

СРЕДНЕЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ



**В.П. Зверева
А.В. Назаров**

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

ПРОГРАММИРОВАНИЕ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ПО ОТРАСЛЯМ)

УЧЕБНИК

**В.П. ЗВЕРЕВА
А.В. НАЗАРОВ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано Экспертным советом
при ГБОУ УМЦ ПО ДОгМ для использования
в образовательном процессе профессиональных
образовательных организаций города Москвы
в качестве учебника для студентов
среднего профессионального образования
по специальностям 2.09.02.02 «Компьютерные сети»,
2.09.02.03 «Программирование в компьютерных системах»,
2.09.02.04 «Информационные системы (по отраслям)»*

Москва
КУРС
ИНФРА-М
2018

УДК 681.3(075.8)
ББК 32.81я73
343

Рецензент:

В.С. Лысогорский — канд. техн. наук, доцент,
руководитель структурного образовательного
подразделения ГБПОУ многофункциональный
образовательный центр «Столица»

Зверева В.П.,
343 Технические средства информатизации: учебник / В.П. Зве-
рева, А.В. Назаров. — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2018. — 248 с. —
(Среднее профессиональное образование)

ISBN 978-5-906818-54-6 (КУРС)

ISBN 978-5-16-012385-1 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-105402-4 (ИНФРА-М, online)

Учебник «Технические средства информатизации» разработан в соответствии с требованиями ФГОС III+ по общеобразовательному циклу для группы специальностей 2.09.02.02 Компьютерные сети; 2.09.02.03 Программирование в компьютерных системах; 2.09.02.04 Информационные системы (по отраслям) для средних профессиональных учебных заведений.

Учебник раскрывает вопросы, связанные с классификацией и принципами функционирования технических средств информатизации, в частности, узлов персонального компьютера – как основы построения подавляющего большинства промышленных вычислительных

систем; содержит описание состава, конструкции и основных параметров организации системы ввода/вывода персонального компьютера; рассматриваются технические средства информатизации, предназначенные для работы в составе IT-системы, а также средства телекоммуникаций и компьютерных сетей.

УДК681.3(075.8)
ББК 32.81я73

*Соответствует
федеральному государственному
образовательному стандарту
3-го поколения*

ISBN 978-5-906818-54-6 (КУРС)
ISBN 978-5-16-012385-1 (ИНФРА-М, print)
ISBN 978-5-16-105402-4 (ИНФРА-М, online)

© Зверева В.П., Назаров А.В., 2017
© КУРС, 2017

Список сокращений

АЛУ – арифметико-логическое устройство
АЧХ – амплитудно-частотная характеристика
BIOS – базовая система ввода/вывода
ВЦ – вычислительный центр
ЗУ – запоминающее устройство
ИБ – информационная безопасность
ИВК – информационно-вычислительный комплекс
ИО – информационное общество
ИТ – информационные технологии
ЛВС – локальная вычислительная сеть
НСД – несанкционированный доступ
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство
ОС – операционная система
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство
ППЗУ – перепрограммируемое запоминающее устройство
ПО – программное обеспечение
СВО – система виртуальной ориентации
СОЗУ – сверхоперативное запоминающее устройство
ЦОС – блок цифровой обработки сигнала
ШД – шина данных
ША – шина адреса
ШУ – шина управления

Введение

В информационном обществе процесс компьютеризации дает людям доступ к надежным источникам информации, избавляя их от рутинной работы, обеспечивая высокий уровень автоматизации обработки информации в производственной и социальной сфере. Движущей силой развития общества становится производство информационного, а не материального продукта. Материальной и технологической базой информационного общества становятся различного рода системы на базе компьютерной техники и компьютерных сетей, информационной технологии, телекоммуникационной связи.

При переходе к информационному обществу возникает новая индустрия переработки информации на базе компьютерных и телекоммуникационных информационных технологий. От человека требуется способность к творчеству, возрастает спрос на знания. Таким образом, информационное общество – это общество, в котором:

- решена проблема противоречия между информационной лавиной и информационным голодом (преодолен информационный кризис);
- обеспечен приоритет информации над другими ресурсами;
- главная форма развития – информационная экономика;
- генерация, хранение, обработка и применение знаний автоматизированы;
- ИТ имеют глобальный характер, обеспечивая информационное единство всей человеческой цивилизации;
- реализован свободный доступ индивидуума к информационным ресурсам всей цивилизации.

Наряду с перечисленными *характерными особенностями* информационное общество имеет и опасные тенденции своего развития:

- растет влияние на индивидуума средств массовой информации;
- ИТ могут разрушить частную жизнь людей и организаций;
- существует проблема отбора качественной и достоверной информации;
- из-за проблем адаптации индивидуумов к среде информационного общества существует опасность разрыва между «информационной элитой» (разработчиками ИТ) и потребителями.

Материальной и технологической базой информационного общества становятся системы на базе компьютерной техники,

компьютерных сетей, информационной технологии (ИТ), телекоммуникационной связи и т.д. При переходе к информационному обществу возникает новая индустрия переработки информации на базе ИТ.

Технологической основой информационного общества является глобальная информационная инфраструктура, которая должна обеспечить возможность доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты, а также создать условия для формирования глобальной сетевой экономики. Для органичного вхождения РФ в данную инфраструктуру требуется наличие в отрасли связи большого количества квалифицированных специалистов. Особое место среди них занимают специалисты среднего звена, которые призваны обеспечить безопасную эксплуатацию ТСИ в условиях перехода развитых стран к ИО.

Диапазон современных ТСИ крайне широк: от компьютера с привычными периферийными устройствами до средств связи, устройств копирования и уничтожения документов. Не менее разнообразны физические принципы, положенные в основу функционирования этих устройств.

Характерной особенностью технических средств информатизации являются постоянное развитие, совершенствование, появление новых устройств, реализующих ранее недоступные функции. Некоторые образцы техники морально устаревают, не успев попасть на рынок.

Специалисты в области автоматизированных систем обработки информации и управления, а также программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, должны не только выступать в качестве пользователей, но и быть знакомы с принципом действия, конструкцией, технологией производства, правилами эксплуатации и основами выбора технических средств информатизации с целью организации защиты информации.

Цель данного учебника — ознакомить студентов с теоретическими основами, а также практическими принципами технической организации, функционирования, управления, обслуживания, эксплуатации ТСИ и методами защиты их от несанкционированного доступа. Учебник составлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по группе специальностей — 09.02.02 (230111) — компьютерные сети, 09.02.03 (230115) — программирование в компьютерных системах, 09.02.04 (230401) — информационные системы (по отраслям).

Учебник подготовлен по материалам отечественной и зарубежной технической литературы, конспектов лекций преподавателей колледжей и вузов связи России.

Первая глава посвящена изложению общих принципов функционирования технических средств информатизации в составе информационно-вычислительного комплекса. В частности, обсуждаются вопросы классификации названных средств, принципы функционирования и характеристики основных узлов персонального компьютера — как основы построения подавляющего большинства промышленных вычислительных систем. Материал *второй главы* содержит описание состава, конструкции и основных параметров периферийных устройств ввода-вывода персонального компьютера. В *третьей и четвертой главах* описываются технические средства информатизации, предназначенные для работы с информацией на твердых носителях (копиры, ризографы, шредеры). *Пятая глава* содержит сведения об основных принципах построения спутниковой и сотовой систем связи, о принципах функционирования и характеристиках средств телекоммуникаций (факсимильные аппараты, радиотелефоны, модемы, сотовые телефоны). Заключительная *шестая глава* освещает вопросы классификации телекоммуникационных сетей, логические основы построения и функционирования открытых систем на примере глобальной сети Интернет, обсуждаются вопросы доступа пользователей к сетевым ресурсам.

1. ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

1.1. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭВМ

Архитектура машины фон Неймана. Архитектура ЭВМ включает в себя структуру компьютера и его программно-математическое обеспечение. Структура ЭВМ представляет собой совокупность элементов и связей между ними. Основным принципом построения всех современных ЭВМ является *принцип программного управления*, предложенный Джоном фон Нейманом, который не только выдвинул этот и другие основополагающие принципы логического устройства ЭВМ, но и предложил структуру современного компьютера. Рабочие станции и ПК имеют архитектуру, ориентированную на последовательные вычисления, — на архитектуру машины фон Неймана, дополненную различными механизмами распараллеливания и ускорения вычислений (конвейеризация, многоядерность и др.).

Основные положения традиционной архитектуры машины фон Неймана, представленной на рис. 1.1, сводятся к следующему:

- компьютер состоит из арифметико-логического устройства (АЛУ), устройства управления (УУ), оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и внешнего запоминающего устройства (ВЗУ);
- АЛУ выполняет логические и арифметические действия, необходимые для переработки информации, хранящейся в памяти;

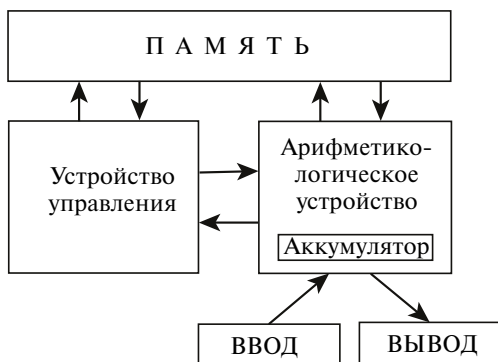


Рис. 1.1. Архитектура машины фон Неймана

- УУ обеспечивает управление и контроль всех устройств компьютера;
- данные, которые хранятся в запоминающем устройстве, представлены в двоичной форме;
- программа, которая задает работу компьютера, и данные хранятся в одном и том же запоминающем устройстве;
- для ввода и вывода информации используются устройства ввода и вывода.

Функционирование *машины фон Неймана* после загрузки программы в блок памяти сводится к следующему. В блок «Память» загружается программа и адрес A первой исполняемой ею команды помещается в счетчик команд. Сама команда занимает в памяти L байт. Если очередная команда не является командой перехода, то выполняются следующие шаги:

- машинная инструкция (команда) длиной L байт, расположенная по адресу A , находящемуся в счетчике команд, передается на выполнение в арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- АЛУ выполняет полученную инструкцию, выбирая требуемые для ее исполнения данные (операнды) либо из памяти, либо из самой команды, либо с устройства ввода-вывода;
- в счетчик команд записывается число, равное $A + L$, и действия повторяются сначала.

Таким образом, машина фон Неймана будет работать до тех пор, пока «не встретит» команду «СТОП», либо в качестве исполняемой окажется команда условного или безусловного перехода, которая изменяет последовательный ход выполнения программы. В последнем случае машина принудительно записывает в счетчик команд адрес той команды, которой должно быть передано управление, и снова повторяются действия начиная с шага 1.

Принцип хранимой программы требует, чтобы программа закладывалась в память машины так же, как в нее закладывается исходная информация.

Усовершенствование машины фон Неймана шло по пути увеличения ее производительности и обеспечения выполнения одновременно более одной команды. В результате были разработаны машины с конвейерной обработкой данных и машины, позволяющие выполнять несколько команд одновременно несколькими процессорами.

Архитектура конвейерной ЭВМ позволяет как минимум в два раза повысить производительность машины фон Неймана, т.е. вдвое увеличить количество операций, выполняемых ею за секунду. В самом упрощенном виде данная архитектура показана на рис. 1.2.

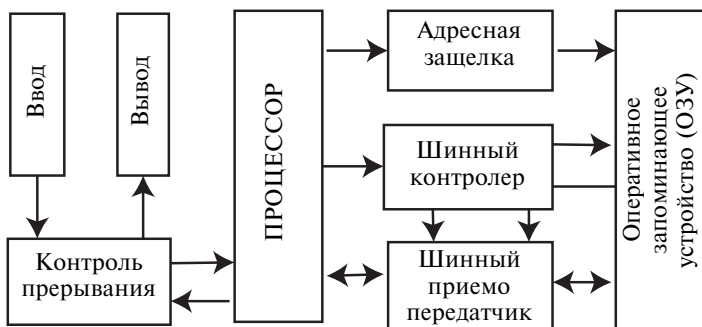


Рис. 1.2. Архитектура конвейерной ЭВМ

При описании работы конвейерной ЭВМ используются следующие термины: шина данных (ШД), шина адреса (ША), шина управления (ШУ) и цикл шины. Шина адреса (данных, управления) — совокупность проводников, несущих двоичный код адреса (данных, управляющих сигналов). Напомним, что для передачи в ЭВМ одного бита нужен один проводник, причем нулевой потенциал на нем соответствует логическому «0», а потенциал в диапазоне $+3,5 \dots +5$ В соответствует логической «1». Шина же представляет собой совокупность нескольких проводников, количество которых определяет разрядность шины. Системная шина (магистраль) — совокупность шин ША, ШД и ШУ.

Заметим, что процессор ничего другого не делает, кроме как выполняет одну инструкцию за другой. После выполнения каждой инструкции процессор проверяет сигнал от контроллера прерываний, чтобы не пропустить операцию ввода данных. Выполнением каждой операции управляет шинный контроллер, который запускает так называемый цикл шины в соответствии с типом каждой инструкции. Тип очередной инструкции шинный контроллер получает от ЦП в тот момент, когда он завершил выполнение очередной инструкции.

Цикл шины — это последовательность изменения потенциалов на линиях системной шины, повторяющаяся с периодом T . На рис. 1.3 показана циклограмма *обычной* (не конвейерной) шины. Выполнение цикла шины, реализующей команду записи байта памяти в ОЗУ, выполняется этапами:

- процессор в момент времени t_0 через адресную защелку представляет адрес требуемого ему байта на ША, одновременно сообщая об этом шинному контроллеру по шине управления;

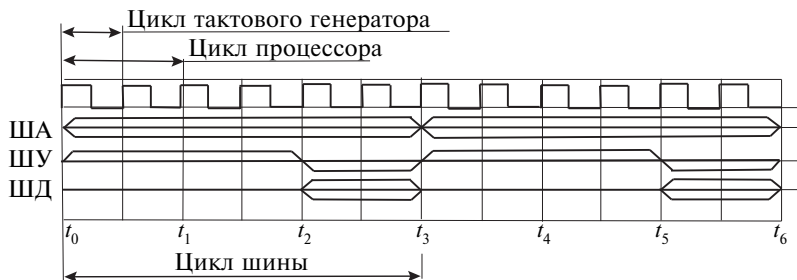


Рис. 1.3. Обычный цикл шины ПК

- расшифровав сигнал записи от процессора, шинный контроллер по ШУ, во-первых, открывает ОЗУ для записи и, во-вторых, выдает команду шинному приемопередатчику «пропускать данные из ОЗУ в процессор»;

- в момент t_2 ОЗУ выставляет адресуемый байт на ШД и по ШУ (сигнал «Готов») сообщает процессору, что данные можно считывать, а шинный контроллер разрешает шинному приемопередатчику эти данные пропустить;

- процессор, получив сигнал «Готов», считывает данные с ШД, после чего в момент времени t_3 выставляет другой адрес на ША, начиная следующий цикл шины и т.д.

На рис. 1.4 показана циклограмма *конвейерной шины*. Выполнение той же команды здесь отличается от описанного тем, что процессор, выставляя в момент времени t_0 адрес байта на ША, одновременно с этим считывает данные, которые он адресовал в предыдущем цикле шины. Это позволяет ему в интервале от t_1 до t_3 не ждать данных по выставленному адресу, а заняться обработкой данных, полученных в предыдущем цикле шины. Этим, собственно, и повышается вдвое производительность машины.

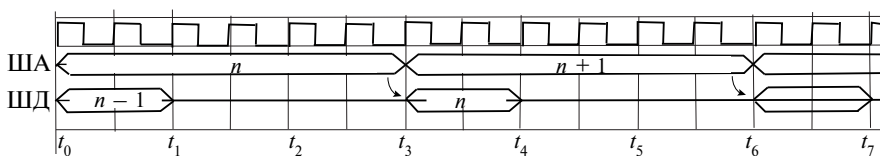


Рис. 1.4. Конвейерный цикл шины ПК

Описанный конвейер является двухступенчатым. Он реализует идею параллелизма на уровне команд. В современных ЭВМ применяются многоступенчатые конвейеры [ИЗ2] , повышающие производи-

тельность машины в десятки раз. Однако они не позволяют повысить производительность в сотни и более раз, которую в состоянии обеспечить машины, имеющие потоковую архитектуру, реализующие идею параллелизма на уровне процессоров (матричные компьютеры).

Блок *память* архитектуры машины Джона фон Неймана в реальной ЭВМ распадается на запоминающие устройства (ЗУ) разных типов – это оперативные (ОЗУ), сверхоперативные (СОЗУ), постоянные (ПЗУ) и внешние запоминающие устройства (ВЗУ). Все они обеспечивают хранение исходных и промежуточных данных, результатов вычислений, а также программ.

ОЗУ хранит информацию, с которой компьютер работает непосредственно в данное время (резидентная часть ОС, прикладная программа, обрабатываемые данные). В сверхоперативном запоминающем устройстве (СОЗУ) хранятся наиболее часто используемые процессором данные. Только та информация, которая хранится в СОЗУ и ОЗУ, непосредственно доступна процессору.

ВЗУ, представляющие накопители на магнитных дисках, имеют емкость на несколько порядков больше, чем емкость ОЗУ, но с существенно более медленным доступом. ВЗУ используются для длительного хранения больших объемов информации. Например, операционная система (ОС) хранится на жестком диске, но при запуске компьютера резидентная часть ОС загружается в ОЗУ и находится там до завершения сеанса работы ПК.

ПЗУ, включая перепрограммируемые ЗУ (ППЗУ), предназначены для постоянного хранения информации, которая записывается в ПЗУ при его изготовлении (например, ППЗУ для базовой системы ввода-вывода (BIOS)).

В построенной по схеме фон Неймана ЭВМ происходит последовательное считывание команд из памяти и их выполнение. Номер (адрес) очередной ячейки памяти, из которой будет извлечена следующая команда программы, указывается специальным устройством – счетчиком команд в устройстве управления.

Архитектура фон Неймана обладает тем недостатком, что она последовательная. Какой бы огромный массив данных ни требовалось обработать, каждый его байт должен будет пройти через центральный процессор, даже если над всеми байтами требуется провести одну и ту же операцию. Этот эффект называется узким «горлышком фон Неймана».

Блок *процессор* архитектуры машины Джона фон Неймана – это основная функциональная часть ЭВМ, выполняющая основные операции по обработке данных, поступающих в него из памяти и внешних устройств.

В основе функционирования современного процессора, как было показано выше, лежит его конвейерная архитектура (*pipelining*), спроектированная специально для повышения его производительности. Обычно для выполнения каждой команды требуется осуществить некоторое количество однотипных операций, например: выборка команды из ОЗУ, дешифрация команды, адресация операнда в ОЗУ, выборка операнда из ОЗУ, выполнение команды, запись результата в ОЗУ. Каждую из этих операций сопоставляют одной ступени конвейера. Например, конвейер микропроцессора с архитектурой *MIPS-I* содержит четыре ступени: получение и декодирование инструкции, адресация и выборка операнда из ОЗУ, выполнение арифметических операций и сохранение результата операции. При этом эффективность конвейера снижает фактор просто конвейера, когда некоторые ступени не используются, фактор ожидания завершения операции, являющейся операндом текущей операции, и фактор очистки конвейера при выполнении команды перехода.

Процессор выполняет арифметические и логические операции над информацией, реализуя связь с другими устройствами ПК с помощью интерфейсной системы. Последняя включает в себя внутренний интерфейс микропроцессора, буферные запоминающие регистры и схемы управления портами ввода-вывода и системной шиной.

Порты ввода-вывода (COM, PS/2, LPT, USB, UDMA) вместе с аппаратурой сопряжения позволяют подключать процессору другие устройства ПК. Порты представляет собой адресуемые процессором регистры, через которые осуществляется ввод/вывод информации из ПК на внешние устройства. Например, COM-порт (*communications port*) — последовательный порт стандарта RS-232C, используется в настоящее время для соединения с источниками бесперебойного питания, для связи со спутниковыми ресиверами, кассовыми аппаратами, с приборами систем безопасности объектов и т.д.

Системная шина — основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь его устройств между собой. Она включает *шину данных* для передачи машинного слова, *шину адреса* для передачи всех разрядов адреса ячейки основной памяти или порта ввода-вывода внешнего устройства, *шину управления* для передачи управляющих сигналов во все блоки машины и *шину питания* для подключения блоков ПК к системе энергоснабжения.

Некоторые современные процессоры имеют несколько десятков ступеней в конвейере, что существенно увеличивает производительность процессора. Последнюю удалось существенно увеличить, применив суперскалярную архитектуру вычислений, при которой

ЭВМ способна выполнять нескольких машинных инструкций за один такт процессора.

В настоящее время широкое распространение получили персональные компьютеры, предназначенные для индивидуальной работы. К числу основных устройств персонального компьютера, располагающихся в его системном блоке, относят материнскую плату, процессор, видеоадаптер, звуковую карту, оперативную память, магнитные и оптические накопители информации. В частности, звуковая и видеокарты компьютера управляет обработкой и воспроизведением аудио- и видеоинформации.

Упрощенная структура ПК приведена на рис. 1.5. Рассмотрим кратко назначение основных соединяемых ею узлов и блоков.

Генератор тактовых импульсов генерирует последовательность электрических импульсов; частота генерируемых импульсов определяет тактовую частоту машины. Промежуток времени между соседними импульсами определяет время одного такта работы машины. Частота генератора тактовых импульсов является одной из основных характеристик персонального компьютера и во многом определяет скорость его работы, так как каждая операция в машине выполняется за определенное количество тактов.

Все регистры портов ввода-вывода через соответствующие унифицированные разъемы подключаются к шине единообразно: непосредственно или через *контроллеры*. Управление системной шиной осуществляется микропроцессором через *контроллер шины* — микросхему, получившую название «северный мост», которая, приняв от МП *код цикла шины* (чтения/записи/ожидания), формирует и подает сигналы управления на блоки, выполняющие заданный *код*.

Оперативная память (ОЗУ) предназначена для оперативной записи, хранения и считывания программ и данных, непосредственно участвующих в вычислениях в текущий момент времени.

«*Северный мост*» — это системный контроллер, отвечающий за работу процессора (CPU) с оперативной памятью (RAM) и видеоадаптером. В частности, он содержит контроллер системной шины, о которой шла речь выше.

«*Южный мост*» управляет работой «медленных» внешних устройств с помощью размещенных здесь контроллеров шин PCI, PCI Express и пр. Здесь же размещены два очень важных для работы ПК устройства: контроллер прямого доступа к внешней памяти и контроллер прерываний. Первый обеспечивает обмен данными между ВЗУ и ОЗУ без участия процессора, а второй обслуживает процедуры *прерывания*. Прерывание — это временный останов

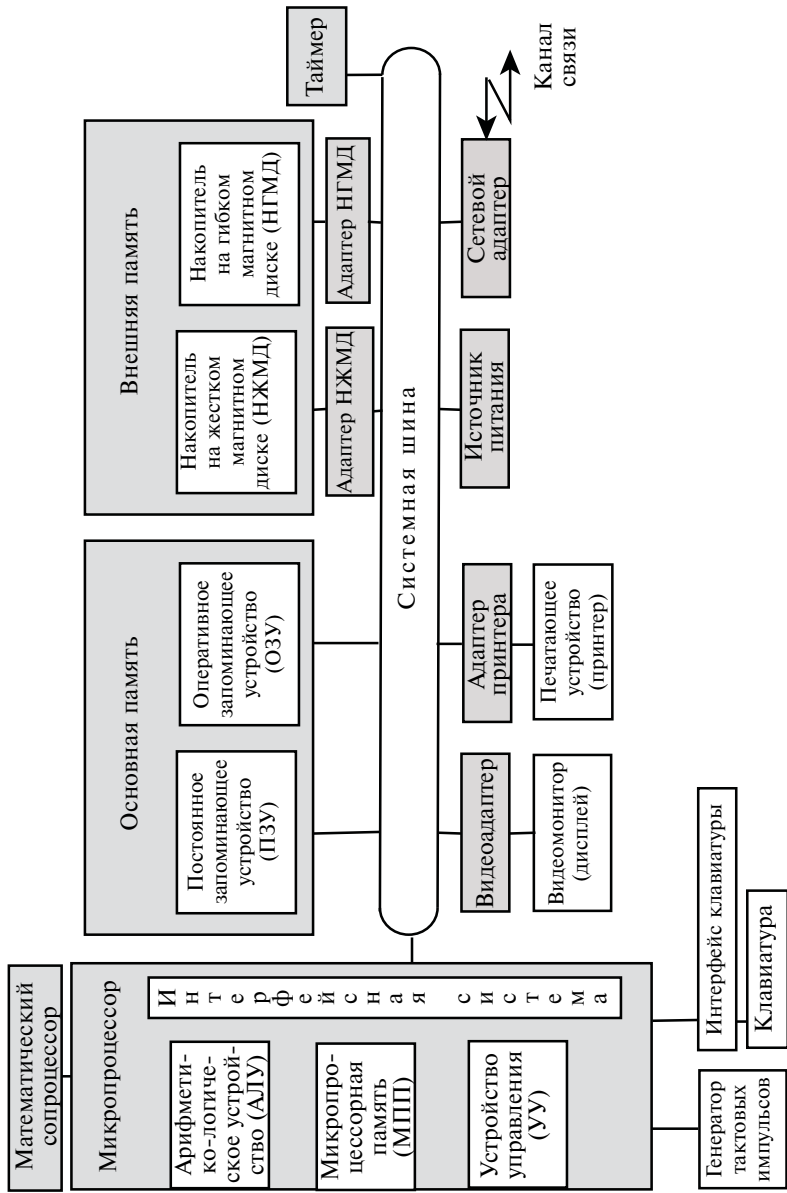


Рис. 1.5. Структурная схема персонального компьютера

выполнения одной программы в целях оперативного выполнения другой, в данный момент более важной (приоритетной) программы. *Контроллер прерываний* принимает запрос на прерывание от внешних устройств, определяет уровень приоритета этого запроса и выдает сигнал прерывания в МП. Микропроцессор, получив этот сигнал, приостанавливает выполнение текущей программы и запускает программу обработки того прерывания, которое запросило внешнее устройство. После завершения программы обслуживания восстанавливается выполнение прерванной программы.

Внешние ЗУ (ВЗУ) компьютера используются для долговременного хранения информации. Например, на *жестких дисках* хранится все программное обеспечение ПК. В качестве ВЗУ используются также ЗУ на дисках *CD-ROM, DVD-ROM* и др.

Способы повышения производительности ЭВМ. Современными методами повышения производительности ЭВМ являются: изменение процессорной архитектуры, кэширование, использование многоядерных процессоров, использование параллельной архитектуры.

Изменение процессорной архитектуры является наиболее прогрессивным методом повышения производительности ЭВМ. Данный метод реализован в так называемых CISC- и RISC-процессорах. В первом типе процессоров (CISC-архитектура) имеется большое количество машинных команд, некоторые из них являются, по сути дела, операторами языков программирования высокого уровня. Архитектура второго типа (RISC-архитектура) построена на основе сокращенного набора команд и имеет: команды фиксированной длины, большое количество регистров и операций типа регистр-регистр, причем здесь полностью отсутствует косвенная адресация.

Кэширование — это использование дополнительной быстродействующей памяти (кэш-памяти) для хранения копий блоков информации из ОЗУ, вероятность обращения к которым в ближайшее время велика. Различают кэши первого, второго и третьего уровней. Кэш первого уровня имеет наименьшую латентность (время доступа), но малый размер. Кэш второго уровня имеет значительно большую латентность и значительно больший размер.

Многоядерные процессоры содержат несколько процессорных ядер в одном корпусе, причем отдельное ядро является полноценным микропроцессором, использующим все достижения микропроцессорной техники: конвейеры, внеочередное исполнение кода, многоуровневый кэш, поддержка векторных команд, т.е. таких команд, в которых операндами являются упорядоченные массивы данных —

векторы (скалярные процессоры работают только с одним операндом в единицу времени). При этом суперскалярность в ядре не используется, так как она реализована самим наличием нескольких ядер в процессоре.

Параллельная архитектура. Для преодоления недостатка «узкого горлышка» архитектуры фон Неймана используются архитектуры процессоров, которые называются параллельными. Как правило, параллельные процессоры используются в суперкомпьютерах.

В самом простом случае параллельные компьютеры состоят из трех основных компонент: процессоры, модули памяти и коммутирующая сеть, которая соединяет процессоры друг с другом и с модулями памяти. Процессоры здесь – это обычные процессоры однопроцессорных систем.

Чтобы понять принцип работы параллельной архитектуры процессоров, приведенной на рис. 1.6, рассмотрим, как здесь вычисляется сумма вида $S = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8$. Обычный процессор выполнит данную операцию за 7 тактов (7 операций сложения). При параллельной архитектуре в первом такте первый ПК найдет сумму $1 + 2 = 3$, а второй – сумму $5 + 6 = 11$. Во втором такте первый ПК найдет сумму $3 + 3 = 6$, а второй – числа $11 + 7 = 18$. В третьем – первый ПК найдет сумму $6 + 4 = 10$, а второй – числа $18 + 8 = 26$. Наконец, в последнем, 4-м такте первый ПК, получив по коммутирующей сети результат от второго ПК, выполнит последнее сложение: $10 + 26 = 36$.

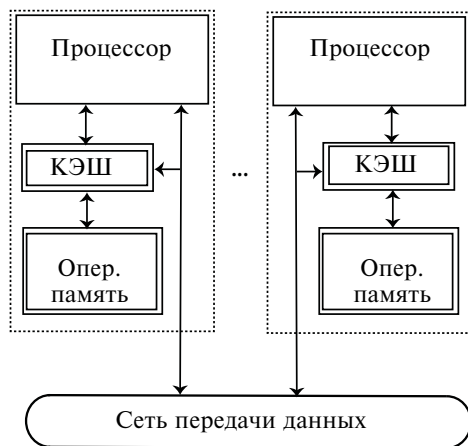


Рис. 1.6. Параллельная архитектура процессоров

Реализация данной архитектуры требует, чтобы на микросхеме вместе с процессором были расположены те компоненты или их составляющие, которые дают наибольший эффект при параллельных вычислениях. Например, микросхема транспьютера наряду с 32-разрядным микропроцессором и 64-разрядным сопроцессором плавающей арифметики содержит внутри кристалльное ОЗУ емкостью 4 кбайт, 32-разрядную шину памяти, позволяющую адресовать до 4 Гбайт внешней по отношению к кристаллу памяти, четыре последовательных двунаправленных линии связи, обеспечивающих взаимодействие транспьютера с внешним миром и работающих параллельно с процессором.

Возможными вариантами параллельной архитектуры могут служить:

- *SISD* — один поток команд, один поток данных;
- *SIMD* — один поток команд, много потоков данных;
- *MISD* — много потоков команд, один поток данных;
- *MIMD* — много потоков команд, много потоков данных.

Поскольку под *потоком* понимается последовательность элементов, команд или данных, обрабатываемая одним процессором, то рассмотренный выше числовой пример соответствует *SISD* — параллельной архитектуре.

Компьютер, построенный по *MIMD* — параллельной архитектуре, имеет N процессоров, независимо исполняющих N потоков команд и обрабатывающих N потоков данных. Каждый процессор функционирует под управлением собственного потока команд, то есть *MIMD*-компьютер может параллельно выполнять совершенно разные программы.

Архитектура потоковых ЭВМ. Порядок выполнения команд определяется наличием исходной информации для выполнения каждой из них. Если несколько команд готовы к выполнению, то принципиально возможно их назначение для выполнения таким же количеством свободных процессоров. Говорят, что такие ВС управляются потоком данных (*data flow*). Порядок выполнения команд определяется наличием исходной информации для выполнения каждой из них.

