был описан в главах 6 и 7. В этой главе также описываются комплекс оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с головными каналами, мультиплексоры и повторители, которые являются частью электронного оборудования, используемого в системах передачи цифровых сигналов.

ПОЧЕМУ ВСЕ-ТАКИ ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ?

В главе 6 были рассмотрены некоторые преимущества и недостатки использования цифровых систем. Вопреки основному недостатку цифрового метода, для которого требуется в восемь раз более широкая полоса пропускания канала, использование цифровых методов передачи в сетях растет быстрыми темпами. В качестве основного преимущества приводилось увеличение производительности при меньших затратах за счет использования универсальных интегральных микросхем. Широкое применение интегральных микросхем приводит к тому, что становится экономически выгодным практическое использование между станциями различных типов все более коротких по протяженности цифровых каналов передачи. Линии связи протяженностью порядка 18 км уже стали экономически оправданными, а если коммутационное оборудование, установленное на передающем и приемном концах линии связи, является цифровым, то с практической точки зрения рациональным становится использование цифровых методов при любой протяженности линии. Меньший уровень помех, требования к меньшему соотношению уровня сигнала к шуму и меньшая частота возникновения ошибок являются дополнительными преимуществами.

Данные, заимствованные из работы Р. Л. Фримана (R. L. Freeman) и воспроизведенные в табл. 8.1, показывают, что общий уровень шумов, которые генерируются используемой для передачи сигнала средой (кабель и радиоканал) в стандартной системе связи с

Техника цифровой передачи является экономически более выгодной, даже при небольших расстояниях между объектами. Кроме этого, качество передачи речи цифровыми методами гораздо выше по сравнению с аналоговыми.

Таблица 8.1.
Сравнение уровня шумов при передаче сигналов с использованием метода частотного уплотнения и метода импульсно-кодовой модуляции

	Частотное разделение каналов/радиоканал/кабель связи	Импульсно-кодовая модуляция/радиоканал/кабель связи
Мультиплексирование	2500 пикоВаттпик*	150 пикоВаттпик
Радиоканал/кабель связи	7500 пикоВаттпик	0 пиковаттпик
Общее	10000 пикоВаттпик	130 пикоВаттпик

Средневзвешенное пиковое значение мощности, приведенное в соответствии с психометрической характеристикой уровня шумов (Приводится по справочному изданию R. L. Freeman Telecommunication Transmission Handbook, 2-nd ed., John Wiley & Sons, 1981, copyright © 1981 by John Wiley & Sons, Inc. Воспроизводится с разрешения издательства.)

частотным уплотнением и протяженностью 2500 км, составляет 10000 пиковатт пикового значения.

Наряду с этим, шумы в эквивалентной системе связи, применяющей метод импульсно-кодовой модуляции и имеющей длину 2500 км, составляют всего 130 пиковатт пикового значения, то есть снижение уровня шумов составляет примерно 19 дБ. При добавлении в линию передачи восстанавливающих форму сигнала повторителей частота возникновения ошибок снижается. Если же частота возникновения ошибок окажется слишком высокой, то установка повторителей на меньших расстояниях друг от друга позволит уменьшить этот параметр. Таким образом, ошибки при передаче данных перестанут зависеть от общей протяженности линии связи.

При всем этом следует упомянуть еще ряд дополнительных преимуществ:

1. Использование цифровой техники вносит позитивный вклад в саму конструкцию линий связи, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, так как такие линии легче проектируются, монтируются и обслуживаются.
2. Цифровые линии связи являются универсальными и могут использоваться для передачи сигналов, полученных от различных источников, например осуществляющих музыкальное радиовещание, передачи различного рода данных, телевизионного сигнала, что устраняет необходимость использования специализированных линий связи для определенного типа сигнала.

Цифровая линия связи является многоцелевой по назначению (более универсальной) и поэтому является более привлекательной для инженерно-технического персонала

Комплекс оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми

Следует вспомнить, что в главе 6 комплексы оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми каналами (далее по тексту: комплексы оборудования сопряжения аналоговых каналов с цифровыми) определялись как оконечное оборудование цифрового канала, преобразующее аналоговые речевые сигналы в кодовые битовые комбинации. Анализ стоимости подобного оборудования выявил необходимость разработки такого класса оборудования, которое уплотняло бы большое количество каналов в один широкополосный канал связи. Например, стандартная система связи (линия T1, по терминологии компании АТТ) предназначена для передачи 24 индивидуальных голосовых каналов. Комплексы оборудования и устройств сопряжения аналоговых каналов с цифровыми как преобразуют аналоговый сигнал в цифровой, так и мультиплексируют (уплотняют) цифровые сигналы. Комплексы сопряжения аналогового канала с цифровыми компании Bell Systems получили название (цифровых) комплексов оборудования D-типа и послужили основой для целой серии различных типов мультиплексоров.

Комплексы оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми объединяют большое количество входящих звуковых сигналов в один широкополосный цифровой канал.

Комплексы сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D-типа

Выходной сигнал комплекса сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D-типа представляет цифровой сигнал, или битовый поток, характеризующийся скоростью передачи (пропускной способностью канала) 1,544 Мбит/с и получивший название сигнала DS-1. Сигнал DS-1 может передаваться по линии связи T1, в которой установлены повторители, выполняющие постоянное восстановление сигнала, либо же этот сигнал может мультиплексироваться с другими сигналами DS-1 для получения мультиплексированного сигнала более высокого уровня. Сигнал DS-1 представляет битовый поток, состоящий из преобразованных в цифровую форму речевых сигналов различных каналов, расположенных в своих временных слотах, а также состоящий из сигнальных битов каналов, месторасположение которых соответствует схеме, приведенной в главе 6 книги (см. рис. 6.6).

Комплекс сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D-типа генерирует выходной цифровой сигнал, помещая преобразованный в цифровую форму речевой сигнал в предназначенный для него временной слот.

Комплекс сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D1

На рис. 8.1 приведена блок-схема части комплекса оборудования сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D1. На рис. 8.1а

Комплекс сопряжения аналоговых каналов с цифровыми D1 выполняет преобразование как передаваемого, так и принимаемого сигналов. Он выполняет функции кодирования и декодирования сигналов, а также добавления и извлечения сигналов управления и кадровой синхронизации. Он выполняет функции сопряжения с линией и, следовательно, мультиплексирует и демультиплексирует сигнал.

приведена часть схемы, относящаяся к передаваемому сигналу, а на рис. 8.16 – часть схемы для принимаемого сигнала. Часть схемы комплекса оборудования D1, предназначенная для передаваемого сигнала, выполняет три основные функции:

1. Цифровое кодирование сигналов, поступающих от 24-х аналоговых каналов связи.
2. Добавление необходимой сигнальной информации от каждого канала.
3. Мультиплексирование каналов в цифровой поток для передачи по физическому каналу связи.

Входные цепи, логические схемы, фильтры, схемы сжатия и кодирования комплекса оборудования сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми обеспечивают фильтрование, преобразование аналогового сигнала в дискретный путем измерения амплитуды в определенные моменты времени, сжатие сигнала (что представляет половину функции компандирования сигнала) и его кодирование (аналого-цифровое преобразование). Сигнальная информация, поступающая от схемы сигналов управления каждого канала, а также синхронизирующие импульсы от ведущего (главного) генератора и генератора кадровой синхронизации вставляются в цифровой поток передающим преобразователем. Результирующий поток, преобразованный с использованием метода импульсно-кодовой модуляции, поступает в линии связи через общую схему управления. Так как на практике используется большое количество разнообразных схем подачи сигналов управления, а также применяются как двухпроводные, так и четырехпроводные соединительные линии, каждый из пяти D-типов комплексов оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми (D1, D2, D3, D4 и DCT – цифровых соединительных линий) содержит индивидуальную интерфейсную схему, установленную между индивидуальным речевым каналом и общим оборудованием, которое предназначено для обслуживания всех цепей.

В той части схемы, которая предназначена для поступающего сигнала, все процессы идут в обратном порядке. В этой части схемы извлекается информация сигналов управления и синхронизации, сигналы управления передаются в принимающие цепи, в декодер передается ИКМ закодированный речевой сигнал (операция декодирования выполняется с использованием цифро-аналогового преобразователя), и выполняется операция расширения сжатого сигнала (вторая половина функции компандирования). После этого сигнал поступает на фильтры индивидуальных каналов и выходные цепи. Комплекс оборудования сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми D1 включает в себя три 24-канальные секции (всего 72 канала).

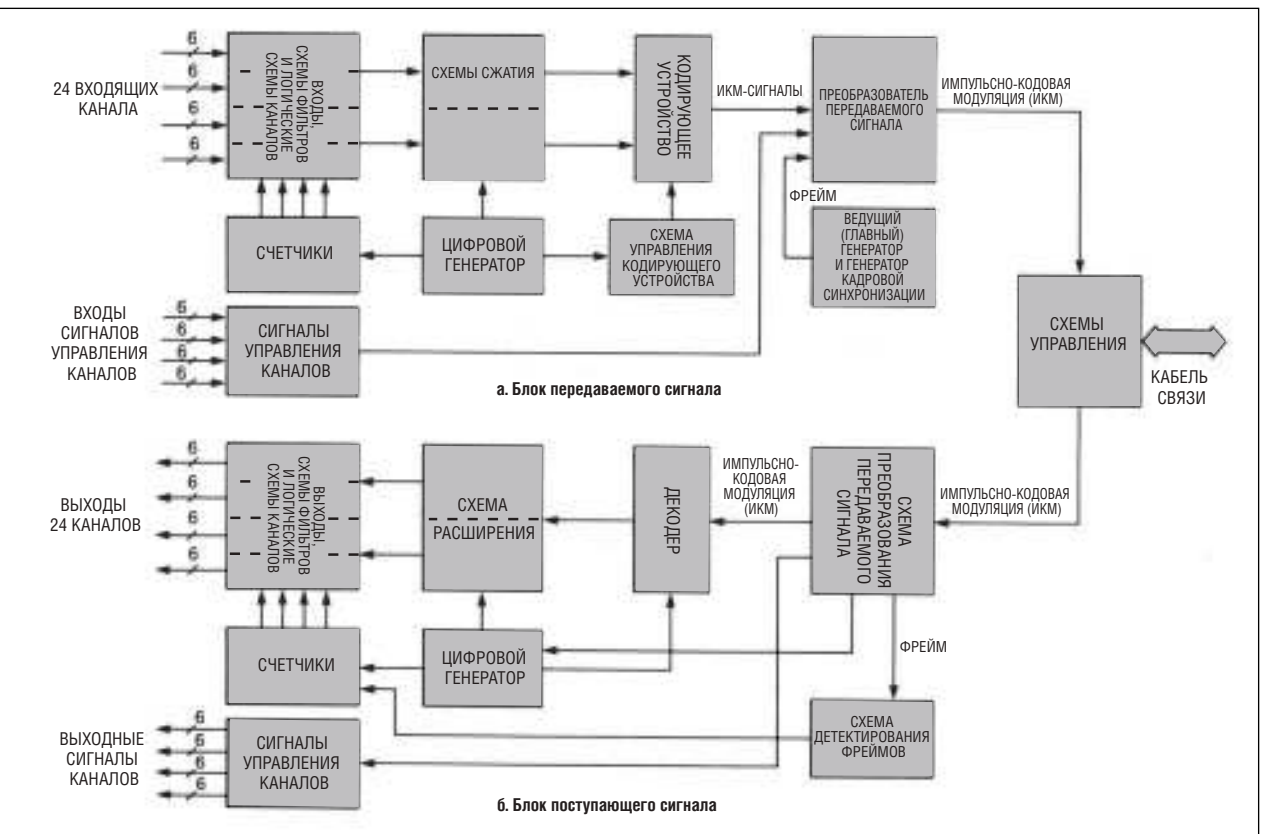


Рис. 8.1.
Комплекс оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D1 (24 канала)

Модификации комплексов оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D-типа

Комплексы оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D1 и D2 представляют собой улучшенный вариант комплекса оборудования сопряжения D1. Плотность размещения каналов была увеличена (то есть увеличено количество передаваемых каналов), а также улучшены итоговые шумовые характеристики. Технические новшества коснулись более эффективного использования восьми разрядов в каждом временном слоте для передачи в цифровой форме речевого сигнала и уменьшения количества необходимой для передачи сигнальной информации.

Успехи в практическом использовании комплексов оборудования D1, применяемых для сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми и первоначально установленных в 1962 г., сначала привели к необходимости их модификации (варианты комплексов D1B и D1C), а спустя некоторое время – к кардинальным изменениям. В первоначальных вариантах комплексов оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D1A, D1B и D1C 7 разрядов (или битов кодовой группы) использовались для информации о каждом замере величины речевого сигнала и один разряд каждой кодовой группы – для передачи сигналов управления. Когда возникла необходимость подключать несколько линий T1 в тандеме, уровень шума дискретизации сигнала при семиразрядном кодировании оказался слишком высоким для удовлетворительной работы канала связи. Дополнительно к этому было установлено, что использование сигнального бита в каждой кодовой группе являлось излишним, так как для передачи сигналов управления в канале со скоростью 8000 бит/с не требовалось по той простой причине, что изменения в информации контроля и управления не происходили настолько быстро.

В результате этого были внесены изменения в серию комплексов оборудования типа D1 (модификация D1D) и разработан комплекс оборудования сопряжения каналов D2. В комплексе оборудования сопряжения каналов D2 использовались все 8 разрядов каждого временного слота для кодирования аналогового сигнала, за исключением ряда выбранных для этих целей фреймов. Информация контроля и управления посылалась с использованием бита самого младшего значащего разряда кодовой группы в каждом канале в каждом шестом фрейме. Очень кратко об этом уже упоминалось в главе 6, однако более подробно данный прием рассматривается на рис. 8.2, где воспроизводится эффективная усредненная длина кодовой группы всех фреймов из $7\frac{5}{6}$ битов (8 битов в первых 5 фреймах плюс 7 битов в каждом шестом). Характеристика компандирования также была изменена для того, чтобы обеспечить более высокие шумовые характеристики неза занятого канала и сделать проще цифровую линейаризацию кодовой группы. Комплекс оборудования сопряжения каналов D2 увеличил плотность размещения каналов вплоть до 96 в том же самом промежутке, который занимали 72 канала в комплексе оборудования сопряжения каналов типа D1.

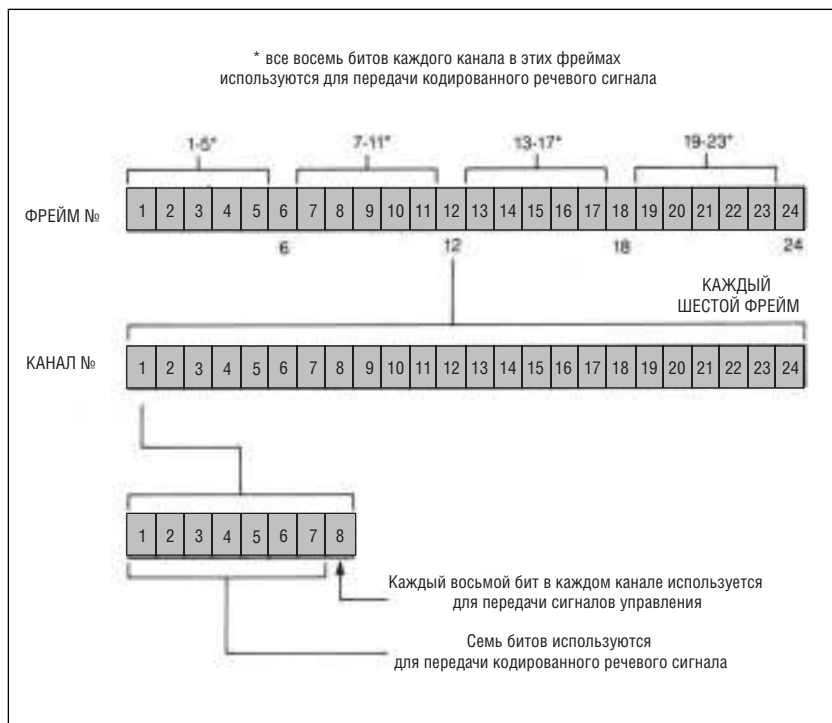


Рис. 8.2.
Передача сигналов управления с использованием каждого шестого фрейма в комплексах оборудования устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми

Комплексы оборудования сопряжения аналоговых каналов связи с цифровыми D3 и D4

Разработка комплексов оборудования сопряжения каналов D3 и D4 была связана, прежде всего, с успехами в разработке и производстве интегральных микросхем, которые позволили уплотнить 144 канала в едином битовом потоке. Использование в последующих за комплексом оборудования D4 разработках распределенных программируемых вычислительных средств и распределенной обработки сигналов при решении проблемы привело к созданию комплексов DCT – цифровых магистральных каналов.

Данные комплексы были разработаны компанией Bell Systems таким образом, чтобы они имели меньшие размеры, меньшую стоимость и более простое техническое обслуживание по сравнению с комплексами оборудования устройств сопряжения каналов D4. Как видно из рис. 8.3, комплексы DCT отличаются от комплексов оборудования устройств сопряжения каналов D4 тем, что они не имеют отдельных (раздельных, изолированных) схем соединительных линий, отдельных схем распределения и сканирования сигналов и в них используется единый тип блока оборудования для устройств

Прогресс в проектировании и производстве цифровых интегральных микросхем, приведший к развитию комплексов оборудования устройств сопряжения D3 и D4, позволил значительно увеличить пропускную способность каналов. За этим последовало использование магистральных цифровых каналов, DCT. В системе магистральных цифровых каналов используется микропроцессорная техника, и она подразделяется на несколько отдельных подсистем.

сопряжения – в противоположность более чем 35 разновидностям блоков, применяемых в комплексах оборудования D4. Данный комплекс также включает программируемые микропроцессоры, получившие название периферийных контроллеров комплекса, которые разгружают основное коммутирующее устройство (как правило, это электронные коммутируемые системы No. 1 или No. 1A ESS) от задач по сортировке сигнальной информации, поступающей по магистральным линиям связи. Главная коммутирующая система также использует периферийные контроллеры комплекса DCT для передачи сигналов тревоги и текущего состояния магистральной линии связи по каналам передачи данных к основному блоку управления, который выбирает для речевых сигналов необходимые магистральные линии.

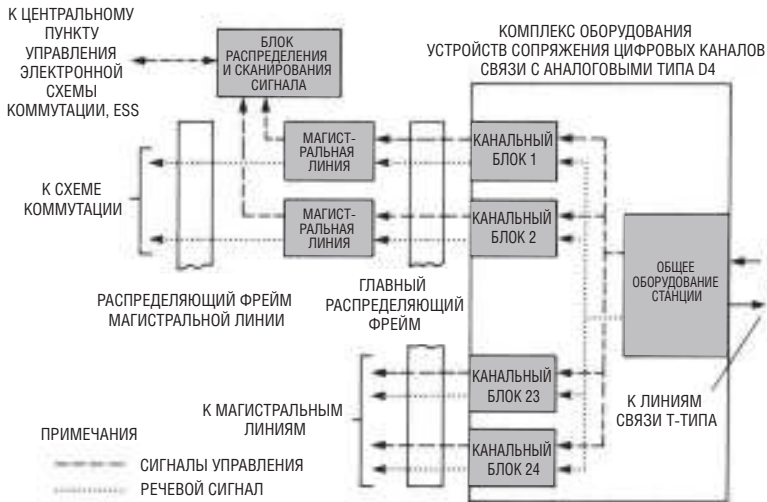
МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ

Цифровое мультиплексирование является техническим приемом, в результате которого большое количество входящих цифровых сигналов объединяется в единый выходной цифровой поток.

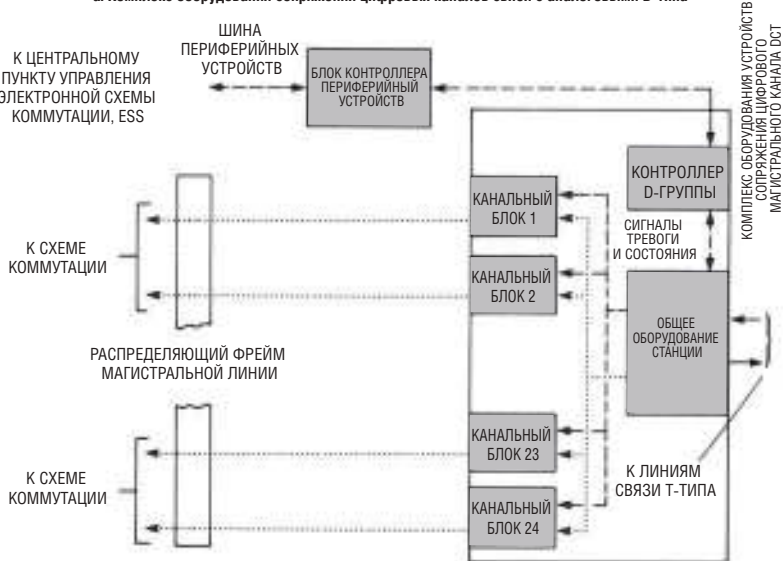
Электронная схема, объединяющая цифровые сигналы от нескольких источников в единый поток сигналов, называется мультиплексором. Принципиальная схема устройства была показана на рис. 6.25. Мультиплексор принимает несколько каналов и осуществляет в порядке очередности доступ к выходу, образуя единый битовый поток с последовательной организацией. Входной сигнал каждого канала, в свою очередь, помещается схемой пропускания в соответствующий временной слот в выходном сигнале. Если временной слот каждого канала в выходном сигнале имеет достаточную длительность, чтобы полностью содержать кодовую группу входного сигнала, то про такой битовый поток говорят, что в нем используется чередование кодовых групп. Если входной сигнал пропускается на выход в виде последовательно передаваемого одного бита от каждого канала, то в таком битовом потоке осуществляется чередование битов. Так как синхронизация производится от одного ведущего (главного) генератора тактовых импульсов и все входящие битовые потоки поступают с одной скоростью, такой мультиплексор получил название синхронного мультиплексора. Все системы мультиплексирования более высокого порядка, которые применяются в системах телефонной связи, являются синхронными, тогда как при передаче данных используются, как правило, асинхронные системы мультиплексирования.

Форматы фреймов

Отдельные каналы связи мультиплексируются в единый битовый поток, при этом используются различные форматы синхронизации



а. Комплекс оборудования сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми D-типа



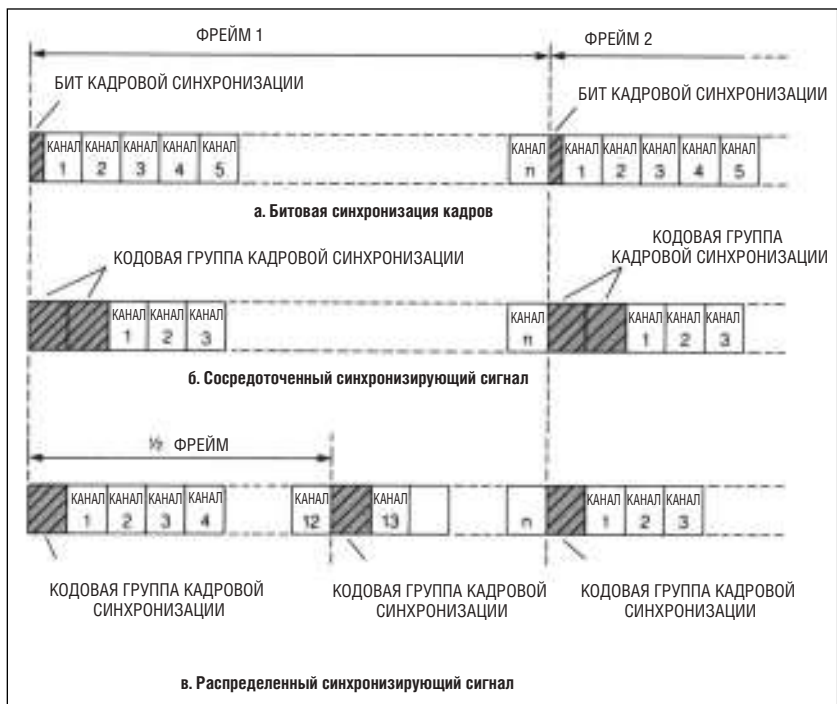
б. Цифровой магистральный канал DCT

Рис. 8.3. Сравнение комплекса оборудования устройств сопряжения цифрового канала D-типа с комплексом цифровой магистральной линии, DCT

В системах мультиплексирования каналы объединяются во фреймы, которые от-
деляются от предыдущих и последующих фреймов кадрирующим битом или кадрирующей группой.

Фреймы определяются (устанавливаются) в соответствии с количеством мультиплексированных каналов, которые упаковываются вместе. Комплекс оборудования устройств сопряжения цифровых каналов D-типа мультиплексирует 24 канала с формированием сигнала, обозначаемого как DS-1. В системе связи, рекомендуемой Консультативным комитетом по международной телеграфной и телефонной связи (ССТТ) в одном фрейме мультиплексируется 30 каналов. Специальный код, представленный либо в виде отдельного бита, либо битовой группы или групп, добавляется во фрейм для того, чтобы синхронизировать фреймы, передающие ИКМ-сигнал. В некоторых форматах использовался принцип точного временного размещения информации, предназначенной для синхронизации. На рис. 8.4 изображены три основных типа синхронизации – битовая синхронизация фреймов, сосредоточенная синхронизирующая кодовая группа и распределенная синхронизирующая кодовая группа.

Рис. 8.4.
Форматы
синхронизации
фреймов



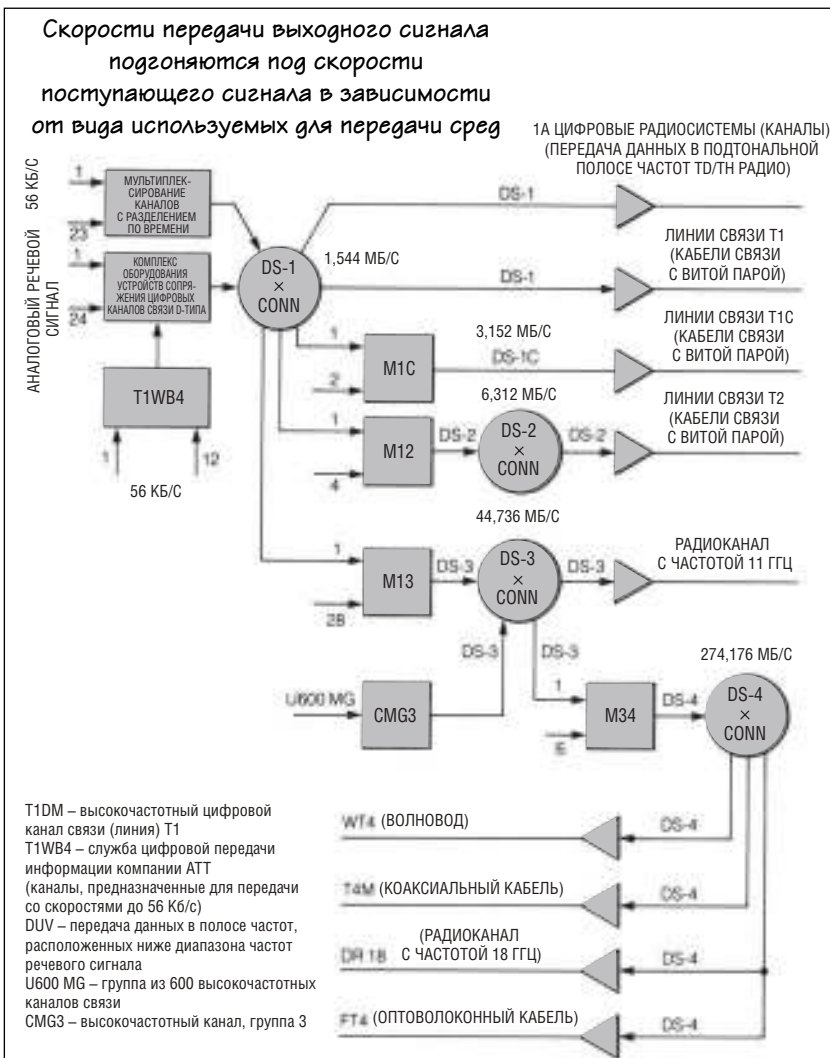
Иерархия систем мультиплексирования

Мультиплексоры, используемые в коммутируемых сетях общего доступа, имеют собственную иерархию, которая определяется скоростью битовой передачи ИКМ-сигналов. Мультиплексоры с меньшей

скоростью передачи и небольшим количеством каналов подключаются к блокам, которые обладают более высокой скоростью передачи информации и обслуживают большее количество каналов. На рис. 8.5 показана взаимная иерархия, которой подчиняются такие системы. Скорость передачи выходного сигнала и, следовательно, количество каналов, которые он способен объединять, согласовываются со скоростями передачи данных, способных обеспечить различные физические среды, начиная с сигнала DS-1, имеющего скорость передачи 1,544 Мб/с, и заканчивая сигналом стандарта DS-4, обеспечивающим скорость передачи 274,176 Мб/с.

Функциональная иерархия мультиплексоров основывается на скорости передачи информации (битов) и доступности (эффективности) канала. Блоки мультиплексирования, имеющие более низкую скорость передачи и доступности, поступают в системы с более высокими значениями скорости битовой передачи и пропускной способности канала.

Рис. 8.5.
Иерархия сетей,
использующих
мультиплексирова-
ние сигналов
с разделением по
времени совместно
с импульсно-
кодовой
модуляцией
(с любезного
разрешения Bell
Laboratories)



Различия в скоростях передачи между поступающими в мультиплексор битовыми потоками могут компенсироваться путем вставки холостых битов. Этот прием позволяет компенсировать рассогласование сигналов, возникающее из-за различий в тактовых частотах синхронизирующих генераторов и задержек распространения сигнала в линии связи.

Группами мультиплексирования в сетях Северной Америки, объединяющими потоки от комплексов оборудования устройств сопряжения цифровых каналов с аналоговыми D-типа, являются:

1. Группа M1C, которая объединяет два сигнала стандарта DS-1 в сигнал DS-1C, имеющий скорость передачи 3,152 Мб/с.
2. Группа M12, которая объединяет четыре сигнала стандарта DS-1 в сигнал DS-2, имеющий скорость передачи 6,312 Мб/с.
3. Группа M13, которая объединяет двадцать восемь сигналов стандарта DS-1 в сигнал DS-3, имеющий скорость передачи 44,736 Мб/с.
4. Группа M34, которая объединяет три сигнала стандарта DS-3 в единый сигнал DS-4, имеющий скорость передачи 274,176 Мб/с.

На рис. 8.5 представлены основные типы используемых линий передачи, в которых используются различные типы носителей, начиная от кабелей связи для линий T1, коаксиальных кабелей, волноводных линий, радиоканалов и оптоволоконных линий связи.

Метод заполнения холостыми импульсами

Точная синхронизация всех процессов, происходящих в мультиплексоре, включая синхронизацию исходящего битового потока, обеспечивается главным (или ведущим) синхронизирующим генератором, имеющимся внутри блока. Синхронизация поступающего потока данных обеспечивается, тем не менее, каждым индивидуальным битовым потоком. Скорости передачи для каждого из этих поступающих битовых потоков могут, с некоторой вероятностью, отличаться друг от друга прежде всего из-за возможного разброса в тактовых частотах синхронизирующих генераторов в источниках передаваемого сигнала, а также из-за различий во времени задержки распространения сигнала в линиях передачи и схемах его обработки. Поэтому должны быть обеспечены способы, позволяющие компенсировать эти рассогласования. При мультиплексировании данных такой метод получил название заполнения холостыми импульсами (или вставки пустых импульсов).

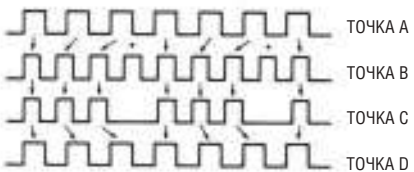
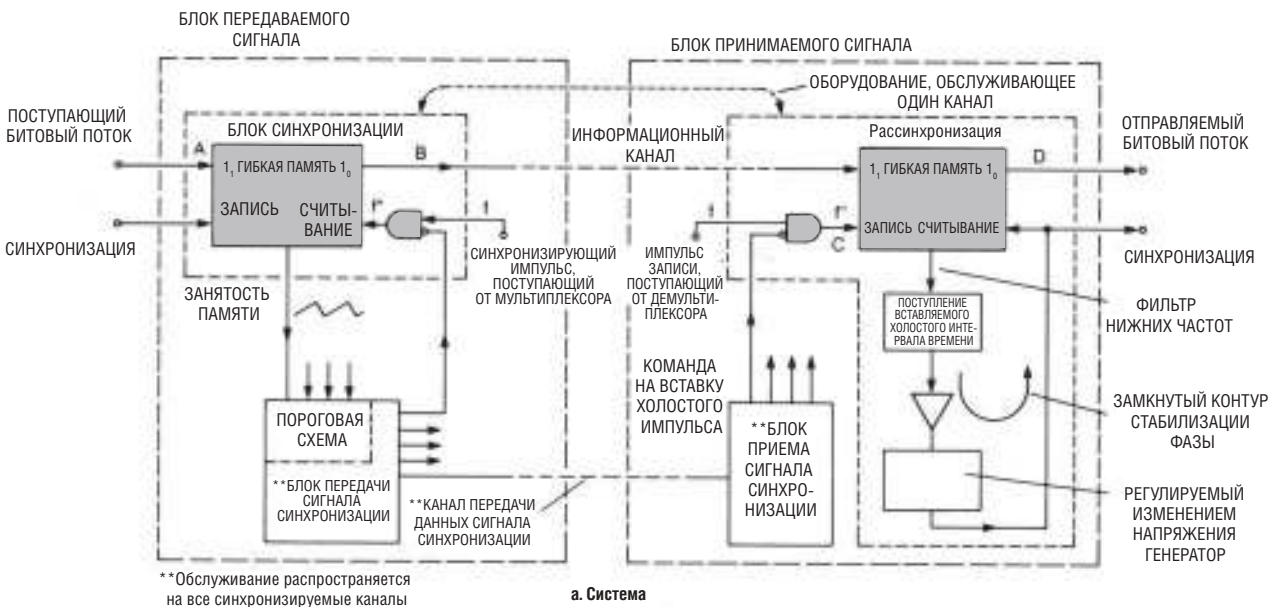
Принцип метода заполнения холостыми или пустыми импульсами, проиллюстрированный на рис. 8.6, заключается в том, чтобы установить скорость передаваемого мультиплексором битового потока несколько больше, чем сумма скоростей передачи всех пос-

тупающих в него потоков, плюс скорость передачи любых данных, добавляемых при мультиплексировании для синхронизации и кадрирования. В поступившие сигналы вставляется некоторое количество импульсов, достаточное для увеличения скорости до уровня, задаваемого собственным синхронизирующим генератором. Используются дополнительные биты (сигнал синхронизации канала передачи данных), общие для всех каналов, для того, чтобы указать принимающей стороне местоположение вставляемых холостых битов. Информация о месторасположении холостых битов пересылается регулярным повторением (избыточностью) сигнала, чтобы снизить вероятность ошибки, которая могла бы повлечь потерю синхронизации фреймов.

Каждый поступающий битовый поток помещается в буфер (который называется эластичной или гибкой памятью, хранящей переменный объем данных) со скоростью, равной скорости принимаемого битового потока (точка А на рис. 8.6б), и остается на временное хранение в упорядоченном состоянии.

В соответствующий момент времени в поток вставляется импульс, чтобы обеспечить сигнал, изображенный в точке В на рис. 8.6б. Выходной сигнал, соответствующий точке В, передается в приемное устройство и поступает на хранение в другой буфер (гибкой памяти). Схема фазовой синхронизации генерирует синхронизирующие импульсы, которые считывают битовый поток в точке D. Временной слот, в который были вставлены импульсы, определяется в приемном устройстве кодом вставки холостых импульсов, извлеченном из кода синхронизации канала передачи данных, после чего холостые импульсы извлекаются, как это продемонстрировано на диаграмме сигнала на рис. 8.6б, для точки С. Использование частоты синхронизации считывания приемного устройства позволяет восстановить битовый поток в однородный сигнал, подобный исходному, который поступил в точку А. Если буфер все еще остается пустым, то импульс задается таким образом, чтобы выходной сигнал мог проходить с постоянной скоростью. Соответствующий код вставки посылается по каналу синхронизации для того, чтобы определить вставленный синхронизирующий бит. Для каждого типа мультиплексоров были установлены определенные форматы и правила для определения положения вставленных холостых битов. В качестве примера более подробно будет рассмотрен мультиплексированный сигнал стандарта DS-1С.

Рис. 8.6.
Синхронизация
данных методом
вставки холостых
импульсов
(с. *безопасного*
распределения
Labonantes)



*обозначает вставляемый холостой импульс

б. Форма сигнала в указанных точках схемы

Мультиплексированный сигнал DS-1C

Главный фрейм сигнала DS-1C, при формировании которого использовалась импульсно-кодовая модуляция, содержит 1272 бита, которые разделены на четыре подкадра, содержащих по 318 битов, структура которых приведена на рис. 8.7. М обозначает ведущие биты каждого подкадра, а его шаблон 01 1X определяет границы главного фрейма и подкадра. Бит, обозначенный как X, всегда является логической 1, за исключением случаев, когда при передаче данных возникает ошибка, и тогда значение бита X будет равным логическому 0. Стандартный (постоянный) битовый шаблон, представляющий комбинацию 01010101 для F_0 и F_1 , определяет фреймы со вставляемыми в каждый подкадр холостыми битами. Биты, определяемые в качестве вставляемых холостых, вставляются (и интерпретируются в качестве нуля), тогда как биты, обозначенные как «С биты», в подкадре всегда соответствуют логической 1. В противном случае вставляемые холостые биты будут интерпретированы в качестве битов данных. Следует отметить, что длина каждого фрейма для сигнала DS-1C, как и для сигналов более высокого порядка, не соотносится каким-либо закономерным образом с фреймами входящего сигнала DS-1. Мультиплексор интерпретирует входящий поток сигналов DS-1 просто в качестве последовательности битов, равнозначно пропуская данные и синхронизирующие импульсы в поток данных более высокого порядка.

Мультиплексированные сигналы более высокого уровней имеют подобные битовые шаблоны, устанавливаемые для главных фреймов, подкадров, фреймов и положения вставляемых холостых битов, а также аналогичные правила для их вставки. Что касается сигнала формата DS-1, то биты, которые образуют шаблон, оказываются равномерно распределенными по фрейму, для того чтобы свести к минимуму вероятность потери более чем одного кода вставки из-за возникновения ошибки. Подобная потеря вызвала бы «проскальзывание» циклового импульса, что привело бы к потере синхронизации.

Синхронизация

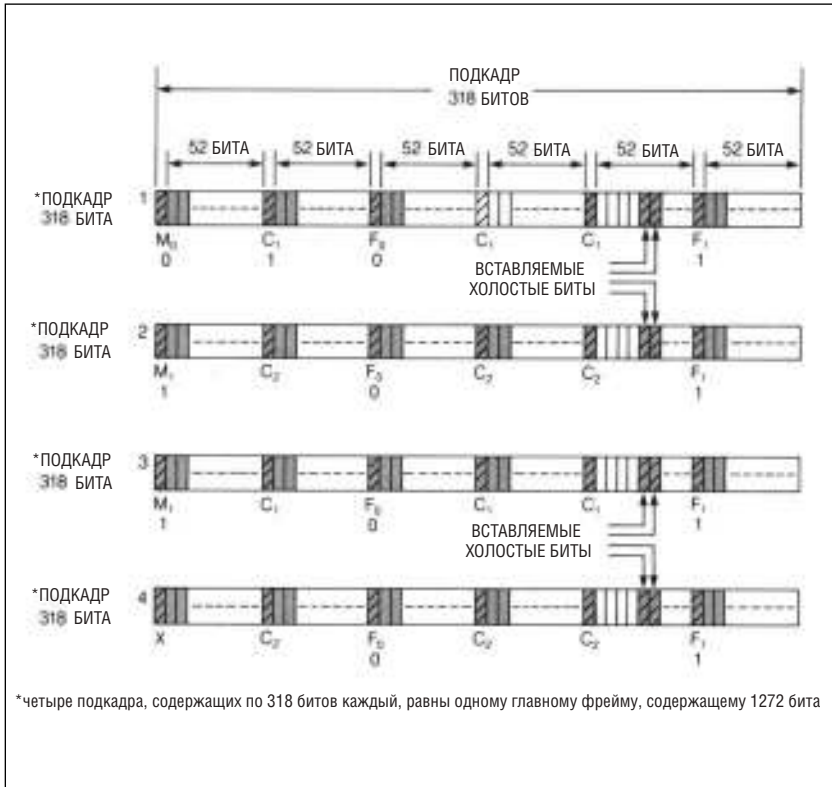
Предыдущее обсуждение показало всю настоятельность проблемы предотвращения потери синхронизации или «проскальзывания» синхронизирующего импульса. Влияние этих эффектов на передачу речевого сигнала в цифровом виде не будет очень заметным до тех пор, пока рассогласование по синхронизации не достигнет очень больших значений (порядка одной стотысяч-

Главный фрейм ИКМ сигнала DS-1C делится на четыре вспомогательных подкадра, каждый из которых отделяется кодом идентификатора образа (шаблона). Заполняющие холостые импульсы были добавлены в каждый подкадр с использованием набора правил, которые были определены ранее.

Передача с высокими скоростями данных с фазовой модуляцией оказывается весьма уязвимой с точки зрения синхронизации.

ной). Однако сигналы, поступающие в цифровом виде от модемов, работающих в голосовом канале, а также сигналы передачи данных или речи, которые в целях безопасности были закодированы (зашифрованы или скремблированы), оказываются очень чувствительными к потере синхронизации. Данные, передаваемые с использованием высокоскоростных модемов, являются, как правило, фазо-модулированными, и одиночное 8-битовое «проскальзывание» в цифровых данных вызывает смещение фазы на 81 градус. При этом в целях безопасности кодируются не только данные, но также производится дальнейшее скремблирование (перестановка и инвертирование участков спектра или отдельных групп сигнала), так как модем теряет синхронизацию и для ее восстановления может потребоваться время до нескольких секунд. Такие «проскальзывания» синхронизирующего импульса производят короткие жесткие звуки в речевом сигнале, а также приводят к многочисленным проблемам при работе декодирующего оборудования.

Рис. 8.7.
Формат кадра
сигнала DS-1C, на
котором
приводятся
вставляемые
холостые биты



Пригодными для синхронизации сети, состоящей из независимых коммутирующих устройств, подобных тем, например, что используются в телефонной связи, оказались несколько различных методов. Один из методов заключается в том, чтобы оснастить каждое устройство высокоточным генератором синхронизирующих импульсов, чтобы отклонения в частоте между ним и другими генераторами оказались настолько малыми, что «проскальзывание» импульсов практически не наблюдалось бы. Такой прием получил название плезиохронной синхронизации (или почти синхронного метода). Этот метод оказался очень дорогостоящим для практического использования из-за высокой стоимости синхронизирующих генераторов и необходимости их установки в каждом коммутирующем устройстве. Однако именно этот метод является выбранным Консультативным комитетом по вопросам международной телефонной и телеграфной связи (ССИТТ) для международной цифровой передачи на территории Европы и межсетевых шлюзов со странами Востока. Точность поддержания частоты в этом методе не должна быть хуже значения отношения единицы к ста миллиардам ($1 : 10^{11}$).

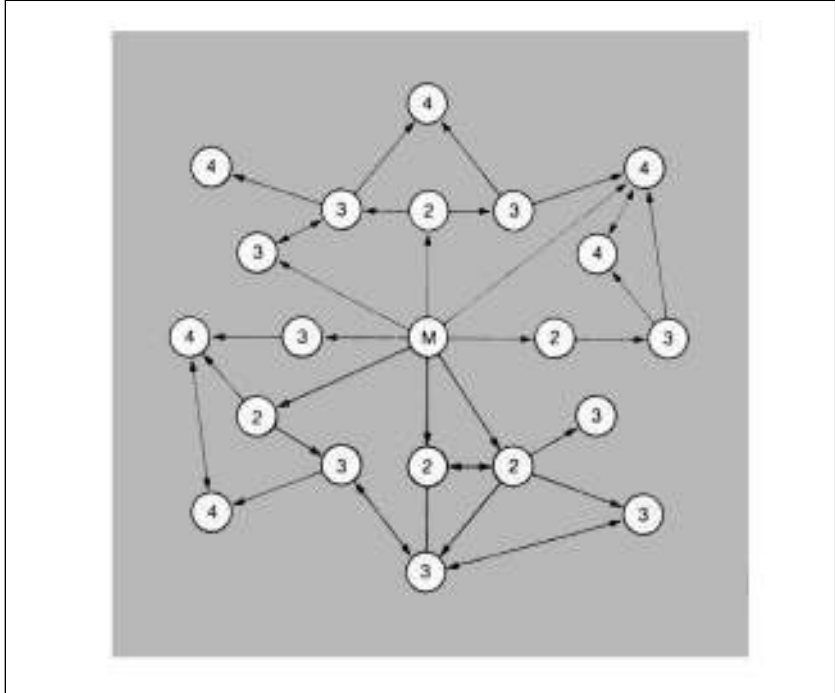
Второй метод заключается в использовании метода вставляемых холостых битов на уровне всей сети, как это делается в системах мультиплексирования высокого уровня. Такой подход потребовал бы для каждого канала в каждой системе коммутации вставки собственных холостых битов при передаче. Но такой подход из-за больших массивов вставляемых холостых импульсов оказался бы неэффективным с экономической точки зрения.

Метод, используемый в сетях Северной Америки, заключается в использовании режима синхронизации типа «ведущий–ведомый». Эталонная или опорная частота задается главным синхронизирующим генератором, установленным в местечке Хилсборо (Hillsboro), штат Миссури, которое является примерно географическим центром всей сети. Из этой точки эталонное значение частоты синхронизации передается в ряд коммутирующих центров, которые становятся ведущими центрами синхронизации для ряда выделенных технических центров и средств передачи. Из этих ведомых (подчиненных) центров опорное значение частоты синхронизации передается в центры более низкого уровня и для всех остальных существующих центров и оборудования цифровой передачи. На рис. 8.8 в схематичном виде изображена схема организации синхронизации сетей в режиме «ведущий–ведомый», эксплуатирующихся в Северной Америке, на которой центральная точка эталонной частоты обозначена буквой М. Цифры в кружочках на схеме обозначают классы телефонных станций сети.

В методе плезиохронной синхронизации во всей сети используются очень точные, и поэтому дорогие, синхронизирующие генераторы, в силу чего погрешности синхронизации очень незначительны.

При синхронизации в режиме «ведущий–ведомый» внутренняя сеть привязана к ведущему (главному) синхронизирующему генератору.

Рис. 8.8.
Сеть, в которой используется режим синхронизации «ведущий–ведомый»
(Заимствовано из журнала: Luetchford et. Al., «Synchronization of a Digital Network», IEEE Transaction on Communications, vol. Com-28, Aug. 1980. Copyright © 1980 IEEE)



КОДЫ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Формат кодирования для линии связи, который используется для пересылки состояния логической 1 и логического 0 по линии, должен способствовать достоверности и эффективности передачи информации.

Структура (шаблон) аналогового сигнала токов или напряжений, который используется для представления единиц и нулей цифрового сигнала в линии связи, называется кодом линии связи. На практике используется большое количество кодов линий, часть из них более детально будет рассмотрена позже, однако прежде всего необходимо сформулировать основные требования, которые предъявляются к коду линии связи:

1. Уровень постоянного тока в среде, используемой для передачи сигналов, должен оставаться постоянным и, если это представляется возможным, стремиться к нулевому значению.
2. Спектральный состав и форма сигналов должны быть такими, чтобы избежать появления сигналов, частота которых будет выходить за границы установленного диапазона.
3. В сигнале должна содержаться адекватная синхронизирующая информация, поэтому необходимо, чтобы синхронизирующий сигнал мог быть восстановлен восстанавливающими повторителями сигнала, расположенными по пути его распространения.

4. Ошибки передачи должны определяться достаточно простыми методами, а возможность их распознавания должна использоваться для характеристики производительности линии связи (частота возникновения ошибок).
5. Ошибки не должны «размножаться» в линии связи, то есть ошибка в одиночном разряде, возникшая в линии, не должна приводить к многократным ошибкам при декодировании сигнала в декодере.
6. Применяемая схема кодирования должна эффективно использовать выделенный для кодирования временной интервал, то есть, если возможно, схема должна использовать только два возможных состояния для представления логических единицы и нуля.
7. Схема кодирования должна сводить к минимуму перекрестные помехи между каналами.

Типы кодов, применяемых в линиях связи

На рис. 8.9 более детально представлены различные типы кодов, используемых в линиях связи. Относительно битового потока, изображенного на рис. 8.9а, форма обычного бинарного сигнала представлена на рис. 8.9б. Данный код представляет собой самый простой, так как в нем используется всего два уровня напряжений: в рассматриваемом примере используются значения +3 В и 0 В. Такой код называется униполярным, так как он не является симметричным относительно нулевого уровня напряжений. Если же форма сигнала оказывается симметричной относительно нулевого уровня напряжения, как это показано на рис. 8.9в, то такой код получил название полярного кода. Если уровень сигнала, представляющий каждый бит (например, +1,5 В для единицы и –1,5 В для нуля), сохраняет задаваемое значение в течение всего промежутка времени, выделенного для данного бита (отрезок времени Т), то такой код также получил название кода «без возврата к нулевому уровню» (NRZ-кода).

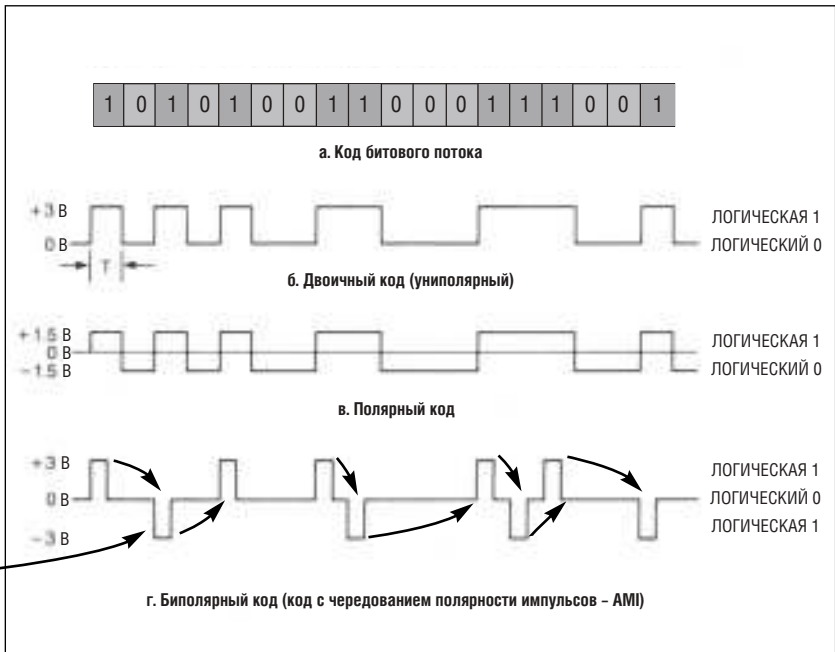
Код, который используется в основном в мультиплексированном сигнале DS-1С, представляет биполярный код, представленный на рис. 8.9г. Он также получил название кода с чередованием полярности импульсов (АМI-кода). При таком методе кодирования, когда подряд следует несколько логических единиц, периодически чередуются положительные и отрицательные импульсы, симметричные относительно нулевого уровня напряжения. В методе кодирования с чередованием полярности импульсов фактически используется три уровня напряжения или тройной сигнал, при котором логическая единица представлена либо

Наиболее часто используемыми кодами в линии связи являются униполярные, полярные и биполярные коды. Униполярными состояниями являются, например, ноль и положительные значения величины, полярными состояниями являются положительные и отрицательные значения величины, и биполярными состояниями являются такие, когда положительное и отрицательное значения величины являются эквивалентными, а нулевое значение используется для представления второго логического состояния.

положительным, либо отрицательным импульсом в интервале времени действия сигнала, тогда как логический ноль представлен отсутствием импульса в интервале времени действия сигнала. Эта схема, впервые использованная в компании Bell Systems на территории Соединенных Штатов, удовлетворяет большинству вышеперечисленных основных требований. В передаваемом сигнале отсутствует постоянная составляющая, поэтому на низких частотах энергия, передаваемая с сигналом, невелика, и, по сравнению с методом униполярного кодирования сигнала, код с чередованием полярности импульсов имеет существенное преимущество, заключающееся в стойкости к воздействию перекрестных помех (порядка 23 дБ).

Рис. 8.9.
Типы кодов,
применяемых
в линиях связи

Полярность
импульса,
соответствующего
логической
единице, меняется



Форма импульсов при кодировании с чередованием полярности установлена таким образом, что импульс занимает только половину промежутка времени, отведенного для импульса. Это сделано с целью упрощения схемы, которая восстанавливает синхронизирующую информацию в регенерирующих (восстанавливающих форму сигнала) повторителях. Форма полного сигнала не занимает 50% рабочего цикла, как показано на диаграмме сигнала синхронизации, приведенной на рис. 8.10а, однако симметричные импульсы, как принято считать, занимают 50% рабочего цикла.

Дрейф постоянной составляющей

Принципиальным требованием к кодам линии связи является отсутствие постоянной составляющей либо, если постоянная составляющая все же присутствует, ее уровень должен оставаться неизменным. Это связано с тем, что большая часть каналов передачи систем связи не предназначены для передачи сигналов постоянного тока. Проблема, которая возникает в случае присутствия значительной составляющей постоянного тока, протекающего цифровой линии связи, продемонстрирована на рис. 8.10. Последовательность из логических единиц или логических нулей большой длительности может привести к дрейфу амплитуды сигнала относительно уровня нулевого напряжения. Если это возникает, схемы восстановления формы сигнала, которые, прежде всего, определяют наличие логической единицы или логического нуля, теряют истинный уровень эталонного напряжения, что приводит к возникновению ошибки. Специальные схемы, получившие название схем восстановления уровня постоянного смещения, разработаны для того, чтобы исключить дрейф постоянной составляющей и восстанавливать действительный уровень эталонного напряжения.

Последовательность, состоящая из большого количества единиц или нулей и проходящая по цифровой линии связи, может привести к дрейфу уровня постоянной составляющей. Схема восстановления постоянной составляющей привязывает линию передачи к неизменному уровню эталонного напряжения во время прохождения такой последовательности.

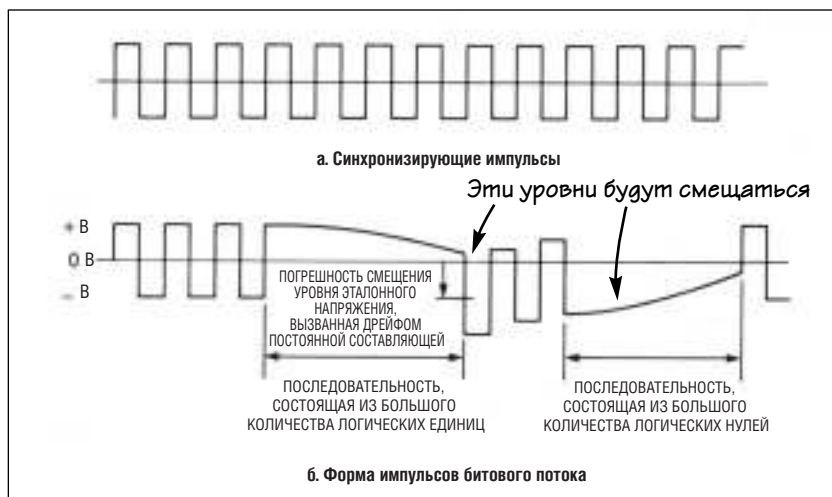


Рис. 8.10.
Дрейф постоянной
составляющей

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ ИМПУЛЬСОВ И СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ

Цифровой сигнал обладает весьма полезной особенностью, а именно – всегда при начале его передачи иметь строго определенную и свойственную только ему форму. Схема кодирования, предназна-

Цифровые сигналы при прохождении по линии связи ослабляются, величина ослабления определяется частотой сигнала.

Характеристики линии с распределенными параметрами приводят как к снижению амплитуды сигнала, так и ухудшению его качества, а также к фазовому сдвигу. Эти ухудшения качества сигнала частично компенсируются за счет использования схем коррекции (или выравнивания), которые позволяют снизить влияние линии связи и восстановить сигнал.

Ченная для передачи битовых потоков по каналу связи, разрабатывается таким образом, чтобы при передаче сигнала могло использоваться только ограниченное количество (как правило, два или три) форм сигнала импульсов. Это позволяет достаточно просто отличать действительную информацию, передаваемую в двоичном виде, от шумов, даже в том случае, если форма сигнала повсеместно искажена. Сигналы, проходящие по кабелю связи, уменьшаются по своей амплитуде (ослабляются), причем степень такого ослабления частично зависит от частоты самого сигнала (приблизительно эта ослабление выражается как корень квадратный из частоты, умноженный на множитель 8,6). Это также означает, что если исходный сигнал имел достаточно широкую полосу, то ослабление в области высоких частот будет сильнее, чем в области низких.

Сдвиг во временных характеристиках сигналов (или фазовый сдвиг) также наблюдается при передаче сигнала по линии связи. Фазовый сдвиг также приводит к искажению формы передаваемого сигнала. Процесс компенсации изменений амплитуды сигнала и его фазы получил названия коррекции (выравнивания, или компенсации) канала связи. В принципе, выравнивающая коррекция должна была бы оказывать такое влияние на частотные зависимости амплитуды и фазы, которое было бы точно противоположно воздействию, оказываемому на сигнал при его прохождении по каналу связи. Однако на практике компенсация оказывает вполне удовлетворительное влияние на амплитуду сигнала, но эффективность коррекции оказывается менее значительной для выравнивания фазы.

Тем не менее форма исходного сигнала оказывается восстановленной, и для этого процесса используется термин, получивший название регенерации сигнала. Этот процесс вовсе не напоминает процесс простого усиления сигнала, хотя в действительности амплитуда сигнала по напряжению и может возрасти в результате его воздействия. Наиболее важным моментом является то, что регенерированные импульсы имеют характеристики по амплитуде и форме сигнала точно такие же, что были и у исходных импульсов. Они могут оказаться задержанными по времени, но занимать точно такое положение относительно друг друга по координате времени, что и исходные импульсы.

Повторители сигнала

Те элементы системы связи, которые выполняют задачу по регенерации сигнала, получили название восстанавливающих повторителей сигнала. На самом деле, на их вход поступает ослабленный и искаженный сигнал, который в результате воздействия схемы повто-

рителя представляет на выходе сигнал, практически не отличающийся от исходного сигнала, поступившего в линию связи. На рис. 8.11 представлены основные элементы, входящие в схему восстанавливающего повторителя. Они выполняют две основные функции, заключающиеся в восстановлении формы сигнала поступающего импульса и восстановлении его синхронизации. Процедура восстановления преобразует форму поступающего на вход повторителя сигнала таким образом, что форма импульса на выходе полностью совпадает с формой исходного, подаваемого в линию связи, а процедура восстановления синхронизации передает их в установленные для них интервалы времени. Схема повторителя включает в свой состав схему согласования полного комплексного сопротивления, усилители, схему порогового смещения, схему синхронизации, схему регенерации импульсов и источники питания. Подача напряжения питания осуществляется той же самой паре, по которой проходят сигналы цифровых данных и, как правило, осуществляется от источников питания районной АТС с напряжением либо -48 В, либо -130 В постоянного тока.

Восстанавливающий повторитель преобразует слабый и искаженный цифровой сигнал, поступающий на его вход, в точную копию исходного путем восстановления как формы, так и синхронизации этого сигнала.

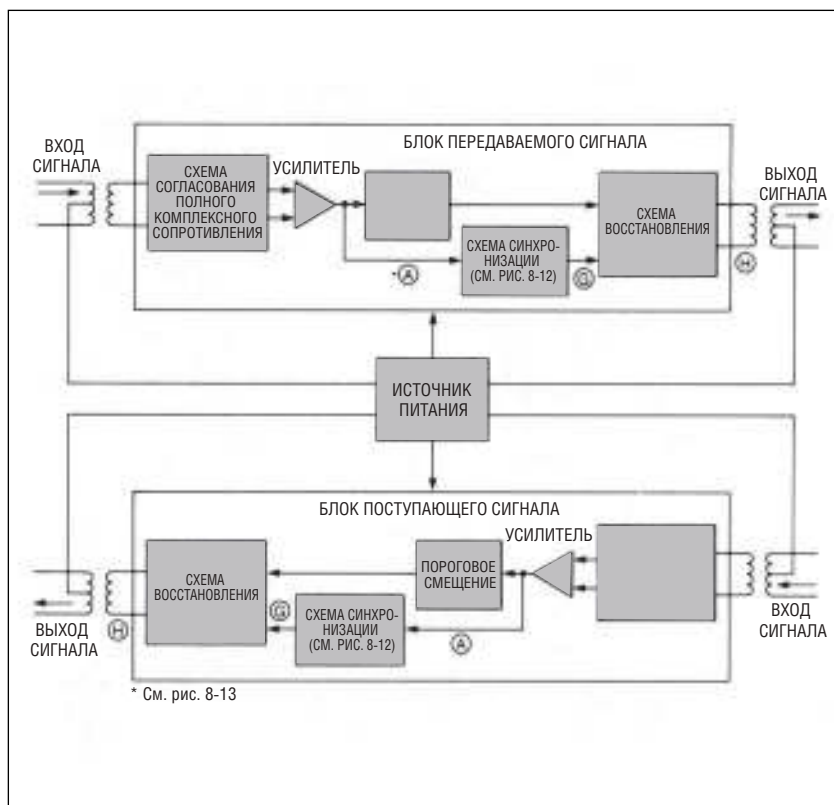


Рис. 8.11.
Восстанавливающий повторитель сигнала с импульсно-кодовой модуляцией

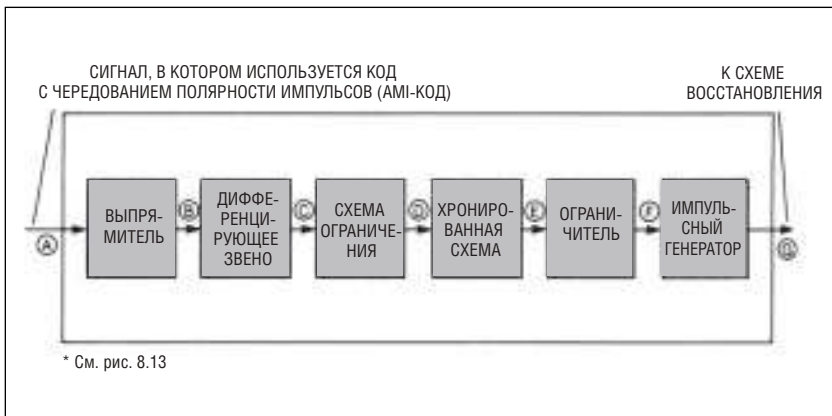
Поступающий на повторитель сигнал усиливается и возбуждает схему детектора порогового смещения, схему восстановления синхронизации и уравновешенные схемы регенерации импульсов. Схема порогового смещения определяет необходимый уровень усиления для поступающего сигнала, который устанавливается для каждого импульсного интервала, будет ли воспроизведен импульс или нет.

Восстановление синхронизации

В схеме синхронизации восстановление синхронизации выполняется за счет использования входного цифрового сигнала передачи данных. Входной сигнал подвергается операции выпрямления, дифференцирования и ограничения.

Схема восстановления синхронизации приведена на рис. 8.12. Ее основной задачей является восстановление синхронизации сигнала с импульсно-кодовой модуляцией путем восстановления утраченной синхронизации на основе синхроимпульсов поступающего сигнала. Стабилизированная (откорректированная) последовательность импульсов (уравновешенная относительно положительного и отрицательного уровней) подвергается операции выпрямления, затем дифференцируется, поступает на схему ограничения и после этого на вход настроенной на резонанс схемы. Форма сигнала, характерного для различных точек схемы, приведенной на рис. 8.12, от точки А до точки G, приводится на рис. 8.13. Точка А представляет вход, на который поступает сигнал, к которому было применено кодирование с чередованием полярности импульсов или использован АМІ-код. Точке В соответствует выпрямленный сигнал, в точке С изображен дифференцированный сигнал, а в точке D – сигнал, прошедший схему ограничения. Остаются для использования в качестве запускающих импульсов в схеме с настроенным резонансом только те импульсы, которые имеют положительную полярность.