Система из нескольких параллельных процессоров, имеющих общую память, называется мультипроцессором. Поскольку каждый процессор может записывать информацию в любую часть памяти и считывать информацию из любой части памяти, их работа должна согласовываться программным обеспечением. Компьютеры *data flow* имеют архитектуру, показанную на рис.1.7.

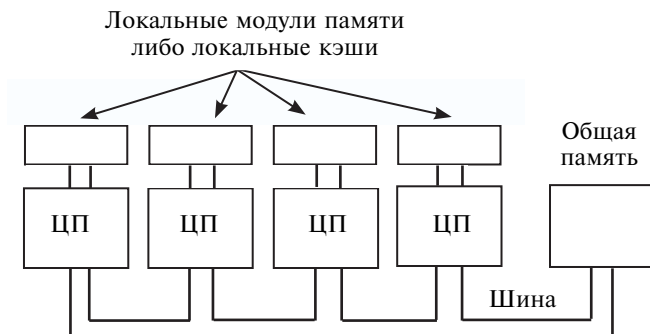


Рис. 1.7. Архитектура *data flow* компьютера

В таком компьютере каждый процессор кроме доступа к общей памяти по общей шине имеет собственную локальную память, недоступную для других процессоров. Эта память используется для тех программ и данных, которые не нужно разделять между несколькими процессорами. При доступе к локальной памяти основная шина не используется и, таким образом, объем передаваемой по ней информации становится меньше.

Программа или ее часть (сегмент) размещается в памяти команд ПК, состоящей из ячеек команд. Команды имеют структуру:

**{код операции, операнд 1, ..., операнд L , адрес результата 1,
..., адрес результата M }**

В командах проверки условия возможно альтернативное задание адреса результата, поэтому $L < M$. Адреса результатов являются адресами ПК, т.е. результаты выполнения одних команд в качестве операндов могут поступать в текст других команд. Команда не готова к выполнению, если в ее тексте отсутствует хотя бы один операнд. Ячейка, обладающая полным набором операндов, переходит в возбужденное состояние и передает в селекторную сеть информационный пакет (маркер), содержащий код операции и необходимую числовую и связную информацию. Он поступает по коммуникационной сети на одно из исполнительных устройств. Там же операция выполняется, и в распределительную сеть выдается результирующий пакет, содержащий результат вычислений и адреса назначения в ПК (возможно, за счет выбора альтернативы, т.е. такой выбор — тоже результат). Селекторная и распределительная сети образуют общую коммуникационную сеть ВС (рис. 1.8).

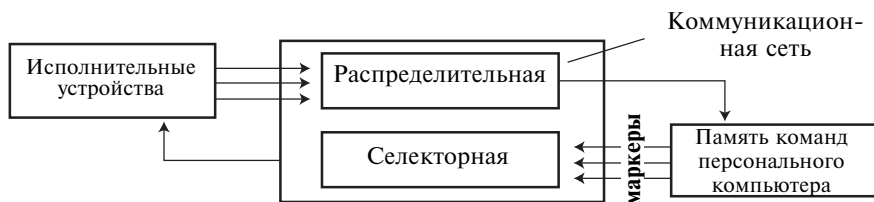


Рис. 1.8. Архитектура потоковой ЭВМ

Сверхвысокая производительность архитектуры обеспечивается за счет одновременной и независимой активизации большого числа готовых команд, каждая из которых выполняется на отдельном процессоре.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТСИ

Современные технические средства информатизации в общем случае можно представить в виде информационно-вычислительного комплекса, показанного на рис.е 1.9, содержащего персональный компьютер и многочисленные периферийные устройства.

К платформе (англ. Platform) или базе информационных технологий относят аппаратные средства, устройства и комплексы (компьютеры и периферийные устройства к ним, оргтехника), телекоммуникации, программные продукты и математическое обеспечение, позволяющие пользователям практически в любых предметных областях достигать поставленных целей.

С точки зрения информационных технологий считается, что «платформа» соответствует «опорной» части технологий.

Опорная технология — это совокупность программно-технических средств, на основе которых реализуются информационные системы и подсистемы.

Платформа — это аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий базовый набор сервисов, необходимых пользователям для выполнения определенных задач.

Платформы могут создаваться для выполнения локальных задач, а могут быть универсальными. Они могут модернизироваться, расширяться, полностью заменяться или обновляться. Характеристики универсальной платформы позволяют использовать ее при решении большого круга задач.

Аппаратная платформа – это техническое обеспечение вычислительной системы (IBM PC, Macintosh и т.д.), включающее и тип процессора, чипсет материнской платы (набор микросхем системной логики).

К числу основных устройств персонального компьютера, располагающихся в его системном блоке, относят материнскую плату, процессор, видеоадаптер (видеокарту), звуковую карту, средства обработки видеосигнала, оперативную память, TV-тюнер.

Все разнообразие функций, выполняемых периферийными устройствами при решении различных задач, можно разделить на несколько групп, как показано на рис. 1.9.

Устройства отображения информации служат для обработки видеoinформации и ее представления для визуального восприятия. Это прежде всего мониторы, изготовленные на базе широкого спектра современных технологий. Формирование объемных изображений осуществляется с помощью шлемов виртуальной реальности, 3D-очков и 3D-мониторов различного принципа действия. Для решения задач, связанных с демонстрацией информации на экране для большой аудитории, применяют оверхед-проекторы, жидкокристаллические панели и мультимедийные проекторы. Для обеспечения взаимосвязи между компьютером и устройством отображения информации служит видеоадаптер, выполняющий преобразование цифрового сигнала, циркулирующего внутри ПК, в аналоговые электрические сигналы, подаваемые на монитор. Для компьютерной обработки сигналов таких устройств, как телевизионный тюнер, видеоманитофон, видеокамера, т.е. преобразования их из аналоговой в цифровую форму, применяют специальные средства обработки видеосигнала, например видеобластер.

Звуковая и акустическая системы компьютера обеспечивают обработку и воспроизведение аудиоинформации.

Устройства ввода информации представляют собой совокупность устройств управления и ввода данных. Эти функции выполняют клавиатура, мышь, джойстик. Для ввода информации в ПК все более широко применяются световое перо, сканер, цифровая камера, дигитайзер. Особым разнообразием конструктивных решений отличаются сканеры. Они бывают планшетные, роликовые, барабанные, проекционные, ручные и многофункциональные.

Печатающие устройства (принтеры) служат для вывода на твердые, как правило, бумажные носители текстовой информации. По принципу действия принтеры весьма разнообразны: ударные, струйные, лазерные, светодиодные, термические. Для вывода гра-

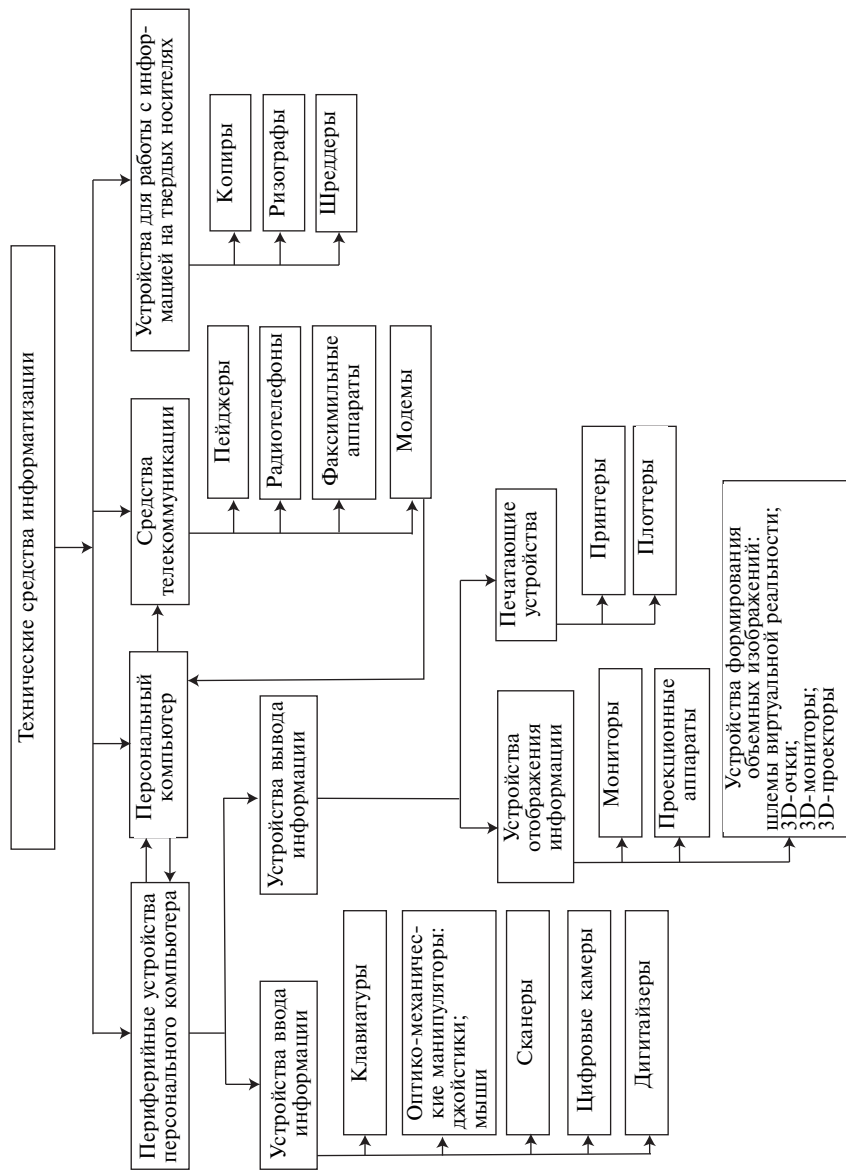


Рис. 1.9. Классификация технических средств информатизации

фической информации в виде чертежей используют плоттеры. Функционирование пишущих блоков плоттеров основано на тех же принципах, что и принтеров, а по конструкции они подразделяются на планшетные и рулонные.

Средства телекоммуникаций предназначены для дистанционной передачи информации. К ним относятся пейджеры, радиотелефоны, персональные терминалы для спутниковой связи, обеспечивающие передачу звуковой и текстовой информации. Факсимильные аппараты, осуществляющие процесс дистанционной передачи изображения и текста, подразделяются на термографические, электрографические, струйные, лазерные, фотографические, электрохимические и электромеханические. Модемы в основном используются для обмена информацией между компьютерами через телефонную линию и конструктивно выполняются как внешними, функционирующими автономно, так и внутренними, встраиваемыми в аппаратуру.

Широко распространенными *средствами работы с информацией на твердых носителях* являются многочисленные устройства копировальной техники: электрографические, термографические, диазграфические, фотографические, электронно-графические. Для уничтожения конфиденциальной информации на твердых носителях используются специальные устройства — шредеры.

В настоящее время наблюдается процесс интеграции средств оргтехники, проявляющийся в их агрегатировании друг с другом и в слиянии с другими ТСИ, прежде всего средствами вычислительной техники и связи. Это позволяет создавать для персонала автоматизированные рабочие места, переходить к организации электронных бюро и центров машинной обработки документальной информации с разграничением доступа.

Разграничение доступа к информации заключается в разделении информации, циркулирующей в офисе, на части с организацией доступа к ней должностных лиц в соответствии с их функциональными обязанностями и полномочиями.

Принимая во внимание, что доступ осуществляется с различных технических средств, начинать разграничение можно путем разграничения доступа к техническим средствам, разместив их в отдельных помещениях. Все подготовительные функции технического обслуживания аппаратуры, ее ремонта, профилактики, перезагрузки программного обеспечения и т.д. должны быть технически и организационно отделены от основных задач системы.

К основным защищаемым техническим средствам и системам относятся аппаратно-программные комплексы (АПК), используе-

мые для обработки, хранения и передачи защищаемой информации: средства вычислительной техники, автоматизированные системы, в том числе информационно-вычислительные комплексы, средства и системы связи и передачи данных. Кроме того, сюда относятся средства телефонии, звукозаписи, переговорные и телевизионные устройства, средства изготовления, тиражирования документов, средства обработки речевой, графической, видео-, смысловой и буквенно-цифровой информации.

1.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛОВ ПК

Современные ЭВМ превосходят компьютеры предыдущих поколений компактностью, функциональными возможностями и доступностью для разных категорий пользователей. Основные технические характеристики современного ПК: тактовая частота и разрядность процессора, память (объем оперативной и внешней памяти, скорость доступа к памяти и др.), объем видеопамати, наличие средств ввода-вывода и коммуникаций и прочее.

При выборе конфигурации компьютера следует учитывать:

- тип процессора и материнской платы;
- объем и номенклатуру устройств основной и внешней памяти;
- виды системного и локального интерфейсов;
- тип видеоадаптера и видеомонитора.

Производительность ПК — это самая важная его характеристика. Основными влияющими на нее факторами являются: увеличение тактовой частоты, разрядности и внутренней частоты ЦП. Кроме того на производительность ПК влияют: наличие кэш-памяти команд, число ступеней конвейерной шины, количество регистров микропроцессорной памяти, возможность организации виртуальной памяти, разрядность шин магистралей, объем ОЗУ и его быстродействие, объем, пропускная способность и быстродействие винчестера.

1.3.1. Характеристики материнских плат

Основой построения большинства вычислительных систем, включая ПК, является системная плата, или материнская плата (МаП) (рис. 1.10). Она представляет собой многослойную печатную плату, на которой размещены и соединены печатными проводниками различные компоненты электроники (ПЗУ, контроллеры, резисторы, ОЗУ и др.), обеспечивающие взаимодействие всех узлов компьютера «под руководством» центрального процессора (ЦП). Помимо управления и контроля за состоянием электронных ком-

понентов, находящихся «на борту» МаП, она выполняет функции управления всеми подключенными к ней внешними устройствами, включая управление напряжением их питания.

Архитектуры материнских плат определяются разработчиками, которые в первую очередь ориентируются на один из следующих **ФФ** (форм-фактором называется физический размер материнской платы). Основными форм-факторами материнских плат являются: *ATX, BTX, WTX, CEB, Mini-ITX* и др.

ATX (Advanced Technology Extended) – форм-фактор материнских плат ПК, который начиная с 2001 г. является стандартом для массово выпускаемых компьютерных систем, жестко устанавливающих:

- геометрические размеры материнских плат;
- общие требования по положению разъемов и отверстий на корпусе;
- форму и положение ряда разъемов (преимущественно питания);
- геометрические размеры блока питания;
- положение блока питания в корпусе;
- электрические характеристики блока питания.

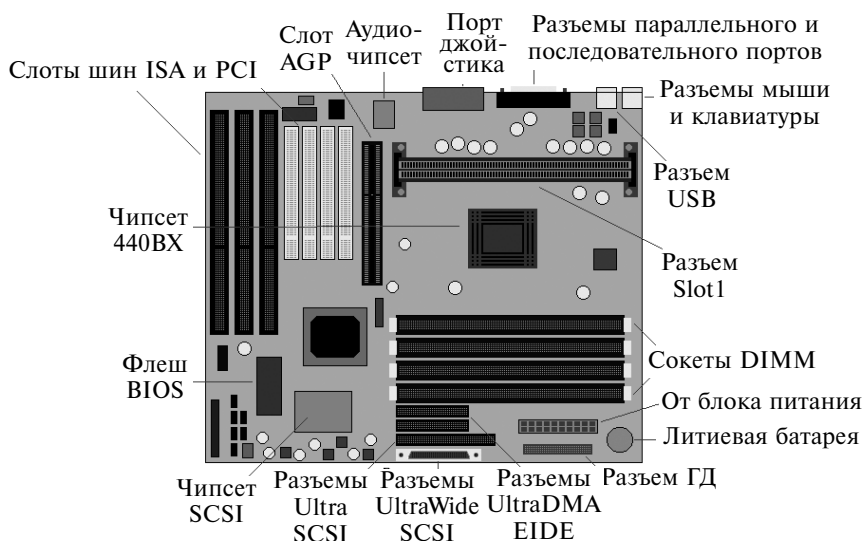


Рис. 1.10. Схема МаП форм-фактора ATX

Компьютеры с платами форм-фактора *ATX* на момент их появления имели ряд существенных преимуществ перед современниками. Основное из них заключалось в том, что при свободном до-

ступе к слотам адаптеров и карт памяти подключение всех внешних и бортовых устройств к МаП, включая блок питания центрального процессора, выполнялся исключительно с помощью разъемов, что очень важно, особенно для целей сборки и замены. Кроме того, использовалась продуманная система вентиляции всех блоков внутри системного блока, а удачное расположение узлов и шлейфов обеспечивало удобный доступ к ним конструктора, минимизируя их длину.

Сегодня стандарт ATX выпускается в нескольких вариациях, которые отличаются друг от друга не только габаритами (табл. 1.1), но и составом электронной начинки на борту материнской платы (рис. 1.11).

Mini-(Nano- и Pico-)-ITX – форм-фактор линейки материнских плат, которые при сохранении электрической и механической совместимости с форм-фактором ATX имеют существенно меньшие размеры.

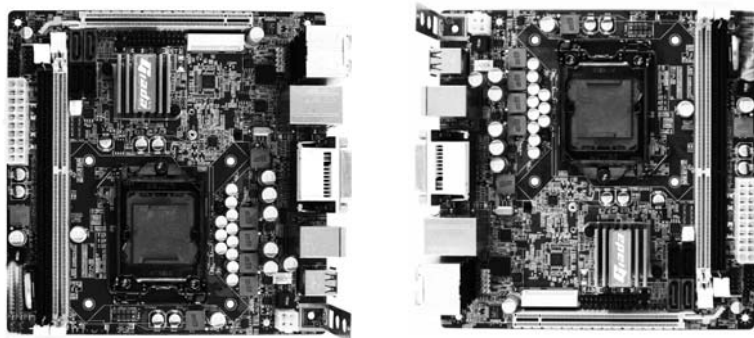


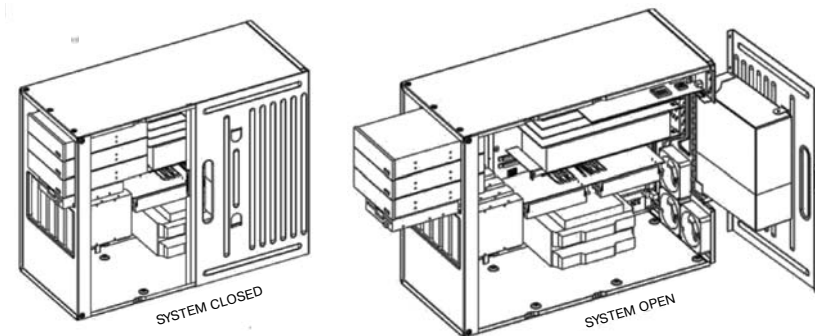
Рис. 1.11. Системные платы форм-фактора micro-ATX (справа) и flex-ATX

WTX (Workstation Technology eXtended) – форм-фактор систем и системных плат, введенный в 1998 г., дополнил стандарты форм-факторов AT и ATX материнских плат для настольных ПК пунктами, которые устанавливают правила разработки материнских плат для мощных рабочих станций и серверов среднего уровня. Указанные пункты касались обеспечения нормального охлаждения, удобной поддержки многопроцессорных конфигураций, размещения больших объемов оперативной памяти, портов контроллеров, накопителей данных и портов ввода-вывода. Схема конструкции форм-фактора *WTX* приведена на рис. 1.12.

Таблица 1.1

Габариты форм-фактора ATX

№ п/п	Название размера	Размер, мм	№ п/п	Название размера	Размер, мм
1	ATX	305 × 244	7	WTX	356 × 425
2	Micro-ATX	244 × 244	8	Pico-BTX	203 × 267
3	Flex-ATX	229 × 191	9	E-ATX	305 × 330
4	Mini-ITX	170 × 170	10	Nano-ITX	120 × 120
5	Mini-ATX	284 × 208	11	Pico-ITX	100 × 72
6	BTX	325 × 267	12	Mobile-ITX	75 × 45

**Рис. 1.12.** Схема конструкции форм-фактора WTX

Официальные требования по *установке и расположению* системной платы WTX не определены, что позволяет обеспечить необходимую гибкость конструкции. Точное расположение и размер крепежных отверстий также не указывается; вместо этого системная плата WTX устанавливается на стандартной монтажной плате, которая должна быть поставлена в комплекте с системной платой. Конструкция корпуса WTX (рис.1.13) позволяет установить монтажную плату с присоединенной к ней системной платой.

CEB (Compact Electronics Bay) — форм-фактор, введенный в 2005 г., предназначался для материнских плат мощных серверов и рабочих станций. Стандарт определял основной дизайна ФФ серверов, дизайн-решения температурного управления и ограничения электромагнитной интерференции. Для материнской платы спецификация CEB определяет:

- максимальный размер МаП и расположение монтажных отверстий;
- разводку разъемов питания и сигнальных клемм;

- размеры и расположение панели портов ввода-вывода;
- требования для монтажа платы/процессора.
- Спецификация СЕВ решает следующие основные задачи поддержки:
 - двухпроцессорных решений: «ЦП ↔ чипсет ↔ модули памяти»;
 - разъемов для высоковольтных и совместимых источников питания;
 - стратегии движения воздушных потоков внутри корпуса для устранения взаимовлияния компонентов и надлежащего охлаждения;



Рис. 1.13. Конструкция корпуса с системной платой форм-фактора WTX

- увеличение взаимозаменяемости плат и корпусов для уменьшения времени вывода нового изделия на рынок.

Корпус предназначен для установки в него всех компонентов компьютера: материнской платы, процессора, памяти, видеокарты, жестких дисков, оптического привода, блока питания и различных плат расширения. Он имеет крепления для всех этих устройств, кнопки включения и перезагрузки компьютера, индикаторы его работы, дополнительные разъемы и систему охлаждения (вентиляторы и вентиляционные отверстия).

Компьютерные корпуса делятся на горизонтальные (Desktop) и вертикальные (Tower) (рис. 1.14). Но и те и другие могут иметь различные размеры.

Горизонтальные корпуса применялись раньше в основном в офисах для экономии места, и прямо на них устанавливали мониторы. Сейчас такие корпуса можно встретить в некоторых супермаркетах, но в основном они используются для сборки мультимедийных центров, которые могут располагаться в подставке для телевизора. Помимо стандартного корпуса (*Full-Desktop*) горизонтальные корпуса могут иметь тонкий корпус (*Slim-Desktop*).



Рис. 1.14. Компьютерные корпуса – горизонтальные (Desktop) и вертикальные (Tower)

Для сборки современных компьютеров используются в основном вертикальные корпуса одного из следующих типов: *Midi-Tower* — самый распространенный формат, *Full-Tower* — большой корпус для игровых компьютеров и *Super-Tower* — очень большой корпус для мощных компьютеров и серверов. Обычно их устанавливают на специальную подставку или просто на пол.

Выбор материнской платы следует начинать после выбора остальных компоненты системного блока, так как от них зависит, какого класса должна быть материнская плата и какие на ней должны быть разъемы для подключения выбранных комплектующих.

При выборе МаП необходимо учитывать характеристики устройств на ее борту, такие как:

- класс чипсета и фирма-производитель;
- форм-фактор материнской платы и сокет процессора;
- слоты, тип, объем и частота поддерживаемой памяти;
- разъемы для установки видеокарт, слоты для плат расширения;
- наличие интегрированных устройств.

Класс чипсета и фирма-производитель. ПК состоит из устройств, которые подключены к материнской плате и выполняют прием, обработку и передачу информации с помощью интегрированных в ее состав контроллеров, физически реализованных в виде чипсетов, реализующих функции *северного* и *южного мостов*, о которых речь шла выше. Чипсеты для современных материнских плат (рис. 1.15) производят две компании: Intel и AMD (рис. 1.16), причем если выбран процессор Intel, то материнская плата должна быть на чипсете Intel, если же выбран процессор AMD, — то на чипсете AMD.

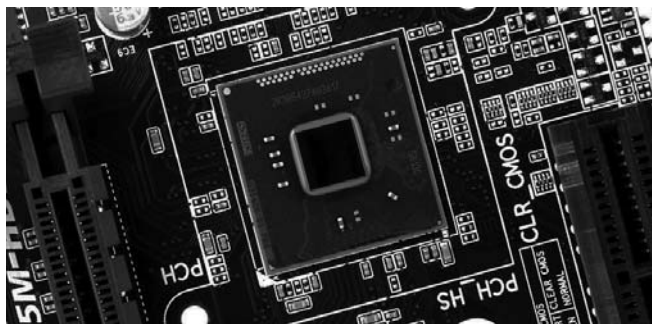


Рис. 1.15. Чипсеты материнских плат



Рис. 1.16. Чипсеты Intel (слева) и AMD

В зависимости от производительности и поддерживаемых технологий чипсеты могут быть *начального, среднего и высокого* класса. Чипсеты *начального класса* имеют низкую производительность и используются на дешевых материнских платах, предназначенных для офисных компьютеров. Чипсеты *среднего класса* имеют более высокую производительность и используются на материнских платах средней стоимости, предназначенных для не очень мощных домашних компьютеров. Чипсеты *высокого класса* имеют максимальную производительность и используются на дорогих материнских платах, предназначенных для профессиональных и мощных игровых компьютеров.

Класс чипсета должен соответствовать классу выбранного процессора: для процессора начального/среднего/высокого класса выбирается чипсет начального/среднего/высокого класса соответственно.

Лучшие, но дорогие материнские платы среднего и высокого класса производит компания *ASUS*. Хорошим соотношением цена/качество отличаются материнские платы всех классов производства компаний *MSI* и *Gigabyte*. Также в этом сегменте можно рассматривать фирму *ASRock*, которая принадлежит компании *ASUS*, но отличается более лояльной ценовой политикой.

Корпорация *Intel* на основе своих чипсетов также производит материнские платы, которые отличаются стабильным качеством, но низкой функциональностью и более высокой ценой. Они пользуются спросом в основном в корпоративном секторе.

Материнские платы остальных производителей имеют весьма ограниченный модельный ряд (от 1 до 10), и мотивация их приобретения требует более серьезного обоснования.

Процессорный сокет (Socket) — это разъем для соединения процессора с материнской платой (рис. 1.17). Материнская плата должна иметь такой же сокет как и у процессора. Процессорные сокеты постоянно претерпевают изменения, и из года в год появляются все новые модификации. Рекомендуется приобретать процессор и ма-

теринскую плату с наиболее современным socketом. Это обеспечит возможность замены как процессора, так и материнской платы в ближайшие несколько лет.

Слоты памяти. Материнские платы начального класса обычно для установки модулей памяти имеют только 2 слота, показанных на рис. 1.18, а среднего и высокого классов — 4 слота и более, что не исключает возможность ее наращивания в будущем.

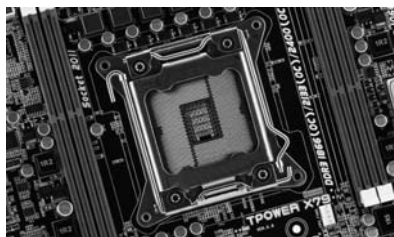


Рис. 1.17. Процессорный socket (Socket)

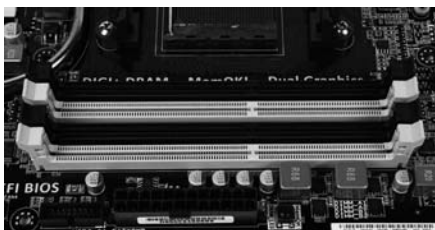


Рис. 1.18. Материнские платы начального класса

Тип, объем и частота поддерживаемой памяти. Самой распространенной является память типа *DDR3*, которой оборудованы практически все современные материнские платы. Несмотря на то что ей на смену уже пришла память типа *DDR4*, рекомендуется все же приобретать наиболее распространенную на текущий момент память и соответствующую ей материнскую плату, так как они будут иметь оптимальное соотношение цена/производительность.

У материнских плат есть ограничение на максимальный объем модуля памяти и общий объем памяти. Если пользователь, использующий модули памяти объемом 8 Гб, планирует в дальнейшем ее наращивание, то ему необходимо уточнить эти параметры на сайте производителя материнской платы.

Современные материнские платы поддерживают широкий диапазон частот оперативной памяти (1333–2000 МГц). Главное, чтобы требуемую частоту поддерживал процессор.

Основными характеристиками памяти, от которых зависит ее быстродействие, являются частота и тайминги. Скорость работы памяти не оказывает такого сильного влияния на общую производительность компьютера, как процессор. Тем не менее, часто можно приобрести более быструю память ненамного дороже. Быстрая память требуется для мощных профессиональных или игровых компьютеров.

Частота оказывает наибольшее влияние на скорость работы памяти. Но перед покупкой необходимо убедиться, что процессор

и материнская плата также поддерживают необходимую частоту. В противном случае реальная частота работы памяти будет ниже и вы просто переплатите за то, что не будет использоваться.

Задержки между операциями чтения/записи/копирования данных в оперативной памяти называются таймингами. Они оказывают гораздо меньшее влияние на скорость работы памяти, чем ее частота. В характеристиках модулей памяти указываются всего 4 типа таймингов, из которых самой главной является первая цифра, – латентность (CL). Типичная латентность для памяти DDR3 1333 МГц – CL 9, для памяти DDR3 с более высокой частотой – CL 11.

Обычно память с низкими таймингами (рис. 1.19) стоит значительно дороже, поэтому ее целесообразно применять только для очень мощных дорогих компьютеров.



Рис. 1.19. Память с низкими таймингами

Чипы на модулях памяти могут размещаться с одной стороны платы (односторонние) и с двух сторон (двухсторонние).

На модулях памяти с частотой 1866 МГц и более устанавливаются алюминиевые радиаторы различного цвета и формы из-за высокой их рабочей температуры. При этом в корпусе должна быть организована хорошая вентиляция. Обычная память нагревается незначительно и радиаторы ей не нужны. Память для ноутбуков отличается от памяти для стационарных компьютеров только размером модуля памяти и маркируется SO-DIMM DDR. Так же как и для стационарных компьютеров память, для ноутбуков имеет типы DDR, DDR2, DDR3 (рис. 1.20).

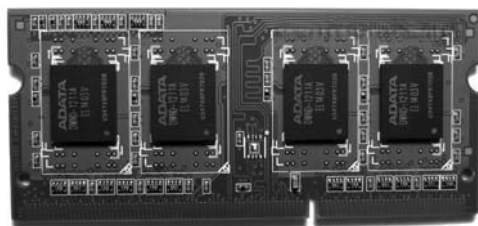


Рис. 1.20. Память для ноутбуков

На модулях памяти с частотой 1866 МГц и более устанавливаются алюминиевые радиаторы различного цвета и формы из-за их высокой рабочей температуры, при этом в корпусе должна быть организована хорошая вентиляция. Обычная память нагревается незначительно и радиаторы ей не нужны. Память для ноутбуков отличается от памяти стационарных компьютеров только размером модуля памяти и маркируется SO-DIMM DDR. Также, как у стационарных компьютеров, память ноутбуков имеет типы DDR, DDR2, DDR.

1.3.2. Разъемы и слоты материнской платы

МаП для подключения различных устройств внутри корпуса имеет множество внутренних и внешних разъемов и слотов — специальных разъемов для подключения дополнительных устройств, расширяющих функциональность компьютера, таких как: ТВ-тюнер, Wi-Fi адаптер, PCI-SATA контроллер и других. Количество внешних разъемов МаП зависит от числа интегрированных устройств и класса МаП.

Внутренние разъемы и слоты, показанные на рис. 1.19, применяются для установки плат расширения, плат ОЗУ, для подключения питания дисков, процессора и питания материнской платы и прочих устройств. Рассмотрим основные характеристики и назначение внешних разъемов и слотов.

Разъемы для установки видеокарт. Все современные МаП имеют разъем PCI-Express (PCI-E×16) для установки видеокарт, причем платы среднего и высокого класса могут иметь от 2 до 4 разъемов PCI-E×16, в которые можно устанавливать несколько видеокарт для повышения производительности. Однако более предпочтительной является установка одной мощной видеокарты.

Если пользователь не планирует устанавливать несколько видеокарт, то лучше приобрести материнскую плату с одним PCI-E×16 слотом, так как при этом на ней будет больше разъемов для установки других плат расширения.

PCI-Express — компьютерная шина, которая сконструирована таким образом, что все подключенные по ней устройства взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами, фактически обмениваясь данными по сетевой топологии «звезда», используя при этом пакетную связь. По шине PCI-Express к компьютеру подключаются видео-, звуковые и сетевые карты, SSD-накопители (твердотельные накопители), Wi-Fi-модули и др. Пакетная организация шины PCI-Express обеспечивает возможность контроля целостности передаваемых по ней данных и гарантированную доставку передаваемых по внутренней «PCI-Express-сети»

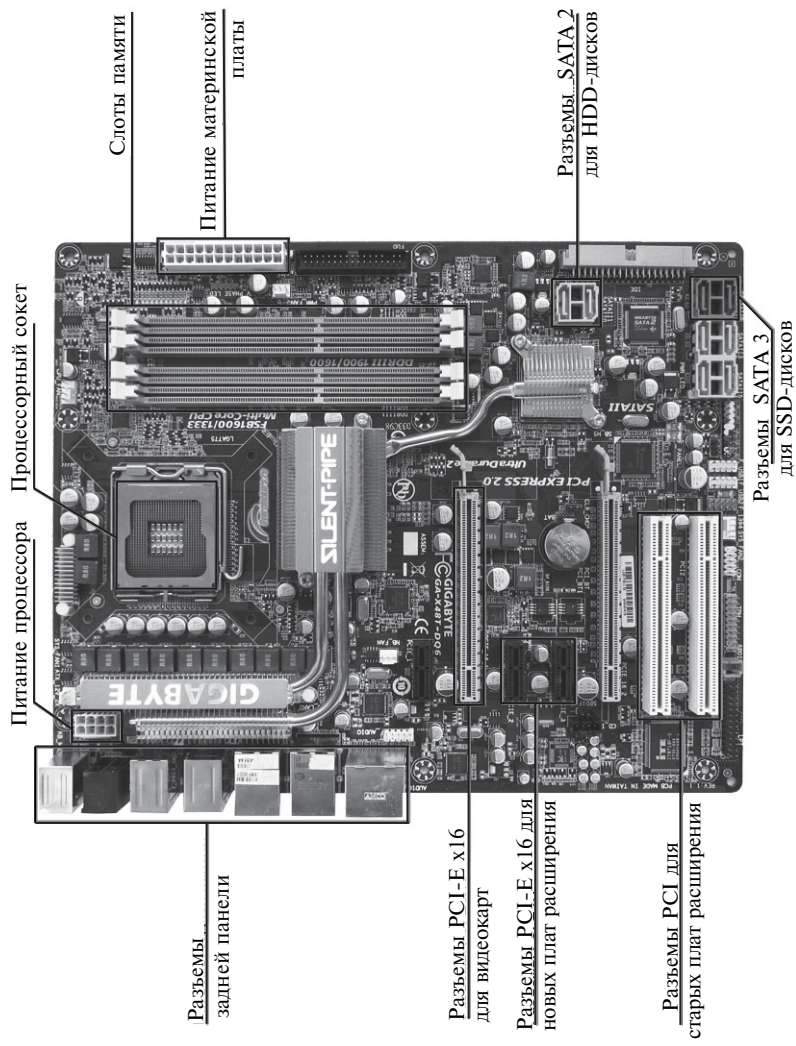


Рис. 1.19. Внутренние разъемы и слоты

пакетов данных, кроме того шина поддерживает «горячую» замену карт [ИЗ3].

Разъем PCI-E×16 имеет несколько версий: 2.0, 2.1 и 3.0, которые отличаются пропускной способностью шины, соединяющей видеокарту с материнской платой. Все они полностью совместимы и в них можно установить любую современную видеокарту. Но все же желательно покупать материнскую плату с последней версией разъема PCI-E, что бы обеспечить максимальную возможность замены видеокарты в будущем. Все современные материнские платы имеют разъем PCI-E×16 v.3.0.

На МаП могут быть слоты двух типов: PCI и PCI-Express. PCI – более старый тип разъема, но он еще используется. Высокая производительность шины PCI Express позволяет использовать ее вместо шин AGP, поэтому на МаП с шиной PCI Express разъем AGP отсутствует.

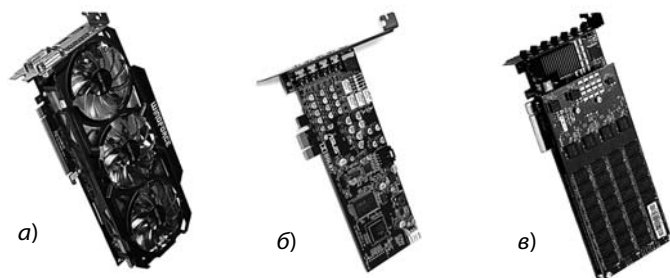


Рис. 1.20. Устройства, подключаемые к шине PCI-Express: видео- (а), аудио-карта (б) и SSD-накопитель (в)

Для подключения устройств (рис. 1.20) шина PCI-Express использует двунаправленное последовательное соединение, которое может иметь одну (x1) или несколько (x2, x4, x8, x12, x16 и x32) отдельных линий (рис. 1.21, а), причем скорость передачи данных увеличивается пропорционально их числу. Пропорционально будет расти и пропускная способность шины, которая в зависимости от версии шины в дуплексном режиме приведена в табл. 2.

Устройства, которые предназначены для разъема x8 можно подключать в разъемы с большим числом, например x16.

Разъемы для подключения дисков. Современные материнские платы имеют разъемы SATA версий – SATA2 и SATA3, показанные на рис. 1.21, б, они используются для подключения жестких дисков, твердотельных накопителей (SSD) и оптических приводов. Старые МаП для подключения жестких дисков и оптических приводов имели разъем IDE, который отсутствует в современных ПК.

Зависимость пропускной способности шины от ее версии

Версия шины	Скорость (Гбит/с) в зависимости от числа линий разъема						
	x1	x2	x4	x8	x12	x16	x32
PCI-Express 1.0	4	8	16	32	48	64	128
PCI-Express 2.0	8	16	32	64	96	128	256
PCI-Express 3.0	16	32	64	128	192	256	512
PCI-Express 4.0	32	64	128	256	384	512	1024

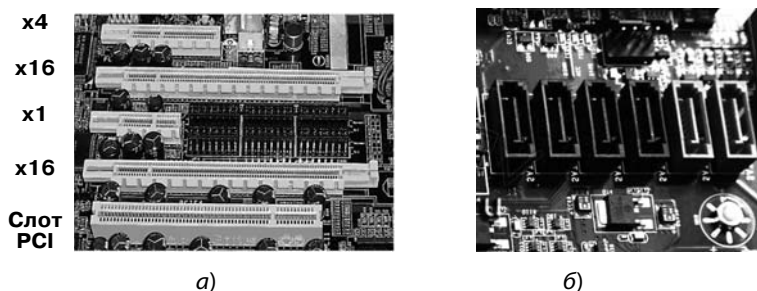


Рис. 1.21. Слоты: шины PCI-Express (а) и SATA (б)

Разъем питания материнской платы. Современные материнские платы имеют 24-контактный разъем питания. Для более устойчивой работы желательно, чтобы блок питания имел такой же разъем, как и на материнской плате, но ее можно с успехом запитать и 20-контактным разъемом, которым был оснащен блок питания старых компьютеров.

Разъем питания процессора. Материнская плата может иметь 4- или 8-контактный разъем питания процессора. Если разъем 8-контактный, то желательно, чтобы блок питания имел два 4-контактных разъема, которые в него и вставляются. Если процессор немогущий (100–120 Ватт), то его можно с успехом запитать одним 4-контактным разъемом.

Рассмотрим кратко назначение *внешних разъемов* (рис. 1.22):

– USB3 – разъем стандарта USB 3.0, предназначенный для подключения скоростных устройств (цифровых камер, портативных медиаплееров, мобильных телефонов, внешних дисков);

– PS/2 – разъем для подключения мыши и клавиатуры, уже отсутствующий на современных материнских платах;

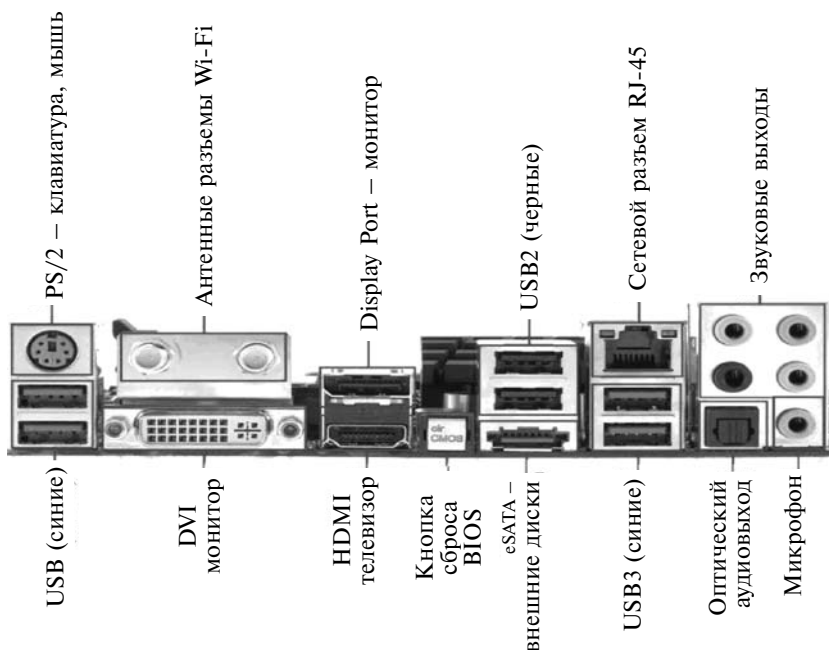


Рис. 1.22. Внешние разъемы МаП

- DVI — разъем для подключения монитора в МаП со встроенным видео;
- антенные разъемы Wi-Fi, устанавливаемые на МаП с Wi-Fi-адаптером;
- HDMI — разъем подключения телевизора в МаП со встроенным видео;
- Display Port — разъем для подключения некоторых типов мониторов;
- кнопка сброса BIOS, используется при зависании компьютера;
- eSATA используется для внешних дисков с аналогичным разъемом;
- USB2 — разъем стандарта USB 2.0 для подключения клавиатуры, мыши, принтера, сканера, флешнакопителей и пр.;
- сетевой разъем RJ-45 для подключения к локальной сети;
- оптический аудио-выход для подключения качественной акустики;
- звуковые выходы для подключения аудио-колонок (3 разъема — система 2.0 или 2.1, 5–6 разъемов — система 2.0–7.1);
- микрофонный разъем для подключения микрофона или головной гарнитуры.

1.3.3. Интегрированные устройства материнских плат

Материнская плата может иметь несколько интегрированных (встроенных) устройств, таких, как: видеокарта, звуковая карта, сетевая карта и Wi-Fi-адаптер.

Различают интегрированную (встроенную) и дискретную видеокарты. Интегрированная или «onboard» видеокарта представляет собой графический адаптер, входящий в состав чипсета «северный мост». Дискретная видеокарта – графический адаптер в формате отдельной платы расширения, устанавливаемый или подключаемый к одному из рассмотренных выше внутренних разъемов материнской платы.

Интегрированная видеокарта, вне зависимости от формы ее реализации (отдельным чипом на материнской плате или встроенным в процессор графическим ядром), – решение всегда бюджетное и малопроизводительное в сравнении с дискретным. Несмотря на то, что графическое ядро, интегрированное в процессор, дает более высокую скорость работы за счет отсутствия собственной оперативной памяти производительность «onboard» видеокарты по сравнению с дискретной невелика. Поэтому системы на основе материнских плат с интегрированной видеокартой преимущественно офисные, с минимальными требованиями к «железу», а в случае с ноутбуками – еще и компактные.

На материнских платах с интегрированной видеокартой устанавливаются разъемы DVI и HDMI, необходимых для подключения видеотехники.

Интегрированная звуковая карта. Все современные материнские платы имеют встроенный аудиокодек HDA (High Definition Audio), качество воспроизведения звука которого сравнимо с качеством звучания дешевых дискретных звуковых карты, последнее же в основном определяется качеством аудиосистемы (колонок), подключенной к ПК.

В общем случае интегрированный кодек не может конкурировать с дискретной *звуковой картой* и применим лишь в том случае, если применяется акустическая система бюджетного уровня при не слишком высоких требованиях к качеству звука. Повысить качество воспроизведения звука можно в том случае, если материнская плата имеет цифровой оптический выход, с помощью которого можно подключить хорошую аудиосистему с аналогичным входом.

Интегрированная сетевая карта. Практически все современные материнские платы имеют сетевую карту для подключения к кабельному интернету. Материнская плата со встроенной сетевой картой имеет разъем RJ-45 (Registered Jack, читается «ар-джей») или, что то же, разъем 8P8C.

Интегрированная сетевая карта может иметь скорость передачи данных от 100 или 1000 Мб/с, однако в случаях обмена большими объемами данных между несколькими домашними и/или офисными ПК необходимо, чтобы компьютер имел интегрированную сетевую карту со скоростью 1000 Мб/с.

Интегрированный Wi-Fi-адаптер. Материнские платы, имеющие встроенный Wi-Fi-адаптер, отличаются высокой стоимостью и используются в основном для сборки компактных медиацентров. Вариант подключения антенны к МаП со встроенным Wi-Fi-адаптером показан на рис. 1.23.

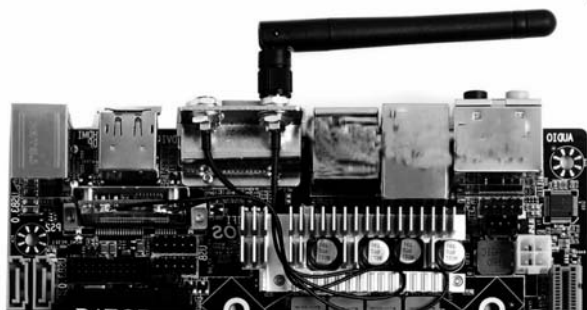


Рис. 1.23. Вариант подключения антенны к МаП

Чтобы оценить скорость передачи данных между двумя клиентами, «общающимися» через Wi-Fi-точку доступа, необходимо помнить, что все современные стандарты Wi-Fi на сегодняшний день работают по следующей схеме. В каждый момент времени активное Wi-Fi-оборудование (точка доступа или роутер) работает только с одним клиентом (Wi-Fi-адаптером) из всей Wi-Fi-сети, причем все устройства сети получают специальную служебную информацию о том, на какое время будет зарезервирован радиоканал для передачи данных. Передача происходит в полудуплексном режиме, т.е. по очереди — от активного Wi-Fi-оборудования к адаптеру клиента, затем наоборот и так далее. Одновременный «параллельный» процесс передачи данных (дуплекс) в технологии Wi-Fi невозможен.

Таким образом, скорость обмена данными между двумя клиентами (скорость коммутации WLAN-WLAN) одной Wi-Fi-сети, созданной точкой доступа, будет вдвое ниже, чем максимальная реальная скорость передачи данных во всей сети и будет падать еще больше в зависимости от расстояния.

Например, если два ноутбука имеют встроенные Wi-Fi-адаптеры стандарта IEEE 802.11g, подключены к одному Wi-Fi-роутеру стан-

дарты IEEE 802.11g и находятся на не-
большом расстоянии от роутера, то,
судя по спецификации всех устройств,
такая сеть должна иметь максимально
достижимую теоретическую пропуск-
ную способность в 54 Мбит/с. Однако
реальная скорость обмена данными
не превысит 24 Мбит/с.

Учитывая далее, что технология
Wi-Fi полудуплексная, Wi-Fi-адап-
теру приходится коммутировать
между двумя клиентами сети (Wi-Fi-
адаптерами) в два раза чаще, чем в случае, если бы клиент был один.
Соответственно, реальная скорость передачи данных между дву-
мя адаптерами будет в два раза ниже, чем максимальная реальная
для одного клиента. В данном примере максимальная реальная ско-
рость обмена данными для каждого из компьютеров будет составлять
12 Мбит/с.

Оперативное ЗУ предназначено для временного хранения данных
и команд, необходимых процессору для выполнения им операций.
Типичная линейка ОЗУ показана на рис. 1.24. ЦП производит счи-
тывание/запись данных из ОЗУ либо непосредственно либо через
кэш-память. Каждая ячейка — байт оперативной памяти — имеет
свой индивидуальный адрес. ОЗУ может представлять собой от-
дельный блок или входить в конструкцию однокристалльной ЭВМ
или микроконтроллера.

В компьютере используются два вида ОЗУ: SRAM (Static RAM) и
DRAM (Dynamic RAM).

ОЗУ SRAM выполняется на триггерах и называется статической
памятью с произвольным доступом или просто *статической памя-
тью*. Достоинство этого вида памяти — высокая скорость доступа к
ее ячейкам, а недостаток — высокая стоимость.

Интегральные микросхемы (ИМС) SRAM-памяти организованы в
виде матрицы ячеек. Каждая ячейка состоит из одного или более запо-
минающих элементов (ЗЭ) и имеет свой адрес, который ИМС получает
по шине адреса. ЗЭ способен хранить один бит информации и имеет два
стабильных состояния (двоичные 0 и 1). В ЗЭ может быть произведена
запись информации посредством перевода его в состояние 0 или 1.

Блок-диаграмма ИМС памяти показана на рис. 1.25, а ее струк-
турная схема — на рис. 1.26. При матричной организации ИМС памя-
ти реализуется координатный принцип адресации ячеек. Адрес ячеек-
ки, поступающий по шине адреса, которую образуют проводники



Рис. 1.24. Внешний
вид модулей
оперативной памяти

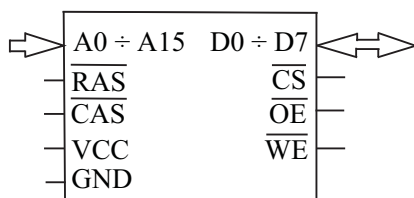


Рис. 1.25. Блок-диаграмма ИМС памяти

(линии) A0–A31, пропускается через логику выбора, где он разделяется на две составляющие: адрес строки (линии A0–A15) и адрес столбца (линии A16–A31), которые запоминаются, соответственно, в регистре адреса строки и регистре адреса столбца микросхемы. Регистры соединены каждый со своим дешиф-

ратором. Выходы дешифраторов образуют систему горизонтальных и вертикальных линий, к которым подсоединены запоминающие элементы матрицы, при этом каждый 3Э расположен на пересечении одной горизонтальной и одной вертикальной линии. Запоминающие элементы, объединенные общим «горизонтальным» проводом, называются строкой, а общим «вертикальным» — столбцом. К «вертикальным» линиям адреса (A16–A31) в микросхеме добавлено столько же линий шины данных (D0–D15), по которой передается считываемая и записываемая информация в 3Э. Количество этих линий называется разрядностью ИМС. Таким образом, *разрядность* микросхемы определяет количество 3Э, имеющих один и тот же адрес (такая совокупность запоминающих элементов называется *ячейкой*).

Для уменьшения числа контактов ИМС адреса строки и столбца обычно подаются в микросхему через одни и те же контакты последовательно во времени (мультиплексируются) и запоминаются, соответственно, в регистре адреса строки и регистре адреса столбца микросхемы. Мультиплексирование реализуется внешней по отношению к ИМС схемой. Низкий уровень (логический «0») сигнала на линии RAS-Row Address Strobe (CAS — Column Address Strobe) сообщает микросхеме, что на шине адреса выставлен (буферизуется) адрес столбца (строки). Описанные действия называются стробированием адреса. Чтобы стробирование было надежным, эти сигналы подаются задержкой, достаточной для завершения переходных процессов на шине адреса и в адресных цепях микросхемы.

Сигнал выбора микросхемы CS (Crystal Select) разрешает работу ИМС и используется для выбора определенной микросхемы в системах, состоящих из нескольких ИМС. Вход WE (Write Enable — разрешение записи) определяет вид операции (считывание или запись).

ОЗУ динамического типа (DRAM) является более экономичной. Для хранения одного бита (разряда) здесь используется схема, состоящая из одного конденсатора и одного транзистора (в некоторых вариациях конденсаторов два). Такой вид памяти решает, во-первых,

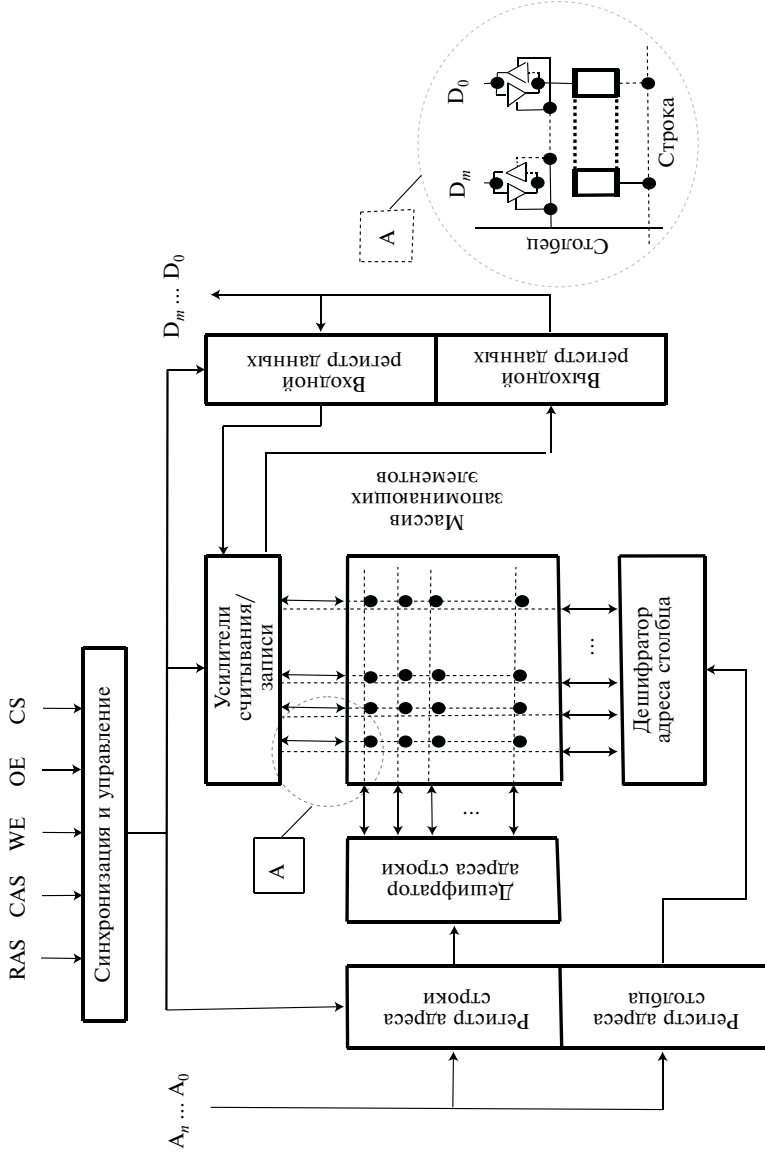


Рис. 1.26. Структурная схема ИМС памяти

проблему дороговизны (один конденсатор и один транзистор дешевле нескольких транзисторов) и, во-вторых, компактности (там, где в SRAM размещается один триггер, т.е. один бит, можно уместить восемь конденсаторов и транзисторов).

Динамической памяти в вычислительной машине значительно больше, чем статической, поскольку именно DRAM используется в качестве основной памяти ВМ. Динамическая память состоит из матрицы запоминающих элементов и интерфейсной логики. Ядро ИМС динамической памяти организовано так же, как и у ИМС статической памяти. В качестве ЗЭ здесь используется микроконденсатор в интегральном исполнении, размеры которого значительно меньше D-триггера статической памяти. По этой причине при одинаковых размерах кристалла информационная емкость DRAM выше, чем у SRAM. Память на основе конденсаторов работает медленнее, поскольку если в SRAM изменение напряжения на входе триггера сразу же приводит к изменению его состояния, то для того чтобы установить в единицу один разряд (один бит) памяти на основе конденсатора, этот конденсатор нужно зарядить, а для того чтобы разряд установить в ноль, соответственно, разрядить, что занимает в 10 и более раз больше времени.

Кроме того, конденсаторы склонны к «стеканию» заряда, причем со временем к потере заряда приводит также считывание данных из DRAM, поэтому после каждой операции чтения данные должны быть восстановлены. Это достигается за счет повторной записи тех же данных сразу после чтения. При считывании информации из одной ячейки фактически выдаются данные сразу всей выбранной строки, но используются только те, которые находятся в интересующем столбце, а все остальные игнорируются. Таким образом, операция чтения из одной ячейки приводит к разрушению данных всей строки, и их нужно восстанавливать. Регенерация данных после чтения выполняется автоматически интерфейсной логикой микросхемы сразу же после считывания строки. Память на конденсаторах получила свое название *Dynamic RAM* (динамическая память) как раз за то, что разряды в ней хранятся не статически, а «стекают» динамически во времени.

Поскольку ОЗУ типа DRAM гораздо дешевле и компактнее, чем SRAM, то ОЗУ выполняют на модулях DRAM, а SRAM используется для построения различного рода кэш-ей.

Кэш. Чтобы процессор не обращался непосредственно к «медленной» динамической памяти, между ним и DRAM–ОЗУ помещают «ускоритель» в виде статической кэш-памяти. Ее объем сравнительно невелик — например, объем кэш-памяти второго уровня составляет всего несколько мегабайт. Впрочем, тут стоит вспомнить о том, что вся оперативная память первых компьютеров IBM PC составляла меньше 1 МБ.

Кроме того, на целесообразность внедрения технологии кэширования влияет еще и тот фактор, что разные приложения, находящиеся в оперативной памяти, по-разному нагружают процессор, и, как следствие, существует немало данных, требующих приоритетной обработки по сравнению с остальными.

Сначала внешняя кэш-память процессора размещалась на отдельном чипе. Со временем, однако, это привело к тому, что шина, расположенная между кэшем и процессором, стала узким местом, замедляющим обмен данными. В современных микропроцессорах и первый, и второй уровни кэш-памяти находятся в самом ядре процессора.

Упрощенно схему взаимодействия кэш-памяти и процессора можно описать следующим образом. Сначала происходит проверка наличия нужной процессору информации в самом быстром кэше первого уровня, затем в кэше второго уровня и т.д. Если же нужной информации в каком-либо уровне кэша не оказалось, то говорят об ошибке или промахе кэша. Если информации в кэше нет вообще, то процессору приходится брать ее из ОЗУ или даже из внешней памяти (с жесткого диска). В общем случае процессор осуществляет поиск информации по следующей цепочке: ЦП → регистр → кэш 1-го уровня → кэш 2-го уровня (на плате) → вторичная кэш-память 2-го уровня → ОЗУ → диск.

Контрольные вопросы

1. Поясните принцип действия машины фон Неймана с традиционной архитектурой по ее структурной схеме.
2. Поясните принцип действия конвейерной ЭВМ по ее структурной схеме.
3. Объясните конвейерный цикл шины ПК.
4. Поясните назначение основных узлов персонального компьютера.
5. Какие способы повышения производительности ЭВМ вы знаете?
6. Объясните параллельную архитектуру процессоров по структурной схеме.
7. Объясните архитектуру data flow компьютера по структурной схеме.
8. Объясните принцип действия потоковой ЭВМ.
9. Дайте классификацию технических средств информатизации.
10. Какие характеристики материнских плат современного ПК вы знаете?
11. Объясните назначение разъемов и слотов материнских плат.
12. Расскажите о видах, назначении и особенностях интегрированных устройств материнских плат.
13. Объясните назначение оперативного ЗУ, какие их виды вам известны?
14. Объясните принцип действия ИМС ОЗУ по их структурной схеме.
15. Поясните назначение и принцип организации ОЗУ динамического типа.
16. Поясните назначение и принцип организации кэш-памяти.

2. НАКОПИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ

Накопители информации представляют собой устройства записи данных на определенный носитель (диск, лента, твердотельный носитель) с целью их долговременного хранения и последующего воспроизведения. На рис. 2.1 приведена классификация накопителей информации. Далее рассматриваются только современные и перспективные модели накопителей.

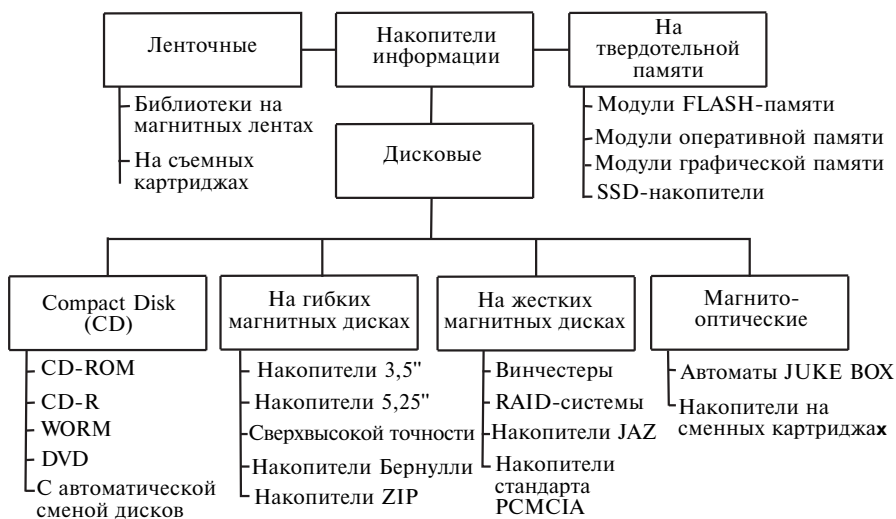


Рис. 2.1. Классификация накопителей информации

2.1. НАКОПИТЕЛИ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ

Принцип магнитной записи. Головка чтения/записи в любом дисковом накопителе состоит из U-образного ферромагнитного сердечника и намотанной на него обмотки. При пропускании тока через обмотку в сердечнике головки создается магнитное поле (линии индукции которого показаны на рис. 2.2), которое меняет свою полярность при переключении направления протекающего тока магнитного поля также изменяется. В сущности, головки представляют собой электромагниты,

остаточная намагниченность носителя зависят от полярности электрического поля в обмотке головки. Магнитные поля, создаваемые отдельными доменами на чистом диске, ориентированы случайным образом, компенсируя друг друга, поэтому остаточная намагниченность диска равна нулю.

Если участок поверхности диска при протягивании вблизи зазора головки подвергается воздействию магнитного поля, то домены выстраиваются в определенном направлении и их магнитные поля больше не компенсируют друг друга. В результате на этом участке появляется остаточная намагниченность, которую можно впоследствии (при чтении) обнаружить.

Для последующего воспроизведения записанной информации наиболее важными оказываются те зоны, в которых происходит смена направления остаточного магнитного поля (зоны смены знака). Магнитная головка записывает данные на диск, размещая на нем зоны смены знака. При записи каждого бита (или битов) данных в специальных областях на диске располагаются последовательности зон смены знака. Эти области называются *битовыми ячейками*.