Рис. 8.12.
Схема
синхронизации



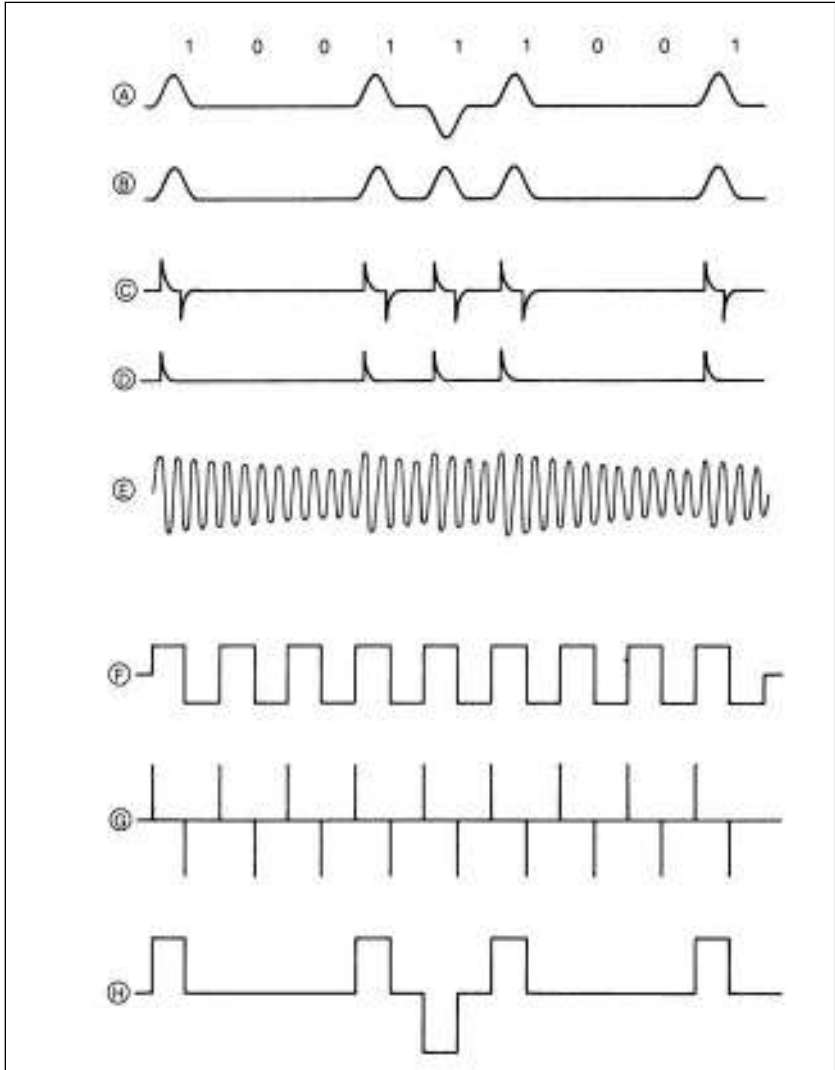
Запускающие входные импульсы в точке D возбуждают настроенную резонансную схему и заставляют ее вырабатывать колебания с частотой, равной частоте собственного резонанса схемы, форма (затухающих) колебаний которых изображена в виде графика Е на рис. 8.13. Собственные резонансные колебания имеют постоянную частоту, но их амплитуда уменьшается. Импульсы с постоянной частотой суммируются (подсчитываются), делятся и поступают через цепь ограничения для формирования синхронизирующих импульсов, форма которых представлена на рис. 8.13, диаграмма F. В каждый момент времени, когда на резонансную схему поступает запускающий импульс, происходит восстановление амплитуды колебаний затухающих импульсов резонансной схемы. Очевидно, что если запускающий импульс не поступает в течение продолжительного периода времени, амплитуда затухающего сигнала уменьшится до нулевого значения. Это будет соответствовать случаю, когда в битовом потоке передаваемых данных присутствует длинная последовательность из логических нулей. Амплитуда затухающих импульсов снизится ниже порога детектирования, и синхронизация будет утрачена до тех пор, пока на вход не поступит следующий импульс, соответствующий логической единице.

Регенерация

Синхронизирующие импульсы точки F поступают на вход импульсного генератора, который вырабатывает положительные и отрицательные импульсы при пересечении сигналом прямоугольных синхронизирующих импульсов нулевого уровня. В терминах, применяемых в телефонии, такой метод восстановления синхронизации обозначается как прямое действие, а про восстанавливающий повторитель принято говорить, что он является самосинхронизирующимся. Синхронизирующие импульсы сигнала, фронты которого пересекают линию нулевого значения в положительном направлении, используются для пропускания поступивших выровненных импульсов на генератор. Импульсы от сигнала, фронты которого пересекают линию нулевого уровня в отрицательном направлении, отключают схему регенерации с тем, чтобы управлять шириной регенерируемых импульсов. Такая процедура получила название полной синхронизации с контролем длительности (ширины) импульсов. Выходной сигнал для точки H, показанной на рис. 8.11, – это восстановленный (регенерированный) сигнал, представленный на рис. 8.13, который по форме совпадает с исходным сигналом, в котором используется кодирование с чередованием полярности импульсов.

В процессе восстановления прямоугольные импульсы поступают на вход импульсного генератора, который используется для того, чтобы управлять пропусканием поступивших выровненных импульсов на схему регенератора.

Рис. 8.13.
Формы сигнала
синхронизации на
различных этапах
его восстановления



Как уже указывалось ранее, в оборудовании и средствах цифровой передачи имеется возможность снижения частоты возникновения ошибок до любого необходимого уровня при расположении восстанавливающих повторителей как можно ближе друг к другу. С практической точки зрения, однако, приемлемое значение частоты возникновения ошибки для линий связи T1 получается при установке повторителей через каждые 1828 м (или 6000 футов). Такое значение расстояния представляется достаточно важным, если учесть, что точно такое же расстояние использовалось при установке усили-

телей для аналоговых линий связи, которые стали заменяться цифровыми линиями T1. Таким образом, оказалось возможным использовать те же самые смотровые люки (или колодцы) после замены системы связи. Основная энергия сигнала формата DS-1 приходится на частотный диапазон 772 кГц для передаваемого сигнала, что определяет величину потерь значением 26,6 дБ на каждые 1828 м кабеля связи с витой парой и диаметром провода 0,711 мм.

Поступающий сигнал

Задачей принимающего сигнал устройства, установленного на другом конце цифровой линии передачи, является прием сигнала и его усиление, а затем преобразование в исходный речевой сигнал. Для выполнения этой задачи приемное устройство должно постоянно находиться в режиме кадровой (цикловой, фреймовой) синхронизации с передаваемым сигналом. Для того чтобы оставаться в режиме цикловой синхронизации, оно должно извлекать информацию о синхронизации из передаваемого сигнала, а также при работе оставаться синхронным с источником передаваемого сигнала. Эта задача выполняется применением схемы, очень похожей на схему восстановления синхронизирующего сигнала, используемого в схемах восстанавливающих повторителей.

Схемы выпрямления, дифференцирования и ограничения формируют запускающие импульсы, которые подаются на настроенную на резонанс и очень похожую на ранее описанную схему, которая генерирует синхронизирующие сигналы постоянной частоты. Прямоугольные синхронизирующие импульсы генерируются с использованием затухающих сигналов и схемы ограничителя. Импульсы синхронизации генерируются при пересечении фронтами прямоугольных импульсов нулевого уровня сигнала, что позволяет выполнять точную синхронизацию в приемном устройстве. При наличии точной синхронизации приемное устройство оказывается в состоянии выполнять проверку и делать задержку в случае необходимости, чтобы гарантированно оставаться в режиме кадровой синхронизации.

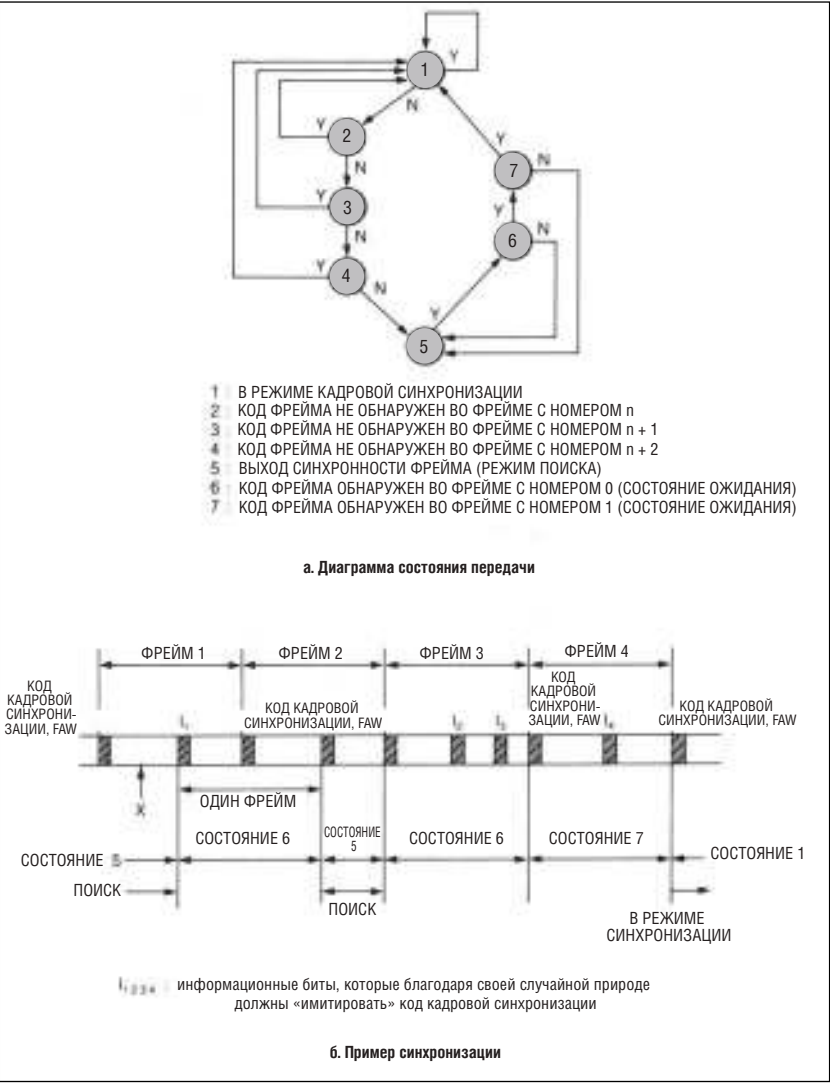
Принимающее устройство задерживает кадровую синхронизацию передаваемого сигнала путем использования схемы восстановления синхронизации.

Кадровая синхронизация

На рис. 8.14 приводится диаграмма состояний, которая описывает, каким образом приемное устройство остается в режиме кадровой синхронизации. Как изображено на рис. 8.14б, во фрейме имеется кодовая группа, которая обозначена как код кадровой синхронизации (FAW). Если приемное устройство вышло из режима кадровой

синхронизации (см. состояние 5 на рис. 8.14а), приемное устройство начинает производить поиск кода кадровой синхронизации, как это изображено на рис. 8.14б.

Рис. 8.14.
Кадровая
синхронизация
(с любезного
разрешения
издательства Mc-
Graw-Hill Book Co.)



Кадровая синхронизация достигается за счет постоянного присутствия кадровой синхронизирующей комбинации, что позволяет постоянно поддерживать в приемном устройстве режим синхронизации.

Если код кадровой синхронизации обнаружен в двух следующих один за другим фреймах, сигнал синхронизации принимается, после чего производится проверка положения последующего кода кадровой синхронизации, необходимая для подтверждения синхронизации. Выполняется последовательный переход от состояния 5 к сос-

тоянию 6, состоянию 7, состоянию 1, изображенным на рис. 8.14а. Находясь в состоянии 1, если такой переход произошел, приемное устройство проверяет режим синхронизации в состоянии 2, потом в состоянии 3, а затем в состоянии 4. Если код кадровой синхронизации обнаружен в любом из этих состояний, приемное устройство немедленно возвращается назад к режиму синхронизации. Следует отметить, что если система первоначально находилась в режиме синхронизма, но совершила переход, проверка на код кадровой синхронизации должна дать три раза отрицательный результат, прежде чем система выйдет из режима синхронизации, но при обнаружении кода кадровой синхронизации только один раз система возвращается обратно в режим синхронизации.

ДРУГИЕ ТИПЫ КОДОВ В ЛИНИЯХ СВЯЗИ

К сожалению, при передаче стандартных сигналов, в которых используется кодирование с чередованием импульсов, в ряде случаев количество импульсов оказывается недостаточным для восстановления режима синхронизации без осуществления переходов. Для преодоления этой проблемы была предложена специальная техника кодирования. Например, в кодовые группы, содержащие только логические нули, вводились дополнительные биты, либо же, как рекомендуется Консультативным комитетом по международной телефонной и телеграфной связи, CCITT, для европейских систем мультимедиа

Таблица 8.2.
Скорости передачи, допустимые отклонения и коды (форматы) для линий связи, применяющих сигналы типа DS компании ATT

Тип сигнала	Частота следования, Мб/с	Допустимое отклонение, миллионные доли	Формат	Коэффициент заполнения импульсов, %
DS-0	0,064	а)	Биполярный	100
DS-1	1,544	130	Биполярный	50
DS-1C	3,152	30	Биполярный	50
DS-2	6,312	30	B6ZS	50
DS-3	44,736	20	B3ZS	50
DS-4	274,176	10	Полярный	100

^а выражено в единицах скорости скольжения

типлексирования первого порядка биты с четными номерами в каждой 8-битовой группе должны инвертироваться до выполнения операции уплотнения. Оба метода предполагают, что в битовом потоке присутствует достаточное количество битовых единиц для эффективного восстановления синхронизации. Следует рассмотреть некоторые из этих кодов линий связи, разработанных специально для того, чтобы облегчить процесс восстановления синхронизации. В табл. 8.2 приводятся некоторые из тех кодов, которые применяются при мультитиплексировании в сетях связи Северной Америки; для них приводятся скорости передачи данных, погрешности и типы используемых кодов линий связи. Наибольший интерес из них представляют коды B6ZS и B3ZS.

Замещение «N нулей» двоичного разряда

Для выполнения точной синхронизации метод подстановки (замещения) двоичных нулей обеспечивает присутствие необходимого количества логических единиц в битовом потоке путем подстановки заранее предопределенного «состоящего из единиц шаблона» в качестве замещающего алгоритма для той части битового потока, которая содержит последовательность из большого количества логических нулей.

Методом, применяемым для решения проблемы равномерного заполнения битового потока импульсами логических единиц и нулей, является использование специального кодирования, которое гарантирует, что в потоке будет присутствовать достаточное количество логических единиц для обеспечения точной синхронизации передаваемых данных. В передаваемый битовый поток вставляются специальные шаблоны кодов. В приемном устройстве определяется наличие такого специального кода, и поступивший сигнал преобразуется обратно в соответствии с исходной передаваемой информацией.

Единственный путь, гарантирующий наличие большого количества логических единиц в любом битовом потоке, — это определение наличия больших последовательностей, состоящих из логических нулей, и замена их шаблоном, содержащим преимущественно логические единицы. В приемном устройстве определяется присутствие такого шаблона, и он после этого обратно заменяется логическими нулями. Такой алгоритм получил название алгоритма замещения N бинарных нулей, или схемы BNZS.

Коды B6ZS и B3ZS

Для того чтобы вставить шаблон из добавляемых логических единиц, нарушение правила биполярности передаваемого сигнала запускает процесс необходимого замещения.

Одним из специальных кодов, применяемых в линиях связи T2 компании Bell Systems, в которых используется сигнал формата DS-2, является схема, в которой производится замещение шести идущих подряд двоичных нулей (B6ZS). В этом специальном виде кодирования приемное устройство путем определения нарушения биполярности сигнала определяет, в каком месте было произведено подобное замещение. Нарушение порядка чередования импульсов биполярного сигнала иллюстрируется на рис. 8.15.

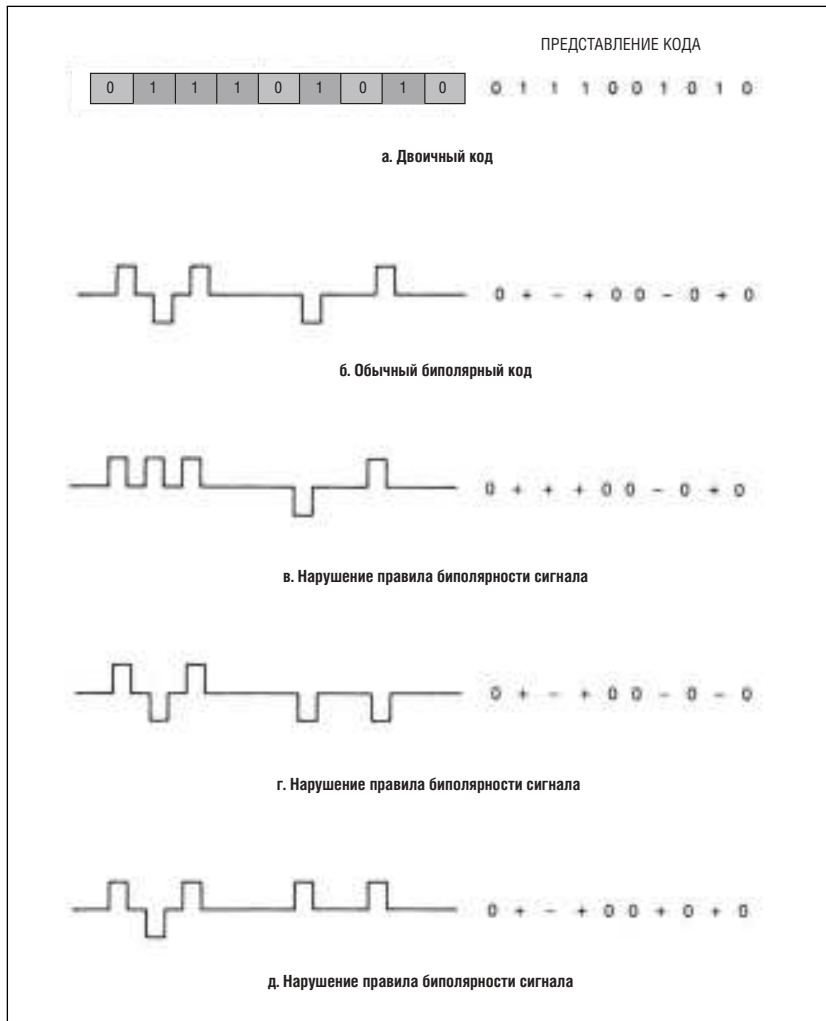


Рис. 8.15.
Примеры
нарушения правила
биполярности
передаваемого
сигнала

При стандартном биполярном коде, который приведен на рис. 8.15б, импульсы, представляющие логические единицы, имеют чередующуюся положительную и отрицательную полярности относительно нулевого уровня сигнала. Логические нули представлены нулевым уровнем сигнала, а логические единицы – положительными (+) или отрицательными (–) знаками, которые характеризуют полярность импульсов. Для стандартного биполярного кода знаки плюс и минус чередуются, а между ними располагаются логические нули в соответствии с их месторасположением в исходном сигнале. Нарушение биполярности сигнала, или чередования полярности импульсов, определяется, когда прерывается порядок чередования знаков плюс и

минус, то есть последовательно поступают два плюса или два минуса. Примеры такого нарушения чередования импульсов представлены на рис. 8.15в, 8.15г и 8.15д.

В коде замещения B6ZS вставляется специальный код, который представлен в табл. 8.3, вместо любой последовательности, содержащей подряд шесть логических нулей и расположенной в любом месте битового потока. Конкретный шаблон кода замещения зависит от полярности импульса логической единицы, непосредственно предшествующей последовательности из шести логических нулей. Следует также отметить, что в замещающем коде встроенное нарушение биполярного сигнала вызывается заменой второго и пятого импульсов. Когда заменяется второй импульс, это вызывает нарушение чередования вида (+0+) либо (–0–), а когда заменяется пятый импульс, это приводит к нарушению чередования вида (–0–) либо (+0+). Ниже приводятся характерные примеры:

1. Полярность импульса логической единицы, который предшествует последовательности, состоящей из шести нулей, является положительной:
Двоичный код представляет: 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1

Таблица 8.3.
Правила
использования
кода замещения
B6ZS

Полярность первого импульса	Специальный код
Положительная	0 + – 0 – +
Отрицательная	0 – + 0 + –

Код замещения HDB3 производит замену четырех непрерывно следующих друг за другом логических нулей в соответствии с приведенным ниже шаблоном кода.

- Представление кода с замещением:
0 – 0 + 0 + – 0 – + – + 0 + – 0 – + – 0 0 +
2. Полярность импульса логической единицы, который предшествует последовательности, состоящей из шести нулей, является отрицательной:
Двоичный код представляет: 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1
- Представление кода с замещением:
0 – + – 0 – + 0 + – 0 – + 0 + – + – + + 0 0 –

Таблица 8.4.
Правила
использования
квазитроичного
кода замещения
HDB3

Полярность первого импульса	Специальный код *	
	четное	нечетное
Положительная	0 0 0 +	– 0 0 –
Отрицательная	0 0 0 –	+ 0 0 +

*Применение кода замещения регулируется количеством логических единиц, которые присутствовали в последовательности после выполнения последнего замещения.

Код замещения HDB3

Совершенно отличный, специальный код замещения рекомендуется Консультативным комитетом по телефонной и телеграфной связи, ССИТТ, для применения в странах Европы. Данный код также относится к категории алгоритмов «замещения N двоичных нулей», BNZS, и получил название квазитроичного кода (HDB3). В этом методе заменяется последовательность из четырех логических нулей, код замещения представлен в табл. 8.4.

Так как выполняется замена трех логических нулей (то есть более трех), код получил название квазитроичного кода, HDB3. Правила выполнения замещения, действующие в данном коде, зависят от количества логических единиц, которые присутствовали в ИКМ битовом потоке с момента выполнения последнего замещения, а также полярности импульса логической единицы, которая непосредственно предшествовала последовательности из логических нулей. Ниже приводятся примеры.

1. Положительный импульс, нечетное количество;
отрицательный импульс, нечетное количество:
Двоичный код представляется в виде: 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0
0 0 0
Представление кода с замещением:
 $0 + 0 - + \underline{0 0 0} + - 0 + 0 - \underline{0 0 0} -$
2. Положительный импульс, четное количество;
положительный импульс, нечетное количество:
Двоичный код представляется в виде: 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0
0 0
Представление кода с замещением:
 $0 - 0 + - \underline{0 0} - 0 + 0 - + \underline{0 0 0} +$

Следует отметить, что нарушение чередования полярности импульсов встречается в последнем бите заменяющего кода.

Код замещения B8ZS

Новая разновидность кода «замещения N бинарных нулей», BNZS, получившая название кода замещения B8ZS, была установлена Консультативным комитетом по телефонной и телеграфной связи, ССИТТ, для применения в линиях связи T1. Принципиально она похожа на более ранние коды замещения B3ZS и B6ZS, однако в нем серия из восьми последовательно встречающихся в передаваемом потоке данных логических нулей будет заменяться специальной кодовой последовательностью, приведенной в табл. 8.5. Как следует из этой таблицы, заменяющий код будет зависеть

от полярности логической единицы, предшествующей серии последующих нулей. Новый код также нарушает порядок чередования биполярных импульсов, который приемное устройство будет распознавать, как сигнал для восстановления исходных логических символов в передаваемом потоке данных.

Таблица 8.5.
Правила использования кода замещения B8ZS

Полярность первого импульса	Специальный код
Положительная	0 0 0 + - 0 - +
Отрицательная	0 0 0 - + 0 + -

- 1. Полярность импульса, предшествующего последовательности из шести логических нулей, является положительной:
Двоичный код представляется в виде:
... 1 0 0 0 0 0 0 0 ...
Представление кода с замещением:
... + 0 0 0 + - 0 - + ...
- 2. Полярность импульса, предшествующего последовательности из шести логических нулей, является отрицательной:
Двоичный код представляется в виде:
... 1 0 0 0 0 0 0 0 ...
Представление кода с замещением:
... - 0 0 0 - + 0 + - ...

Манчестерский код

В так называемом манчестерском коде фаза прямоугольного импульса используется для того, чтобы обозначать два различных состояния. Для этого метода характерны блестящие характеристики синхронизации, малое значение дрейфа постоянной составляющей, а также возможность выявления ошибок.

Во всех ранее обсуждавшихся системах кодирования использовались повторяющиеся кодовые шаблоны, необходимые для того, чтобы обеспечить требуемую плотность импульсов для восстановления синхронизации и избежать дрейфа постоянной составляющей, а также обеспечить возможность выявления ошибок. Код, обладающий этими чертами, но в котором используется только два уровня сигнала для передачи данных в двоичном виде, называется двухфазным, или бифазным, или манчестерским, кодом. В этом коде используется фаза прямоугольного сигнала для того, чтобы указать логическую единицу или логический ноль, примеры приведены на рис. 8.16б и 8.16в. Логический ноль имеет противоположный сдвиг по фазе относительно сигнала логической единицы. В каждом интервале передачи сигнала имеется точка пересечения нулевого уровня для того, чтобы обеспечить эталонное значение для восстановления синхронизации; кроме того, в каждом интервале содержится равное количе-

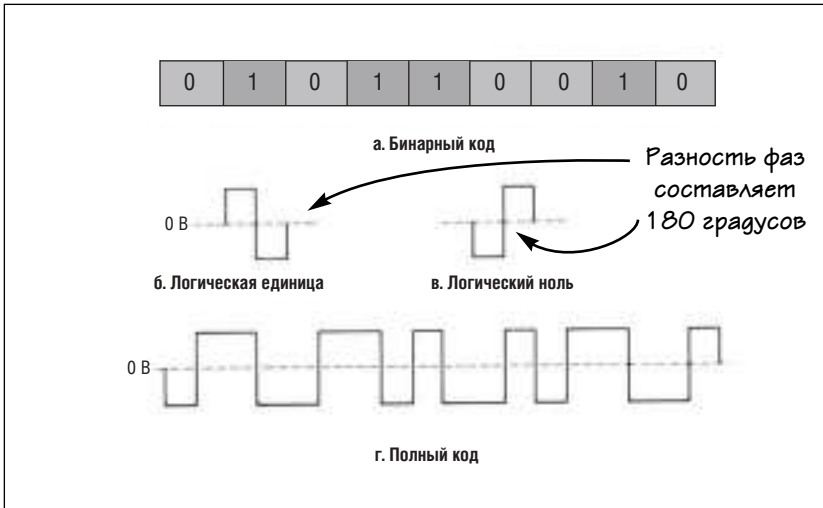


Рис. 8.16.
Бифазный, или
манчестерский, код

ство сигналов с положительным и отрицательным уровнем, что гарантирует отсутствие дрейфа постоянной составляющей.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Комплексы оборудования сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми преобразуют аналоговый сигнал в сигналы с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ-сигнал), который может быть мультиплексирован с подобными сигналами, поступающими от нескольких источников, в один общий канал передачи данных.
2. Мультиплексоры последовательно распределяют ИКМ сигналы различных каналов во временных интервалах (или слотах) с определенным количеством каналов на один фрейм.
3. Мультиплексоры могут уплотнять от 24 каналов связи на один фрейм до 4032 каналов на фрейм и обеспечивать битовую скорость передачи от 64 Кб/с до 274,176 Мб/с.
4. Восстанавливающие повторители придают исходное состояние ИКМ-сигналу и восстанавливают форму импульсов.
5. Последовательность, содержащая большое количество следующих подряд логических единиц или нулей, может вызвать дрейф постоянной составляющей и ошибки при передаче данных.
6. Приемные устройства должны обеспечить точное восстановление синхронизации при восстановлении данных, которое обеспечивается за счет поступающих сигналов.

7. Последовательность, состоящая из большого количества следующих подряд логических нулей, в битовом потоке ИКМ-сигнала может привести к потере синхронизации передаваемых данных.
8. Специальные коды линий связи вставляются в передаваемый сигнал для того, чтобы для обеспечения правильной синхронизации в битовом потоке присутствовало необходимое количество логических единиц.

Контрольные вопросы к главе 8

1. Системы мультиплексной передачи с уплотнением каналов во времени приобретают все более широкое распространение потому, что:
 - а) очень легко монтируются и обслуживаются;
 - б) частота возникновения ошибки в таких системах может быть очень малой;
 - в) в таких системах могут использоваться большие интегральные микросхемы, имеющие сравнительно невысокую стоимость;
 - г) они могут использоваться также и для передачи сигналов, не являющихся речевыми;
 - д) все из вышеперечисленных причин.
2. Шум, генерируемый в системах мультиплексной передачи с временным уплотнением каналов, является (*вставьте пропущенное слово или группу слов*) по сравнению с шумом, возникающим в системе связи с передачей информации в аналоговой форме.
 - а) больше;
 - б) приблизительно таким же по уровню;
 - в) несколько меньше;
 - г) значительно меньше.
3. Один блок комплекса оборудования сопряжения цифровых каналов с аналоговыми типа D1 в состоянии обрабатывать (*вставьте пропущенную цифру*) речевых каналов (канала).
 - а) 12;
 - б) 20;
 - в) 24;
 - г) 48;
 - д) 96.
4. Функции, которые выполняет комплекс оборудования сопряжения цифровых каналов с аналоговыми D-типа, являются:
 - а) преобразованием аналогового сигнала в цифровую форму;
 - б) осуществлением мультиплексной передачи с временным уплотнением каналов;
 - в) передачей набранного абонентом номера;
 - г) выполнением кодирования сигнала и его декодирования;
 - д) все из вышеперечисленных функций, за исключением п. в).
5. Данные, обработанные комплексом оборудования сопряжения цифровых ка-

налов связи с аналоговыми типа D2, передаются со скоростью (*вставьте правильную цифру*) миллионов бит в секунду.

- а) 1,544;
- б) 2,048;
- в) 44,736;
- г) 1000.

6. Системы мультиплексирования, применяемые в коммутируемых сетях связи общего пользования, являются системами (*вставьте пропущенное слово*) типа.

- а) синхронного;
- б) плезиохронного (почти синхронного);
- в) асинхронного;
- г) изохронного.

7. Метод вставки холостых импульсов, применяемый в системах мультиплексной передачи с временным уплотнением каналов, необходим для:

- а) коррекции длительности импульсов, имеющих малый период;
- б) добавления импульсов сигнала управления к передаваемым данным;
- в) того, чтобы обеспечить поступление синхронизирующей информации в приемное устройство;
- г) того, чтобы выровнять скорости передачи дан-

ных между различными каналами.

8. Формат кадровой синхронизации в сигналах стандарта DS-1 содержит:

- а) 1 бит;
- б) 4 бита;
- в) 7 битов;
- г) 8 битов.

9. Синхронизация цифровых телефонных станций, входящих в систему телефонных линий на территории Северной Америки, осуществляется с использованием (*вставьте правильный термин*).

- а) независимого метода;
- б) ведущего/ведомого генераторов синхронизирующего сигнала;
- в) параметра крутизны электронной лампы;
- г) плезиохронного метода.

10. Основой метода кодирования в телефонной линии, которая применяется при передаче сигнала DS-1, является:

- а) система невозвращения к нулевому уровню сигнала;
- б) система подстановки кода вместо трех последовательных нулей двоичного разряда;
- в) система троичного кода;
- г) биполярная система.

Глава 9. Модемы и аппараты факсимильной связи — другой тип услуг в телефонной связи

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

Речевой сигнал — безразлично, передается ли он в аналоговом либо цифровом формате, — не является единственным видом сигналов, с помощью которого по телефонным проводам производится обмен информацией. Цифровое оборудование, такое, например, как персональные компьютеры или аппараты факсимильной связи каждодневно и вполне обыденно передают и получают по телефонным сетям как различного типа данные, так и многочисленные сигналы управления.

Для того чтобы использовать возможности средств и оборудования телефонных линий связи, цифровое оборудование должно быть в состоянии передавать данные в таком виде, ориентируясь на который, собственно говоря, и были спроектированы и созданы телефонные линии связи. Оборудование, установленное на принимающем конце линии связи, должно после приема преобразовывать полученную информацию обратно в цифровую форму, проверяя при этом отсутствие ошибок передачи и делая возможным использование полученной информации.

Наиболее часто типом оборудования, применяемым для передачи по телефонным линиям дискретных импульсов, генерируемых цифровым оборудованием, являются модемы. В данной главе достаточно подробно будут рассмотрены характеристики и работа модемов. Также будут обсуждены принципы работы аппаратов факсимильной связи (часто для краткости называемых просто факс-аппаратами, или факсами).

ЧТО ИЗ СЕБЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТ МОДЕМ И ЗАЧЕМ ОН НЕОБХОДИМ?

Между компьютерами, как и между людьми, должен существовать канал связи, позволяющий им обмениваться между собой информацией. Они посылают и получают информацию в виде электрических сигналов, которые получили название данных, или в отличие от речевой информации, неречевых сигналов. Требования, предъявляемые к каналу связи, используемому для передачи данных, изменяются в

Модем, название которого образовано из начальной и конечной частей слов «МОдулятор» и «ДЕМОдулятор», представляет устройство сопряжения, через которое подключается выход цифрового устройства к телефонной линии.

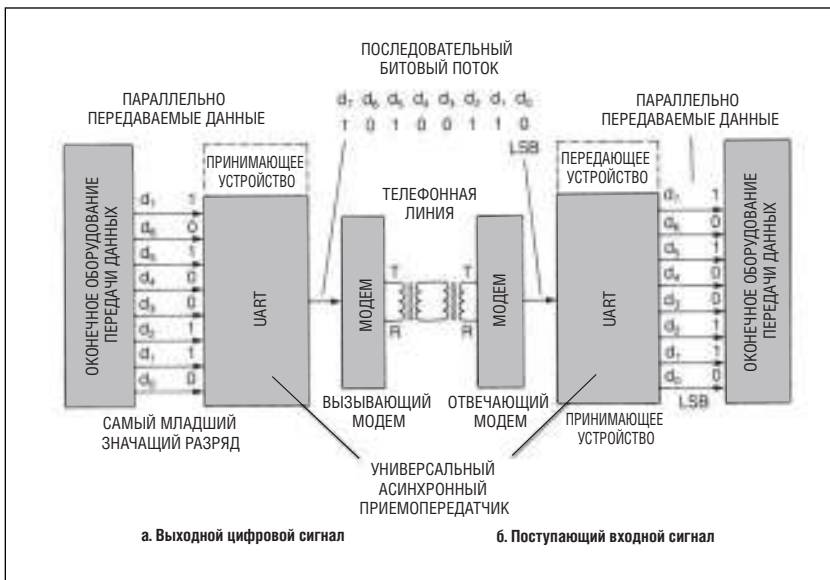
Передающий модем преобразует цифровые данные в аналоговый формат, который способен обрабатываться оборудованием, используемым в телефонных линиях связи (предназначенных для голосовых каналов), а принимающий модем выполняет обратное преобразование из аналогового формата, восстанавливая исходный цифровой сигнал.

зависимости от физического места расположения оборудования. Если компьютерное оборудование установлено в пределах одной комнаты или одного здания, то, скорее всего, оно соединяется между собой непосредственно. Соединение на большие расстояния выполняется с использованием телефонной сети. Все более увеличивающиеся потоки негласовой информации передаются каждый день от одного компьютера к другому по телефонным линиям. Следует более детально рассмотреть процессы, происходящие при таких соединениях.

На рис. 9.1 изображены два блока цифрового оборудования (оконечное оборудование приема-передачи данных), между которыми выполняется соединение, необходимое для передачи цифровой информации. Блок оборудования, изображенный на рис. 9.1а, передает цифровые данные на оборудование, которое установлено на большом расстоянии от передающего (рис. 9.1б). Обмен данными может производиться как в прямом, так и в обратном направлениях. Линией связи, соединяющей оба блока оборудования, является телефонная линия.

Как показано на рис. 9.1а, выходным сигналом цифрового оборудования, предназначенного для обработки данных, является параллельно передаваемый битовый поток. Параллельно передаваемые выходные данные преобразуются в последовательный битовый поток с использованием передающего узла асинхронного универсального приемопередатчика (UART); таким образом, информация может передаваться в последовательном виде по одной линии. При этом бит самого младшего значащего разряда (LSB) пересылается первым, а бит самого старшего значащего разряда (MSB) — последним.

Рис. 9.1.
Метод передачи
цифровых данных



Последовательный битовый поток не может передаваться по телефонной линии непосредственно и должен быть преобразован в сигналы тонального или акустического частотного диапазона, которые и могут быть переданы по телефонным линиям связи. Операцию преобразования и сопряжения цифрового оборудования с телефонной линией выполняет модем. Слово модем образовано путем объединения начальной и конечной частей двух слов «МОдулятор» и «ДЕМодулятор». Модем выполняет две основные функции.

На принимающем конце телефонной линии, изображенной на рис. 9.16, поступивший сигнал преобразуется модемом обратно в последовательный битовый поток, а приемный блок асинхронного универсального приемопередатчика, UART, преобразует последовательный битовый поток в параллельный поток данных, который поступает на вход цифрового оборудования. Некоторые виды цифрового оборудования способны принимать данные в последовательном виде непосредственно от модема; в таком случае блок асинхронного универсального приемопередатчика не нужен.

Часть последовательного битового потока, состоящая из восьми битов, показана на рис. 9.1. Она представляет входной сигнал модема, установленного со стороны передающего оборудования линии связи и получившего название вызывающего (инициирующего вызов) модема; одновременно с этим она представляет выходной сигнал модема, установленного на передающем конце линии связи и получившего название отвечающего модема. Формат для каждого передаваемого символа в битовом потоке показан на рис. 9.2.

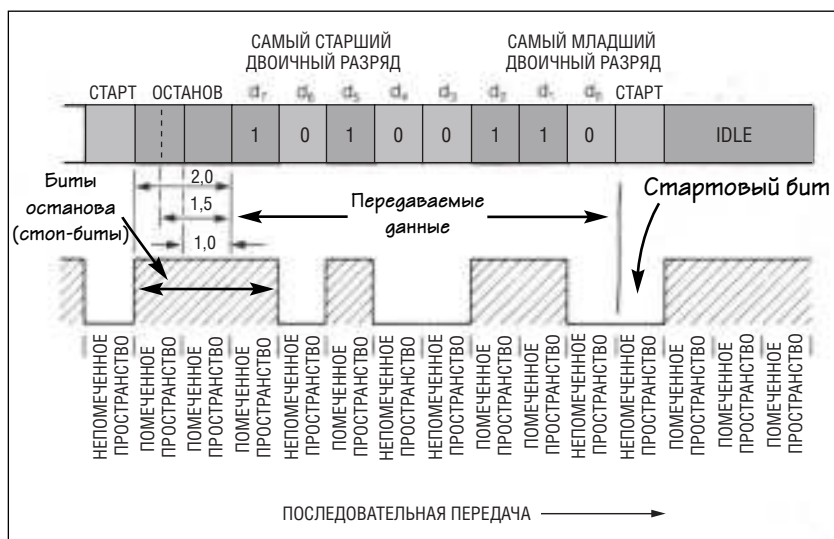


Рис. 9.2.
Форматы
стартового символа
(бита) и символа
(бита) останова
при асинхронной
передаче

Асинхронный символьный формат

Заполненные (помеченные или маркированные) и незаполненные (не помеченные, пустые) интервалы используются соответственно для обозначения двоичных единиц и двоичных нулей. Заполненный интервал также используется для передачи команды «готов к передаче».

Асинхронный формат требует наличия стартового бита в начале и стоповых битов в конце интервала символьного кода, который подлежит передаче.

В асинхронном режиме работы для передающего и принимающего устройств используются независимые тактовые генераторы. Каждый закодированный символ ограничен стартовым и стоповым битами. В стандартах оговариваются скорость передачи данных, период или длительность интервалов, установленные для каждого разряда, и т.д.

В формате битового потока существуют помеченные (заполненные) и не помеченные (незанятые) интервалы. Помеченный интервал обозначается присутствием, либо наличием, заранее установленного уровня напряжения или тока, тогда как не помеченный интервал обозначается другим уровнем напряжения или тока. Так как необходимо точно обозначать момент, когда все соединения в линии связи установлены и она готова к передаче, хотя сами данные еще не начали передаваться, то для непередающего (или холостого) состояния линии связи используются заполненные интервалы или состояния; следовательно, либо ток, либо тональный сигнал присутствуют в линии связи постоянно при ее холостом состоянии после того, когда в ней уже установлено соединение. На рис. 9.2 отметка о заполнении представляет двоичную единицу, а незаполненный (свободный, не помеченный) интервал представляет двоичный ноль в цифровых данных, после того как битовый поток отформатирован и готов к передаче.

Асинхронный символьный формат (иногда используется термин познаковый формат) включает дополнительные характеристики, которые обеспечивают синхронизирующие метки времени для принимающего устройства. Перед кодом, представляющим отдельный символ из потока данных (которым может быть буква, число, команда либо специальный символ), обязательно должен присутствовать стартовый бит. Он занимает один пространственный интервал. После символьного кода должны присутствовать биты останова (или стоп-биты). Их длина может изменяться от одного до двух интервалов времени, в зависимости от применяемого кода и типа используемого оборудования. Стартовый интервал обозначает начало символьного кода, а стоповый интервал обеспечивает для схем принимающего устройства эталонное значение для определения начала следующего символа. Такой формат позволяет символьному коду иметь произвольное количество битов, но на практике чаще всего используется от 5 до 8 битов.

Если говорить очень кратко, то режим асинхронной передачи требует, чтобы передающее устройство (посылающее данные) и приемное устройство синхронизировались бы между собой с использованием независимых тактовых генераторов, имеющих одинаковые номинальные значения частоты, которая поддерживалась бы достаточно точно в допустимых пределах (зависящих от максимальной скорости передачи пересылаемых данных). Каждому закодированному знаку, обычно называемому символом или байтом, предшествует заранее известное состояние входного сигнала, которое имеет название состояния незанятости, или состояния покоя, за которым следует эталонный

или синхронизирующий сигнал, получивший название стартового бита. Помимо скорости передачи данных, другими параметрами, которые должны быть установлены между приемным и передающим устройствами для передачи данных, являются длительность сигнального интервала (которая в ряде случаев называется временем прохождения бита), количество сигнальных интервалов на один знак (количество битов, приходящихся на один байт или символ), а также минимальная длительность стопового бита или холостого интервала, который должен предшествовать началу передачи каждого нового символа. Обычными значениями длительности сигнального интервала являются, как уже указывалось ранее, значения времени прохождения бита, кратные множителям 1,0, 1,42, 1,5 и 2,0. Пятиразрядный код, подобный тому, что изображен на рис. 9.3а, очень часто называется кодом Бодо, названным так по имени Эмиля Бодо (Emile Baudot), который изобрел первый код постоянной длины для телетайпа в 1874 г. Он использовал для длительности стопового интервала промежуток времени, равный 1,42 от общей длины интервала, равной 7,42 интервалам для каждого передаваемого символа.

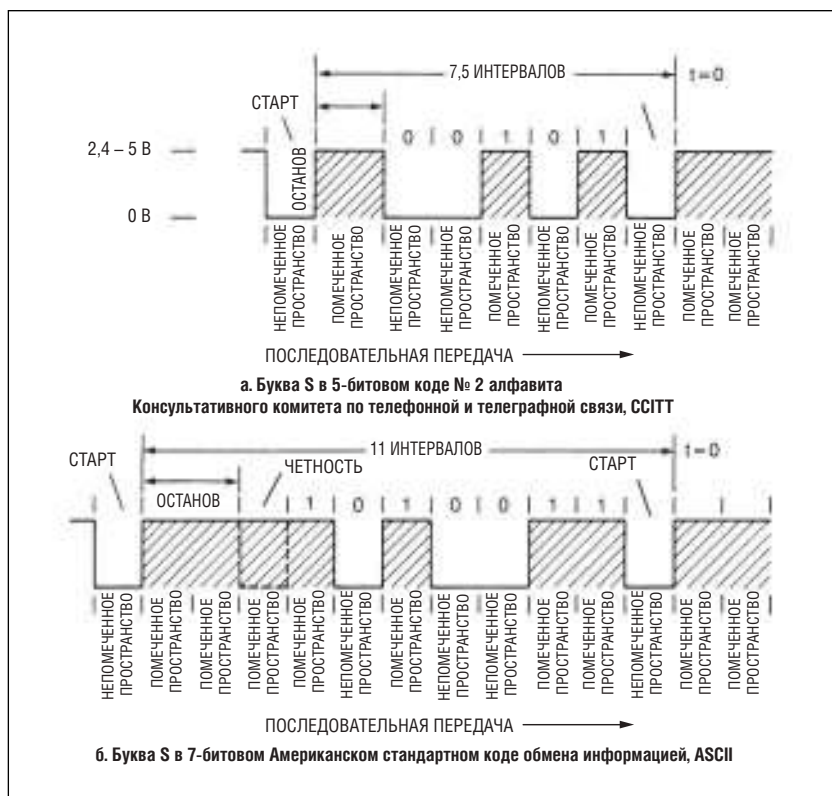


Рис. 9.3.
Пяти- и
семибитовые
символы,
используемые
в асинхронном
формате передачи

Пяти- и семибитовые коды символов

Бит четности используется для контроля отсутствия ошибок в данных. Каким бы ни было количество двоичных единиц, входящих в кодовое слово, перед его пересылкой добавляется дополнительная двоичная единица, если она необходима, для того чтобы сделать общее количество единиц четным либо нечетным числом. Конкретный вариант зависит от того, запрограммирована ли система на выполнение проверки закономерности на нечетность либо на выполнение проверки на четность.

Для того чтобы проиллюстрировать, как будет выглядеть последовательный битовый поток на входе передающего модема, на рис. 9.3 латинская буква (или символ) S представлена в двух различных типах кодировок: кодировка в пятибитовом коде № 2 алфавита Консультативного комитета по телефонной и телеграфной связи, CCITT, и в семибитовом Американском стандартном коде обмена информацией, ASCII. Следует обратить внимание, что длительность интервала стопового бита представлена на рисунке равной 1,5 интервалам для кодировки CCITT и равной 2,0 интервалам для кодировки ASCII. Во многих случаях восьмой бит, называемый битом четности, добавляется в ASCII-код для выявления ошибок, которые могут возникнуть при передаче.

В зависимости от конкретной применяемой системы проверка может выполняться как на четность, так и на нечетность. Если используется проверка на четность, то бит четности вставляется в виде двоичной единицы, если необходимо, чтобы общее количество двоичных единиц в 8-разрядном коде являлось бы четным числом. И наоборот, если используется проверка на нечетность, то бит четности вставляется в виде двоичной единицы, если необходимо, чтобы общее количество двоичных единиц в 8-разрядном коде являлось бы нечетным числом.

Работа в асинхронном режиме

При работе в асинхронном режиме стартовый бит задает синхронизацию для каждого символа. Синхронизирующий генератор принимающего устройства синхронизируется индивидуально, синхронно с каждым поступившим символом, при этом после поступления синхронизирующего бита не должен допускаться уход частоты генератора.

Режим проведения сеанса связи между оконечным оборудованием передачи данных, который изображен на рис. 9.1 и при котором используется формат кодирования, приведенный на рис. 9.2, получил название асинхронного режима. Это означает, что внутри формата символа отсутствует сигнал, который использовался бы в качестве синхронизирующего сигнала между передающим и принимающим устройствами для каждого передаваемого бита. Стартовый бит используется как передающим устройством, так и принимающим в качестве синхронизирующего сигнала для каждого символа, однако, как только на вход принимающего устройства поступает код символа, генератор в принимающем устройстве определяет сигнал синхронизации независимо от входных данных. Частоты синхронизирующих генераторов передающего и принимающего устройств должны оставаться в определенных пределах значений, с тем чтобы сигналы в принимающем устройстве не выходили бы за пределы тех точек, которые установлены в принимающем устройстве для выполнения измерения цифрового сигнала.

На рис. 9.4 иллюстрируется принцип асинхронной работы, который показывает, что если даже частота синхронизации передающего

устройства начинает изменяться относительно частоты принимающего устройства, выбранные для измерения точки в принимающем устройстве все равно позволяют правильно определять переданную битовую комбинацию по передаваемым импульсам. Первое измерение данных, обозначенное на рис. 9.4 как А, определяется моментом поступления или началом стартового интервала. Схема синхронизации принимающего устройства, настроенная на 50% среднего значения (периода) эталонной частоты генератора передающего устройства, производит повторный замер поступающих данных в точке В. Если в точке В результаты измерения опять фиксируют уровень не помеченного (пустого) пространства, то стартовый бит воспринимается схемой как истинный, после чего приемное устройство начинает выполнение измерений, чтобы установить (определить) характеристики бита символа. Измерение в каждом интервале производится примерно в середине каждого битового интервала. Синхронизация измерений производится по тактовому генератору принимающего устройства. Измерения в точках от С до J восстанавливает семибитовый код символа и бит четности, а измерения, выполненные в точках К и L, восстанавливают данные стопового интервала. Длительность интервалов между передаваемыми символами может быть произвольной. После того как определяется поступление следующего стартового бита, синхронизирующий генератор вновь перестраивается для синхронизации, и процессы измерения поступивших сигналов повторяются.

После того как определено поступление первого стартового бита, производится замер в точке, отстоящей равно на половину длительности интервала от каждого из возможных мест расположения бита. После проведения операции для всех восьми битов поступление следующего стартового бита опять выполнит настройку синхронизирующего генератора, и процесс повторится сначала.

Синхронный режим работы

Синхронный режим работы действительно является синхронным, так как синхронизирующий сигнал передается вместе с данными, чтобы обеспечить непрерывный режим синхронизации между передающим и принимающим устройствами. Формат передаваемых цифровых данных представлен на рис. 9.5. Каждый из блоков на рис. 9.5 представляет 8-разрядный символ, так как в качестве примера был выбран семибитовый символ, представленный в Американской стандартной кодировке ASCII. В данном формате отсутствуют стартовый и стоповый биты, которые ассоциируются с синхронизацией каждого передаваемого символа. Все биты, образующие группу символов, посылаются один за другим в виде, получившем название «блок данных». В результате момент синхронизации передающего и принимающего устройств должен быть согласован более точно по сравнению с методом асинхронной передачи.

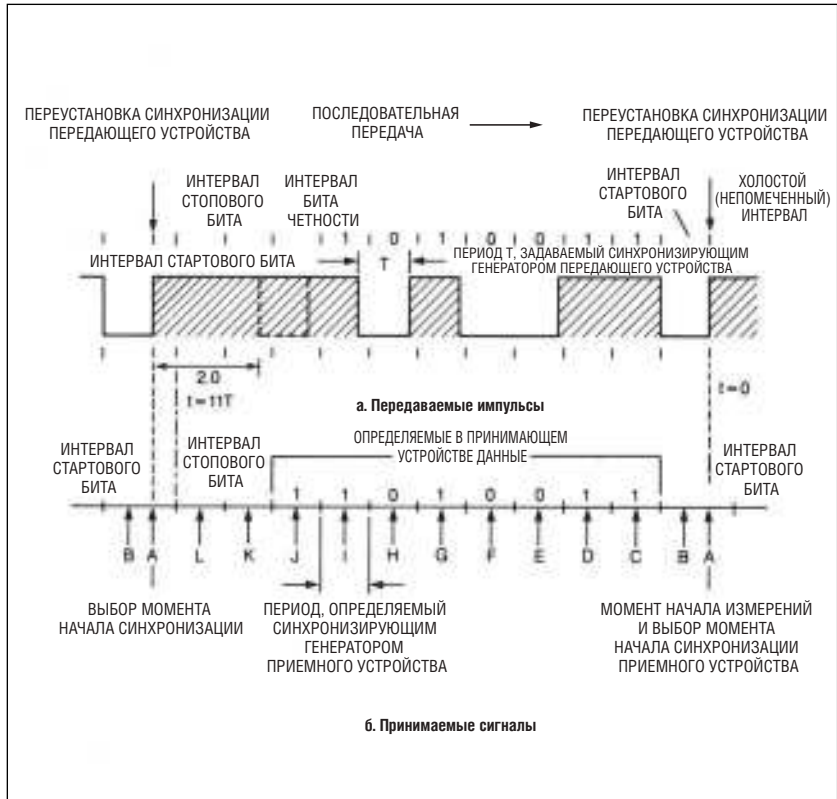
Для того чтобы обеспечить точную синхронизацию, в каждый блок данных включаются специальные кодовые шаблоны. Электронные схемы в принимающем устройстве постоянно проверяют

При синхронном режиме работы передается специальный кодовый сигнал, необходимый для того, чтобы поддерживать синхронизм между синхронизирующим генератором принимающего устройства и передаваемыми данными. Данные передаются большими блоками, расположенными между синхронизирующей информацией.

После кодов синхронизации блока следуют сами данные до момента, пока не поступит код конца сообщения.

Рис. 9.4.
Режим
асинхронной
работы между
передающим и
принимающим
устройствами

Синхронизация
устанавливается
заново после
передачи каждого
символьного кода



поступающие данные на присутствие подобного шаблона. После его обнаружения принимающее устройство воспринимает последующий символ в качестве передаваемых данных и считает, что блок этих данных будет продолжаться до тех пор, пока не будет обнаружен код конца сообщения. (Так как синхронизация в приемном устройстве должна производиться от поступающего потока данных, синхронные модемы в общем случае являются более дорогими устройствами по сравнению с асинхронными.)

Для хранения блоков данных перед их передачей, а также при их приеме как в передающем, так и принимающем устройствах необходимы устройства буферной памяти.

Как правило, в начале каждого блока сообщения применяется сразу несколько кодов синхронизации на тот случай, если первый код окажется утраченным из-за проблем, возникающих в линии передачи. Величина каждого передаваемого блока определяется объемом буферной памяти, в которой хранится блок данных перед его передачей. Наличие буферной памяти необязательно при асинхронном методе передачи, так как каждый символ передается немедленно после того, как он был закодирован цифровым оборудованием. Однако при синхронной передаче несколько символов накапливаются в памяти, а затем передаются с постоянной и не изменяющейся ско-

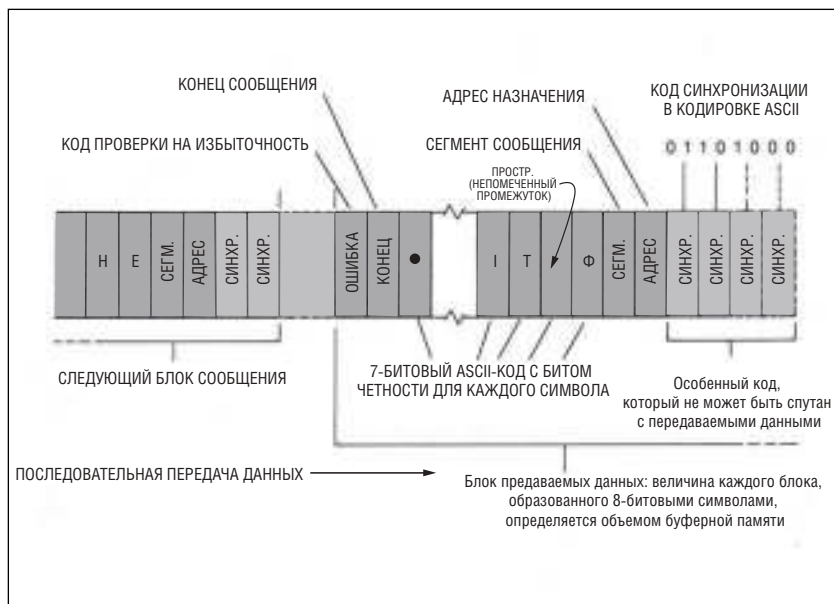


Рис. 9.5. Формат сообщения, используемый при синхронном методе передачи

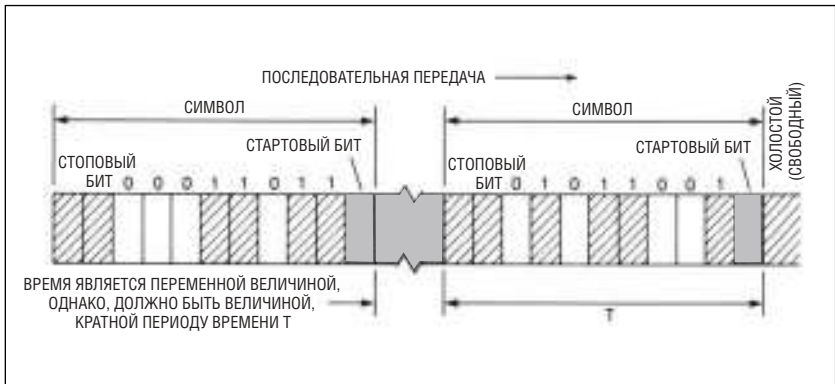
ростью, достигающей нескольких тысяч битов в секунду. По этой же причине в принимающем устройстве оказывается необходимой буферная память.

Формат, используемый при синхронном методе передачи данных и приведенный на рис. 9.5, не является единственно возможным и демонстрирует лишь подход к проблеме. В ряде способов синхронизации синхронизирующие коды вставляются в определенные временные интервалы. При некоторых способах используются определенные форматы передаваемых фреймов. С наступлением эпохи интегральных микросхем, обеспечивающих обработку больших потоков информации с огромными скоростями (достаточно часто в реальном масштабе времени — В.Н.), и успехами в развитии полупроводниковой технологии, позволяющей производить интегральные микросхемы с очень большой плотностью размещения элементов на поверхности микрокристалла (высокой степенью интеграции), подходы к методам синхронизации изменились. Интегральные микросхемы последнего поколения в состоянии выявлять смену в принимаемых цифровых данных и постоянно поддерживать рабочую частоту принимающего синхронизирующего генератора с высокой точностью.

Изохронный режим работы

При изохронном режиме работы каждый из символов ограничивается стартовым и стоповым битами, а интервалы между символами ограничены значениями, кратными значениям одного символьного промежутка.

Рис. 9.6.
Символьный формат, используемый в методе изохронной передачи



МОДУЛЯЦИЯ И ДЕМОДУЛЯЦИЯ

Существующая ширина полосы пропускания голосового канала в телефонной линии не пригодна для пропускания выходных цифровых сигналов компьютера.

Почему же, собственно говоря, компьютер не может непосредственно подключаться к телефонной линии для передачи цифрового выходного сигнала? Основная причина этого явления заключается в ширине полосы пропускания индивидуального телефонного канала связи, который используется для передачи сигнала, и связана она, прежде всего, со стоимостью этого канала. Наиболее дешевыми и широко распространенными каналами связи в настоящее время являются голосовые каналы с полосой пропускания сигнала, соответствующего голосовому частотному диапазону. Абонентские телефонные линии разрабатывались для передачи речевого сигнала, вырабатываемого в телефонных аппаратах, ширина полосы пропускания такой линии была принята (из условий достаточного уровня распознавания речевого сигнала) равной примерно от 300 до 3400 Гц. Это означает, что такой канал связи не в состоянии передавать ни сигналы низкой частоты (например, сигналы постоянного тока), ни сигналы высоких частот, превышающих значение 3400 Гц. Сигналы, применяемые

в компьютерах, представляют, как правило, униполярные сигналы, и скорость изменения состояния (переход) от уровня двоичного нуля к уровню двоичной единицы очень высока (т.е. производится с очень высокой частотой). В результате в сигнале компьютера содержатся значительные низкочастотные составляющие, чья частота ниже 300 Гц (в том числе и составляющая по постоянному току), а также высокочастотные составляющие, частота которых значительно превышает значение 3400 Гц, которое является предельным значением для полосы пропускания голосового канала связи (стандартной телефонной линии). Тот факт, что подобный канал не в состоянии передавать сигналы с частотами, отличающимися от частот полосы пропускания, приводит к необходимости преобразования цифрового сигнала в такой сигнал, который оказался бы совместимым с телефонным каналом связи и его полосой пропускания. Метод, используемый для такого преобразования, получил название модуляции.

Модуляция

Модуляция представляет процесс изменения некоторых свойств (или атрибутов) электрического сигнала (который получил название несущей) в соответствии с некоторыми свойствами другого сигнала (получившего название модулирующего сигнала). В случае передачи цифрового сигнала по телефонным каналам, модуляция заключается в изменении некоторых свойств несущей, представляющей сигнал переменного тока с частотой, лежащей в диапазоне между 300 и 3400 Гц, в соответствии с двоичным выходным сигналом компьютера (состоящим из набора двоичных единиц и нулей). Тем атрибутом несущей, который может изменяться, является амплитуда сигнала либо его частота, либо фаза. Примеры приводятся на рис. 9.7. Каждый их перечисленных способов нашел свое применение в модемах. Следует рассмотреть эти способы несколько подробнее.

Модуляция изменяет характеристики сигнала, не изменяя содержащуюся в сигнале информацию. Существует три метода модуляции: амплитудная, частотная и фазовая.

Амплитудная модуляция

Амплитудная модуляция представляет процесс изменения амплитуды несущей в соответствии с модулирующим сигналом. Как изображено на рис. 9.7б, когда модулирующий сигнал представляет собой двоичный сигнал, амплитуда несущей может изменяться от нулевого значения (для представления двоичного нуля), до своего максимального значения, которое будет соответствовать двоичной единице.

В методе амплитудной модуляции двоичная единица представляется полным амплитудным значением уровня несущей, а логический ноль – сигналом несущей, амплитуда которого равна нулю.

Частотная модуляция

При частотной модуляции двоичной единице ставится в соответствие несущая определенная частота, а двоичному нулю — несущая, имеющая другое значение частоты.

Другой характеристикой, или атрибутом, несущей, которая может подвергаться изменениям под действием модулирующего сигнала, является ее частота. На рис.9.7в показано, как изменение частоты несущей в сторону более низких значений представляет двоичный ноль, а ее изменение к более высоким значениям используется для представления двоичной единицы. Этот метод иногда называется методом частотной манипуляции (ЧМн, в англоязычной литературе часто используется аббревиатура FSK). В конкретном же случае, когда используются частоты акустического диапазона, этот метод получил название тональной частотной манипуляции (AFSK). В недалеком прошлом в наиболее широко распространенных модемах, передающих цифровые сигналы в диапазоне скоростей от 45 до 1800 бит/с, использовался метод тональной частотной манипуляции.

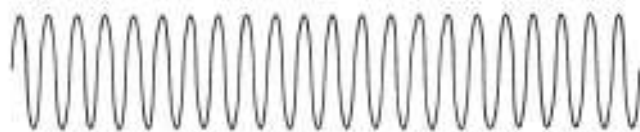
Фазовая модуляция

В методе фазовой модуляции сигнал несущей смещается по оси времени (смещается по фазе на определенный угол) относительно второго сигнала для представления двоичной единицы и остается несмещенным по фазе для представления двоичного нуля.

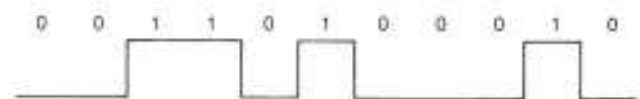
Третьей характеристикой несущей, которая может подвергаться изменениям под действием модулирующего сигнала, является фаза. Графически фазный сдвиг между сигналами может быть представлен в виде взаимного смещения положений двух сигналов в конкретный момент времени (смещения по оси времени полупериода одного из сигналов) относительно точки начала координат. На рис. 9.7г показано, что фаза сигнала несущей смещается при поступлении каждого бита, соответствующего двоичной единице, однако сдвиг несущей по фазе отсутствует для бита, соответствующего двоичному нулю. Данный метод получил название фазовой манипуляции — ФМн (PSK). Абсолютное значение фазы сигнала, пересылаемого по передающей среде, как правило, точно не измеряется, а чаще всего производится измерение относительно фазы сигнала, поступившего в предыдущий интервал времени.

Передача информации о фазе сигнала в телефонных сетях представляет весьма непростую задачу. Человеческое ухо невосприимчиво к фазе речевого или музыкального сигнала, поэтому телефонные сети не были предназначены для точного сохранения фазового соотношения между сигналами, передаваемыми по ним. Высокоскоростные модемы, в которых используется фазовая модуляция сигнала для переноса информации, имеют специальные электрические схемы, которые компенсируют искажения или нелинейность телефонных сетей, чтобы обеспечить сохранение линейности фазового смещения в поступающем сигнале.

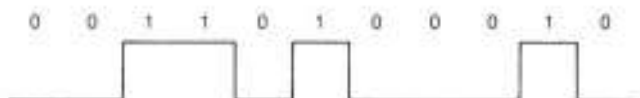
Рис. 9.7.
Виды модуляции сигнала
(приводится по
книжке: D. Doll, *Data Communications: Facilities, Networks, and Design*. John Wiley & Sons, 1978. Copyright © 1978, by John Wiley & Sons, Inc.)



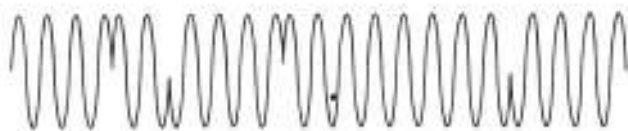
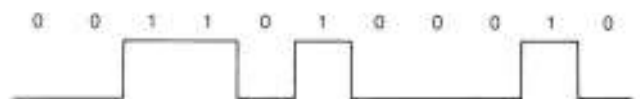
а. Несущая



б. Амплитудная модуляция



в. Частотная модуляция



д. Фазовая модуляция

Демодуляция сигнала

В процессе демодуляции поступивший по телефонной линии сигнал обрабатывается таким образом, чтобы восстановить исходный цифровой поток, состоявший из комбинации двоичных нулей и единиц.

Так как несущий сигнал был модулирован для того, чтобы передать информацию, содержащуюся в цифровом сигнале, то после поступления он должен быть демодулирован, чтобы восстановить исходный цифровой сигнал. Детектор и схемы фильтров, чувствительные либо к амплитуде сигнала, либо к его частоте или фазе, восстанавливают двоичные единицы и нули из модулированного сигнала несущей. Схемы порогового смещения и смещения нулевого уровня восстанавливают величину сигнала до требуемого уровня логического сигнала или специальных уровней передающего интерфейса, определяемого протоколами передачи цифровых сигналов, используемыми для их сопряжения.

РАБОТА АСИНХРОННОГО МОДЕМА

В типичном низкоскоростном асинхронном модеме для полудуплексной передачи может использоваться средняя частота несущей (не содержащая информации о передаваемых данных), которая равна 1170 Гц. Используется смещение значения частоты вверх на 100 Гц от среднего значения для представления двоичной единицы, а смещение частоты вниз на 100 Гц относительно среднего значения несущей используется для представления двоичного нуля. Второе значение средней частоты несущей, равное 2125 Гц, введено для режима дуплексной (двухсторонней одновременной) передачи, при этом частота 2225 Гц используется для представления двоичной единицы, а частота 2025 Гц — для двоичного нуля.

На рис. 9.8 приводятся схемы модуляции сигнала с использованием метода тональной частотной манипуляции, AFSK, используемой в большинстве низкоскоростных (вплоть до 300 бит/с) асинхронных модемов. На рис. 9.8а приводится вид сигнала со средней частотой несущей, равной 1170 Гц, который сдвинут по частоте до значения 1270 Гц для представления двоичной единицы и до значения 1070 Гц — для обозначения двоичного нуля. В каждый момент времени на вход передающего модема поступает последовательный битовый поток, представляющий символ; выходной же сигнал модема представляет переменный сигнал, частота которого попеременно изменяется между значениями 1070 Гц и 1270 Гц — в зависимости от того, является ли входной сигнал двоичным нулем или же двоичной единицей. Такая схема применяется для симплексной передачи (передача данных одновременно осуществляется только в одном направлении), а также для полудуплексного режима (передача данных возможна в двух направлениях, но не одновременно).