Процесс чтения/записи иллюстрирует рис. 2.4. При записи данных на диск электрический ток пропускается через электромагнит, входящий в состав головки устройства, в результате чего создаются зоны намагниченности, которые и сохраняются на диске. При считывании головка, перемещаясь над поверхностью диска, регистрирует изменения в зонах намагниченности и в результате генерирует слабые электрические сигналы, указывающие на наличие или отсутствие зон смены знака в записанных сигналах.

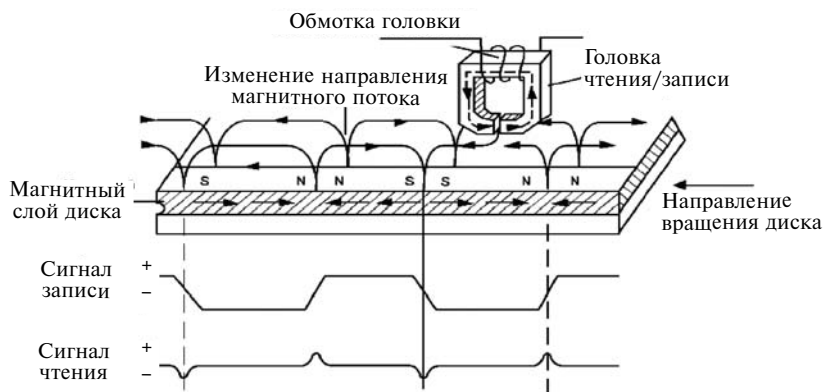


Рис. 2.4. Запись и считывание информации с магнитного диска

В накопителях на жестких дисках данные записываются и считываются универсальными головками чтения/записи с поверхности вращающихся магнитных дисков, разбитых на дорожки и секторы (512 байт каждый), как показано на рис. 2.5.

В накопителях обычно устанавливается несколько дисков (пластин), и данные записываются на обеих сторонах каждого из них. В большинстве накопителей есть, по меньшей мере, два или три диска, что позволяет выполнять запись на четырех или шести сторонах. Дорожки, имеющие одинаковый радиус на всех сторонах дисков, образуют *цилиндр*. Поскольку все головки смонтированы на общей стойке — все они двигаются только синхронно.

Основные узлы накопителей на жестких дисках. К основным элементам конструкции *HDD* (рис. 2.6) относятся *диски*, *двигатель привода дисков*, *головки чтения/записи* и *механизм привода головок*, которые размещаются в герметичном и обычно неразбираемом корпусе *HDA* (*Head Disk Assembly*).

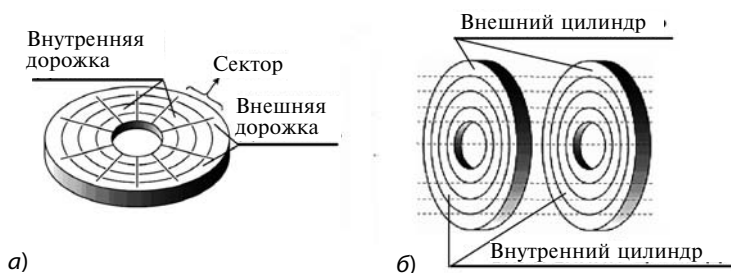


Рис. 2.5. Дорожки, секторы (а) и цилиндры (б) накопителя на жестких дисках

Остальные узлы (печатная плата со схемами управления, лицевая панель, элементы конфигурации и монтажные детали) являются съемными. Кроме того, в большинстве *HDD* предусмотрены два типа разъемов: интерфейсный и разъем питания.

Диски. Обычно в накопителе содержится один или несколько магнитных дисков. Стандартом установлен следующий ряд размеров накопителей: 5,25", 3,5", 2,5" и 1,0". Существуют также накопители с дисками больших размеров, например 8", 14" дюймов и более, которые в ПК не используются. Чаще всего в ПК устанавливаются накопители формата 3,5 дюйма, а в портативных системах — формата 2,5 дюйма и меньше.

В большинстве накопителей устанавливается минимум два диска, в портативных — по одному, причем количество дисков огра-

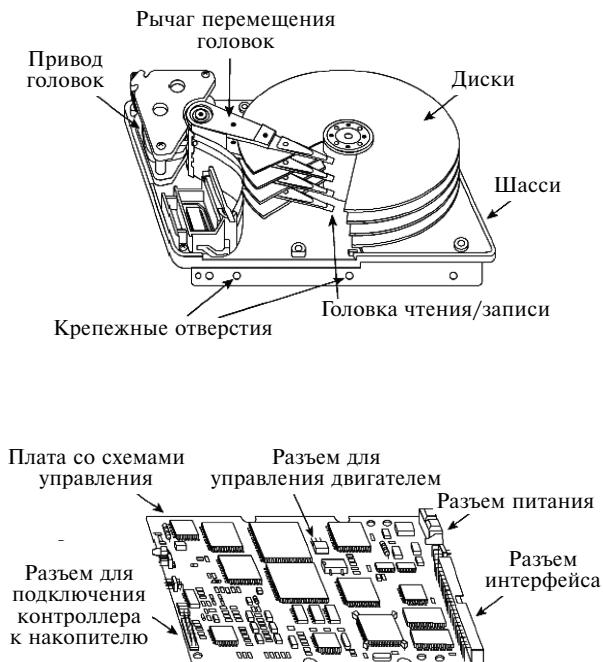


Рис. 2.6. Основные узлы накопителя на жестком диске

ничивается высотой корпуса накопителя. Раньше почти все диски производились из алюминиевого сплава, довольно прочного и легкого. Но со временем основными требованиями к накопителям стали малые размеры и большая емкость, которым удовлетворяет композитный материал на основе стекла и керамики (например, *MemCor*). Благодаря большей прочности и жесткости композитные диски вдвое тоньше алюминиевых, причем они менее восприимчивы к перепадам температур.

Основа диска покрывается тонким слоем вещества, способного сохранять остаточную намагниченность после воздействия внешнего магнитного поля. Этот слой называется *рабочим* или *магнитным*, и именно в нем сохраняется записанная информация. Самыми распространенными являются два типа рабочего слоя — оксидный и тонкопленочный.

Оксидный слой представляет собой полимерное покрытие с наполнителем из окиси железа. При его нанесении на поверхность быстро вращающегося алюминиевого диска разбрызгивается суспензия порошка оксида железа в растворе полимера, которая рав-

номерно растекается по поверхности диска. После полимеризации раствора поверхность шлифуется, на нее наносится еще один слой чистого полимера, обладающего достаточной прочностью и низким коэффициентом трения, и диск окончательно полируется.

При увеличении емкости диски с оксидным слоем из-за своей ненадежности полностью уступили место более качественным дискам с *тонкопленочным рабочим слоем*. Эта технология легла в основу производства *накопителей нового поколения*, в которых удалось существенно уменьшить величину зазора между головками и поверхностями дисков, что позволило повысить плотность записи. Тонкопленочный рабочий слой получают *методом напыления* в специальных вакуумных камерах, в которых исходные компоненты вначале переводятся в газообразное состояние, а затем осаждаются на подложку. На алюминиевый диск сначала наносится слой фосфорита никеля, а затем магнитный кобальтовый сплав. Его толщина при этом оказывается равной всего 0,025 мкм. Аналогично поверх магнитного слоя на диск наносится углеродное защитное покрытие толщиной 0,025 мкм, обладающее исключительной прочностью.

Получение магнитного слоя толщиной всего 0,025 мкм позволило втрое уменьшить зазор между головками и тем самым повысить плотность расположения зон смены знака на дорожке записи и, следовательно, плотность диска. Кроме того, при увеличении напряженности магнитного поля по мере приближения головки к магнитному слою увеличивается амплитуда сигнала; в результате растет отношение «сигнал — шум». Ввиду большой прочности вероятность «выживания» головок и дисков в случае их контакта друг с другом на большой скорости существенно повышается. И действительно, современные накопители с дисками, имеющими тонкопленочные рабочие слои, практически не выходят из строя при вибрациях и сотрясениях.

Головки чтения/записи. В современных HDD чаще всего используются ферритовые тонкопленочные магниторезистивные головки, а также головки с металлом в зазоре и гигантские магниторезистивные головки.

Ферритовые головки, которые широко использовались в первых HDD, имеют сердечники из прессованного феррита — одной из кристаллических форм железа, обладающих высокомагнитными свойствами. Магнитное поле в зазоре возникает при протекании через обмотку электрического тока. В свою очередь при изменениях напряженности магнитного поля вблизи зазора в обмотке наводится электродвижущая сила. Таким образом, головка может использоваться как для записи, так и для считывания.

Для устранения известных недостатков ферритовых головок, связанных с их сравнительно большими габаритами, позднее были разработаны стеклоферритовые (композитные) головки с меньшей шириной сердечника и магнитного зазора, что позволило повысить плотность размещения дорожек записи и снизить их чувствительность к внешним магнитным помехам.

Головки с металлом в зазоре. Попытки увеличить плотность записи привели к дальнейшему усовершенствованию конструкции композитной ферритовой головки. Магнитный зазор, расположенный в задней части сердечника таких головок, заполнен металлом, благодаря чему существенно уменьшается склонность материала сердечника к магнитному насыщению, что позволяет повысить магнитную индукцию в рабочем зазоре, т.е. увеличить плотность записи. Кроме того, градиент магнитного поля, создаваемого головкой с металлом в зазоре, выше, а это означает, что на поверхности диска формируются намагниченные участки с более четко выраженными границами (уменьшается ширина зон смены знака).

Эти головки позволяют использовать носители с большой коэрцитивной силой и тонкопленочным рабочим слоем. За счет уменьшения общей массы и улучшения конструкции такие головки могут располагаться ближе к поверхности носителя.

Благодаря этим и другим известным преимуществам головки с металлом в зазоре полностью заменили в свое время традиционные ферритовые головки, однако постоянно возрастающие требования к емкости жестких дисков привели к их полному вытеснению тонкопленочными головками.

Тонкопленочные головки производились по технологии фотолитографии. На одной подложке изготавливались сразу несколько тысяч головок, обладающих малыми размерами и весом. Рабочий зазор в тонкопленочных головках можно сделать очень узким, причем его ширина регулируется в процессе производства путем наращивания дополнительных слоев немагнитного алюминиевого сплава. Алюминий полностью заполняет рабочий зазор и хорошо защищает его от повреждений (сколов краев) при случайных контактах с диском. Собственно сердечник делается из сплава железа и никеля, индукция насыщения которого в 2–4 раза больше, чем у феррита.

Формируемые тонкопленочными головками участки остаточной намагниченности на поверхности диска имеют четко выраженные границы, что позволяет добиться очень высокой плотности записи. Благодаря небольшому весу и малым размерам головок можно значительно уменьшить просвет между ними и поверхностями дисков

со всеми вытекающими отсюда преимуществами, о которых сказано выше. Наконец, благодаря небольшой высоте тонкопленочных головок при тех же размерах корпуса накопителя в него удастся установить большее количество дисков.

Конструкция и характеристики тонкопленочных головок постоянно улучшалась, но постепенно их вытеснили магниторезистивные головки.

Магниторезистивные головки, разработанные компанией IBM, позволяют добиться самых высоких значений плотности записи и быстродействия накопителей. В основе их функционирования лежит еще один известный эффект магнетизма: при воздействии на проводник внешнего магнитного поля его сопротивление изменяется и становится различным при прохождении головки над участками с разным значением остаточной (постоянной) намагниченности.

Поскольку на основе магниторезистивного эффекта можно построить только считывающее устройство, магниторезистивная головка — это на самом деле две головки, объединенные в одну конструкцию. При этом записывающая часть представляет собой обычную индуктивную головку, а считывающая — магниторезистивную. Так как функции считывания и записи разделены между двумя отдельными узлами, каждый из них спроектирован так, чтобы наилучшим образом выполнять предусмотренную операцию. Амплитуда выходного сигнала у такой головки оказывается примерно в четыре раза больше, чем у индуктивной.

Во всех рассмотренных ранее головках в процессе записи и считывания работал один и тот же зазор, а в магниторезистивной головке их два — каждый для своей операции. При разработке головок с одним рабочим зазором приходится идти на компромисс при выборе его ширины. Дело в том, что для улучшения параметров головки в режиме считывания нужно уменьшать ширину зазора (для увеличения разрешающей способности), а при записи зазор должен быть шире, поскольку при этом магнитный поток проникает в рабочий слой на большую глубину (намагничивая его по всей толщине). В магниторезистивных головках с двумя зазорами каждый из них может иметь оптимальную ширину. Еще одна особенность рассматриваемых головок заключается в том, что их записывающая (тонкопленочная) часть формирует на диске более широкие дорожки, чем это необходимо для работы считывающего узла (магниторезистивного). В данном случае считывающая головка «собирает» с соседних дорожек меньше магнитных помех.

Принцип их действия показан ниже. Здесь на рис. 2.7, *а* пунктиром показаны линии магнитной индукции, возникающие вокруг намагниченного участка каждого бита, на рис. 2.7, *б* показан ход линий магнитной индукции на стыке «битов», намагниченных навстречу северными полюсами друг к другу, а на рис. 2.7, *в* — ход линий магнитной индукции на стыке «битов», намагниченных навстречу южными полюсами.

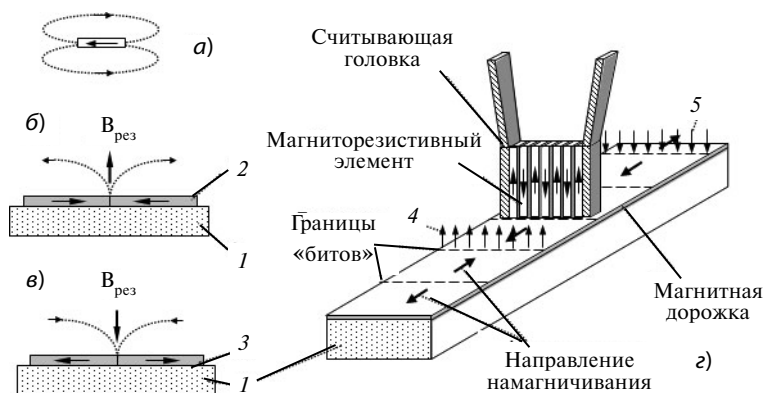


Рис. 2.7. Принцип работы магниторезистивной головки

Над местом стыка северных полюсов вектор суммарной магнитной индукции $B_{рез}$ направлен вверх, а над местом стыка южных полюсов — вниз, поэтому когда магнитная дорожка пробегает под считывающей головкой, то при изменении направления намагниченности битов электрический ток, текущий сквозь считывающую головку, возрастает, что служит сигналом изменения записи на магнитной дорожке с «0» на «1» или наоборот.

Конструкция каркаса с головками чтения/записи. В накопителях на жестких дисках для каждой из сторон каждого диска предусмотрена собственная головка чтения/записи. Все головки смонтированы на общем подвижном каркасе и перемещаются одновременно. Каждая головка установлена на конце рычага, закрепленного на пружине и слегка прижимающего ее к диску — диск оказывается как бы зажатым сверху и снизу парой головок. На рис. 2.8 показана стандартная конструкция механизма привода головок с подвижной катушкой.

Когда накопитель выключен, головки касаются дисков под действием пружин. При раскручивании дисков аэродинамическое

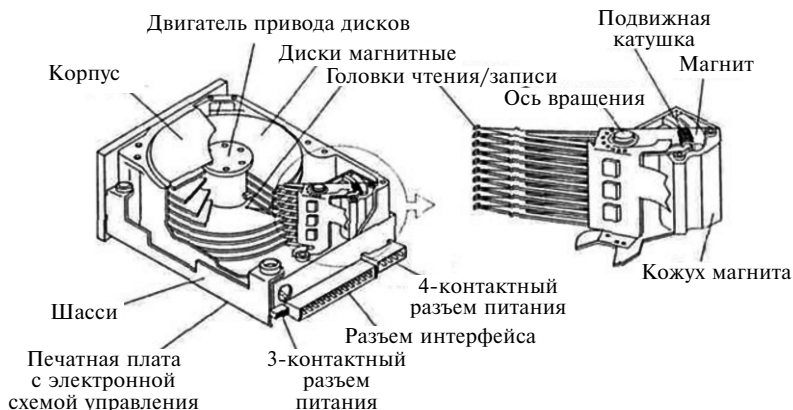


Рис. 2.8. Головки чтения/записи и поворотный привод с подвижной катушкой

давление под головками повышается и они отрываются от рабочих поверхностей («взлетают»). Когда диск вращается на полной скорости, зазор между ним и головками может составлять 0,01–0,5 мкм и более, поэтому сборка *HDD* выполняется только в стерильных помещениях (100 пылинок размером до 0,5 мкм). В других случаях монтажный стол отгораживают от окружающего пространства воздушной завесой, причем непосредственно на рабочее место под давлением постоянно подается очищенный воздух.

Привод головок. Наиболее важной деталью накопителя является механизм, который устанавливает головки в нужное положение и называется приводом головок. Именно с его помощью головки перемещаются от центра к краям диска и устанавливаются на заданный цилиндр. Существует много конструкций механизмов привода головок, рассмотрим *привод с подвижной катушкой*.

Такой привод используется практически во всех современных накопителях. В отличие от систем с шаговыми двигателями, в которых перемещение головок осуществляется вслепую, привод с подвижной катушкой использует сигнал обратной связи, чтобы можно было точно определить положения головок относительно дорожек и скорректировать их в случае необходимости. Такая система обеспечивает более высокие быстродействие, точность и надежность, чем традиционный привод с шаговым двигателем.

Привод с подвижной катушкой работает по принципу электромагнетизма. Подобный механизм обладает высоким быстродействием и оказывается менее шумным, чем привод с шаговым двигателем.

Привод с подвижной катушкой может плавно перемещать головки в любые положения благодаря специальной системе позиционирования — сервоприводу, который для точного наведения головок использует сигнал обратной связи. Последний несет информацию о реальном взаимном расположении дорожек и головок. Эту систему часто называют системой с обратной связью.

При температурном сжатии и расширении дисков все изменения их размеров отслеживаются сервоприводом, и положения головок корректируются должным образом. Для поиска конкретной дорожки используется заранее записанная на диске вспомогательная информация — сервокод, в процессе работы всегда определяется реальное положение цилиндра на диске с учетом всех отклонений температур, и проблем со считыванием данных не возникает. Привод с подвижной катушкой и обратной связью часто называют *системой слежения за дорожками*.

Механизмы привода головок с подвижной катушкой бывают двух типов:

- линейный;
- поворотный.

Эти типы отличаются только физическим расположением магнитов и катушек.

Конструкция *линейного привода* показана на рис. 2.9. Здесь привод перемещает головки по прямой, строго вдоль линии радиуса диска. Собственно катушки располагаются в зазорах постоянных магнитов.

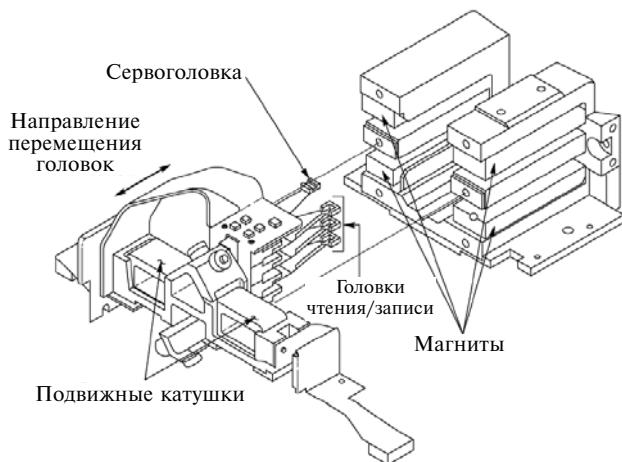


Рис. 2.9. Линейный привод с подвижной катушкой

Главное достоинство линейного привода состоит в том, что при его использовании не возникают азимутальные погрешности, характерные для поворотного привода. Здесь под *азимутом* понимается угол между плоскостью рабочего зазора головки и направлением дорожки записи. При перемещении с одного цилиндра на другой головки не поворачиваются и их азимут не изменяется. Однако линейные приводы намного тяжелее поворотных и поэтому в современных накопителях они не используются.

Поворотный привод работает по тому же принципу, что и линейный, но в нем к подвижной катушке крепятся концы рычагов головок. При движении катушки относительно постоянного магнита рычаги перемещения головок поворачиваются, передвигая головки к оси или к краям дисков. Благодаря небольшой массе такая конструкция может двигаться с большими ускорениями, что позволяет существенно сократить время доступа к данным. Быстрому перемещению головок способствует и тот факт, что плечи рычагов делаются разными: то, на котором смонтированы головки, имеет большую длину.

К недостаткам этого привода следует отнести то, что головки при перемещении от внешних цилиндров к внутренним поворачиваются и угол между плоскостью магнитного зазора головки и направлением дорожки изменяется. Именно поэтому ширина рабочей зоны диска (зоны, в которой располагаются дорожки) оказывается зачастую ограниченной (для того чтобы неизбежно возникающие азимутальные погрешности оставались в допустимых пределах). В настоящее время поворотный привод используется почти во всех накопителях с подвижной катушкой.

Одним из преимуществ привода с подвижной катушкой является *автоматическая парковка головок*. При выключении питания компьютера с помощью контактной парковочной системы (Contact Start Stop – CSS) рычаги с головками опускаются на поверхности дисков. Накопители способны выдержать тысячи «взлетов» и «посадок» головок, но желательно, чтобы они происходили на специально предназначенных для этого участках поверхности дисков, на которых не записываются данные.

При этих взлетах и посадках происходит износ (абразия) рабочего слоя, так как из-под головок вылетают клубы пыли, состоящие из частиц рабочего слоя носителя; если же во время взлета или посадки произойдет сотрясение накопителя, то вероятность повреждения головок и дисков существенно возрастет. В более современных накопителях, использующих механизм загрузки/разгрузки, непо-

Главное достоинство линейного привода состоит в том, что при его использовании не возникают азимутальные погрешности, характерные для поворотного привода. Здесь под *азимутом* понимается угол между плоскостью рабочего зазора головки и направлением дорожки записи. При перемещении с одного цилиндра на другой головки не поворачиваются и их азимут не изменяется. Однако линейные приводы намного тяжелее поворотных и поэтому в современных накопителях они не используются.

Поворотный привод работает по тому же принципу, что и линейный, но в нем к подвижной катушке крепятся концы рычагов головок. При движении катушки относительно постоянного магнита рычаги перемещения головок поворачиваются, передвигая головки к оси или к краям дисков. Благодаря небольшой массе такая конструкция может двигаться с большими ускорениями, что позволяет существенно сократить время доступа к данным. Поэтому, несмотря на наличие азимутальной погрешности считывания данных, в настоящее время поворотный привод используется почти во всех накопителях с подвижной катушкой.

Одним из преимуществ привода с подвижной катушкой является *автоматическая парковка головок*. Когда питание включено, головки позиционируются и удерживаются в рабочем положении за счет взаимодействия магнитных полей подвижной катушки и постоянного магнита. При выключении питания поле, удерживающее головки над конкретным цилиндром, исчезает, и они начинают бесконтрольно скользить по поверхностям еще неостановившихся дисков, что может стать причиной повреждений. Для того чтобы предотвратить возможные повреждения накопителя, поворотный блок головок подсоединяется к возвратной пружине. Когда компьютер включен, магнитное взаимодействие обычно превосходит упругость пружины. Но при отключении питания головки под воздействием пружины перемещаются в зону парковки до того, как диски остановятся.

Таким образом, чтобы в накопителях с приводом от подвижной катушки привести в действие механизм парковки головок, достаточно просто выключить компьютер; никакие специальные программы для этого не нужны. В случае внезапного исчезновения питания головки паркуются автоматически.

Форматирование низкого уровня и геометрия HDD. После сборки HDD поверхности его пластин проходят операцию форматирования, в процессе которого на них формируются дорожки и секторы. Способ форматирования определяется производителем и/или стандартом. При форматировании на каждую дорожку наносится магнитная метка, отмечающая ее начало.

Обычно при форматировании используется «зонная» запись с переменным количеством секторов на дорожке, как это показано на рис. 2.10: дорожки, более удаленные от центра, содержат большее число секторов, чем близкие к центру. Цилиндры при этом разбиваются на группы, которые называются зонами, причем по мере продвижения к внешнему краю диска дорожки разбиваются на все большее число секторов. Во всех цилиндрах, относящихся к одной зоне, количество секторов на дорожках одинаковое.

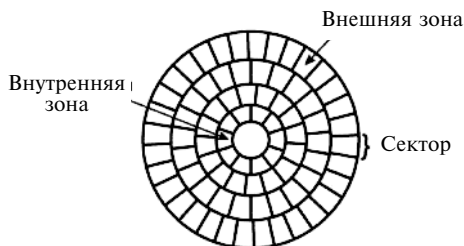


Рис. 2.10. Структура расположения секторов

Возможное количество зон зависит от типа накопителя; в большинстве устройств их бывает 10 и более. Скорость обмена данными с накопителем может изменяться и зависит от зоны, в которой в конкретный момент располагаются головки. Происходит это потому, что секторов во внешних зонах больше, а угловая скорость вращения диска постоянна.

При использовании метода зонной записи каждая поверхность диска уже содержит 545,63 сектора на дорожку. Если не использовать метод зонной записи, то каждая дорожка будет ограничена 360 секторами. Выигрыш при использовании метода зонной записи составляет около 52%.

Поверхности пластин диска, как было сказано ранее, с целью адресации на нем записей делятся на дорожки, секторы и цилиндры. Множество соседних секторов образуют так называемый кластер.

Для адресации конкретного сектора как минимальной единицы хранения данных используется система CHS (Cylinder, Head, Sector — цилиндр, головка, сектор), основанная на использовании физических адресов геометрии диска. В этой системе сектор адресуется кортежем из трех координат: цилиндр—головка—сектор, — именно так, как он физически расположен на диске.

Система адресации CHS и используемая вместе с ней система Large учитывают физические особенности устройства дисков, что явля-

ется их существенным недостатком, поэтому им на смену пришел более прогрессивный способ адресации данных на диске, который называется LBA (Logical block addressing – адресация логических блоков). Этот способ представляет собой такой механизм доступа на жестком и/или оптическом диске, при котором каждый адресуемый блок данных на диске имеет свой номер. Номер первого блока $LBA_0 = 0$, второго $LBA_1 = 1$ и так далее, причем:

$$LBA_0 = \text{Цилиндр } 0 / \text{Головка } 0 / \text{Сектор } 1.$$

Еще одно преимущество метода адресования LBA таково, что ограничение размера диска обусловлено лишь разрядностью самого адреса LBA. В настоящее время для задания номера блока используется 48 бит, что при использовании двоичной системы исчисления дает возможность адресовать на приводе 2^{48} блоков, т.е. при размере блока, равном 512 байт, номер последнего байта в последнем адресуемом блоке будет равен 512×2^{48} .

Стандартом установлены правила получения адреса блока в режиме LBA:

$$LBA = [(C \times N_G + N_H) \times S/T] + (S_R - 1),$$

где LBA – адрес блока по LBA; C – номер цилиндра; N_G – число головок; N_H – номер выбранной головки; S/T – число секторов на дорожке; S_R – номер сектора.

Кортежи CHS можно преобразовать в адреса LBA и обратно по следующим формулам:

$$LBA(c/h/s) = (c \times H + h) \times S + s - 1;$$

$$s = (LBA \bmod S) + 1;$$

$$h = \frac{LBA - (s - 1)}{S} \bmod(H);$$

$$c = \frac{LBA - (s - 1) - h \times S}{H \times S},$$

где $c/h/s$ – соответственно, номер цилиндра, головки и сектора; H и S – число головок и секторов на дорожке; \bmod – взятие остатка от деления.

Например, если $S = 63$, $H = 16$, и кортеж $c/h/s$ с имеет вид 10/15/20, то $LBA(10/15/20) = (10 \times 16 + 15) \times 63 + 20 - 1 = 11044$. Обратный пересчет дает:

$$S = (11044 \bmod 63) + 1 = 19 + 1 = 20;$$

$$h = \frac{11044 - (20 - 1)}{63} \bmod(16) = 15,$$

$$c = \frac{11044 - 20 + 1 - 15 \times 63}{16 \times 63} = 10,$$

т.е. полностью совпадает с исходным кортежем $c/h/s = 10/15/20$.

Управление приводами с подвижной катушкой осуществляется с помощью петли обратной связи, организованной с помощью вспомогательного клина, либо встроенных кодов, либо с помощью специализированного диска.

Указанные три способа различаются технической реализацией, но предназначены для достижения одной и той же цели: обеспечивать постоянную корректировку положения головок и их точное наведение на соответствующий цилиндр. Основные различия между ними сводятся к тому, на каких участках поверхностей дисков записываются сервокоды.

Сервокоды записываются на диск при его изготовлении в системе «код Грея», в котором при переходе от текущего числа к следующему изменяется всего один двоичный разряд. При таком подходе информация считывается и обрабатывается намного быстрее, чем при обычном двоичном кодировании, и определение местоположения головки происходит практически без задержки. Сервокоды после их записи на носитель не изменяются в течение всего срока его эксплуатации.

Запись сервокодов выполняется на специальном устройстве, в котором головки последовательно перемещаются на строго определенные позиции, и в этих положениях на диски записываются упомянутые выше коды. Для точной установки головок в таких устройствах используется лазерный прицел, а расстояния определяются интерференционным методом, т.е. с точностью до долей волны лазерного излучения. Поскольку перемещение головок в таком устройстве осуществляется механически (без участия собственного привода накопителя), все работы проводятся в чистом помещении либо с открытой крышкой блока HDA, либо через специальные отверстия, которые по окончании записи сервокодов заклеиваются герметизирующей лентой. Вы можете найти эти заклеенные отверстия на блоке HDA, причем на ленте обязательно будет написано, что, оторвав ее, вы потеряете право на гарантийное обслуживание.

Во многих современных накопителях с приводом от подвижной катушки в процессе работы через определенные промежутки времени выполняется температурная калибровка. Эта процедура заключается в том, что все головки поочередно переводятся с нулевого на какой-либо другой цилиндр. При этом с помощью встроенной схемы проверяется, насколько сместилась заданная дорожка относительно своего положения в предыдущем сеансе калибровки, и вычисляются необходимые поправки, которые заносятся в оперативное запоминающее устройство в самом накопителе. Впоследствии эта информация используется при каждом перемещении головок, позволяя устанавливать их с максимальной точностью.

Вспомогательный клин использовался в первых накопителях с подвижной катушкой. Вся информация, необходимая для наведения (позиционирования) головок, записывалась в кодах Грея в узком секторе («клине») каждого цилиндра непосредственно перед индексной меткой. Индексная метка обозначает начало каждой дорожки, т.е. вспомогательная информация записывается в предындexсном интервале, расположенном в конце каждой дорожки. Этот участок необходим для компенсации неравномерности вращения диска и тактовой частоты записи, и контроллер диска обычно к нему не обращается. На рис. 2.11 продемонстрирован способ записи сервокодов до во вспомогательном клине.

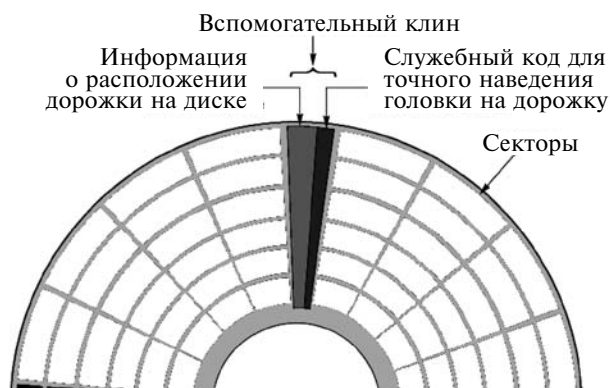


Рис. 2.11. Способ записи сервокодов «вспомогательный клин»

Существенный недостаток подобной системы записи состоит в том, что считывание происходит только один раз при каждом обороте диска. Это означает, что во многих случаях для точного определения и коррекции положения головок диск должен совершить

несколько оборотов. Этот недостаток был очевиден с самого начала, поэтому подобные системы никогда не были широко распространены, а сейчас и вовсе не используются.

Метод реализации обратной связи с помощью встроенных сервокодов представляет собой улучшенный вариант системы со вспомогательным клином, показанный на рис. 2.12. В данном случае сервокоды записываются не только в начале каждого цилиндра, но и перед началом каждого сектора. Это означает, что сигналы обратной связи поступают на схему привода головок несколько раз в течение каждого оборота диска и головки устанавливаются в нужное положение намного быстрее. Еще одно его преимущество по сравнению с системой со специализированным диском заключается в том, что сервокоды записываются на всех дорожках, поэтому может быть скорректировано положение каждой головки в отдельности.

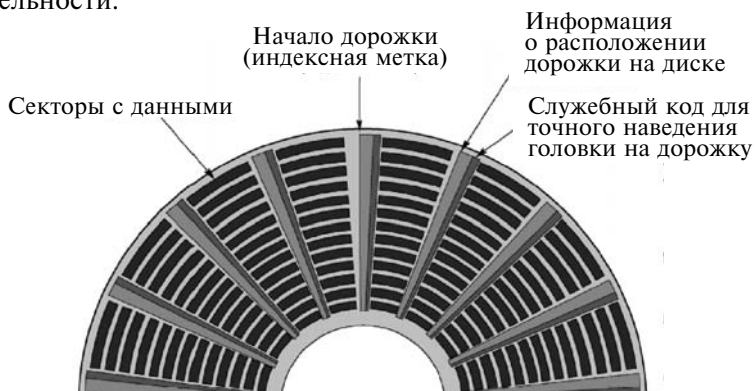


Рис. 2.12. Встроенные сервокоды

Описанный способ записи сервокодов используется в большинстве современных накопителей. Как и в системах со вспомогательным клином, встроенные сервокоды защищены от стирания, и любые операции записи блокируются, если головки оказываются над участками со служебной информацией, поэтому даже при низком уровне форматирования удалить сервокоды невозможно. Система со встроенными сервокодами работает лучше, чем со вспомогательным клином, потому что служебная информация (сервокоды) считывается несколько раз за каждый оборот диска. Но вполне очевидно, что еще более эффективной должна быть система, в которой цепь обратной связи работает непрерывно, т.е. сервокоды считываются постоянно.

Системы со специализированным диском. При реализации данного способа сервокоды записываются вдоль всей дорожки, а не только один раз в ее начале или в начале каждого сектора. Но если так поступить со всеми дорожками накопителя, то в нем не останется места для данных, поэтому одна сторона одного из дисков выделяется исключительно для записи сервокодов. Термин специализированный диск означает, что одна сторона диска предусмотрена только для записи служебной информации (сервокодов) и данные здесь не хранятся. Такой подход на первый взгляд может показаться довольно расточительным, но необходимо учесть, что ни на одной из сторон остальных дисков сервокоды уже не записываются. Поэтому общие потери дискового пространства оказываются примерно такими же, как и при использовании системы встроенных кодов.

Сервоголовка, обслуживающая сервоповерхность (обычно самую верхнюю), всегда находится в режиме чтения, даже при форматировании низкого уровня.

Когда в накопитель поступает команда о переводе головок на конкретный цилиндр, внутреннее электронное устройство использует полученные сервоголовкой сигналы для точного определения положения всех остальных головок. В процессе движения головок номера дорожек непрерывно считываются с поверхности специализированного диска. Когда под сервоголовкой оказывается искомая дорожка, привод останавливается, после этого выполняется точная настройка положения головок и лишь затем выдается сигнал разрешения записи. И хотя только одна головка (сервоголовка) используется для считывания сервокодов, все остальные смонтированы на общем жестком каркасе, поэтому если одна головка будет находиться над нужным цилиндром, то и все остальные тоже.

Отличительный признак накопителя со специализированным диском — нечетное количество головок. Практически во всех накопителях большой емкости используется описанный способ записи сервокодов, благодаря которому их считывание происходит постоянно, независимо от положения головок, что позволяет добиться максимальной точности позиционирования головок.

Воздушные фильтры жестких дисков. Во всех накопителях на жестких дисках используются два воздушных фильтра: фильтр рециркуляции и барометрический фильтр, которые располагаются внутри корпуса и не подлежат замене в течение всего срока службы накопителя.

Фильтр рециркуляции в блоке HDA предназначен только для очистки внутренней «атмосферы» от небольших частиц рабочего

слоя носителя, которые, несмотря на все предпринимаемые меры, все же осыпаются с дисков при взлетах и посадках головок (а также от любых других мелких частиц, которые могут проникнуть внутрь HDA). Поскольку накопители персональных компьютеров герметизированы и в них не происходит перекачки воздуха снаружи, они могут работать даже в условиях сильного загрязнения окружающего воздуха.

Блок HDA герметичен не полностью. Внешний воздух проникает внутрь HDA сквозь барометрический фильтр, так как это необходимо для выравнивания давления изнутри и снаружи блока. Именно потому, что жесткие диски не являются полностью герметичными устройствами, компании-изготовители указывают для них диапазон высот над уровнем моря, в котором они сохраняют работоспособность (обычно от -300 до $+3000$ м). В более разреженном воздухе просвет между головками и поверхностями носителей оказывается недостаточным. Вентиляционное отверстие необходимо, чтобы выровнять давление снаружи и внутри устройства, а загрязнению внутри накопителя препятствует барометрический фильтр, установленный на этом отверстии. Фильтр способен задерживать частицы размером более $0,3$ мкм, что соответствует стандартам чистоты атмосферы внутри блока HDA. В некоторых устройствах используются более плотные (тонкие) фильтры, позволяющие задерживать еще более мелкие частицы. Существуют полностью герметичные накопители, но с воздухом под давлением внутри, подобные накопители могут работать на любой высоте и даже в экстремальных условиях — выдерживать сотрясения, большие колебания температур. Такие накопители предназначены для военных и промышленных целей.

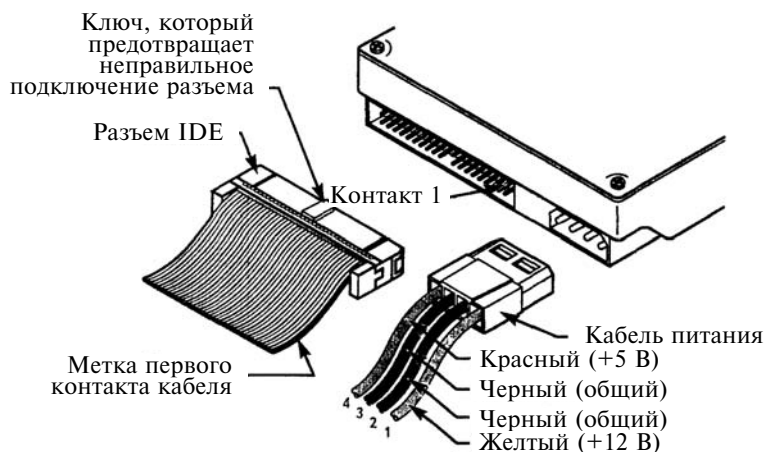
Барометрический фильтр не препятствует проникновению влаги внутрь блока HDA, поэтому по прошествии некоторого времени влажность воздуха внутри блока будет такой же, как и снаружи. Если влага начнет конденсироваться внутри блока HDA и в это время будет включено питание компьютера, то возникнут серьезные проблемы. В инструкции по эксплуатации большинства жестких дисков приводятся либо график, либо таблица их акклиматизации. Пример одной подобной таблицы приведен в табл. 3.

Особенно важно соблюдать эти условия при внесении накопителя с холода в теплое помещение, поскольку в такой ситуации конденсация влаги практически неизбежна. Данное обстоятельство в первую очередь должны учитывать владельцы портативных систем с жесткими дисками. Чем холоднее накопитель, тем дольше он должен прогреваться перед включением.

Период акклиматизации накопителя

Исходная температура, °С	Время акклиматизации, ч
+4	13
–1	15
–7	16
–12	17
–18	18
–23	0
–29	22
–34 и ниже	27

Кабели и разъемы накопителей. В большинстве накопителей на жестких дисках предусмотрены два типа разъемов: интерфейсные разъемы и разъем питания. Разъемы подключения жесткого диска АТА, показанные на рис. 2.13, широко использовались до недавнего времени, но в настоящее время в ПК их заменили разъемы SATA, показанные на рис. 2.14.

**Рис. 2.13.** Разъемы подключения жесткого диска АТА

Через интерфейсные разъемы передаются данные и команды в накопитель и обратно, причем на современных HDD они подключаются с помощью одного кабеля.

Разъемы питания накопителей на жестких дисках имеют D-образную форму, которая выполняет роль ключа и не позволяет произвести неправильное подключение. В большинстве накопителей используются два напряжения питания (5 и 12 В), но малогабаритным моделям, разработанным для портативных компьютеров, достаточно напряжения 5 В. Как правило, от источника в 12 В питается схема управления шпиндельным двигателем и привод головок, а напряжение 5 В поступает на электронные компоненты.

Потребление тока от источника в 12 В зависит от размеров устройства: чем больше отдельных дисков (платтеров) внутри HDD и чем больше диаметр каждого из них, тем большая мощность необходима для приведения их в движение. Кроме того, для получения большей частоты вращения дисков необходимо также увеличивать мощность. Например, потребляемая мощность для накопителей формата 3,5" в среднем примерно в 2–4 раза меньше, чем для полноразмерных устройств формата 5,25". Некоторые накопители особо малых форматов (2,5" и 1,8") потребляют всего около 1 Вт электрической мощности.

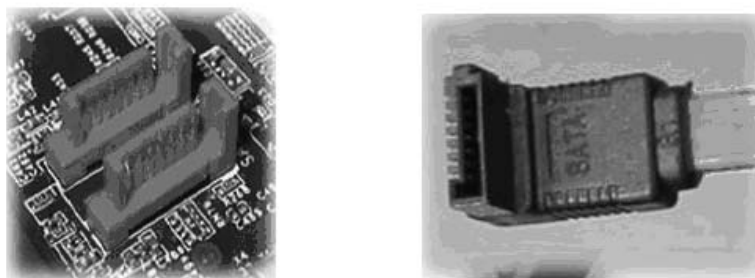


Рис. 2.14. SATA-разъем и вилка

Иногда на корпусе носителя имеется зажим для заземления, который необходим для того, чтобы обеспечить надежный контакт между общим проводом накопителя и корпусом системы. В компьютерах, где накопители крепятся непосредственно к корпусу с помощью металлических винтов, специальный провод заземления не нужен. В некоторых компьютерах накопители монтируются на пластмассовых или стеклотекстолитовых направляющих, которые, естественно, электрически изолируют корпус накопителя от корпуса системы. В этом случае их обязательно нужно соединить дополнительным проводом, подключаемым к упомянутому зажиму.

При плохом заземлении накопителя возникают сбои в его работе, ошибки при считывании и записи и т.п.

SATA (Serial Advanced Technology Attachmen) — последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации. SATA является развитием параллельного интерфейса ATA (IDE), который после появления SATA был переименован в PATA (Parallel ATA).

Первоначально стандарт SATA предусматривал работу шины на частоте 1,5 ГГц, обеспечивающей пропускную способность приблизительно в 1,2 Гбит/с (150 МБ/с). Главным преимуществом SATA перед PATA является использование последовательной шины вместо параллельной. Хотя последовательный способ обмена принципиально медленнее параллельного, в данном случае это компенсируется возможностью работы на более высоких частотах за счет большей помехоустойчивости кабеля.

Разъем SATA использует 7-контактный вместо 40-контактного ATA-разъема. SATA-кабель имеет меньшую площадь, за счет чего уменьшается сопротивление воздуху, обдуваемому комплектующие компьютера, упрощается разводка проводов внутри системного блока.

SATA-кабель за счет своей формы более устойчив к многократному подключению. Питающий шнур SATA также разработан с учетом многократных подключений. Разъем питания SATA подает 3 напряжения питания: +12 В, +5 В и +3,3 В; однако современные устройства могут работать без напряжения +3,3 В, что дает возможность использовать пассивный переходник со стандартного разъема питания IDE на SATA. Ряд SATA устройств поставляется с двумя разъемами питания: SATA и Molex.

Каждое SATA-устройство подключается через отдельный кабель, что снимает проблемы невозможности одновременной работы устройств, находящихся на одном кабеле, и возникавших при этом задержек, устраняет проблему конфликта Slave/Master-устройств и другие проблемы. Стандарт SATA предусматривает «горячую замену» устройств.

SATA-устройства используют два разъема: 7-контактный для подключения шины данных и 15-контактный для (подключение питания).

SAS (Serial Attached SCSI) — последовательный компьютерный интерфейс, разработанный для подключения различных устройств хранения данных, например, жестких дисков и ленточных накопителей. Интерфейс SAS разработан для замены параллельного интерфейса SCSI и основывается во многом на терминологии и наборах

Блок цифровой обработки сигнала (ЦОС) осуществляет очистку считанного аналогового сигнала и его декодирование. Для цифровой обработки применяется метод максимального правдоподобия при неполном отклике *PRML (Partial Response Maximum Likelihood)*. Сущность его состоит в сравнении считанного с диска сигнала S с образцами. Далее образец, наиболее похожий по форме и временным характеристикам на сигнал S , выбирается для дальнейшей обработки.

Блок управления принимает и выполняет внешние команды позиционирования головок. С этой целью используется входящая в состав блока управления система датчиков, которая включает в себя одноосный акселерометр, используемый в качестве датчика удара, трехосный акселерометр, используемый в качестве датчика свободного падения, датчик давления, датчик угловых ускорений, датчик температуры и др.

2.2. НАКОПИТЕЛИ НА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ

Flash-карта, или флеш-память — это устройства, выполненные на одной электрически перепрограммируемой микросхеме (кристалле) и не имеющие подвижных частей. Благодаря невысокой стоимости, большому объему хранимой информации, низкому энергопотреблению, высокой скорости работы, компактности и механической прочности флеш-память встраивают в цифровые портативные устройства и носители информации. Основное достоинство этого устройства в том, что оно энергонезависимое и ему не нужно электричество для хранения данных. Всю хранящуюся информацию во флеш-памяти можно считать бесконечное количество раз, однако количество полных циклов записи ограничено.

Элементарной ячейкой хранения данных флеш-памяти является транзистор с плавающим затвором (ТПЗ). Его конструкция (рис. 2.16) отличается от обычного полевого транзистора наличием «плавающего затвора», представляющего собой проводящую область над диэлектриком (SiO_2), которая изолирована от других частей его структуры. ТПЗ представляет одну ячейку памяти флэш-карты.

Если в ячейке памяти флешки записан логический «0», то в зоне плавающего затвора ТПЗ, представляющего эту ячейку в памяти флешки, отсутствует отрицательный заряд, и при *чтении* из нее информации на затвор и сток транзистора, подаются соответствующие напряжения +5 и +1 В (при заземленном истоке), в результате

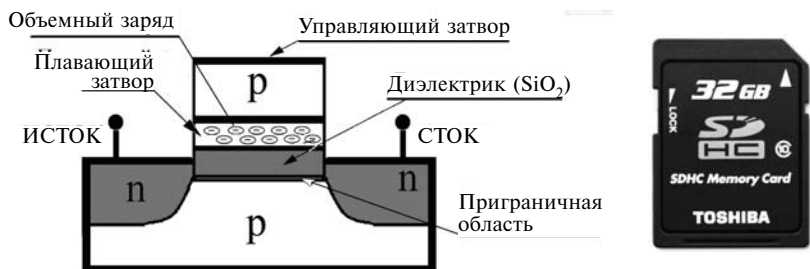


Рис. 2.16. Конструкция (слева) ячейки флеш-RAM и ее внешний вид

чего транзистор открывается и между истоком и стоком протекает ток по приграничному каналу, откуда часть «дырок» вытеснена этим напряжением +5 В. Схема считывания интерпретирует открытое состояние ТПЗ как логический «0».

Если в ячейке записана логическая «1», то в зоне плавающего затвора присутствует отрицательный заряд, и хотя при чтении из нее информации на затвор и сток ТПЗ, подаются те же напряжения, объемный отрицательный заряд не позволяет напряжению +5 В вытолкнуть из приграничной зоны дырки, в результате ТПЗ закрыт и схема считывания интерпретирует это состояние как логическую «1».

Если в ячейку записывается «1», то на сток ТПЗ подается напряжение +12 В, которого оказывается достаточным для того, чтобы электроны смогли преодолеть потенциальный барьер диэлектрика, и направиться (туннелировать) в область плавающего затвора, создавая там отрицательный заряд.

Наконец, если в ячейку записывается «0», то на исток подается напряжение +6 В, а на управляющий затвор –9 В, создающие условия для туннельного перехода электронов из области объемного заряда ТПЗ в область истока.

Самостоятельно электроны не могут преодолеть потенциальный барьер диэлектрика, и поэтому все ячейки памяти могут сохранять свое состояние сколь угодно долго.

USB Flash Drive, или флешка (флэшка, флеш-драйв) – запоминающее устройство, использующее в качестве носителя флеш-память, и подключаемое к компьютеру или иному считывающему устройству по интерфейсу *USB*. Основное назначение *USB*-накопителей – хранение, перенос и обмен данными, резервное копирование, загрузка операционных систем (LiveUSB) и др. На рис. 2.17 показаны внешний вид и следующие функциональные узлы типичной флешки

- 1 – *USB*-разъем (флешка подключается к П);
- 2 – микроконтроллер;

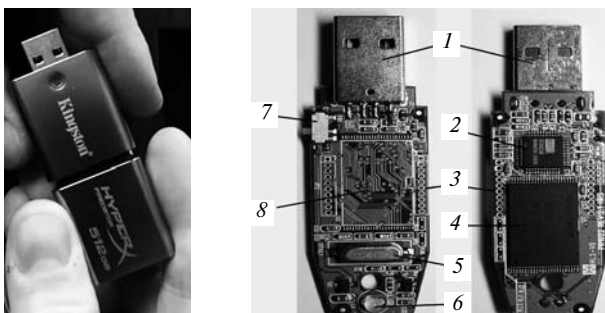


Рис. 2.17. Внешний вид (слева) и основные функциональные узлы флешки

- 3 – контрольные точки;
- 4 – микросхема флеш-памяти;
- 5 – кварцевый резонатор;
- 6 – светодиод;
- 7 – переключатель «защита от записи»;
- 8 – место для дополнительной микросхемы памяти.

На большинстве флешек используется файловая система *FAT32*, или *exFAT*. Для флешек емкостью свыше 64 Гб – файловая система *NTFS*.

Для протокола *USB* предусмотрены четыре типа скоростей передачи данных: *low-*, *full-*, *high-* и *superhigh-speed*, причем стандарт *low-speed*, 10 ± 1500 кбит/с, предусмотрен для подключения клавиатуры, мыши и джойстика, *full-speed*, $0,5 \pm 12$ Мбит/с – для подключения аудио- и видеоустройств, *high-speed*, 25 ± 480 Мбит/с – для подключения видеоустройств и устройств хранения информации. Наконец, с появлением в 2008 г. спецификации *USB 3.0* (рис. 2.18) максимальная скорость передачи данных (*superhigh-speed*) достигла 5 Гбит/с, что на порядок превышает максимальную скорость стандарта *USB 2.0* и позволяет передать 1 Тб менее чем за час.

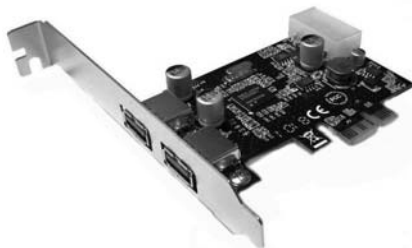


Рис. 2.18. Плата расширения Area SD-PEU3N-2EL (USB 3.0 PCIe card)

Твердотельный SSD-накопитель (Solid State Disk) – энергонезависимое, перезаписываемое компьютерное запоминающее устройство без движущихся механических частей (рис. 2.19). Следует различать твердотельные накопители, основанные на использовании энергозависимой (*RAM SSD*) и энергонезависимой памяти (*Flash* или *NAND SSD*).



Рис. 2.19. Твердотельный SSD-накопитель

Накопители *RAM SSD* характеризуются сверхбыстрым чтением, записью и поиском информации. Их основным недостатком является высокая стоимость. *SSD*-накопители используются для ускорения работы крупных систем управления базами данных и мощных графических станций. Они обычно оснащены аккумуляторами для сохранения данных при потере питания, а более дорогие модели – системами резервного и/или оперативного копирования.

Накопители *NAND SSD* до недавнего времени существенно уступали традиционным накопителям в чтении и записи, но компенсировали это высокой скоростью поиска информации, сопоставимой со скоростью оперативной памяти. Разработанные в настоящее время твердотельные флеш-накопители существенно превосходят по скорости чтения/записи традиционные модели. Важными их дополнительными достоинствами являются относительно небольшие размеры и низкое энергопотребление. По сравнению с жесткими дисками флеш-накопители имеют малый размер и вес, высокую механическую стойкость, меньшее время загрузки системы, меньшую потребляемую мощность, большую производительность (скорость чтения/записи = 270 Мбит/с), в них отсутствуют движущиеся части, шум от движущихся частей и охлаждающие вентиляторы. Кроме того, они сохраняют работоспособность в более широком диапазоне рабочих температур и имеют практически устойчивое время считывания файлов вне зависимости от их расположения или фрагментации.



Рис. 2.20. Стример TS1130

Для резервного копирования жестких дисков используются запоминающие устройства на магнитной ленте (стримеры), одно из которых показано на рис. 2.20. Они обеспечивают самое дешевое хранение данных и могут быть выполнены как в виде внешнего (например, модель *TS1130* на рисунке имеет емкость 1000 Гб), так и в виде внутреннего устройства. Емкость картриджей наиболее продвинутых моделей стриммеров (например, картридж *3592JC/JY*) может достигать 4000 Гб и более.

Для резервного копирования жестких дисков используются запоминающие устройства на магнитной ленте (стримеры), одно из которых показано на рис. 2.20. Они обеспечивают самое дешевое хранение данных и могут быть выполнены как в виде внешнего (например, модель *TS1130* на рисунке имеет емкость 1000 Гб), так и в виде внутреннего устройства. Емкость картриджей наиболее продвинутых моделей стриммеров (например, картридж *3592JC/JY*) может достигать 4000 Гб и более.

2.3. НАКОПИТЕЛИ НА КОМПАКТ-ДИСКАХ

Компакт-диск, CD — представляет собой оптический носитель информации в виде пластикового диска с отверстием в центре. Процесс записи/считывания *CD*-информации осуществляется при помощи лазера. Емкость компакт-диска обычно составляет 700 Мб.

Конструктивно *CD* представляет поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм и диаметром 120 мм, покрытую тонким слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.) и защищенного слоем лака.

Дорожка с записанными на нее данными выглядит под микроскопом так, как показано на рис. 2.21, *а*, т.е. состоит из мельчайших впадин (питов) и «островков». Питы и островки представляют на *CD* нули и единицы, несущие двоичный код записанной на нем информации.

На схеме устройства считывания/записи *CD* (рис. 2.21, *б*), приняты следующие обозначения: 1 — компакт-диск, 2 — «впадина», 3 — «островок», 4 — светопрозрачное покрытие, защищающее данные на *CD*, 5 — записывающая поверхность, 6 — защитный слой, 7 — фокусирующий объектив, 8 — лазерный луч, 9 — преломляющая призма, 10 — фотодетектор, 11 — лазерное устройство, 12 — двигатель, вращающий блок.

При вращении шпинделя данные с диска читаются при помощи лазерного луча, причем путь острия этого луча похож на спиральный путь иглы по поверхности пластинки обыкновенного проигрывателя.

Попадая на островок или впадину, луч отражается и считывается фотодиодом, который измеряет его силу и затем преобразует в поток импульсов различной интенсивности и длительности.

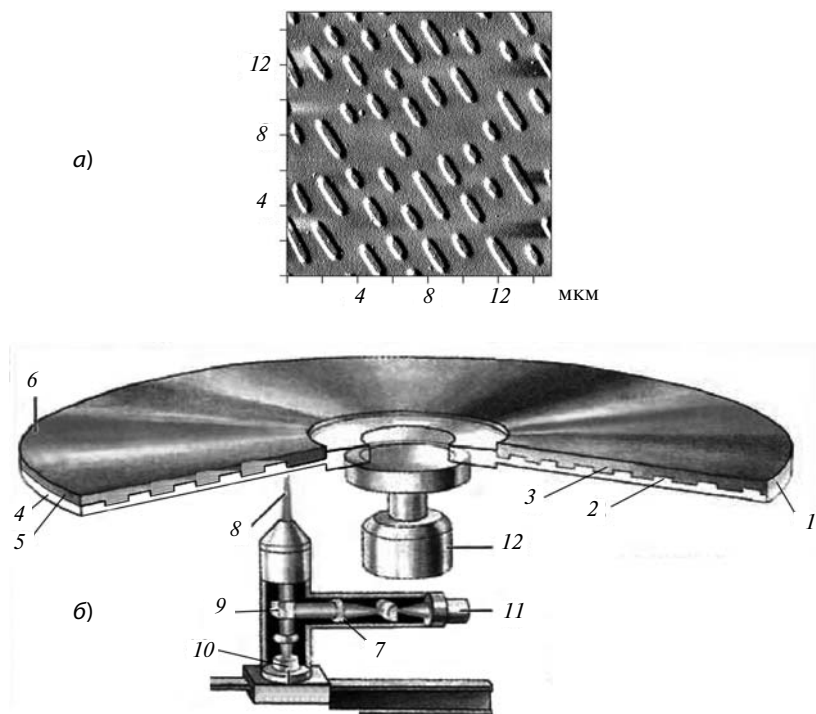


Рис. 2.21. Увеличенный вид дорожки CD (а)
и устройсто доступа к CD (б)

Так как диск читается с нижней стороны, каждый пит выглядит для лазера как возвышение. Места, где такие возвышения отсутствуют, называются площадками. Более мощный импульс отражается от площадки и соответствует цифре 1. Лазерный луч, попавший на пит, отражает меньше света. Он соответствует цифре 0. Затем все отраженные лучи и импульсы обрабатываются, преобразуясь в исходный звук или изображение, записанное на CD.

DVD (Digital Versatile Disc – цифровой многоцелевой диск; Digital Video Disc – цифровой видеодиск) – носитель информации, выполненный в виде диска, внешне схожий с компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объем информации за счет использования лазера с меньшей длиной волны, чем для обычных компакт-дисков.

Фактически каждый накопитель DVD-ROM является дисководом CD-ROM, т.е. накопители этого типа могут читать как обычные компакт-диски, так и DVD. Цифровые универсальные диски

используют ту же оптическую технологию, что и компакт-диски, и отличаются только более высокой плотностью записи. Диски CD-ROM могут содержать максимум 800 Мб данных, DVD-диски могут содержать до 4,7 Гб (однослойный диск) или 8,5 Гб (двухслойный диск).

В соответствии с оригинальным стандартом, DVD является односторонним, однослойным диском и содержит 4,7 Гбайт информации. DVD-диск имеет такой же диаметр, как современные компакт-диски, однако он в два раза тоньше (0,6 мм). Применяя сжатие MPEG-2, на новом диске можно разместить 135 минут видео – полнометражный фильм с тремя каналами качественного звука и четырьмя каналами субтитров.

Данные на DVD записываются секторами: по 2 кб в секторе, поэтому точное значение емкости DVD можно определить умножением 2048 на число секторов на диске. Производители обычно придерживаются числа 2 298 496 секторов, что соответствует емкости их DVD, приведенной в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Емкости различных типов DVD-дисков

Тип диска (12 см)	Емкость, байт	Десятичные единицы		
		кб	Мб	Гб
1-слойный <i>DVD-RAM</i>	4 700 307 456	4 700 307,456	4700,307	4,700
1-слойный <i>DVD-R(W)</i>	4 707 319 808	4 707 319,808	4707,320	4,707
1-слойный <i>DVD+R(W)</i>	4 700 372 992	4 700 372,992	4700,373	4,700
2-слойный <i>DVD-R</i>	8 543 666 176	8 543 666,176	8543,666	8,544
2-слойный <i>DVD+R</i>	8 547 991 552	8 547 991,552	8547,992	8,548

Blu-ray-диск, *BD-диск* – оптический носитель, используемый для записи и хранения цифровых данных с повышенной плотностью. Название технология получила благодаря сине-фиолетовому цвету лазера с длиной волны 405 нмМ. Достижимая при этом точность позиционирования луча позволила в сравнении с технологией DVD не только уменьшить ширину цифровой дорожки вдвое, но и увеличить плотность записи данных на носителе, и все это при увеличении скорости чтения/записи. Внешне диск формата BD не отличается от привычного DVD, но способен вмещать от 25 до 320 Гб информации в зависимости от количества слоев соответственно от 1 до 10. Емкость 320 Гб достигнута благодаря повышению прозрачности слоев (первый слой прозрачен на 90%), из которых состоит диск, без увеличения мощности лазера, причем их можно читать и записывать с помощью уже выпускаемых моделей приводов.

Основные этапы производства компакт-дисков. При массовом коммерческом производстве компакт-диски изготавливаются штамповкой или прессованием этапами:

1. *Нанесение фоторезисторного слоя.* Круглая пластина из полированного стекла диаметром 240 мм и толщиной 6 мм покрывается слоем фоторезистора толщиной около 150 микрон, после чего обжигается при температуре 80° С (176 F) в течение 30 мин.

2. *Лазерная запись.* Лазерный самописец (Laser Beam Recorder – LBR) посылает импульсы синего или фиолетового света, которые засвечивают и размягчают определенные участки фоторезисторного слоя стеклянного мастер-диска.

3. *Формирование мастер-диска.* Обработанный стеклянный диск погружается в раствор гидроксида натрия (едкого натра), который растворяет экспонированные лазером участки, формируя тем самым впадины в фоторезисторном слое.

4. *Электролитическое формование.* С помощью процесса, называемого *гальванопластикой*, ранее подготовленный мастер-диск покрывается слоем никелевого сплава. В результате создается металлический мастер-диск, получивший название *родительского диска* (*father*).

5. *Разделение мастер-диска.* Затем металлическая матрица отделяется от стеклянного мастер-диска. Матрица представляет собой металлический мастер-диск, который уже может использоваться для изготовления небольших партий дисков, так как матрица изнашивается очень быстро.

Разделение мастер-диска зачастую приводит к повреждению стеклянной основы, поэтому методом гальванопластики создают еще несколько негативных копий диска (которые называются *материнскими* (*mother*)). Негативные копии мастер-диска впоследствии применяются для создания рабочей матрицы, используемой в процессе массового тиражирования компакт-дисков. Это позволяет штамповать большое количество дисков, без повторения процесса формирования стеклянного мастер-диска.