Если необходимо, чтобы использовался дуплексный режим передачи (одновременно осуществляется передача данных в обоих направлениях), то процесс частотной манипуляции (модуляции) сопровождается разделением полосы пропускания голосового канала на две подзоны, показанные на рис. 9.8б. Подзона, соответствующая более низким частотам, используется для передачи данных в одном направлении, а вторая подзона, включающая более высокие частоты, используется для передачи данных в противоположном направлении. Среднее значение частоты несущей для более низкочастотной подзоны составляет 1170 Гц, при этом

частоты сигналов смещаются до значения 1270 Гц — для передачи логической единицы и до частоты 1070 Гц — для передачи двоичного нуля. Среднее значение частоты несущей для более высокочастотной подзоны составляет 2125 Гц, при этом частоты сигналов смещаются до значения 2225 Гц — для передачи логической единицы и до частоты 2025 Гц — для передачи двоичного нуля. Эти парные частоты, которые были применены в модеме серии 103 компании Bell Systems, фактически стали стандартом модемной связи на территории США.

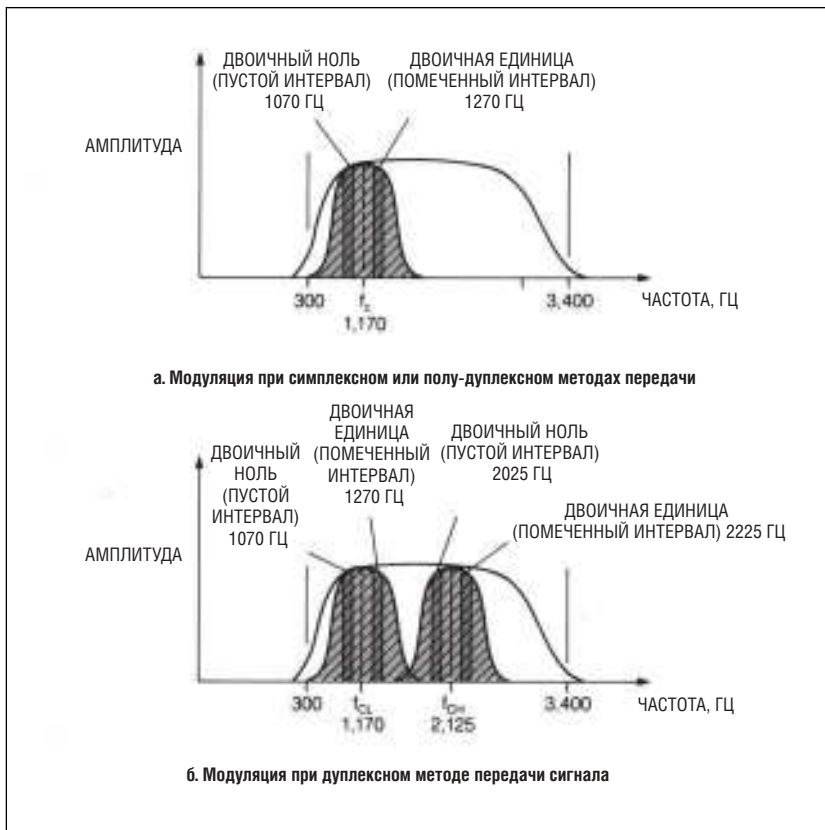


Рис. 9.8.
Модуляция сигнала методом тональной частотной манипуляции

Системная взаимосвязь

Блок-схема взаимного соединения модемов для случая, когда оба модема работают в дуплексном режиме, приводится на рис. 9.9а. Передающий блок вызывающего модема и приемный блок отвечающего модема взаимодействуют в полосе частот со средним значением частоты, равным 1170 Гц, тогда как передающий блок отвечающего мо-

Когда модем передающего устройства настраивается на режим вызова, а модем приемного устройства настраивается на режим ответа, частоты соответствуют режиму дуплексной передачи сигнала.

дема и принимающий блок вызывающего модема работают в полосе частот со средним значением частоты, равным 2125 Гц. На рис. 9.9б приводятся относительные уровни сигналов в зависимости от частот для двух каналов передачи сигнала. На рис. 9.9в приводятся частотные характеристики для аналоговичной системы связи в соответствии со стандартом Консультативного комитета по вопросам телефонной и телеграфной связи, ССИТТ, применяемой в странах Европы.

Асинхронный модем со скоростью передачи 1200 бит/с

В модеме 202 серии компании Bell Systems частоты для представления маркированных и не помеченных интервалов разнесены достаточно широко из-за необходимости использования более широкой полосы пропускания для передачи данных с более высокой скоростью.

Другой метод разделения доступного частотного диапазона показан на рис. 9.10. Для рассматриваемого случая модем способен передавать асинхронные данные со скоростью 1200 бит/с, однако он одновременно в состоянии это делать только в одном направлении (полудуплексный режим передачи). Более высокая скорость передачи данных требует более широкой полосы пропускания, поэтому частоты сигналов, передающих двоичные единицы и двоичные нули, должны быть разнесены шире. Следовательно, для полноценного дуплексного режима работы имеющаяся ширина полосы пропускания оказывается недостаточной. Модемы, в которых используется подобная схема работы, получили название «совместимых с 202-ми модемами» по той причине, что такая схема была впервые применена в модеме 202-й серии компании Bell Systems. В канале, занимаемом при работе модемом 202-й серии, остается достаточный частотный промежуток лишь для использования одного сигнала на частоте 387 Гц для передачи сигнала в противоположном направлении в то время, когда в прямом передаются данные со скоростью 1200 бит/с. Этот канал обратной связи используется в основном для передачи непрерывного тонального сигнала в обратном направлении для того, чтобы сигнализировать передающему модему о создании канала связи, однако по этому каналу также могут передаваться данные с использованием метода амплитудной манипуляции тонального сигнала. Современные типы модемов, в которых применение дешевых интегральных микросхем позволяет широко использовать технически более совершенные способы модуляции сигнала, способны вести дуплексную передачу данных со скоростями 1200 бит/с, при этом часть из них оказываются совместимыми как с модемами, предназначенными для передачи со скоростями 300 бит/с, например, 103-й серии, так и с модемами, передающими данные со скоростями 1200 бит/с.

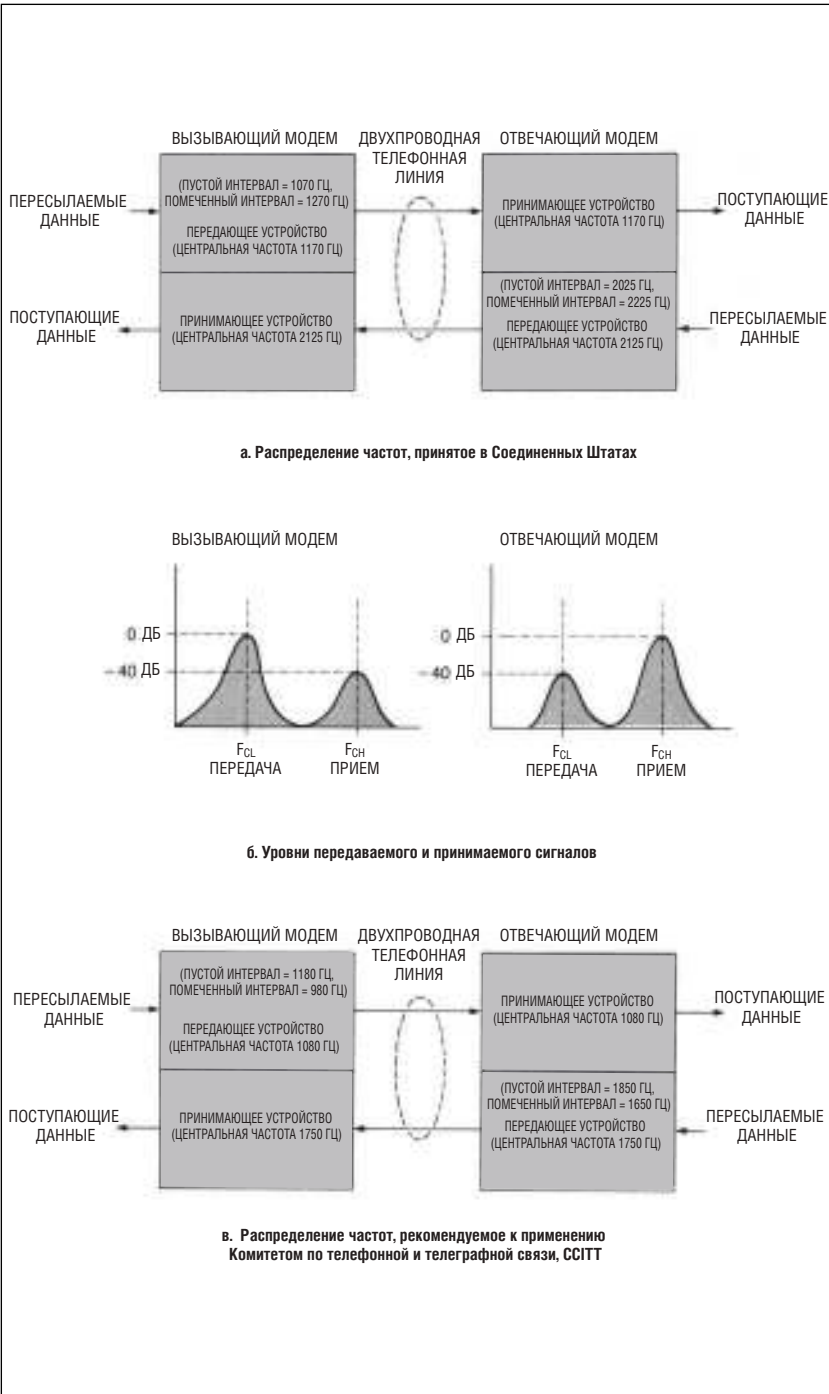
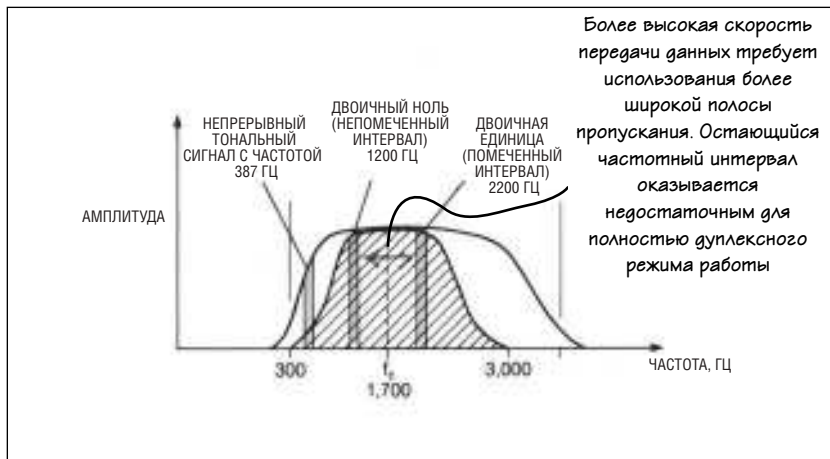


Рис. 9.9. Распределение частот и уровней сигналов низкоскоростного асинхронного модема, используемого для дуплексного режима передачи (воспроизводится с любезного разрешения компании Digital Press. Печатается по изданию: J. E. McNamara, *Technical Aspects of Data Communication*, 2-ое изд. © Digital Equipment Corporation, 1982)

Рис. 9.10.
Совместимый
модем компании
Bell Systems
202-й серии



Модем 103-й серии компании Bell Systems

В модеме 103-й серии компании Bell Systems для подключения к телефонной линии используется согласующий трансформатор.

На рис. 9.11 приводится блок-схема модема 103-й серии. Двухпроводная телефонная линия подключается через согласующий трансформатор. Вторичная обмотка трансформатора подключена как к входу приемного блока, так и выходу передающего блока, однако принимаемый сигнал не оказывает влияния на передающий блок. Передаваемый выходной сигнал может влиять на блок принимаемого сигнала, однако полосовой фильтр принимающего блока препятствует прохождению передаваемого сигнала в принимающий блок, так как передаваемый и принимаемый сигналы имеют различные частоты. Полосовой фильтр принимающего блока также отфильтровывает частоты сигналов шума и побочные частоты, наводимые на принимаемый сигнал в телефонной линии. Схема ограничителя позволяет устранить различия в амплитуде сигналов.

Детектор задержки обеспечивает формирование задержанного образца сигнала, сравнивает его с поступившим сигналом и вырабатывает выходной сигнал, пропорциональный разности частот двух сигналов. Схема ограничителя по максимуму и минимуму обрезает верх и низ детектированного сигнала и обеспечивает получение на выходе цифрового сигнала, уровень которого соответствует необходимому уровню двоичной единицы и двоичного нуля.

При передаче данных последовательный битовый поток поступает на генератор смещения частоты, обеспечивающий получение тональных сигналов с заданным частотным смещением, соответствующим уровням двоичной единицы и двоичного нуля. Сигнал проходит полосовой фильтр для отфильтровывания паразитных гармоник (особенно тех, которые расположены в полосе пропускания канала) и далее через согласующий трансформатор поступает в линию связи.

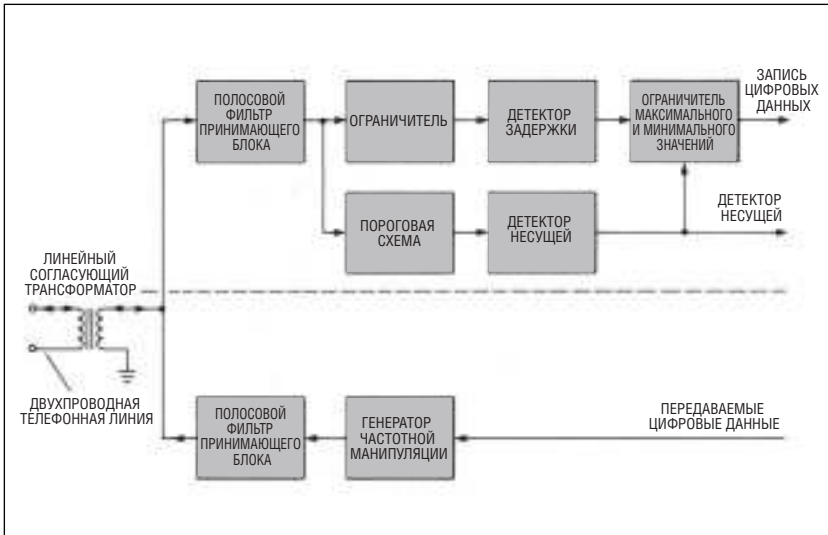


Рис. 9.11.
Блок-схема
низкоскоростного
асинхронного
модема

Прогресс, достигнутый в современных модемах

Передающий модем, подобный приведенному на рис. 9.11, занимает объем в 600 кубических дюймов (или 9832 см³) и монтируется в корпусе с размерами 10×10×6 дюймов (или 25,4×25,4×1,52 см). Использование интегральных микросхем последнего поколения позволяет изготавливать модемы, занимающие 1/12 часть указанного объема. Ряд модемов встраиваются во вспомогательные платы, которые вставляются в главный (ведущий) персональный компьютер. Помимо уменьшения размеров современные модемы предоставляют дополнительные возможности. Вот некоторые примеры:

1. Обеспечивают передачу данных со скоростями вплоть до 56 кбит/с.
2. Обеспечивают автоматический набор телефонных номеров для вызывающего модема, а также возможность автоматического ответа на поступивший вызов.
3. Пересылают алфавитные символы назад, на окончание оборудование передачи данных, с целью информировать как о состоянии телефонной линии, так и о выполняющемся вызове.
4. Позволяют автоматически детектировать сигнал ответа от удаленного модема и настраивать скорость передачи данных в соответствии со скоростью передачи данных удаленного модема (функция, известная как автоматическая подстройка скорости передачи).

Благодаря усовершенствованиям, достигнутым в технологии производства изделий микроэлектроники, модемы претерпели значительное уменьшение в размерах и стали способны выполнять многочисленные дополнительные функции.

Шестнадцатикратное уменьшение в размерах и значительное увеличение производительности и «интеллектуальных возможностей» модема оказались возможными как за счет использования микропроцессорной техники, так и за счет уменьшения топологических размеров элементов электронных схем, выполненных в виде однокристалльной интегральной микросхемы.

Модем, изготовленный на базе однокристалльной интегральной микросхемы

Интегральная микросхема TCM3105E, выпускаемая компанией Texas Instruments, представляет собой типичный модем, выполненный в виде однокристалльной интегральной микросхемы и удовлетворяющий как требованиям стандарта Bell 202 (разработанного для модемов 202-й серии компании Bell Systems), так и требованиям протокола V.23 Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи, CCITT. Метод частотной манипуляции (FSK) обеспечивает синхронную работу в стандартной полосе пропускания голосового диапазона. Данные могут модулироваться и передаваться со скоростями 75, 150, 600 и 1200 бод, тогда как поступающий сигнал может приниматься со скоростями 5,75, 150, 600 и 1200 бод.

Интегральная микросхема TCM3105 в полудуплексном режиме (либо передача, либо прием данных) обеспечивает скорость работы вплоть до 1200 бод. В дуплексном режиме скорость приема данных ограничена значением всего лишь 150 бод. На рис. 9.12 представлена блок-схема интегральной микросхемы TCM3105.

Работа интегральной микросхемы

Интегральная микросхема TCM3105 состоит из четырех основных блоков: блока передачи и блока приема сигнала, детектора несущей и блока управления.

На электронную схему принимающего устройства от передающего цифрового оборудования поступает цифровой сигнал, который преобразуется в соответствующие аналоговые сигналы, передаваемые в гибридную схему, как это изображено на рис. 9.13. Скорость передачи данных устанавливается управляющими входами TXR1 и TXR2. Встроенные схемы фильтров отфильтровывают сигналы шумов и гармоник, предотвращая их поступление в линию связи.

Схема блока принимаемого сигнала автоматически фильтрует любые поступающие аналоговые сигналы, а также устанавливает необходимый уровень усиления. Определенной частоте аналогового

сигнала ставится в соответствие определенный уровень напряжения. Так как при модуляции используется только два значения частоты — одно значение для логической единицы (так называемый «помеченный» интервал), а второе — для логического нуля (или пустой, «не помеченный» интервал), то не представляет особого труда преобразовать сигнал с каждым значением частоты в логический сигнал соответствующего уровня. После такого преобразования представленная в цифровом виде информация оказывается доступной для принимающего устройства. Передаваемые и принимаемые сигналы поступают в телефонную линию через схему интерфейса, подобную той, что изображена на рис. 9.14.

Схема детектирования несущей сравнивает эталонное напряжение на выводе CDL с выходным значением полученного сигнала. Результат этого сравнения поступает на вывод CDT. Логическая единица на выводе CDT показывает, что сигнал несущей присутствует. Логический ноль на выводе указывает на отсутствие сигнала несущей. Сигнал на выводе CDT представляет весьма важный сигнал для синхронизации как передаваемых, так и принимаемых данных. На рис. 9.13 показано подключение этой цепи к схеме микропроцессора.

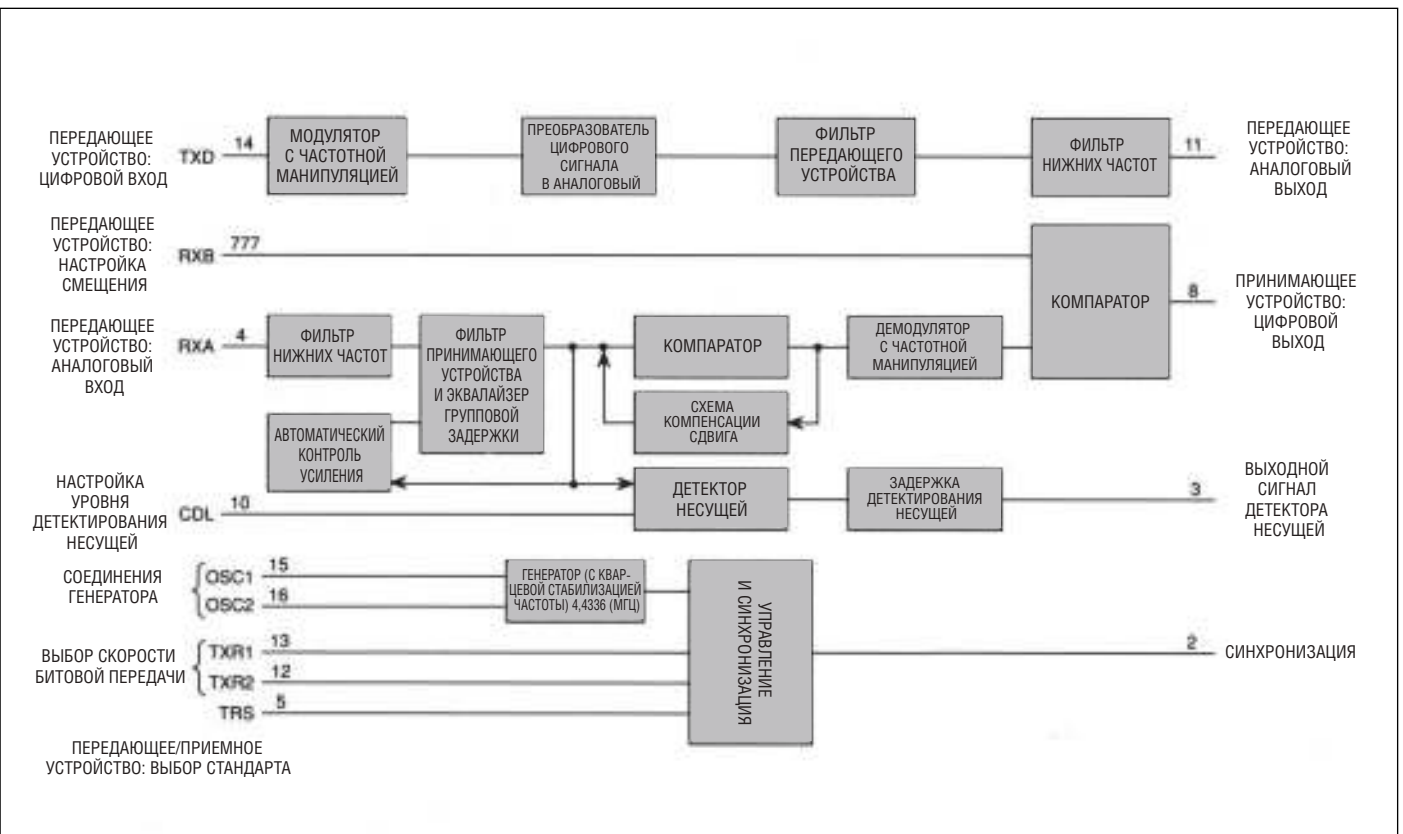
Схемы управления и синхронизации контролируют процесс поступления и вывода данных из модема путем воздействия на скорость передачи, используемую интегральной микросхемой TCM3105. Синхронизация обеспечивается генератором с кварцевым стабилизатором частоты, настроенным на значение 4,436 МГц и подключенным к выводам OSC1 и OSC2.

СТАНДАРТЫ СХЕМ ИНТЕРФЕЙСА ЦИФРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Модем при работе должен обмениваться сигналами управления и контроля либо с терминалом, либо с каким-то иным коммерческим оборудованием, подключенным к нему. Пугающая возможность использования огромного количества несогласованных сигналов управления и соединительных устройств между модемами и терминалами данных привели к установлению нескольких стандартов, позволяющих определить физические и электрические параметры схем согласования или сопряжения между модемами (часто называемыми общим термином: аппаратура передачи данных, DCA) и терминалами (называемыми терминальным оборудованием, DTE). Наиболее широко применяемым на территории США является стандарт, введенный при содействии Ассоциации электронной промышленности США, EIA, который получил название интерфейса RS-232C EIA. На территории Европы подобный стандарт, введенный при

Для выполнения сопряжения оконечного цифрового оборудования с модемами было установлено несколько стандартов. Наиболее широко распространенным на территории США является стандарт, который получил название «Стандарт Ассоциации электронной промышленности США (EIA) RS-232C», а для стран Европы — «Рекомендации Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи (CCITT) V.24»).

Рис. 9.12.
Блок-схема
интегральной
микросхемы
ТСМ3105
(с тобэзнго
разрешения
компании Texas
Instruments Inc.)



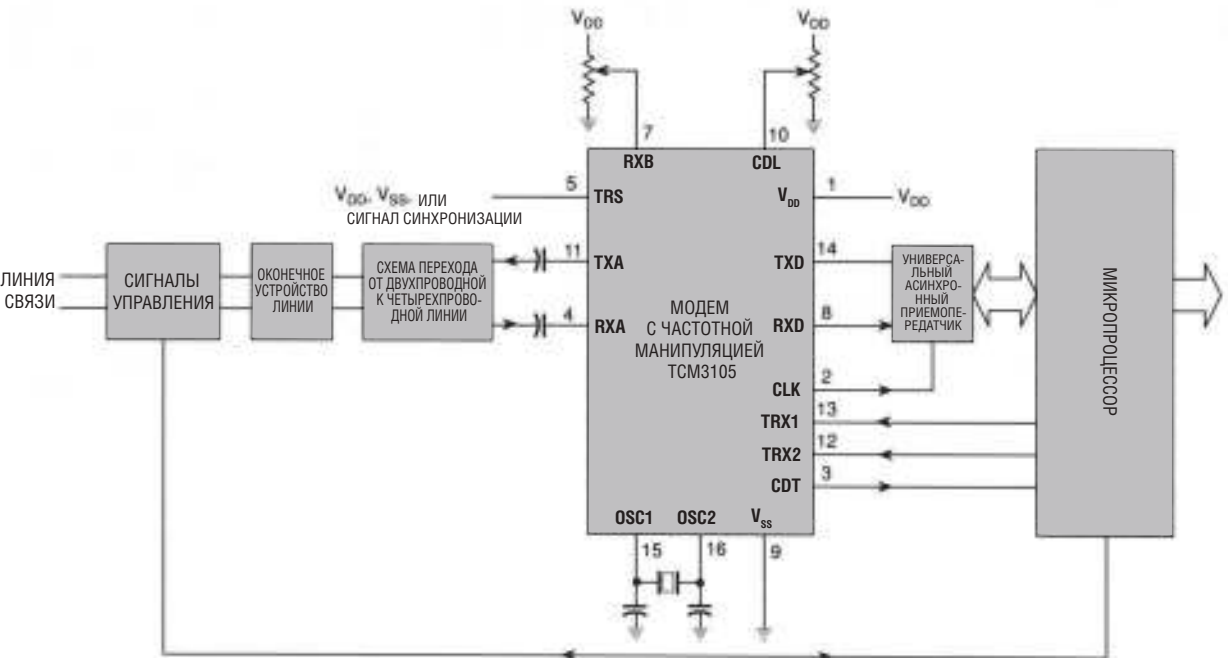


Рис. 9.13.
Стандартная
конфигурация
интерфейсной
микросхемы
TCM3105
(с любезного
разрешения
компании Texas
Instruments Inc.)

Номер вывода разъема	Стандарт Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи, ССПТ	Стандарт Ассоциации электронной промышленности США, EIA	Назначение цепи
1	101	AA	Защитное заземление (используется не всегда)
2	103	BA	Передаваемые данные
3	104	BB	Принимаемые данные
4	105	CA	Запрос на передачу
5	106	CB	Свободен для пересылки данных
6	107	CC	Набор данных готов
7	102	AB	Заземление сигнальной шины
8	109	CF	Сигнал линии поступления данных
9	Часто используется в качестве контрольной точки питания модема – не использовать для подключения		
10	Часто используется в качестве контрольной точки питания модема – не использовать для подключения		
11			
12			
13			
14			
15	114	D8	Согласование по времени элемента передаваемого сигнала - источник: аппаратура передачи данных, DCE (только для синхронного модема)
16			
17	115	DD	Согласование по времени элемента принимаемого сигнала - источник: аппаратура передачи данных, DCE (только для синхронного модема)
18			
19			
20	106	CD	Терминал данных готов
21			
22	125	CE	Индикатор вызывного сигнала/вызова
23			
24			
25			

Таблица 9.1.
Принятое в международном масштабе распределение выводов для интерфейса аппаратуры передачи данных и терминального оборудования с применением стандартного 25-штыревого соединительного разъема

(Воспроизводится с любезного разрешения компании Digital Press. Печатается по изданию: J. E. McNamara, *Technical Aspects of Data Communication*, 2-ое изд. © Digital Equipment Corporation, 1982)

содействии Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи, ССИТТ, известен как Рекомендации Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи V.24.

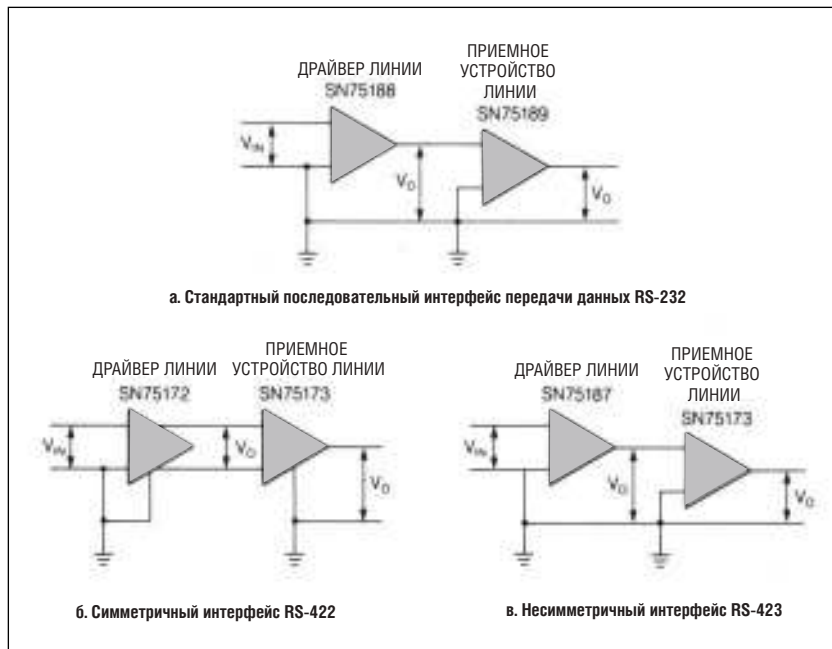
Основные виды сигналов, необходимых для передачи и приема данных, сигналов, управляющих работой модема со стороны терминала и передающих информацию о состоянии процесса передачи обратно в терминальное устройство от модема, а также стандартное распределение и назначение выводов для стандартного разъема приведены в табл. 9.1.

Для синхронных модемов необходимо использовать большее количество соединительных проводов, чем для асинхронных, так как сигнал тактовой синхронизации должен поступать как для передаваемых, так и для принимаемых данных. Поэтому стандарты устанавливают наличие соединительных проводов для выбора иных значений скорости передачи данных (в случае определения сверхнормативной частоты возникновения ошибок при передаче), а также возможности использования сигнала модема, указывающего на высокую вероятность возникновения ошибок в принимаемых данных.

В дополнение к спецификации стандартного распределения выводов и выполняемых соединений, стандарт Ассоциации электронной промышленности RS-232C и стандарт V.24 Консультативного комитета по вопросам международной телефонной и телеграфной связи (ССИТТ), устанавливают уровни и условия подачи сигналов, которые должны использоваться при обмене. Например, величины напряжений, устанавливаемых стандартом Ассоциации электронной промышленности составляют от +3 до +25 В для немаркированного (пустого) интервала (двоичного нуля) и от -3 до -25 В для помеченного интервала (двоичной единицы). Электрические характеристики схемы помимо напряжений также должны удовлетворять ряду требований, таких, например, как способность противостоять полному короткому замыканию между проводниками без их повреждения, а также не превышать максимально допустимого значения сопротивления нагрузки и действующего (эффективного) значения емкости. Для того чтобы упростить проблему подключения к схеме линейного интерфейса, были разработаны и включены в состав интегральной микросхемы специальные линейные драйверы и схемы приема сигналов. Если телефонная линия должна получать данные, которые пересылаются в соответствии со стандартом RS-232, то в линии может быть установлен линейный приемник SN75189. Если по телефонной линии должны передаваться сигналы в соответствии со стандартом RS-232, то для передачи сигнала в линию связи может использоваться схема SN75188. Схема взаимных соединений показана на рис. 9.15а.

Стандарт, принятый для интерфейса, устанавливает функциональное назначение каждого вывода разъема, уровни напряжений для данных, а также сигналов управления и контроля, требования безопасности для оборудования, параметры нагрузки, частотные характеристики и уровень перекрестных помех.

Рис. 9.15.
Схемы интерфейса
между схемой
управления
(драйвером) линии
и линейным
приемником
сигнала



Стандарт Ассоциации электронной промышленности RS-232C и стандарт V.24 Консультативного комитета по вопросам международной телефонной и телеграфной связи, ССИТТ, устанавливают параметры несимметричного интерфейса для каждой схемы управления (см. рис. 9.15а). Такие схемы имеют повышенную чувствительность к шумам, а также для них характерны проблемы с процессом управления передачей сигнала в длинные по протяженности кабели связи.

Другим стандартом, разработанным Ассоциацией электронной промышленности США, EIA, являются интерфейсы RS-422 и RS-423, которые определяют параметры как для симметричного, так и несимметричного интерфейсов, показанных на рис. 9.15б и 9.15в. В дополнение к различным конфигурациям соединений эти стандарты устанавливают предельные значения для времени нарастания цифрового сигнала с целью снизить вероятность возникновения перекрестных помех в смежных цепях, а также позволяют передавать сигнал управления при длине кабеля, превышающей 1000 м при скоростях передачи данных до 100 тыс. бит/с. Новые стандарты Ассоциации электронной промышленности США, EIA, RS-485, которые по параметрам весьма схожи со стандартом RS-422, относятся к случаю, когда в одной линии связи могут использоваться до 32 линейных драйверов и до 32 приемников.

РАСПОЗНАВАНИЕ И КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК ПЕРЕДАЧИ

Система контроля является встроенной в систему и реализуется за счет использования микропроцессора для управления передачей специальных кодов избыточных данных. После сравнения двух таких кодов полученный набор данных воспринимается либо как безошибочный при их совпадении, либо, в случае обнаружения ошибки, в передающее устройство отправляется запрос на повторную передачу.

Ошибки могут быть выявлены путем использования циклических избыточных контрольных кодов. Один из методов заключается в выполнении над данными на стороне передающего устройства математической операции деления (с использованием известного многочлена) и передачи в составе данных полученного в результате математической операции остатка. В приемном устройстве над полученными данными выполняется совершенно такая же математическая процедура и производится сравнение результатов двух таких операций.

Хотя вопрос распознавания ошибок, возникающих при передаче данных, а также их исправления и не связан непосредственно с проблемами модемов, однако, если учитывать, что цифровые данные передаются с использованием модемов по телефонным линиям связи, то возникновение подобных ошибок оказывается неизбежным. Система, объединяющая компьютер и терминальное оборудование, которая вырабатывает и передает данные, должна обладать средствами обнаружения и, если это возможно, исправления ошибок в передаваемых данных.

Последние усилия разработчиков по широкому внедрению в модемы микропроцессорной техники позволяют осуществлять хранение данных в буферных устройствах памяти и использовать методы обнаружения и коррекции ошибок, которые выполняются непосредственно приемным устройством. Если принимающее устройство обнаруживает ошибку, оно автоматически отправляет запрос на повторную передачу данных, в которых обнаружена ошибка.

В методах контроля над ошибками используется принцип избыточности, т.е. передаваемая контрольная информация является дополнительной к минимальному количеству, требуемому для пересылки данных вызывающим модемом. Избыточная информация добавляется к изначальным передаваемым данным совершенно определенным и систематичным образом, поэтому после получения она может быть достаточно просто восстановлена. Если после получения восстановленный сигнал контроля над ошибками совпадает с тем, что был послан вместе с данными, то считается, что передача проведена без ошибок.

Требуемая избыточность данных осуществляется несколькими методами. Избыточность данных для определения ошибки в сравнительно больших блоках данных обеспечивается особым классом кодов, получивших наименование циклических избыточных проверочных кодов (CRC-кодов). Процесс образования CRC-кода для передаваемого сообщения включает деление данных передаваемого сообщения с использованием многочлена определенного вида, в результате чего получается частное и остаток. Остаток, состоящий чаще всего из двух цифр — 16 разрядов — (см. ERR на рис. 9.5), добавляется к блоку сообщений и передается вместе с ним. Добавляемая информация иногда обозначается как контрольный символ блока, ВСС. Приемное устройство выполняет над полученными данными точно такую же математическую операцию и сравнивает полученный в результате деления остаток с полученным совместно с передаваемым блоком. Если остатки от деления оказываются равными, то вероятность того, что полученное сообщение не содержит ошибок, является достаточно высокой.

СТАНДАРТЫ

Техника цифровой связи постоянно и настойчиво атакует («подпирает») пределы технологических возможностей, пытаясь обеспечить передачу все возрастающего количества информации по самым обычным телефонным линиям связи. Однако, как только передающая среда предоставляет достаточную ширину полосы пропускания, чтобы обеспечить требуемую скорость передачи данных, эта величина практически сразу же оказывается достигнутой за счет использования подходящего для этих целей модема. Стандарт V.34 является общепринятым для использования в модемах, обеспечивающих скорость передачи данных в 33600 бит/с. Такой стандарт обеспечивает полноценный дуплексный режим связи между двумя модемами с использованием асинхронного метода передачи данных, описанного ранее в этой главе.

При скоростях передачи данных свыше 33600 бит/с стандартная телефонная сеть просто не в состоянии обеспечить достаточную полосу пропускания для передачи дополнительной информации. Введение стандарта V.90 (1998 г.) обеспечило передачу нисходящего (в направлении к модему) потока данных со скоростью 56000 бит/с, однако для обратного («восходящего») потока от пользователя к районной АТС использовался стандарт V.34. Более поздняя официально представленная версия стандарта V.92 (2000 г.) была введена для того, чтобы обеспечить скорость передачи 48000 бит/с для «восходящего» потока данных. Асимметричная цифровая абонентская линия, ADSL, обеспечивает гораздо более высокие скорости передачи данных, а ряд цифровых абонентских линий семейства xADSL обеспечивает передачу данных с скоростями до нескольких мегабит в секунду в обоих направлениях.

Высокоскоростные модемы

Одно из самых значительных научно-технических достижений в области модемной связи произошло в 1984 г. с принятием стандарта V.32, который обеспечивал полноценную дуплексную передачу со скоростью 9600 бит/с по обычным коммутируемым линиям связи. Модемы, поддерживающие стандарт V.32, стали широко доступными начиная с 1986 г., и с этого времени по сегодняшний день пользователи компьютеров имеют возможность пользоваться высокоскоростной связью.

Технология передачи данных со скоростью 9600 бит/с оказалась гораздо более изощренной, чем та, которая использовалась до сих пор для низкоскоростных модемов. Так как в одиночном голосовом канале с полосой пропускания 3 кГц способен передаваться только один

Созданы модемы, рассчитанные на скорости передачи данных 56000 бит/с и способные работать в обычных телефонных сетях.

цифровой сигнал, характеризующийся значением 2400 бод, то модем стандарта V.32 размещает данные в 4-разрядные группы и ведет передачу со скоростью 2400 бод. Оба модема должны передавать сигнал одновременно, а затем отсортировать свой собственный передаваемый сигнал из общего суммарно принятого. В каждом модеме стандарта V.32 для этих целей используются эхо-компенсаторы.

Эхо-компенсаторы устраняют свой собственный отраженный сигнал из общего принятого сигнала, позволяя двум высокоскоростным модемам работать одновременно в дуплексном режиме.

Каждый эхо-компенсатор использует преимущество того, что телефонный аппарат никогда не бывает точно согласован по нагрузке с линией связи, то есть полное комплексное сопротивление телефонной сети никогда не бывает точно равным полному комплексному сопротивлению гибридной схемы телефона (или модема). В результате небольшая часть передаваемого сигнала отражается назад к передающему устройству от принимающего устройства, установленного на другом конце линии связи. Часть передаваемого сигнала также отражается от собственной гибридной схемы модема и никогда не покидает передающий модем. Составляющие этих обоих сигналов должны быть вычтены из принятого общего сигнала. А то, что осталось, представляет в чистом виде принимаемый сигнал.

Решетчатое кодирование представляет метод кодирования, используемый в модемах стандарта V.32 для снижения количества ошибок передачи данных путем распознавания известного шаблона в принимаемом сигнале.

В модемах стандарта V.32 также используется продвинутый метод кодирования, получивший название метода решетчатого кодирования (или решетчатый код), который позволяет исследовать упорядоченный сигнал на присутствие известного шаблона. Этот прием позволил снизить количество ошибок, вносимых при передаче данных, и сделал модем стандарта V.32 действительно практичным и высокоскоростным устройством.

Дальнейшее усовершенствование метода эхо-компенсации и решетчатого кода позволило перейти к модемам с усовершенствованным стандартом V.34, которые позволили осуществлять дуплексную передачу данных со скоростями 33600 бит/с. Модемы, соответствующие стандарту V.90 и выпущенные в 1998 г., обеспечивали прием данных со скоростями 56000 бит/с, однако поток исходящих данных мог передаваться с предельными скоростями в 33600 бит/с. В июле 2000 г. Международный союз электросвязи (телекоммуникаций) ратифицировал стандарт V.92, который обеспечивал скорости поступающих данных значением 56 Кбит/с, а скорости передаваемых модемом данных значением 48 Кбит/с. Для модемов этих стандартов понадобились особо качественные схемы эхо-компенсаторов, а также высококачественные схемы приемного блока. Однако такие скорости передачи данных могут быть достигнуты лишь на телефонных линиях очень высокого качества; модемная связь с более низким скоростями может осуществляться в обычном режиме.

Выявление и устранение ошибок передачи

По мере того как модемы достигают более высоких скоростей передачи данных, увеличивается вероятность возникновения ошибок передачи. Прежде всего это определяется более низким уровнем сигнала, используемого в высокоскоростных модемах, а также возросшим влиянием шумов рядом с границами полосы пропускания канала. Стандарт V.42 был рекомендован (Международным союзом электросвязи) в 1988 г. в качестве стандартного метода коррекции ошибок, в котором применялись передовые и отработанные методы циклических избыточных кодов и автоматический запрос на повторную передачу, ARQ.

Для того чтобы использовать запрос на повторную передачу, ARQ, передаваемые данные группировались по блокам, после чего полученные в результате расчета значения избыточного циклического кода добавлялись в виде кодовой группы контроля ошибки в передаваемый поток данных. Так как информация, содержащая данные контроля над ошибками, вставлялась непосредственно модемом, процесс передачи значительно ускорялся. Принимающий модем вычислял новую контрольную величину для полученного блока и сравнивал ее с контрольной величиной, полученной совместно с принятыми данными. Если оба контрольных кода совпадали, полученные данные считались достоверными, и модемы переходили к передаче следующего блока данных. Если величины кодов не совпадали, считалось, что при передаче возникла ошибка, и принимающий модем требовал повторения передачи последнего блока данных. Этот цикл повторений мог продолжаться до тех пор, пока не были получены достоверные данные.

В стандарте V.42 сигнал автоматического запроса на повторную передачу входил в комплекс коррекции ошибок стандарта.

Сжатие данных

Еще более высокие скорости передачи данных могут быть достигнуты за счет использования сжатия данных. Стандарт сжатия V.42bis был предложен в 1989 в качестве первого официального стандарта сжатия данных для модемов. Модемы, в которых используется стандарт сжатия V.42bis, определяют повторяющиеся или стандартные группы символов в передаваемом потоке данных и вместо них вставляют более короткие кодовые последовательности. Принимающие модемы производят восстановление переданных данных из более коротких кодовых последовательностей. Процесс сжатия и восстановления данных в реальном масштабе времени выполняется непосредственно модемом с использованием вариантов алгоритма Лемпела-Зива (Lempel-Ziv). Его использование позволяет увеличить эффективную скорость передачи данных до значения 34,8 Кбит/с в оборудовании, поддерживающем стандарт V.32.

Стандарт сжатия данных V.42bis основывается на математическом алгоритме Лемпела-Зива (Lempel-Ziv), который аппаратно реализуется непосредственно в модеме. Предварительного сжатия данных в хост-компьютере при этом не требуется. Сжатие может эффективно увеличить скорость передачи данных до значения 34,8 Кбит/с для модемов стандарта V.32.

Эффективность сжатия данных определяется характером передаваемых данных. Данные, имеющие большой коэффициент повторяемости символов, будут сжаты достаточно эффективно, тогда как данные, не имеющие в своем составе повторяющихся фрагментов либо предварительно зашифрованные, будут сжаты незначительно или же совсем не подвергнутся сжатию. Стандарт сжатия данных V.42bis используется как в модемах стандарта V.32, так и практически во всех модемах более поздних стандартов.

Другие методы сжатия данных

Методы сжатия данных получили широкое распространение в цифровых сетях, потому что они являются экономически целесообразными. Сжатие снижает количество символов в сообщении, что не только снижает вероятность возникновения ошибок, но также может значительно сократить время, необходимое для передачи сообщения. Меньшее время, затрачиваемое на пересылку сообщения, снижает стоимость его передачи. Используемые для сжатия алгоритмы могут быть в общем случае разделены на две основные группы: кодирование символов и методы статистического кодирования.

Методы символьного кодирования проверяют поток передаваемых данных по одному передаваемому биту, затем заменяют последовательность из общих или повторяющихся символов более короткой (алгоритм Лемпеля-Зива [Lempel-Ziv] является примером именно такого метода сжатия). Принимающее устройство распознает сжатую последовательность и восстанавливает исходную последовательность символов. Метод сжатия длинами отрезков (Run Length Compression) является популярным и часто используемым для сжатия компьютерных графических изображений при их хранении в устройствах, применяемых в средствах массовой информации. В последовательности, содержащей четыре или более повторяющихся символов, подсчитывается их количество, которое затем заменяется кодом, состоящим из трех символов.

В методе статистического кодирования рассчитывается вероятность появления двух индивидуальных символов или символьного шаблона. Общие шаблоны могут заменяться более короткими кодами, тогда как менее часто встречаемые шаблоны заменяются более длинными кодовыми последовательностями. В методе кодирования Хаффмана (Huffman) используется именно такой способ. В этом методе вырабатываются очень короткие последовательности, которые легко расшифровываются, при этом исключается возможность его ошибочного распознавания в качестве части другой кодовой группы.

Количество двоичных разрядов, необходимых для представления символа с использованием метода сжатия Хаффмана (Huffman), часто выражается следующим образом:

$$B = \text{целое число } A(-\log_2 P),$$

где

B — действительное количество битов,

P — вероятность появления символа.

Член, представляющий «целое число» в вышеприведенном выражении, указывает, что полученное значение должно быть округлено до целого значения ближайшего числа. Например, если буква «Е» имеет вероятность появления в обычном тексте, равную 0,13 (или 13%), то тогда значение B составляло бы [целое число (2,94)], то есть равнялось бы 3. Следовательно, понадобилось бы 3 разряда для представления символа «Е», вместо 7 разрядов из 8-битового символьного кода, используемого в кодировке ASCII. Варианты метода сжатия Хаффмана (Huffman) используются для сжатия данных методом длин отрезков для передачи в аппаратуре факсимильной связи.

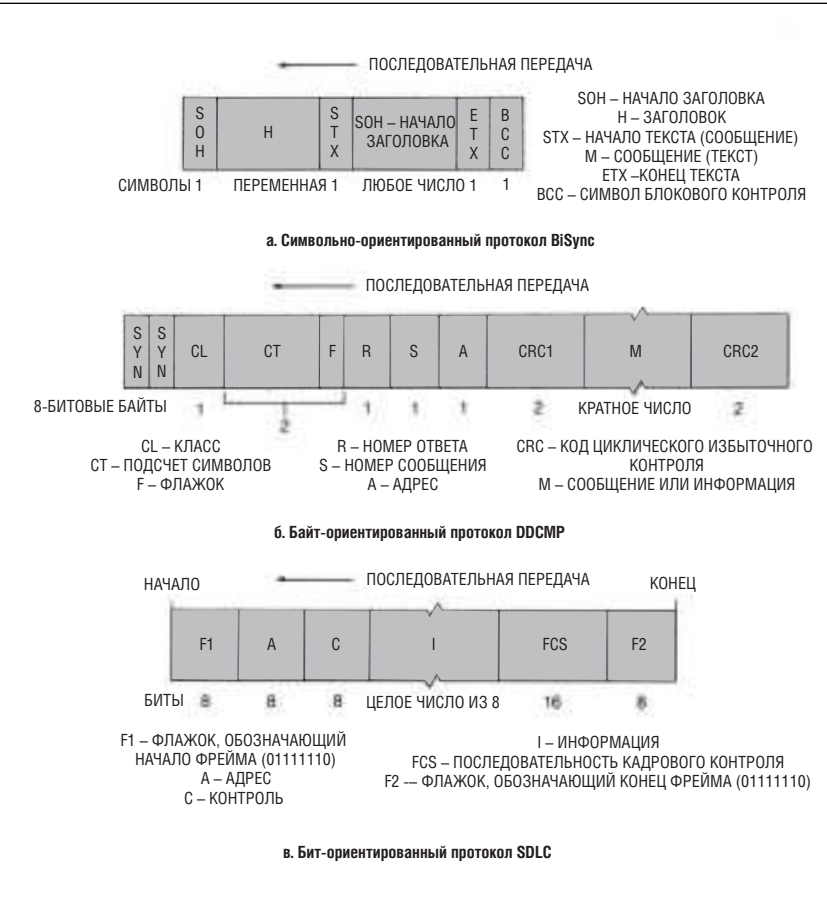
ПРОТОКОЛЫ

Существуют также правила, в соответствии с которыми осуществляется взаимодействие телекоммуникационного оборудования, причем это взаимодействие осуществляется в основном за счет программирования терминального оборудования передачи данных, участвующего в обмене, а не за счет встроенного программного обеспечения. Такие программы получили название протоколов. Протоколы устанавливают набор правил для группирования битов и символов (формирование фреймов или кадров), методы определения и коррекции ошибок передачи (контроль ошибок), нумерацию сообщений (формирование последовательности), методы отделения битов сигнальной и управляющей информации от битов данных (принцип прозрачности), сортировку передающего и принимающего оборудования (линейный контроль), действия, которые необходимо выполнить для начала передачи (управление стартом), а также действия, необходимые для выключения (управление перерывами в работе). Протоколы могут быть символьно-ориентированными, такие, например, как Протокол двоичной синхронной передачи данных (протокол BiSync) компании АйБиЭм (IBM), быть байт-ориентированными подобно Протоколу сообщений цифровой передачи данных (протокол DDCMP) компании Диджитал Экуипмент Корпорэйшен (Digital Equipment Corporation — DEC), либо быть бит-ориентированными, подобно Протоколу синхронного управления передачей данных (протокол SDLC) компании АйБиЭм (IBM).

Протоколы представляют наборы правил, по которым осуществляется обмен информацией между цифровым оборудованием, причем такой обмен обеспечивается скорее за счет использования программного обеспечения, а не за счет аппаратурных средств.

Примеры каждого из трех протоколов приведены на рис. 9.16. В символьно-ориентированном протоколе BiSync используются различные символы из символьного набора для указания начала заголовка, начала текста сообщения и конца текста. Символ, указывающий на начало заголовка сообщения и получивший обозначение SOH, обеспечивает накопление символов блокового контроля (BCC) метода избыточных кодов, необходимых для восстановления. Байт-ориентированный протокол DDCMP начинается с заголовка, который содержит информацию о типе сообщения, количестве символов в тексте, номере сообщения, адресе назначения и кода циклического избыточного контроля (CRC). Затем следует текст самого сообщения, и фрейм заканчивается вторым кодом циклического избыточного контроля (CRC). Фрейм бит-ориентированного протокола SDLC начинается и заканчивается собственной уникальной бито-

Рис. 9.16.
Примеры
протоколов



вой последовательностью: 01111110. Биты, изображенные в последовательности кадрового контроля (FCS), представляют коды циклического избыточного контроля (CRC) фрейма. Самой важной особенностью является то, что сообщение всегда является прозрачным, т.е. оно может включать любую последовательность битов без опасности спутать ее с контрольным символом.

ОБОРУДОВАНИЕ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ

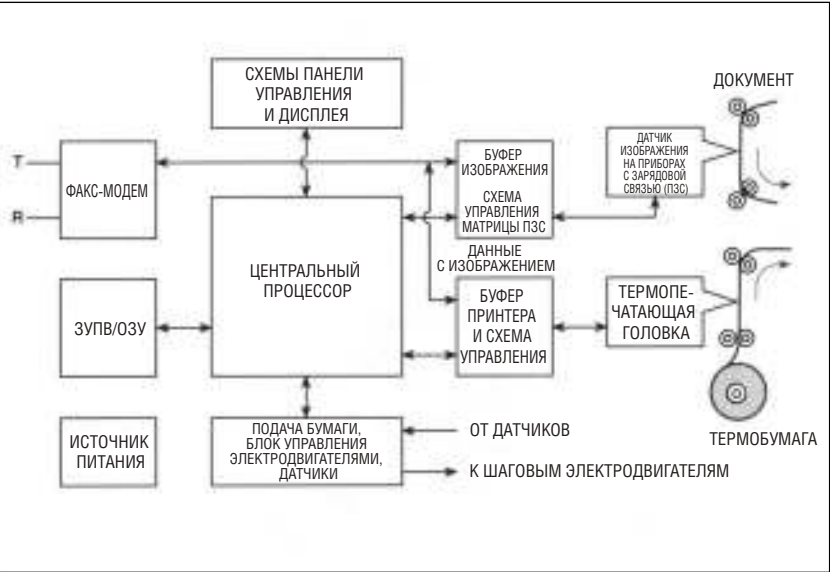
Возможно, что наиболее популярным примером цифровой коммуникационной системы является аппарат факсимильной связи (часто для краткости называемый просто факс-аппаратом либо факсом — на офисном жаргоне). Всего несколько электронных приборов, пожалуй только за исключением телефонного аппарата, приобрели такое огромное распространение и популярность. Если сформулировать принцип работы такого устройства с максимально возможной простотой, то данный тип оборудования преобразует изображение (или текст) в цифровые сигналы и передает соответствующие данные по обычной телефонной сети. Это оборудование также получает по телефонной сети информацию об изображении, передаваемую в виде цифрового потока, и восстанавливает это изображение на бумаге. Хотя модем составляет только часть оборудования факсимильной связи, он все равно выполняет функцию интерфейса между цифровым оборудованием и коммутируемой телефонной линией общего пользования. В этом разделе книги будут рассмотрены некоторые процессы, происходящие в факсимильном оборудовании.

На рис. 9.17 приведена упрощенная блок-схема полнофункционального аппарата факсимильной связи. Вопреки небольшим размерам аппарата факсимильной связи при его работе используется на удивление большое количество электронных схем и механических блоков (узлов).

Центральный микропроцессор

Центральный микропроцессор является своего рода сердцем во всех факс-аппаратах. Он отвечает за выполнение всех операций, происходящих в факс-аппарате, а также координирует поток поступающих в него и отправляемых в систему связи данных. Как и в случае других микропроцессоров, он должен иметь устройство памяти. Постоянное запоминающее устройство, ПЗУ (или ROM-память, предназначенная только для считывания информации), хранит программы, используемые при работе факс-аппарата. В ROM-памяти также могут храниться таблицы с датами и символами, используемыми в дисплее, а также другая вспомогательная информация. Оперативное запоминающее устройство,

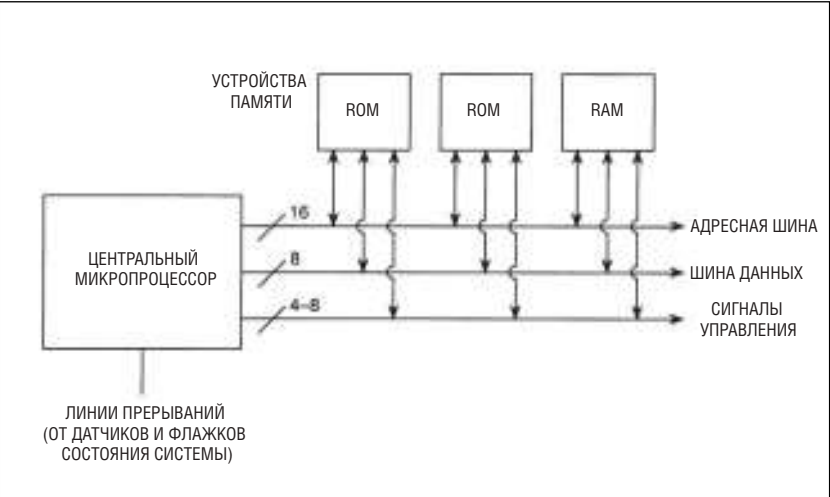
Рис. 9.17.
Блок-схема факс-аппарата



ОЗУ (или RAM-память, запоминающее устройство с произвольной выборкой), хранит результаты расчетов, переменные, флажки состояния системы, либо другую информацию, которая будет регулярно изменяться в ходе обычной работы факс-аппарата. На рис. 9.18 приводится блок-схема стандартной архитектуры микропроцессора – устройства памяти. Точные значения объемов памяти зависят от конкретной модели факс-аппарата.

Центральный микропроцессор предназначен для управления всеми процессами работы факс-аппарата.

Рис. 9.18.
Блок-схема микропроцессора



Факс-модем

Схема микропроцессорного интерфейса получает команду от микропроцессора и передает команду в цепь модема. В режиме передачи из буферной памяти хранения изображения модем будет получать данные, содержащие отсканированное изображение, преобразовывать полученное изображение в аналоговый сигнал и передавать информацию по те-

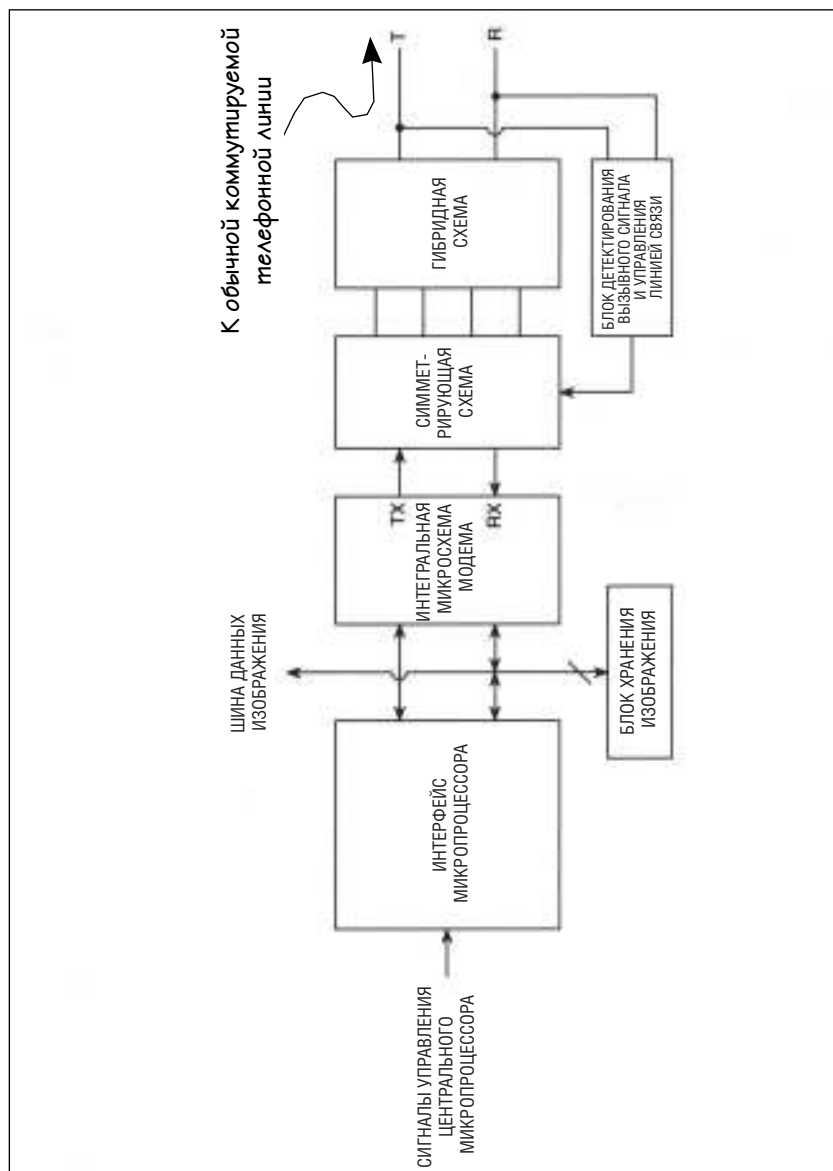


Рис. 9.19.
Блок-схема
модема

Передаваемые или принимаемые данные, содержащие информацию об изображении, сохраняются в специальной буферной памяти для последующей обработки либо модемом, либо принтером.

лефонной линии. При приеме тональные сигналы, поступившие по телефонной линии, будут преобразованы в цифровую форму интегральной микросхемой модема и поступят в буферную память хранения изображения для последующей обработки и печати. На рис. 9.19 приводится блок-схема типичного факс-модема. Модем также может управлять поступившими телефонными вызовами точно так же, как и самостоятельно формировать сигналы набора номера.

Панель управления

Электронная схема панели управления в факс-аппарате выполняет две основные функции. Первая заключается в том, чтобы дать возможность оператору установить с использованием лицевой панели управления рабочие параметры, такие как текущие дата и время, разрешение принтера, скорость передачи данных, а также необходимый телефонный номер абонента, куда направляется сообщение. Вторая функция заключается в том, чтобы на экране жидкокристаллического дисплея лицевой панели управления постоянно отображать текущее состояние системы и ее рабочие параметры.

Достаточно часто в схеме используется отдельный микропроцессор для того, чтобы управлять схемами панели управления. Этот дополнительный (подчиненный) микропроцессор будет передавать команды и данные в центральный микропроцессор наравне с полученной информацией о состоянии системы и информацией, отображенной на экране дисплея. Упрощенная схема панели управления показана на рис. 9.20.

Рис.9.20.
Блок-схема панели управления



Режим приема

Пересылаемые данные поступают в факс-аппарат через модем, в котором они преобразуются в цифровую форму и обрабатываются центральным процессором. Данные с изображением помещаются в буферную память для хранения. Центральным процессором активи-

руется печатающее устройство. Данные с изображением поступают в буферную память печатающего устройства и преобразуются в сигналы, управляющие работой печатающего устройства факс-аппарата.

Первоначально в качестве основного в печатающем устройстве использовался метод построчной термопечати. Это означает, что изображение печаталось на (*рулонной*) термобумаге по одной строке за один проход термопечатающей головки, как показано на схеме, приведенной на рис. 9.21. Метод термопечати получил чрезвычайно широкую популярность благодаря очень низкому уровню шума при печати, малому энергопотреблению и высокой надежности (в механизме используется ограниченное количество движущихся деталей). Однако термобумага очень тонкая и дорогая, а изображение на ней со временем постепенно исчезает. Основным методом печати в настоящее время является электростатический метод — метод, используемый в лазерных принтерах. Электростатический процесс позволяет использовать для печати отдельные листы стандартной бумаги. Такие факс-аппараты в отличие от аппаратов, предназначенных для рулонной термобумаги, иногда называются «факсами для печати на стандартных (плоских) листах».

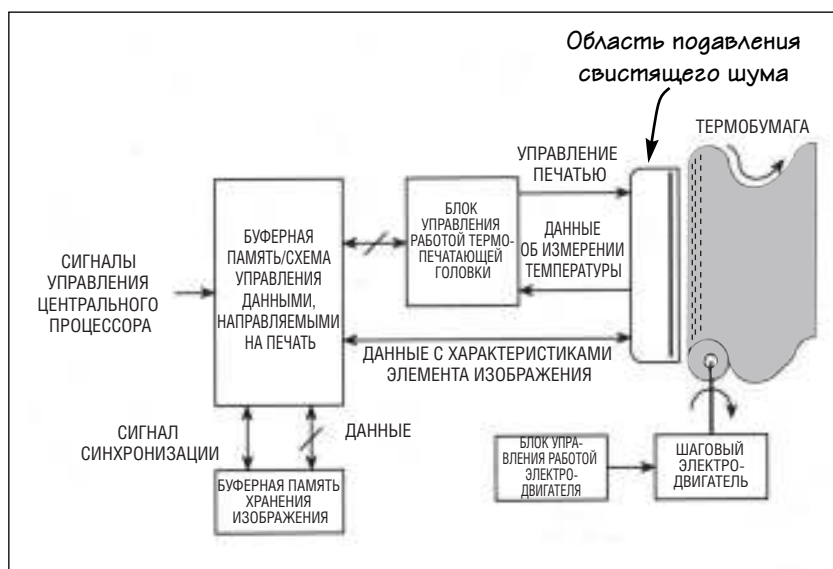


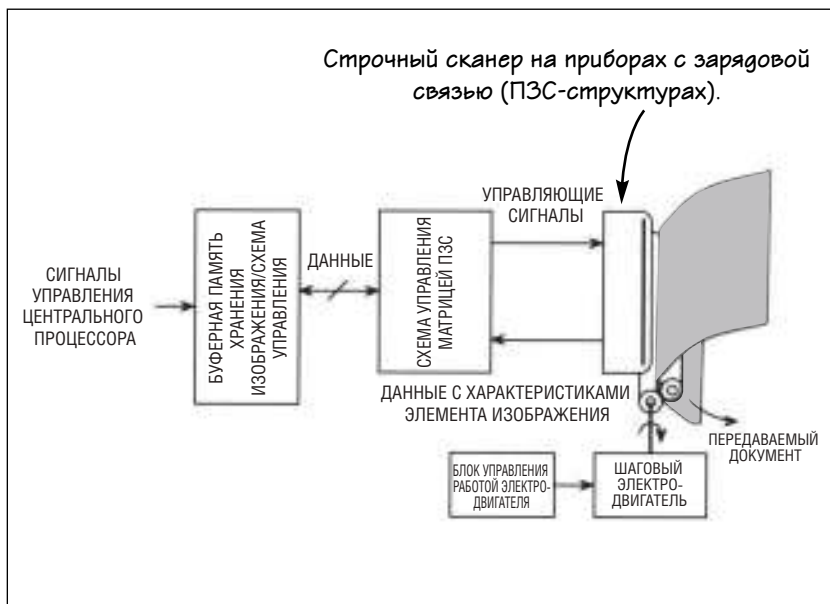
Рис. 9.21.
Блок-схема
печатающего
устройства

Передача данных

Во время процесса передачи данных с изображением микропроцессор активирует устройство подачи документа и схему строчного сканирования. Документ проходит через факс-аппарат и производит одновременное сканирование одной строки, используя для этого контактный датчик

изображения, выполненный на приборах с зарядовой связью, или ПЗС-приборах; схема сканирования изображения приводится на рис. 9.22. Строчный датчик формирует массив сигналов о характеристиках строки пикселей, которая поступает на контроллер сканера, в котором массив обрабатывается, а затем поступает на временное хранение в виде массива данных изображения в буферную память. Центральный микропроцессор интерпретирует данные изображения и направляет их в модем. Модем, в свою очередь, пересылает данные по телефонной линии. Как устройство подачи документа, так и устройство подачи бумаги приводятся в действие шаговыми электродвигателями, работой которых управляют схемы управления и контроля над дискретными перемещениями.

Рис. 9.22.
Блок-схема
формирования
массива данных
изображения



Факс-устройства, устанавливаемые в компьютерах

Постоянно увеличивающееся использование персональных компьютеров привело к необходимости использования функции факсимильной передачи в самом компьютере. Новое поколение устройств факсимильной связи предназначено для передачи и приема текстовых и графических файлов непосредственно между компьютером и факс-аппаратом (либо вторым компьютером). Такой «компьютерный факс-аппарат» избавлен от необходимости иметь построчный сканер и термопечатающее устройство, поэтому из подобного устройства оказываются устраненными все механические элементы. Однако, что действительно оказывается необходимым, — так это компьютерная программа,

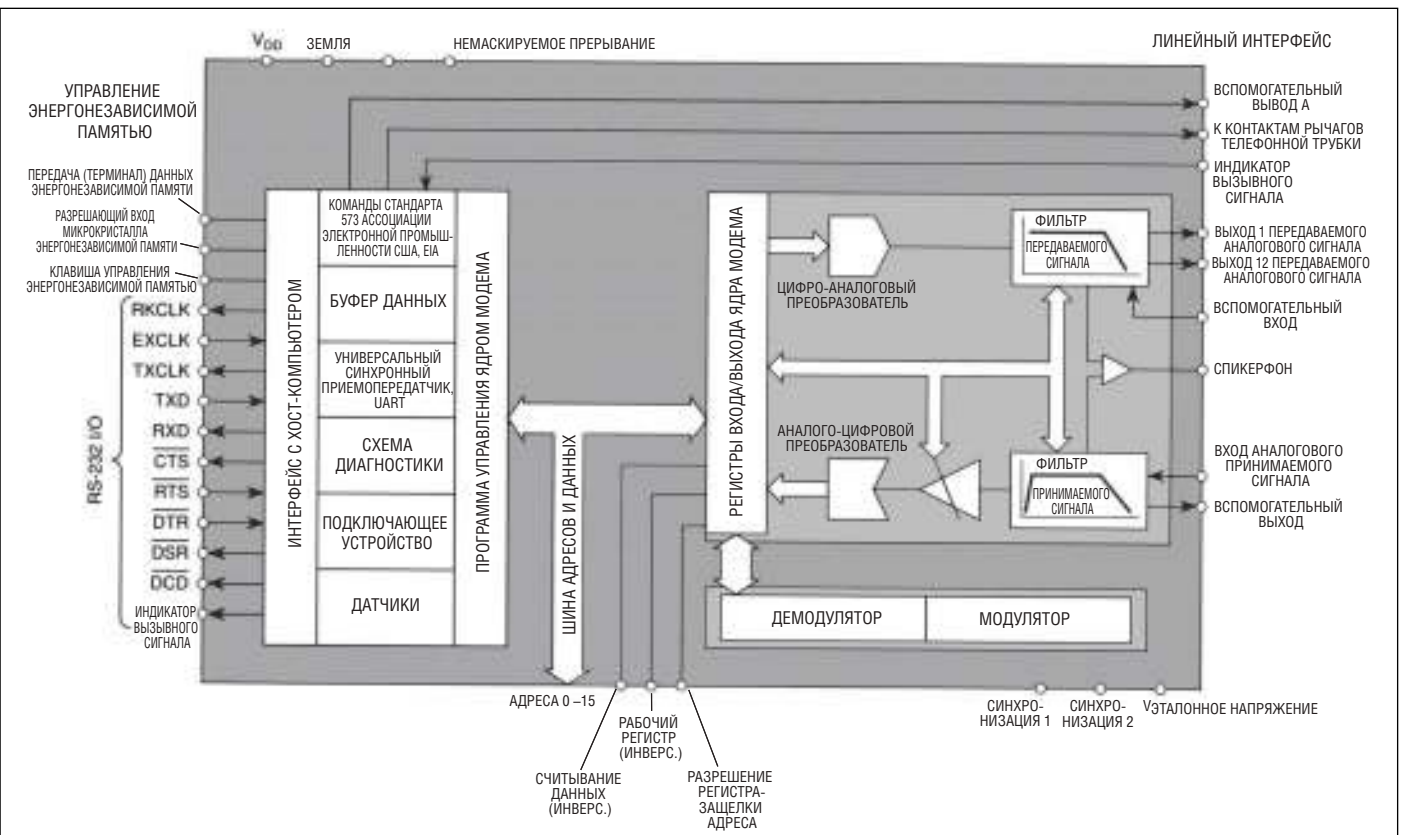
которая будет транслировать текст или графическое изображение в такой тип данных, которые можно будет передавать в виде факс-сообщения и преобразовывать любые поступающие данные в текстовое или графическое изображение, которые можно будет вывести на экран монитора компьютера. Было разработано программное обеспечение, а также изготовлены модемы и факс-аппараты, выполненные в виде единой платы, которые могут устанавливаться в слоты расширения персонального компьютера.

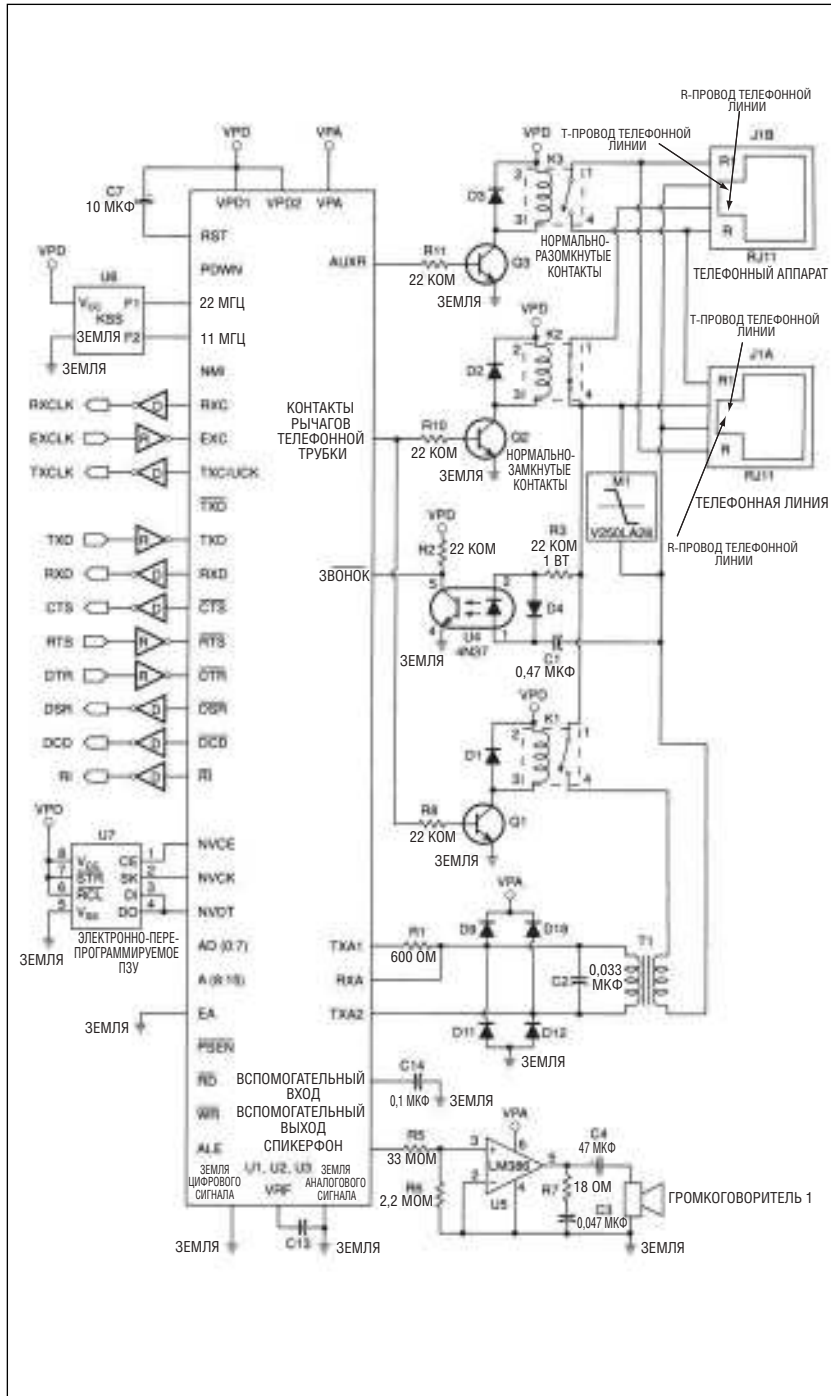
Компьютерный факс-модем на базе интегральных микросхем SSI 73D2291/2292

Своего рода сердцем всех устройств факсимильной связи, устанавливаемых в компьютерах, является факс-модем, который преобразует цифровую информацию, содержащуюся в файле, в аналоговый телефонный сигнал, а также выполняет обратную операцию. Компания Silicon Systems Incorporated выпускает интегральную микросхему факс-модема SSI 73D2291/2292, предназначенную специально для использования в персональных компьютерах, ноутбуках и портативных системах факсимильной связи. Блок-схема интегральной микросхемы SSI 73D2291/2292 приведена на рис. 9.23.

Связь с хост-компьютером осуществляется через встроенный порт RS-232. Интегральная микросхема факс-модема SSI 73D2291/2292 автоматически настраивается на свою собственную скорость передачи данных в зависимости от скорости работы компьютера, а также скорости приема передаваемых данных факс-аппаратом в месте назначения. Интегральная микросхема использует команды компьютера высокого уровня для контроля над процессами набора номера, ответа, громкости спикерфона, а также над параметрами связи, такими как синхронная либо асинхронная передача данных, конфигурация стартового и стопового битов, выбор тонального или импульсного режима набора номера. Полная схема, используемая для аппарата факсимильной связи на базе персонального компьютера, приводится на рис. 9.24. Все, что необходимо для нее, — это блок универсального асинхронного приема-передатчика, UART, который необходим для преобразования параллельного потока данных в последовательный, телефонная линия, а также программное обеспечение, необходимое для сжатия-расширения и мультиплексирования данных факс-сообщения, а также для управления работой монитора компьютера и выводом на печать. Дополнительная энергонезависимая память может быть использована для хранения индивидуальной информации либо идентификационных данных факс-аппарата.

Рис. 9.23.
Блок-схема
интеральной
микросхемы SSI
73D2291/2292
(с тобэного
разрешения
компании Silicon
Systems Inc.)





Для обозначения границ фреймов передаваемых данных в факс-модеме SSI 73D2291/2292 используется высокоуровневый протокол управления каналом передачи данных (HDLC протокол). Он также поддерживает функцию обнаружения и коррекции ошибок путем добавления контрольной суммы фрейма в передаваемый поток данных. Рабочие последовательности факс-модемов похожи на последовательности, применяемые в стандартных модемах (не считая того, что они значительно сложнее), так как при работе факс-модема применяется преобразование форматов и дополнительное сжатие файлов по сравнению с обычной передачей данных.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Модем преобразует цифровой сигнал в такую форму, в которой может быть передан по стандартной телефонной линии.
2. Цифровые данные форматируются в виде последовательного потока данных, представляющего различные типы последовательностей в зависимости от того, будет ли использован синхронный или асинхронный метод передачи.
3. При передаче цифровых данных по телефонной линии используются вызывающий модем и принимающий модем, установленные на противоположных концах линии связи.
4. При работе с модемом может использоваться как дуплексный, так и полудуплексный (симплексный) режимы связи.
5. Для передачи данных в модеме используется метод модуляции несущей.
6. В модеме производится демодуляция несущей для преобразования полученных данных обратно в исходную цифровую форму.
7. Стандарт Ассоциации электронной промышленности США, применяемый в Соединенных Штатах, и стандарт Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи (CCITT), используемый на территории Европейских стран, устанавливает уровни сигналов и распределение выводов (стандартных разъемов — В.Н.) для подключения модемов к терминальному цифровому оборудованию.
8. Протоколы передачи представляют наборы правил, используемых при передаче цифровых данных, которые устанавливают порядок программирования терминального оборудования для осуществления процесса передачи данных.

Контрольные вопросы к главе 9

1. Какой тип модуляции используется в модемах:
 - а) фазовая модуляция;
 - б) частотная модуляция;
 - в) амплитудная модуляция;
 - г) импульсная модуляция;
 - д) все виды модуляции, за исключением указанной в п. г).
2. При асинхронном методе передачи данных синхронизация потока должна осуществляться:
 - а) передающим устройством;
 - б) принимающим устройством;
 - в) принимающим и передающим устройствами совместно;
 - г) ни одним из устройств;
 - д) любым из вышеперечисленных способов.
3. Дополнительной функцией, которую способны выполнять современные модели модемов, является:
 - а) обеспечение скорости передачи данных вплоть до значений 56000 бит/с;
 - б) асинхронный режим передачи данных;
 - в) плезиохронный режим передачи данных;
 - г) ни одна из вышеперечисленных функций.
4. Наиболее часто применяемым на территории США стандартом, предназначенным для сопряжения цифрового терминального оборудования с модемами, является:
 - а) эксплуатационные данные;
 - б) код Бодо;
 - в) RS-232C Ассоциации электронной промышленности США;
 - г) Американский стандартный код обмена информацией, ASCII;
 - д) Протокол № 5 Консультативного комитета по международной телефонной и телеграфной связи, CCITT.
5. Модемы наиболее современных разработок, в которых для применения более совершенных методов модуляции используются электронные микросхемы невысокой стоимости, в настоящее время могут:
 - а) обеспечить совместимость с передачей данных на скорости 1200 бит/с;
 - б) обеспечить совместимость с передачей данных на скорости 300 бит/с сигналов, соответствующих Стандарту 103 компании Белл;

- в) передавать сигнал со скоростью 1200 бит/с в полнодуплексном режиме;
 - г) обеспечивать множественный доступ с уплотнением по времени, TDMA;
 - д) все из вышеперечисленных функций.
6. Отличия синхронного метода передачи от асинхронного заключаются:
- а) в способе, которым обеспечивается синхронизация;
 - б) в способе, которым определяется начало блока данных;
 - в) в способе, которым определяется начало передаваемого символа;
 - г) во всех вышеперечисленных способах;
 - д) ни в одном из вышеперечисленных способов.
7. Параметром, который сильнее всего влияет на характеристику передачи данных высокоскоростным модемом, является:
- а) искажение фазы сигнала;
 - б) искажение амплитуды сигнала;
 - в) частотный сдвиг сигнала;
 - г) импульсные помехи.
8. Контроль за отсутствием ошибок в передаваемых данных осуществляется с использованием:
- а) методов повторной передачи;
 - б) битов избыточности;
 - в) битов четности;
 - г) методов циклического избыточного контроля;
 - д) всех выше указанных методов.
9. Протокол передачи данных может быть:
- а) бит-ориентированным;
 - б) байт-ориентированным;
 - в) символьно-ориентированным;
 - г) любым из вышеперечисленных;
 - д) ни одним из вышеперечисленных.

Глава 10. Волоконно-оптические каналы связи

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

Волоконно-оптический (или световодный) кабель представляет самое последнее достижение в технологии и оборудовании средств телекоммуникаций в той степени, в которой он может быть ассоциирован с понятием «прокладка проводов и кабелей связи», применяемым в электросвязи. Если попытаться дать краткое определение, то *волоконно-оптический кабель представляет среду для прохождения светового луча, изготовленную из стекловолокна либо высокомолекулярного волокна, в силу чего этот световой луч может распространяться по траектории, отличающейся от направления прямолинейного распространения света*. Если световой луч может быть закодирован (или модулирован) с использованием сигнала, содержащего информацию, то такой оптический сигнал может быть передан через светопроводящую среду. В этой главе будут рассмотрены некоторые вопросы, касающиеся основных принципов передачи оптического сигнала и применения волоконно-оптических систем.

СРЕДСТВА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Осуществление связи либо передача данных с использованием волоконно-оптических кабелей имеет много преимуществ, среди основных из них можно отметить следующие:

- очень широкую полосу пропускания (обеспечивает передачу видеосигнала, большого количества голосовых каналов либо высокоскоростную передачу компьютерных данных);
- очень низкую удельную массу и малый диаметр поперечного сечения;
- малые потери на прохождение сигнала по сравнению с другими передающими средами;
- отсутствие влияния (помех) электромагнитного излучения на сигнал;
- высокий уровень электрической изоляции кабеля;
- взрывобезопасность;
- высокую степень защиты передаваемой информации от несанкционированного доступа;
- высокие характеристики надежности передачи информации.

Волоконно-оптический кабель характеризуется очень высоким значением полосы пропускания. Поэтому по одному такому кабелю одновременно может передаваться большое количество телефонных разговоров.

Выгодность широкой полосы пропускания волоконно-оптического кабеля, используемого для передачи данных, заключается в том, что он способен одновременно передавать огромное количество информации, эквивалентное информации, передаваемой электронными средствами. Например, такой кабель может передавать более одного видеосигнала (для передачи которого обычно требуется полоса пропускания от 600 кГц до 6 МГц, в зависимости от используемого разрешения). Либо по волоконно-оптическому кабелю можно одновременно передавать большое количество голосовых телефонных каналов. Следует учесть также возможность осуществлять обмен данными между компьютерами с высокими скоростями. Оказывается возможным передавать либо несколько каналов со сверхвысокими скоростями, либо большее количество низкоскоростных каналов с параллельной передачей данных. Свойства волоконно-оптических средств связи настолько замечательны, что в самом недалеком будущем следует ожидать значительного увеличения их доли в средствах телекоммуникаций.

Небольшая удельная масса изделия и его малый наружный диаметр, включая низкие потери при прохождении сигнала, дают использованию волоконно-оптического кабеля в телекоммуникациях огромные экономические преимущества в тех случаях, когда рассматривается вариант передачи огромного количества каналов. Для передачи такого же количества каналов с использованием коаксиальных кабелей, или кабелей с «витой парой», для системы связи понадобилась бы гораздо более развитая и большая по размерам инфраструктура.

ПОМЕХИ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ

Одним из преимуществ волоконно-оптического кабеля является отсутствие воздействия электромагнитного излучения на передаваемый сигнал. Такому влиянию оказываются подверженными только электронные схемы, установленные на концах волоконно-оптического кабеля.

Помехи, вызываемые электромагнитным излучением, часто также называемые радиопомехами, являлись раздражающим фактором в электронике, начиная с той поры, когда Маркони (Marconi) и Дефорест (DeForest) создавали помехи друг другу при проведении радиоиспытаний во время соревнований гоночных яхт в Ньюпорте накануне наступления двадцатого века. В настоящее время помехи, вызванные электромагнитным излучением, являются гораздо большим чем просто раздражающим фактором — они могут привести к трагическим последствиям. Например, в системах управления современных авиалайнеров все интенсивнее применяется компьютерная цифровая техника. Недавно один второй пилот отпустил саркастическое замечание (относительно техники пилотажа современных самолетов), что совершенно не обязательно знать, как вообще

управлять полетом самолета, но обязательно надо обладать навыком набирать на клавиатуре компьютера не менее 80 слов в минуту. Это замечание просто-напросто показывает, какими зависимыми стали современные самолеты от надежности работы бортовых компьютеров и средств взаимодействия между цифровыми устройствами. Если радиопередатчик, радиолокатор или электродвигатель действует в непосредственной близости от линии внутренней связи, то оказывается вполне возможным, что его работа может либо привести к генерированию ложных сигналов, либо же исказить передаваемые данные в тех случаях, если в конструкции не будут предусмотрены специальные меры защиты. Также следует помнить, что электромагнитные помехи вызываются электрическими или магнитными полями, связанными с прохождением электрического сигнала в электрических кабелях, поэтому волоконно-оптический кабель, не имеющий подобных электрических полей, сам совершенно не создает электромагнитных помех.

Электрическая изоляция используется во всех электрических системах и не только для того, чтобы обеспечить безопасность персонала, а также для того, чтобы исключить повреждение электрических и электронных систем. В ряде промышленных процессов используются высокие напряжения, однако электронные приборы и системы, управляющие такими процессами, питаются, как правило, низкими напряжениями, кроме того, контрольно-измерительные приборы заземлены. В результате нарушения электрической изоляции высоковольтное напряжение может повредить контрольно-измерительные приборы. В системах же с волоконно-оптическими кабелями оказывается возможным использовать датчики с плавающим напряжением, а затем передавать данные от них по волоконно-оптическому кабелю к электрически заземленному, низковольтному компьютеру, устройству или системе управления.

Волоконно-оптический кабель может передавать световой пучок между электронными схемами, которые не являлись бы связанными между собой электрически, что делает подобные системы на основе волоконно-оптических кабелей идеальными для применения в средах со взрывоопасными газами или парами, в ядерных реакторах или в других опасных условиях. Регулярно возникающее искрение на контактах электрических переключателей или реле при их замыкании или размыкании может привести к взрыву или воспламенению взрывоопасных газов или паров. Подобный трагический взрыв произошел накануне 1980 г. в операционной госпиталя, а электрическая искровка, проскочившая между контактами переключателя, привела к взрыву на бензозаправочной станции.

Сохранность и безопасность передаваемых данных обеспечивается тем, что от волоконно-оптического кабеля очень трудно сделать отвод. Это связано с тем, что в системе оптической связи необходимо сделать реальное физическое подключение, которое немедленно приведет к ощутимым потерям мощности оптического сигнала. В проводных же, традиционных системах емкостные или индуктивные методы съема информации позволяют получить электрический сигнал, который гораздо меньше полного сигнала. Также следует учитывать, что волоконно-оптическая система связи обеспечивает гораздо более высокую безопасность и в другом смысле этого слова, так как передающее и принимающее оборудование систем связи, в которых используются волоконно-оптические кабели, может быть спроектировано как имеющее повышенную надежность, чтобы один случайный сбой не привел бы к нарушению работы всей системы.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТОВОГО СИГНАЛА В ВОЛКОННО-ОПТИЧЕСКОМ КАБЕЛЕ

На физические принципы передачи сигнала с использованием оптических волокон впервые было указано еще в давние 70-е годы девятнадцатого столетия, когда Джон Тинделл (John Tyndell) продемонстрировал членам Британского Королевского общества свой экспериментальный прибор (рис. 10.1). Уже ближе к нашим дням, но опять же не совсем удачно с точки зрения практического применения, для переноса информации о цветном сигнале в телевизионной системе передачи цветного изображения, запатентованной Дж. Ай. Бердом (J. I. Baird), использовались стеклянные светопроводящие стержни. К 1966 г. С. Хокхам (С. Hockham) и С. Као (С. Kao) продемонстрировали систему, в которой световой луч использовался для передачи данных по стеклянному волокну. Той изюминкой, которая сделала предложенную Хокхамом и Као систему передачи оптического сигнала работоспособной, оказалось снижение потерь в диэлектрическом материале до приемлемого уровня. К 1970 г. были разработаны теоретические предпосылки для использования в практических целях волоконно-оптических кабелей в системах коммуникаций.

Перед тем как рассмотреть вопросы изготовления и применения волоконно-оптического кабеля, следует вспомнить некоторые положения оптики, которые непосредственно связаны с распространением света в оптической среде.

Краткий теоретический экскурс

Показатель преломления (или коэффициент преломления) представляет собой отношение скорости светового потока в вакууме к скорости этого же потока в физической среде (стекле, пластмассе, воде и т.п.). Из чисто практических соображений принимается, что скорость распространения света в воздушной среде достаточно близка к значению скорости распространения в вакууме и при инженерных расчетах принимается равной ей. С математической точки зрения, коэффициент преломления n выражается в виде отношения:

$$n = \frac{c}{v_m} \quad (10-1)$$

где

c — скорость света в вакууме (3×10^8 м/с)

v_m — скорость распространения света в среде.

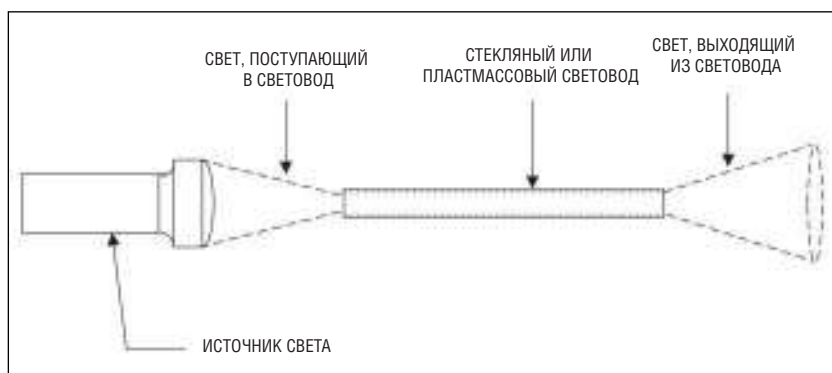
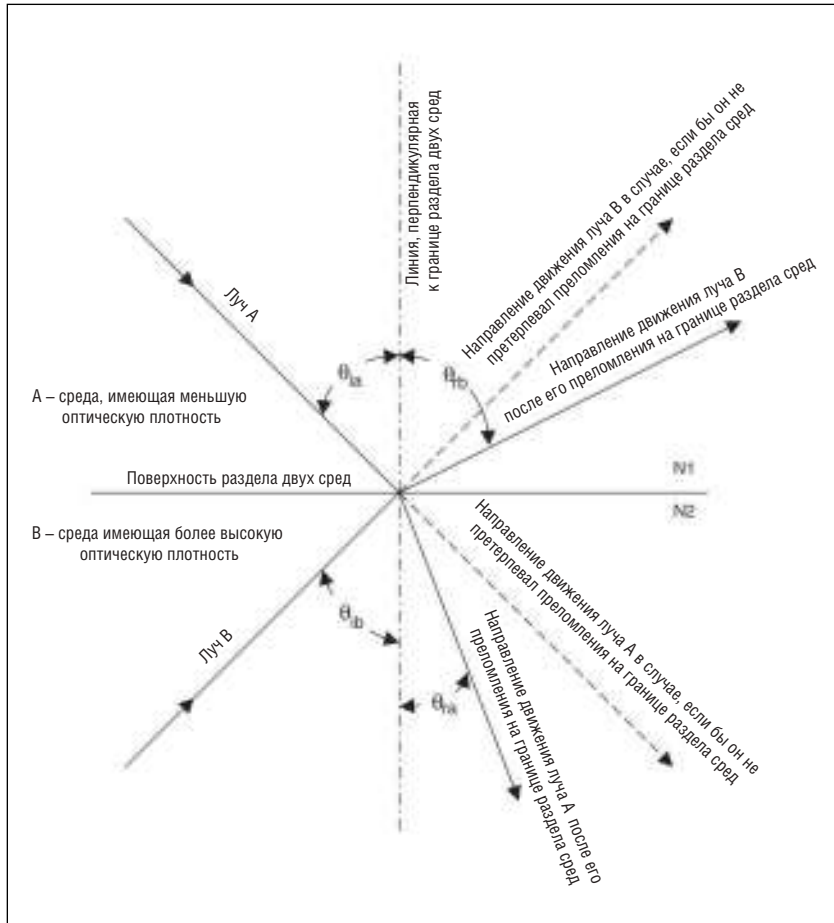


Рис. 10.1.
Экспериментальная установка Тинделла

Явление преломления представляет собой изменение направления распространения светового луча, когда он проходит через границу раздела (или поверхность раздела) двух сред, которые имеют различные коэффициенты преломления. На рис. 10.2 изображены два материала, обозначенные как N1 и N2, которые имеют коэффициенты преломления n_1 и n_2 соответственно. Чем больше разница в оптической плотности двух сред, тем выше будет преломление, или тем больше будет значение коэффициента преломления. В рассматриваемом на рис. 10.2 примере среда N1 имеет меньшую оптическую плотность по сравнению со средой N2. Рассмотрим падающий луч А, который падает на границу раздела со стороны среды, имеющей меньшую оптическую плотность (переход луча из среды N1 в среду

Рис. 10.2.
Рефракция

N2). Как только оптический луч пересекает границу раздела сред, он изменяет направление своего распространения, при этом новое направление распространения окажется расположенным ближе к линии нормали (линии, проведенной под углом 90° относительно поверхности раздела). Луч В подходит к поверхности раздела из среды, имеющей более высокую оптическую плотность (переход луча из среды N2 в среду N1). В этом случае световой луч точно так же будет претерпевать преломление (или отклонение) от своего первоначального направления распространения, однако отклонение луча в этом случае будет происходить в противоположном направлении относительно линии нормали.

В преломляющих системах угол преломления представляет собой отношение двух значений коэффициентов преломления, иными словами, он подчиняется закону Снелла (Snell's law):

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \quad (10-2)$$

или

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} \quad (10-3)$$

где

θ_i — угол падающего луча относительно нормали,

θ_r — угол преломленного луча относительно нормали.

Особый интерес в волоконной оптике представляет случай, когда световой луч проходит из одной оптической среды в другую, которая имеет меньшую оптическую плотность по сравнению с первой средой. Такая ситуация возникает при переходе светового луча из воды в воздушную среду либо в случае, представленном на рис. 10.2 для луча В, когда две среды, например два стекла, характеризующиеся различными коэффициентами преломления, имеют общую границу раздела.

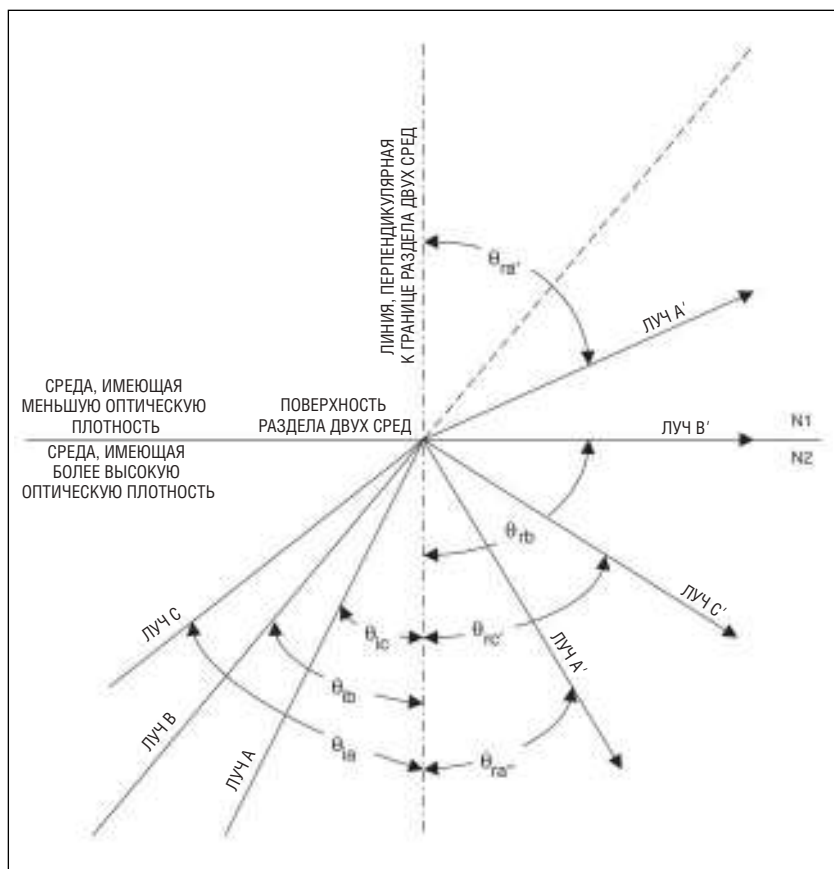


Рис. 10.3.
Критический угол
отражения
светового луча

На рис. 10.3 представлена подобная система, на которой изображен ход трех различных световых лучей, попадающих в одну и ту же точку на поверхности раздела двух сред, но при этом углы падения всех трех лучей отличаются и имеют значения θ_{ia} , θ_{ib} и θ_{ic} соответственно. При этом луч А попадает на границу раздела под углом, называемым докритическим углом θ_{ia} , поэтому он расщепляется на два луча: А' и А". Отраженная часть, А", содержит относительно незначительную часть энергии полного луча и поэтому может с достаточной точностью считаться (для обычного глаза) невидимой. Основная часть энергии светового луча, заключенная в его части А", проходит через границу раздела, при этом луч преломляется обычным образом под углом θ_{ra} .

Во втором случае световой луч В приходит к границе раздела под так называемым критическим углом, θ_{ib} , и после преломления направление его движения совпадает с линией, которая будет перпендикулярна к линии нормального падения лучей, т.е. этот луч после преломления будет распространяться параллельно границе раздела поверхностей. В учебной литературе по оптике этот критический угол падения луча принято обозначать как θ_c .

И наконец, в третьем случае световой луч С падает на поверхность раздела под углом, величина которого будет больше критического значения и который обычно называется сверхкритическим углом. Никакая доля светового потока не проходит через границу раздела, и после преломления луч будет полностью распространяться в исходной среде. Такое явление получило название полного внутреннего отражения, TIR^{*}. И именно это явление лежит в основе работы волоконно-оптического кабеля.

Волоконно-оптический кабель

Для принципа действия волоконно-оптического кабеля можно провести некоторые аналогии с работой СВЧ волновода, поэтому понимание процессов, происходящих в волноводе, полезно для понимания принципа работы волоконно-оптического кабеля. В простом схематичном виде модель волоконно-оптического кабеля изображена на рис. 10.4. Пластина из оптически прозрачного материала (N1) помещена между двумя слоями материала (N2), имеющего меньшую оптическую плотность по сравнению с материалом (N1). Световые лучи, которые подходят к границе раздела двух этих материалов под сверхкритическим углом, претерпевают полное внутреннее отражение от границы раздела (N2 → N1 и N1 → N2). Хотя на рисунке приводится пример только одного подобного отражения, световой луч будет претерпевать подобные полные внутренние отражения на всем своем пути прохождения через материал (N1). Та часть энергии све-

^{*} Хотя данное явление и получило название полного внутреннего отражения, в его основе все-таки лежит явление преломления света.

тового потока, который претерпевает полное внутреннее отражение и продолжает свое распространение в исходном материале N1, составляет порядка 99,9% от исходного значения, что значительно превышает подобную характеристику для обычного плоского зеркала, для которого энергия отраженного светового потока колеблется от 85 до 96%.

Реальные кабели для волоконно-оптической связи изготавливаются, естественно, не в виде плоских сэндвич-структур, а имеют цилиндрическую форму; поперечное сечение подобного кабеля изображено на рис. 10.5. Приведенная на рисунке конструкция получила название волоконно-оптического кабеля с оболочкой или покрытием, так как внутренний слой кабеля (получивший название сердцевины кабеля) окружен слоем материала, имеющего меньшую оптическую плотность и получившего соответственно название внешней оболочки. На рис. 10.5 показаны два световых луча, каждый из которых поступает в систему под сверхкритическим углом. Такие лучи будут распространяться по цилиндрическому волоконно-оптическому кабелю с очень малыми потерями энергии светового потока.

На самом деле существует два механизма распространения световых лучей в волоконно-оптическом кабеле. Механизм, посредством которого распространяется меньшая часть энергии светового луча (получивший название меридионального луча), гораздо легче для понимания и имеет хорошо проработанные математические модели, которые приводятся в подавляющем большинстве учебников из-за того, что все лучи лежат в плоскости, проходящей через оптическую ось кабеля (рис. 10.6а). В механизме, за счет которого распространяется подавляющее количество энергии луча и получившем название косого луча, распространение осуществляется по винтовой траектории, в силу чего такой случай оказался несколько сложнее для понимания и математического описания процесса (рис. 10.6б).

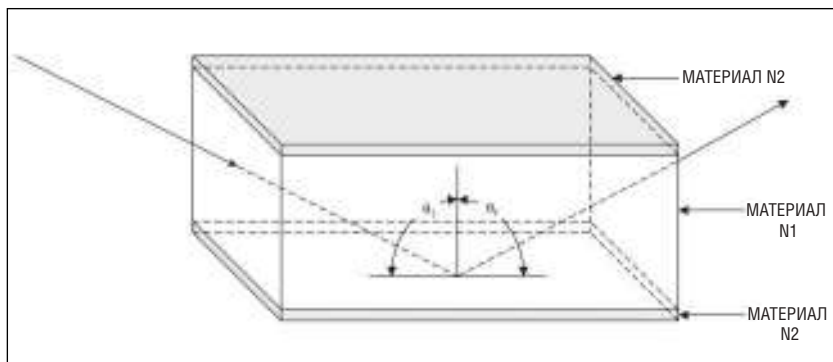


Рис. 10.4.
Модель волоконно-оптического кабеля

Рис. 10.5.
Отражение
световых лучей
в стекловолокне

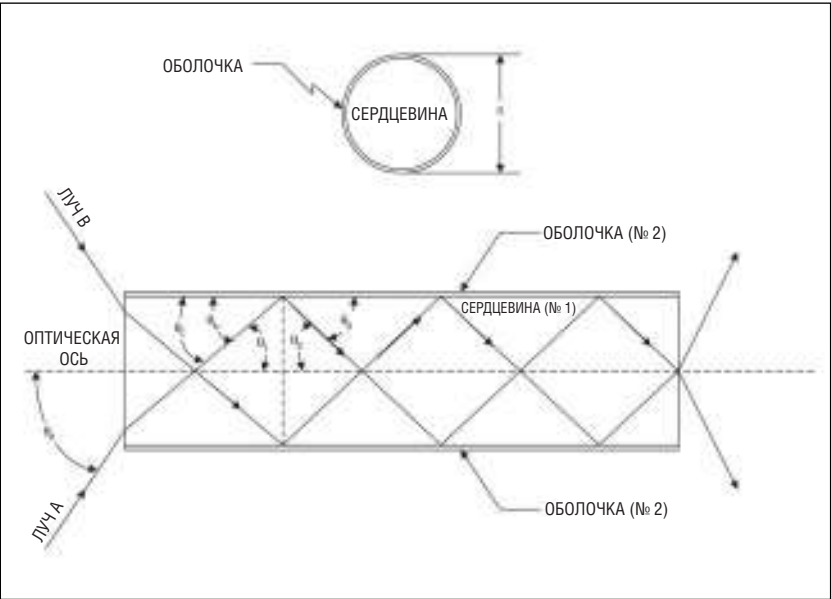
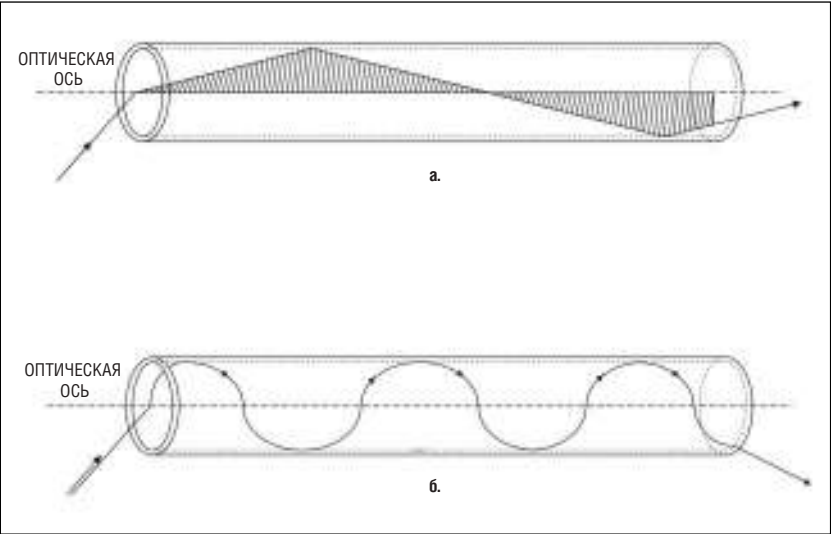


Рис. 10.6.
Механизмы
распространения
светового потока
в оптическом
волокне



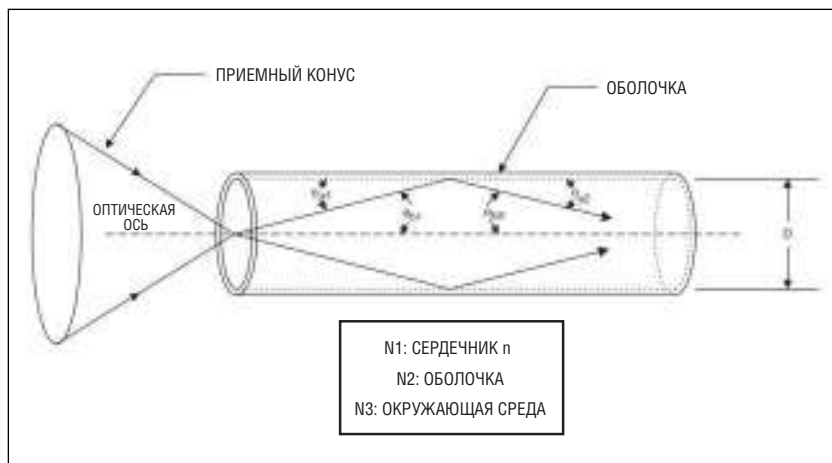


Рис. 10.7.
Приемный конус
волоконно-
оптического кабеля

Приемный конус волоконно-оптического кабеля представляет собой конический участок кабеля, расположенный точно соосно с оптической осью кабеля (рис. 10.7). Приемный угол θ_a является критическим углом для перехода из воздуха ($n = n_a$) в материал сердечника волоконно-оптического кабеля ($n = n_1$). Способность конуса собирать световой поток прямо пропорциональна размерам приемного конуса и численно выражается в виде значения апертурного числа (NA), определяемого выражением:

$$NA = \sin \theta_a \quad (10-4)$$

Угол преломления лучей (если считать относительно внутренней поверхности раздела среды сердцевины (n_1)) с воздухом определяется с помощью выражения Снеллиуса (Snell):

$$\theta_{b1} = \arcsin\left(\frac{n_a \sin \theta_a}{n_1}\right) \quad (10-5)$$

Может быть показано, что

$$\theta_{a1} = \theta_{a2} \quad (10-6)$$

$$\theta_{b1} = \theta_{b2} \quad (10-7)$$

$$\theta_{a1} = \frac{\theta_a}{n_1} \quad (10-8)$$

Подставляя в формулу для апертурного числа значения коэффициентов преломления среды, окружающей оптическое волокно, и оболочки, можно получить следующее выражение:

$$NA = \sin \theta_a = \frac{1}{n_a} \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2} \quad (10-9)$$

Если окружающей средой является воздух, то вышеприведенная формула принимает упрощенный вид:

$$NA = \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2} \quad (10-10)$$

Если рассматривать внутреннюю часть оптического волокна, то критические значения для углов преломления θ_{a1} и θ_{a2} определяются соотношением значений коэффициентов преломления n_1 и n_2 двух материалов:

$$\theta_{a1} = \frac{\arcsin \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2}}{n_1} \quad (10-11)$$

Типичное значение апертурного числа для материалов, используемых в волоконно-оптических кабелях, имеет значение от 0,1 до 0,5. Стандартное многомодовое стекловолокно имеет диаметр D от 125 до 200 мкм (диаметр сердцевины составляет от 50 до 100 мкм). В системе обозначений, используемой для обозначения размеров стекловолокна, применяется соотношение диаметров сердцевины и диаметров внешней оболочки, например соотношение 50/125. Способность устройства собирать световой поток ζ пропорциональна квадрату произведения апертурного числа на диаметр:

$$\zeta \propto (NA \times D)^2 \quad (10-12)$$

где

ζ - относительное значение способности собирать световой поток,

NA — числовое значение апертуры,

D — диаметр стекловолокна.

Межмодовая дисперсия

После того как оптический луч попадает в оптическое волокно, он может распространяться по любому из множества возможных путей, однако при этом возникают частичные ограничения, определяемые углом между вектором входного излучения и оптической осью стекловолокна (рис. 10.8).

Эти пути получили название видов, или мод, распространения; они могут изменяться от мод очень низкого порядка, распространяющихся практически параллельно оптической оси стекловолокна

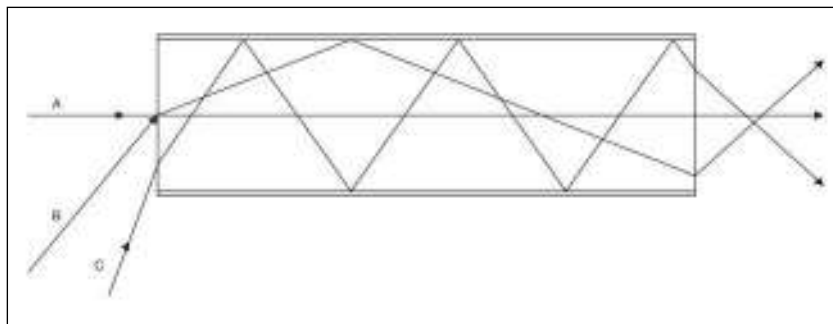


Рис. 10.8.
Виды (моды,
варианты)
распространения
светового луча в
стекловолокне

(луч А), до мод очень высокого порядка, угол преломления которых очень близок к критическому значению (луч С), при этом существует большое количество промежуточных вариантов путей распространения светового луча, которые заключены между этими предельными вариантами. Наиболее важным параметром, который характеризует эти различные моды, является очень сильно различающиеся между собой значения относительной длины пути, проходимого световым лучом. Они могут изменяться от минимального значения для мод низшего порядка до максимального значения — для мод высших порядков. Если волоконно-оптический кабель имеет только одну сердцевину и один слой внешней оболочки, то он называется стекловолокном со ступенчатым профилем изменения коэффициента преломления, так как показатели преломления изменяют свое значение резко (ступенчато) при переходе от материала сердцевины к материалу оболочки. Количество мод распространения светового луча N , возникающих в таком случае, можно определить с использованием выражения:

$$N = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi D [NA]}{\lambda} \right)^2 \quad (10-13)$$

Для любого оптического волокна, диаметр сердцевины которого D превышает примерно десятикратное значение длины волны излучения ($D \geq 10 \lambda$), будет наблюдаться очень большое количество мод, поэтому такие волокна получили название многомодовых оптических волокон. Для стандартного светового луча, поступившего в подобное стекловолокно со ступенчатым профилем коэффициента преломления, немедленно возникает большое количество равновероятных мод распространения оптического сигнала. Такое разнообразие мод может как повлиять на аналоговый сигнал, так и не оказать на него никакого воздействия, однако, он оказывает весьма вредоносный эффект на цифровые сигналы, который получил даже специальное название: межмодовой дисперсии.

На рис. 10.9 иллюстрируется влияние межмодовой дисперсии на цифровой сигнал. После того как световой импульс, имеющий малую длительность (рис. 10.9а), проходит по волоконно-оптическому кабелю, который характеризуется высоким значением межмодовой дисперсии, получаемый на выходе сигнал (рис. 10.9б) диспергирует, или претерпевает уширение («размазывается» по большей площади). При невысоких скоростях передачи данных влияние этого эффекта может оказаться незначительным, так как информация, содержащаяся в импульсе, может оказаться уже воспринятой до поступления следующего импульса. Однако при высоких скоростях передачи информации импульсы могут частично накладываться один на другой (рис. 10.10), производя неоднозначный для распознавания сигнал, который приведет к большой скорости возникновения ошибок.

Межмодовая дисперсия обычно измеряется относительно ширины импульса в точке со значением -3 дБ (уровне половинного значения мощности). Если на рис. 10.9 отрезок времени между точками на уровне -3 дБ на импульсе подаваемого в волоконно-оптический кабель сигнала обозначить как T , а для импульса принимаемого сигнала аналогичный отрезок времени на уровне -3 дБ обозначить как T_d , то величина дисперсии будет определяться как разница между этими отрезками времени:

$$\text{Дисперсия} = T - T_d \quad (10-14)$$

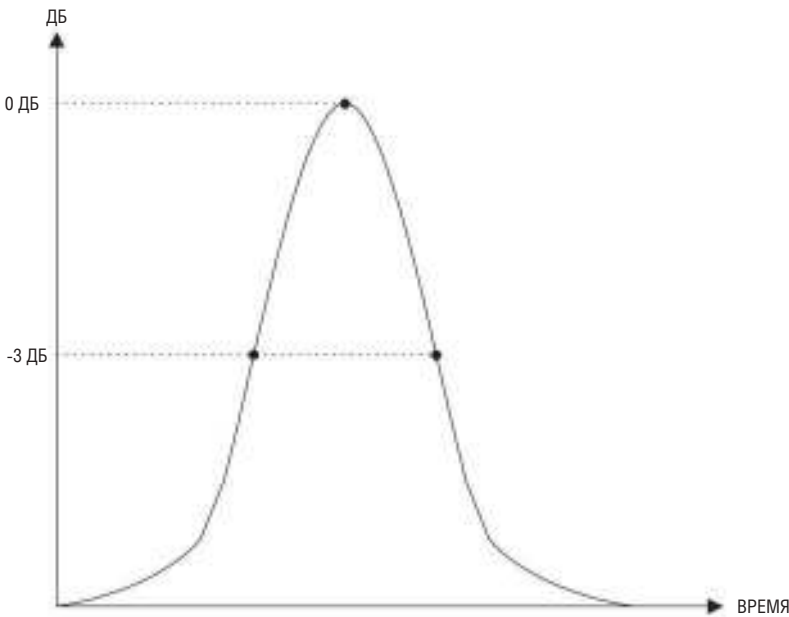
Смысл для измерения значения дисперсии для любого элемента волоконно-оптического кабеля состоит в том, чтобы измерить дисперсию импульса Гауссовой формы (подчиняющегося нормальному закону распределения) на уровне -3 дБ. Волоконно-оптический кабель характеризуется временем дисперсии, выраженным в наносекундах, на один погонный километр стекловолокна (нс/км).

Ширина полосы пропускания волоконно-оптического кабеля (BW), характеризующая скорость передачи данных, выраженную в мегагерцах на погонный километр (МГц/км), может быть рассчитана по известному значению дисперсии с использованием следующего выражения:

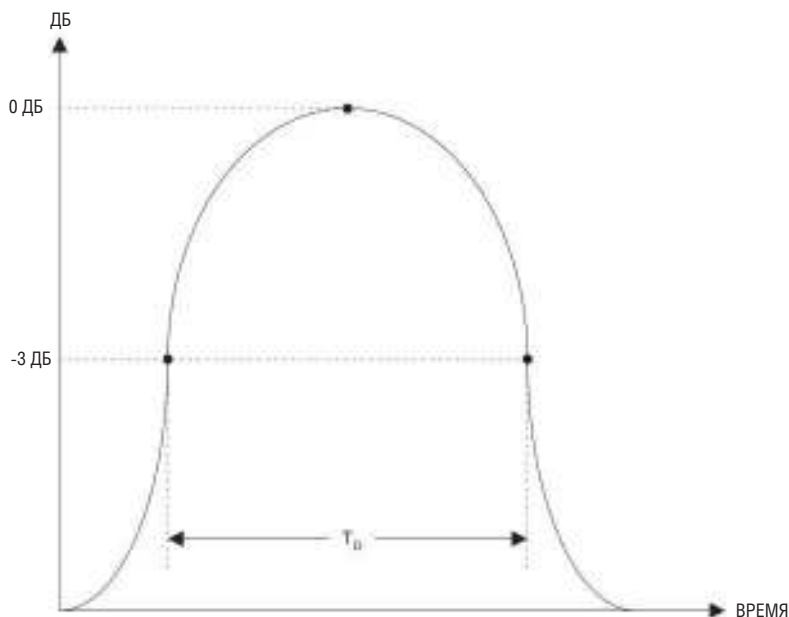
$$BW \text{ (МГц/км)} = \frac{310}{\text{Дисперсия (нс/км)}} \quad (10-15)$$

Коэффициент «310», находящийся в числителе вышеприведенного выражения, представляет численное значение нескольких констант, входящих в него.

Рис. 10.9.
Уширение
импульсов,
вызванное
дисперсией

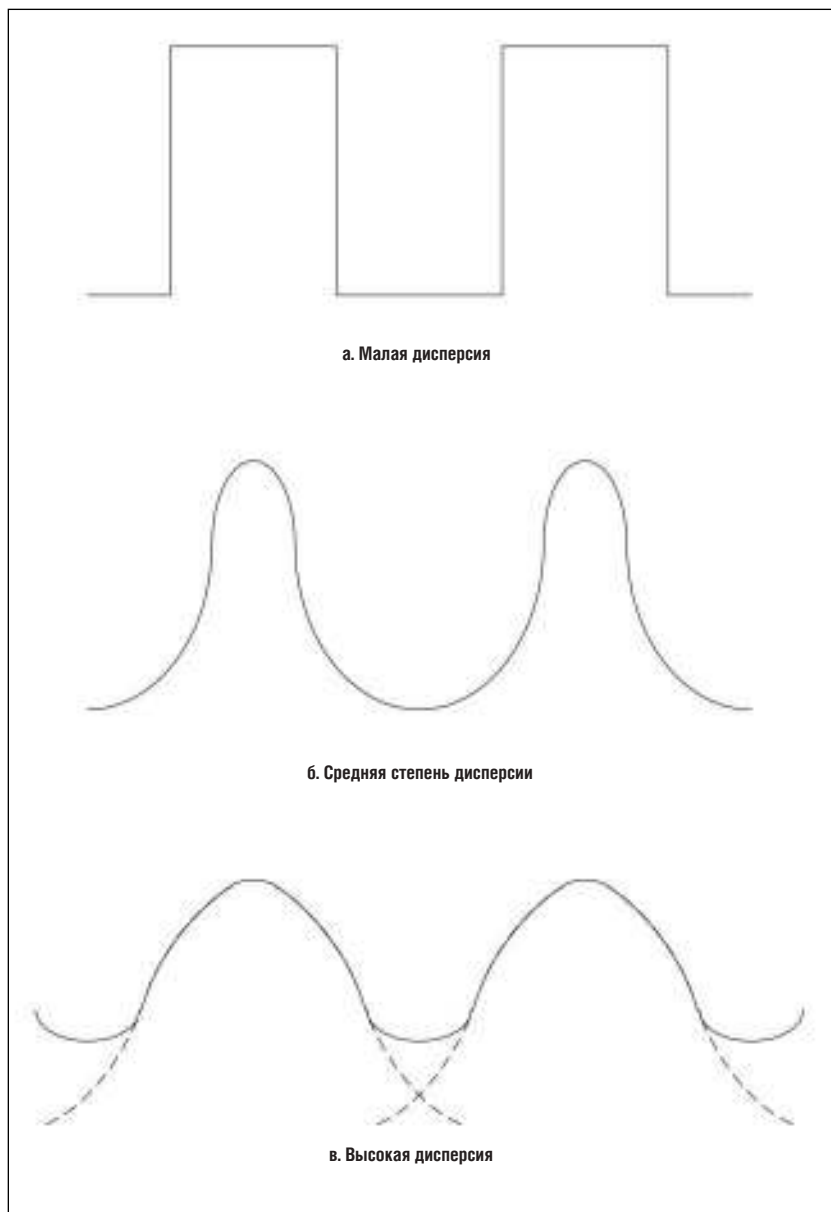


а.



б.

Рис. 10.10.
Эффект,
вызванный
большой по
величине
дисперсией



Оптическое волокно с переменным показателем преломления

Решением проблемы, связанной с дисперсией в волоконно-оптических системах связи, явилось создание оптического волокна, у которого в радиальном направлении плоскости сечения непре-

рывно изменяется коэффициент преломления, значение которого уменьшается с увеличением расстояния от оптической оси. Так как волоконно-оптические кабели с непрерывно изменяющимся значением коэффициента преломления достаточно сложны с точки зрения технологии их изготовления, на практике оказалось возможным изготовить оптическое волокно, состоящее из нескольких концентрично расположенных слоев, имеющих различные коэффициенты преломления (рис. 10.11). Волоконно-оптический кабель такой конструкции получил название оптического волокна с переменным показателем преломления.

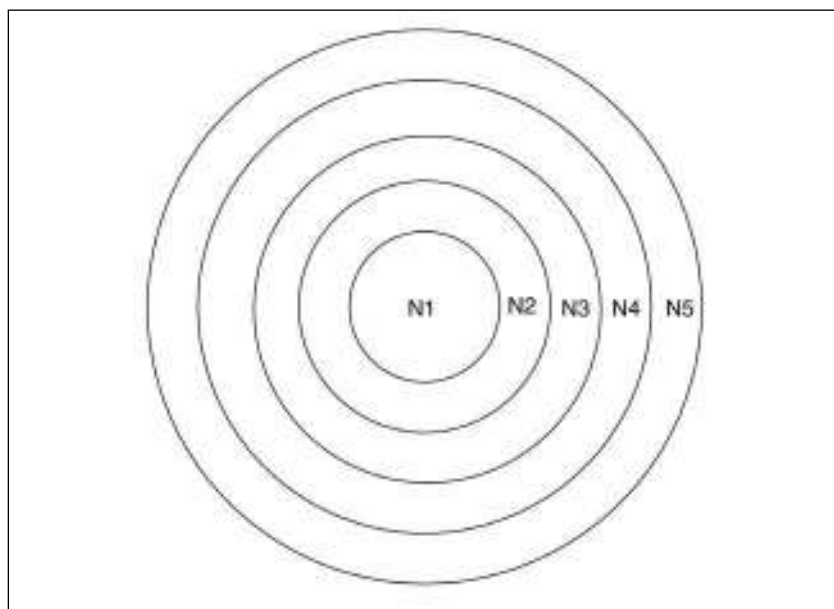


Рис. 10.11.
Оптическое
волокно с
переменным
показателем
преломления

Суммарный коэффициент преломления определяет числовую апертуру оптического волокна и определяется как среднее значение, вычисленное из значений различных слоев.

В оптическом волокне с переменным показателем преломления скорость распространения светового пучка в материале будет больше в слое, расположенном дальше от оптической оси по сравнению со слоями, лежащими ближе к оси. В результате моды более высокого порядка будут распространяться быстрее, чем световые волны более низкого порядка.

Количество мод, распространение которых возможно в волоконно-оптическом кабеле с переменным значением коэффициента преломления, определяется выражением:

$$N = \frac{1}{4} \left(\frac{\pi D [NA]^2}{\lambda} \right) \quad (10-16)$$

Некоторые оптические волокна предназначены для работы с так называемым критическим значением моды, обозначаемым HE_{11} (по аналогии с СВЧ-техникой), при котором сердцевина оптического волокна изготавливается очень тонкой по сравнению с моноמודовыми волоконно-оптическими кабелями. Так как диаметр сердцевины уменьшен, то, естественно, снижается возможное количество мод, поэтому такие волоконно-оптические кабели получили название одномодовых (следует отметить, что специально для Соединенного Королевства Великобритании используется наименование одномодовых). Если сердцевина такого волоконно-оптического кабеля составляет от 5 до 8 мкм, то в этом случае становится возможным использование лишь одной моды HE_{11} . Критический диаметр, необходимый для одномодового режима работы, можно определить с использованием следующего выражения:

$$D_{crit} = \frac{2,4\lambda}{\pi[NA]} \quad (10-17)$$

Так как в одномодовом волоконно-оптическом кабеле снижается количество вероятных для использования мод, то в них также снижается значение межмодовой дисперсии. Таким образом, одномодовые волоконно-оптические кабели способны обеспечить экстремально высокие значения скорости передачи данных либо же очень высокое значение полосы пропускания для аналогового сигнала.

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ СВЯЗИ, В КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ

Потери в волоконно-оптических системах принято выражать в децибелах. Стекловолокно характеризуется очень низким уровнем затухания сигнала, составляющим примерно 0,2 дБ/км при длине волны оптического излучения 1550 нм. Потери возрастают до уровня 0,3 дБ/км при использовании оптического излучения с длиной волны 1300 нм, при уменьшении длины волны до значения 850 нм потери составляют 1 дБ/км.

В системах передачи на большие расстояния используется одномодовое стекловолокно, а в качестве источников света применяются лазерные диоды. Выходная мощность такого лазера лежит, как правило, в диапазоне от 0 до +10 дБм, (монохроматическое – В.Н.) излучение с длиной волны 1300 или 1500 нм используется в многомодовых волоконно-оптических кабелях.

Светоизлучающие диоды (СИД) используются в системах передачи на небольшие расстояния в многомодовых волоконно-оптических кабелях, изготовленных на основе либо стекловолокна, либо пластмассовых (высокомолекулярных) волокон. Светоизлучающие диоды характеризуются более низким уровнем мощности, лежащим в диапазоне от -20 до -10 дБм для многомодовых волоконно-оптических кабелей на основе стекловолокна и порядка 0 дБм — для многомодовых волоконно-оптических кабелей на основе пластмассовых волокон. Наиболее часто используются ИК СИД с длиной волны порядка 850 нм, хотя нашли применение ИК СИД с длиной волны излучения 1300 нм.

Фотодиоды изготавливаются в виде лавинных диодов либо полупроводниковых р-і-n структур. Чувствительность таких устройств лежит в диапазоне от -35 до -10 дБм.

В системе волоконно-оптической связи, в которой используется лазерный источник с мощностью излучения 0 дБм и длиной волны 1300 нм, при передаче сигнала по одномодовому волоконно-оптическому кабелю на основе стекловолокна на расстояние свыше 40 км мощность оптического сигнала на выходе составит порядка 12 дБм. Это означает, что необходимый запас по мощности должен составлять как минимум 20 дБ, который будет учитывать процессы старения (уровень передаваемой мощности в изделии постепенно снижается со временем), а также потери, возникающие в местах сращивания отдельных участков кабельной системы, составляющих, как правило, $0,1$ дБ на одно сращивание.

РАСЧЕТ ПОТЕРЬ В СИСТЕМАХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Понимание причин, вызывающих потери в системах волоконно-оптической связи, а также знание методов их снижения гарантируют правильность проектирования работоспособных систем связи. Перед тем как проанализировать источники потерь, следует слегка освежить в памяти ту терминологию, которая используется для характеристики потерь в системах связи, а также понятий усиления сигнала в электронных системах, которые применяются при обработке сигнала при его подаче в волоконно-оптический кабель или на выходе из него. В списке терминов, применяемых при измерении сигналов, одно из первых мест занимает понятие децибел (определение которого было дано в книге ранее).

Использование при анализе любой системы простых математических операций по сложению и вычитанию вместо операций умножения и деления является небольшой математической хитростью, применяемой, к примеру, при вычислении математических

пропорций. Например, можно взять десятичный логарифм выражения, представленного в виде обыкновенной дроби или отношения, а затем умножить его на какой-нибудь коэффициент (равный 10 или 20). Для системы, в которой используются значения напряжения, например в усилителе напряжений, такое выражение примет следующий вид:

$$\text{дБ} = 20 \log \left(\frac{V_o}{V_{in}} \right) \quad (10-18)$$

На тот факт, что полученное выражение характеризует усиление, указывает знак перед выражением, показывающий, что величина является положительной. Если бы полученное выражение выражало бы потери в системе ($V_o < V_{in}$), то знак выражения был бы отрицательным. Если использовать полученное выражение для отношения величин 0,5/6, то можно было бы выразить потери в виде значения $-21,6$ дБ. Численное значение для выражения потерь окажется для рассматриваемых уровней напряжения точно таким же, что и для усиления сигнала, с тем только отличием, что знаки выражения окажутся противоположными: минус — для ослабления сигнала и плюс — для усиления. Несмотря на то что отношение было выражено в виде логарифма отношения величин, децибел представляет, тем не менее, только способ выражения отношения двух величин. Таким образом, коэффициент усиления, равный 12, может точно также быть выражен в виде усиления, равного 21,6 дБ. Аналогичное выражение может быть применено для усилителя токов, где величина усиления определяется отношением выходного и входного токов, I_o/I_{in} :

$$\text{дБ} = 20 \log \left(\frac{I_o}{I_{in}} \right) \quad (10-19)$$

Для измерения мощностей, которые приобретают особое значение в оптических и волоконно-оптических системах, используется несколько видоизмененное выражение, которое должно отразить тот факт, что мощность всегда пропорциональна квадрату тока или напряжения:

$$\text{дБ} = 10 \log \left(\frac{P_o}{P_{in}} \right) \quad (10-20)$$

Таким образом, выше приведены три основных выражения для расчета отношений сигналов в децибелах: для отношения напряжений, токов и мощностей. Удобство использования единиц децибел заключается в том, что с его помощью можно для нелинейных функций мощности и усиления использовать простые линейные операции сложения и вычитания.