6. *Штамповка диска.* Металлическая рабочая матрица применяется в литейной машине для формирования принципа отображения данных (впадин и площадок) в расплавленной поликарбонатной массе объемом около 18 грамм, при температуре 350° С (или 662 F). При этом сила давления достигает примерно 20 000 фунтов на квадратный дюйм. Как правило, в современных термических штамповочных прессах на изготовление каждого диска уходит не более трех секунд.

7. *Металлизация.* Для создания отражательной поверхности на отштампованный диск посредством напыления наносится тонкий (0,05–0,1 микрона) слой алюминия.

8. *Защитное покрытие.* Для защиты алюминиевой пленки от окисления на металлизированный диск с помощью центрифуги наносится тонкий (6–7 микрон) слой акрилового лака, затвердевающего под действием ультрафиолетовых лучей.

9. *Конечный продукт.* В завершение на поверхность диска методом трафаретной печати наносится текст этикетки или какое-либо изображение, также высыхающее под действием ультрафиолетовых лучей.

Фактически каждый накопитель DVD-ROM является дисководом CD-ROM, т.е. накопители этого типа могут читать как обычные компакт-диски, так и DVD. Цифровые универсальные диски используют ту же оптическую технологию, что и компакт-диски, и отличаются только более высокой плотностью записи. Диски CD-ROM могут содержать максимум 800 Мб данных, DVD-диски могут содержать до 4,7 Гб (однослойный диск) или 8,5 Гб (двуслойный диск).

DVD является односторонним однослойным диском и содержит 4,7 Гб информации. По структуре данных они бывают трех типов: *DVD-видео*, которые содержат фильмы; *DVD-Audio*, которые содержат аудиоданные гораздо более высокого качества, чем на аудиокомпакт-дисках и *DVD-Data*, которые содержат любые данные.

Технология DVD очень похожа на технологию компакт-дисков. В обеих технологиях используются штампованные поликарбонатные диски одного и того же размера со спиральными дорожками, состоящими из впадин и площадок. Однако DVD-диски могут иметь два слоя записи на каждой стороне и быть одно- или двухсторонними. Технологический процесс изготовления *DVD*-дисков практически не отличается от *CD*, различие в том, что слои и стороны *DVD* штампуются из отдельных поликарбонатных заготовок, которые затем соединяются друг с другом, формируя законченный диск.

Основным различием стандартных компакт-дисков и DVD является более высокая плотность записи данных, что поясняет рис. 2.22. Данные считываются лазером с более короткой длиной волны (красный лазер с длиной волны 650 нанометров).

Каждый слой *DVD* содержит одну физическую дорожку, которая начинается на внутренней части диска и доходит по спирали к внешней части. Каждый записанный слой покрывается тонкой металлической пленкой, отражающей лазерный луч. Внешний слой

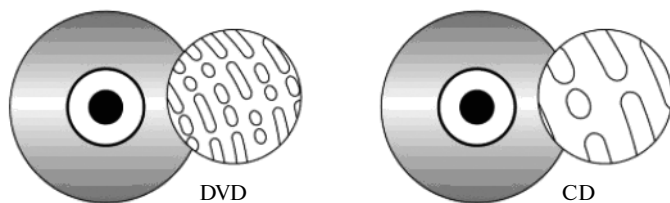


Рис. 2.22. Сравнение плотности записи дисков DVD (слева) и CD (справа)

имеет более тонкое покрытие, луч проходит через него и считывает данные, которые записаны на внутреннем слое.

Считывание информации представляет собой процесс регистрации колебаний луча маломощного лазера, отраженного от металлического слоя диска. Лазер посылает сфокусированный луч света на нижнюю часть диска, а светочувствительный рецептор улавливает уже отраженный луч. Луч лазера, попавший на площадку (плоскую поверхность дорожки), отражается обратно; в свою очередь луч, попавший во впадину на дорожке, обратно не отражается.

Глубина отдельных впадин, образующих дорожку компакт-диска, равна 0,105 микрона, а ширина — 0,4 микрона. Минимальная длина впадин или площадок составляет примерно 0,4 микрона, максимальная — 1,9 микрона (на однослойных дисках).

Существуют однослойные и двухслойные, а также односторонние и двухсторонние версии DVD. Двухсторонние диски представляют собой два односторонних диска, склеенных тыльными сторонами друг с другом, причем длина питов двухслойных дисков немного больше, что приводит к незначительному уменьшению емкости диска.

Спиральная дорожка разделена на секторы по 2048 байт, причем каждый сектор помещается внутрь кадра, который кроме указанных 2048 байтов данных содержит идентификационную информацию (4 байта), помехоустойчивые коды обнаружения ошибок (6 байт) и данные относительно авторского права на носитель (6 байт). Частота следования кадров при чтении/записи составляет 676 герц.

Спецификации и стандарты DVD.

Спецификация DVD-R (DVD минус R) описывает формат однократно записываемых дисков, которые выпускаются двух типов: диски общего назначения и диски для *авторинга*. Первые в отличие от вторых содержат встроенную систему защиты от нелегаль-

ного копирования. Диски общего назначения можно записывать на обычном *DVD*-рекордере. Авторинговые диски записываются на специальных рекордерах и не содержат защиты от нелегального копирования, а используются только для последующего тиражирования на заводах. Объем *DVD-R* общего назначения — 4,7 Гб.

DVD-RW (*DVD* минус *RW*) — это формат перезаписываемых *DVD* дисков. Один *DVD-RW* носитель можно стирать и записывать до 1000 раз. Объем данного диска также составляет 4,7 Гб.

Спецификации *DVD+R(W)* появились значительно позже спецификации *DVD*-минус, поэтому технически диски *DVD*-плюс более совершенны. По аналогии с форматом «минус» данные диски выпускаются однократно записываемыми (*DVD+R*) и перезаписываемыми (*DVD+RW*). Один носитель *DVD+R(W)* вмещает также 4,7 Гб информации. *DVD+RW* диски поддерживают до 1000 циклов перезаписи.

Спецификации *DVD-R(W)* и *DVD+R(W)* несовместимы, однако считываться записанные диски могут в большинстве современных *DVD*-проигрывателей. *DVD-R(W)* сложнее изготавливать, так как требуется производить два технологических цикла вместо одного, а также решать проблемы с очень высокой точностью записи. Диск *DVD+R(W)* передает в привод запись лучшего качества записи, поскольку использует алгоритм оптимального управления мощностью лазера. Количество регулируемых параметров для обоих форматов дисков одинаково, однако в носителях *DVD+R(W)* параметры задаются с большей точностью. Кроме того, в формате «плюс» можно задавать параметры для четыре различных скоростей записи, тогда как в формате «минус» — только для одной (известно, что параметры записи зависят от скорости). Имеются и другие преимущества формата «плюс», обусловленные большей точностью технологических процессов его создания.

Таким образом, формат *DVD* «плюс» с точки зрения технических характеристик более привлекателен. Он позволяет легче реализовывать запись данных на диск с более высокой скоростью. Запись информации на *DVD+R(W)*-носители происходит с более высоким качеством за счет получения приводом более точных параметров записи от самого диска. Объем служебной информации, которая появляется при многосессионной записи, на *DVD+R(W)*-дисках ниже, чем на *DVD-R(W)*. И наконец, *DVD+R(W)*-диски позволяют производить более точное сопряжение данных, если запись была приостановлена.

Стандарт HD DVD, также известный как *AOD (Advanced Optical Disc)*, описывает формат оптических дисков, использующих синий лазер для обеспечения высокой емкости. Диск *HD-DVD-R* вмещает до 15 Гбайт на однослойном диске и 30 Гбайт — на двухслойном, а диск *HD-DVD-RW* вмещает до 20 Гбайт и 32 Гбайт соответственно.

Спецификация *Orange Book* описывает формат многосессионной записи. *Сессия* представляет собой нулевую дорожку, за которой следуют одна или несколько звуковых или информационных дорожек, завершенные конечной областью — зоной. Нулевая дорожка занимает на диске 4500 секторов (1 мин или около 9,2 Мб данных). Данные, расположенные на нулевой дорожке, указывают, является ли этот диск многосессионным, а также определяют следующий записываемый адрес диска. Первая конечная область занимает 6750 секторов. В многосессионных дисках любые последовательные конечные области занимают 2250 секторов, причем на многосессионном диске каждая сессия имеет собственную нулевую дорожку и конечную зону, что является обязательным для каждой сессии.

Стандарт *Orange Book* определяет три основных режима записи: *Disk-at-Once*, *Track-at-Once* и режим пакетной записи.

Режим *Disk-at-Once* является односессионным режимом, при котором нулевая дорожка, дорожки данных и конечная область диска записываются в течение одной операции без отключения записывающего лазера, и после записи содержимое диска не подлежит изменению.

Режим *Track-at-Once* обычно используется для записи многосессионных дисков, при котором каждая дорожка сессии записывается отдельно (лазер включается и выключается), после чего сессия закрывается. *Закрытие сессии* представляет собой процесс такой записи конечной области, чтобы к этой сессии уже нельзя было добавить дополнительные дорожки. *Закрытие диска*, в свою очередь, означает невозможность записи дополнительных сессий.

Метод «*пакетная запись*» используется для выполнения нескольких записей на одной дорожке, что позволяет уменьшить нерационально используемое дисковое пространство. В каждом пакете используются четыре сектора для входа, два для выхода и один для связывания. Пакеты могут иметь фиксированную или переменную длину, но большинство накопителей, как и программы пакетной записи, используют фиксированную длину, упрощая тем самым способы обработки пакетов.

Для работы с пакетной записью специально разработан универсальный дисковый формат *UDF (Universal Disk Format)*, позволяю-

ший работать с компакт-дисками практически так же, как и с гибкими дисками большой емкости. Этот формат имеет целый ряд преимуществ по сравнению с файловой системой *ISO 9660*. Файловая система *UDF* поддерживает имена файлов длиной до 255 символов.

Совершенствованный стандарт Mount Rainier позволяет ввести метод пакетной записи в ОС в качестве служебной программы, что обеспечивает поддержку обработки ошибок данных, необходимую для полноценного использования накопителей в качестве ЗУ со сменными носителями. Стандарт Mount Rainier – это файловая система, которая используется операционной системой Macintosh. Она может применяться и в накопителях CD-ROM, однако диски этого формата несовместимы с ПК. В целом можно записать комбинированные диски, использующие одновременно файловые системы Joliet и *HFS* или *ISO 9660* и *HFS*. В этом случае диски будут читаться как PC, так и компьютерами Mac. Операционная система способна видеть только совместимый с ней диск (для PC это диски формата *ISO 9660* или Joliet).

Стандарт Photo CD относится к так называемым фотодискам – дискам и накопителям *CD-R*, используемым для хранения фотографий. Стандарт позволяет выполнять просмотр фотографий с помощью телевизора. Тип фотодиска определяет сферу его использования: профессиональный мастер-фотодиск хранит изображение высокого разрешения, образцовый фотодиск применяется для создания мультимедийных презентаций, фотодиск-каталог, печатный фотодиск предназначен для полиграфистов и т.д.

Диск стандарта White Book может сохранять видеоданные в формате *MPEG-1*, а также цифровые звуковые данные в формате *ADPCM* общим объемом до 74 мин звучания на одном компакт-диске. Его расширенная версия (*Super Video CD 1.0*) поддерживает многоязычный интерфейс, может сохранять видеоданные в формате *MPEG-2*.

Стандарт *ISO 9660* обеспечивает полную совместимость различных компьютеров и операционных систем. Это стандарт, созданный на основе формата High Sierra. Стандарт *ISO 9660* имеет три уровня обмена, которые определяют параметры, обеспечивающие совместимость с различными системами. Уровень 1 стандарта *ISO 9660* представляет собой объединяющий формат файловых систем CD, совместимый практически со всеми компьютерными платформами, включая UNIX и Macintosh. Основным недостатком этой файловой системы является наличие следующих ограничений, относящихся к структуре каталогов и именам файлов:

- имена файлов могут содержать только прописные буквы A-Z, цифры 0-9 и символ подчеркивания «_»;
- максимальное количество символов имени и расширения файлов — 8.3 (на основе ограничений DOS);
- максимальная длина имени каталога составляет восемь символов (расширения не допускаются);
- допускается не более восьми подкаталогов;
- файлы должны быть непрерывными.

Система шифрования видеоданных

Основная защита дисков *DVD-Video* обеспечивается системой шифрования видеоданных (*Content Scrambling System* – CSS).

Система CSS, разработанная компанией Matsushita (Panasonic), используется для цифрового шифрования аудио- и видеоданных на *DVD-Video*. Для дешифрования необходима пара 40-разрядных (5-байтовых) ключей (числовых кодов). Один из ключей является уникальным кодом диска, а второй необходим для набора заголовков (*VTС*-файл). Ключи диска и заголовка находятся в зашифрованном виде на нулевой дорожке диска. Код CSS и запись ключа формируются во время изготовления стеклянного мастер-диска и являются частью технологического процесса.

Файлам видеодиска обычно присваиваются имена формата *VTС_хх_уу.VOB* (видеообъект), где «хх» является номером заголовка, а «уу» — номером раздела. Обычно файлы одного кинофильма имеют один и тот же номер заголовка, причем весь фильм разбивается на несколько фрагментов объемом 1 Гб и менее, которые имеют различные номера разделов. Эти фрагменты, представляющие собой файлы с расширением «.VOB», содержат потоки шифрованных аудио- и видеоданных, которые чередуются друг с другом. Файлы с расширением «.IFO» содержат информацию, используемую DVD-проигрывателем для декодирования аудио- и видеоданных в файлы «.VOB».

Основные характеристики накопителей CD-ROM/DVD, приводимые в документации к ним, — это скорость передачи и время доступа к данным, наличие внутренних буферов и их емкость, а также тип используемого интерфейса.

2.4. МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ДИСКИ

Магнитооптические (МО) диски — это один из самых надежных способов сохранения информации. Длительное хранение обеспечивает особая технология записи данных, состоящая в следующем. Лазерный луч в МО-накопителе нагревает ферромагнетик накопителя до точки Кюри (200°C), а затем электромагнитные силы изменяют намагниченность дискретной структуры диска, создавая островки и впадины, эквивалентные записи на *CD*.

При чтении тот же лазер, направленный на дорожку с данными, работает на меньшей мощности, а его отражение фиксируется датчиком считывающей головки. Скорость чтения в магнитооптических приводах составляет несколько мегабайт в секунду, скорость же записи — в несколько раз меньше, поскольку запись требует больших затрат времени на нагрев материала накопителя.

Чтение и запись МО-дисков осуществляется на МО-накопителях, которые подобно обычным дисковым системам используют технологию произвольного доступа к данным. Этим они выгодно отличаются от ленточных накопителей. Емкость МО-дисков от 128 Мб до 5,2 Гб. Основное преимущество данной технологии перед остальными, включая высокоскоростные, — надежность хранения, выраженная в устойчивости к механическому и магнитному воздействию. Поэтому магнитооптические диски широко применяются для резервного копирования данных, чем создают серьезную конкуренцию на этом рынке ленточным устройствам, несмотря на свою высокую стоимость.

Накопители на МО-дисках поддерживаются ОС Solaris, которая предъявляет к ним следующие требования: 1) размер блока данных должен быть равным 512 байт/сектор и 2) накопитель должен работать в режиме «прямого доступа».

За последние 10 лет технология хранения информации по оптическому принципу записи шагнула далеко вперед. Разработанные в эти годы технологии *UDO* (*Ultra Density Optical*, компания *Plasmon*) на красном лазере и *UDO2*, основанная на принципе ультраплотной записи голубым лазером, привели к созданию: 1) высоконадежных *UDO*-дисков размером 30–60 Гб и *UDO*-дисков следующего поколения до 500 Гб и 2) пополняемых МО-библиотек на их основе с использованием концепции *хранилища данных*, причем возможность случайного или умышленного удаления информации с этих дисков исключена на физическом уровне.

Вторым важным преимуществом технологий *UDO* является то, что они обеспечивают оперативный доступ к данным *UDO*-храни-

лища, причем информация на *UDO*-носителе сохраняется не менее 50 лет. Доступ к данным осуществляется непрерывно, причем показатель времени доступа, которое обеспечивает *UDO*-привод, в 4 раза лучше, чем у предшественников.

Современный уровень развития информационных технологий требует наличия универсального накопителя, не только превосходящего по объему жесткие диски и ленточные картриджи, но и выполняющего запись и считывание данных с гораздо большей скоростью. Данную проблему успешно решают устройства на основе голографических технологий. В отличие от существующих методов записи информации на поверхность диска, указанная технология позволяет использовать всю толщину материала, а не только его поверхность. Помимо многократного увеличения плотности записи, голографическая технология предоставляет возможность повысить скорость считывания информации с носителя до 1 Мбит за один «машинный отсчет».

Первое поколение голографических носителей появилось в сентябре 2006 г. и получило название *Tapestry*. Один диск *Tapestry* емкостью 300 Гб, записанный потоком 160 Мбайт/с, способен хранить до 26 часов видеоматериала в качестве, приемлемом для телевидения. На рис. 2.23 показан голографический диск в момент его записи [И25].

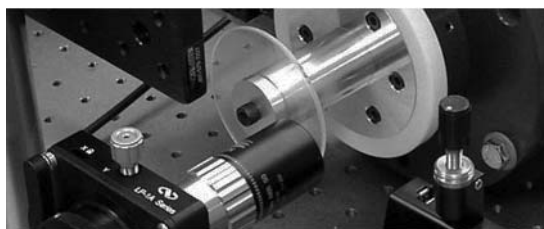


Рис.2.23. Запись голографического диска

МО-диски широко применяются для хранения, резервного копирования, архивирования и других операций с информацией. Они размещаются внутри устройств с автоматической подачей дисков, таких как автоматы *Juke Box*, поддерживающих работу с информацией больших объемов. Указанные автоматы манипулируют МО-дисками, снимая их с полок хранения и вставляя в дисковод. Особенно они полезны при работе с базами данных, размещенными на двух и более дисках. Еще более очевидна выгода от таких устройств, если магнитооптический накопитель является разделяемым ресурсом сети.

Контрольные вопросы

1. Накопители информации, классификация.
2. Принцип действия магнитной записи, понятие битовой ячейки.
3. Организация записи и считывания информации с магнитного диска.
4. Основные узлы накопителей на жестких дисках.
5. Конструктивное исполнение жестких дисков.
6. Головки чтения/записи, конструктивное исполнение, основные типы.
7. Принцип работы магниторезистивной головки.
8. Конструкция каркаса с головками чтения/записи, организация работы.
9. Автоматическая парковка головок, назначение, организация работы.
10. Форматирование низкого уровня и геометрия HDD, назначение, структура расположения секторов.
11. Организация системы адресации CHS и LBA (Logical block addressing).
12. Системы со специализированным диском, назначение, принцип действия.
13. Воздушные фильтры жестких дисков, назначение, принцип действия.
14. Виды кабелей и разъемов накопителей (разъемы подключения жесткого диска ATA, SATA, PATA, SAS).
15. Выполнить анализ характеристик HDD.
16. Флеш-память, назначение, принцип организации.
17. USB Flash Drive, назначение, функциональные узлы, скорость передачи данных.
18. Твердотельный SSD-накопитель (Solid State Disk), назначение, особенность конструктивного исполнения.
19. Компакт-диск, назначение, принцип организации.
20. Основные этапы производства компакт-дисков.
21. Технология DVD.
22. Спецификации и стандарты DVD.
23. Спецификация и стандарт Orange Book.
24. Стандарт Mount Rainier, стандарт Photo CD.
25. Диск стандарта White Book, стандарт ISO 9660.
26. Защита информации на внешних ЗУ.
27. Магнитооптические (MO) диски, назначение, принцип организации.

3. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

3.1. УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ

3.1.1. Оптико-механические манипуляторы

В группе оптико-механических манипуляторов рассмотрим назначение, конструкцию и характеристики следующие устройств: компьютерная мышь, джойстик и дигитайзер.

Компьютерная мышь представляет собой механический манипулятор, преобразующий движение в управляющий сигнал. В частности, сигнал может быть использован для позиционирования курсора или прокрутки страниц текста при работе с текстовым процессором. Мышь получила широкое распространение в связи с появлением графического интерфейса пользователя на персональных компьютерах. Во всех случаях ее основная задача — это управлять движением курсора по экрану.

Исторически первой появилась механическая мышь — устройство на основе шарика и нескольких датчиков его перемещения (рис. 3.1). Шарик при перемещении мыши катается по столу, и его вращение принимает пара роликов, вращающихся вокруг двух взаимно перпендикулярных осей вместе прикрепленными к ним дисками. Вращение дисков фиксируется оптопарами с помощью радиальных щелей, прорезанных в дисках. Когда ролик вращается, щели попеременно то открывают путь свету в оптопаре, то закрывают. Посчитав количество импульсов на фототранзисторе оптопары, «мышь узнает», на какое расстояние прокатился шарик. Для того чтобы определить направление вращения, нужна вторая оптопара. Фототранзистор (черный кубик) двоярный, в нем два чувствительных элемента расположены рядом, поэтому фиксируется и направление, и расстояние.

В настоящее время мыши с шариковым датчиком вышли из употребления — им на смену пришли оптические мыши, которые могут работать практически на любой поверхности и не требуют периодической очистки от грязи как обычные механические мыши.

В современных оптических мышах используется так называемая технология оптической корреляции, в которой небольшая видеокамера с частотой обычно более 1 кГц производит фотогра-

фирование поверхности, подсвеченной светодиодом, и сравнивая покадрово изображения, определяет направление перемещения мыши. Поверхность, по которой перемещается мышь (ткань, дерево, пластик или специальный коврик), обычно имеет микронеровности. Эти микронеровности освещаются ярким светодиодом, установленным под небольшим углом к поверхности, из-за чего микронеровности отбрасывают отчетливые тени, которые уверенно фиксируются камерой мыши и обрабатываются специализированной микросхемой.

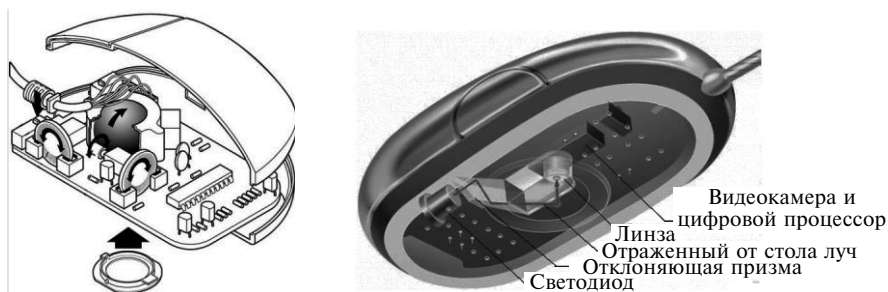


Рис. 3.1. Механическая (слева) и оптическая мышь

В оптических мышах обычно применяются красные светодиоды, так как они дешевле и кремниевые фотоприемники более чувствительны именно к красному свету, реже встречаются светодиоды других цветов.

Недостаток оптических мышей — это повышенная потребляемая мощность по сравнению с механическими и лазерными.

В лазерных мышах для подсветки поверхности используется не светодиод, а инфракрасный лазерный диод, подсвечивающий поверхность. Из-за когерентности лазерного излучения фокусировка на рабочей поверхности осуществляется гораздо точнее и для работы этой мыши требуются микронеровности поверхности с гораздо меньшим размером, чем это необходимо для оптической мыши.

Существуют три способа подключения мыши к компьютеру. Большинство мышей подключаются к порту PS/2, которыми оснащены все современные компьютеры. В более старых компьютерах мыши подключаются к последовательному порту. Некоторые мыши подключаются через USB-порт (таким способом подключаются к компьютеру лазерные мышки). Только новые компьютеры имеют такой порт.

Разрешающая способность мышей обычно составляет около 600 dpi (dotperinch — точек на дюйм). Это означает, что при переме-

нении мыши на 1 дюйм (2,54 см) указатель мыши на экране перемещается на 600 точек.

Мыши имеют обычно две кнопки управления, которые используются при работе с графическим интерфейсом программ. В настоящее время появились мыши с дополнительным колесиком, которое располагается между кнопками. Оно предназначено для прокрутки вверх или вниз не уместающихся целиком на экране изображений, текстов или Web-страниц.

Джойстик, показанный на рис. 3.2 слева, представляет собой манипулятор в виде штурвала, который используется в компьютерных играх. Джойстики управляют перемещениями курсора по экрану. С целью обеспечения эргономических требований ручка джойстика имеет форму, повторяющую рельеф кисти руки при обхвате ручки.



Рис. 3.2. Джойстик (слева) и тачпад ноутбука

В тренажерах широко применяется джойстик с силовой обратной связью на события, происходящие на экране. Например, если в ходе игры вы ведете машину по ухабистой дороге под вражескими пулями, то джойстик дрожит в руке, и вы чувствуете, как пули попадают в автомобиль. В джойстиках управление аналоговое, т.е. сила воздействия на управляемый объект прямо пропорциональна уровню наклона ручки. Для правильного функционирования джойстик необходимо откалибровать по вертикали и горизонтали с помощью двух колесиков.

Тачпад (сенсорная площадка), показанная справа на рис. 3.2, представляет собой указательное устройство ввода, которое в ноутбуках заменяет мышь. Конструктивно сенсорная панель состоит из пакета печатных плат, на каждой из которых расположены плоские индуктивно-емкостные элементы, соединенные в последователь-

ные цепочки по строкам и столбцам так, что образуют матрицу. Матрицы всех изолированных друг от друга печатных плат совмещены и скоммутированы так, что выходы строк и столбцов i -й печатной платы соединены с входами строк и столбцов $(i+1)$ -й печатной платы. Как и другие указательные устройства, тащпад используется для управления «указателем» путем перемещения пальца по поверхности устройства.

Дигитайзер, или графический планшет, показанный на рис. 3.3 слева, представляет собой устройство для оцифровки графических изображений, позволяющее преобразовывать в векторный формат изображение, полученное в результате движения руки оператора. Первоначально дигитайзер был разработан для приложений систем автоматизированного проектирования, и его задачей было определение точных значений координат большого количества точек. В отличие от мыши дигитайзер способен точно определять и обрабатывать абсолютные координаты в динамике, причем получаемое изображение фиксируется на диске в виде графического файла.

Дигитайзер состоит из двух элементов: основания (планшета) и устройства указания, или пера, перемещаемого по поверхности основания. При нажатии на кнопку курсора или пера его положение на поверхности планшета фиксируется и координаты передаются в компьютер.

Принцип действия дигитайзера основан на регистрации местоположения курсора с помощью встроенной в планшет сетки из печатных проводников. Шаг сетки бывает от 3 до 6 мм, причем регистрируется локальное изменение электрического потенциала сетки под курсором до ближайших к нему линий сетки по осям декартовой системы координат, что позволяет получить разрешение дигитайзера порядка 100 линий на миллиметр.

2D-дигитайзеры подразделяются на электростатические и электромагнитные в зависимости от механизма определения местоположения устройства указания.

Одной из разновидностей дигитайзера является *рисовальный* планшет, представляющий панель, под которой расположена электромагнитная решетка. Штрих в центре (в углу) планшета мгновенно отображается в центре (в том же углу) экрана монитора, т.е. в планшете реализован принцип абсолютного позиционирования. Некоторые модели таких планшетов обладают чувствительностью к нажиму, позволяя рисовать «ширные» и «волосяные» линии. Специальная пластмассовая пленка, прилагаемая к планшету, позволяет копировать подложенные под нее изображения на бумажных

оригиналах. Планшеты подключаются к последовательному порту персонального компьютера.

Графический планшет может иметь различные форматы: от A2 для профессиональной деятельности и меньше — для более простых работ. В настоящее время получили широкое распространение планшеты, представляющие собой настольное устройство, способное отображать объекты небольших и средних размеров в виде точных трехмерных файлов. Примером может служить механический прибор для оцифровки трехмерных объектов *MicroScribe-3D*, показанный справа на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Плоский (слева) и 3D-дигитайзеры

Механические 3D-дигитайзеры обладают высокой точностью и относительно низкой стоимостью. Принцип их работы заключается в следующем: контуры оцифровываемого объекта обводятся прецизионным шупом, положение которого замеряется механическими датчиками. Затем, используя массив трехмерных координат, специальная программа строит каркасную модель объекта, показанную на рис. 3.4.

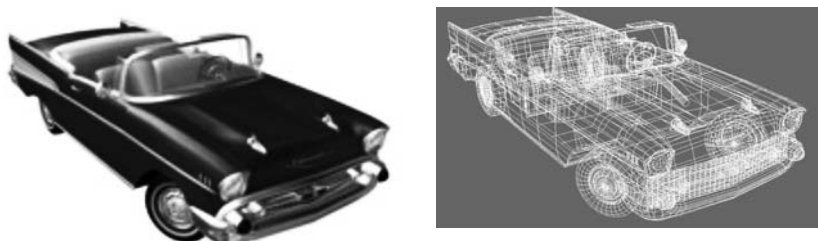


Рис. 3.4. Рисунок объекта (слева) и его 3D-модель

Поскольку данные дигитайзеры являются ручными устройствами, их использование требует четкой координации движений и внимательности. Получаемые с их помощью результаты не зависят

от погодных условий, уровня шума, наличия электромагнитных полей. Тип поверхности также не имеет значения. Существуют и другие модели 3D-дигитайзеров: ультразвуковые, электромагнитные и лазерные.

Ультразвуковые 3D-системы наименее точны в использовании, наименее надежны и наиболее восприимчивы к геометрическим искажениям. Вследствие того что скорость звука зависит от воздушного давления, температуры и других атмосферных условий, эффективность ультразвуковых систем может изменяться вместе с погодой. Кроме того, они восприимчивы к работе различного оборудования, например шуму ламп дневного света. В идеальных условиях абсолютная погрешность полученных результатов составляет 1,4 мм. Подобные сканеры применяются в основном в медицине и при оцифровке скульптур.

Электромагнитные 3D-дигитайзеры по принципу действия аналогичны предыдущим, но вместо звуковых волн здесь используются электромагнитные. Результат работы этих сканеров не зависит от погодных условий, но находящиеся поблизости металлические предметы, компьютеры или другое оборудование или источники магнитного поля снижают точность измерений. Естественно, что подобные системы не могут оцифровывать металлические объекты. Даже в специальных помещениях, не содержащих ничего металлического, погрешность магнитных систем составляет не менее 0,7 мм.

Лазерные 3D-дигитайзеры обладают самой высокой точностью, но область их применения имеет значительные ограничения. Они в 10–100 раз дороже, чем системы механической оцифровки, такие, как MicroScribe-3D. Большие трудности вызывает сканирование объектов с зеркальными, прозрачными и полупрозрачными поверхностями, а также предметов большого размера либо имеющих впадины или выступы, препятствующие прямому прохождению лазерного пучка. Лазерные дигитайзеры — полностью автоматизированные системы, полностью исключаящие участие художника в процессе оцифровки. Последняя происходит достаточно быстро, но ее обработка занимает много времени (особенно это касается систем с точечной проекцией).

3.1.2. Сканеры

Сканеры представляют собой оптоэлектронное устройство ввода в ЭВМ статического ИК (текстов, слайдов, рисунков и пр.), причем результирующий файл сохраняется как графический файл. Однако если у пользователя установлено дополнительное ПО (например,

пакет *Finereader*), то после сканирования и распознавания текст становится доступным для редактирования.

Сканер является периферийным устройством. Его работа заключается в попиксельном съеме и преобразовании изображения в электрический сигнал, в результате чего происходит цифровое кодирование изображения. В результате этого кодирования происходит преобразование аналогового сигнала цвета и яркости пикселей в цифровую форму, или «оцифровка сканируемого изображения».