Следует также обратить внимание, что ток, протекающий через фотодиод, пропорционален мощности оптического сигнала. Это означает, что снижение оптической мощности сигнала в 10 дБ приведет к снижению выходной электрической мощности, равному 20 дБ.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЕЛИЧИН, ВЫРАЖЕННЫХ В ДЕЦИБЕЛАХ, В КОЭФФИЦИЕНТЫ УСИЛЕНИЯ ИЛИ ОСЛАБЛЕНИЯ СИГНАЛА

Достаточно часто бывает, что коэффициент усиления выражен в децибелах, и при этом необходимо выразить эту же самую величину в виде отношения уровней выходного и входного сигналов. Например, имеется в наличии усилитель, уровень входного сигнала которого составляет 1 мВ, а усиление равно 20 дБ. Для того чтобы получить значение ожидаемого выходного напряжения, необходимо преобразовать известное выражение ($\text{дБ} = 20 \log[V_o/V_{in}]$) относительно значения выходного напряжения, V_o . В результате будет получено следующее выражение:

$$V_o = V_{in} 10^{(\text{дБ}/20)} \quad (10-21)$$

Отношение величины выходного сигнала к входному	Уровень усиления по току или напряжению, дБ	Уровень усиления по мощности, дБ
1/1000	-60	-30
1/100	-40	-20
1/10	-20	-10
1/2	-6,02 ¹⁾	-3,01 ²⁾
1/1	0	0
2/1	+6,02 ¹⁾	3,01 ²⁾
5/1	+14	+7
10/1	+20	+10
100/1	+40	+20
1000/1	+60	+30
10000/1	+80	+40
100000/1	+100	+50
1000000/1	+120	+60

Таблица 10.1.
Преобразование значений токов, напряжения и мощности, выраженных в децибелах, в отношения величин соответствующих сигналов

¹⁾ Как правило, данное значение округляется до величины 6 дБ.

²⁾ Как правило, данное значение округляется до величины 3 дБ.

Для удобства читателей книги в табл. 10.1 указаны значения усиления и ослабления сигналов, представленные как в виде их отношения, так и в значениях децибельной шкалы. Необходимо особенно подчеркнуть, что значения коэффициентов усиления по току и напряжению, выраженные в децибелах, отличаются ровно в два раза от значений усиления по мощности. Это является следствием того факта, что приходится оперировать с логарифмическим выражениями, а мощность зависит от тока или напряжения во второй степени. Например, $P = U^2/R$. Показатель степени два, например, при проведении математической операции логарифмирования, преобразуется просто в множитель два.

Специальные шкалы, выраженные в децибелах

Специалисты в различных областях науки и техники разработали и используют свои собственные шкалы величин, основанные на децибельной (или логарифмической) шкале, которые более приспособлены к требованиям какой-то конкретной области. Специальная шкала была разработана для случая, когда для значения 0 дБ был принят совершенно определенный уровень сигналов, а отсчет отношений всех остальных уровней сигналов производился относительно этого определенного значения, принятого для уровня 0 дБ. Ниже в качестве примера приводится несколько таких логарифмических шкал, наиболее часто используемых в электронике:

- dBm (дБм) — используется при выполнении СВЧ измерений. В данной шкале уровень усиления 0 дБм определяется как 1 милливатт мощности, рассеиваемой в 50-омной резистивной (активной) нагрузке;
- DBm — используется в ряде телефонных компаний. В качестве стандартного для уровня 0 DBm используется 1 милливатт мощности, рассеиваемой в нагрузке 600 Ом;
- VU — единицы усредненной мощности. Шкала этих единиц используется при проведении акустических измерений; нулевое значение, или 0 VU, определяется как 1 милливатт акустического сигнала с частотой 1000 Гц, рассеиваемого в резистивной (активной) нагрузке с сопротивлением 600 Ом;
- dBmV — используется в коаксиальных кабельных антенных системах телевидения, полное комплексное сопротивление которых составляет 75 Ом. Шкала значений dBmV используется в качестве эталонной точки 0 dBmV напряжением 1 мВ на активной (резистивной) нагрузке с сопротивлением 75 Ом;
- dBkm — эта шкала единиц может использоваться в волоконной оптике и относится либо к усилению, либо ослаблению сигнала относительно уровня ослабления в стандартном

волоконно-оптическом кабеле, имеющем длину в один километр. Наряду с единицами этой шкалы могут использоваться либо единицы dBm (потери, выраженные в децибелах относительно уровня ослабления сигнала в кабеле длиной одна миля — 1609 м), либо единицы dB (относительно потерь в кабеле стандартизированной единичной длины).

За счет внутренних или собственных потерь при прохождении сигнала в волоконно-оптическом кабеле мощность выходного оптического сигнала P_o оказывается меньше мощности оптического сигнала, поступившего на вход. Как и в большинстве физических систем, потери световой энергии в оптоволоконном материале с достаточным приближением могут считаться подчиняющимися закону экспоненциального затухания (рис. 10.12а) и быть выражены в виде следующего соотношения:

$$P_o = P_{in} e^{(-\Lambda/L)} \quad (10-22)$$

где

Λ — длина рассматриваемого оптического волокна,

L — расстояние, на котором член $e^{-\Lambda/L} = e^{-1}$.

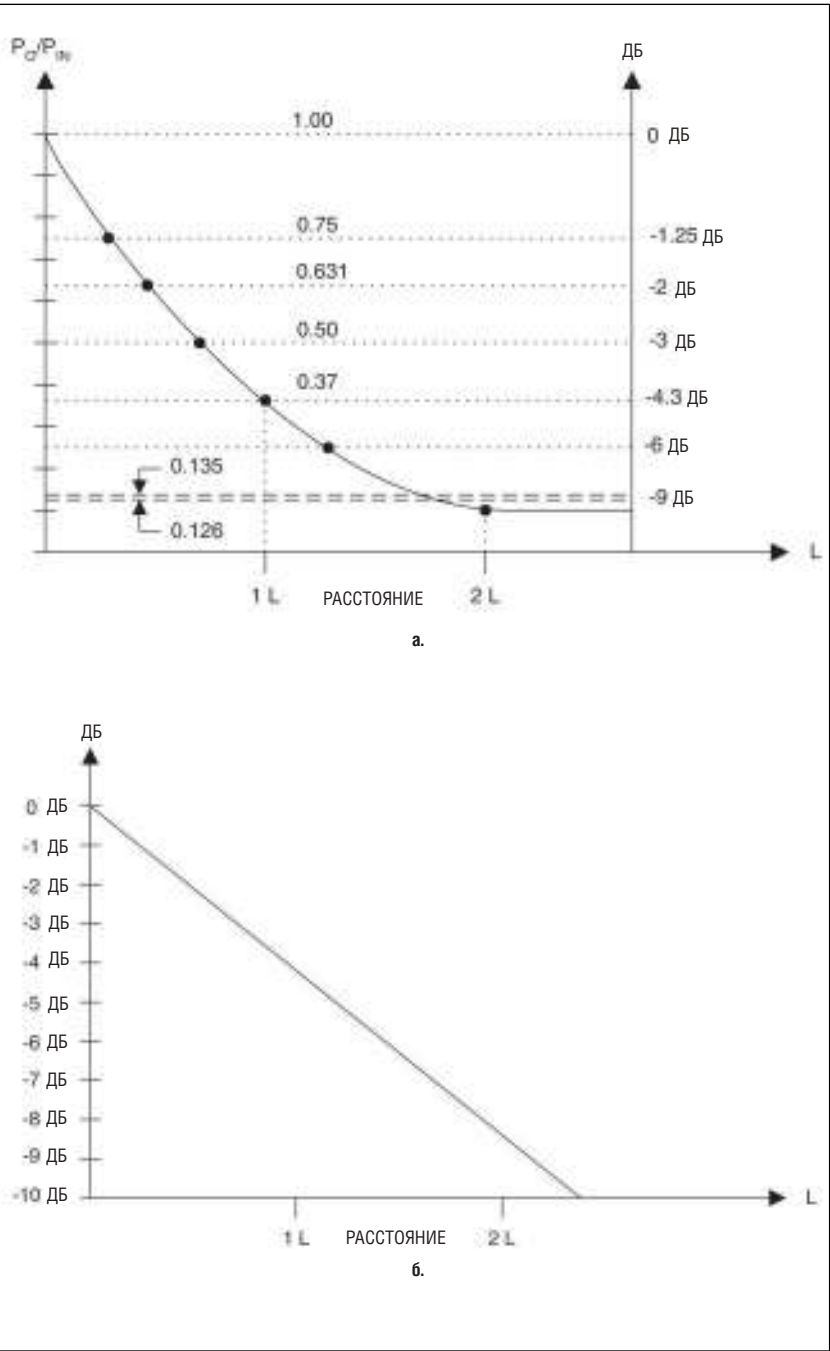
Выражение (10-22), а также сравнение графиков, приведенных на рис. 10.12а и 10.12б, показывают, почему использование шкалы, выраженной в децибелах, является предпочтительнее. Выраженная в децибелах (логарифмическая) зависимость как бы компенсирует экспоненциальную зависимость, что позволяет выполнить расчет потерь в любой рассматриваемой системе путем простого прибавления или вычитания значения, выраженного в децибелах.

Потери в волоконно-оптических системах возникают в результате нескольких причин. Некоторые из них присущи всем без исключения оптическим системам, тогда как другие определяются конструктивными особенностями конкретной системы.

Потери, вызванные дефектами

На рис. 10.13 приведены примеры некоторых возможных источников потерь, происхождение которых связано с дефектами в самом волоконно-оптическом кабеле. Если рассматривать оптическое волокно, лишенное наружной оболочки, то можно видеть поверхностные дефекты (надрезы или царапины), которые нарушают целостность поверхности, позволяя световому потоку покинуть светопроводящую среду. Также в лишенном защитного покрытия оптическом волокне на его поверхности могут, как правило, присутствовать следы смазок, масел либо других поверхностных

Рис. 10.12.
Затухание энергии
светового пучка
в зависимости
от длины
проходимого
расстояния в среде



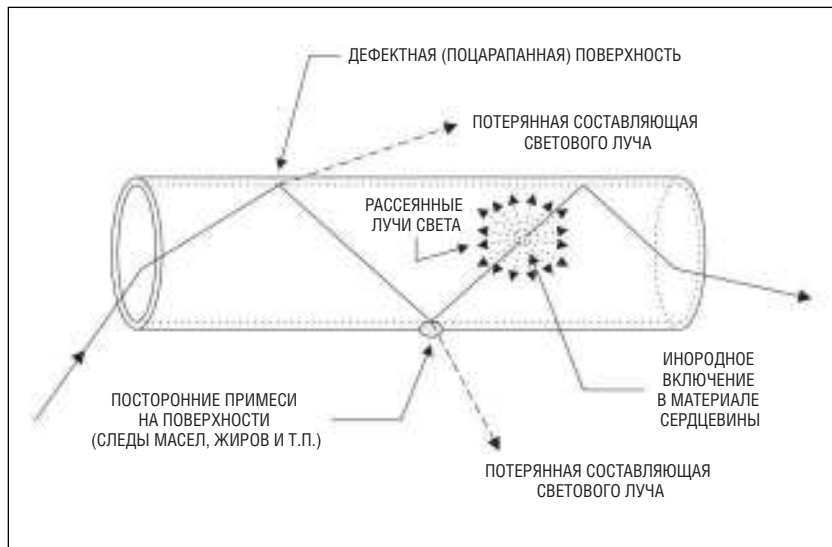


Рис. 10.13.
Потери, вызванные
собственными
дефектами
стекловолокна

загрязнений, которые могут формировать отдельные участки на поверхности волокна, показатель преломления которых окажется отличным от показателя преломления сердцевинки, приводя к нежелательным изменениям направления движения светового потока. Если коэффициент преломления загрязнений оказывается близким по своему значению к коэффициенту преломления стекловолокна, то эти участки могут выступать точно таким же образом, как если бы они были реальными участком из стекловолокна и приводить в результате к прохождению светового пучка через них наружу. И наконец, всегда существует опасность нахождения на поверхности посторонних объектов или включений, таких как частицы, либо дефектов в виде пустот в материале, из которого изготавливается стекловолокно. Такие включения могут влиять как на защищенное, так и на не защищенное внешней оболочкой оптическое волокно. Когда световой луч попадает на подобного рода включения или неоднородности, происходит его рассеяние во всех направлениях, что приводит к дополнительным потерям. Часть световых лучей, рассеянных на посторонних включениях и неоднородностях, могут либо вычитаться из основного светового потока, оказывая деструктивное воздействие, либо складываться с основным лучом, оказывая восстанавливающее воздействие на него; однако большая часть рассеянного излучения положительного воздействия не оказывает, приводя к потерям световой энергии.

Потери, описываемые законом обратной квадратичной зависимости

Для всех оптических систем существует вероятность возникновения потерь, возникающих благодаря уширению светового луча (в среде распространения света — В.Н.). Сила света, отнесенная к единичной площади, обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника света ($1/D^2$). Если взять карманный фонарик и осветить экран с расстояния, допустим, 1 м и затем измерить плотность светового потока (силу света, приходящуюся на единицу площади), после чего отодвинуть экран на расстояние, вдвое превышающее первоначальное, и затем вновь повторить измерения, то полученный результат будет составлять всего лишь одну четвертую от первоначального значения плотности потока.

Потери на прохождение оптического сигнала

Потери, связанные с прохождением сигнала, возникают благодаря поглощению света в материале оболочки волоконно-оптического кабеля. Часть светового потока может либо поглощаться в слое материала оболочки, либо даже проникать сквозь него и выходить наружу, иными словами оказаться потерянной для полезного сигнала, распространяющегося по сердцевине волоконно-оптического кабеля.

Потери на поглощение

Этот вид потерь обусловлен свойствами материала, из которого изготовлена сердцевина волоконно-оптического кабеля, и их величина обратно пропорциональна оптической прозрачности материала. Для ряда материалов потери на поглощение могут быть неравномерными в пределах спектра используемого излучения и сильно зависеть от длины волны излучения.

Потери, возникающие в местах состыковки волоконно-оптических кабелей

Совершенно особый вид потерь связан с использованием волоконно-оптических соединителей (соединительных муфт или устройств сочленения) волоконно-оптических кабелей, так как на каждом таком сочленении неизбежны потери светового сигнала. При этом различается несколько видов потерь.

Несовпадение диаметров стекловолокна. Данный вид потерь возникает при переходе от стекловолокна большего диаметра (D_L) к стекловолокну с меньшим диаметром (D_S), т.е. оптический сигнал из волоконно-оптического кабеля с большим диаметром поступает в кабель с меньшим диаметром сердцевины. В децибельной шкале эти потери определяются с помощью выражения:

$$\text{дБ} = -10 \log \left(\frac{D_S}{D_L} \right) \quad (10-23)$$

Потери из-за рассогласования значений числовой апертуры. Другой тип потерь, возникающих при состыковке волоконно-оптических кабелей, возникает в случае, когда различаются значения числовых апертур двух волоконно-оптических кабелей. Если NA_r — значение числовой апертуры световодной жилы кабеля, в который поступает оптический сигнал, а NA_t — значение числовой апертуры световодной жилы кабеля, из которого оптический сигнал выходит, то величина потерь определяется выражением:

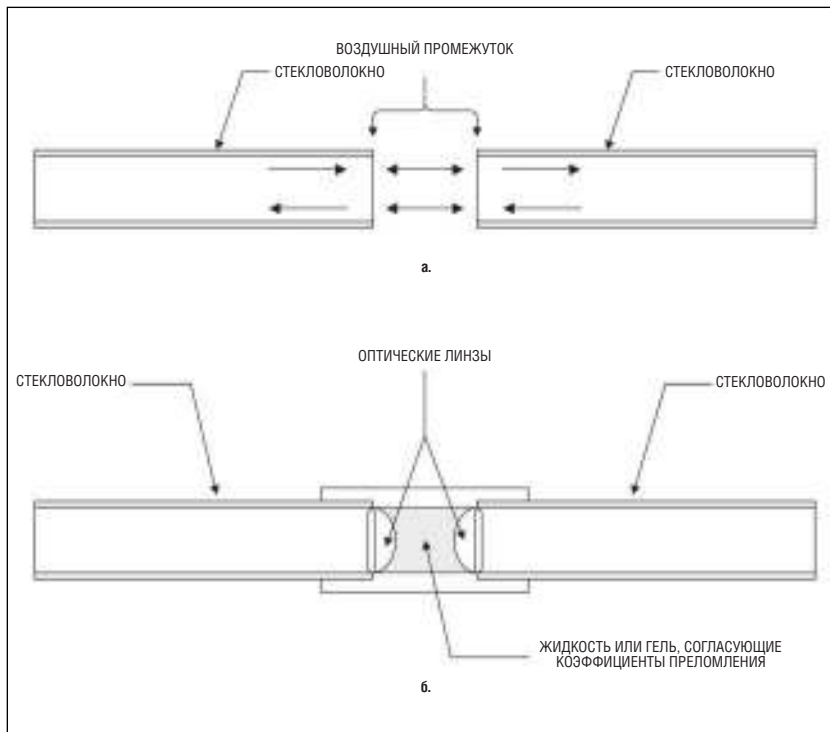
$$\text{дБ} = -10 \log \left(\frac{NA_r}{NA_t} \right) \quad (10-24)$$

Потери на отражение (потери Френеля). Эти потери возникают в воздушном промежутке в плоскости сочленения (на стыке) двух волоконно-оптических кабелей (рис. 10.14а) и своим происхождением обязаны значительным различиям в коэффициентах преломления материала стекловолокна и воздуха. Этот вид потерь в действительности должен подразделяться на два вида: потери, происходящие за счет отражения на внутренней стороне поверхности раздела (внутренней торцевой поверхности кабеля), и потери, происходящие за счет отражения на внешней, противоположной стороне воздушного зазора в месте сочленения с торцом второго волоконно-оптического кабеля. Как правило, потери за счет отражения на внутренней поверхности составляют порядка 4%, тогда как потери за счет отражения на внешней поверхности составляют около 8%.

Любой вид отражения в передающей системе может быть смоделирован подобно тому, как производится моделирование отражения в системах радиосвязи. Изучение стоячих волн и связанных с ними эффектов в учебниках по СВЧ системам может помочь пониманию связанных с отражением сигнала проблем. Для определения величины отражения во взаимодействующих оптических системах используются аналогичные математические выражения:

$$\Gamma = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (10-25)$$

Рис. 10.14.
Механизм потерь
на отражение



где

Γ — коэффициент отражения,

n_1 — коэффициент преломления среды, в которую поступает сигнал,

n_2 — коэффициент преломления среды, по которой передается сигнал.

Несовпадение коэффициентов преломления двух сред приводит к появлению совершенно аналогичной проблемы, возникающей в электронике при несовпадении величин полного комплексного сопротивления, наблюдаемого в линиях передачи. При этом средство избавления от проблемы тоже аналогично. Подобно тому, как в линиях передачи используют схемы согласования нагрузок при подключении линий, в волоконно-оптических системах должны использоваться соединители, согласующие аналогичные полному комплексному сопротивлению линий параметры, которыми в рассматриваемом случае являются коэффициенты преломления. На рис. 10.14б приведен пример согласованного соединения, осуществляемого между торцами двух соединяемых волоконно-оптических кабелей с применением жидкости или геля, которые имеют коэффициент преломления достаточно близкий к значению данного параметра для материала сердцевины кабеля (оптическая линза при этом может как использоваться, так и

нет, в зависимости от конкретной системы связи). Потери на отражение в таком случае либо сводятся к минимальному значению, либо отсутствуют вообще.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

Волоконно-оптическая линия связи требует наличия источника, вырабатывающего информационный сигнал (это может быть музыкальный или голосовой сигнал, цифровые данные либо аналоговый сигнал, который представляет какие-нибудь физические параметры), передающего устройства, среды, по которой происходит распространение сигнала (в рассматриваемом случае такой средой

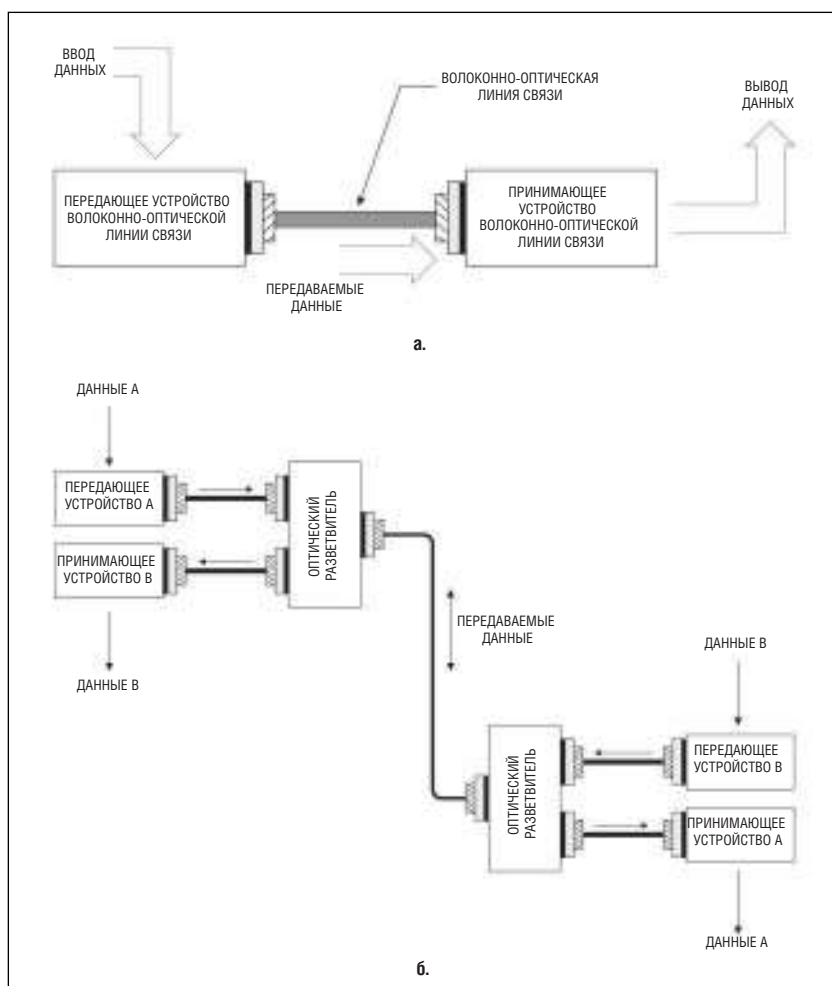


Рис. 10.15.
Волоконно-оптические линии связи

является оптическое волокно), приемного устройства и устройства воспроизведения выходного сигнала. Дополнительно к этому передающее устройство может включать любой из существующих видов кодирующих устройств или модуляторов, а в приемном устройстве тогда необходимо наличие декодера или демодулятора.

На рис. 10.15 приводятся две наиболее распространенные линии связи. Линия связи, использующая симплексный режим передачи, приведена на рис. 10.15а. В такой системе связи только одно передающее устройство одновременно посылает информацию и только в одном направлении осуществляется передача сигнала на принимающее устройство, которое расположено на другом конце линии. Принимающее устройство никоим образом не может отвечать во время приема либо еще каким-либо способом осуществлять передачу данных обратно на передающее устройство. В системе симплексной передачи требуется только одно передающее устройство и только одно принимающее устройство на один канал передачи.

Дуплексная система связи (рис. 10.15б) предусматривает возможность одновременной передачи данных в двух направлениях, обеспечивая одновременную передачу и прием на каждом конце линии связи. В дуплексной системе необходимо наличие как передающего, так и приемного устройств, а также устройства разделения оптического сигнала, выполненного в виде разделительной муфты на каждом конце линии связи.

ПРИЕМНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

До того как волоконно-оптическая система может быть использована для связи, необходимо обеспечить преобразование электрического сигнала (безразлично, аналогового или цифрового) в оптический модулированный сигнал. Помимо этого необходимы средства и устройства, выполняющие обратное преобразование оптического сигнала в электрический сигнал. Эти функции выполняются соответственно схемой управления передающего устройства и схемой предусиления приемного устройства.

На рис. 10.16 приведены два возможных варианта построения схем управления (или возбуждения линии связи). Как в одной, так и в другой схемах в качестве источника света используются световылучающие диоды, СИД. Схема, представленная на рис. 10.16а, более удобна для передачи цифровых данных. Эти сигналы характеризуются двумя возможными состояниями, Включено/Выключено (либо соответствующими уровнями напряжений, Высокий/Низкий, либо двоичными единицами или нулем, соответ-

ственно), которые будут соответствовать включенному либо выключенному состоянию светоизлучающего диода (в зависимости от того, какая именно из двух возможных двоичных цифр должна передаваться в данный момент времени).

Схема управления состоит из цифрового инвертора с открытым коллектором, помещенного в светонепроницаемый корпус. Эти устройства действуют в соответствии с очень простым алгоритмом: если на входе «А» присутствует ВЫСОКИЙ уровень сигнала, то тогда на его выходе «В» будет НИЗКИЙ уровень сигнала, и наоборот, при НИЗКОМ уровне сигнала на входе «А» – на выходе «В» будет присутствовать ВЫСОКИЙ уровень. Таким образом, когда входной цифровой сигнал имеет ВЫСОКИЙ уровень, катод светоизлучающего диода оказывается заземленным, он включается и посылает световой импульс по волоконно-оптическому кабелю. И когда на входе, куда поступают цифровые данные, присутствует НИЗКИЙ уровень сигнала, светоизлучающий диод оказывается отсоединенным электрически от шины земли (или он выключается), и поэтому оптический луч в волоконно-оптический кабель не поступает. Резистор R1 предназначен для ограничения величины тока, протекающего через светоизлучающий диод, до безопасного уровня. Величина сопротивления резистора определяется в соответствии с законом Ома из условия максимального допустимого значения тока, протекающего через него:

$$R1 = \frac{(V+) - 0,7}{I_{\max}} \quad (10-26)$$

Схема управления, используемая при передаче аналоговых сигналов, которыми являются речевые сигналы и технические сигналы управления, изображена на рис. 10.16б. Данная схема управления построена с использованием операционного усилителя. Необходимо учитывать две особенности данной схемы: путь прохождения сигнала и напряжение смещения постоянного тока. Напряжение смещения необходимо для того, чтобы сместить выходное напряжение к такому значению, при котором световой поток светоизлучающего диода составляет хотя бы половину значения его максимального свечения в момент, когда входное напряжение V_{in} равняется нулевому значению. Таким образом, сигнал с отрицательной полярностью будет снижать яркость свечения светоизлучающего диода, однако при этом не выключит его полностью. Иными словами, приложенное смещение позволяет срезать отрицательные пики. Если ожидаемые сигналы будут монополярными, то напряжение V_1 должно быть задано на таком уровне, чтобы просто включать светоизлучающий диод, когда входной сигнал принимает нулевое значение.

Сигнал V_{in} поступает на инвертирующий повторитель с усилением, определяемым отношением сопротивлений резисторов ($-R_f/R_{in}$), поэтому общее значение выходного напряжения (отсчитываемого относительно уровня постоянного смещения) составит:

$$V_o = \left(\frac{-V_{in} R_f}{R_{in}} \right) + V_i \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) \quad (10-27)$$

Так как цепь R_2/R_3 представляет схему делителя напряжения на резисторах, величина напряжения V_i будет изменяться от нулевого значения до максимального, определяемого следующим выражением:

$$V_i = \frac{(V+)R_3}{R_2 + R_3} \quad (10-28)$$

Таким образом можно констатировать, что максимальное значение выходного напряжения $V_{o(max)}$ составит:

$$V_{o(max)} = \left(\frac{-V_{in} R_f}{R_{in}} \right) + \left(\frac{(V+)R_3}{R_2 + R_3} \right) \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) \quad (10-29)$$

Три различных типа схем предусилителей принимающего устройства приведены на рис. 10.17: версии для аналогового сигнала приведены на рис. 10.17а и 10.17б, тогда как вариант для цифрового сигнала приведен на рис. 10.17в. В версиях схем предусилителей принимающего устройства для аналогового сигнала используются операционные усилители. В обоих предусилителях аналогового сигнала в качестве чувствительного элемента используется фотодиод. В подобных диодах, в которых переход между областями с различным типом проводимости соответствует структурам либо р-п-, либо р-і-п-вида, выходной ток I_o будет пропорционален интенсивности светового потока, освещающего область перехода фотодиода.

В схеме, приведенной на рис. 10.17а, используется инвертирующая цепь повторителя. Диод подключен к заземленному не инвертирующему входу, следовательно, находится под нулевым потенциалом, а ток диода поступает на инвертирующий вход повторителя. Ток обратной связи I_f в точности уравнивает ток диода, следовательно, выходное напряжение будет составлять:

$$V_o = -I_o R_f \quad (10-30)$$

В варианте схемы на базе не инвертирующего повторителя, приведенной на рис. 10.17б, используется ток диода, при прохождении которого на резисторе нагрузки R_L возникает падение напряжения

Рис. 10.16.
Схемы управления
передачей
аналогового
и цифрового
сигналов

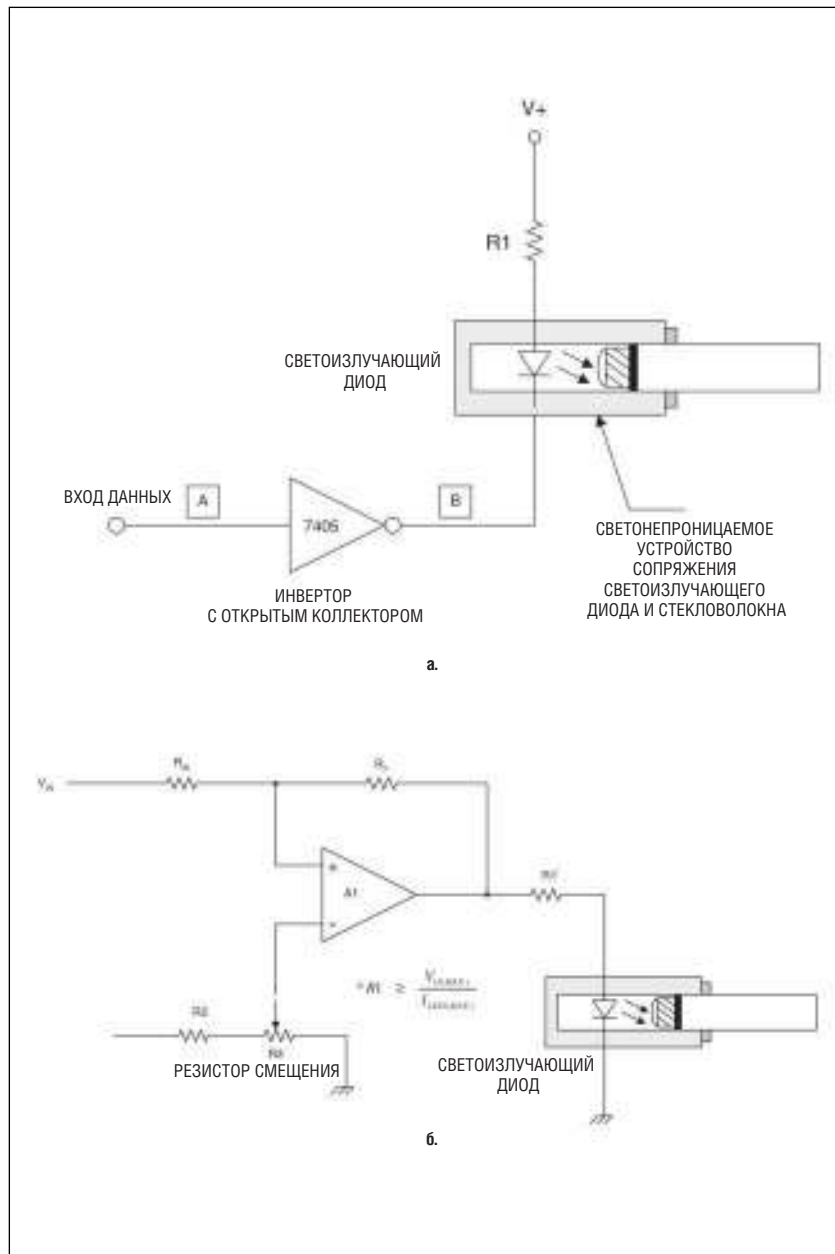
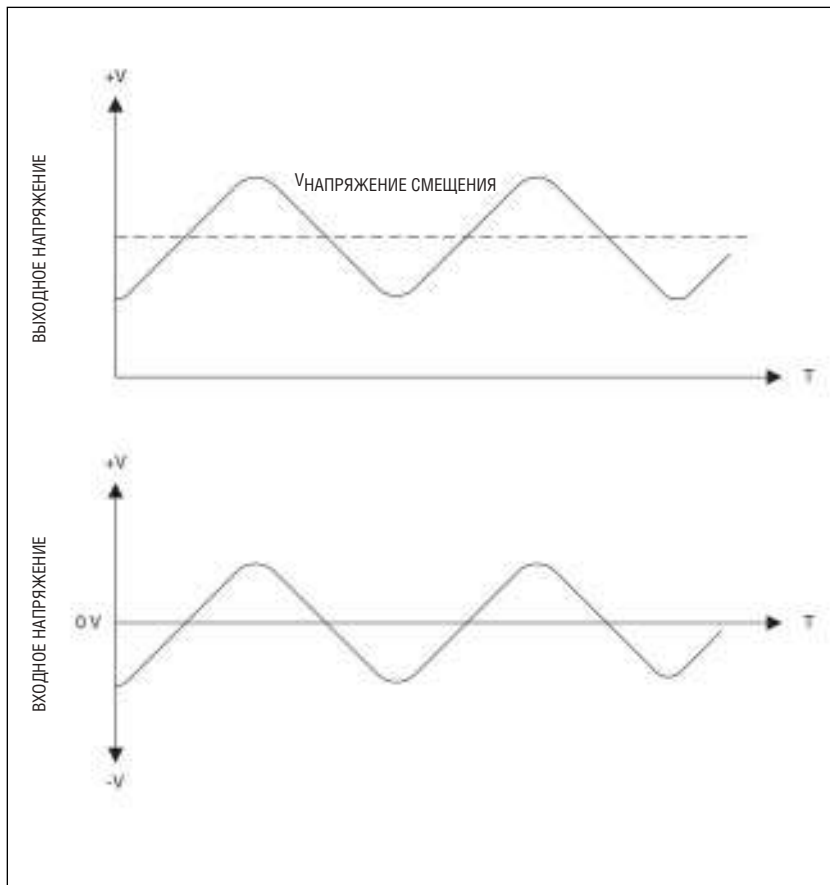


Рис. 10.16
(продолжение)



(V_1). Выходное напряжение для данной схемы может быть найдено с использованием выражения:

$$V_o = I_o R_L \left(\frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) \quad (10-31)$$

Обе схемы, предназначенные для аналогового сигнала, будут реагировать и на цифровые сигналы, однако их применение для такого типа сигналов нельзя признать оптимальным. Для цифровых сигналов после их передачи необходим процесс восстановления из-за некоторой их размытости, вызванной явлением дисперсии. Лучший вариант схемы приводится на рис. 10.17в, где в качестве чувствительного датчика используется фототранзистор, включенный по схеме с общим эмиттером. При освещении светом базовой области транзистор открывается, при этом напряжение на коллекторном переходе транзистора будет составлять всего несколько десятых вольт относительно потенциала земли.

Рис. 10.17.
Схемы
принимающего
устройства
аналогового и
цифрового
сигналов

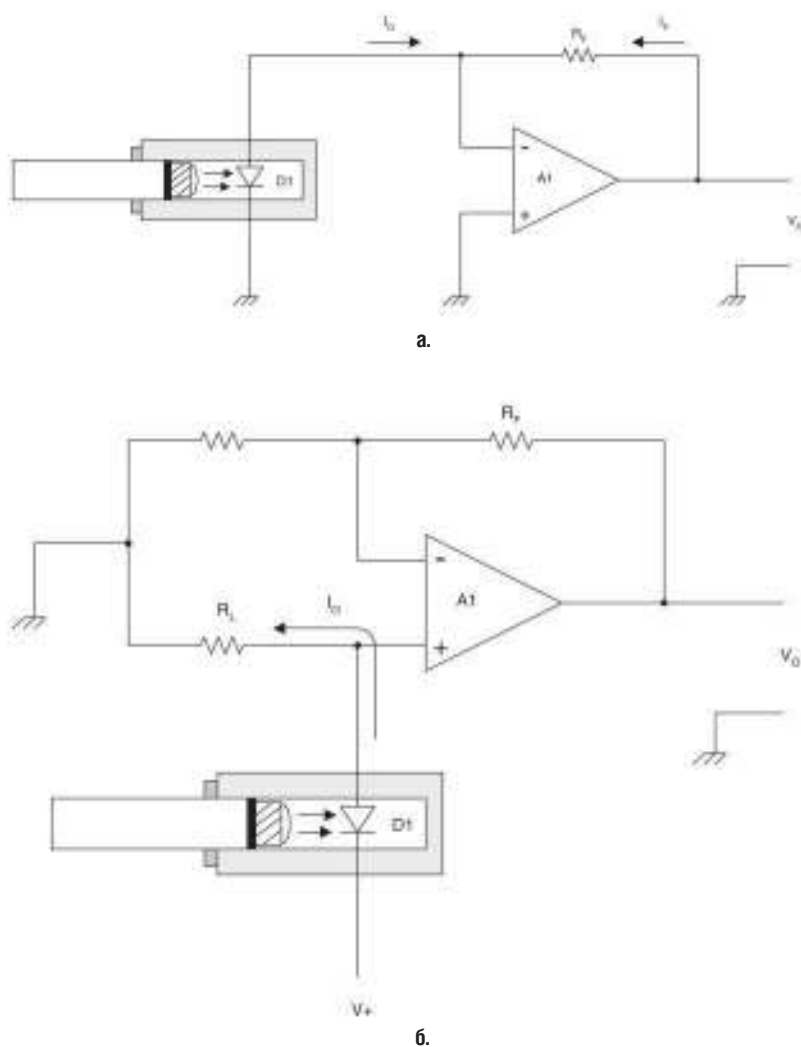
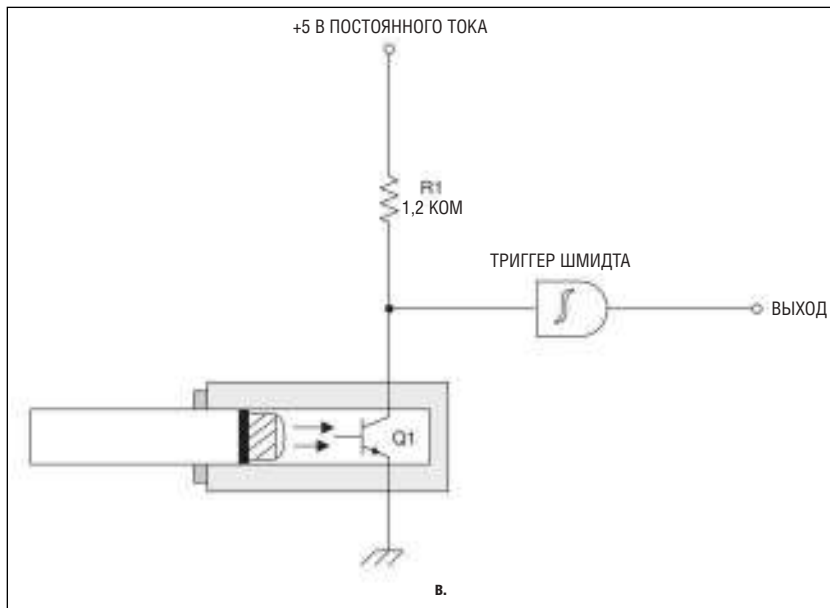


Рис. 10.17
(продолжение
схемы)



И наоборот, когда на базу фототранзистора не падает световой поток, напряжение на коллекторе будет составлять величину, очень близкую по своему значению к напряжению источника питания, $+V$.

Восстановление формы импульса осуществляется в следующем каскаде, в котором используется цифровая схема на базе триггера Шмидта. Выходной сигнал такого устройства резко переходит («опрокидывается») переходит скачкообразно в состояние **ВЫСОКОГО УРОВНЯ**, когда напряжение на входе превысит некоторое минимальное пороговое значение и будет оставаться в таком состоянии **ВЫСОКОГО УРОВНЯ** до тех пор, пока входное напряжение не уменьшится ниже другого порогового значения (пороговые значения напряжений, соответствующих переходам в состояние **ВЫСОКОГО УРОВНЯ** и состояние **НИЗКОГО УРОВНЯ**, не равны друг другу). Таким образом, выходной сигнал триггера Шмидта представляет четкий цифровой сигнал, несмотря даже на то, что поступающий с чувствительного элемента сигнал является сильно размытым («смазанным»).

Повторители, периодически устанавливаемые на пути следования сигнала по волоконно-оптической линии связи, являются просто необходимыми для таких линий любого типа. Такая необходимость возникает из-за существования потерь в линии передачи. Повторители усиливают цифровой сигнал и передают его по линии к следующему повторителю.

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Волоконно-оптические системы связи получили широкое распространение и известность благодаря своей широкой полосе пропускания, а также высокой надежности системы, включая невозможность негативного воздействия внешнего электромагнитного излучения на передаваемый сигнал.
2. В оптических волокнах внутренний слой (сердцевина) окружен слоем, или оболочкой, материал которого имеет меньшее значение оптической плотности по сравнению с сердцевиной; этот слой получил название оболочки световода.
3. Существует два основных вида распространения оптического сигнала в волоконно-оптическом кабеле: меридианальные и косые лучи.
4. Волоконно-оптический кабель, в котором распространение светового сигнала осуществляется посредством большого количества мод, получил название многомодового; необходимо также учитывать, что распространение такого оптического сигнала сопровождается увеличенной межмодальной дисперсией.
5. Решением проблемы увеличенной межмодальной дисперсии является использование стекловолокна со ступенчатым профилем изменения коэффициента преломления сердцевины.
6. Потери при распространении сигнала в волоконно-оптическом кабеле складываются из потерь на дефектах в материале, потерь, описываемых законом обратной квадратичной зависимости для плотности потока, потерь на прохождение сигнала в среде, потерь на поглощение, потерь в кабельных соединительных муфтах, потерь из-за несовпадения диаметров стекловолокна стыкуемых участков волоконно-оптического кабеля, несовпадения значений числовой апертуры и френелевских потерь на отражение.

Контрольные вопросы к главе 10

1. Преимущества использования волоконно-оптических кабелей в коммуникационных системах обусловлены:
 - а) отсутствием негативного воздействия на передаваемый сигнал, а также помех, вызванных электромагнитным излучением;
 - б) низкой удельной массой и малым поперечным сечением;
 - в) малыми потерями;
 - г) всеми вышеперечисленными факторами.
2. Соотношением, с использованием которого дается определение коэффициента преломления материала, является *(вставьте необходимое выражение из приведенных ниже)*:
 - а) $NA = \sin q$;
 - б) $NA = (n_1)^2 - (n_2)^2$;
 - в) $n = \frac{c}{v_m}$;
 - г) ни одно из вышеприведенных выражений.
3. Преломление представляет *(вставьте необходимое выражение из приведенных ниже)* светового луча, когда он пресекает границу, или поверхность раздела, двух сред, имеющих различные оптические плотности:
 - а) яркость;
 - б) плотность;
 - в) силу свечения;
 - г) изменение в направлении распространения.
4. Закон Снеллиуса описывает *(вставьте необходимое выражение из приведенных ниже)*:
 - а) луч света, претерпевший преломление (отклонившийся) от направления первоначального движения;
 - б) величину угла преломления как функцию от отношения значений двух коэффициентов преломления;
 - в) изменение оптической плотности среды при переходе к значению коэффициента преломления, имеющего большее значение;
 - г) $n_1 \sin q_i = n_2 \sin q_r$.
5. Способность собирать световые лучи непосредственно связана с:
 - а) входной угловой апертурой;

- б) размером входной угловой апертуры;
 - в) процентным отношением значений коэффициентов преломления;
 - г) ни одним из вышеуказанных факторов.
6. Обычный оптический луч, поступивший в волоконно-оптический кабель, будет распространяться с максимальным возможным количеством мод. Это явление получило название (*вставьте необходимое слово из приведенных ниже*) дисперсии:
- а) межмодовой;
 - б) преломляющей;
 - в) Гауссовской;
 - г) вредной.
7. Волоконно-оптический кабель со ступенчато изменяющимся показателем преломления описывается как:
- а) имеющий послышное свечение;
 - б) характеризующийся распространением световой волны с модами более высоких порядков;
 - в) имеющий сердцевину из коаксиально расположенных слоев с различающимися по величине коэффициентами преломления;
 - г) имеющий все вышеописанные признаки.
8. С использованием какого выражения определяется величина критического диаметра для одномодового режима распространения оптического сигнала:
- а) $N = \frac{1}{4} \left(\frac{\pi D [NA]^2}{\lambda} \right)$;
 - б) $D_{crit} = \frac{2,4\lambda}{\pi [NA]}$;
 - в) $BW = 310 / \text{Disp. (нс/км)}$;
 - г) 2,5 дюйма.
9. Укажите те два вида потерь, которые характерны для волоконно-оптических систем связи:
- а) потери, вызванные дефектами, и потери, подчиняющиеся закону обратной квадратичной зависимости;
 - б) потери на поглощение и потери квантизации сигнала;
 - в) световые потери;
 - г) потери дуплексного режима передачи, потери рассогласования.
10. При анализе эффекта, вызванного несовпадением значений коэффициентов преломления, можно использовать выражения, применяемые при рассмотрении эффекта несогласованности пол-

ных комплексных сопротивлений, который наблюдается в:

- а)** геле, используемом при соединении отдельных участков волоконно-оптических кабелей;
- б)** оптической плотности сред;
- в)** линиях передачи;
- г)** кабельных соединительных муфтах.

Глава 11. Беспроводные и мобильные телефоны

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В этой главе рассказывается о телефонных аппаратах, способных выполнять либо большую часть, либо все без исключения функции, которыми обладает обычный телефонный аппарат, но характеризующихся только той небольшой особенностью, что при образовании канала связи между такими телефонными аппаратами вместо обычных проводов используется радиоэфир. Несмотря на то что от самого термина «беспроводной телефонный аппарат» слегка веет неким налетом старомодности, все же он является почти единственным объединяющим термином для телефонных аппаратов, в которых отсутствуют соединительные провода, например между телефонной трубкой и базой либо между отдельными телефонными аппаратами, которые в обиходной жизни принято называть по-разному: бесшнуровыми телефонными аппаратами, телефонами сотовой связи, мобильными телефонами или даже просто радиотелефонами.

БЕСШНУРОВОЙ ТЕЛЕФОННЫЙ АППАРАТ

Первым рассматриваемым типом беспроводного телефонного аппарата является так называемый «бесшнуровой телефонный аппарат», который, по сути, использовался в качестве дополнительного (или параллельного) телефонного аппарата в домашних условиях или в многочисленных офисах. На иллюстрации, приведенной на рис. 11.1, видно, что такой бесшнуровой телефонный аппарат состоит из двух частей — блока, получившего название базы, и портативного переносного блока (как правило, выполненного в виде телефонной трубки и в ряде случаев имеющего кнопки для набора телефонного номера — В.Н.). Вместо соединительных проводов, которые обычно используются для подключения параллельного телефонного аппарата, для образования канала передачи речевой информации между базой и портативным блоком используется радиоканал, поддерживаемый радиопередатчиком очень малой мощности и приемником этого сигнала.

Канал связи между базой телефонного аппарата и не связанной с ней электрическим шнуром портативной телефонной трубкой в случае аналогового бесшнурового телефона создается с использованием маломощного приемо-передающего устройства, в котором используется метод частотной модуляции сигнала.

Аналоговая система связи

В аналоговых телефонных системах в радиоканале используется метод частотной модуляции несущей информационным сигналом, который подлежит передаче. Принцип использования несущей и метод ее модуляции совершенно аналогичен примеру, который рассматривался для модемов в главе 9, единственным отличием является то, что в случае бесшнурового телефона частота несущей будет значительно больше.

Бесшнуровые телефонные аппараты могут быть двух типов. В одном типе портативный переносной блок не имеет панели для набора номера, и по каналу связи между ним и базой может передаваться только речевая информация. Клавиатура для набора номера имеется только на базе. У второго типа телефонных аппаратов клавиатура для набора номера имеется также и на портативном блоке, и в этом случае все стандартные функции телефонного аппарата передаются по радиоканалу на базу.

Все современные телефонные аппараты являются электронными, как это уже не раз подчеркивалось на страницах данной книги, при этом в бесшнуровые модели телефонов дополнительно должны включаться электронные схемы, образующие высокочастотный передатчик, модулятор и демодулятор, работа которых и позволяет создать канал радиосвязи. В таких устройствах также имеется генератор, формирующий импульсы набора или (и) генератор сигналов двухтонального многочастотного набора номера вызываемого абонента, электронный генератор однотонального или двухтонального вызывного сигнала, а также электронные схемы обслуживания голосового канала. Ряд аппаратов обеспечивают выполнение дополнительных функций, которые позволяют использовать телефон в качестве интеркома (телефона внутренней связи). Некоторые модели оснащены регулировкой громкости вызывного сигнала и (или) громкости звука в телефонной трубке, а ряд конструкций имеет своего рода функцию безопасности, предотвращающую несанкционированное использование телефонного аппарата, т.е. использование лицами, не имеющими на это права. Большинство аппаратов имеют функцию автоматического повторного набора номера, а часть оснащена устройствами памяти, рассчитанными на хранение нескольких телефонных номеров. Обычные электронные модели телефонных аппаратов, подключаемые к абонентской телефонной линии, обеспечиваются питанием для своих электронных схем непосредственно от телефонной сети, как об этом уже неоднократно писалось на страницах этой книги. Однако бесшнуровые телефонные аппараты в силу своего более значительного энергопотребления должны питаться от розеток переменного тока сети электропитания зданий, в которых они размещаются. Такая их особенность является весьма серьезным недостатком, потому что бесшнуровые телефонные аппараты перестают работать при аварийном отключении электропитания.

Бесшнуровые телефоны способны выполнять все без исключения функции, которые присущи электронным телефонным аппаратам, подключаемым проводами к обычной абонентской линии связи. Однако бесшнуровой телефон (в силу более высокого энергопотребления — В.Н.) должен подключаться к сети электропитания, вместо того чтобы при работе питаться непосредственно от телефонной сети.

База телефонного аппарата

Как показано на рис. 11.1, базовый блок подключается непосредственно к абонентской телефонной линии, чтобы образовать с телефонной станцией стандартный телефонный шлейф. Гибридная схема обеспечивает переход от обычной двухпроводной абонентской линии к четырехпроводной схеме, обеспечивающей раздельное поступление сигналов к передатчику и приемнику базового блока. Диапазон частот несущей, используемой в базовом блоке для передачи сигнала, составляет от 1,6 до 1,8 МГц, а провода сети электропитания используются в качестве передающей антенны базового блока. Частотно-модулированный сигнал с номинальной частотой 1,7 МГц передается от передатчика базового блока в сеть электропитания через конденсатор, который блокирует или значительно ослабляет линейный ток передатчика базового блока, одновременно пропуская в линию электропитания выходной сигнал с частотой 1,7 МГц. Такой способ использования электрической сети здания в качестве передающей антенны не является чем-то необычным в сфере использования бесшнуровых телефонов, этот прием также используется

Частота, на которой передается сигнал базовым блоком, лежит в диапазоне от 1,6 до 1,8 МГц. В базовом блоке питание электронных схем осуществляется от электросети в силу более высокого значения мощности, необходимой для питания передатчика базового блока, при этом проводка электросети используется в качестве передающей антенны.

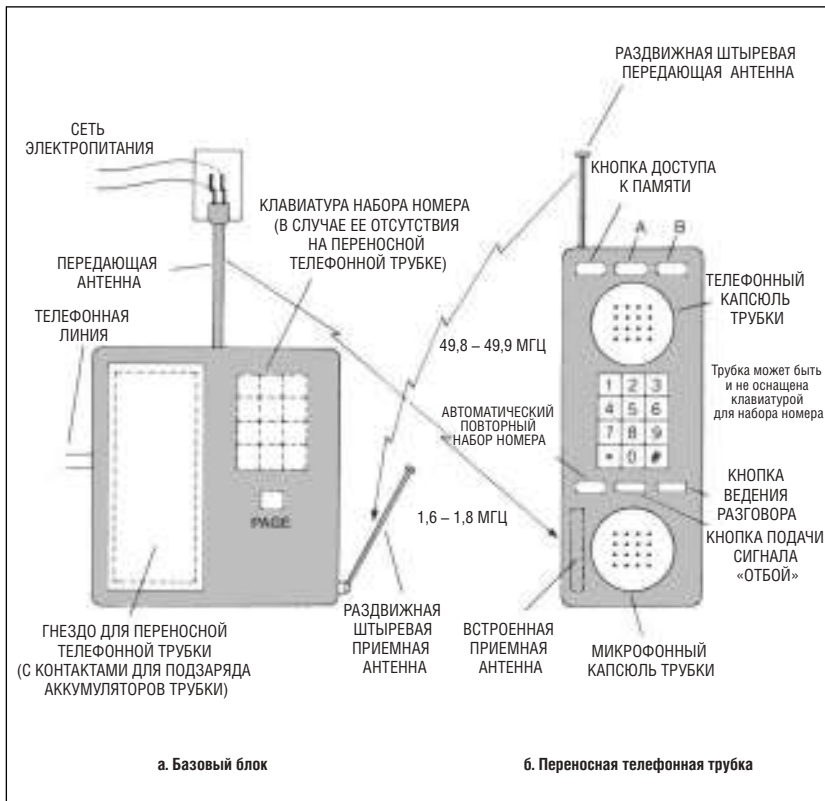


Рис. 11.1.
Бесшнуровой
телефонный
аппарат

в системе беспроводной внутренней связи (интеркоме). Подобный метод обеспечивает достаточно уверенный прием сигнала в пределах здания и в непосредственной близости к нему, а также около линий электропередачи, которые подключены к той же обмотке трансформатора распределительной станции электросетей, что и здание, в котором установлен базовый блок. Такое положение дел также может распространяться и на электросеть, проходящую по соседскому дому, что может привести к потенциальному возникновению радиопомех, если в соседнем доме также будут пользоваться бесшнуровым телефоном (более подробно данная проблема будет рассмотрена чуть позже).

Портативный блок

Портативный блок принимает локально распространяемый ВЧ сигнал, поступающий с антенны базового блока (сети электропитания, проходящей в здании); прием ведется с использованием встроенной приемной антенны, точно так же, как это происходит в небольшом переносном радиоприемнике.

Встроенная ферритовая антенна портативного блока (точно такая же, что применяется в обычных радиоприемниках) способна принимать поступающий с базового блока сигнал с номинальным значением частоты несущей 1,7 МГц на расстоянии в пределах от 16,5 до 330 м. Радиус приема определяется не только конструкцией аппарата, но также большим количеством других факторов, например: не оказываются ли провода сети электропитания проложенными в металлических коробах или лотках; не использовались ли для изоляции стен здания материалы, имеющие покрытие из металлической фольги. Сигнал вызова или речевой сигнал восстанавливается путем демодуляции поступившего ВЧ сигнала, который затем поступает в телефонный капсюль портативного блока. Портативный блок питается от малогабаритной аккумуляторной батареи, которая периодически подзаряжается, когда портативный блок размещается для этой цели на базовом.

Портативный блок находится в режиме ожидания до момента, пока не поступит сигнал вызова. После ответа на вызов портативный блок передает сигнал на базовый блок в частотном диапазоне от 49,8 до 49,9 МГц, который после этого подает по абонентской линии сигнал, эквивалентный состоянию поднятой с рычагов телефонной трубки обычного телефона.

Портативный блок обычно находится в состоянии ожидания, которое соответствует положенной на рычаги трубки телефонного аппарата. Когда поступает вызывной сигнал, вызываемый абонент нажимает (либо воздействует каким-нибудь иным образом) на кнопку начала разговора, которая в свою очередь включает схему передатчика, расположенного на портативном блоке. Передатчик работает на частоте в диапазоне от 49,8 до 49,9 МГц, выходной сигнал передается со штыревой многозвенной (раздвижной) антенны портативного блока. Так как штыревая антенна используется только для передачи сигнала, она может убираться на время, когда портативный блок нахо-

дится а режиме ожидания. Если портативный блок используется для передачи только речевого сигнала, то в нем может также использоваться встроенная антенна с меньшей зоной приема радиосигнала. Аналогичная раздвижная штыревая антенна установлена на базовом блоке, которая предназначена для приема частотно-модулированного сигнала, передаваемого портативным блоком. После приема сигнала базовым блоком он демодулируется, после чего по абонентской телефонной линии отправляется сигнал, соответствующий сигналу снятой с рычагов телефонной трубки.

Когда абонент набирает номер исходящего вызова, импульсы набираемого номера вырабатывают тональные сигналы, которые производят модуляцию несущей, передаваемой на базовый блок. В базовом блоке путем демодуляции осуществляется восстановление тональных сигналов. В случае, когда используется метод двухтонального многочастотного набора, базовым блоком в телефонную линию передаются тональные сигналы. Если используется импульсный набор, то тональные сигналы преобразуются в импульсы набора, которые поступают в телефонную линию. После того как соединение между вызывающим и вызываемым абонентами установлено, то как приемники, так и передатчики начинают работать одновременно, чтобы обеспечить полноценный двухсторонний разговор.

Модулированные сигналы набора номера передаются на базовый блок, который в свою очередь передает либо тональные, либо импульсные сигналы набираемого номера в телефонную линию. После того как между вызывающим и вызываемым абонентами установлено соединение, приемники и передатчики работают одновременно.

Используемые частоты

Несмотря на то что в нескольких моделях бесшнуровых телефонов используются одни и те же частоты для передачи сигнала в обоих направлениях, в большинстве моделей все же используются две различные частоты в указанном ранее диапазоне.

За исключением случая применения мультиплексирования, использование одной частоты обеспечивает только полудуплексный режим передачи сигнала (сигнал может передаваться только в одном направлении одновременно), тогда как применение двух частот позволяет осуществлять полноценный дуплексный режим (вести одновременную передачу сигналов в двух направлениях), то есть точно так же, как и в обычных проводных телефонах. Так как использование нескольких частот является технически доступным, то соседи могут использовать различные участки разрешенного частотного диапазона, чтобы предотвратить возникновение радиопомех и возможность прослушивания чужого разговора. Передача сигналов осуществляется с использованием «защищенных тональных сигналов» (частот) в последовательностях, которые постоянно варьируются и имеют крайне малую вероятность того, чтобы оказаться воспроизведенными соседним телефонным аппаратом.

Цифровые системы связи

Система связи персонального доступа (англоязычное сокращение PACS), является цифровой системой беспроводной связи, используемой на территории Северной Америки. В системе используется частотный диапазон 900 МГц, а отличительной чертой телефонных аппаратов, применяемых в этой системе связи, является очень короткая передающая гибкая антенна штыревого типа. В системе связи персонального доступа используется алгоритм поиска частоты незанятого канала до того, как осуществляется передача.

Подобные системы цифровой беспроводной связи используются и в других частях земного шара. В Соединенном Королевстве Великобритании используется цифровая система, получившая название СТ2 (аналоговая система беспроводной связи в Великобритании получила название СТ1). В странах Европы (включая даже Соединенное Королевство Великобритании) стала очень популярной Система Европейского стандарта на беспроводную цифровую связь (англоязычное сокращение DECT). В Японии используется Система всегда доступного (дословно: находящегося всегда «под рукой») телефона (англоязычное сокращение PHS). Сводный обзор характеристик систем мобильной и беспроводной связи приведен в табл. 11.1 в конце этой главы.

Во всех цифровых системах используется кодирование со скоростью передачи 32 Кбит/с. В Системе связи персонального доступа, PACS, и Системе всегда доступного телефона, PHS, используется метод проверки на наличие ошибок в передаваемых по радиоканалу данных с использованием метода циклических избыточных кодов, CRC. В Системе Европейского стандарта на беспроводную цифровую связь, DECT, и системе цифровой связи, применяемой в Великобритании, СТ2, проверка данных на отсутствие ошибок в передаче не производится.

МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

Следует остановиться на используемой терминологии, так как под словами «мобильный телефон» могут пониматься, по крайней мере, два различных вида телефонных аппаратов. Необходимо иметь в виду, что в Соединенных Штатах под мобильным телефоном понимается любой телефон, который установлен в легковом автомобиле или грузовике. Этот термин включает одни из самых ранних моделей телефонов, поддерживаемых Эксплуатационной компанией радиотелефонной связи, RCC, а также телефоны сотовой связи и телефоны, входящие в систему Персональных услуг связи (англоязычная аббревиатура — PCS). С другой стороны, в большей части мира, включая Соединенное Королевство Великобритании, термин «мобильный телефон» обычно применяется к телефонам,

входящим либо в систему сотовой связи, либо в систему Персональных услуг связи, PCS, либо же в эквивалентные им системы. Следовательно, термин относится к телефонам, которые не установлены в легковом автомобиле или грузовике (а постоянно находятся вместе с владельцем). В Соединенных же Штатах такой тип телефонов, который постоянно находится в руках владельца, будет относиться к категории портативных телефонных аппаратов. В силу этого при дальнейшем изложении автор будет придерживаться, если не будет указано особо, классификации, принятой в Соединенном Королевстве Великобритании, в соответствии с которой все беспроводные телефоны будут относиться к категории мобильных, вне зависимости от того, установлены ли они на каком-либо средстве передвижения или же их владельцы предпочитают все время носить их с собой (в руках, в дамской сумочке, на ремешке).

Самые ранние системы связи, в которых применялись мобильные телефоны

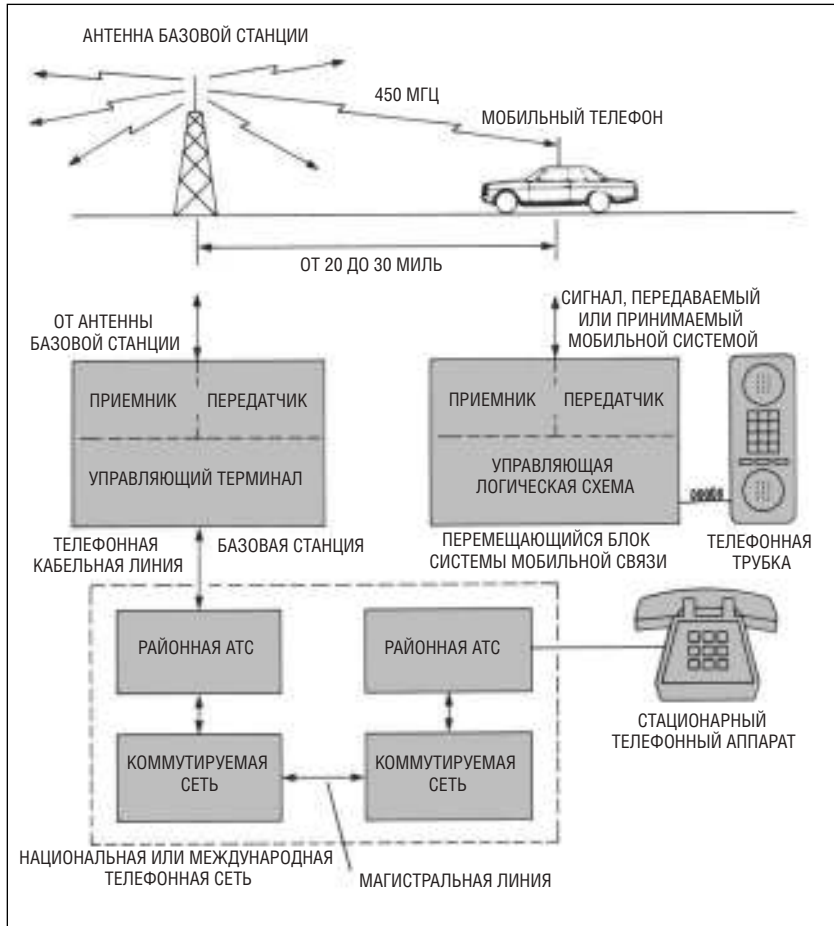
Самые первые системы связи, в которых использовались мобильные телефоны, могут рассматриваться в качестве аналогов бесшнуровых телефонов, у которых были тщательно разработаны и усовершенствованы как базовый, так и портативный, или мобильный блоки. Однако мощные передатчики и высоко установленные антенны, которые обеспечивали канал радиосвязи на площади радиусом от 32 до 48 миль от места расположения антенны базовой станции, а также мультимплексирование, детектирование, классификация и отбор функций, необходимых для одновременного обслуживания до 60 абонентов на одну базовую станцию, являлись основными признаками, которые отличали бесшнуровой и мобильный телефонный аппараты (здесь используется терминология в соответствии с классификацией, принятой на территории Соединенных Штатов).

Базовый блок

На рис. 11.2 изображена система связи с использованием мобильных телефонов. Базовая станция может одновременно передавать и принимать несколько сигналов на разных частотах, обеспечивая для использования, таким образом, несколько индивидуальных каналов связи в одно и то же время. Количество частотных диапазонов, доступных для связи, определяется типом используемой системы. Радиопередатчик базовой станции имеет, как правило, выходную мощность от 200 до 250 Вт, а значение эффективной излучаемой мощности может достигать значения от 500 до 700 Вт в случае, если учитывать дополнительное усиление передающей антенны.

Базовый блок мобильного телефона может одновременно работать на нескольких каналах, а также в состоянии обеспечивать радиопокрытие с использованием радиопередатчика с мощностью в несколько сотен ватт на территории городка средних размеров.

Рис. 11.2.
Система связи с
использованием
мобильных
телефонов



Действие такого передатчика обеспечивает четкую и устойчивую связь на площади, радиус которой равен примерно 48 километрам, однако передатчики, работающие на одной частоте, не могут располагаться друг от друга на расстояниях ближе чем 96–160 км из-за высокого уровня взаимных помех.

В приемном устройстве имеются фильтры, усилители с высоким коэффициентом усиления, а также демодуляторы, преобразующие поступивший сигнал в такой вид, в котором они могут передаваться по обычной телефонной линии. В управляющем терминале имеются соответствующие детекторы, схемы синхронизации, логические схемы, которые управляют передачей информации по каналу связи между базовым и перемещающимся блоками. В результате телефонные разговоры передаются и принимаются с использованием мобильной и стандартной систем телефонной связи точно таким же об-

В приемном устройстве базового блока имеются необходимые электронные схемы, позволяющие подать на управляющий терминал аудиосигнал высокого качества. Управляющий терминал выполняет функции интерфейса для передачи речевого сигнала и сигналов управления в стандартную телефонную сеть.