В основу классификации сканеров могут быть положены признаки:

- способ формирования изображения (линейный, матричный);
- тип вводимого изображения (черно-белый, полутоновый цветной);
- степень прозрачности оригинала (отражающий, прозрачный);
- аппаратный интерфейс (специализированный, стандартный);
- программный интерфейс (TWAIN-совместимый, специализированный).

Рассмотрим принцип действия наиболее распространенных на практике планшетных сканеров. Конструкция сканера приведена на рис. 3.5.

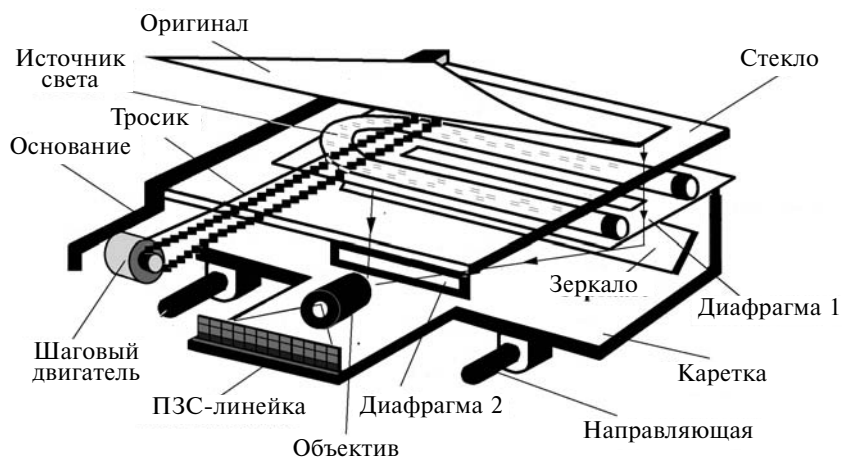


Рис. 3.5. Устройство планшетного сканера

Сканер воспринимает лист оригинала размером $l \times h$ (l — ширина, h — высота листа) как прямоугольную таблицу из пикселей размером $L \times H$, причем величина $L / l = \delta$ называется разрешающей способностью сканера (пусть далее $\delta = 300$ dpi, т.е. 300 пикселей на дюйм).

Пример. Определить размерность таблицы пикселей сканера с разрешающей способностью $\delta = 300 \text{ dpi}$, если формат его рабочего поля – А4.

Решение

1. Ширина листа формата А4 равна $l = 21,0 \text{ см}$, или, разделив h на 2,54 см, получим $l = 8,27''$, следовательно, искомое число столбцов матрицы: $L = l \times d = 8,27'' \times 300 = 2481 \text{ пиксел}$.

2. Высота листа формата А4 равна $h = 29,7 \text{ см}$, или $11,67''$, т.е. число строк матрицы: $H = h \times d = 11,67'' \times 300 = 3501 \text{ строка}$.

Рассмотрим работу планшетного сканера более подробно.

Лист-оригинал кладётся на стекло планшета сканируемой поверхностью вниз. Под стеклом располагается подвижный источник света, движение которого регулируется шаговым двигателем, перемещающим каретку с источником света на 1 пиксел всякий раз тогда, когда будет обработана очередная строка из H . Обработка каждой строки пикселей выполняется этапами:

1. *Расщепление.* Свет, отраженный от объекта, через диафрагму 1, зеркало и диафрагму 2 проходит через объектив и попадает на призму, где расщепляется на три компонента – красного, зеленого и синего цвета.

2. *Регистрация.* В расщепленном виде свет фокусируется на матрицу из микродатчиков, каждый из которых регистрирует аналоговый электрический заряд, пропорциональный интенсивности падающей на него компоненты светового потока. Количество компонент света (три) определяет высоту матрицы, а ее длину – уже знакомая нам величина L , зависящая от разрешающей способности сканера (d). В предыдущем примере показано, что при $\delta = 300 \text{ dpi}$ величина $L = 2481$, следовательно, общее число микродатчиков в матрице такого сканера равно $2481 \times 3 = 7443 \text{ микродатчика}$.

3. *Считывание.* В начале этого этапа матрица микродатчиков содержит полную аналоговую информацию о состоянии цветовой гаммы отдельной строки пикселей оригинала, заключенную в величине заряда микродатчиков. Для перевода ее в цифровой код используется свойство применяемых в сканере микродатчиков передавать заряды (читай «информацию о пикселе») своему ближайшему соседу под действием целенаправленной манипуляции с поданным на них напряжением. Это становится возможным, если в качестве микродатчиков используются так называемые приборы с зарядовой связью (ПЗС). Схематически одна из линеек микродатчиков на ПЗС показана на рис. 3.6.

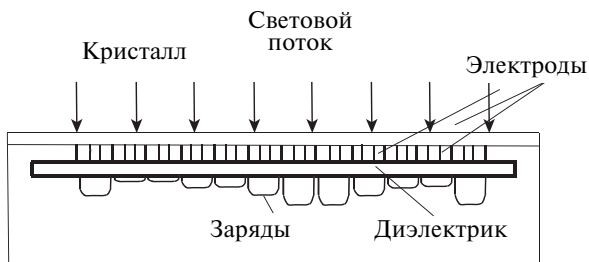


Рис. 3.6. Устройство и принцип действия ПЗС-линейки

ПЗС представляет собой полупроводниковый кристалл (как правило, кремний), на поверхность которого нанесена прозрачная оксидная пленка, выполняющая функцию диэлектрика в микро-скопических конденсаторах. Одной из обкладок такого конденсатора является поверхность кристалла, а другой — нанесенные на диэлектрик металлизированные электроды, к которым прикладывается напряжение (5–10 В). В результате под электродами возникает заряд из электронов, пропорциональный интенсивности светового потока, падающего на данный электрод.

Этап считывания информации из ПЗС-линейки включает ровно L тактов, причем в каждом из них зарядовые пакеты передаются из i -го ПЗС-микродатчика в $(i + 1)$ -й. На каждом такте заряд из последнего L -го микро датчика поступает на предварительный усилитель и далее — на АЦП. В результате после окончания последнего L -го этапа считывания в компьютере будет сформирован полный цифровой код i -й строки оригинала.

Типы сканеров. В зависимости от способа перемещения фото-чувствительного элемента сканера и носителя изображения относительно друг друга сканеры подразделяются на две основные группы — настольные и ручные.

К числу настольных сканеров относятся планшетные и роликовые, показанные на рис. 3.7, а также барабанные и проекционные сканеры.

Планшетные сканеры используются для ввода графики и текста с носителей формата А4 или А3, причем оригинал располагается на рабочей поверхности сканера неподвижно. Освещение оригинала производится стабилизированным по интенсивности источником, в качестве которого используют лампы с холодным катодом или флуоресцентные лампы. В основном все планшетные сканеры рассчитаны на получение копии с одного оригинала.



Рис. 3.7. Планшетный (слева) и роликовый сканеры

К преимуществам планшетных сканеров следует отнести простоту использования, возможность сканирования как плоских оригиналов в широком диапазоне размеров, так и небольших трехмерных объектов.

Недостатками этого типа сканеров являются большая занимаемая площадь и невозможность сканирования прозрачных оригиналов.

Роликовые сканеры осуществляют сканирование оригинала при его перемещении по специальным направляющим посредством роликового механизма подачи бумаги относительно неподвижных осветителя и ПЗС-линейки.

Механизм работы роликового сканера иллюстрирует рис. 3.8. Сканирование в роликовом сканере, как и в планшетном, производится в отраженном свете. Сканеры, работающие в двух режимах — сканирования изображения и его факсимильной передачи, называют факс-сканерами (Fax Scanner). В отдельных моделях роликовых сканеров имеется устройство для подачи листов, которое позволяет сканировать в автоматическом режиме. Большинство роликовых сканеров офисного применения предназначены для работы с оригиналами формата А4. Однако существуют широкоформатные роликовые сканеры, обеспечивающие сканирование оригиналов форматов А1 и А0. Преимущества роликовых сканеров определяются их компактностью, удобством подключения и пользования, автоматической подачей листов оригинала, удовлетворительной скоростью сканирования и низкой стоимостью.

В то же время эти сканеры имеют ряд недостатков, связанных с невозможностью без специальных приспособлений осуществлять сканирование сброшюрованных документов, книг, а также с опасностью повреждения оригинала.

Барабанные сканеры позволяют получать изображения прозрачных или отражающих оригиналов с высокой степенью детализации. Механизм работы барабанного сканера иллюстрирует рис. 3.9.

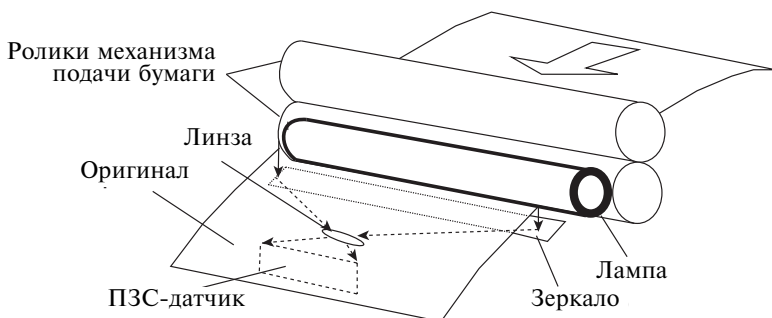


Рис. 3.8. Механизм работы роликового сканера

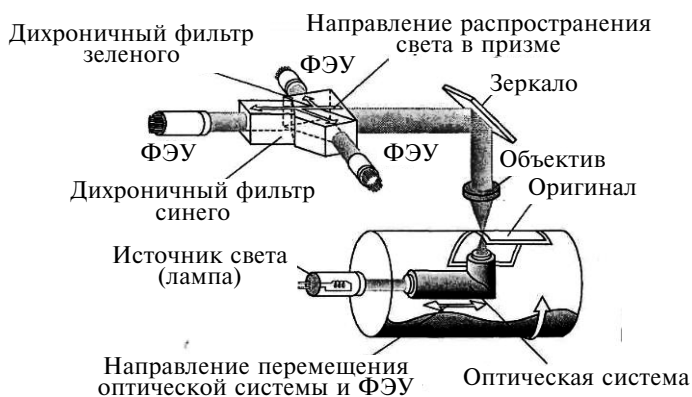


Рис. 3.9. Механизм работы барабанного сканера

Прозрачный оригинал в барабанных сканерах закрепляется с помощью специальной ленты или масла на поверхности прозрачного цилиндра из органического стекла (барабана), который для обеспечения устойчивости укреплен на массивном основании. При вращении барабана с большой скоростью (от 300 до 1350 об/мин) фотоприемник считывает изображение с высокой точностью. В большинстве барабанных сканеров в качестве фотоприемника используется фотоэлектронное устройство (ФЭУ), которое перемещается с помощью винтовой пары вдоль барабана. Для освещения оригинала применяется мощный стабилизированный по интенсивности излучения ксеноновый или галогенный источник света. При сканировании отражающих оригиналов применяется источник света, расположенный вне барабана рядом с приемником излучения.

За счет высокой скорости вращения барабана имеется возможность фокусировать на оригинале достаточно мощный поток света без риска повреждения оригинала. В связи с этим отличительной особенностью барабанных сканеров является возможность сканировать с высоким разрешением оригиналы, имеющие высокую оптическую плотность (печатные издания, художественные работы, слайды, диапозитивы, негативные пленки), как в отраженном, так и в проходящем свете.

В отдельных моделях барабанных сканеров (рис. 3.10) в качестве фотоприемника изображения используется набор ПЗС-линеек, неподвижно установленных на всю ширину барабана и построочно сканирующих оригинал в отраженном свете. В этих сканерах, как правило широкоформатных, барабан совершает только один оборот за все время сканирования. Сканеры, в которых реализована эта технология, выгодно отличаются от сканеров с ФЭУ, поскольку исключается необходимость решать проблему стабилизации конструктивных элементов, обусловленную высокой скоростью вращения барабана. Для гашения возникающих при этом вибраций применяются специальные амортизаторы, увеличивающие массу сканера до 250 кг и более.



Рис. 3.10. Барабанный (слева) и проекционный сканеры

Барабанные сканеры позволяют сканировать прозрачные или отражающие оригиналы типа высокохудожественных работ в полиграфии и картографии. При этом автоматическая корректировка освещенности, настройка фокусного расстояния и высокая производительность достигаются за счет обработки изображения встроенным компьютером.

Значительные габариты, необходимость предварительной подготовки обслуживающего персонала и высокая стоимость барабанных сканеров обуславливают ограничение их области применения профессиональной полиграфией и картографией.

Проекционные сканеры работают по принципу фотографической камеры и конструктивно напоминают фотоувеличитель. Механизм работы проекционного сканера иллюстрирует рисунок 60.

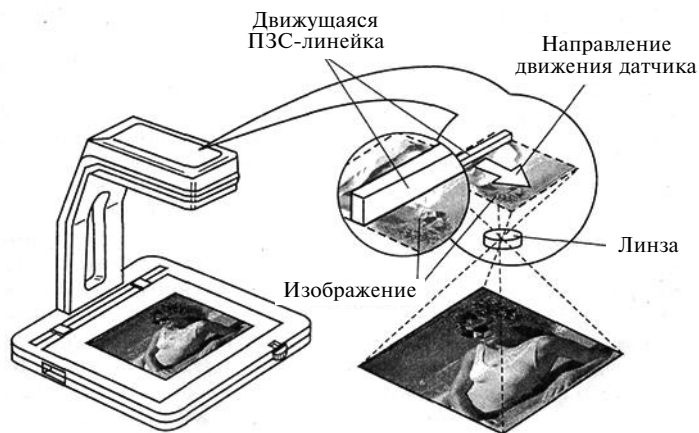


Рис. 3.11. Механизм работы проекционного сканера

Оригинал располагается на подставке под сканирующей головкой изображением вверх. Сканирующая головка, содержащая ПЗС-датчик и перемещающий его в фокальной плоскости линзы двигатель, закрепляется на вертикальном штативе и может перемещаться по стойке или по вертикальным направляющим.

Перед началом сканирования камеру устанавливают в положение, соответствующее требуемому разрешению и размеру изображения. Точная настройка (фокусировка), определяющая разрешение сканирования, осуществляется специальной редуцирующей линзой. Обычно в проекционных сканерах внутренний источник освещения не используется. Освещение оригинала производится за счет естественного комнатного света. В некоторых моделях проекционных сканеров свет через линзу освещает оригинал, а отраженный свет фиксируется ПЗС-матрицей. Такая конструкция сканера позволяет избежать влияния внешних засветок и получить высокое качество сканированных изображений.

Особенностью проекционных сканеров является возможность сканирования трехмерных объектов. При этом конструкция сканеров обеспечивает переменное разрешение сканирования: небольшие объекты можно сканировать с высоким разрешением; большие нестандартные объекты, изображения которых нельзя ввести с помощью других сканеров, также могут быть сканированы, хотя и с низким разрешением. Простота конструкции и удобство применения, невысокая стоимость и возможность комбинирования при сканировании плоских и небольших трехмерных объектов обуславливают достаточно широкое применение проекционных сканеров как средств ввода информации.

Ручные сканеры применяются для сканирования малоформатных оригиналов или фрагментов большого изображения. Перемещение окна сканирования относительно оригинала производится вручную. Устройство ручного сканера показано на рис. 3.12.



б)



Рис. 3.12. Устройство (а) и вид ручного сканера (б)

В небольшом корпусе шириной обычно чуть более 10 см размещаются лишь датчик, линза и источник света. Ширина области ска-

нирования в зависимости от модели устройства варьируется от 60 до 280 мм. Длина области сканирования ограничена лишь объемом доступной оперативной памяти компьютера. Устанавливаемая в компьютере карта интерфейса преобразует поступающую информацию в цифровую форму и передает ее для последующей обработки специальной программе. Принципы работы ручного и роликового сканеров во многом похожи.

Отличительной особенностью ручного сканера является то, что он использует источник питания компьютера, к которому подключен. Как правило, ручные сканеры подключаются к параллельному порту компьютера без каких-либо адаптеров. Низкая цена ручных сканеров обусловлена простотой их конструкции.

Применение ручных сканеров как устройств ввода изображений объясняется их компактностью и дешевизной, однако разработанные специально для ручных сканеров программы допускают довольно много ошибок при распознавании по сравнению со своими аналогами, созданными для других сканеров.

Многофункциональные сканеры — это комбинированные устройства, сочетающие в себе возможности сканеров различных типов, а также других технических средств информатизации, служащих для решения таких задач, как оптическое распознавание символов, архивирование, электронная почта и факсимильная связь (рис. 3.13).

В комбинированных устройствах all-in-one в одном корпусе обычно объединены роликовый сканер, лазерный или струйный принтер, факс-модем. Эти устройства можно использовать в качестве факсимильного аппарата, принтера, сканера, копировального аппарата и внешнего модема для доступа к сети по линиям телефонной связи.

Такое интегрирование является оптимальным решением для SOHO (Small Office/Home Office — небольшой офис / домашний офис), поскольку позволяет освободить площадь и сэкономить на приобретении компонентов в комплексе, которые по отдельности стоят дороже. Основные недостатки таких комбинированных систем — невысокое качество и сравнительно высокая стоимость копирования страницы.

Аппаратный и программный интерфейсы сканеров. Сканеры с интерфейсом SCSI требуют установки в компьютер дополнительной платы SCSI-адаптера, которая постав-



Рис. 3.13. Многофункциональный сканер Keocera

ляется в комплекте со сканером. Преимуществом интерфейса *SCSI* является обеспечение высокой скорости сканирования.

К компьютерам, оснащенным *USB*-портом, лучше подключать сканер с *USB*-интерфейсом. Скорость при этом несколько уступает интерфейсу *SCSI*, однако простота подключения сканера искупает этот недостаток.

Сканеры с интерфейсом параллельного порта подключаются к уже имеющемуся параллельному порту. Пропускная способность параллельного порта значительно меньше по сравнению с интерфейсом *SCSI*. Однако при этом нет необходимости устанавливать дополнительную плату.

В комплект поставки сканера входит драйвер, предназначенный для управления процедурой сканирования и настройки основных параметров сканера. Ведущие производители аппаратных и программных средств (компании *Aldus*, *Caere*, *Eastman Kodak*, *Hewlett-Packard* и *Logitech*) объединили свои усилия для создания собственного формата драйвера *TWAIN*. Стандарт *TWAIN* определяет порядок обмена данными между прикладной программой и драйвером сканера, что позволило решить проблему совместимости различных компьютерных платформ, сканеров разных моделей и форматов представления данных. С помощью *TWAIN*-совместимого сканера можно сканировать изображения из любой программы, например *Photoshop*, *CorelDRAW*, *PageMaker*, *PhotoStyler* и др.

Характеристики сканеров. При выборе типа и модели сканера обычно учитывают следующие их характеристики.

Разрешающая способность — определяется плотностью расположения распознаваемых точек и выражается в точках на дюйм (*dpi — dot per inch*). Различают оптическую и программную разрешающую способность сканера. Если первая представляет собой показатель первичного сканирования (например, 600×600 dpi), то вторая (программная) достигается путем программного увеличения картинки методом интерполяции и может достигать разрешения вплоть до 4800×4800 dpi. Разрешение сканера имеет два показателя: по горизонтали и вертикали. Например, 600×300 ; 600×600 ; 800×800 . Однако чаще всего употребляют первое значение: 600, 800 dpi.

Область сканирования — максимальный размер оригинала для данного сканера.

Метод сканирования — определяет одно- или трехпроходный способ считывания информации в цветных сканерах.

Скорость сканирования — количество страниц черно-белого оригинала, сканируемых в минуту с максимальным оптическим разрешением сканера.

Разрядность, или *глубина цвета* сканера — определяет, сколько бит используется сканером для представления цвета одной точки изображения. Например, с помощью 24 бит можно закодировать $2^{24} \approx 16,7$ млн цветов.

Программный интерфейс. Универсальность использования сканера зависит не только от аппаратного интерфейса, но и от программного, который существенно влияет на работу сканера, на гибкость и удобство обращения с ним, а также на возможность использования того или иного преимущества конкретной модели сканера. Программы первых моделей сканеров были уникальными и работали напрямую с адаптером сканера, что серьезно затрудняло их работу со специальными программами (распознавание символов, настольные издательские системы и т.п.)

Поскольку *TWAIN* не является протоколом аппаратного уровня, производитель устройств для получения изображений может предоставлять *TWAIN*-совместимый драйвер.

После долгих неудачных попыток создать некий унифицированный протокол общения со сканером консорциумом компаний, производящих аппаратные и программные средства, был разработан стандартный протокол и интерфейс *TWAIN*, определяющий взаимодействие между программами и устройствами захвата изображения. Если новый сканер поддерживает *TWAIN*-протокол обмена данными, то операционная система Windows способна обеспечить взаимодействие между сканером и программным приложением, предназначенным для работы с ним. Более того, в меню *File* таких программ, как *PhotoShop*, *WordScan*, *CorelDraw*, *Picture Publisher*, *Photo Finish*, *Cuneiform*, *FineReader* предусмотрена команда, позволяющая переносить сосканированное изображение непосредственно в программную среду указанных приложений, если формат его соответствует стандарту *TWAIN*.

3.1.3. Цифровые камеры

Цифровая камера представляет собой устройство для фото- или видеосъемки, в котором изображение регистрируется на светочувствительную матрицу и сохраняется в цифровом виде. В светонепроницаемом корпусе она конструктивно объединяет следующие функциональные блоки: матрицу, объектив, затвор, видоискатель, процессор и карту памяти.

Матрица представляет собой аналоговую или цифроаналоговую интегральную микросхему, состоящую из фотодиодов. Спроецированное на нее оптическое изображение поступает на АЦП, входя-

щий в состав самой матрицы, где преобразуется в поток цифровых данных. Матрица является основным элементом практически всех фото- и видеорегистрирующих устройств (цифровых фото- и видеокамер, встроенных в мобильный телефон, систем видеонаблюдения и др.). Функционально они представляют собой рассмотренные ранее ПЗС-матрицы, однако в последние годы у видеокамер на ПЗС появилась альтернатива в виде так называемых К/МОП-матриц (рис. 3.14).



Canon Legria HF R47

PN9-M2-V12IRH

Рис. 3.14. Видеокамера на ПЗС- (слева) и на КМОП-матрице

К числу основных преимуществ КМОП-матриц относятся:

- низкое энергопотребление в статическом состоянии;
- единство технологии с другими цифровыми элементами аппаратуры;

- наличие механизма произвольного доступа к группе пикселей.

Первое преимущество позволяет применять К/МОП-матрицы в составе энергонезависимых устройств — датчиках движения, системах наблюдения и других устройств, продолжительно работающих в режиме «ожидания события». Второе — дает возможность объединения на одном кристалле аналоговой и цифровой части устройства. Наконец, третье, получившее название кадрирования, позволяет уменьшить размер захваченного изображения и потенциально увеличить скорость считывания по сравнению с ПЗС-сенсорами, поскольку в последних для дальнейшей обработки необходимо выгрузить всю информацию.

Еще одним чудом современной техники и одновременно видом интеллектуальных электрических сенсоров являются цифровые видеокамеры — сенсоры для восприятия динамически изменяющихся изображений, преобразования их в последовательности видеосигналов с целью последующего хранения, передачи, обработ-

ки и воспроизведения на экране. Поскольку изменения визуальных картин могут происходить очень быстро, то задачи, которые надо здесь решать, значительно сложнее, чем в случае цифровых фотоаппаратов. Если там экспозиция одного кадра может длиться до 1 с и более, то в видеокамере на это отводится не больше 20 мс, а желательно и значительно меньше. Поэтому светочувствительные матрицы и организация считывания и обработки полученных сигналов должны иметь здесь значительно более высокое быстродействие.

Значительно выше становятся здесь и требования к объему встроенной памяти. Если в цифровых фотоаппаратах достаточно объема памяти в десятки-сотни мегабайт, то в видеокамерах, где каждую секунду надо фиксировать несколько десятков кадров, речь идет уже о гигабайтах памяти.

На рис. 3.15 слева показан внешний вид одной из типичных представительниц таких сенсоров – полупрофессиональной видеокамеры *SONY DCR-VX2100E*. Светочувствительными элементами в ней являются матрицы ПЗС на 400 тыс. пикселей. Изображение на чувствительной поверхности матрицы формируется высококачественным объективом Carl Zeiss Vario-Sonnar. Его светосилы хватает для работы даже при освещенности лишь в 1 люкс.

Встроенный микрокомпьютер не только организует все процессы покадрового считывания информации из матриц ПЗС, ее аналого-цифрового преобразования и кодирования в стандартном формате, параллельной цифровой записи звуковых сигналов, фиксации записи на жесткий диск или CD, видеокассету или на карты памяти. Он может также выполнять автоматическую фокусировку изображения, регулирование световой экспозиции, оптическую стабилизацию изображения.

Микрокомпьютер обеспечивает также возможность вывода полученной видеоинформации на встроенный цветной жидкокристаллический экран с 5 млн пикселей, двустороннюю связь с внешней сетью по стандарту iLINK DV. Основной корпус видеокамеры имеет массу 1,5 кг и габаритные размеры 120 × 59 × 393 мм. При питании от аккумулятора NP-F960 его ресурса хватает на 9 часов автономной работы.

Справа на рис. 3.15 показана миниатюрная («карманная») видеокамера *Panasonic SDR-S150*. ее размер составляет 80 × 50 × 97 мм, масса – 240 г. Она имеет систему из трех светочувствительных матриц на 800 тыс. пикселей каждая, автофокусировку, оптический стабилизатор изображения, автоматическую коррекцию белого,



Рис. 3.15. Видеокамера SONY DCR-VX2100E (слева) и «карманная» видеокамера

встроенный цветной жидкокристаллический дисплей на 210 тыс. пикселей. Карты памяти SDHC на 4 Гб хватает для высококачественной видеозаписи продолжительностью до 50 мин.

Существенно повысить скорость обработки изображений, снизить затраты энергии аккумуляторов и повысить качество «гибридных» цифровых камер позволяют цифровые видеокамеры с более совершенными многослойными светочувствительными матрицами (*Foveon X3*), которые объединяют в себе цифровой фотоаппарат и видеокамеру одновременно. Такое объединение имелось иногда и ранее, но цифровые фотоаппараты не могут обеспечить приемлемое качество видеофильмов, а видеокамеры позволяли получать лишь посредственные фотоснимки. Дополнительное преимущество, которое дают *X3*-светочувствительные матрицы, это возможность в случае необходимости «на ходу» повышать свою чувствительность за счет объединения групп отдельных пикселей (2×2 , 3×3 , 4×4 и т.д.) в «большие» искусственные пиксели. Чувствительность при этом будет возрастать в 4, 9, 16 раз соответственно, а разрешающая способность или размеры снимка будут уменьшаться лишь в 2, 3, 4 раза.

Факсимильная связь представляет собой процесс передачи и приема точных копий документов из одного места в другое посредством общественной или частной телефонной сети. Текст и графическое изображение считываются непосредственно с оригинала сканером, после чего отправляется получателю, который может находиться в любой точке земного шара. Прием и отправку факсов осуществляют факсимильные аппараты (ФА).

На ФА-источнике сообщение сканируется, кодируется и отправляется. ФА-приемник осуществляет прием, декодирование и вывод сообщения на печать. Процесс отправки факсимильного сообщения

(факса) сводится к следующему: в аппарат вставляется посылаемый документ, набирается номер абонента и после установления соединения по типу гудка определяется, как настроен телефонный аппарат абонента — на прием факса или на прием голоса. В первом случае следует нажатие клавиши «СТАРТ», которая запускает процесс передачи факса. В противном случае требуется диалог с оператором ФА-приемника. Современные ФА самостоятельно распознают тип сигнала в телефонной линии, и если принимается цифровой сигнал вместо аналогового (голосового), то автоматически переключаются на прием факса. В обоих случаях посылка сообщения возможна только в случае установления связи между абонентами.

Стационарный ФА представляет собой настольный прибор с сетевым питанием, подключенный к телефонной сети и имеющий органы индикации и управления устройством ввода-вывода документов. Обычно ФА комплектуются собственными телефонными трубками и имеют дополнительные встроенные цифровые интерфейсы для обмена факсами (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Факсимильный аппарат

Принцип действия ФА в части сканирования исходного оригинала аналогичен рассмотренному выше принципу работы планшетного сканера, оборудованного ПЗС-линейкой, однако сразу после формирования информации о строке оригинала в ПЗС ФА передает ее не в компьютер, а в линию связи. С этой целью сигнал с ПЗС-линейки поступает в модем, который модулирует частоту несущего телефонного сигнала в соответствии с уровнем заряда последнего (L -го) микродатчика ПЗС-линейки.

На приемном конце линии принятые сигналы демодулируются частотным детектором, декодируются и восстанавливается аналоговая версия сигнала, полученного при сканировании. Далее этот сиг-

нал подается на синтезирующее факсимильное устройство, которое выводит на бумагу (пленку) ту же самую последовательность строк и колонок, какая использовалась при сканировании оригинала.

3.1.4. Клавиатура

Клавиатура является основным устройством ввода информации от пользователя в компьютер. Существует всего четыре типа клавиатур, которые различаются механизмом работы клавиш, — это механические, мембранные, полумеханические клавиатуры и клавиатуры с ножничным механизмом.

Мембранная клавиатура является самой распространенной из всех по причине низкой стоимости изготовления и относительно невысокого уровня шума, издаваемого клавишами при наборе. Принцип действия ее сводится к следующему: при нажатии одной из клавиш замыкаются контактные мембраны в форме диска 1 (рис. 3.17), которые вместе с контактирующими с ними проводниками 2 расположены на обращенных друг к другу поверхностях пластиковых пленок 3.

Между этими слоями находится слой 4, который не позволяет (изолирует) соединиться соседним контактным мембранам. За возврат клавиш отвечает упругая прокладка 5 в форме резинового купола, обеспечивающая бесшумность клавиатур такого типа.

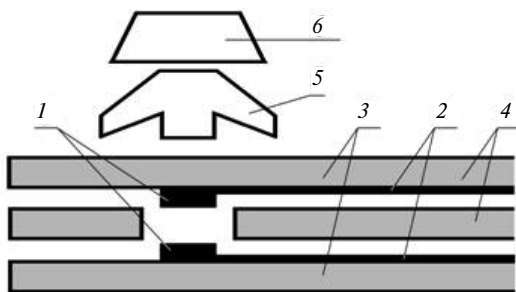


Рис. 3.17. Устройство мембранной клавиатуры

Кстати, использование резинового купола вместо классической пружины позволяет еще и повысить надежность, такие клавиатуры достаточно герметичны. Из недостатков такого типа клавиатур можно отметить относительно малый ресурс (в среднем 10 млн нажатий — около 5 лет работы), а также «эффект усталости», когда нажимать клавиши становится все легче.

В *полумеханических клавиатурах* вместо обычных контактов используются более долговечные металлические контакты, размещенные на печатной плате. Однако здесь за возврат клавиш в начальное положение отвечает *резиновый купол*, подверженный эффекту усталости.

Главное отличие *механических клавиатур* заключается в том, что за возврат клавиш в них отвечает пружина, которая обеспечивает равномерное нажатие, без клика и тактильных ощущений. Здесь полностью отсутствует усталость клавиш. Все контакты в механических клавиатурах выполнены из металла, но существуют разновидности с позолоченными контактами. Приблизительный срок службы механических клавиатур составляет от 50 (для обычных) до 100 (для позолоченных контактов) миллионов нажатий. Конструкция одной из кнопок металлической клавиатуры представлена на рис. 3.18 (кнопка *Cherry MX Black*).