разом, как если бы такие разговоры выполнялись с использованием только стандартной проводной линии телефонной связи. В управляющем терминале имеются специальные электронные схемы сопряжения, или интерфейса, позволяющие телефонному разговору, ведущемуся с мобильного блока, передаваться по национальным или международным телефонным линиям связи точно так же, как если бы подобный телефонный разговор выполнялся бы любым другим абонентом стандартной телефонной сети.

Оборудование и средства связи национальных и международных линий связи принадлежат, как правило, соответствующим телефонным компаниям. Мобильные и базовые блоки могут принадлежать как телефонным компаниям, так и особым компаниям, которые получили общее наименование эксплуатационных компаний радиотелефонной связи (англоязычная аббревиатура RCC). В тех случаях, когда система мобильной связи принадлежит эксплуатационной компании радиотелефонной связи, то телефонные компании выставляют ей счет за использование стандартной телефонной сети, точно так же, как это делается в отношении любого другого абонента телефонной сети. Эта плата впоследствии включается эксплуатирующей радиотелефонной компанией в счета, выставляемые конечным пользователям аппаратов мобильной связи.

Для того чтобы подключиться к мобильной телефонной системе, пользователь должен только подать соответствующее заявление и быть принятым на обслуживание эксплуатационной компании радиотелефонной связи, под управлением которой находится данная система. После положительного решения по такому заявлению пользователь может либо арендовать, либо закупить соответствующее оборудование мобильной связи.

Мобильный блок

Мобильный блок, установленный в средстве передвижения абонента, имеет в своем составе приемное устройство (включающее усилители, смеситель и демодулятор), передатчик (включающий модулятор, генераторы несущей и усилители), логические схемы управления работой устройства, блок управления, включающий микрофонный и телефонные капсюли, клавиатуру для набора номера, выключатели, антенны и соединительные шнуры. Блок управления предназначен для выполнения всех функций, которые ассоциируются с работой обычного телефонного аппарата. На рис. 11.3 приводится внешний вид стандартного блока управления с автоматическим выполнением ряда функций.

Человек, пользующийся мобильным телефоном с автоматическим управлением, выполняет телефонный вызов или отвечает на него точно

В состав мобильного блока входят приемник, передатчик, управляющие логические схемы, блок управления и антенны. Для человека, пользующегося таким мобильным телефоном, все выглядит точно так же, как если бы он пользовался самым обычным телефонным аппаратом.

Рис. 11.3.
Внешний вид блока
управления
мобильного
телефонного
аппарата
(с любезного
разрешения
компании Motorola
Inc.)



таким же образом, как если бы он пользовался самым обычным телефонным аппаратом. Как только он поднимает телефонную трубку, чтобы выполнить телефонный разговор, радиоблок автоматически выбирает подходящий радиоканал. Если не оказывается ни одного доступного канала радиосвязи, загорается контрольный индикатор сигнала «занято». Если же свободный радиоканал обнаружен, абонент мобильной связи слышит привычный сигнал готовности набора номера, поступивший по системе связи, после которого он может набирать номер вызываемого телефона и вести разговор, как если бы аппараты были соединены между собой обычными телефонными проводами. Поступивший на мобильный телефон сигнал вызова обозначается стандартным сигналом вызова, а разговор с вызывающим абонентом выполняется после простого поднятия телефонной трубки. Таким образом, автоматический мобильный телефон объединяет в себе подвижность, обеспечиваемую радиоканалом, и возмож-

ности, предоставляемые существующей всемирной сетью коммутируемых линий телефонной связи общего пользования, что обеспечивает возможность установить телефонную связь с любым телефонным аппаратом, находящимся в любой точке мира.

Зона обслуживания и роуминг (автоматическое подключение к местной сети связи)

Как уже ранее говорилось, система мобильной связи разрабатывалась с целью обеспечить устойчивую телефонную связь в радиусе 32–48 км от места расположения антенны базового блока. Эта территория называется, как правило, зоной абонентского обслуживания, при этом обычно подразумевается, что абонент при своих перемещениях будет постоянно оставаться в указанной зоне. Однако если абонент покидает свою зону обслуживания и перемещается в зону действия другой базовой станции, то принято говорить, что на такого абонента распространяется действие функции роуминга, при этом характер работы обслуживающего канал связи оборудования изменяется.

Каждый мобильный телефон имеет свой собственный и уникальный телефонный номер, который включает в себя идентификационные данные базовой станции собственной зоны обслуживания. Если кто-нибудь звонит на мобильный телефон (блок), то вызывающий абонент прежде всего соединяется с передатчиком, обслуживающим зону действия вызываемого абонента. До тех пока абонент остается в зоне действия радиопередатчика своего базового блока, все прекрасно. В противном же случае базовая станция не получает ответного сигнала от мобильного устройства, и вызывающий абонент получает сигнал, что вызываемый абонент не отвечает. Однако в том случае, если абонент покинул зону действия своей базовой станции, он сможет все-таки воспользоваться телефоном, если в месте его нового нахождения действует аналогичная сеть мобильной телефонной связи. Такое положение дел, естественно, будет справедливым при условии, что для подобного взаимного обслуживания были предварительно заключены соответствующие соглашения.

Вызовы для такого переместившегося абонента обычно выполняются с использованием специального номера, поэтому оператор мобильной связи знает о новом месторасположении такого абонента. Оператор вручную направляет вызов на базовую станцию, которая обслуживает территорию нового месторасположения такого абонента. Следует учитывать, однако, что некоторые системы мобильной связи не могут обрабатывать подобные вызовы из-за перегрузки собственных каналов связи, а некоторые системы вообще не располагают возможностями для выполнения роуминга.

Если абонент покидает зону обслуживания базовой станции, то связь с использованием его мобильного телефона может быть установлена через аналогичную базовую станцию другой системы мобильной связи, в зоне действия которой окажется абонент, при условии, естественно, заключения соглашения о подобном сотрудничестве между двумя системами мобильной связи.

Организация работы мобильных систем связи

Для беспроводных систем связи для подачи сигналов управления и контроля при выполнении различных функций используются тональные сигналы, в противовес обычным системам связи, в которых используются для этих целей изменения величины тока или напряжения.

В отличие от проводных систем связи в мобильных системах необходимо использовать другую технику подачи сигналов управления и контроля. В силу отсутствия проводов, соединяющих телефонный аппарат с сетью, как речевой сигнал, так и сигналы управления должны передаваться по радиоэффиру. Эта задача выполняется с использованием специальных тональных сигналов в отличие от методов использования напряжений с различными уровнями или определения величины тока (или направления его протекания), проходящего по электрической цепи. Тональные сигналы при этом должны выбираться с такими характеристиками, чтобы они никоим образом не могли бы оказаться перепутанными с другими тональными сигналами, например, с теми, которые используются в методе двухтонального многочастотного набора. С помощью тональных сигналов, передаваемых на мобильный блок, необходимо передавать, например, сигнал вызова, выполняющий точно такую же задачу, что и в обычном телефонном аппарате. При этом различные тональные сигналы должны использоваться для выполнения таких функций и команд, которые соответствуют, например, условию поднятой с рычагов телефонной трубки, занятому состоянию и т.д.

В Усовершенствованной системе подвижной телефонной связи (англоязычная аббревиатура – IMTS) применяется метод внутрисполосной сигнализации, когда используются тональные сигналы с частотой от 1300 до 2200 Гц. В более ранней системе мобильной связи (англоязычная аббревиатура — MTS) использовался также метод внутрисполосной сигнализации с тональными сигналами, имеющими частоты от 600 до 1500 Гц. В ряде систем для ручного режима управления оператором используется частота 2805 Гц.

Поступающий вызов

Базовая станция выбирает один из незанятых каналов, передает по нему сигнал, модулированный тональным сигналом с частотой 2 кГц. Таким образом, канал превращается в «помеченный незанятый канал». Этот канал оказывается зарезервированным для последующего телефонного звонка.

С целью лучшего понимания работы системы мобильной связи следует проследить путь прохождения сигнала от абонента обычных проводных линий связи до мобильного блока через базовый блок. Базовая станция контролирует работу на всех каналах связи и может передавать сигнал только на свободном канале. Вне зависимости от того, сколько каналов связи оказываются незанятыми в данный момент, базовая станция занимает только один из них и посылает по нему тональный сигнал с частотой 2000 Гц, как показано на рис. 11.4. Все мобильные аппараты, состояние которых в данный момент соответствует положенной на рычаги телефонной трубки, автоматически включаются и настраиваются на прослушивание тонального сигнала этого незанятого канала, после чего они «захватывают» этот незанятый

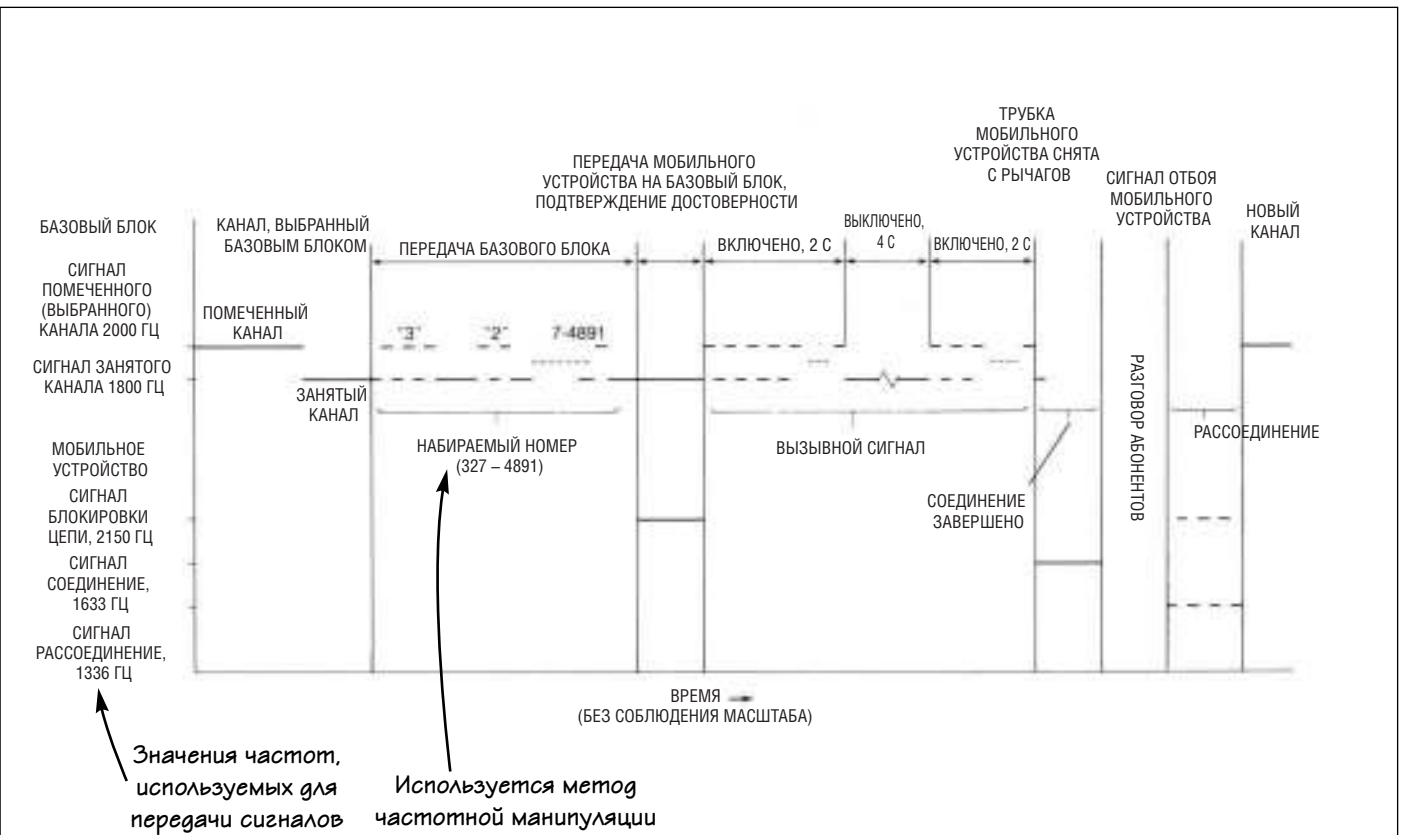


Рис. 11.4.
Последовательность сигналов, передаваемых от базовой станции на мобильное устройство

канал как тот, по которому будет завершаться соединение в каком-то из направлений. После настройки на незанятый канал все мобильные аппараты с положенными на рычаги трубками «слушают», соответствует ли набранный номер его собственному. После того как незанятый канал после завершения соединения оказывается занятым разговором (причем безразлично, в каком именно направлении), управляющий терминал базовой станции выбирает следующий неиспользуемый канал и помечает его тональным сигналом свободного канала (т.е. выбирает новый свободный канал и помечает его), а все остальные телефоны с положенными на рычаги телефонными трубками перестраиваются на этот новый свободный, но помеченный канал. Этот процесс повторяется непрерывно каждый раз, как только иницируется новый вызов и пока есть незанятые каналы связи.

После того как вызывающий абонент обычного стационарного телефонного аппарата набрал телефонный номер вызываемого абонента мобильной связи, звонок в коммутируемой телефонной сети обрабатывается как самый обычный вызов. Последовательность операций во времени представлена на рис. 11.4. Как только вызов поступает на управляющий терминал, терминал занимает помеченный канал связи, для чего он удаляет тональный сигнал, которым он помечал канал связи, и заменяет его тональным сигналом занятия канала, частота которого равна 1800 Гц. Сигнал занятия канала предотвращает возможность занятия этого канала для осуществления вызова, например, другими мобильными телефонами. После этого управляющий терминал через передатчик базовой станции передает последовательность импульсов (частота следования которых составляет 10 импульсов в секунду) с номером вызываемого мобильного телефона. Причем тональный сигнал с частотой, равной частоте помеченного канала, представляет «помеченный интервал» (который соответствует интервалу времени импульса замыкания телефонной линии по постоянному току в стандартном методе импульсного набора), а тональный сигнал с частотой, равной частоте занятия канала, — «непомеченный интервал» (соответствующий интервалу времени разомкнутого состояния телефонной линии в методе импульсного набора номера).

Каждый мобильный телефон, состояние которого соответствует условию положенной на рычаги телефонной трубки, выполняет операцию сравнения полученного от базовой станции номера со своим собственным номером. Как только обнаруживается несовпадение одной цифры номера, мобильный телефон освобождает этот канал и производит поиск другого незанятого канала. Таким образом, при завершении передачи телефонного номера все мобильные телефоны, за исключением вызываемого номера, освободят занятый канал и начнут поиск нового незанятого канала.

Когда на управляющий терминал поступает вызов с обычной сети телефонной связи, то тогда тональный сигнал помеченной линии заменяется тональным сигналом занятой линии (канала 0 с частотой 1,8 кГц, с помощью которого занимается зарезервированный канал). После этого управляющий терминал посылает через передатчик номер мобильного устройства.

Только один мобильный телефон, номер которого будет соответствовать вызываемому, будет продолжать оставаться на этом частотном канале.

Как только на мобильный телефон поступает его собственный адрес, состоящий из семизначного номера, блок управления мобильным устройством включает его передатчик и передает на управляющий терминал базовой станции сигнал опознания, используя для этого тональный сигнал блокировки канала, имеющий частоту 2150 Гц. Если же данный сигнал подтверждения приема (опознания) не поступает на управляющий блок базовой станции в течение трех секунд с момента отправки импульсных сигналов адреса мобильного устройства, сигнал занятия канала перестает поступать, а вызов прекращается. При поступлении с мобильного устройства сигнала подтверждения приема, управляющий терминал посылает стандартный повторяющийся сигнал вызова, который имеет следующую периодичность звучания: две секунды — включен, четыре секунды — пауза, используя для этого, как и прежде, частоты сигналов помеченного и занятого канала. Если мобильное устройство не отвечает в течение сорока пяти секунд, сигнал вызова на мобильном телефоне перестает звонить, и вызов отменяется.

Когда вызываемый абонент поднимает телефонную трубку мобильного устройства для ответа, блок управления и контроля мобильного устройства отправляет пакет импульсов тонального сигнала соединения (частота 1633 Гц) в качестве ответного сигнала. При поступлении на базовую станцию ответного сигнала управляющий терминал прекращает передачу вызывного сигнала и устанавливает голосовой радиоканал между наземной линией связи вызывающего абонента и мобильным устройством. Когда вызываемый абонент в конце разговора вешает телефонную трубку, схема контроля и управления мобильного устройства отправляет сигнал рассоединения — чередующиеся тональные сигналы рассоединения (1336 Гц) и сигналы блокировки канала. После этого схема контроля и управления мобильного устройства отключает передатчик и производит настройку на новый помеченный незанятый канал связи.

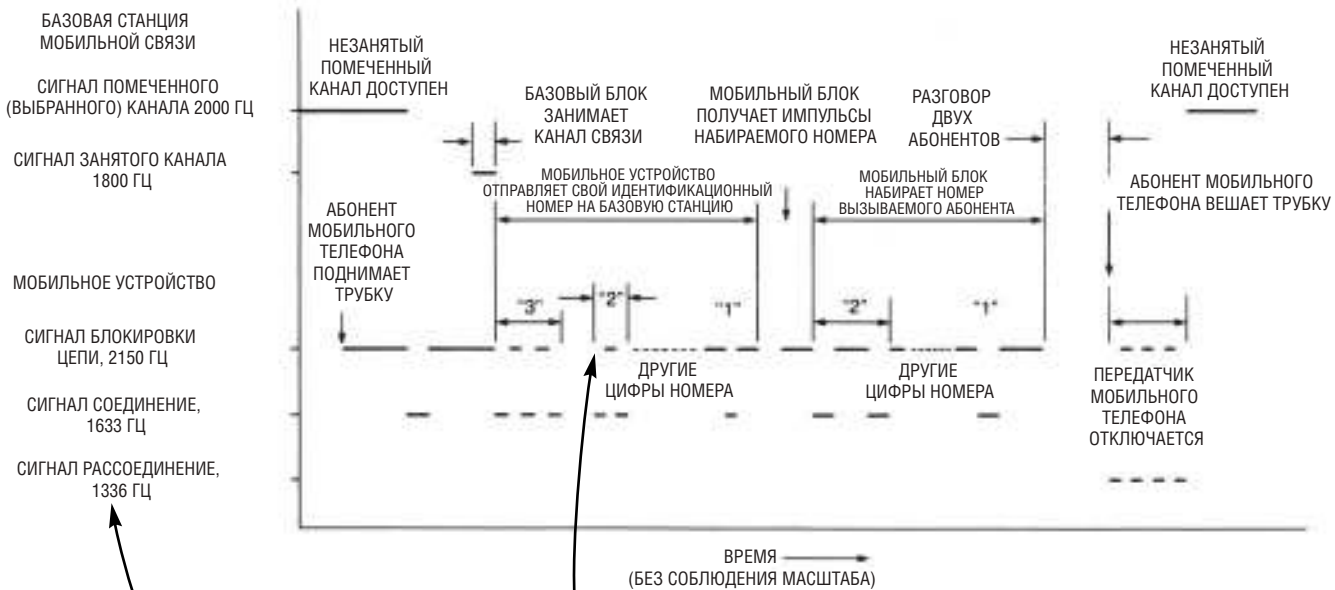
Исходящий вызов

Временная диаграмма сигнала вызова, выполненного с мобильного телефона, приводится на рис. 11.5. Когда абонент поднимает телефонную трубку перед началом набора номера, мобильное устройство должно оставаться захваченным на помеченном незанятом канале. Если этого не произойдет, телефонная трубка окажется неработоспособной, а контрольный индикатор на панели управления укажет абоненту, что ни один канал не является доступным для установления связи. Если же мобильное устройство останется захваченным на помеченном незанятом канале, блок управления и контроля мобильного устройства включит передатчик мобильного

После получения своего характерного номера передатчик мобильного устройства автоматически передает в эфир сигнал опознания с частотой 2150 Гц. После этого на мобильный телефон поступает сигнал вызова.

Если на мобильном устройстве для ответа с рычагов снимается телефонная трубка, посылается уже другой тональный сигнал, который позволяет начаться процессу обмена речевой информацией. Как только трубка телефона будет повешена (стандартное условие положенной на рычаги телефонной трубки), мобильное устройство посылает сигнал рассоединения, попеременно чередуя сигнал рассоединения и тональный сигнал блокировки канала.

Рис. 11.5.
Последовательность
сигналов,
передаваемых
мобильным блоком
на базовую станцию



Значения частот, используемых для передачи сигналов

Для модулирования сигнала используется метод частотной манипуляции

устройства, который начнет передавать последовательность сигналов опознания и подтверждения связи (для этого процесса часто используется профессиональная терминология: передается последовательность квитирующих сигналов или квитирующая последовательность установления связи). Часть диаграммы на рис. 11.5, помеченная как идентификация, как раз относится к тому моменту времени, когда мобильное устройство передает свой собственный номер, поэтому управляющий терминал может идентифицировать его в качестве абонента и может вносить вызов в счет за оплату выполненных телефонных разговоров. Импульсы тонального сигнала блокировки канала, которые смешиваются с импульсами набора номера, используются для проверки на четность. Остальные функции, изображенные на временной диаграмме, представленной на рис. 11.5, аналогичны функциям, приведенным на диаграмме рис. 11.4.

В случае когда вызов производится с мобильного телефона, то прежде всего схема управления находит помеченный незанятый канал, после чего на базовую станцию в качестве сигнала опознания и подтверждения посылается идентификационный номер. После этого мобильное устройство завершает установление соединения обычным путем: получением сигнала готовности набора номера, набором номера вызываемого абонента и ожиданием, пока вызываемый абонент не ответит на вызов.

СЛУЖБА СОТОВОЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Обслуживание, предоставляемое системой мобильной телефонной связи, вряд ли можно назвать прекрасным. Абоненты вынуждены платить в 10–20 раз больше за пользование услугами мобильных систем по сравнению с уровнем оплаты за телефонное обслуживание, предоставляемое в обычных жилых районах, но несмотря на это большинство компаний мобильной связи и эксплуатирующих компаний радиотелефонной связи в крупных городах имеют огромный список желающих стать владельцами этой услуги. Например, в г. Чикаго всего лишь около 2 тыс. человек могли бы воспользоваться услугами мобильной связи, предоставляемой по ранее описанной схеме, тогда как по современным оценкам количество желающих воспользоваться данной услугой превышает как минимум десятикратно эту возможность. Основной причиной такого положения дел являлось прежде всего элементарное отсутствие достаточного количества частотных каналов для удовлетворения возникшей потребности, а также то, что несколько дюжин доступных каналов были уже распределены по различным частотным радиодиапазонам и поделены между компаниями с различными типами предоставляемой мобильной связи. Решение проблемы вовсе не заключалось в выделении новых частотных диапазонов и в строительстве большего количества передающих станций, так как свободных и доступных радиочастотных диапазонов просто уже не было. Кроме того, подобный подход не решил бы проблемы роуминга. Совершенно очевидно, что назрела необходимость принципиально нового подхода к решению проблем мобильной телефонной связи.

Концепция системы сотовой связи, также иногда называемой Прогрессивной системой телефонной связи, AMPS,^{*} представляет собой технологию, предназначенную обеспечить высококачественной мобильной связью как можно большее количество абонентов по доступной цене, а также снять некоторые ограничения в предоставлении им автоматического роуминга. Технология была разработана в конце 70-х и начале 80-х годов прошлого века, а окончательно реализована в 1983 г. Она представляет аналоговую систему связи, которая работает в частотном диапазоне 800 МГц.

Основная концепция организации сотовой связи

Основная концепция системы сотовой связи AMPS заключается в том, чтобы уменьшить площадь покрытия отдельно взятого передатчика за счет уменьшения его излучательной мощности. Этим путем достигается ситуация, когда на территории с большой концентрацией населения можно расположить большее количество базовых передающих станций и за счет этого обеспечить большее количество каналов связи, так как каждый передатчик в состоянии обрабатывать только ограниченное количество телефонных разговоров. Дополнительно к этому возникает существенный выигрыш: так как зона охвата радиопередатчика уменьшается, то одна и та же частота может быть многократно использована в пределах одной географической территории.

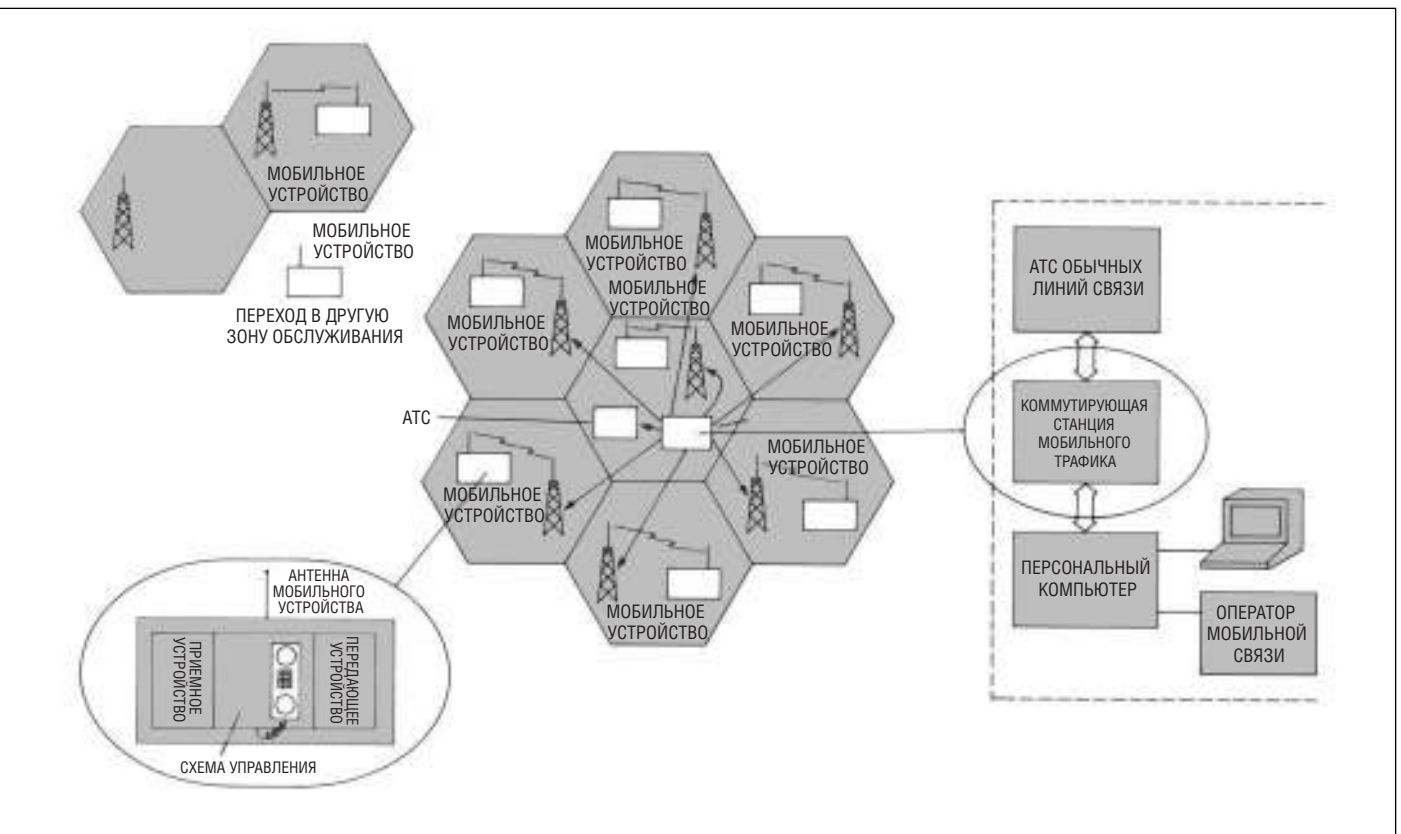
Структура системы сотовой связи

Путем разделения территории города на несколько зон (или ячеек), каждая из которых обслуживается маломощной приемопередающей базовой станцией, количество доступных для использования в городе каналов связи возрастает неимоверно.

Принципиальная структура организации сотовой связи приведена на рис. 11.6. Вся зона обслуживания делится на отдельные области, получившие название ячеек (или сот), в каждой из которых имеется оборудование, предназначенное для коммутации, передачи и приема вызовов как с любого мобильного устройства, находящегося в данной ячейке, так и на это мобильное устройство. Каждый передатчик и приемник такой ячейки работает на частотном канале, установленном для этой ячейки. Каждый частотный канал используется для выполнения большого количества одновременных разговоров в нескольких ячейках, которые располагаются не рядом, а удалены достаточно далеко друг от друга, чтобы избежать взаимных помех (при работе на одной и той же частоте — В.Н.). Таким образом, в системе с относительно небольшим количеством абонентов можно использовать ячейки большого размера, но по мере роста спроса ячейки могут делиться на ряд более мелких. В качестве примера можно рассмотреть крупный город с его пригородами, который поделен на 100 отдельных ячеек (или сот), в каждой из которых имеется мало-

^{*} Advanced Mobile Phone Service (AMPS) является торговой маркой американской компании ATT (AT&T Co.) См. примечание к 1 Главе книги.

Рис. 11.6.
Структура сети
сотовой связи



мощный передатчик, способный одновременно обслуживать по 12 разговоров каждый. В итоге такой подход позволяет получить максимальное значение 1200 одновременно ведущихся разговоров на территории, которая ранее охватывалась одним гораздо более мощным передатчиком, но который был способен обслуживать все те же самые 12–20 абонентов одновременно. Инженеры установили, что взаимные помехи таких передатчиков не являются просто функцией расстояния между отдельными ячейками, а определяются величиной отношения расстояния между ячейками к величине излучаемой мощности передатчика на этой площади. Уменьшение радиуса такой ячейки на 50% позволяет поставщику услуг увеличить количество потенциальных пользователей сети в четыре раза.

С целью проиллюстрировать такой подход на рис. 11.7 приводится простой пример сотовой сети, состоящей из двух ячеек. Каждое мобильное устройство находится в зоне контроля базовой станции мобильной связи, которых на рисунке изображено две. Прямое соединение представляет передачу данных на мобильное устройство, тогда как обратное соединение представляет передачу данных с мобильного устройства на базовую станцию. Каждая базовая станция мобильной сети подключена к набору управляющего оборудования мобильной сети, которое, в свою очередь, подключается к терминалу, управляемому оператором мобильной связи (живым человеком), и интерфейсному оборудованию сети сотовой связи (NIE). Интерфейсное оборудование сети используется для подключения к Коммутируемым сетям общего пользования (англоязычная аббревиатура — PSTN), которые представляют собой обычные стационарные (наземные) телефонные линии.

Узел сети сотовой связи

Узлы сотовой связи (или базовые станции мобильной связи на рис. 11.7) создают радиоканал связи между индивидуальными сотовыми телефонами и системой телефонной связи. Каждая базовая станция сотовой сети оборудована приемником и передатчиком, подключенными к решетчатым антеннам, как это в схематичном виде изображено на рис. 11.7. Коммутирующие электронные схемы системы связи, а также электронные схемы диагностического и вспомогательного оборудования входят в комплект оборудования каждого узла сотовой связи. При выборе мест расположения узлов сотовой связи предпочтение отдается таким местам, где их работа будет наиболее эффективна с точки зрения поддержания радиосвязи (из условий распространения радиоволн УКВ-диапазона — В.Н.). В районах городской застройки они могут распо-

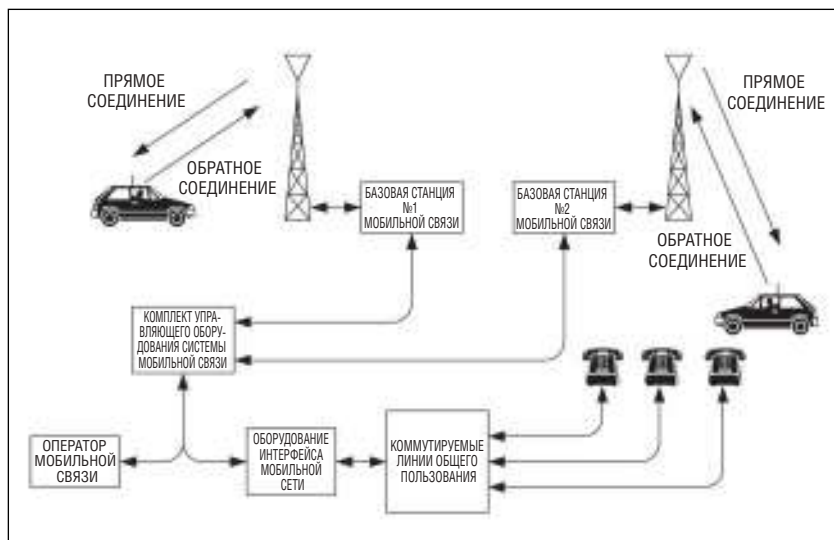


Рис. 11.7.
Пример
простейшей
сотовой сети,
состоящей из двух
ячеек

лагаться на крышах высоких зданий. В пригородных районах или сельской местности сотовые узлы могут располагаться на вершинах высоких холмов или гор — т.е. в таких местах, которые обеспечивают условия наилучшего приема радиосигнала.

Стандартный узел сотовой связи рассчитывается исходя из возможности одновременной обработки до сорока пяти двухсторонних разговоров. Так как для каждого телефонного разговора в полноценном дуплексном режиме требуется две частоты, то каждый узел сотовой связи будет использовать 90 частот из 666 доступных. В прилегающих к данной ячейке сотах должны будут использоваться наборы из других частот доступного диапазона, как это показано на

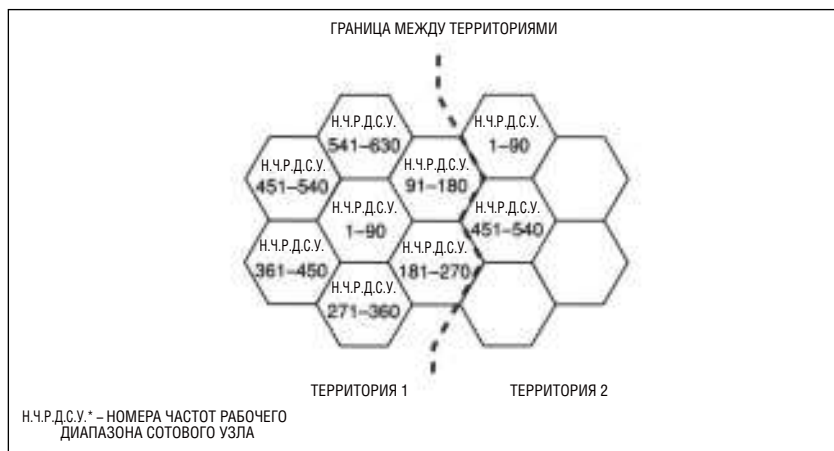


Рис. 11.8.
Пример
использования
частотных
диапазонов
в сотовой связи

рис. 11.9. В качестве примера можно рассмотреть ситуацию, когда расположенный в центре сотовый центр, обслуживающий территорию 1, использует частоты с номерами от 1 по 90. Ни один из расположенных рядом с ним локальных сотовых центров (смежных ячеек) не может использовать этот же самый набор частот из-за возможного взаимного наложения разных разговоров, следовательно, для них должны быть установлены другие наборы частот (имеющие номера с 91-го по 540-й). Изображенный на рисунке верхний сотовый узел, обслуживающий территорию 2 (и помеченный частотами с номерами с 1-го по 90-й), не является смежным с рассматриваемым узлом. Так как он территориально расположен на достаточном удалении, то из-за ограниченности распространения радиоволн передатчики сотовых центров оказывать взаимного влияния друг на друга не будут, поэтому в данном сотовом узле можно будет опять использовать тот же самый набор рабочих частот, что и в центральном сотовом узле на территории 1. На рис. 11.10 приводится схема построения сот и принцип повторного использования одних и тех же частотных диапазонов. Ячейкам, использующим наборы с одинаковыми номерами частот, присвоены одинаковые номера, а так как для ячеек выбрана шестиугольная форма, то ячейки с одинаковыми наборами рабочих частот оказываются отделенными друг от друга как минимум одной ячейкой. На практике форма ячеек, разумеется, отличается от идеальной шестиугольной, но все-таки оказывается достаточно близкой к ней.

Главный коммутационный центр мобильной связи

Все узлы сотовой связи связаны и находятся под управлением главного коммутационного центра мобильной связи (англоязычная аббревиатура — MTSO), который из-за применяемого на нем оборудования можно было бы просто рассматривать в качестве автоматической телефонной станции, однако, как это видно из рассмотрения приведенной на рис. 11.6 схемы, в центре используется значительное количество дополнительного цифрового оборудования, предназначенного для управления и контроля над всеми процессами, происходящими в каждой ячейке мобильной связи. Главный коммутационный центр осуществляет не только соединение с телефонной сетью, но также фиксирует информацию о разговорах для расчета взимаемой за них платы. Главный коммутационный центр мобильной связи связан с узлами сотовой связи посредством групп магистральных линий, предназначенных для передачи речевой информации, а также одним или несколькими цифровыми каналами связи для передачи сигналов управления и контроля.

Главный коммутационный центр мобильной связи выполняет как все функции, присущие обычной автоматической телефонной станции, так и управляет функциями каждого передающего устройства сотовой ячейки.

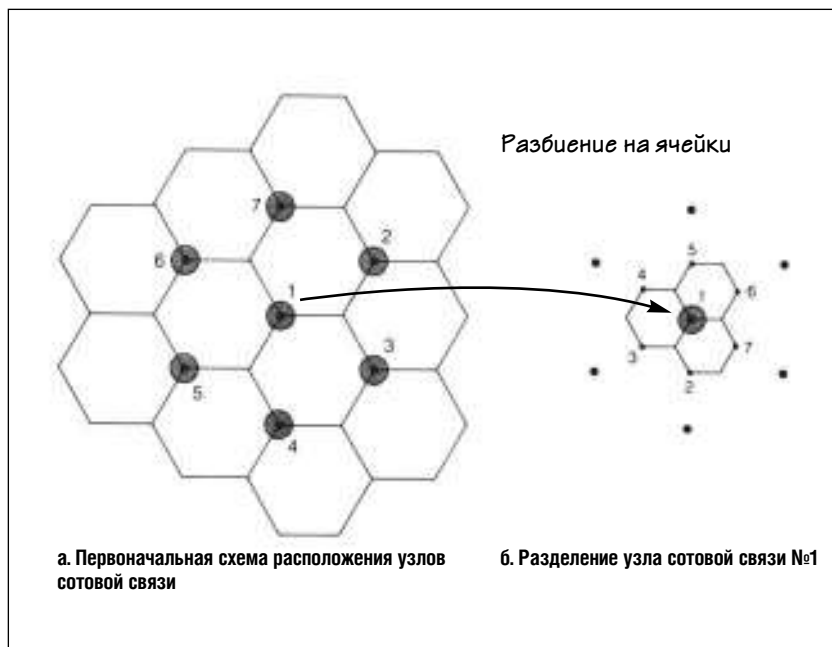


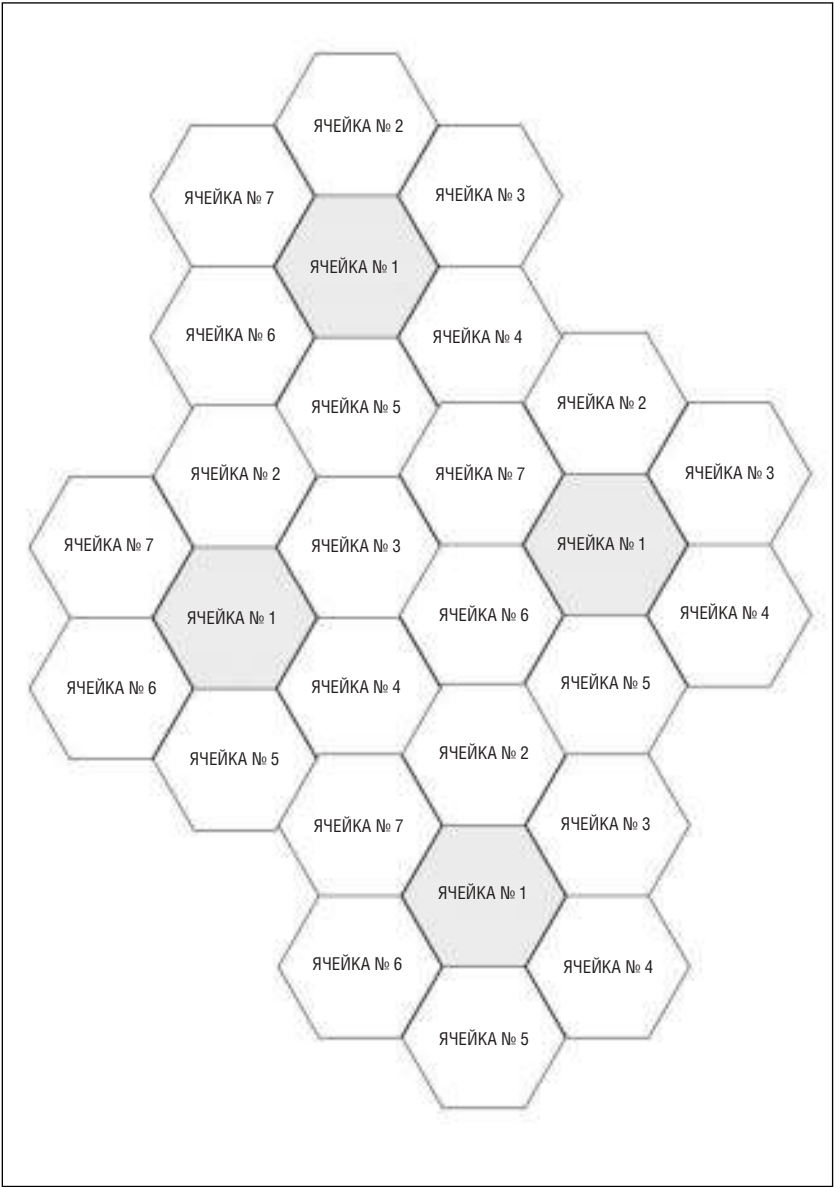
Рис. 11.9.
Разбиение
на ячейки
(Воспроизводится
из журнала *Bell*
Systems Technical
Journal с любезного
разрешения
редакции. © ATT, —
American Telephone
and Telegraph
Company, 1979 г.)

Главный коммутационный центр постоянно контролирует не только узлы сотовой связи посредством передачи радиокоманд, но также контролирует большое количество функций, которые выполняют мобильные устройства сотовой сети.

Мобильные устройства

Все мобильные устройства включают в свой состав блок управления, приемопередающий блок и соответствующие антенны. Обычное мобильное устройство, установленное на легковом автомобиле или грузовике, имеет УКВ-передатчик с выходной мощностью от 3 до 4 Вт, тогда как стандартный ручной мобильный блок имеет передатчик с мощностью порядка 0,6 Вт, а стандартный переносной блок (который является достаточно редким вариантом) имеет мощность передатчика порядка 1,6 Вт. В передатчике мобильного устройства имеется электронная схема, которая производит автоматическую настройку на один из 666 частотно-модулированных каналов, выделенных для сотовой связи Федеральной комиссией США по связи в диапазоне от 826 до 845 МГц и в диапазоне от 870 до 890 МГц. Передатчик каждого сотового узла имеет, по крайней мере, хотя бы один канал, выделенный для передачи сигналов управления и контроля между ячейкой и мобильным устройством. Остальные каналы связи используются в качестве голосовых каналов. Для каждого канала

Рис. 11.10.
Схема
многократного
использования
одних и тех же
частотных каналов



выделена полоса шириной 30 кГц, для режима полноценной дуплексной связи требуется использовать два канала.

Каждому мобильному устройству присвоен десятизначный номер, который по своему виду идентичен любому другому телефонному номеру. Абонент, звонящий на мобильный телефон, будет набирать либо местный код, либо код дальней (междугородней) связи, установ-

ленный для конкретного мобильного устройства. Пользователь же мобильного устройства будет набирать 7 или 10 цифр (перед которыми будет набран код в виде либо 1, либо 0 в тех случаях, когда это требуется), то есть будут выполняться те же самые действия, что и при звонке с обычного телефона, имеющего стационарное месторасположение и подключенного к проводной линии связи.

Всякий раз, когда мобильный телефон будет включен, но еще не будет использоваться, блок управления мобильной связи проверяет величину сигнала по выбранному для передачи данных каналу связи среди нескольких стандартных для данной зоны наборов частот. Если величина сигнала приближается к предельному допустимому значению, например, из-за того, что мобильное устройство приближается к границе зоны обслуживания, то блок управления мобильной связи выберет канал с наиболее сильным сигналом.

Пользование сотовым телефоном

Начало выполнения разговора с использованием сотового телефона начинается с запроса на обслуживание. Эта операция выполняется автоматически после снятия сотового телефона с рычагов. Передатчик сотового устройства занимает канал связи с доступной парой частот и посылает запрос на обслуживание на обслуживающий узел сотовой связи. Узел сотовой связи выделяет набор частот голосового канала, по которому будут передаваться сигналы набора номера и речевой сигнал. Цепь управления сотовой связи автоматически переключается на этот «разговорный» канал, после чего может быть установлено соединение для ведения разговора. В отличие от обычных стационарных телефонов сигнал станции о готовности набора номера не передается по каналам сотовой связи. Вместо этого для того, чтобы сообщить, что канал связи установлен, используется, как правило, информационный дисплей. После этого происходит обычный набор номера. Абонент может либо набрать необходимый номер, будучи подключенным к сети, либо воспользоваться хранящимся в памяти номером для его автоматического набора. Узел сотовой связи обрабатывает поступающие сигналы набираемого номера и пересылает цифры номера на главный коммутационный центр мобильной связи, который и выполнит соединение сотового телефона с требуемым абонентом. Сигналы вызова абонента либо сигналы «занято» будут отправлены с главного коммутационного центра через узел сотовой связи на мобильный сотовый телефон. Если вызываемый абонент поднимет трубку своего телефона, то произойдет самый обычный телефонный разговор.

В действительности процесс пользования сотовым телефоном очень похож на процесс пользования самым обычным домашним телефоном.

При получении вызова на сотовый телефон весь описанный процесс происходит в обратном порядке. Местная АТС определяет, что абонент поднял трубку своего телефонного аппарата, и подтверждает специальным сигналом готовность принимать набираемый абонентом номер. После этого звонящий наберет номер требуемого сотового телефона. Цепи районной АТС подключаются к соответствующему главному коммутационному центру мобильной связи, MTSO, который установит очередность передачи для каждого вызова необходимого кодового номера мобильного устройства по выбранному каналу. После того как необходимый сотовый телефон распознает свой уникальный код, он автоматически займет частотный канал в ближайшей ячейке и даст сигнал опознания, подтверждающий, что он готов к связи. Схема управления ячейки выберет установленный набор частот голосового канала и предпишет мобильному устройству переключиться. После установления голосового канала ячейка подает сигнал на вызываемый сотовый телефон о поступившем вызове путем подачи вызывного сигнала. Если абонент сотового телефона поднимет трубку, то может начаться обычный телефонный разговор.

Вне зависимости от того, является ли вызов входящим либо исходящим, электронные схемы сотовой ячейки регулярно проверяют величину сотовых сигналов через каждые несколько секунд. Информация о величине сигнала поступает на главный коммутационный центр мобильной связи, MTSO, который производит оценку величины сигнала, сравнивая его с ближайшими доступными узлами сотовой связи. Как только сотовый сигнал снижается в одной из ячеек, главный коммутационный центр мобильной связи, MTSO, отдает команду другой ячейке установить новый голосовой канал и осуществлять разговор по этому каналу. Такая передача функции управления и образования нового голосового канала получила название «сделать передачу» (по достаточно специфическому спортивному термину). На практике процесс такой передачи осуществляется настолько быстро, что абонент сотовой связи даже и не подозревает о том, что она осуществилась.

На рис. 11.11 показано, как происходит такая передача функций. Мобильное устройство сначала появилось в зоне действия (охвата) базовой станции № 1, где начался телефонный разговор. В процессе ведения телефонного разговора владелец телефона сотовой связи перемещается с территории, обслуживаемой базовой станцией № 1, на территорию, обслуживаемую базовой станцией № 2. Процесс передачи функции управления и поддержания канала ко второй базовой станции происходит без прерыва в разговоре, поэтому абонент даже не слышит этого (или почти не слышит). Совершенно аналогично, если при продолжении разговора абонент сотовой связи перемещается на территорию, которую обслуживает базовая станция № 3, то передача происходит опять, и снова эта передача функций не вызывает прерываний в разговоре абонентов.

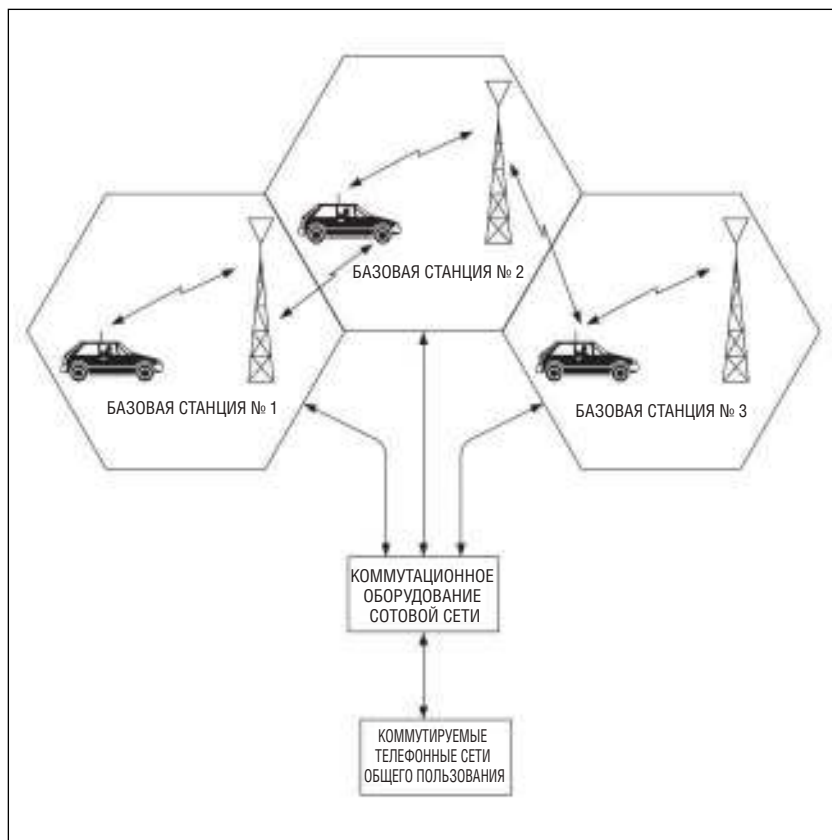


Рис. 11.11.
Передача функции
управления и
поддержания
канала связи
между соседними
ячейками

Использование роуминга

Система связи разработана таким образом, чтобы производить операцию роуминга автоматически; разумеется, такая цель является принципиальной в системе сотовой связи. Концепция определения местонахождения и операции передачи функции обслуживания сотового устройства возникли непосредственно из практики использования сотовых ячеек небольшого размера. Термин «определение местонахождения» в используемом в сотовой связи смысле не является процессом определения точных географических координат объекта (хотя со всей очевидностью ясно, что очень близкий к этому процесс все-таки осуществляется), а заключается в том, чтобы точно определить, будет ли перемещающийся активный абонент продолжать обслуживаться тем же самым каналом связи и передающим устройством, либо же он будет передан (как бы «перепасован») на другой голосовой канал, либо передан на обслуживание другой базовой станции, расположенной в другой сотовой ячейке, либо же подобный процесс

Обслуживание мобильного устройства автоматически передается из одной сотовой ячейки в другую и на новый голосовой канал, которые обеспечивают оптимальное качество разговора. Компьютер главного коммутационного центра мобильной связи, MTSO, постоянно контролирует качество сигнала и выполняет необходимые изменения без прерывания процесса обслуживания абонента.

передачи функций обслуживания будет осуществлен сразу по двум позициям. Решение о такой операции принимается компьютером автоматически и основывается, прежде всего, на качестве сигнала и возможных радиопомехах, а также включает измерение уровня сигнала, поступающего с мобильного устройства.

С использованием системы мобильной связи абонент может начать телефонный разговор из своего автомобиля далеко за городом, затем продолжить разговор, двигаясь по направлению к городу, продолжать его, двигаясь по пригороду и не заканчивая свой разговор, проехав весь город и выехав из него с противоположной стороны. Во время всего этого перемещения абонента качество телефонной связи (качество передачи разговорной речи) будет оставаться высоким. Более важным, однако, является то, что переключение с одного передатчика и с одной рабочей частоты на другой передатчик и другую частоту во время ведения разговора будет осуществляться полностью автоматически, без перерывов в разговоре и без необходимости выполнения абонентом или оператором каких-либо дополнительных действий.

Многие компании сотовой связи заключили с другими региональными компаниями, предоставляющими аналогичные услуги связи, взаимные соглашения об обслуживании абонентов. Такое соглашение позволяет осуществлять обслуживание абонента, даже если он выехал с территории, на которой осуществляет обслуживание его собственная компания сотовой связи. В любом месте, где бы ни находилась система обслуживания, такой переезжающий с места на место абонент будет в состоянии автоматически получить полноценное обслуживание системой сотовой связи. Тем не менее звонок с обычного телефонного аппарата на мобильное устройство, владелец которого переместился на территорию другого крупного города, представляет дополнительные проблемы и сложности. Хотя с технической точки зрения для сотовой системы связи не представляет значительных сложностей автоматически определить, где именно находится абонент мобильного устройства, и автоматически соединить его с вызывающим стационарным абонентом, существуют две веские причины не делать этого. Первая заключается в том, что вызывающий абонент вправе ожидать, что ему придется оплачивать счет только за местный вызов, если он набрал местный номер. Вторая заключается в том, что абонент мобильного сотового телефона может вовсе не желать, чтобы системой связи автоматически определялось его пребывание в данной местности без его на это согласия. Следовательно, система выполнит такое соединение только в том случае, если будет заключено соглашение о дополнительной плате и если окажется возможным делать соединение без недозволенного обнаружения того места, в которое прибыл данный перемещающийся абонент сотовой связи.

Отличительные черты системы сотовой связи

Концепции сотовой связи присущи две наиболее характерные особенности: многократное использование одних и тех же частот и разделение сотовых ячеек.

Многократное использование одних и тех же радиочастот означает одновременное использование одной и той же частоты, или радиоканала, для ведения различных телефонных разговоров на одной и той же географически определенной территории. Идея использовать для работы нескольких независимых передатчиков одну и ту же частоту не является чем-то новым — подобный прием используется всеми службами радиовещания. Что действительно нового внесла в этот принцип система сотовой связи, так это то, что абоненты сотовой связи расположены достаточно близко друг к другу, — два абонента, использующие одну и ту же частоту, могут находиться всего на расстоянии нескольких десятков километров друг от друга, а не на расстоянии в сотни километров. Это достигается за счет использования сравнительно маломощных передатчиков в многочисленных узлах сотовой связи, в отличие от варианта использования одного, но гораздо более мощного передающего устройства. Каждый передатчик системы сотовой связи обслуживает только свою собственную ячейку, причем ячейки с одинаковыми рабочими частотами располагаются достаточно далеко друг от друга, чтобы не создавать друг для друга радиопомех и использовать те же самые частоты.

Принцип многократного деления ячеек основывается на той идее, что размеры сотовой ячейки не являются строго фиксированными и могут изменяться на одной и той же территории или с течением времени. Такой подход продемонстрирован на рис. 11.9. Первоначально все ячейки на данной территории могут иметь достаточно большую площадь покрытия, как показано на рис. 11.9а. Если же количество абонентов в какой-то определенной сотовой ячейке становится слишком велико, чтобы все вызовы оказались обработанными с установленным для системы связи качеством, то перегруженная ячейка делится на ряд более мелких ячеек путем добавления нескольких дополнительных передатчиков, как это показано на рис. 11.9б. Тот же самый главный коммутационный центр мобильной связи, MTSO, будет продолжать обслуживание всех узлов сотовой связи, за тем небольшим исключением, что может оказаться перед необходимостью использовать более мощный компьютер или дополнительные коммутирующие устройства.

Возможно многократное использование одних и тех же радиочастот, обусловленное низкой мощностью сигнала, передаваемого передатчиком в сотовой ячейке, а также запретом на использование одинаковых частот в смежных ячейках.

Система сотовой связи может непрерывно расширяться путем разделения ячеек при увеличении спроса на услуги сотовой связи.

Проблемы сотовой связи

Прежде всего, по самой своей природе мобильные телефоны должны быть очень прочными и надежными. На них часто действуют природные физические явления, такие как конденсирующаяся влага, вибрации и удары, а также резкие перепады температур. Хотя конструкция самого мобильного телефона и используемые в большинстве моделей сотовых телефонов детали, схемы и элементы должны обеспечивать длительную и надежную работу, возможны различные ситуации, которые ухудшают качество работы сети сотовой связи. Как правило, все подобные проблемы обусловлены прежде всего работоспособностью радиоканала, устанавливаемого между сотовым телефоном и узлом сотовой связи.

Перерывы при ведении разговора

Радиосигналы частотного диапазона от 800 до 900 МГц распространяются прямолинейно, по прямой линии. Частично такие сигналы могут ослабляться за счет поглощения энергии сигнала парами воды в атмосфере, отражаться от препятствий, например стен зданий и сооружений, других естественных объектов, холмов или гор. В результате на некоторых участках сигнал может оказаться настолько ослабленным, что может произойти потеря передаваемого или принимаемого сигнала (или даже их обоих). Схемы управления узла сотовой связи проектируются таким образом, чтобы подобные перерывы в сотовой связи не воспринимались как прекращение разговора (условие, соответствующее положенной на рычаги телефонной трубке) и как бы такие ситуации игнорировались. В большинстве случаев подобные возникающие перерывы в разговоре расцениваются как досадная неприятность, не более того.

Перерывы в телефонных разговорах также могут возникать в удаленных районах зоны обслуживания сотовой связи, где отсутствуют узлы сотовой связи, необходимые для своевременной передачи ведущегося разговора. В этой ситуации перемещающийся абонент будет наблюдать постепенное ослабление громкости (ослабление сигнала). Перерыв в разговоре начнется с коротких прерываний (пауз), которые быстро закончатся полным прерыванием разговора и сигналом рассоединения. Единственным способом борьбы с этой неприятностью является выбор иного, если это возможно, маршрута следования.

«Мертвые» зоны

Как правило, происхождение так называемых мертвых зон обусловлено всеми теми же причинами, что приводят к перерывам в телефонном разговоре, однако подобные перерывы не являются кратковременным явлением. Наличие таких «мертвых» зон (в которых отсутствуют условия для прохождения радиосигнала — В.Н.) обычно характерно для гористого или холмистого рельефа местности. В крупных городах громадные по размерам здания могут препятствовать распространению радиосигнала и создавать искусственные «мертвые» зоны. Радиосигнал может многократно отражаться от стен таких зданий либо иных искусственных объектов, при этом различные компоненты такого многократно отраженного сигнала будут накладываться и взаимно влиять друг на друга при поступлении на антенну узла сотовой связи. Такое явление в силу своей распространенности получило специальное название — «многолучевая, или многопутевая, интерференция». Так как в «мертвых» зонах сигнал пропадает на значительно более длительный промежуток времени, схемы управления узлов сотовой связи воспринимают такое явление как соответствующее условию положенной на рычаги телефонной трубки, и поэтому прерывают телефонный разговор.

Ограничения, свойственные Прогрессивной системе мобильной связи, AMPS

На эффективности работы Прогрессивной системы мобильной связи, AMPS, сказываются следующие факторы:

1. Невысокая пропускная способность системы связи.
2. Ограниченный частотный диапазон (который ограничивает количество одновременно ведущихся разговоров).
3. Отсутствие свободных частотных диапазонов для увеличения пропускной способности системы.
4. Плохая приспособленность к передаче по каналам связи данных.
5. Очень невысокая степень защищенности разговора.
6. Высокая уязвимость системы для разного рода мошенничества.

Прогрессивная система мобильной связи, AMPS, распространена во всем мире, но особенно она популярна в Соединенных Штатах, странах Южной Америки, Китае и в Австралии.

Узкополосная аналоговая система мобильной связи, NAMPS

Прогрессивная система мобильной связи, AMPS, представляла собой систему мобильной связи первого поколения. Система сотовой связи второго поколения, получившая название Узкополосной аналоговой системы мобильной связи, NAMPS, была разработана для того, чтобы разрешить проблему невысокой пропускной способности. Этого удалось достичь за счет взаимного использования более узкой полосы голосового канала и цифровых сигналов управления в канале связи с полосой 10 кГц (по сравнению с шириной канала 30 кГц для Прогрессивной системы связи, AMPS). Иными словами, на практике три канала Узкополосной аналоговой системы мобильной связи, NAMPS, могут располагаться в том же самом частотном диапазоне, что и один канал Прогрессивной системы связи, AMPS.

Другие системы сотовой связи

Существует ряд отличий между системами сотовой связи, действующими на территории Соединенных Штатов и Европы. Европейские системы сотовой связи работают в частотном диапазоне от 890 до 989 МГц, а каждый канал занимает полосу шириной 25 кГц. Аналоговые системы, использующие Систему связи всеобщего доступа, TACS (система связи, за основу построения которой принята Прогрессивная система связи, AMPS), более не применяются на территории Соединенного Королевства Великобритании, так как все системы мобильной связи в настоящее время являются цифровыми (стандарт Глобальной системы мобильной связи GSM или DCS-1800, подобный стандарту GSM, но работающий в частотном диапазоне 1800 МГц).

В Канаде продолжается развитие системы сотовой связи, работающей в диапазоне 800 МГц. Оборудование подобной сотовой связи также продолжают использовать в странах Дальнего и Среднего Востока.

ЦИФРОВЫЕ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

В настоящее время системы цифровой мобильной связи вытеснили системы аналоговой с очень многих рынков мобильной связи, но на ряде рынков они продолжают сосуществовать. Преимущества использования цифровых систем гораздо выше, поэтому телефоны определенного вида обладают способностью работать как в цифровых, так и аналоговых сетях мобильной связи, так как подобные модели могут оказаться достаточно широко востребованными.

Средняя продолжительность разговора по обычным телефонным линиям составляет, по различным оценкам, десять минут, тогда как средний разговор по мобильному телефону длится около девяноста секунд. Когда телефонные компании попробовали закрепить около 50 мобильных телефонов или даже чуть больше за одним и тем же радиоканалом связи, то обнаружили, что, поступив таким образом, они значительно увеличили вероятность того, что абонент не получит сигнала станции о готовности к набору номера, когда сделает запрос на обслуживание. Это явление получило специальное название — «вероятность блокирования вызова». Как следствие этого явления в ранних системах мобильной связи эффективность обслуживания абонентов значительно ухудшалась. Основной причиной этого явления оказалась невысокая пропускная способность (или емкость) системы связи. Решение проблемы заключалось в переходе к одной или нескольким цифровым системам связи, таким, например, как множественный доступ с разделением по времени, множественный доступ с кодовым разделением каналов, использования Глобальной системы мобильной связи, системы связи персонального обслуживания. Так как в развитие Прогрессивной системы мобильной связи, AMPS, в свое время были вложены громадные средства, связанные как с самим оборудованием, так и с его программным обеспечением, поставщики услуг мобильной связи рассчитывали цифро-аналоговую систему мобильного телефона таким образом, чтобы совместить свою существующую сеть с системой множественного доступа с разделением по времени, TDMA.

Система множественного доступа с разделением во времени, TDMA

Наиболее часто применяемым методом обеспечения множественного доступа в цифровых сотовых сетях является система множественного доступа с разделением во времени (англоязычная аббревиатура — TDMA). Множественный доступ с разделением во времени, TDMA, используется в североамериканских цифровых сотовых системах (известных как Промежуточный стандарт 54, или IS-54), в Глобальной системе мобильной связи (GSM), в Персональной коммуникационной сети (PCN). Сравнение характеристик различных систем мобильной связи приводится в табл. 11.1 в конце этой главы.

В системах связи с множественным доступом с разделением во времени, TDMA, используется очень узкий частотный диапазон, в котором располагается один сигнал несущей. Каждая несущая модулируется цифровым сигналом, образуя некоторое количество временных слотов. За каждым временным слотом (с полным правом может использоваться термин

«канал») закрепляется только один мобильный телефон в каждый определенный промежуток времени. Ни один другой мобильный телефон не может занимать этот канал до тех пор, пока не будет завершен ведущийся разговор, либо до момента, пока телефон не будет передан системой управления на другой канал связи (обычно на обслуживание другой базовой станцией). В качестве примера можно рассмотреть систему Промежуточного стандарта IS-4, которая была специально разработана как существующая с Прогрессивной системой мобильной связи, AMPS. В системе Промежуточного стандарта используется полоса с шириной 30 кГц, которая методом разделения во времени подразделяется на три канала. В системе Глобальной мобильной связи, GSM, используется восемь разделенных по времени каналов, однако для модулированной несущей используется полоса частот с шириной 200 кГц. В странах Европы Системы множественного доступа с разделением во времени, TDMA, используют в основном частоты диапазона 900 МГц (Глобальная система мобильной связи, GSM) или частотный диапазон 1800 МГц (стандарт DCS). В странах Северной Америки частотный диапазон лежит в полосе 1900 МГц (стандарт PCS — персональные услуги связи).

Также используется расширенная система Множественного доступа с разделением во времени (англоязычная аббревиатура — E-TDMA), которая имеет в 15 раз более высокую пропускную способность по сравнению с аналоговыми системами. Такая высокая пропускная способность достигается за счет того, что во время пауз в разговоре речевые данные не передаются, а этот канал связи используется для передачи по нему речевых данных другого разговора.

Множественный доступ с кодовым разделением каналов

Множественный доступ с кодовым разделением каналов (англоязычная аббревиатура — CDMA) является очень часто используемым методом в беспроводных локальных сетях (англоязычная аббревиатура — WLAN). В настоящее время он становится наиболее часто используемым методом передачи сигналов для мобильных телефонных аппаратов на территории США. Однако первоначально Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, применялся в вооруженных силах в виду того, что в этом методе трудно как обнаружить сигнал, так и создать для него помехи при передаче.

В системе сотовой связи использование метода Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA, было узаконено Ассоциацией промышленности средств связи (англоязычная аббревиатура — TIA) в виде Промежуточного стандарта IS-95, принятого в июле 1993 г. Система Промежуточного стандарта IS-95 занимает участок с частотой 1,25 МГц радиочастотного диапазона.

Принцип работы метода Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA

Вместо того чтобы модулировать несущую простым потоком данных, поток данных кодируется с целью увеличения количества битов. Это увеличивает ширину полосы пропускания для спектра радиочастот. Если в этот момент начинает работать другой мобильный телефон, использующий несущую с той же самой частотой, но с иным кодом для потока данных, то на исходные передаваемые данные никакого влияния оказываться не будет, так как код не будет распознаваться. Таким образом, в наличии оказывается два различных канала, занимающих один и тот же спектральный участок радиодиапазона. Этот процесс может продолжаться, увеличивая количество каналов, каждый из которых имеет свой собственный цифровой код. Однозначно определяемые цифровые коды используются совместно как мобильным телефоном, так и базовой станцией и представляют последовательность псевдослучайных кодов (известную как шумоподобная последовательность, PN). Каждая шумоподобная последовательность содержит по 128 битов.

Метод расширения полосы пропускания также известен как метод сигналов с расширенным спектром. При телефонном разговоре речевой сигнал в цифровой форме в методе Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA, начинает передаваться со скоростью 9600 бит/с, затем скорость передачи сигнала возрастает почти до 1,23 Мбит/с за счет мультиплексирования каждого бита потока данных с использованием шумоподобной последовательности, PN. Цифровой поток, передаваемый с высокой скоростью, модулирует несущую, заставляя использовать при этом канал с расширенной полосой пропускания. Модулирующие несущие сигналы всех остальных мобильных телефонов данной сотовой ячейки также будут передаваться в этом же самом частотном диапазоне. Приемник в состоянии выделить требуемый сигнал, так как он содержит точно такую же шумоподобную последовательность. После того как шумоподобная последовательность умножается (усиливается) демодулированным радиосигналом, восстанавливается и поток исходных данных, передаваемых со скоростью 9600 бит/с.

Для того чтобы системе мобильной связи, использующей Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, работать нормально, все радионесущие, полученные от каждого мобильного телефона, должны иметь примерно равный уровень сигнала. Так как сигнал ни одного мобильного телефона не должен доминировать в радиочастотном спектре, базовая станция управляет уровнем выходной мощности передатчика каждого мобильного телефона.

Синхронизация

В системе мобильной связи, использующей Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, передатчики занимают сотовые ячейки, по которым распределены несущие с различными частотами. Ни одна из двух смежных ячеек не может иметь одинакового значения частоты несущей, поэтому для сети мобильной связи легче переключать частоты по мере того, как мобильный телефон перемещается из одной ячейки в другую. Так как в методе, использующем Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, используется только одна частота, то необходим метод, позволяющий различать каждую сотовую ячейку.

Передаваемый каждой базовой станцией сигнал различается путем добавления специального псевдослучайного кода к передаваемому потоку до того, как он будет передан. Этот псевдослучайный код периодически повторяет сам себя через определенные промежутки времени. Каждая базовая станция системы мобильной связи определяется путем передачи в эфир точно такого же кода, но в другие промежутки времени. Для того чтобы получить однозначно определяемый сдвиг по времени, для базовых станций системы Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA, используется синхронизация от единого источника опорного времени, обеспечиваемого Глобальной системой навигации и определения местоположения (англоязычная аббревиатура — GPS).

Преимущества использования системы Множественного доступа с кодовым разделением каналов, CDMA

Основным преимуществом для абонентов системы, использующих Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, является увеличение пропускной способности (емкости) системы, повышение качества разговора и его конфиденциальности. Возможно увеличение пропускной способности почти в 10 раз по сравнению с возможностями Прогрессивной системы аналоговой мобильной связи, AMPS, и приблизительно в 5 раз по сравнению с возможностями Глобальной системы мобильной связи, GSM. Процесс проектирования значительно упрощается, так как в каждой сотовой ячейке используется одна и та же частота.

Система Персональных услуг связи

Будущее системы телекоммуникаций связано с широким развитием системы Персональных услуг связи (англоязычная аббревиатура — PCS). Такая система предполагает развитие единой беспро-

водной сети, включающей предоставление услуг телефонной, пейджинговой связи, обмена сообщениями, возможность обмена данными, при этом большое внимание уделяется увеличению срока службы и емкости аккумуляторных батарей, используемых в компактных мобильных устройствах.

В действующей в настоящее время на территории США системе Персональных услуг связи, PCS, используется Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, (Промежуточный стандарт IS-95) с использованием двух частотных диапазонов: от 1850 до 1910 МГц и от 1930 до 1990 МГц. Каналы связи являются спаренными между собой (например, в канале № 512 частота 1850,2 МГц используется для исходящего разговора, а частота 1930,2 МГц — для поступающего). Большая часть систем предоставления Персональных услуг связи использует для работы частотный диапазон 800 МГц, для того чтобы быть совместимой с существующей системой сотовой связи в тех случаях, когда для мобильных телефонов системы Персональных услуг связи должна быть доступной функция роуминга.

Мобильные телефоны третьего поколения

В 1992 г. Всемирная исполнительная конференция по радиосвязи (англоязычная аббревиатура — WARC-92) выделила два частотных диапазона для мобильной связи третьего поколения. Это полосы с частотами от 1885 до 2025 МГц и от 2110 до 2200 МГц, перекрывающиеся с системой Персональных услуг связи, PCS, описанной ранее. В сетях мобильной связи третьего поколения также будет использоваться Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA.

Таблица 11.1.
Сводная таблица
параметров
беспроводных
систем связи

Стандарт цифровой беспроводной или мобильной связи; страны преимущественного распространения	Основные характеристики
Стандарт PACS – Коммуникационная система персонального доступа, беспроводная (страны Северной Америки)	Скорость передачи голосового канала – 32 Кбит/с, контроль ошибок с использованием избыточного кода, CRC, частота несущей – 900 МГц
Стандарт CT-2 беспроводная связь (Соединенное Королевство Великобритании)	Скорость передачи голосового канала – 32 Кбит/с, частота несущей – 800 МГц
Стандарт DECT – Усовершенствованная беспроводная связь (общеевропейский стандарт) (страны Европы)	Скорость передачи голосового канала – 32 Кбит/с, частота несущей – 1900 МГц
Стандарт PHS беспроводная связь (Япония)	Скорость передачи голосового канала – 32 Кбит/с, контроль ошибок с использованием избыточного кода, CRC
Стандарт PCS – Персональные услуги связи, (Промежуточный стандарт IS-95) мобильная связь, (страны Северной Америки)	Максимальная скорость передачи голосового канала – 9,6 Кбит/с (непостоянна после введения контроля ошибок), множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, частота несущей – 1900 МГц
Стандарт DAMPS – цифровой, совместимый с Прогрессивной системой мобильной связи, аналоговый (Промежуточный стандарт IS-136), мобильная связь, (страны Северной Америки)	Скорость передачи голосового канала – 7,4 или 7,95 Кбит/с (после введения контроля ошибок – 11,2 Кбит/с), множественный доступ с разделением каналов во времени, TDMA, частота несущей – 900 МГц
Стандарт GSM – Глобальной системы мобильной связи, мобильная связь (страны Европы)	Скорость передачи голосового канала – 13 Кбит/с (после введения контроля ошибок – 22,8 Кбит/с), множественный доступ с разделением каналов во времени, TDMA, частота несущей – 900 МГц
Стандарт DCS мобильная связь (страны Европы)	Скорость передачи голосового канала – 13 Кбит/с (после введения контроля ошибок – 22,8 Кбит/с), множественный доступ с разделением каналов во времени, TDMA, частота несущей – 1800 МГц
Стандарт JDC мобильная связь (Япония)	Скорость передачи голосового канала – 6,7 Кбит/с (после введения контроля ошибок – 13 Кбит/с), множественный доступ с разделением каналов во времени, TDMA

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Беспроводные телефоны состоят из стационарного базового блока и мобильного блока, связь между которыми осуществляется с использованием радиоканала в отличие от обычно применяемых для этих целей проводов.
2. Вариантами беспроводных телефонов могут быть бесшнуровые телефоны, которые нашли применение в домашнем обиходе и небольших офисных помещениях, либо мобильные радиотелефоны, используемые в торговле и промышленности.
3. В большей части моделей беспроводных телефонов для передачи сигналов управления и речевой информации используется метод частотной модуляции несущей радиоканала.
4. Большая часть систем мобильной связи на базовых станциях имеют передатчики большой мощности, которые обеспечивают радиосвязь в радиусе от 32 до 48 км.
5. Для того чтобы правильно завершить установление радиоканала между стационарной базой и мобильным устройством системы связи, должна использоваться определенная последовательность сигналов, за которой следуют тональные сигналы управления.
6. Система беспроводной сотовой связи была разработана для того, чтобы позволить гораздо большему количеству абонентов воспользоваться услугами мобильной связи.
7. В системе сотовой связи используется управление автоматическим переключением узлов сотовой связи и каналов передачи сигналов управления по мере того, как абонент передвигается из зоны действия одной базовой станции в зону обслуживания другой базовой станции.

Контрольные вопросы к главе 11

1. В соответствии с терминологией, применяемой на страницах этой книги, термин «беспроводной телефон» относится:
 - а) к системе трансокеанической телефонной связи, поддерживаемой с использованием радиоканала;
 - б) к телефонному аппарату, в котором соединительные провода были заменены интегральными микросхемами;
 - в) к любому телефонному аппарату или системе связи, в которой используется радиоканал для замены проводного соединения на любом участке между телефонной трубкой и коммутируемыми сетями общего пользования.
2. В Соединенных Штатах термин «мобильный телефон» используется в отношении:
 - а) портативного переносного пейджера;
 - б) специального типа радиотелефона, который подключается к коммутируемым сетям общего пользования через телефонную компанию;
 - в) беспроводного телефонного аппарата, специально сконструированного для использования в автомобилях.
3. Абоненты, пользующиеся мобильным телефоном, осуществляют исходящий разговор и отвечают на вызов:
 - а) пользуясь услугами оператора телефонной связи;
 - б) автоматически, при условии, что они находятся в зоне обслуживания системой связи и в наличии имеется доступный канал;
 - в) с использованием двух различных радиоканалов: одного — для передачи, а второго — для приема сигналов.
4. Система сотовой мобильной связи представляет:
 - а) концепцию использования большого количества передатчиков с малой выходной мощностью и со всеобъемлющей системой компьютерного контроля вместо применения нескольких передатчиков с более высокой выходной мощностью;

- б) иное название для усовершенствованной системы подвижной телефонной связи, IMTS;
 - в) концепцию разделения территории города на множество ячеек, обслуживание абонентов на территории которой осуществляется базовой передающей станцией небольшой мощности.
- 5. Бесшнуровым телефонным аппаратом является:
 - а) такой, в котором используются волоконно-оптические кабели для того, чтобы заменить традиционные медные провода;
 - б) портативный параллельный телефонный аппарат, в котором используется радиоканал, создаваемый передатчиками малой выходной мощности между стационарным базовым блоком и телефонной трубкой;
 - в) телефон, в котором используется радиоканал связи между стационарным базовым блоком и линиями связи телефонной компании.
- 6. Антенны для бесшнурового телефонного аппарата:
 - а) обычно размещаются на крышах зданий, иногда совмещаясь с телевизионными антеннами;
 - б) состоят их двух штыревых антенн, одна — для передатчика стационарного базового блока, а вторая — для передатчика портативного устройства;
 - в) образованы проводами, проложенными внутри здания, штыревыми раздвижными антеннами и ферритовыми антеннами.
- 7. Термин «роуминг» относится:
 - а) к абоненту, который, пользуясь бесшнуровым телефоном, во время телефонного разговора прохаживается вокруг здания;
 - б) к классу терминов, которые применяются исключительно в системах сотовой связи;
 - в) к абоненту, пользующемуся мобильным телефоном в случаях, когда он находится за пределами обслуживания своей территориальной компании.
- 8. Если при ведении телефонного разговора владелец мобильного телефона перемещается из одной сотовой ячейки в другую:
 - а) разговор должен быть прекращен и снова возобновлен на территории новой сотовой ячейки;
 - б) система связи автоматически передает разговор

- на другой передатчик и в другую ячейку;
- в)** владелец мобильного телефона должен заключить договор с телефонной компанией для переадресации вызовов.
- 9.** Незанятый канал в Усовершенствованной системе подвижной телефонной связи, IMTS, означает:
- а)** состояние выделенного канала связи каждого мобильного телефона в момент, когда он не используется;
 - б)** один неиспользуемый в данный момент канал, по которому все мобильные телефоны проверяют в момент вызова поступление своего собственного адреса;
 - в)** специальный канал, выделенный только для передачи сигналов управления и контроля, который часто оказывается свободным.
- 10.** Процесс деления сотовых ячеек представляет:
- а)** процесс разделения большой по размерам ячейки сотовой связи на несколько более мелких;
 - б)** идею использовать для двух мобильных устройств одной и той же рабочей частоты при их расположении в разных местах в пределах одной и той же сотовой ячейки;
 - в)** процесс, подобный вырыванию собственных волос на голове людьми в момент отчаяния, когда они вынуждены придумывать контрольные вопросы с многочисленными вариантами ответов на них.

Глава 12. Сближение технологий

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ГЛАВЫ

В данной главе первоначально рассматриваются вопросы слияния таких областей, как телекоммуникации, кабельное телевидение и индустрия предоставления услуг доступа к Интернету. Во многих странах компании, предоставляющие услуги кабельного телевидения, воспользовались благоприятной ситуацией, созданной отменой государственного регулирования в области телекоммуникаций. Это позволило им создать реальную конкуренцию национальным телекоммуникационным компаниям, которые ранее монопольно контролировали данный сектор рынка услуг.

В этой главе также будут рассмотрены вопросы совмещения телефонной связи с компьютерными технологиями. Интеграция телефона и компьютера, или компьютерная телефония (англоязычная аббревиатура — СТИ), представляют почти родственный союз между телефонным разговором и связанными с ними данными, хранящимися в персональном компьютере. Во многих областях бизнеса в настоящее время широко используется компьютерная телефония, которая получила развитие буквально за несколько последних лет и в настоящее время достигла уровня, когда коммутация, или соединение при разговоре, осуществляется на уровне компьютера.

Обе эти составляющие получили такое развитие благодаря внедрению новых технологий, культурным изменениям, развитию отраслей экономики, производящих услуги, а также вследствие снятия государственного регулирования в области телекоммуникаций во многих странах мира. В течение 90-х годов двадцатого века уровень технологических изменений превзошел все любые изменения за прошлые десятилетия, при этом скорость развития мира в целом все время возрастает.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА

В индустрии телекоммуникаций постоянно ощущаются настоячивые попытки предоставлять сервисное обслуживание через общую точку в едином связанном комплекте, который включает в себя одновременно стационарную и мобильную телефонную связь, кабельное телевидение и доступ к Интернету. Все эти виды обслуживания на территории Соединенных Штатов ранее традиционно предоставлялись по отдельности, и такая ситуация до некоторой степени сохраняется до сих пор, однако в настоящее время возник ряд компаний, которые предоставляют комплексное связанное обслуживание.

Связанный сервис включает в себя предложение услуг телекоммуникаций, Интернета и кабельного телевидения в едином комплекте.

Большие компании, такие как Verizon — бывшие компании Bell Atlantic и GTE, — а также более мелкие компании, такие, например, как Wamego Telecommunication Services, расположенная в штате Канзас, предлагают все виды современного сервисного обслуживания. В этой главе будут рассмотрены три основные составляющие комплексного и связанного в едином пакете сервисного обслуживания: телекоммуникационного, кабельного телевидения и Интернета.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Телефон, являющийся первым техническим устройством, передающим речь человека на значительные расстояния по проводам, был изобретен в далекие 70-е годы девятнадцатого столетия.

Телефон представляет собой первое техническое устройство, с помощью которого звуковые сигналы передавались на достаточно большие расстояния. Он был изобретен в 70-е годы позапрошлого века, на первых порах его распространение было медленным. Однако уже к 1920 году почти все города мира имели телефонную связь, сельские районы вынуждены были ожидать прихода телефона вплоть до 30–40-х годов прошлого века.

Развитие техники телефонной связи в период с момента изобретения первого телефона вплоть до конца 50-х годов прошлого века шло достаточно медленно, без резких рывков. Телефонные аппараты с дисковым номеронабирателем были предназначены для подачи сигналов управления и контроля с помощью импульсов, которые использовались для того, чтобы выполнить соединение с необходимой абонентской линией связи. Точно также схема коммутатора Строуджера (Strowger), которая была предложена для практического применения в середине 20-х годов прошлого века, продолжала успешно эксплуатироваться вплоть до 70-х годов, т.е. на протяжении полувека.

Электронные схемы коммутации и гораздо более совершенные устройства обработки и управления вызовами получили развитие с момента изобретения тонального набора номера и электронно-управляемых координатных систем коммутации, которые начали устанавливаться в начале 60-х годов прошлого века. Координатные и эквивалентные им коммутаторы язычкового типа в настоящее время повсеместно заменяются цифровыми АТС. В цифровых АТС аналоговый речевой сигнал при его передаче преобразуется прежде всего в поток данных, а операция коммутирования выполняется с использованием полупроводниковых интегральных микросхем, в которых создаются специальные управляющие логические схемы.

Первые модемы для передачи данных между компьютерами представлялись телефонными компаниями и выполнялись по индивидуальным заказам, для них использовались особые проводные соединения. Модемы, способные работать в обычных телефонных линиях, появились в начале 70-х годов прошлого века. Они представляли устройства, соотве-

тствующие стандарту V.21, и были способны передавать данные со скоростью 300 бит/с. Значительное увеличение скорости передачи модемов было достигнуто буквально через несколько лет, стандарт V.34 был принят как предельно достижимый результат, когда на его основе была достигнута скорость передачи данных, равная 33,6 Кбит/с.* Стандарт V.92, принятый в конце 2000 г., позволил осуществлять передачу данных с максимальной скоростью 56 Кбит/с в направлении от районной АТС к абоненту и с максимальной скоростью 48 Кбит/с в обратном направлении.

Введение в эксплуатацию цифровых сетей интегрированного обслуживания (англоязычная аббревиатура — ISDN) в 1979 г. обеспечила двухстороннюю передачу данных со скоростью 64 Кбит/с. Данное значение скорости передачи данных принято в настоящее время в качестве базовой скорости. Использование спустя некоторое время терминального оборудования, которое поддерживало два канала с базовыми скоростями передачи данных и канал данных со скоростью передачи 16 Кбит/с (используемый для передачи сигналов управления и контроля), положило начало так называемому обслуживанию «2B+D». Широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания, B-ISDN, позволяет передавать данные со скоростями в несколько мегабит в секунду, однако для этого требуется магистральная линия передачи с широкой полосой пропускания.

Начало использования в 70-х годах двадцатого столетия волоконно-оптических кабелей позволило значительно увеличить скорости передачи данных как между частными домовладениями, так и между районными АТС. Подводные кабели связи, проложенные между многими странами мира, являются оптоволоконными, в которых используются цифровые сигналы управления и контроля. Пропускная способность волоконно-оптических кабелей была увеличена за счет использования метода модуляции со спектральным разделением (англоязычная аббревиатура — WDM). В методе модуляции со спектральным разделением используется несколько лазеров, каждый из которых одновременно передает по одному волоконно-оптическому кабелю световой поток с собственной длиной волны. Каждый световой сигнал, имеющий определенную длину волны, выделяется из общего светового потока на принимающем конце волоконно-оптического кабеля с помощью специальных призм или оптических призм, как это показано на рис. 12.1.

Системы цифровых абонентских линий, DSL, были разработаны для передачи потоков информации с высокими скоростями по проводам, выполненным в виде витой пары. Очень быстро получили распространение две системы: асимметричные цифровые

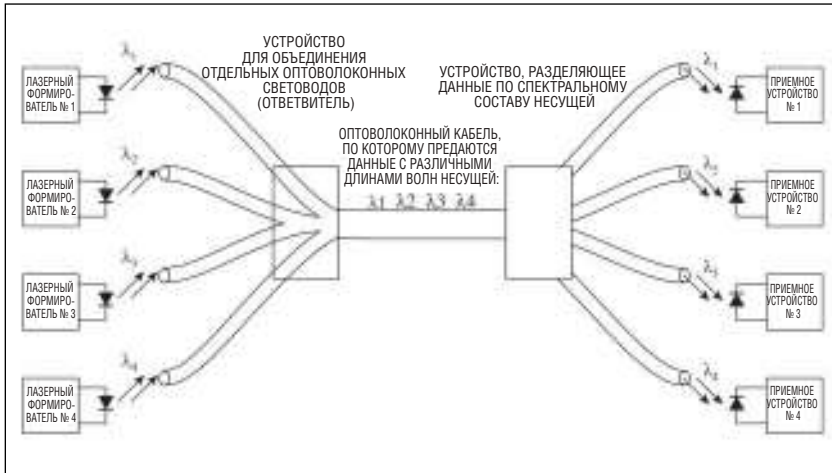
* Скорость передачи, выраженная в единицах Кбит/с, или килобит в секунду, равна скорости передачи данных в одну тысячу бит в секунду, а Мбит/с равен скорости передачи 1000000 (1 млн.) бит в секунду.

абонентские линии, ADSL, и высокоскоростные цифровые линии связи, HDSL.

В асимметричных системах цифровых линий связи используют медные провода, выполненные в виде витой пары, они разработаны для применения в методе «визуализации по требованию» (англоязычная аббревиатура — VOD). Метод «визуализации по требованию», VOD, рассматривался в качестве средства для телекоммуникационных компаний, конкурирующих с компаниями кабельного телевидения, которые завоевали своих потребителей, предложив им телевидение и телекоммуникационное обслуживание в виде единого пакета услуг. Методу «визуализации по требованию», VOD, не удалось выполнить поставленных перед ним задач по целому ряду причин, основной из которых явилось отсутствие возможности полноценно наполнить программы содержимым в реальном масштабе времени, таким, например, как программы новостей или спортивные программы. Однако потребность в доступе к Интернету с возможностью очень высокой скорости передачи данных дала асимметричным цифровым линиям связи, ADSL, буквально новую жизнь.

Для системы высокоскоростных цифровых линий связи, HDSL, необходимо использовать кабель, состоящий из двух витых пар: одна пара для исходящего потока данных, а вторая — для поступающего. Системы высокоскоростных цифровых линий связи, HDSL, специально проектировались для передачи потоков данных стандарта T1 (1,544 Мбит/с) и стандарта E1 (2,048 Мбит/с). Они обеспечивают возможность передачи до 30 каналов цифровых сетей интегрированного обслуживания, ISDN, в помещении потребителя, используя для этих целей медные провода, выполненные в виде все тех же двух витых пар.

Рис. 12.1.
Метод уплотнения
со спектральным
разложением
сигнала, WDM



Последние достижения позволили использовать систему цифровых линий связи, обозначаемых как SDSL, или HDSL2, которые позволяют передавать данные по одной витой паре со скоростями вплоть до 1,544 Мбит/с. Цифровые линии связи с очень высокой скоростью передачи данных (англоязычная аббревиатура — VDSL) находятся в процессе разработки и будут способны передавать данные по витой паре на небольшие расстояния со скоростями, достигающими значений вплоть до 55 Мбит/с. Эти линии связи предназначены для передачи потоков информации от уличных узлов волоконно-оптической связи непосредственно в жилые дома и квартиры потребителей.

КАБЕЛЬНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Телевизионное вещание начало разрабатываться с начала 30-х годов двадцатого столетия, но жизнеспособным с коммерческой точки зрения оно стало только после Второй мировой войны (начиная с 1947 г.). Цветное телевидение получило распространение только после 1954 г. Подавляющее большинство владельцев телевизионных приемников в 50–60-х годах прошлого века получали телевизионный сигнал с помощью антенн, предназначенных для приема сигнала в диапазоне очень высоких частот (англоязычная аббревиатура — VHF), или метровом диапазоне, либо диапазоне ультравысоких частот (англоязычная аббревиатура — UHF), или дециметровом диапазоне телевизионного вещания. Индустрия кабельного телевидения начинает свое развитие примерно с середины 50-х годов, когда отдельные группы лиц, особенно в западных штатах США и гористой местности страны, начали объединяться, чтобы совместно пользоваться коллективными телевизионными антеннами.

К началу 70-х годов двадцатого столетия концепция кабельного телевидения получила достаточную популярность, объединив в своем составе городские и пригородные системы, а также системы исходных сельских районов. Пользователи кабельного телевидения быстро осознали, что такие явления, как появление ореола на изображении, помехив виде «снега», а также другие причуды изображения, проявляющиеся при приеме телевизионного эфирного сигнала, исключались при использовании системы кабельного телевидения. Индустрия кабельного телевидения также оказалась в состоянии предложить широкий набор из самых различных по содержанию и тематике каналов, а также дополнительные виды обслуживания (такие, например, как планирование коллективного доступа), которые были просто невозможны при традиционном телевизионном вещании. Стандартная система кабельного телевидения

предлагала в 70-х годах прошлого века от 12 до 40 каналов, из которых регулярно выходили в эфир только 3 или 5. В настоящее время самыми обычными являются системы, поддерживающие передачу на 60, 120 и 180 каналах телевидения.

На территории Соединенных Штатов в качестве стандартного аналогового телевизионного сигнала используется формат, выбранный Национальным комитетом по телевизионным стандартам (англоязычная аббревиатура — NTSC). Ширина полосы для аналогового сигнала составляет 6 МГц, в ней сосредоточена вся информация об интенсивности и цветности сигнала. При использовании формата Национального комитета по телевизионным стандартам, NTSC, на экране телевизионного приемника формируется 525 строк, из которых для создания видимого изображения используется только 480 строк, каждая строка отображает 500 эквивалентных пикселей или элементов изображения. Значение эффективного разрешения такого экрана составляет 500×480 пикселей. Каждое полное изображение обновляется через каждую 30-ю долю секунды (или со скоростью тридцать кадров в секунду). При формировании изображения используются строки чересстрочной развертки, половина из которых обновляется через каждую шестидесятую долю секунды. Отношение горизонтального размера изображения к вертикальному составляет 4:3.

Такое значение разрешения телевизионного изображения было установлено более пятидесяти лет тому назад, и в настоящее время оно явно устарело. Люди стали привыкать к четкости изображения, характерного для дисплея компьютера. Наименьшее значение разрешения монитора компьютера, используемого в настоящие дни, составляет 640×480 пикселей, а большинство использует разрешение 800×600 или 1024×768 пикселей. Скорость обновления изображения дисплеев компьютеров как минимум равна или выше, чем в телевизионных приемниках.

ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Цифровое телевидение (англоязычная аббревиатура — DTV) разрабатывалось с целью значительно повысить качество телевизионного изображения. В Соединенных Штатах был основан Комитет по современным телевизионным стандартам (англоязычная аббревиатура — ATSC), задачей которого является надзор за развитием стандартов. В Европе для аналогичных целей была создана специальная группа, получившая название Цифрового видеоизображения (англоязычная аббревиатура — DVB).

Преимуществом цифрового телевидения является то, что стандартная техника передачи и обработки цифровых сигналов может быть применена к телевизионному сигналу, в силу чего помехи не будут

приводить к искажениям телевизионного изображения или возникновению помех типа «снега» на экране телевизора. Существующие методики коррекции ошибок позволяют производить замену искаженных в процессе передачи данных не искаженными. Как правило, наличие ошибок определяется и исправляется с использованием расчетов, выполняемых с использованием получаемого изображения и контрольных данных.

В цифровом телевидении, DTV, используется передача и прием цифрового телевизионного сигнала с последующим отображением полученных сигналов на экране цифрового телевизионного приемника. Цифровой сигнал может быть передан в эфире с использованием радиосигнала, а также может быть передан по кабельным линиям или с использованием спутниковых систем связи. Цифровые сигналы претерпевают кодирование, чтобы уменьшить ширину полосы пропускания (т.е. данные сжимаются) перед тем, как быть переданными по каналам связи, поэтому в принимающем устройстве обязательно наличие декодера, чтобы восстановить сжатый сигнал. При передаче телевизионного сигнала телевидения высокого разрешения (англоязычная аббревиатура — HDTV) используется передача потока данных со скоростью 19,3 Мбит/с.

Телевидение высокого разрешения, HDTV, в действительности обеспечивает качество изображения с высоким разрешением, помимо этого оно используется совместно с системой шумоподавления Долби, обеспечивающей качество звука в системах объемного звучания (АС-3), сравнимого с качеством воспроизведением звука с компакт-дисков. В телевидении высокого разрешения используется максимальное для цифрового телевидения разрешение, соответствующее новому набору стандартов, которое составляет 720 или 1080 строк, а каждое изображение содержит не менее двух миллионов пикселей. Такое объединение обеспечивает высокую четкость изображения совместно с высоким качеством звукового сопровождения. Получение изображения с еще более высоким разрешением для систем телевидения высокого разрешения, HDTV, является основной целью, поставленной торгующими организациями перед разработчиками. Соотношение геометрических размеров (ширины к высоте изображения), или форматное соотношение, в цифровом телевидении составляет 16:9 (или 1,78:1).

Наиболее часто используемыми в системе телевидения высокого разрешения, HDTV, являются форматы: 480i (640×480 пикселей, чересстрочная развертка), 480p (640×480 пикселей, прогрессивная развертка), 720p (1280×720 пикселей, прогрессивная развертка) и 1080i (1920×1080 пикселей, чересстрочная развертка). Термины «чересстрочная развертка» и «прогрессивная развертка»

относятся к используемой системе развертки. В системе чересстрочной развертки первыми проходят нечетные строки, начиная проход луча из верхней точки дисплея в направлении поперек и вниз. За этим следует проход луча четных строк, так как в течение одной секунды происходит смена (полное сканирование) тридцати кадров изображения, проход половины строк осуществляется в течение одной шестидесятой доли секунды. На экранах большой площади при таком виде развертки изображения возникают нежелательные эффекты: изображение становится мерцающим. При прогрессивной системе развертки каждый луч проходит строку каждую шестидесятую долю секунды. Изображение при этом методе развертки получается более сглаженным, но для этого требуется более широкая полоса пропускания.

Потенциально для телевидения высокой четкости, HDTV, требуется более широкая полоса пропускания, однако использование различных методов сжатия изображения позволяет значительно снизить требования к ширине полосы пропускания. В цифровом телевидении используется стандарт сжатия и кодирования MPEG-2. Использование стандарта сжатия MPEG-2 уменьшает объем данных, которые необходимо передать, за счет замены длинных последовательностей двоичных нулей и двоичных единиц специальными кодами, т.е. аналогично методике, применяемой при сжатии передаваемых данных аппаратами факсимильной связи. Использование такой схемы кодирования позволяет гарантированно передавать только те данные, которые относятся к изображению. В целом применение стандарта сжатия позволяет уменьшить количество передаваемых данных в отношении 55:1.

Применяемый метод кодирования также позволяет отделить данные, относящиеся к наиболее значимой части изображения, от второстепенных деталей. При этом менее важные части изображения могут быть отброшены, если полоса пропускания канала оказывается недостаточной для передачи полного изображения. В последующих кадрах этот процесс повторяется, однако любым изменениям изображения отдается предпочтение. При этом если изменения относительно небольшие, то все происшедшие изменения в изображении подлежат передаче. Однако если произошли значительные изменения в изображении, то передаваться будет только наиболее значимая часть этих изменений в новом изображении.

Метод сжатия, применяемый в формате MPEG-2, является промышленным стандартом для универсальных DVD-дисков, применяемых для записи изображения, а также в ряде систем спутникового телевидения. Сжатие данных снижает качество изображения в приемном устройстве по сравнению с качеством изображения, получае-

мого цифровой камерой в студии. Однако в формате MPEG-2 с успехом используются особенности человеческого восприятия изображения и отбрасываются малозначащие детали, которые человеческий глаз все равно просто проигнорировал бы. При этом качество цифрового изображения значительно превышает качество изображения, получаемого в аналоговом телевидении. Большое количество компьютеров в настоящее время оснащается проигрывателями DVD-дисков, а повсеместное использование формата MPEG-2 дает возможность телевизионным приемникам телевидения высокого разрешения, HDTV, напрямую взаимодействовать с компьютерными мультимедийными приложениями.

КАБЕЛЬНЫЕ МОДЕМЫ

Термин «кабельный модем» относится к устройству, которое предназначено для работы через сеть обычного кабельного телевидения. Кабельный модем подключается к выходному разъему сети кабельного телевидения со стороны абонента, а со стороны компании кабельного телевидения (головной станции) для подключения к сети используется специальное оборудование терминальной системы кабельного модема (CMTS). Функционально кабельный модем совершенно аналогичен интерфейсному оборудованию локальной сети, LAN.

Скорость передачи данных кабельным модемом составляет, как правило, от 3 до 50 Мбит/с. В ряде случаев кабельный модем способен передавать данные на расстояние 100 км и более. Терминальное оборудование системы кабельных модемов, CMTS, способно обмениваться информацией со всеми кабельными модемами, подключенными к нему, однако кабельные модемы способны вести обмен только с терминальным оборудованием системы кабельных модемов, CMTS, но не между собой. Если обмен должен осуществляться между двумя кабельными модемами, сообщения должны передаваться через терминальное оборудование системы кабельных модемов, CMTS. На рис. 12.2 приводится схема соединения кабельных модемов.

Первые разработки кабельных модемов представляли запатентованные системы и принцип их работы не основывался на широко распространенных (и открытых) стандартах. Модели кабельных модемов второй волны основывались на стандарте MCNS/DOCSIS 1.0/1.1 (используемом в Соединенных Штатах) и стандарте DVB/DAVIC 1.3/1.4/1.5 (используемом в странах Европы). Кабельные модемы различных производителей будут работать совместно при условии, что при их разработке и производстве использовались одни и те же стандарты. Версия 1.0 стандарта MCSN установила, что в качестве единственного допустимого

интерфейса по данным является стандарт Ethernet со скоростью передачи 10 Мбит/с. В противоположность ему стандарт DVB/DAVIC является полностью открытым и позволяет использовать любые типы интерфейсов. Другие типы интерфейсов, включая Универсальную последовательную шину (англоязычная аббревиатура — USB), включены в версию 1.1 стандарта MCSN, позволяя расширить состав используемых кабельных модемов.

Стандарт DOCSIS предназначен для использования в Соединенных Штатах, однако в него внесены незначительные изменения, подпадающие под требования европейского стандарта. Европейская версия стандарта получила обозначение Euro-DOCSIS, а нисходящий поток данных кодируется в соответствии со стандартом MPEG, чтобы быть совместимым с цифровым телевидением (см. табл. 12.1).

Большая часть сетей кабельного телевидения являются объединенными волоконно-оптическими и коаксиальными, или опто-коаксиальными, гибридными системами (англоязычная аббревиатура — HFC). Сигналы передаются по оптоволоконному кабелю от терминального оборудования системы кабельных модемов, CMTS, до точки, расположенной в непосредственной близости от абонента локальной сети. В этой точке сигнал из оптического преобразуется в электрический для передачи по коаксиальному кабелю, который подводится к домам абонента.

Терминальное оборудование системы кабельных модемов, CMTS, способно управлять работой до 2000 кабельных абонентских модемов одновременно, используя для этого один телевизионный канал. В случае если требуется использовать большее количество модемов, то необходимо использовать большее количество телевизионных каналов.

Рис. 12.2.
Система кабельных модемов

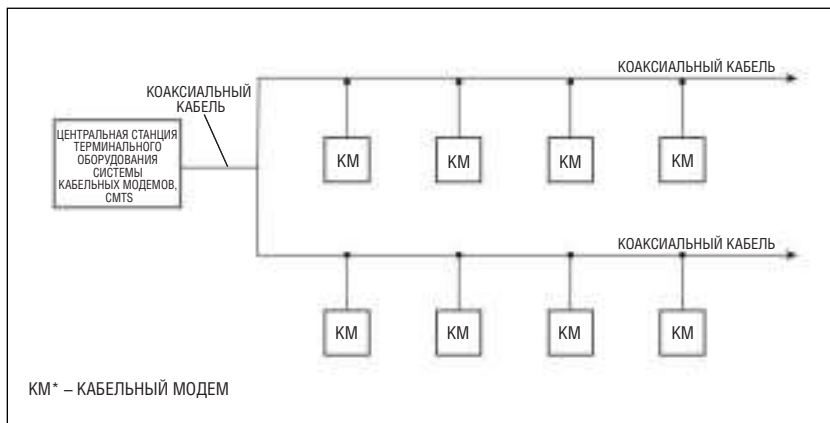


Таблица 12.1.
Кабельный модем
стандарта DOCSIS

Направление передаваемой информации	Параметр	Стандарт DOCSIS (США)	Стандарт Euro-DOCSIS
Исходящий от кабельного модема к терминальному оборудованию системы кабельных модемов, CMTS	Частота	5–42 МГц	5–65 МГц
	Метод мультиплексирования данных	Множественный доступ с разделением каналов во времени, TDMA	Мини-слоты
	Модуляция несущей	Фазовая манипуляция с четвертичными фазовыми сигналами (QPSK)/квадратурная амплитудная модуляция (16-QAM)	Фазовая манипуляция с четвертичными фазовыми сигналами (QPSK)/квадратурная амплитудная модуляция (16-QAM)
	Скорость передачи данных	3 Мбит/с	3 Мбит/с
Восходящий от терминального оборудования системы кабельных модемов, CMTS, к кабельному модему	Частота	42–850 МГц	65–850 МГц
	Метод кодирования или мультиплексирования данных	Мультиплексирование с разделением по времени, TDM	Стандарты сжатия MPEG (совместимы с DVB)
	Модуляция несущей	64/256 – квадратурная амплитудная модуляция (QAM)	64/256 – квадратурная амплитудная модуляция (QAM)
	Скорость передачи данных	27–56 Мбит/с	27–56 Мбит/с

Кабельный модем может быть как встроенным, так и внешним. Внешний кабельный модем может подключаться к нескольким компьютерам с использованием обычного сетевого соединителя Ethernet. Другим типом интерфейса, применяемого во внешних кабельных модемах, является Универсальная последовательная шина, USB, но она позволяет подключать только один компьютер одновременно. Встроенный кабельный модем обычно представляет плату

расширения, которая вставляется внутрь компьютера. Такой тип кабельных модемов может быть использован только в настольных компьютерах и, следовательно, не может быть электрически изолирован от сетевого источника питания. Поэтому в ряде стран, а также ряде сетей кабельного телевидения оказывается невозможным использовать встроенный кабельный модем по техническим или законодательным причинам.

Интерактивная приставка к телевизионному приемнику также представляет собой кабельный модем и используется совместно с телевизионным приемником. Его первой функцией является обеспечить увеличенное количество телевизионных каналов при использовании минимального количества частот несущей. Это оказывается возможным за счет использования кодирования цифрового телевизионного сигнала. Интерактивная телевизионная приставка обеспечивает обратный канал связи, обычно в виде отдельной телефонной линии, которая обеспечивает абоненту доступ к Интернету, а также возможность пользования электронной почтой, когда экран телевизора выполняет функцию дисплея.

Оператор кабельного телевидения взysкивает определенную цену за подписку на пользование кабельным модемом и принимает на себя роль поставщика Интернет-услуг (англоязычная аббревиатура — ISP).

ИНТЕРНЕТ

Интернету насчитывается всего двадцать с небольшим лет. Первоначально идея была разработана Управлением перспективных исследовательских программ министерства обороны США (англоязычная аббревиатура — DARPA) для осуществления оперативной связи между университетскими центрами и исследовательскими лабораториями посредством системы электронной почты. Она постепенно развивалась в начале 80-х годов прошедшего столетия, но уже к концу того же десятилетия вырвалась из своего первоначального обличия. Интернет и всемирная паутина, WWW, в настоящее время активно используется многими миллионами как индивидуальных (бытовых), так и корпоративных пользователей.

Большая часть лиц, использующих Интернет на территории Соединенных Штатов, дозваниваются до поставщика услуг Интернета (англоязычная аббревиатура — ISP) по коммутируемым линиям местных телефонных компаний, которые в свою очередь обеспечивают доступ к сети. Как правило, пользующиеся Интернетом люди ограничены скоростью потока передаваемых для них данных значениями 56 Кбит/с при использовании модемов, соответствующих стандартам V.90 или V.92, однако создание и развитие асимметрич-

ных цифровых линий связи, ADSL, позволило ряду абонентов получать данные со скоростями вплоть до 6 Мбит/с. Скорость передачи восходящего (от абонента) потока данных, как правило, очень редко достигает таких высоких значений, так как передаваемые абонентом данные по большей части набраны вручную на клавиатуре. Скорости передачи восходящего потока данных имеют большое значение только для лиц, создающих или обслуживающих свои собственные веб-сайты.

При передаче данных по сети Интернет используются пакеты, формат которых соответствует Интернет-протоколу, IP. Этот протокол часто используется совместно с протоколом управления передачей (TCP), с использованием которого осуществляется проверка на отсутствие ошибок и выполняется запрос на повторную передачу пакетов с данными, в которых содержится ошибка. Существует большое количество протоколов, ориентированных на передачу данных в сети Интернет и предназначенных для различных целей, которые объединяются под общим названием TCP/IP протокола. Наиболее часто используемой версией Интернет-протокола, IP, является четвертая версия, (IPv4), но в ней используется ограниченное количество адресов из числа всех возможных. Поэтому в качестве стандартной была принята шестая версия Интернет-протокола, IPv6, которая позволила использовать большее количество адресов.

КОНКУРИРУЮЩАЯ СРЕДА

Со стороны промышленности и бизнеса постоянно предпринимаются попытки объединить телефонию, Интернет и кабельное телевидение в единую широкополосную систему. Включенными в этот процесс оказались телефонные компании, коммерческие фирмы, предоставляющие доступ к сети Интернет, а также компании кабельного телевидения. Дополнительно к этому произошло нашествие (вторжение) со стороны компаний, предоставляющих услуги прямого спутникового телевидения (и являющихся непосредственными конкурентами кабельного телевидения в деле распространения телевизионных программ), и, как вскоре ожидается, произойдет вступление в игру компаний, использующих для телевидения искусственные спутники, находящиеся на низких околоземных орбитах.

Телефонные компании

Позиции телефонных компаний, с одной стороны, укрепились, однако, с другой стороны, они ослабли. Положительным моментом является наличие большой и дееспособной сети в широкополосной

инфраструктуре. Компании также обладают громадным опытом в обеспечении обслуживания как обычных городских клиентов, так и представителей промышленности.

Слабость позиций телефонных компаний заключается в том, что успешный доступ к сетям, существующим между районными АТС и большинством обычных клиентов и торговых компаний, имеет значительные ограничения по ширине полосы пропускания по сравнению с требуемой. Без наличия специальных методик и устройств сжатия телефонные компании оказываются не в состоянии предложить быстрое обслуживание телевизионным сигналом или широкополосным доступом к Интернету для большей части абонентов, использующих обычные коммутируемые линии связи. Самым значительным препятствием для доминирования телефонных компаний на рынке кабельного телевидения и Интернета является необходимость прокладки заново к своим абонентам оптоволоконного (либо коаксиального) кабеля. Большинство телефонных компаний предлагают различные варианты обслуживания своих абонентов с применением цифровых абонентских линий связи, DSL, позволяющих значительно увеличить скорости передачи данных.

Сокращение вмешательства государства в экономику дало возможность ряду официальных телефонных компаний «поделиться» абонентскими линиями (т.е. предоставить конкурентам доступ к медной телефонной паре, идущей к телефонному аппарату абонента). Высокая работоспособность Цифровых абонентских линий связи, DSL, помогает конкурентам завоевать плацдарм на этом секторе рынка без необходимости развития дорогостоящей инфраструктуры. Конкуренция будет еще сильнее со стороны компаний, предоставляющих услуги доступа к Интернету, которые заинтересованы иметь прямую клиентскую базу, либо со стороны телефонных компаний, осуществляющих свою деятельность вне географической зоны своего традиционного влияния (не исключая возможность участия иностранных компаний).

Компании, предоставляющие услуги мобильной связи, очень надеются на потенциальную необходимость передачи данных во время передвижения абонента. Большая часть мобильных телефонов имеют цифровой интерфейс, позволяющий передавать данные во время вызова со скоростями вплоть до 9600 бит/с в случае Глобальной системы мобильной связи, GSM, с использованием Пакетного радиослуживания GSM (GPRS). Система IMT-2000 разрабатывалась для пакетной передачи с использованием режима беспроводной асинхронной передачи (англоязычная аббревиатура — WATM), при этом скорости передачи данных составляют до 20 Мбит/с. Параллельно этому для обеспечения доступа в Интернет с мобильного телефона был разработан специальный Протокол беспроводного доступа (англоязычная аббревиатура — WAP).

Компании кабельного телевидения

Компании кабельного телевидения уже обладают достаточно разветвленной сетью предоставления широкополосного доступа непосредственно к абонентам коммерческих и жилых зон. Создается впечатление, что эти компании находятся в промежуточном положении, позволяющем им воспользоваться всеми преимуществами как системы телефонной проводной связи, так и Интернета (правда, за счет занятия и совместного использования части рынка телефонных компаний). Тем не менее компании кабельного телевидения не имеют в действительности огромного преимущества по сравнению с телефонными компаниями, так как большинство сетей кабельного телевидения способно обеспечить передачу сигнала только в одном направлении. Тогда как телефонная связь и Интернет требуют возможности осуществления двухсторонней связи. Следует также иметь в виду, что капитальные вложения, необходимые для преобразования системы, позволяющего обеспечить передачу сигнала в прямом и обратном направлении, представляют внушительные суммы.

На территории Европы одна компания, NtI, расширяет это направление деятельности, охватывая несколько стран. В ее комбинированную опто-коаксиальную кабельную систему, HFC, входят проложенные параллельно провода в виде медной витой пары, поэтому данная компания может предоставить услуги по доступу к кабельному телевидению, телефонной связи и Интернету в виде единого пакета услуг.

Интернет-компании

Компании, предоставляющие услуги доступа к Интернету, занимают наименее привлекательные позиции в быстро развивающемся рынке широкополосного доступа. Эти компании изначально зависят от ширины полосы пропускания арендуемых у телефонных компаний или компаний кабельного телевидения технических средств. С другой стороны, они обладают значительным потенциалом: у них имеется значительный опыт в предоставлении услуг доступа к Интернету и документам, выложенным на сайтах всемирной паутины, World Wide Web.

Принципиальные надежды компаний, предоставляющих услуги доступа к Интернету по мере их развития, связаны с мерами регулирующего характера, направленными против телефонных компаний и компаний кабельного телевидения, либо направленными против создания коммерческого альянса с этими же компаниями. Меры по законодательному ограничению, направленные

на то, чтобы заставить телефонные компании «разделить абонентские телефонные линии», подкрепленные действенностью использования Асимметричных цифровых линий связи, ADSL, могут предоставить ряду Интернет-компаний благоприятную возможность прямого доступа к абонентам. С другой стороны, компании, предоставляющие услуги по доступу к Интернету, могут превратиться в дочерние предприятия или компании, подконтрольные телефонным компаниям или компаниям кабельного телевидения.

Использование Интернет-протокола для передачи речевого сигнала (англоязычная аббревиатура — VoIP) может сделать реальностью предоставление услуг по передаче речи без необходимости использования выделенной медной проводной пары. Компании, предлагающие услуги для выполнения чрезвычайно дешевых международных телефонных разговоров, используют технологию Интернет-протокола для передачи речевого сигнала, VoIP, однако для этого используются сети, в которых передача производится под управлением Интернет-протокола. Таким образом, для людей становится возможным выполнять подобные разговоры с использованием технологии Интернет-протокола для передачи речевого сигнала и возможностей сети Интернета. К сожалению, пакеты, передаваемые по сети под управлением Интернет-протокола, имеют из-за перегрузки каналов связи большое время задержки, поэтому нормальное поддержание разговора по такому каналу связи оказывается затруднительным.

Компании прямого спутникового телевидения

Компании прямого спутникового телевидения (англоязычная аббревиатура — DBS) обычно располагают возможностью передавать большие объемы данных или телевизионных каналов непосредственно в жилые дома или помещения коммерческих компаний. Основная проблема прямого спутникового вещания заключается в том, что оказывается чрезвычайно трудно, а чаще всего, просто невозможно, создать канал двухстороннего обмена. Интернет, основанный на прямом спутниковом телевидении, для того чтобы оказаться успешным, должен использовать вспомогательные коммутируемые линии, цифровые сети интегрированного обслуживания, ISDN, либо линии стандарта T1. Это обстоятельство очень усложняет дело, однако, делает компании прямого спутникового телевидения очень серьезным конкурентом для всех остальных участников рынка.

Компании, ведущие телевидение с использованием низкоорбитальных спутников Земли

Низкоорбитальные спутники Земли оказываются в состоянии предложить непосредственно для земных абонентов обслуживание широкополосным двунаправленным Интернетом (иногда для образности называемым «небесным Интернетом»). Искусственные спутники, находящиеся на низких околоземных орбитах, располагаются гораздо ближе к Земле, чем спутники, находящиеся на геостационарных орбитах на расстояниях примерно в 37 тыс. километров от Земли (иными словами, низкоорбитальные спутники находятся на расстояниях примерно в 50 раз меньших по сравнению с расстояниями до геостационарных спутников). В результате этого низкоорбитальные спутники могут передавать сигнал, для приема которого становится возможным использование обычных антенн, предназначенных для приема сигналов прямого телевидения. При этом очень важным обстоятельством является то, что при использовании такого сигнала будут отсутствовать задержки, характерные при приеме сигнала со спутников, находящихся на геостационарных орбитах.

Корпорация Теледесик (Teledesic) получила в 1997 г. лицензию Федеральной комиссии США по связи, FCC, для использования низкоорбитальными околоземными спутниками СВЧ K_2 диапазона с частотой 28 ГГц. Этот частотный диапазон был зарезервирован прежде всего для использования спутниками, находящимися на постоянных негеостационарных орбитах. Корпорация Теледесик (Teledesic) после одобрения Всемирной конференцией по радиосвязи (англоязычная аббревиатура - World Radio Conference) получила разрешение на использование двух участков шириной по 500 МГц СВЧ K_2 диапазона с частотой 28 ГГц, один из которых используется для создания восходящего, а второй — для нисходящего каналов связи.

Система корпорации Теледесик будет состоять из созвездия из нескольких сотен низкоорбитальных спутников, находящихся на 24 полярных орбитах. Ожидается, что широкополосное коммутируемое обслуживание будет осуществляться через партнеров в странах, ведущих телевидение. Корпорацией объявлено, что предоставляемое обслуживание окажется доступным для жителей как крупнейших мегаполисов мира, так и самых отдаленных сельских районов.

СОСТОЯНИЕ ДЕЛ В МЕЖДУНАРОДНОМ МАСШТАБЕ

Хотя Соединенные Штаты и являются мировым лидером в развитии новейших технологий, ряд стран мира занимает более сильные позиции по сравнению с ними в отношении слияния телефонной связи, Интернета и кабельного телевидения в единый канал широкополосного

обслуживания. Рынок других стран имеет тенденцию поддерживать поставщиков услуг кабельного телевидения и Интернета вследствие тарифной политики телефонных услуг, проводимой в этих странах. В Соединенном Королевстве Великобритании, например, оплата всех разговоров с домашних телефонов производится по показаниям счетчиков (ситуация, которая была характерна для Соединенных Штатов в 40-х годах прошлого века, до того как популярным стал «безлимитный тариф»). Когда обычные телефонные линии начинают использоваться для подключения к Интернету, следствием являются дополнительные расходы за поминутную оплату. Небольшой сеанс пользования Интернетом может значительно увеличить счет за пользование телефоном. С другой стороны, услуги за кабельное телевидение и Интернет оплачиваются, как правило, по фиксированным тарифам.

ОБЪЕДИНЕНИЕ ТЕЛЕФОННЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Офисные или учрежденческие АТС (англоязычная аббревиатура — PBX) используются во многих коммерческих и промышленных предприятиях, обеспечивая доступ к городским телефонным линиям связи большому количеству своих сотрудников. Основным преимуществом офисной АТС является то, что телефонные звонки, выполняемые между служащими одной компании, будут осуществляться бесплатно, а количество городских телефонных линий, связывающих данную компанию с районной АТС, может быть сведено к минимуму. На все поступающие в компанию звонки может отвечать один оператор, а затем переадресовывать поступившие вызовы на соответствующий абонентский (внутренний) номер собственной офисной АТС.

Система интеграции компьютерной и телефонной сети позволяет подключить локальную компьютерную сеть к офисной АТС, схема подобного объединения приведена на рис. 12.3. Когда на поступивший извне вызов отвечает оператор с телефонного аппарата № 1, он сразу же заполняет на персональном компьютере РС-1 стандартную форму вызова. После того как вызов переадресован на телефон офисной АТС (телефон внутренней связи № 2), соответствующий файл данных передается на персональный компьютер РС-2, расположенный рядом с телефоном внутренней связи № 2. Сотрудник, отвечающий на поступивший и переадресованный ему вызов, может продолжать разговор с позволившим без необходимости вторично уточнять детали, уже выясненные оператором. Если после разговора вызов опять был перенаправлен к третьему сотруднику компании, например, из-за возникших претензий или из-за неудовлетворенности результатом разговора, то все детали продолжающегося разговора могут быть предоставлены подключившемуся к разговору сотруднику незамедлительно.

В большей части систем интеграции компьютерных и телефонных сетей используются специализированные офисные АТС, подключенные к компьютерной системе. Совсем недавно для объединения компьютера и офисной АТС использовали линию офисной связи и интерфейсную плату, устанавливаемую внутри корпуса персонального компьютера. Стандартная шина персонального компьютера обеспечивала питание интерфейсной платы, а также поступление команд от микропроцессора. Обмен данными между платами требует наличия высокоскоростной шины и использования одной из стандартов шин, среди которых достаточно хорошо известны такие, как SCbus, MVIP или H.100. Стандарт шины H.100 является, скорее всего, единственным стандартом, который будет использоваться в подобных системах в будущем.

Одной из наиболее важных функций, которая в будущем найдет широкое применение в интегрированных системах компьютерных и телефонных сетей, несомненно, будет использование для передачи голосовой информации и данных сети, находящейся под управлением Интернет-протокола. Коммутирующий сервер необходим для управления организацией вызовов, а шлюз может оказаться необходимым для организации сопряжения между компьютерной и телефонной сетями. Для выполнения этой функции понадобится специальный (и поэтому достаточно дорогостоящий) телефонный аппарат, совместимый с компьютерной сетью. Передача голосовой информации с использованием Интернет-протокола, VoIP, может быть использована вместо применения шлюза в случае, когда вызовы поступают по сети Интернет. Однако задержки в передаче пакетов могут сделать такой разговор очень сложным, вызвать появление эхо-сигнала и искажений.

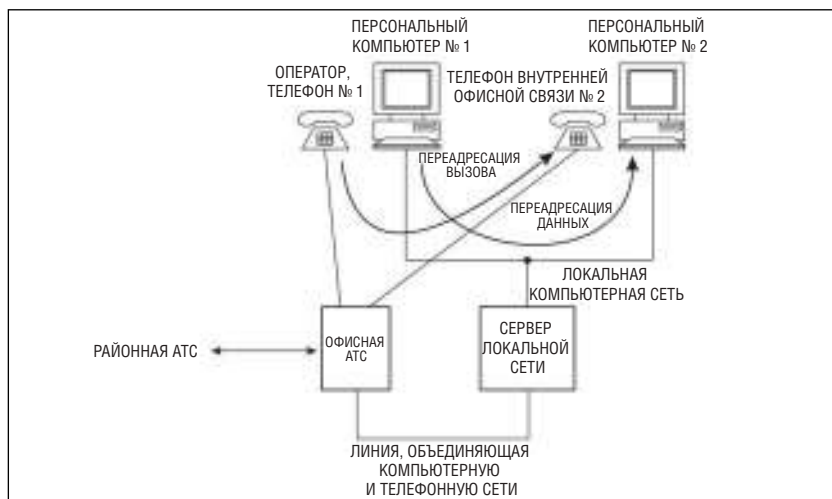


Рис. 12.3.
Объединение
телефонной и
компьютерной сети

ЧТО НОВОГО УДАЛОСЬ УЗНАТЬ В ЭТОЙ ГЛАВЕ?

1. Объединение компьютерных и телефонных сетей позволяет ставить в соответствие между собой телефонный разговор и связанные с ним данные, которые в виде файла данных хранятся в персональном компьютере. Эта система интеграции развивалась в течение нескольких лет и в настоящее время позволяет осуществлять функцию переадресации вызовов.
2. Для обеспечения работоспособности систем Асимметричных цифровых линий связи, ADSL, используется проводник в виде витой медной пары; такие системы первоначально разрабатывались для передачи видеосигнала и, как первоначально предполагалось, могли являться средством конкурентной борьбы для телекоммуникационных компаний против компаний кабельного телевидения.
3. Синхронные цифровые линии связи, SDSL, самым последним вариантом разработки которых явилась известная высокоскоростная цифровая линия связи, HDLS2, позволяют с использованием одной витой медной пары передавать данные со скоростью до 1,544 Мбит/с. Цифровые линии связи с очень высокой скоростью передачи данных, VDSL, которые находятся в процессе разработки, предназначены для еще более высокой скорости передачи данных и разрабатываются для осуществления перехода от оптического волокна, конечные точки которых расположены в пределах обслуживания улицы, к иным типам носителя, используемым для передачи сигнала до точек, непосредственно расположенных в доме потребителя.
4. Цифровое телевидение, DTV, базируется на передаче и приеме телевизионных сигналов в цифровой форме, а также отображении этих сигналов на экранах цифровых телевизионных приемников. Телевидение высокой четкости, HDTV, представляет телевидение, характеризующееся очень высоким разрешением изображения, при этом качество звукового сопровождения соответствует качеству воспроизведения компакт-дисков с системой цифрового объемного звуковоспроизведения Долби (AC-3).
5. Кабельный модем способен передавать данные со скоростями от 3 до 50 Мбит/с. А в ряде случаев передача данных кабельным модемом может осуществляться на расстояние 100 км и более. Функционально кабельный модем подобен интерфейсу локальной сети, LAN.
6. Кабельный модем может быть выполнен в виде внешнего блока или встроенного. Внешний кабельный модем может подключаться к нескольким персональным компьютерам с исполь-

зованием обычного разъема стандарта Ethernet. Встроенный модем выполняется в виде встраиваемой дополнительной платы, подключаемой к системной PCI-шине персонального компьютера.

7. Для подключения к сети Интернет индивидуальные пользователи широко используют метод коммутируемого доступа, который осуществляется по абонентским телефонным линиям через коммерческие компании, предоставляющие услуги доступа к службам сети Интернет. Однако использование Асимметричных цифровых линий, ADSL, позволяет ряду пользователей получать данные со скоростями потока вплоть до 6 Мбит/с.
8. Телефонные компании, компании кабельного телевидения, Интернет-компании, а также компании, осуществляющие спутниковое телевидение, предпринимают попытки поглотить все виды предоставляемых услуг, с тем чтобы предоставлять их в рамках единой широкополосной системы.
9. Офисные телефонные станции используются во многих коммерческих структурах и промышленных отраслях, обеспечивая служащих компаний как внутриофисной связью, так и выходом на городские (внешние) телефонные линии.

Контрольные вопросы к главе 12

1. Услуги, предоставляемые *(вставьте пропущенную группу слов из нижеприведенных вариантов)*, начинают в настоящее время проходить процесс объединения с услугами, предоставляемыми другими компаниями, с целью предоставления абоненту доступа к ним из единого обслуживающего центра (из одной точки подключения):
 - а) компаниями мобильной и стационарной телефонной связи;
 - б) компаниями кабельного телевидения;
 - в) компаниями, предоставляющими доступ к Интернету;
 - г) всеми из вышеперечисленных компаний.
2. Введение в практику использования *(вставьте пропущенную группу слов из нижеприведенных вариантов)* кабелей и модемов *(вставьте пропущенную группу слов из нижеприведенных вариантов)* позволило значительно увеличить скорости передачи данных по сравнению с ранее возможными значениями, достигнутыми при использовании стандартных модемов и цифровых сетей с интегрированным обслуживанием, ISDN:
 - а) оптоволоконных; стандарта V.92;
 - б) цинковых; стандарта V.21;
 - в) титановых; с тональным набором;
 - г) ни один из вышеприведенных вариантов.
3. Комитет по современным телевизионным стандартам, ATSC, и комитет DBV осуществляют надзор за развитием и соблюдением стандарта *(вставьте пропущенную группу слов из нижеприведенных вариантов)*:
 - а) CMTS — стандарта транспортной службы с установлением физического соединения;
 - б) ISDN — стандарта цифровых сетей с интегрированным обслуживанием;
 - в) стандарта Долби;
 - г) DTV — стандарта цифрового телевидения.
4. Стандарт сжатия данных движущегося видеоизображения и звука MPEG-2 позволяет уменьшить количество передаваемых данных в системе телевидения высокой четкости, HDTV, в отношении *(вставьте пропущен-*

ную комбинацию отношения цифр из нижеприведенных вариантов) к первоначальному количеству данных:

- а) 25 : 1;
- б) 35 : 1;
- в) 55 : 1;
- г) 15 : 1.

5. Кабельные модемы используются в системах кабельного телевидения и, как правило, обеспечивают скорости передачи данных в пределах:

- а) от 3 до 50 Мбит/с;
- б) от 5 до 60 Мбит/с;
- в) от 2 до 40 Мбит/с;
- г) от 8 до 50 Мбит/с.

6. Широкое использование оборудования, предназначенного для кабельных модемов, и соответствие общепринятым стандартам позволяет *(правильно вставьте пропущенную группу слов из нижеприведенных вариантов)* с другими типами используемого оборудования:

- а) ему быть изолированным, несвязанным;
- б) ему быть совместимым;
- в) ему быть несоответствующим;
- г) обеспечить финансовый рост по сравнению.

7. Передача речевого сигнала с использованием Интернет-протокола, VoIP, обеспечивает компаниям, предоставляющим услуги доступа к сети Интернет, благоприятную возможность также предоставлять услуги телефонной связи, однако телефонный разговор может оказаться подверженным *(правильно вставьте пропущенные слова из нижеприведенных вариантов)*, что значительно усложнит процесс ведения разговора:

- а) статическому электричеству;
- б) рассоединениям на линии;
- в) задержкам в передаче речи;
- г) случайным помехам.

ТЕРМИНЫ И НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КНИГЕ АНГЛОЯЗЫЧНЫЕ АББРЕВИАТУРЫ

Абонент — лицо, которому за определенную плату предоставляет свои услуги компания, осуществляющая эксплуатацию системы телефонной связи либо доступ к международной сети Интернет.

Абонентская линия связи — голосовой канал связи, связывающий абонента телефонной сети с районной АТС.

Адрес — телефонный номер, который набирает звонящий по телефону и который однозначным образом служит для идентификации вызываемого абонента. Также в компьютерной технике используется для указания номера ячейки памяти или при передаче сообщения по электронной почте.

Акустические колебания — спектр частот, которые способно воспринимать человеческое ухо; усредненно принимается, что акустический диапазон составляют колебания с частотами от 20 до 15000 Гц.

Амплитудная модуляция (АМ) — метод передачи информации, заключающийся в изменении амплитуды несущей (например, сигнала с синусоидальной формой) в соответствии с информационным сигналом.

Аналоговый сигнал — сигнал, информация в котором представлена в виде непрерывно и плавно изменяющейся амплитуды или частоты сигнала в определенном диапазоне их изменения. Примером может служить речь человека или сигнал от музыкального инструмента.

Асимметричные цифровые линии связи, ADSL — система передачи данных, первоначально использовалась для доступа к сети Интернет, при котором основным требованием являлась передача больших нисходящих потоков данных в направлении от районной АТС к абоненту.

Асинхронный — не совпадающий по времени, относится к схемам или режиму работы устройств, когда не применяются общие сигналы тактирования или синхронизации.

АЦП — аналого-цифровой преобразователь. Электронная схема, преобразующая аналоговый сигнал в цифровой формат.

Базовый блок — передающее устройство (антенна и электронное оборудование), которое расположено стационарно и, как правило, отличается более высоким энергопотреблением по сравнению с мобильным блоком.

Байт — группа, состоящая из восьми разрядов (битов), рассматривается в виде единого кодового символа. Часто принимается эквивалентным букве алфавита либо числу. Используется в качестве единицы измерения информации или памяти.

Биполярный — термин используется для сигнала, имеющего положительную и отрицательную полярность.

Бит — разряд в двоичной системе счисления, представляет минимальную единицу измерения информации в двоичной системе. Может быть представлен либо двоичной единицей, либо двоичным нулем.

Волоконно-оптическая связь — процесс передачи (модулированного — В.Н.) инфракрасного или видимого оптического излучения по волоконно-оптическому кабелю, имеющему малые потери на затухание сигнала, с использованием полупроводникового лазера или светоизлучающего диода в качестве источника излучения.

Вызывной сигнал — сигнал оповещения, поступающий на телефонный аппарат абонента или оконечное оборудование. Для названия и обозначения одного из проводов телефонной пары часто используется латинская буква R (от английского слова Ring — звонить, вызывать).

Высокоскоростная цифровая линия связи, HDSL — цифровая система связи с высокой скоростью передачи данных, используется в цифровых сетях с интегрированным обслуживанием, ISDN-PRI.

Генератор — электронное устройство, используемое для генерирования периодических (часто, гармонических) электрических колебаний с заданными значениями частоты и амплитуды.