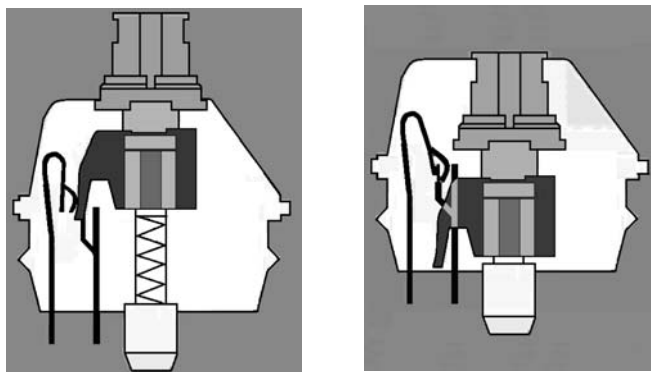


Рис. 3.18. Кнопка в отпущенном (слева) и нажатом положении

По сравнению с мембранными механические клавиатуры намного быстрее реагируют на нажатия, что снимает необходимость нажатия клавиши до упора вниз и обеспечивает высокую скорость печати при минимуме затраченной энергии.

Надежными в эксплуатации являются клавиатуры с *ножничным механизмом* клавиш, конструкция одной из которых показана на рис. 3.19. Позиционируются они как разновидность мембранных клавиатур, но при этом обеспечивают более ровный вертикальный ход клавиш и отсутствие заеданий.

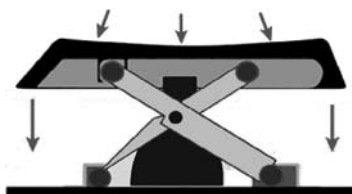


Рис. 3.19. Клавиша с ножничным механизмом

Достигается это все за счет того, что клавиши закрепляются с помощью двух пластиковых деталей (креплений), образующих «ножницы», причем в каком бы из направлений ни произошел удар по клавише (по верхним стрелкам) гарантируется равномерное опускание клавиши (по стрелкам вниз).

3.2. УСТРОЙСТВА ВЫВОДА И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Все устройства вывода информации можно разделить на две категории: *печатающие устройства*, которые служат для регистрации информации на бумажный носитель, и *устройства отображения информации*, которые служат для обработки видеoinформации и ее представления для визуального восприятия. К первой категории относятся принтеры и плоттеры, к устройствам второй категории — мониторы, проекционные аппараты и устройства формирования трехмерных изображений.

По принципу действия принтеры весьма разнообразны: ударные, струйные, лазерные, светодиодные, термические. Для вывода графической информации в виде чертежей используют плоттеры. Функционирование пишущих блоков плоттеров основано на тех же принципах, что и принтеров, а по конструкции они подразделяются на планшетные и рулонные. В зависимости от области профессиональной деятельности пользователя используются либо монохромные, либо цветные принтеры. Например, менеджер может обходиться монохромным принтером, но в дизайнерской деятельности обязателен цветной принтер. Для вывода графических документов в виде чертежей инженеру-проектировщику требуется плоттер с возможностью цветной печати и т.д.

Плоттеры, или графопостроители, осуществляют вывод графической информации (графиков, чертежей, рисунков) на бумажный носитель. Различают векторные плоттеры, которые чертят изображение с помощью пера, и растровые: термографические, электростатические, струйные и лазерные, использующие для фиксации изображения на носителе различные физические принципы. По конструкции плоттеры подразделяются на планшетные и барабанные. Основные характеристики всех плоттеров примерно одинаковые: скорость вычерчивания составляет от 100 до 1000 мм/с, у лучших моделей возможны цветное изображение и передача полутонов; наибольшая разрешающая способность и четкость изображения у наиболее дорогостоящих лазерных плоттеров.

Устройства отображения информации — это прежде всего мониторы, изготовленные на базе широкого спектра современных технологий. Формирование объемных изображений осуществляется с помощью шлемов виртуальной реальности, 3D-очков и 3D-мониторов различного принципа действия. Для решения задач, связанных с демонстрацией информации на экране для большой аудитории, применяют оверхед-проекторы, жидкокристаллические панели и мультимедийные проекторы. Для обеспечения взаимосвязи между компьютером и устройством отображения информации служит видеоадаптер, выполняющий преобразование цифрового сигнала, циркулирующего внутри ПК, в аналоговые электрические сигналы, подаваемые на монитор. Для компьютерной обработки сигналов таких устройств, как телевизионный тюнер, видеомаягнитофон, видеокамера, т.е. преобразования их из аналоговой в цифровую форму, применяют специальные средства обработки видеосигнала, например видеобластер.

Широко распространенные в прошлом мониторы на основе ЭЛТ практически уступили место плоскопанельным ЖК-мониторам, которые не только легче и компактнее, но и обеспечивают более безопасные условия труда, что особенно важно при профессиональном использовании технических средств информатизации. При функционировании ЖК-мониторов отсутствуют высокие напряжения и сопутствующие этому неионизирующие электромагнитные и ионизирующие рентгеновские излучения, нет вредного статического электричества, нет положительной ионизации воздуха, как у ЭЛТ-мониторов.

Для вывода информации на большой экран в процессе презентаций, совещаний, конференций различных направлений деятельности применяются проекционные устройства на базе *ЖК-панелей*, управляемые от ПК.

3.2.1. Печатающие устройства

Печатающие устройства — это все виды оборудования, разработанные для нанесения текста и графических изображений (как черно-белых, так и цветных) на бумаге любого размера и толщины, а также рулонах, этикетках, плакатах и т.д.

К печатающим устройствам относятся:

- все виды принтеров;
- факсимильные аппараты (на основе лазерной и струйной печати);
- копировальные аппараты (или ксероксы, копиры);

- плоттеры;
- многофункциональные устройства (МФУ).

Принтеры по технологии печати разделяют на матричные, струйные, лазерные, светодиодные, сублимационные и твердочернильные, а по цвету печати — монохромные и полноцветные.

Принтеры принято классифицировать по:

- принципу формирования изображения на бумаге;
- принципу работы печатающего механизма;
- наличию или отсутствию аппаратной поддержки;
- технологии печати;
- максимальному формату листа бумаги (наиболее распространенным форматом принтеров является А4, принтеры форматом А3 и более используются крайне редко из-за их высокой стоимости);
- применению цветной печати;
- скорости печати;
- виду: сетевые и несетевые принтеры.

По *принципу формирования изображения* на бумаге принтеры делятся на: последовательные, строчные и страничные. В последовательных принтерах, элементы изображения (точки, символы и пр.) наносятся на бумагу последовательно (один за другим). В строчных и в страничных принтерах изображение формируется соответственно построчно и постранично.

В зависимости от *принципа работы печатающего механизма* в каждой из перечисленных групп можно выделить устройства ударного и безударного действия. В принтерах ударного действия (матричные, лепестковые, строчные) элементы изображения формируются путем физического воздействия (удара) рельефной формы (массива игл, литеры и т.п.) через красящую ленту на поверхность носителя. В остальных принтерах используются разные механизмы безударного действия на носитель.

Наличие аппаратной поддержки (модели Kyocera FS-4200DN, HP LaserJet Enterprise P3015dn и др.) необходимо для проведения качественной допечатной подготовки иллюстраций, хранящихся в векторных форматах. Для поддержки этой функции принтеры данного класса содержат встроенный интерпретатор языка PostScript.

В зависимости от используемой *технологии печати* принтеры делятся на матричные, струйные, лазерные и светодиодные.

Технологический процесс печати в матричных принтерах сводится к следующему: символы формируются набором иголок, расположенных в головке принтера. Последняя движется с помощью электромагнитов и ударяет через красящую ленту — при одном уда-

ре на бумаге формируется символ, состоящий из соответствующего ему набора точек. Число точек в наборе, зависящее от числа игл в головке принтера (9, 18 или 24), определяет качество печати. Матричные принтеры широко используются в кассовых аппаратах.

В отличие от матричных принтеров, на головке струйных принтеров находятся сопла, где установлен резервуар с жидкими чернилами. При печати чернила переносятся через сопла на бумагу. От количества сопел зависит качество печати, чем больше сопел, тем выше качество печати. Технология печати в струйных принтерах бывает двух видов: пьезоэлектрическая (Epson) и газопузырьковая (HP, Canon). Струйные принтеры имеют высокую скорость печати и высокую разрешающую способность печати.

Лазерный принтер использует следующую технологию печати: лист из лотка с помощью системы валиков перемещается к барабану и электризуется с помощью лазера. На наэлектризованные участки, представляющие собой элементы будущего рисунка, наносится порошок (частишки тонера) с барабана. Далее порошок впитывается в бумагу с помощью лампы, нагретой до температуры $\approx 200^\circ \text{C}$. Так же как и струйные, лазерные принтеры имеют высокую скорость печати и высокую разрешающую способность (четкость) печати.

По технологии печати светодиодные принтеры повторяют технологию лазерных принтеров, единственной разницей является то, что лист бумаги электризуется не лазером, а блоком светодиодов.

По скорости печати можно выделить четыре группы: матричные принтеры без автоподачи; принтеры, обеспечивающие скорость печати до 4 стр./мин; принтеры со скоростью печати до 12 стр./мин, обслуживающие рабочие группы; массивные сетевые принтеры с производительностью более 12 стр./мин. Производительность принтера — значимый фактор для организаций, где одним принтером пользуются сразу несколько человек, и фактически не влияющий на потребительские предпочтения показатель, если речь идет о персональной эксплуатации печатающего устройства. Скорость при цветной печати обычно существенно ниже, чем при печати одним черным цветом.

По цветности получаемого изображения принтеры можно разделить на монохромные, многоцветные и полноцветные. Монохромные модели позволяют формировать изображения, состоящие из элементов только одного цвета (не обязательно черного). Многоцветные принтеры могут формировать элементы изображения нескольких цветов, количество которых может варьироваться от двух до восьми и более, но при этом не позволяют получать промежуточ-

ные оттенки. В полноцветных (цветных) принтерах изображение также формируется из элементов нескольких базовых цветов (4–9), но, в отличие от многоцветных, позволяют воспроизводить широкий спектр различных оттенков путем смешивания используемых красителей в различных пропорциях.

В зависимости от последовательности нанесения цветовых составляющих изображения многоцветные и полноцветные принтеры подразделяются на *однопроходные* и *многопроходные*. В однопроходных устройствах элементы изображения всех используемых цветов наносятся за один прием. В многопроходных принтерах цветовые слои изображения наносятся последовательно, один за другим.

Рассмотрим кратко устройство и принцип действия струйного и лазерного принтеров.

Лазерный принтер. На рис. 3.20 и 3.21 приведены упрощенный вид конструкции, схема и этапы формирования на нем изображения.

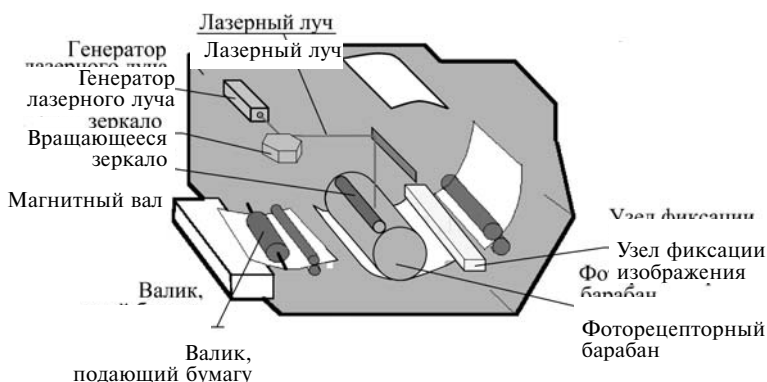


Рис. 3.20. Конструкция лазерного принтера

Центральным узлом принтера является фоторецепторный барабан (ФРБ) – алюминиевый цилиндр с нанесенным органическим фоточувствительным покрытием, которое становится токопроводящим только под воздействием света.

Равномерный отрицательный заряд поверхности ФРБ формируется под действием переменного напряжения со смещением $U_{\text{см}}$, подаваемого на ФРБ с помощью вала предварительного заряда. Регулируя величину $U_{\text{см}}$, можно менять оптическую плотность будущего изображения, которая определяет его контрастность и качество. На этапе заряда ФРБ не освещен и поэтому к началу следующего этапа на его поверхности удерживается равномерный отрицательный заряд.

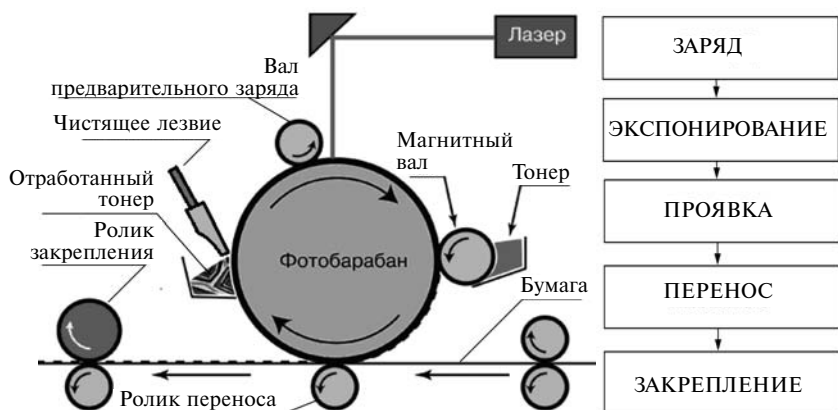


Рис. 3.21. Схема и этапы формирования изображения

Экспонирование изображения происходит под действием малогабаритного лазера. Тонкий световой луч, генерируемый лазером, отражается от вращающегося шестигранного зеркала и, попадая на ФРБ, разряжает положительно заряженную поверхность барабана. Чтобы получилось изображение, лазер включается и выключается управляющим микроконтроллером. Луч, пройдя вращающееся зеркало, позиционируется на поверхность ФРБ. Участки ФРБ, на которые луч падает, становятся проводящими, и отрицательный заряд с этих участков стекает через алюминиевое основание барабана на землю. Так на поверхности ФРБ формируется строка электростатического «изображения», в котором черные и белые участки имеют противоположные заряды. Когда строка сформирована, позиционный шаговый двигатель проворачивает ФРБ на величину, равную разрешающей способности принтера ($1/300''$ или $1/600''$), после чего ФРБ готов к формированию следующей строки.

В процессе *проявки* скрытое электростатическое изображение преобразуется в видимое. Основным узлом блока проявки является магнитный вал — металлический цилиндр, вращающийся вокруг фиксированного магнитного сердечника. На магнитный вал подается отрицательное напряжение смещения переменного и постоянного тока, благодаря которому частицы тонера прилипают к поверхности магнитного вала в емкости с тонером и переносятся на засвеченные участки ФРБ в точке его соприкосновения с магнитным валом. Регулировкой напряжения смещения и системы дозирования тонера достигается необходимая плотность и контрастность изображения.

На этапе *переноса* изображение, сформированное частицами тонера, переносится с ФРБ на бумагу, которая вытягивается из подающего лотка и с помощью системы валиков перемещается к печатающему барабану. Перед самым барабаном ролик переноса сообщает бумаге статический заряд. Затем бумага прижимается к поверхности барабана. Заряды разной полярности, накопленные на поверхности бумаги и на поверхности барабана, вызывают перенос и надежное прилипание частиц тонера к бумаге. После переноса тонера бумага покидает поверхность барабана и продолжает перемещаться к выходному лотку принтера.

На этапе *закрепления* бумага попадает в узел фиксации изображения, в котором нанесенный на бумагу тонер, содержащий смолу или другой полимер, плавится при температуре 200–220° С и с помощью механического воздействия прессующего ролика намертво соединяется с поверхностью бумаги.

Далее бумага протаскивается к выходному лотку. При этом, если листы выводятся напрямую, верхним в стопе отпечатков оказывается последний лист. Многие принтеры, однако, переворачивают бумагу лицом вниз, складывая стопу в правильном порядке, то есть верхним будет первый лист, нижним — последний.

Последняя важная операция — *очистка* барабана. При переносе изображения на бумагу на барабане остается небольшое количество частичек тонера, которое необходимо удалить перед следующим циклом печати. На этапе очистки при помощи чистящего лезвия, вступающего в непосредственный контакт с ФРБ, остатки тонера счищаются в бункер отходов.

Струйный принтер является самым распространенным в мире принтером. Он формирует изображение на бумаге каплями краски, выбрасываемой через очень малые отверстия в головке принтера, называемые *дюзами*. Каждая капля краски имеет объем порядка нескольких пиколитров. На распечатке, полученной на струйном принтере и увеличенной микроскопом (рис. 3.22), видно, что изображение состоит из миниатюрных точек-капелек. Расположенные под дюзами чернила самостоятельно не могут вылиться на бумагу — их удерживает поверхностное натяжение. Для проталкивания их сквозь дюзы используется пьезоэлектрическая или термическая (иначе, пузырьковая, или электротермическая) технология.

Чтобы создать требуемое давление для выброса капли чернил из сопла, в первом случае используется пьезоэффект (способность мембраны пьезоэлемента деформироваться под действием электро-

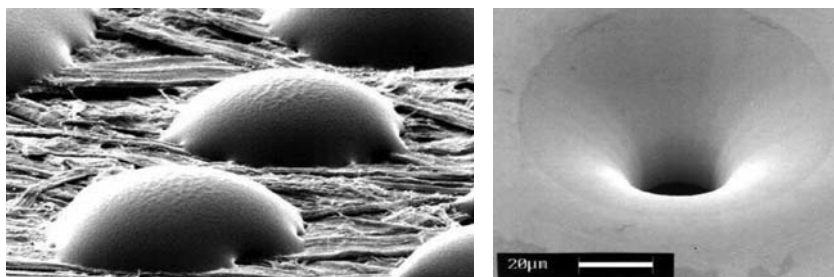


Рис. 3.22. Вид капелек краски на бумаге под микроскопом и дюза

тока), а во втором — эффект образования пузырьков газа в чернилах при мгновенном их вскипании от подачи электротока на термоэлемент, расположенный рядом с дюзой прямо в чернильной среде.

В большинстве моделей струйных принтеров используется четырехцветная цветовая палитра (модель цветности) CMYK (от Cyan, Magenta, Yellow, Black), представляющая субтрактивную схему формирования цвета, основанную на вычитании цветов друг из друга. При наличии в исходном макете объектов в другой палитре (например, RGB) необходимо конвертировать его в палитру CMYK. Дело в том, что при автоматической конвертации в CMYK мы отдаем преобразование цветов на откуп одному из алгоритмов (относительный колориметрический, перцепционный и т.д.), поэтому заранее предсказать результат невозможно. В процессе освоения азов цветокоррекции перед конвертацией в конкретный профиль CMYK целесообразно производить ее с применением цветопробы. В этом случае имеется возможность отрегулировать выходящие за пределы печати цвета так, чтобы они вошли в цветовой охват профиля с минимальными изменениями. Опытный дизайнер заранее знает о более «узких» местах палитры CMYK и избегает цветов, выходящих за область печати. Основные проблемные цвета, которым надо уделить особое внимание: ярко-голубые и синие, насыщенный розовый.

Конструкция струйного принтера, показанная на рис. 3.23, включает механизм подачи бумаги, печатающую головку с приводом и картриджи с чернилами. Струйные принтеры классифицируются по размерам, назначению и сферам применения, причем основное их отличие друг от друга состоит в использовании чернил, которыми они печатают. Более того, со свойствами чернил, такими как вязкость, скорость испарения, предел Рэлея и др., жестко связаны технические параметры принтеров.

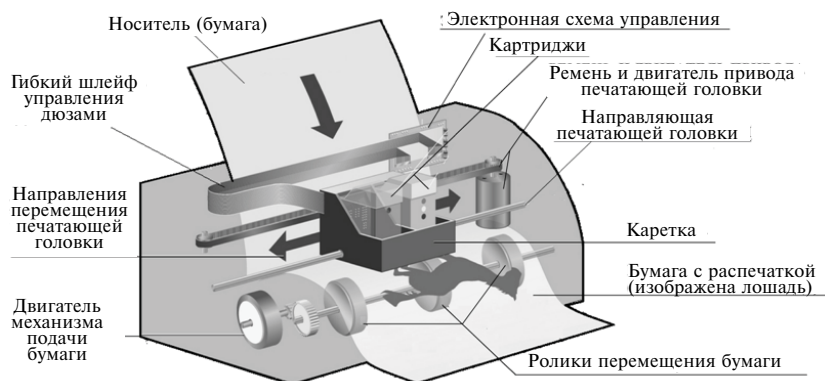


Рис. 3.23. Конструкция струйного принтера

Усредненные характеристики струйных и лазерных принтеров приведены в табл. 3.1, которая позволяет провести их сравнительный анализ.

Критический анализ данных таблицы позволяет сделать следующие основные выводы. Поскольку стоимость цветной лазерной печати очень высокая, применять ее необходимо только в случаях профессиональной необходимости. Стоимость приобретения и обслуживания струйных принтеров значительно ниже, чем лазерных. Однако струйные картриджи имеют небольшой ресурс, что не позволяет их использовать для печати значительных массивов информации.

Стоимость копии, напечатанной при помощи струйного принтера, в несколько раз выше аналогичной копии, напечатанной при помощи лазерного принтера. Поэтому струйные принтеры, как правило, используют для распечатки небольших объемов информации в домашних условиях, а также для печати качественных цветных фотографий.

Плоттер (графопостроитель) — устройство для автоматического вычерчивания с большой точностью рисунков, схем, сложных чертежей, карт, трехмерных изображений и другой графической информации на бумаге размером до A0. Так же как и у принтеров, изображение на бумаге формируется при помощи печатающей головки. Точка за точкой изображение наносится на бумагу (кальку, пленку), отсюда и название графопостроителя — плоттер (от англ. to plot — вычерчивать чертежи).

Таблица 3.1

Усредненные характеристики струйных и лазерных принтеров

Показатели	Лазерный принтер	Струйный принтер
Среднее разрешение, dpi	1200	720
Качество печати	Высокое	Хорошее
Цветопередача	Высокая	Хорошая (нужна калибровка)
Цена монохромного принтера, долл.	От 150	От 50
Цена цветного принтера, долл.	От 350	От 100
Цена монохромного картриджа, долл.	От 50	От 30
Цена заправки картриджа, долл.	От 10	От 5
Устойчивость отпечатков к влаге	Устойчивы	Отпечатки боятся влаги
Устойчивость отпечатков к свету	Не выцветают	Могут выцветать
Устойчивость к трению	Неустойчивы	Устойчивы
Скорость печати, листов в минуту	10–20	От 10
Потребление электроэнергии в процессе работы, Вт	500	15
Потребление электроэнергии в режиме ожидания, Вт	100	5
Ресурс картриджа при 5%-ном заполнении страницы, листы	2000–3000	400–500
Плотность бумаги, г/см ² : оптимальная / максимальная	80–90/160–200	80–90/230–300
Время выхода первой страницы, с	5–10	10–15
Стоимость отпечатка	Низкая	Высокая
Уровень шума	Низкий	Низкий
Экологичность	Загрязняют воздух озоном и мелкими частицами тонера	Возможно испарение чернил

Цветные и монохромные плоттеры применяются для выпуска технической документации в системах автоматизированного проек-

тирования различных технических объектов, в качестве устройств, изготавливающих рекламную продукцию, а также в качестве графических инженерных систем.






По способу вывода изображения различают перьевые, струйные, сублимационные и электростатические плоттеры.

Кроме того, плоттеры можно классифицировать по величине максимального формата выводимого ими изображения.

Внешний вид и характеристики плоттеров для чертежей формата A0 и A1 приведены соответственно в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2

Характеристики плоттеров для чертежей формата A0

Характеристика	 HP T520 36	 HP T1500	 Epson SC-T5000	 Canon iPF750	 Canon iPF765
1	2	3	4	5	6
Скорость печати A0, с	70	60	56	48	48
Количество цветов	4	6	5	5	5
Картриджей, шт.	4	6	5	6	6
Объем картриджа (макс.), мл	80	300	700	130+130	130+130
Объем чернил на старте, мл	65	330	550	540	540
«Горячая замена» картриджа	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Оперативная память	1 Гб	1,5 Гб (64 Гб виртуальной памяти)	256 Мб	256 Мб	256 Мб (32 Гб виртуальной памяти)
Загрузка рулона	Спереди	Спереди	Спереди	Спереди	Спереди
Второй рулон	Нет	Да	Нет	Нет	Нет

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
Интерфейсы	USB, Ethernet, Wi-Fi	USB, Ethernet	USB, Ethernet	USB, Ethernet	USB, Ethernet
Удобное складирование отпечатков	Нет	Да	Да	Да	Да
Цена, долл.	2608	7456	3032	1891	3410

Таблица 3.3

Характеристики плоттеров для чертежей формата A1

Характеристика	Canon image PROGRAF iPF610	HP Designjet		
		T520 24 (CQ890A)	T790PS 24 ePrinter (CR648A)	T120 24 (CQ891A)
Метод печати	Пузырьково-струйная	Струйная	Термальная струйная	Термальная струйная
Максимальная ширина печати, мм	609,6	610	610	610
Разрешение, dpi	2400 × 1200	2400 × 1200	2400 × 1200	2400 × 1200
Сетевой интерфейс	USB 2.0; Ethernet	USB 2.0; Ethernet; WiFi	USB 2.0; Ethernet; EIO Jetdirect	USB 2.0; Ethernet; EIO Jetdirect
Количество цветов	5	4	6	4
Скорость печати	4,1 мин/стр.	4,1 мин/стр.	ч/б: 93 стр./час	4,1 мин/стр.
Толщина материала	0,07–0,8 мм	до 0,3 мм	до 0,8 мм	до 0,3 мм
Цена, долл.	2200	1200	3700	1000

3.2.2. Устройства отображения информации

Видеомонитор — устройство, предназначенное для визуального отображения информации и состоящее из дисплея, блока питания, плат управления и корпуса. Видеомонитор (дисплей) вместе с видеоадаптером является составной частью видеоподсистемы компьютера. Различают векторные и растровые мониторы.

В *векторных дисплеях* с регенерацией изображения на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) используется люминофор с очень коротким временем послесвечения, из-за чего изображение на экране должно перерисовываться 30–50 раз в секунду (регенерироваться). Меньшая скорость регенерации приводит к мерцанию изображения. Информация для регенерации хранится в участке ОЗУ дисплея, который называется *дисплейным буфером* и циклически обрабатывается контроллером дисплея с указанной выше скоростью регенерации.

На рис. 3.24 изображена блок-схема векторного дисплея, в котором все геометрические преобразования (поворот, перенос, масштабирование, перспективное проецирование и отсечение) реализованы аппаратно в геометрическом процессоре.

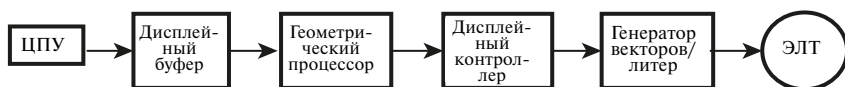


Рис. 3.24. Блок-схема векторного дисплея с регенерацией

Исходная геометрическая база данных, посланная из ЦПУ, сохраняется непосредственно в дисплейном буфере, откуда считывается дисплейным контроллером и после обработки в геометрическом процессоре передается генератору векторов, причем все преобразования выполняются «на лету» в течение каждого цикла регенерации.

Мониторы на ЭЛТ. ЭЛТ — это электронно-вакуумный прибор, предназначенный для преобразования электрического сигнала, формируемого видеоадаптером, в изображение. Это изображение создается за счет возвратно-поступательного движения электронного луча, создаваемого специальным устройством — электронной пушкой, или электронным прожектором. Экран ЭЛТ изнутри покрыт специальным веществом — люминофором, которое обладает способностью светиться при попадании на него электронов. Чем интенсивнее поток электронов, тем ярче светится люминофор. В свою очередь интенсивность электронного луча пропорциональ-

на напряжению, поступающему от видеоадаптера на специальный управляющий электрод электронной пушки — модулятор.

Электронная пушка (рис. 3.25) предназначена для формирования узкого электронного пучка. Принцип ее работы основан на явлении термоэлектронной эмиссии.

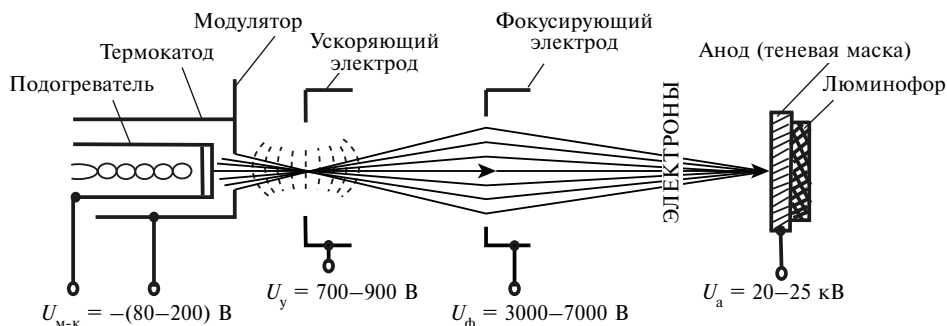


Рис. 3.25. Конструкция электронной пушки ЭЛТ

Подогреватель разогревает термокатод, с поверхности которого вылетают электроны, называемые термоэлектронами. Для формирования электронного пучка предназначен ускоряющий электрод, потенциал которого превышает потенциал катода на 700–900 В. Высокое напряжение между этими электродами (ускоряющее напряжение) создает ускоряющее электрическое поле, под действием которого термоэлектроны быстро разгоняются и вылетают из электронной пушки, образуя электронный пучок. В плоскости ускоряющего электрода электронный пучок имеет минимальное сечение. Затем он начинает расходиться. Для фокусировки пучка в плоскости экрана ЭЛТ, покрытого люминофором, предназначен фокусирующий электрод, называемый также первым анодом. На фокусирующий электрод подается высокое напряжение около 5000 В. Такой способ фокусировки электронного пучка называется электростатическим. Система фокусировки формирует электронный пучок, диаметр которого в плоскости экрана ЭЛТ составляет 0,3–0,5 мм.

Для управления интенсивностью электронного пучка (т.е. величиной тока электронного луча) между катодом и ускоряющим электродом размещен модулятор, потенциал которого ниже потенциала катода на 80–200 В. Отрицательное напряжение на модуляторе создает на пути термоэлектронов потенциальный барьер, препятствующий их свободному пролету к аноду. Поэтому напряжение на модуляторе называют запирающим. Путем изменения запирающего

напряжения можно регулировать количество электронов, преодолевающих потенциальный барьер. Другими словами, напряжение, подаваемое на модулятор, управляет силой тока электронного луча и, соответственно, яркостью свечения люминофора.

ЭЛТ цветного и монохромного монитора отличаются друг от друга конструкцией. В монохромных мониторах используется ЭЛТ с одной электронной пушкой и сплошным люминофорным покрытием экрана. В ЭЛТ цветных мониторов имеются три электронные пушки, а экран покрыт триадами зерен люминофора, каждое из которых при бомбардировке электронами светится своим цветом. Дело в том, что глаза человека реагируют на основные цвета: красный (*Red*), зеленый (*Green*) и синий (*Blue*) и на их комбинации, которые создают бесконечное число цветов. Люминофорный слой, покрывающий фронтальную часть электронно-лучевой трубки цветного монитора, состоит из триад — неразличимых для человеческого глаза люминофорных элементов указанных трех типов, которые воспроизводят основные цвета — *Red*, *Green* и *Blue* (*RGB*), — назовем их *RGB*-триадами. Луч каждой из трех электронных пушек попадает только на свои зерна триады.

Поскольку размер зерна