Гибридная схема — (в телефонной связи) электронная схема, которая позволяет выделить в едином канале связи два канала, по одному в каждом направлении, либо, наоборот, объединяет два раздельных канала в один.

Голосовой канал — чаще всего, абонентская линия, но иногда и магистральная линия связи, полоса пропускания которой лежит в диапазоне частот примерно от 300 до 3000 Гц.

Данные — в системах телефонной связи это любая информация, которая имеет вид, отличающийся от человеческой речи.

Двоичный, или бинарный, код — комбинация из двоичных единиц и двоичных нулей, используемых в двоичной системе счисления для представления информации. Применяется для передачи инструкций (команд) или представления чисел.

Декодер — любое устройство, осуществляющее преобразование переданной информации в вид, в котором она может быть воспринята и понята (правильно интерпретирована) в приемном устройстве.

Демодуляция — процесс извлечения информации, переданной с использованием сигнала модулированной несущей.

Демультимплексор — схема или устройство, которое направляет входной сигнал на выбранную выходную линию (при условии, что выбор осуществляется из нескольких доступных выходных линий).

Децибел, дБ — единица, используемая в качестве меры отношений уровней мощности или напряжений, представляет десятичный логарифм отношения указанных величин, умноженный на соответствующий коэффициент; например, $1 \text{ дБ} = 10 \log P_1/P_2$, в котором P_1 и P_2 представляют уровни мощностей, выраженные в ваттах.

Дециметровый диапазон — электромагнитное излучение, частота которого по шкале электромагнитного излучения превышает один миллиард герц (1 ГГц).

Зона обслуживания — территория, в пределах которой абонент мобильной связи обслуживается без роуминга.

Интегральная микросхема — как правило, функционально законченная электронная схема, все элементы которой, а также внутренние соединения между ними выполнены в виде единой структуры на одном полупроводниковом микрокристалле, например кремнии, размещенном в одном корпусе.

Интегрированные компьютерная и телефонная сети, СТИ — интеграция телефона и компьютера, когда устной информации, передаваемой во время телефонного разговора, формируются и ставятся в соответствие данные, хранящиеся и передаваемые в файловой форме по компьютерной сети (как правило, вместе с переадресацией поступившего вызова).

Импульсно-кодовая модуляция, ИКМ — метод, используемый в технике связи для передачи информации и заключающийся в кодировании сигналов с использованием двоичных кодов.

Искажения — понимаются любые отклонения, наблюдаемые в форме того же самого сигнала относительно его первоначального состояния, возникшие после его прохождения, например, по каналу связи, схеме или цепи.

Кабель — представляет один или несколько объединенных вместе и изолированных друг от друга электрических проводников, которые защищены от воздействия окружающей среды (в том числе механического, электрического, магнитного и т.п.) специальной оболочкой.

Канал связи — совокупность технических средств и физических сред, предназначенных для передачи информации от отправителя к получателю. Часто характеризуется полосой частот, выделенных для передачи сигналов от одного источника. Ширина полосы пропускания голосового канала обычно составляет 4000 Гц.

Канал связи — участок, на котором осуществляется передача информации, от точки ее отправления до точки ее приема.

Код команды — информация в цифровой форме, содержащая инструкцию, которую должен выполнить компьютер.

Кодер — любое устройство, которое преобразует информацию в соответствии с заранее определенным шаблоном или видом в зависимости от конкретного метода, используемого при передаче сигнала.

Компандер — аббревиатура, образованная слиянием начальной и конечной частей английских слов COMpressor (устройство сжатия) и exPANDER (устройство расширения). Электронная схема, которая выполняет сжатие динамического диапазона входного сигнала, а затем — его восстановление (расширение) практически до исходного состояния на выходе.

Координатный переключатель — элемент АТС, который выполняет переключающую (коммутирующую) функцию в системе телефонной связи. Может быть механическим устройством с металлическими контактами либо выполненным на основе полупроводниковых интегральных микросхем.

Критическая мода — характеристика волоконно-оптического световода, в котором световод является очень тонким по сравнению со световодом многомодового оптоволоконного кабеля.

Магистральная или соединительная линия — канал связи, который связывает между собой автоматические телефонные станции.

Междугородняя служба передачи сообщений, MTS — официальное название системы обслуживания междугородней или международной связи (в США).

Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA — наиболее часто используемый стандарт передачи речевого сигнала, применяемый в мобильных телефонах на территории Соединенных Штатов.

Множественный доступ с разделением во времени, TDMA — часто используемый прием, обеспечивающий одновременный доступ к услугам мобильной связи множеству абонентов сотовой связи. Используется в цифровых сетях мобильной связи на территории стран Северной Америки.

Мобильная трубка — тот элемент системы, соответствующей определению «телефон беспроводной связи», перемещение которого в пространстве не является ограниченным (вследствие, прежде всего, соединительных проводов, связывающих его с остальным оборудованием, например, с базовым блоком).

Модуляция — изменение (во времени) определенным образом какого-нибудь параметра гармонического сигнала, выполняемое в соответствии с законом изменения второго (модулирующего) сигнала, содержащего некую информацию, в целях передачи

данной информации с использованием первого, модулированного сигнала.

Мультиплексирование с разделением во времени, TDM — метод уплотнения каналов, метод одновременной передачи по физическому каналу связи цифровых сигналов от нескольких источников, при котором информация каждого индивидуального канала на входе делится на отдельные фрагменты, которые для передачи с использованием несущей размещаются в строго определенных временных интервалах и в строго определенной последовательности, что потом позволяет на выходе произвести их обратное выделение из общего потока информации.

Мультиплексирование (уплотнение каналов) — возможность использования физической передающей среды для одновременной передачи информации по нескольким независимым каналам связи.

Напряжение — мера электрической силы, которая заставляет направленно перемещаться заряды, например, в электрической цепи, образующие электрический ток.

Ослабление — (затухание, поглощение) уменьшение мощности любого сигнала, которое наблюдается при его передаче.

Офисная, или учрежденческая, АТС — автоматическая телефонная станция, которая обеспечивает внутреннюю телефонную связь в пределах отдельного здания или учреждения (так называемую внутреннюю телефонную сеть), а также обеспечивает подключение телефонов внутренней сети к телефонной сети районной АТС.

Параллельная передача данных — одновременная передача данных по одному физическому каналу (одной или нескольким телефонным парам, либо каналу связи).

Передача — процесс обмена информацией между двумя пространственно разделенными точками, выполняемый с использованием электромагнитной энергии.

Передающее устройство — чаще всего, электронное устройство, которое отправляет информацию по каналу связи.

Перекрестная помеха — паразитная передача сигнала голосового частотного диапазона, происходящего из одного устройства (как правило, линии связи) в соседнее.

Переносной (портативный, мобильный) блок — часть беспроводного телефонного аппарата, которая не связана электрическими проводами с абонентской телефонной сетью. Состоит из передающего и принимающего устройств, а также в ряде случаев имеет и клавиатуру для набора телефонного номера.

Период колебаний — минимальное время, через которое происходит повторение цикла непрерывного колебательного процесса, или временной интервал между двумя ближайшими и абсолютно идентичными по своим характеристикам точками на осциллограмме гармонического сигнала.

Персональная система связи — система связи, объединяющая большое количество функций в одном мобильном телефоне (пейджинговую связь, передачу коротких сообщений, СМС, передачу данных, мобильный Интернет), обеспечивая при этом значительно больший срок работы без подзарядки батарей питания мобильного телефона.

Подача сигнала «замыканием на землю» — метод подачи сигнала между двумя устройствами, при котором одно устройство замыкает на землю один из проводов линии, а второе устройство определяет присутствие потенциала земли на этом проводе.

Подача сигнала через шлейф — стандартный метод подачи сигнала о том, что абонент поднял телефонную трубку, или сигнал занятия линии, при котором на одном из концов замыкается телефонный шлейф, в результате чего протекающий по линии связи ток фиксируется на телефонной станции.

Полудуплексный режим связи — осуществляется по линии (или каналу) связи, когда информация передается в двух направлениях, но поочередно, т.е. одновременная передача информации в двух направлениях невозможна.

Последовательные данные — процесс передачи данных по одному физическому каналу связи в их строгой последовательности.

Потери — ослабление сигнала по величине или мощности, возникающее при его передаче, вне зависимости от вызвавших это ослабление причин.

Приемное устройство — прибор, на который по каналу связи передается информация.

Проверка четности — дополнительный бит, который указывает, является ли изначальное количество двоичных единиц в передаваемой битовой последовательности четным или нечетным.

Программа — последовательность команд и инструкций, которые хранятся в устройстве памяти компьютера.

Разъемы со стороны линии — термин используется для той части оборудования телефонной станции, которое непосредственно подключается к абонентской линии связи.

Районная АТС — телефонная станция, коммутационное оборудование которой обеспечивает обслуживание абонентских телефонов на определенной территории. Как правило, однозначно определяется тремя первыми цифрами телефонного номера.

Расширенный множественный доступ с разделением во времени, E-TDMA — система связи, которая обеспечивает гораздо более высокую пропускную способность по сравнению с аналоговыми системами связи.

Регистр — блок идентичных электронных схем, размещенных подряд и предназначенных для временного хранения информации в цифровой форме.

Роуминг — соглашение, используемое компаниями мобильной связи и позволяющее абоненту продолжать пользоваться своим мобильным телефоном, находясь вне зоны обслуживания своей собственной (региональной) компании.

Светоизлучающий диод, СИД — полупроводниковый прибор небольшой мощности, применяемый в системах, работающих на небольших расстояниях и выполненных на моноמודовых стеклянных или пластиковых оптических волокнах.

Синхронная цифровая иерархия, SDH — европейский стандарт на мультиплексную систему высокоскоростной передачи данных, в которой используются волоконно-оптические кабели.

Симплексный канал связи — электрическая цепь, в которой информация может передаваться только в одном направлении, например система радиовещания.

Схема линейного абонентского интерфейса, SLIC — в системах цифровой передачи речевого сигнала представляет электрическую схему, которая на районной АТС выполняет некоторые или все без исключения функции сопряжения с абонентской линией. (Также см. функцию *BORSCHT*).

Состояние — обычно под этим термином понимается состояние, в котором в данный момент находится электронное устройство, особенно компьютер, и которое не изменяется до тех пор, пока под влиянием внутренних изменений или воздействием внешних причин не произойдет изменение этого состояния в какое-нибудь иное.

Синхронизатор — электронное устройство, которое обеспечивает согласованную по времени и фазе работу нескольких электронных устройств путем подачи на них специальных управляющих импульсов для приведения в соответствие процессов, протекающих в этих устройствах. В разветвленных сетях достаточно часто все процессы управляются либо проводятся в соответствии с сигналами так называемого главного, или ведущего, генератора синхроимпульсов с единой системой точного отсчета времени.

Система связи с персональным доступом, PACS — цифровая система беспроводной связи, используемая на территории Соединенных Штатов. В ней используется специальный алгоритм поиска незанятой частоты для определения незанятого канала до начала передачи.

Состояние поднятой с рычагов телефонной трубки — соответствует активному состоянию абонентской телефонной линии. Противоположно состоянию, при котором телефонная трубка положена на рычаги телефонного аппарата.

Сота или ячейка — используется в системе сотовой связи, представляет территорию, обслуживаемую одним передающим устройством. Абонент сотовой связи может свободно перемещаться из одной соты в другую.

Схема или цепь — группа электронных приборов или элементов, электрически соединенных между собой определенным образом; либо соединение, выполненное между несколькими коммуникационными терминалами.

Телевидение высокой четкости, HDTV — цифровое телевидение, обеспечивающее высокую четкость изображения с высоким качеством акустического сопровождения — системой объемного звучания с шумоподавлением Долби.

Территория обслуживания — территория, на которой услуги телефонной связи предоставляются по обычному тарифу, без взимания дополнительной платы. Иногда так называется территория, на которую распространяются правила оплаты местных (в отличие от междугородних) разговоров.

Тональный или двухтональный многочастотный набор, DTMF — одновременное использование сигналов двух (парных) акустических частот для набора цифры телефонного номера.

Т-провод — название одного из проводов в телефонной паре, получил свое название по центральному выводу штекерного соединителя, использовавшегося на заре телефонной связи при выполнении соединения телефонисткой вручную. Как правило, этот провод имеет более положительный потенциал относительно второго, так называемого R-провода телефонной пары, или абонентской линии связи.

Узел междугородней связи — название главного распределительного центра, через который происходит распределение вызовов, направляемых из одного регионального центра телефонной связи в другой подобный центр.

Усилитель — электронная схема, позволяющая увеличить мощность или амплитуду сигнала.

Устройство сопряжения — термин, часто используемый в телефонных компаниях для обозначения места подключения модема.

Фаза — время или угол, на который запаздывает сигнал относительно некоторого опорного значения.

Федеральная комиссия США по связи, FCC — правительственный орган США, который осуществляет надзор и устанавливает

внутри страны правила использования для связи различных диапазонов шкалы электромагнитного излучения.

Центральная батарея — термин, используемый для системы питания постоянным током телефонных аппаратов абонентской сети от районной АТС.

Цифро-аналоговый преобразователь, ЦАП — электрическая схема, преобразующая сигнал из цифровой (дискретной) формы в аналоговую (непрерывную) форму.

Цифровая абонентская линия связи, DSL — система связи с высокой скоростью передачи информации, в которой для передачи данных в качестве физической среды используются медные провода, выполненные в виде витой пары. Как более общий термин, также включает в себя такие виды, как Асинхронная цифровая линия связи, ADSL; Синхронная цифровая линия связи, SDSL; Высокоскоростная цифровая линия связи, HDSL; Сверхвысокоскоростная цифровая линия связи, VDSL.

Цифровая сеть с интегрированным обслуживанием, ISDN — система передачи данных, под которой понимается как система связи с базовой скоростью передачи данных (ISDN-BRA), так и система с первичной скоростью передачи (ISDN-PRI).

Цифровое телевидение — использование для передачи и приема телевизионного сигнала в цифровом виде, а также формирование изображения с использованием этого сигнала на экране цифрового телевизора.

Цифровой сигнал — сигнал, информация в котором содержится в дискретной или квантизированной форме, в отличие от аналогового непрерывного сигнала.

Частота — (количественная характеристика периодического колебательного процесса — В.Н.), численно равна числу полных циклов колебаний, совершаемых в единицу времени (в системе СИ — В.Н.), измеряется в герцах, т.е. количеством колебаний, происходящих в одну секунду.

Частота отсечки — предельное значение частоты сигнала, выше или ниже которого его прохождение в цепи или сети блокируется.

Частотная модуляция, ЧМ — метод передачи информации посредством модуляции (изменения) частоты сигнала несущей (выполняемой в соответствии с информационным сигналом — В.Н.).

Частотная манипуляция, ЧМн — метод передачи информации в цифровой форме, использующий два различных по тональности сигнала: один — для представления уровня логической (двоичной) единицы, а второй — для представления уровня логического (двоичного) нуля.

Шаговый искатель — основной элемент электромеханической системы коммутации, в которой переключение при соединении производится последовательно, в соответствии с последовательностями импульсов, передаваемых на АТС телефонным аппаратом в виде набранного абонентом телефонного номера.

Ширина полосы пропускания — частотный диапазон, в котором электронная схема или сеть способны обрабатывать или передавать сигнал.

Широкополосная цепь — канал передачи информации, ширина полосы которого значительно превышает полосу пропускания голосового канала.

Шкала электромагнитных волн — объединяет радиоволновое, оптическое рентгеновское и гамма-излучение, т.е. электромагнитное излучение с различной длиной волны (или энергией), каждое из которых занимает свой определенный диапазон в единой шкале.

Шлейф — иное, узкопрофессиональное название для абонентской линии связи.

Эксплуатационная компания радиотелефонной связи, RCC — компания, которая предоставляет услуги мобильной телефонной связи, но не является телефонной компанией.

Электрический ток — направленное движение зарядов в электрической цепи под воздействием напряжения, измеряется в амперах.

Электронная коммутирующая система, ESS — применяемое на телефонных станциях электронное коммутирующее устройство (часто объединенное с электромеханическими коммутирующими устройствами), функциональные возможности которого значительно расширены путем использования компьютерного оборудования с соответствующим программным обеспечением для управления и контроля над работой комплекса.

Эффект наложения (ступенчатость) — появление сигналов паразитных частот в выходном сигнале схемы при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), которые отсутствовали в исходном аналоговом сигнале на входе. Причиной возникновения является малое отношение частот несущей к модулирующему сигналу в высокочастотной области спектра.

Эффект самопрослушивания — характеризует ту часть энергии речевого сигнала говорящего, которая поступает обратно в приемное устройство его собственного телефона.

BORSCHT — акроним, составленный по начальным буквам англоязычных слов, обозначающих функции, которые должны выполняться оборудованием районной АТС, когда осуществляется передача голосового сигнала, преобразованного в цифровую форму.

Данные функции включают: Battery (батарейное питание АТС), Overvoltage (защита от высоковольтных импульсов, возникающих при переходных процессах в линии связи), Ringing (подача сигнала вызова), Signaling/Supervision (подача сигналов управления и контроля), Coding (кодирование сигнала), Hybrid (работа гибридной схемы), Test (тестирование системы связи).

SONET — многоканальная синхронная цифровая сеть, а которой для передачи сигналов используется волоконно-оптический кабель.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Е & М система передачи сигналов, 50

Е&М система передачи сигнала
сигналы
трубка поднята и трубка лежит
на рычагах, 51

А

Абонентская линия связи, 28
взаимодействие с
магистральными линиями, 67
виды передаваемых сигналов, 40
завершение соединения, 33
звонок за пределы действия
районной АТС, 34
импульсный набор, 32
импульсный набор номера, 32
инициирование вызова, 29
метод двухтонального
многочастотного набора, 32
определение момента снятия
трубки, 111
передача разговора, 34
посыл номера, 32
соединение телефонов, 33

Абонентские линии связи
минимально допустимый
рабочий ток, 128
минимальное значение тока
шлейфа, 128

Абонентские линии связи, 294
интерфейс, 296
цифровой формат, 341

Автономные удаленные АТС, 35
Автоматический запрос повторной
передачи, ARQ, 415
Алгоритм замещения N бинарных
нулей, 376
квазитроичный код HDB3, 379
код замещения B8ZS, 379
код замещения шести нулей,
B6ZS, 376

Алгоритм сжатия Демпела-Зива,
415
Американская телефонная и
телеграфная компания, АТТ, (AT&T), 25
история компании, 25
монопольное положение и
антитрестовый иск, 26
процедура разделения, 26

Американская телеграфная и теле-
фонная компания, АТТ
концепция сотовой связи AMPS,
488

Амплитудная модуляция, 47, 395
Амплитудно-импульсная модуляция,
259

Амплитудная манипуляция, 400

Аналоговые каналы передачи
информации
технические средства
обслуживания, 69

Аналоговые сигналы, 41
аналоговый выходной сигнал,
101

Аналоговый сигнал
 частотное уплотнение, 47
Аналоговые системы связи
 схемы сопряжения с
 цифровыми сетями, 253
Аналоговый сигнал
 представление в цифровой
 форме, 258
Аналого-цифровые
 преобразователи, 248, 251
Аналоговая телефонная система
 бесшнуровой телефон, 472
Аппарат факсимильной связи, 419
Асинхронное
 мультиплексирование с
 разделением во времени, 273
А-сигнализация, 324
Асимметричная цифровая
 абонентская линия, ADSL, 286
Асинхронный модем, 398
 скорость передачи 1200 бит/с,
 400
Асинхронный режим передачи, 390
Асинхронный символьный формат,
388
Асинхронный универсальный
 приемопередатчик, UART, 386
Асимметричная цифровая
 абонентская линия, ADSL, 413
Ассоциация промышленности
 средств связи, TIA, 504

Б

Базовая станция в системе мобиль-
ной связи, 477
Белл, Александр Грехам, 25

Бесшнуровой телефон диапазон ра-
бочих частот, 474
Бесшнуровой телефонный аппарат,
471
Биполярный сигнал
 нарушение чередования
 полярности импульсов, 376
Бит самого младшего двоичного
 разряда, 240
Бит самого младшего значащего
 разряда, LSB, 386
Бит самого старшего значащего
 разряда, MSB), 386
Бифазный или манчестерский код,
380
Блок-схема восстанавливающего
 повторителя, 369

В

Вероятность блокирования вызова,
503
Внеполосовой сигнал, 42
Внеполосовой тональный сигнал
 частота, 51
Внешняя оболочка волоконно-
 оптического кабеля, 453
Внутриполосовой сигнал, 42
Волноводы для передачи сигнала, 75
Волоконно-оптическая линия связи,
459
Волоконно-оптические среды
 кабель с переменным
 показателем преломления, 447
Волновод, 438
Волоконно-оптические системы
 межмодовая дисперсия, 443

- показатель преломления среды, 435
 потери, 448
 потери, вызванные дефектами, 453
 преобразование децибелл в отношение уровней сигнала, 452
 расчет потерь, 449
 схема предусиления приемного устройства, 460
 схема управления преобразования сигнала, 460
 физические принципы передачи сигнала, 434
 электромагнитные помехи и безопасность систем, 432
- Волоконно-оптический кабель
 преимущества применения, 431
- Восстанавливающие повторители, 368
 восстановление синхронизации, 369, 370
- Восстановление синхронизации, 370
- Временной-пространственно-временной метод коммутации, 66
- В-сигнализация, 324
- Вставка холостых битов, 363
- Вывод схемы генерации импульсов (OPL), 173
- Вызов
 вызывной сигнал, 33
 выполнение соединения, 33
 ответ на вызов, 33
 прекращение разговора, 34
 процесс разговора, 33
- Вызывной звонок
 конструкция и принципиальная схема, 107
 принцип работы, 107
- ритмы вызывного сигнала, 110
- Вызывной сигнал
 звонок переменного тока, 33
 распознавание постоянного тока в шлейфе при прохождении сигнала вызова, 110
 системы телефонной связи, 33
 электронные схемы, 33
- Вызывной сигнал и линейный интерфейс, 297
- Высокоскоростная передача данных по витой паре HDSL, 287
- Высокоуровневый протокол управления каналом HDLC, 282
- Высокоскоростные модемы, 413
- Выходной сигнал импульсного набора (OPL), 181
- ## Г
- Генератор тональных сигналов
 кварцевая стабилизация частоты, 173
- Герконы, 65
- Гибридная система
 сигнал самопрослушивания, 116
 эквивалентная схема в режиме передачи сигнала, 118, 119
- Гибридная схема и линейный интерфейс, 303
- Главный коммутационный центр мобильной связи, MTSO, 492
- Голосовой канал
 шумы и помехи, 45
- Голосовые цепи
 отключение звука, 88
- Гребенчатые фильтры, 326
 блок-схема, 327

Д

Датчик уровня сигналов
в спикерфонах, 224

Двоичный код, 52

Двоичная система счисления, 239

Двоичный код
наиболее значащий разрядный
бит, 240
наименее значащий разрядный
бит, 240
представление информации, 240

Двухтональные многочастотные
сигналы
преимущества метода, 96
распознавание сигналов набора
номера, 92
требования к сопряжению
генератора с линией связи, 93

Двухтональный многочастотный
набор (DTMF)
принципиальная схема, 90

Двухтональный многочастотный
набор (DTMF)
генерирование тональных
сигналов, 90
преимущества по сравнению с
импульсным набором, 92
сравнение времени набора с
импульсным методом, 92

Двухтональный многочастотный
набор (DTMF)., 89

Двухтональный многочастотный
набор
применение интегральных
микросхем, 328
форма сигнала, 177

Двухтональный многочастотный
набор

применение интегральных
микросхем, 173
требования к схеме приема и
обработки сигналов на АТС, 325
фильтры и схема
детектирования, 326

Декодер
дельта-модуляция, 270

Декодер, 36
Декодер, 263, 270, 272, 302, 460

Демпел-Зив
алгоритм сжатия данных в
модемах, 415

Десятичная система счисления, 239

Децибелы, 44
таблица относительных уровней
мощности, 44

Диодная мостовая схема
выпрямления, 161

Диск номеронабирателя, 32

Дисковый номеронабиратель, 85
распознавание импульсов
набора, 87
соотношения длительности
замкнутого и разомкнутого
состояния контактов, 85

Дисковый импульсный
номеронабиратель, 164

Дискретизация аналогового
сигнала, 258, 261

Дуплексная работа линии связи, 112

Дуплексная система связи, 460

Е

Европейский стандарт на
волоконно-оптические средства
передачи данных SDH, 284

Европейский формат PCM-30, 282

Европейский формат передачи данных E1, 282

Единицы усредненной мощности, 452

З

Загрязнения и дефекты на поверхности стекловолокна, 453

Закон Ома, 100, 129, 461

Замкнутые контакты телефонной трубки

определение состояния, 310

Запись информации с использованием микропроцессора, 210

Заполнение холостыми импульсами при мультиплексировании, 358

Защита цепей речевого тракта от перенапряжений, 133

Защита от перенапряжений, 297

Звонок в никуда, 37

Звонок переменного тока, 33

Зона абонентского обслуживания, 481

И

Иерархичность в системах мультиплексной передачи, 285

Иерархия сетей, использующих ИКМ-мультиплексирование с разделением по времени, 358

Избыточный циклический кадр, 282

ИКМ приемопередатчик (трансивер) R8070 T1/CEPT, 339

ИКМ уплотнение

сравнение уровня шума с методом частотного уплотнения, 347

Импульсный набор номера, 32
дисковый номеронабиратель, 85
сравнение с двухтональным многочастотным набором, 90

Импульсный номеронабиратель
схема формирования импульсов, 85

Импульсные номернабиратели
применение интегральных микросхем, 171

Импульсный метод набора номера, 159
использование интегральных микросхем, 170

Импульсный набор номера
параллельная схема включения с цепями прохождения речевого сигнала, 165

Импульсный номеронабиратель, 159
основные функции электронной версии, 166

Импульсно-кодовая модуляция, 233

Импульсно-кодовая модуляция
иерархия сетей, 358

Инициирование вызова, 29

Интегральная микросхема MC34114, 134
MC34114 производства компании Моторола, 146, 151
цепи голосового тракта, 134

Интегральная микросхема MC14419 компании Моторола, 172

Интегральные микросхемы
дуплексная передача речи, 130

- применение для двухтонального
многочастотного набора, 173
- стабилизаторы выходного
напряжения, 138
- TCM5087 (МК5087) компании
Texas Instrument, 175
- TCM5094 компании Texas
Instrument, 175
- Интегральные микросхемы
компании Моторола
 - веб-сайт компании, 146
 - справочник, 146
- Интегральная инжекционная логика,
208
- Интегральная микросхема MC34010
микропроцессорный
интерфейсный порт, 202
- подача сигнала вызовы, 206
- Интегральная микросхема MC34118
компании Моторола, 220
- Интегральные логические схемы
общего назначения, 244
- Интегральные микросхемы
 - пример практического
использования, 211
 - тенденция снижения стоимости,
244
- Интегральные микросхемы
компании Моторола
 - MC145412, 226
 - MC34017, 226
 - MC34114, 226
 - MC34118, 226
 - MC34119, 226
- Интегральные телефонные
микросхемы
 - обзор возможностей
применения, 230
- Интегрированные телефонные цепи
применение микропроцессора,
206
- Интерфейс аналоговых систем
связи, 253
- Интегральная микросхема
комбинируемые функции
кодека и фильтра, 322
- Интегральная микросхема 75T201
блок схема объединенных
кодека и фильтра, 328
- Интегральная микросхема TCM 4204
компании Тексас Инструментс, 309
- Интегральная микросхема
TCM2910A, 320
 - блок-схема кодека, 315
- Интегральная микросхема
TCM2912C, 314, 315
- Интегральная микросхема TCM4204,
309, 315
- Интегральные микросхемы
 - схема линейного интерфейса
SLIC, 308
- Интерфейс магистральной линии,
296, 303
- Интерфейсы районных АТС, 295
- Искажения
 - группа "разговорных", 328
 - из-за наложения спектров при
дискретизации, 313
- Интегральная микросхема
TCM3105E компании Тексас
Инструментс (Texas Instruments),
404
- Интерфейсы терминального
оборудования, 405
- Интерфейс RS232C, 405

Интерфейс V.24, 410
 Интерфейсы RS-422 и RS-423, 411
 Интеграция компьютерной и телефонной сети, 530
 Интернет-протокол, 525
 версии v4 и v6, 525
 Искажения
 тональный набор номера, 95
 угольный микрофон, 101
 Интегральные микросхемы
 MC145512, 180

К

Кабельный модем, 521
 Кадровая синхронизация, 373
 Каналы связи высокой емкости, 35
 Канал связи с полосой пропускания голосового частотного диапазона, 394
 Квазитроичный код замещения, HDB3, 379
 Клавиатура для тонального набора, 35
 Код MF4, 32
 Клавиатура телефонного аппарата
 варианты конструкции кнопок, 175
 КМОП - структуры интегральная микросхема MC14408 компании Моторола, 171
 КМОП-структуры, 161, 208
 форма выходного сигнала, 175
 Клавиатура набора номера
 четырёхразрядные двоичные коды кнопок набора, 208
 КМОП-структуры, 4

КМОП-структуры
 применение в матричных переключателях, 337
 Клавиатура набора номера
 бесшнуровой телефонный аппарат, 472
 Кнопочная панель набора номера
 схема декодера клавиатуры, 208
 Кодово-импульсная модуляция, 55, 260
 Кодер, 263, 300
 Кодер аналогового сигнала
 компандер, 266
 линейный, 263, 265
 Кодеры источника, 272
 Кодирование сигнала
 компандирование с использованием μ -зависимости, 267
 Кодово-импульсная модуляция, 55
 Код "без возврата к нулю", 365
 Код замещения
 основные требования, 364
 Код замещения B3ZS, 376
 Код замещения B6ZS, 376,
 Код замещения B8ZS, 379
 Код замещения линии связи, 364
 Код с чередованием полярности импульсов, 365
 Кодек, 302
 интегральная микросхема TCM2910A, 320
 интегральные микросхемы TCM2910A и TCM2912, 315
 комбинированная интегральная микросхема с фильтром, 322
 нелинейное компандирование, 318

- обслуживание нескольких
линий, 315
- принцип работы, 317
- Кодирование речевого сигнала и
линейный интерфейс, 302
- Кодирование с чередованием
полярности импульсов, AMI-код,
371
- Коды в линиях связи
дрейф постоянной
составляющей, 367
- различные типы, 365
- Код Бодо, 389
- Кодирующие устройства, 460
- Количество каналов, 281
- Комитет по современным телевизи-
онным стандартам, ATSC, 518
- Коммутатор системы Строуджера, 58
- Коммутация линий связи, 56
- Коммутируемые сети общего
пользования
 - линии дальней или
междугородней связи, 39
 - районная сеть, 37
- Коммутируемые сети общего поль-
зования, PSTN, 490
- Комбинированный импульсный и
тональный номеронабиратель, 179
- Компания Моторола
 - интегральная микросхема
MC14408, 179
 - интегральная микросхема
MC145412, 171
 - интегральная микросхема
MC34014, 195
 - интегральная микросхема
MC34017, 195
 - комбинированные
номеронабиратели MC145412,
MC145413, MC143512, 197
 - пример применения
интегральной микросхемы
MC145412, 180
- Компандер
 - характеристика А-типа, 181
- Компандирование с использованием
А-характеристики, 268
- Компандирование с использованием
-зависимости, 268
- Компания АТТ
 - совокупность оборудования и
устройств сопряжения
цифрового канала линии
передачи T4, 267
- Комбинированная интегральная
микросхема фильтра и кодека, 281
- Компандер с 302 -характеристикой,
322
- Компания Bell Systems.
 - дистанционная система
коммутации RSS No. 10A, 304
- Компания Rockwell International
 - ИКМ трансивер R8070 T1/CEPT,
339
- Компания Texas Instruments
 - интегральная микросхема
TCM2910A, 320
 - интегральная микросхема
TCM2912C, 314
- Компания Белл Системс (Bell
Systems)
 - модем 202 серии, 400
- Компании кабельного телевидения
 - конкурентноспособность, 527

Компании, предоставляющие услуги доступа к Интернету, 527

Компьютерная телефония, 513

Конкуренция телефонной связи, кабельного телевидения и Интернета, 525

Контроль за размыканием шлейфа при наборе номера, 300

Коррекция канала связи, 368

Контрольный символ блока, BCC, 412

Критерий устойчивости Найквиста, 259

Критический угол падения оптического луча, 438

Л

Лазерные диоды, 448

Линейный интерфейс
принципиальная схема на базе интегральных микросхем компании Моторола, 202

Линейный кодер, 263

Линия T1, 279

Линейный интерфейс
постоянная составляющая, 136

Линейный интерфейс
батареиное питание станции, 296
вызывной сигнал, 297
гибридная схема, 303
защита от перенапряжений в линии связи, 297
кодирование речевого сигнала, 302
контроль за ответом на поступивший вызов, 302
подача сигнала через "землю", 298

подача сигнала через шлейф, 298

сигналы управления и контроля, 297

тестирование абонентской линии, 303

Линейный интерфейс и подача сигнала через шлейф, 298

Линия связи T1, 339, 373

Логический выходной сигнал схемы импульсного набора (DRO), 172

М

Магистральные линии связи
система сигналов, 67

Магистральная линия
определение, 303

Матричный переключатель, 62

Матричный переключатель SSI 78A093, 336

Межстанционные сигналы управления с общим каналом (CCIS), 69

Межцифровой интервал, 169

Межмодовая дисперсия, 443

Метод двухтонального многочастотного набора (DTMF), 32
применение, 89

Методы преобразования аналогового сигнала в цифровой и обратно, 241

Метод кодирования Хаффмана (Huffman), 416

Метод сжатия длинами отрезков, Run Length Compression, 416

Метод частотной манипуляции, FSK, 396, 404

- Метод «визуализации по требованию», VOD, 516
- Механизм переключения релейного типа, 62
- Механические дисковые номеронабиратели, 85
- Механический дисковый номеронабиратель, 159
- Микрофон, 97
 - влияние сопротивления шлейфа, 98
 - компенсация изменения сопротивления шлейфа, 101
 - конструкция, 97
 - принцип работы, 97
 - угольный, 97
 - электрическая схема, 98
- Микрофонный капсюль
 - преобразование речи в электрический сигнал, 34
- Микрофоны
 - конденсаторный, ленточного типа, 103
 - типы, применяемые в телефонии, 102
 - электретные, 102
 - электродинамические, 102
- Микрофон
 - напряжение смещения, 140
 - предусилитель, 141
- Микрофонный капсюль
 - угольный, 128
- Микропроцессор компании Моторола
 - MC6800, 208
- Микропроцессор
 - запись информации, 210
 - критерии выбора прибора, 207
 - метод передачи данных, 209
 - схема интерфейса, 208
 - считывание данных, 209
- Микропроцессор компании Тексас Инструмент (Texas Instrument) TMS7000, 208
- Микрофон
 - электретный, 224
- Микропроцессор
 - использование в факс-аппаратах, 419
- Многочастотные тональные сигналы, 51
- Многотональный электронный звонок, 186
- Многоразрядные цифровые сигналы
 - параллельная обработка, 236
 - последовательная обработка, 234
- Многомодовый волоконно-оптический кабель, 443
- Мобильная связь
 - проблемы развития, 487
- Мобильный телефон, 476
 - базовый блок, 477
 - взаимное влияние частот базовых блоков, 478
 - зона абонентского обслуживания, 481
 - исходящий вызов, 485
 - мобильный блок, 479
 - организация работы систем мобильной связи, 482
 - первые системы связи, 477
 - поступающий вызов, 482
 - система мобильной связи, MTS, 482

- hr/>
- усовершенствованная система
мобильной связи, IMTS, 482
- Модуляция
- амплитудная, 47
- Модуляция
- амплитудно-импульсная, 259
 - дельта-модуляция, 270
 - кодowo-импульсная, 233, 260, 270
- Модем, 385
- 202 серии компании Белл Системс (Bell Systems) ., 400
 - асинхронный символьный формат, 388
 - асинхронный, работа, 398
 - выполняемые функции, 387
 - демодуляция, 398
 - изохронный режим передачи, 394
 - метод сжатия длинами отрезков, 416
 - методы статистического кодирования, 416
 - модуляция сигнала, 395
 - однокристалльная интегральная микросхема TCM3105E, 404
 - работа в асинхронном режиме, 390
 - работа факс-модема, 421
 - стандарт V.32, 413
 - стандарт V.34, 413
 - стандарт V.90, 413
 - стандарт V.92, 413
 - стандарт интерфейса с цифровым оборудованием, 405
 - стандарт сжатия V.42bis, 415
 - частотная модуляция, 396
- Модемы
- кабельный, 521
- Множественный доступ с кодовым разделением каналов, CDMA, 503, 504
- принцип работы, 505
- Множественный доступ с разделением во времени, TDMA, 503
- Модуляция
- определение, 395
- Моды распространения оптического сигнала, 442
- Моночастотные тональные сигналы, 51
- Мостовая схема выпрямителя, 132
- Мостовая схема выпрямления с малым значением прямого падения напряжения, 133
- Мультиплексирование, 47
- Мультиплексирование с разделением времени, 66
- Мультиплексирование с разделением времени (TDM), 55
- Мультиплексирование с разделением во времени
- асинхронные системы, 273
 - синхронизация данных, 274
 - синхронные системы, 273
 - система связи T3, формат передачи данных, 280
 - система T1, формат передачи данных, 279
 - система T4, 281
 - система T5, 282
 - цифровые сети ISDN и DSL, 286
 - чередование битов и кодовых групп, 274
- Мультиплексирование с разделением во времени (TDM), 273
-

Мультиплексная передача с
временным разделением каналов,
233

Мультиплексирование
в формате DS-1, 339
кодек, обслуживающий
несколько линий связи, 315

Мультиплексоры
DS-1C сигнал, 361
заполнение холостыми
импульсами, 358
иерархия, 356
сигнал DS-1, 356
синхронизация передачи, 361
форматы синхронизации
фреймов, 356

Н

Набор номера
импульсный, 49

Набор методом прерыванием тока в
шлейфе, 165

Набор номера
генерация импульсов с
использованием интегральной
микросхемы, 159

Напряжение
высокие напряжения при
переходных процессах, 163
стабилизация в схеме
многотонального
электронного звонка, 187
стабилизация в схеме
однотонального электронного
звонка, 183

Напряжение смещения микрофона,
140

Национальный комитет США по те-
левизионным стандартам, NTSC, 518

Несущая частота, 47

Номеронабиратели
комбинированные
импульсные и тональные, 179

Номеронабиратель
схема подключения к
интегральной микросхеме, 147

О

Объединенный протокол ICP/IP, 525

Однотональный электронный
звонок, 183

Однокристалльная интегральная
микросхема, 201
MC34118, 222

Оптоволоконный кабель, 39, 77

Оптоволоконный кабель,
конструкция и распространение
света, 77

Опто-коаксиальные гибридные сис-
темы, HFC, 522

Оптическое волокно с переменным
показателем преломления, 447

Организация взаимодействия
станций различных классов, 35

Ответ абонента на вызов, 33

Отношение длительностей
разомкнутого и замкнутого
состояния контактов
номеронабирателя, 169

Отношение уровня сигнала к уровню
шума дискретизации аналогового
сигнала SQR, 265, 287

П

Параллельное включение
электронной схемы
номерабирающего и цепей речевого
сигнала, 165

Передача сигналов
аналоговая и цифровая формы,
41
тональные, 50
цифровые сигналы, 52

Передача сигнала в сетях
восстановление формы сигнала,
368
коды линии связи, 364, 375

Передача цифровых данных
стандарты схем сопряжения, 405

Передающее устройство
схема управления
преобразованием
электрического сигнала в
оптический, 461

Перерывы в разговорах по сотовому
телефону, 500

Плата сопряжения абонентской
линии связи SLIC, 253

Плэзиохронная синхронизация, 363

Повторный набор номера, 160, 170

Повторный набор последнего
набиравшегося номера, 171

Повторный набор последнего
номера, 180

Повторители сигнала
восстановление формы, 368

Подача сигнала по абонентской
линии и схема линейного
интерфейса SLIC, 312

Подача сигнала через "землю, 298

Подача сигнала через шлейф, 298

Показатель преломления
определение, 435

Полное комплексное
сопротивление, 42

Положение снятой трубки
вызываемого телефона
формирование сигнала занято
на АТС, 33

Положение трубки на рычагах
поступление вызывного сигнала, 33

Полоса пропускания
речевой канал, 41

Полоса пропускания цифрового
канала
увличение ширины по
сравнению с аналоговыми
каналами, 254

Положение снятой с рычагов
телефонной трубки
определение состояния, 298

Полупроводниковый р-п-р-п-
прибор, 332

Полное внутреннее отражение, 438

Полупроводниковые лазеры, 448

Помехи и шумы
уменьшение полосы
пропускания, 41

Помехи в распространении радио-
сигнала, 500

Последовательное включение схемы
номерабирающего и цепей
прохождения речевого сигнала, 166

Постоянный ток
линейный интерфейс, 136
требования к абонентской линии
связи, 128

- Потери на отражение, 96
- Потери , вызванные несовпадением диаметров оптического волокна, 457
- Потери в волоконно-оптических системах, 448
- Потери, вызванные несовпадением числовых апертур волоконно-оптических кабелей, 457
- Потери в волоконно-оптическом кабеле
- на поверхностных дефектах и включениях, 456
 - поглощение в материале сердцевины, 456
 - поглощение света в материале оболочки, 456
 - уширение светового луча, 456
- Потери на отражении при сочленении волоконно-оптических кабелей, 457
- Правила регистрации оборудования, 80
- Прекращение разговора, 34
- Предусилитель микрофона, 141
- Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму, 257
- Преобразование из двоичной в десятичную систему счисления, 240
- Преобразование сигнала
- амплитудно-импульсная модуляция, 259
 - дискретизация, 260
 - измерения при дискретизации аналогового сигнала, 259
 - кодowo-импульсная модуляция, 260
 - компандер с характеристикой А-типа, 268
- Преобразования аналогового сигнала в цифровой, 242
- Преобразования цифрового сигнала в аналоговый, 243
- Преобразователи
- аналогового сигнала в цифровой и цифрового в аналоговый, 251
- Приемник сигналов двухтонального многочастотного набора 75Т201 компании Silicon Systems Inc.
- блок-схема, 329
- Приемники сигналов двухтонального многочастотного набора, 328
- Приборы с зарядовой связью, или ПЗС-приборы, 424
- Пропускная способность канала и информационная емкость, 251
- Проверка четности, 390
- Проверка на четность, 487
- Проверка ошибок методом циклических избыточных кодов, CRC, 476
- Проводные средства связи, 74
- Прогрессивная система сотовой связи, AMPS, 488, 504
- Протокол Двоичной синхронной передачи данных (протокол BSync) компании АйБиЭм (IBM), 417
- Протокол Синхронного управления передачей данных (протокол SDLC) компании АйБиЭм (IBM), 417
- Протокол Сообщений Цифровой передачи данных (протокол DDCMP) компании Диджитал экуипмент корпорэйшен (Digital Equipment Corporation - DEC), 417

Протокол управления передачей,
TCP, 525

Пьезоэлектрический
преобразователь, 184

Пяти-битовый код № 2 алфавита
Консультативного комитета по
телефонной и телеграфной связи,
CCITT, 390

Р

Работа гибридной системы, 114

Работоспособность систем
телефонной связи
условия сохранения, 78

Работа реле схемы линейного
интерфейса, 300

Районная АТС

подключение телефонных
аппаратов по абонентской линии
связи, 28
преобразование аналогового
сигнала в цифровую форму, 66
преобразование цифрового
сигнала в аналоговый, 54
схема подключения телефонных
аппаратов, 28
усиление сигнала, 117

Районная АТС.

место в структуре абонентских
линий, 37

Районная телефонная сеть, 37

Районная телефонная станция

рассоединение линии связи, 34
соединение телефонов, 33
формирование сигнала
обратного вызова, 33

Районная АТС

минимальный ток срабатывания
линейных реле, 128

Расширенный суперфрейм, 281

Режим "отключения звука", 166, 176

Режим насыщения транзистора, 133

Режим тонального набора номера,
140

Режим "отключение звука"

дополнительная кнопка
включения режима на
спикерфоне, 224
использование в спикерфоне,
224

Режим подачи сигнала "через
землю" и схема линейного
интерфейса SLIC, 312

Рекомендации Консультативного
комитета по международной
телефонной и телеграфной связи
стандарт V.24, 410

Речевой канал

ширина полосы пропускания, 41

Речевой канал

блок-схема дуплексной передачи
с использованием электронных
схем, 130

Решетчатый код в модемах
стандарта V.32, 414

Роуминг

система мобильной связи, 481
соглашения о взаимном обслу-
живании, 498
телефон сотовой связи, 497

Ручное коммутирование линий
связи, 56

Рычаги телефонного аппарата, 29, 83
работа вызывного звонка, 107

Рычаги телефонной трубки

перенапряжения переходных
процессов, 162

питание электронной схемы
звонка, 161

С

Сверхскоростная абонентская линия
связи VDSL, 287

Светоизлучающие диоды, 449, 460

Сети дальней связи

оптоволоконные кабели, 39

Семи-битовый код Американском
стандартном коде обмена
информацией, ASCII, 390

Сигнал "занято", 33

Сигнал вызова, 49
изменение полярности, 49

Сигнал готовности набора номера,
30

Сигнал самопрослушивания, 34,
116, 118

Сигналы управления, 49
изменение полярности питания,
49
использование постоянного
тока, 49
передача, 49

Сигнал блокировки, 171

Сигнал запроса на вызов (CRQ),
169, 172

Сигнал самопрослушивания
контроль за величиной и фазой
сигнала, 115

Сигнал DS-1C
формат фрейма, 361

Сигнал цифровой передачи DS-1C,
358

Сигнал цифровой передачи DS-2,,
358

Сигнал цифровой передачи DS-3,
358

Сигнал цифровой передачи DS-4,
358

Сигналы управления, контроля и
линейный интерфейс, 297

Система классификации
телефонных станций США, 35

Система межстанционных сигналов
с общим каналом (CCIS), 72

Система общего контроля
координатный переключатель,
62
матричный переключатель, 61
электрохимический вариант, 62

Система телефонной связи
абонентская линия, 28
взаимодействие станций
различных уровней, 35
виды управляющих и
контрольных сигналов, 40
завершение соединения, 33
импульсный набор, 32
иницирование вызова, 29
каналы высокой емкости, 35
коммутация линий, 56
междугородние АТС, 35
механические вызывные
сигналы, 33
окончание разговора, 34
ответ на вызов абонента, 33
посыл номера, 32
районная АТС, 28
региональные центры, 35
соединительные линии станций
одного уровня, 37
телефонный аппарат, 28
технические параметры и их
предельные значения, 80

-
- условия нормальной работоспособности, 78
 - цифровые станции класса 4X, 35
 - Система управления с общим каналом - CCIS, 53
 - Системы коммутации
 - абонентские и магистральные линии связи, 67
 - герконы, 65
 - шаговая АТС, 58
 - шаговый искатель, 58
 - Системы комутации линий
 - ручное переключение, 56
 - Система телефонной связи компании Белла
 - компандер, использующий мю-зависимость, 266
 - Система мультиплексирования абонентских телефонных линий, 285
 - Система связи T1, 279
 - формат передачи данных, 279
 - Система связи T3, 280
 - Системы увеличения количества телефонных пар, 285
 - Системы цифровых абонентских линий связи DSL, 286
 - Системы абонентских линий связи, 339
 - Системы связи
 - волоконно-оптические линии связи, 459
 - Система всегда доступного телефона, PHS, 476
 - Система Европейского стандарта на беспроводную цифровую связь, DECT, 476
 - Система связи всеобщего доступа, TACS, 502
 - Система связи персонального доступа, PACS, 476
 - Символ блокового контроля ,BCC, 418
 - Символьный формат асинхронный, 388
 - Симплексная система связи, 460
 - Синхронное мультиплексирование с разделением во времени, 273
 - Синхронизация в режиме "ведущий - ведомый", 363
 - Синхронизация и мультиплексирование, 361
 - Снятие вызывного сигнала, 110
 - Совокупность оборудования и устройств сопряжения цифровых каналов связи с аналоговыми каналами, 266
 - Современные телекоммуникационные технологии
 - связь, 514
 - Согласование полных комплексных сопротивлений гибридной системы, 114
 - Согласование параметров телефонной линии связи, 147, 149
 - Сотовая связь, 488
 - главный коммутационный центр мобильной связи, MTSO, 492, 496
 - зоны или соты обслуживания, 488
 - многократное использование однократных частотных диапазонов, 499

- ограничения Прогрессивной системе мобильной связи, AMPS, 501
- основополагающая концепция системы, 488
- принцип деления обслуживаемой территории на соты, 488
- прогрессивная система сотовой связи, AMPS, 488
- распределение частот диапазона по смежным ячейкам, 491
- роуминг, 497
- узел сотовой связи, 490
- узкополосная аналоговая система мобильной связи, NAMPS, 502
- функциональные узлы мобильного устройства, 493
- характерные особенности, 499
- частотные диапазоны на территории США, 493
- Спикерфон, 215
 - блок-схема цепей прохождения речевого сигнала, 219
 - блок-схема интегральной микросхемы MCM34118, 220
 - датчики уровня сигнала, 224
 - конструкция аппарата, 215
 - обратная связь, 219
 - расширенные логико-информационные возможности, 227
 - схемы ослабления уровня сигналов, 222
- Средства обслуживания системы передачи сигналов, 69
- Средства связи
 - волоконно-оптический кабель, 431
 - Струоджер, Алмон Б, 58
 - Стабилизаторы напряжения, 138
 - Стабилитроны, 131, 134, 162, 164, 173, 206, 215
 - 1N4742, 195
 - 1N5274, 195
 - Стандарт DS-3, 280
 - Стандарт синхронной волоконно-оптической сети SONET, 284
 - Стандарт T5, 282
 - Стандарт V.32, 413
 - метод решетчатого кодирования, 414
 - модем с эхокомпенсатором, 414
 - Стандарт V.34, 413
 - Стандарт V.42bis, 415
 - Стандарт V.90, 413
 - Стандарт V.92, 413
 - Стандарт Ассоциации электронной промышленности США, EIA
 - RS-232C, 405
 - RS-422 и RS-423, 411
 - Стоячие волны, 457
 - Суперфрейм, 281
 - Схемы, блокирующие эффект подзванивания телефонного аппарата при наборе, 164
 - Схема, блокирующая подзванивание телефона при наборе
 - многотональный электронный звонок, 187
 - Схема включения микрофона и телефона в трубке, 112
 - Схемы генераторов двухтональных многочастотных сигналов, 173
 - Схема гибридного включения, 112

Схема голосового тракта телефона, 134

Схема двухтонального многочастотного набора, 90

Схема дуплексного речевого канала, 130

Схемы защиты от неправильной полярности подключения, 131

Схемы защиты от перенапряжений, 131

 выходное напряжение
 стандартного выпрямительного моста, 133

Схемы защиты от перенапряжений в абонентской телефонной линии, 134

Схема компенсации шлейфа, 136

Схема линейного интерфейса
 блок-схема интегральной микросхемы, 310

Схема линейного интерфейса SLIC, 306

 применение интегральных микросхем, ограничения, 308

Схема отключения звука в телефоне, 146

Схемы ослабления уровня сигнала
 применение в спикерфонах, 222

Схема питания от станционной батареи, 127

Схема подключения внешнего номеронабирателя, 147

Схема сопряжения с телефонной линией по переменной составляющей сигнала, 143

Схема стандартного телефона с дисковым номеронабирателем, 172

Схемы и устройства защиты цепей телефона, 131

Схемы сопряжения BORSCHT
 определение, 253

Схема тональной частотной манипуляции, 398

Схема терминального доступа (TAC), 73

T

Тактовый генератор
 использование в схеме электронного номеронабирателя, 168

Телефонная пара, 29

Телевидение высокого разрешения, HDTV, 519

Телекомпании, использующие низ-коорбитальные спутники Земли, 529

Телефонная связь
 сокращение вещательства государства в предпринимательство, 526

Телефонные компании
 положение в конкурентной борьбе, 525

Тексас Инструментс (Texas Instruments)
 интегральная микросхема TCM3105E, 404

Телефонная сеть
 правила регистрации оборудования, 80

Телефонная трубка лежит на рычагах, 29, 83

Телефонная трубка снята с рычагов, 29, 83

- Телефонные сети
 - структура, 37
- Телефонные системы
 - сети дальней связи, 39
- Телефонный аппарат, 27
 - влияние длины проводов шлейфа, 100
 - гибридная схема, 112
 - импульсный набор, 85
 - импульсный набор номера, 84
 - клавиатура для тонального набора, 89
 - корпус и конструкция электретного микрофона, 103
 - микрофон, 97
 - основные функции, 27
 - отключение звуковых цепей, 88
 - рычаги телефонной трубки, 83
 - сигнал вызова, звонок, 105
 - сигнал готовности набора номера, 28
 - сравнение скоростей набора номера импульсным и тональным методами, 92
 - типы применяемых микрофонов, 102
 - тональный набор номер, 84
 - требования к электрическим характеристикам, 78
 - упрощенная схема подключения телефона к АТС, 28
 - цепь, защищающая от звякания при наборе, 88
 - электрохимический звонок, принцип работы, 107
 - электронные модели, 117
- Телефонный капсюль, 104
 - вариант конструкции, 105
 - преобразование электрического сигнала в речевой, 34
- Телефонный капсюль с "качающимся якорем", 105
- Телефонный номер как адрес вызова, 31, 51
- Телефонная трубка лежит на рычагах
 - требования к току в шлейфе, 129
- Телефонный аппарат
 - компенсация уровня громкости, 149
 - принципиальная схема с дисковым номеронабирателем, 172
- Телефонный аппарат на однокристалльной интегральной микросхеме, 201
 - линейный интерфейс, 202
 - МС34010 компании Моторола, 202
 - принципиальная схема, 202
 - схема вызывного сигнала интегральной микросхемы МС34010, 206
 - схема тонального номеронабирателя, 205
 - цепи прохождения речевого сигнала, 204
- Телефонный шлейф, 294
- Термопечать построчная, 423
- Территориальные сети, 39
- Технические средства обслуживания
 - волноводы, 75
 - оптоволоконный кабель, 76
 - проводные, 74
 - радиоканалы, 75
- Технические средства обслуживания цифровых каналов, 71

Тональные сигналы, 50
 внеполосовой сигнал, 51
 внутриполосовой сигнал, 51
 набор номера, 84
 распознавание сигналов на
 телефонной станции, 92
 сигнал вызова, 50
 сигнал занято, 50
 схема генерирования, 90
Тональный набор номера, 32
Тональные сигналы
 схема генератора вызывного
 сигнала, 193
 схемы генерации вызывного
 сигнала, 189
 формирование сигнала
 синусоидальной формы, 173
Тональный и импульсный набор
номера
 логические сигналы выбора
 режима, 146
Тональный набор
 интегральная микросхема
 МС34114, 137
Тональный набор номера
 интегральная микросхема
 МС34010 в телефонном
 аппарате на однокристалльной
 микросхеме, 205
Тональный сигнал
 состояние логического сигнала
 на выходе, 211
Тональная частотная манипуляция,
AFSK), 396
Точность синхронизации и задания
тактовой частоты, 254
Точка передачи сигнала (STP), 73

Трубка лежит на рычагах
 индикация состояния, 49
Трубка снята с рычагов
 индикация состояния, 49

у

Угольный микрофон, 97, 101, 128
Узкополосная аналоговая система
мобильной связи, NAMPS, 502
Узловые телефонные станции, 39
Уотсон, Томас, 25, 33
Уплотнение со спектральным разде-
лением сигнала, WDM, 515
Уровень шумов в незанятом канале
связи, 269
Уровень сигнала, 42
Уровень тональных сигналов
 относительное значение, 94
Усилитель
 передачи сигнала, 142
 сигнала самопрослушивания,
 142
Усилитель поступающего сигнала, 145
Усилитель сигнала
самопрослушивания, 142
Усилитель сигнала
 спикерфоны, 224
Усиление
 преобразование значения
 усиления из децибелл в
 отношение уровней сигнала, 451
Усилитель
 преобразование оптического
 сигнала в принимающем
 устройстве, 460
 схема управления
 преобразованием сигналов, 460

Условие Трубка лежит на рычагах телефона/Трубка поднята с рычагов, 169

Ф

Факс-аппарат, 419
 блок-схема, 419
 передача данных с изображением, 423
 прием сообщения, 422
 устройства, устанавливаемые в компьютерах, 424
 центральный микропроцессор, 419

Факс-модем, 422

Федеральная комиссия США по связи и Американская телефонная и телеграфная компания, 25

Федеральная комиссия США по связи и регистрация оборудования, 80

Фильтры
 гребенчатые, 326

Фильтры частот акустического диапазона, 313

Форма выходного тонального сигнала, 177

Формат D4, 281

Формат DS-1, 279

Формат DS-2, 280

Формат передачи данных DS-3, 280

Формат передачи данных системы связи T1, 279

Формат передачи данных европейских страны, 282

Фотодиоды, 449

Форматы синхронизации фреймов, 354

Фрейм, 274

Функции АТС, зашифрованные аббревиатурой BORSCHT, 308

Х

Характеристики беспроводных систем связи, 476

Ц

Центральная сервисная организация (CSO), 26

Цепь вызывного сигнала, 29

Цепи приема сигнала
 режим отключения звука и выбор типа набора номера, 146

Цепи прохождения речевого сигнала
 выбор тонального или импульсного режима набора номера, 146
 интегральная микросхема MC34014 компании Моторола, 169
 компенсация уровня громкости в телефонном аппарате, 149
 микрофон, 140
 последовательное включение с электронной схемой импульсного набора, 166
 прием поступающего сигнала, 144
 применяемые интегральные микросхемы, 151
 согласование с абонентской линией связи, 147
 сопряжение с линией связи по постоянной составляющей, 136
 схемы и устройства защиты, 131

- hr/>
- Цепи телефона
 схема компенсации шлейфа, 136
- Цепь, блокирующая подзванивание
электронного звонка, 184
- Цепи прохождения речевого сигнала
 интегральная микросхема
 МС34010, 204
 телефона на однокристалльной
 интегральной микросхеме, 204
- Цифровые каналы
 технические средства
 обслуживания, 71
- Цифровые коммутирующие
системы, 66
- Цифровые сети
 схема терминального доступа,
 73
 точка передачи сигнала, 73
- Цифровые сигналы
 сигналы управления, 52
- Цифро-аналоговый
преобразователь, 173, 242
- Цифро-аналоговые
преобразователи, 205
 цифровые сигналы, 251
- Цифровые сети связи с
комплексными услугами и базовой
скоростью передачи данных, ISDN-
BRA, 286
- Цифровые сети связи с
комплексными услугами и
первичной скоростью передачи
данных, ISDN-PRI, 286
- Цифровые сигналы, 233
 битовые подгруппы, 241
 одноразрядные, 233
 параллельная передача, 236
 последовательная передача, 234
- представление информации с
 использованием двоичных
 кодов, 240
 преимущества и недостатки
 применения в телефонии, 243
 смешивание сигналов, 248
- Цифро-аналоговый
преобразователь
 кодек, 317
- Цифровые абонентские линии
связи, 341
- Цифровая мобильная связь, 502
 множественный доступ с кодо-
 вым разделением каналов,
 CDMA, 504
 множественный доступ с разде-
 лением во времени, TDMA, 503
- Цифровая сеть интегрированного
обслуживания, ISDN
 широкополосная сеть 2B + D,
 515
- Цифровое телевидение, DTV, 518,
519
- Цифровой сигнал
 телевидение, 518
- Цифровые абонентские линии, DSL,
515
 асимметричные цифровые аба-
 нентские линии, ASDL, 516
 высокоскоростные цифровые
 линии связи, HDSL, 516
- Цифровые сети интегрированного
обслуживания, ISDN, 515
- Цифровые системы связи
 мобильная связь третьего поко-
 ления, 507
 система Персональных услуг
 связи, PCS, 506

Ч

- Частотное распределение энергии голоса, 41
- Частотная модуляция, 396
- Частотная модуляция
 - мобильные телефоны, 472
- Частота
 - диапазоны рабочих частот бесшумового телефона, 475
 - мобильные системы связи, 477
- Чередование битов, 274, 354
- Чередование кодовых групп, 274, 354
- Частотное уплотнение, 348

Ш

- Шаговая АТС
 - конструкция набора контактных полей, 61
 - ограничения метода, 61
- Шаговый искатель, 58
- Ширина полосы пропускания канала связи, 394
- Широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания, В-ISDN, 515
- Шнуровые пары, 56
- Штекерное соединение, 29
- Шумы и помехи
 - голосовой канал, 45
- Шум дискретизации, 262
- Шумы
 - в незнайтом канале связи, 263, 269, 270
 - датчики контроля фонового шума в спикерфоне, 224

цифровые сигналы, 247

- Шумы в канале связи
 - генерация при дельта модуляции, 270

- Шумы
 - в незнайтой линии, 314

Э

- Эквивалентная схема электронного телефонного аппарата, 118
- Эксплуатационная компания радиотелефонной связи, RCC, 476, 479
- Эксплуатирующие компании мобильной радиосвязи, 487
- Эластичная память для хранения переменного объема данных, 359
- Электретный микрофон, 140
- Электроакустические преобразователи, 101
- Электродинамический микрофон, 102
 - устройство, 102
- Электромеханическая версия матричного переключателя, 62
- Электронный телефонный аппарат, 117
- Электретный микрофон, 103, 224
- Электронная схема импульсного набора, 165
 - последовательное включение с цепями речевого тракта, 166
- Электронные схемы
 - питание от телефонной линии, 161
- Электронные схемы набора номера и вызывного сигнала, 159

- блокировка подзванивания электронного звонка при импульсном наборе, 184
- импульсный набор, 165
- использование интегральных микросхем для двухтонального многочастотного набора, 173
- комбинированные импульсные и тональные номеронабиратели, 179
- основные выводы, 163
- перенапряжения переходных процессов, 187
- схемы, блокирующие подзванивание телефона, 195
- телефон, полностью собранный на интегральных микросхемах, 182
- электронный звонок, 189
- Электронный звонок
 - генерация тональных сигналов, 189
 - многотональные схемы, 186
 - пример исполнения схемы, 191
 - с одним тоном звучания, 183
- Электронный импульсный номеронабиратель
 - изменения напряжения, вызванные переходными процессами, 161
 - энергопотребление электронных схем, 161
- Электронный номеронабиратель
 - тактовый генератор, 166
- Электронный микрофон, 202, 204
- Электронные схемы в районных АТС
 - объединенные в единой интегральной микросхеме функции кодека и фильтра, 322
- Электронные системы коммутации ESS No. 1, No.1A, 304
- Электронные схемы в районных АТС
 - интерфейс магистральной линии, 304
 - комбинированная интегральная микросхема кодека и фильтра, 322
 - линейный интерфейс, 296
 - прием и детектирование двухтональных многочастотных сигналов набора, 324
 - стандартный интерфейс, 295
 - схема линейного интерфейса на интегральной микросхеме, 308
 - фильтры частот акустического диапазона, 313
 - электронные системы коммутирования, 332
- Электронный матричный коммутатор, 332
- Электростатический метод печати, 423
- Эффективность работы цепей речевого тракта
 - характеристики интегральных микросхем, 151
- Эхо-сигнал, 46

ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Глава 1

1. б)
2. а)
3. г)
4. г)
5. б)
6. г)
7. а)
8. в)
9. б)
10. г)
11. г)

Глава 2

1. б)
2. а)
3. б)
4. б)
5. г)
6. в)
7. а)
8. г)
9. б)
10. г)

Глава 3

1. в)
2. б)
3. в)
4. а)
5. в)
6. г)
7. в)
8. г)
9. а)
10. б)

Глава 4

1. в)
2. г)
3. а)
4. в)
5. а)
6. г)
7. б)
8. г)
9. в)
10. б)

Глава 5

1. в)
2. г)
3. г)
4. в)
5. в)
6. б)
7. д)
8. г)
9. б)
10. б)

Глава 6

1. б)
2. г)
3. г)
4. б)
5. в)
6. в)
7. г)
8. г)
9. б)
10. а)

11. в)
12. б)
13. б)
14. а)
15. б)
16. а)

Глава 7

1. в)
2. в)
3. б)
4. а)
5. б)
6. в)
7. в)
8. б)
9. а)
10. г)

Глава 8

1. д)
2. г)
3. в)
4. д)
5. а)
6. а)
7. г)
8. а)
9. б)
10. г)

Глава 9

1. д)
2. в)
3. а)
4. в)
5. г)
6. г)

7. а)
8. д)
9. г)

Глава 10

1. г)
2. в)
3. г)
4. г)
5. б)
6. а)
7. в)
8. б)
9. а)
10. в)

Глава 11

1. в)
2. в)
3. б)
4. в)
5. б)
6. б)
7. в)
8. б)
9. б)
10. а)

Глава 12

1. г)
2. а)
3. г)
4. в)
5. а)
6. б)
7. в)

Книги Издательского дома «ДМК-пресс» можно заказать в Торгово-издательском холдинге «АЛЬЯНС-КНИГА» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу: 123242, Москва, а/я 20 или по электронному адресу: post@abook.ru.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в Internet-магазине: www.alians-kniga.ru.

Оптовые покупки: тел. (495) 258-91-94, 258-91-95; электронный адрес: books@alians-kniga.ru.

Стивен Д. БИГЕЛОУ, Джозеф Д. КАРР, Стив ВИНДЕР

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕЛЕФОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Главный редактор Мовчан Д. А.
dm@dmk-press.ru

Перевод с английского В. Н. Гордеев
Дизайн М. М. Селеменив
Верстка В. М. Селеменив
Корректор Л. В. Кикава



Издательский дом «ДМК-пресс», г. Москва

(495) 505-10-80

www.dmk-press.ru

e-mail: books@dmk-press.ru

Дизайн и верстка издания:

ИПЦ «ДМК-Пресс»

e-mail: ipc@dmk-press.ru

<http://ipc.dmk-press.ru>

Подписано в печать 20.12.2006.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 52. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии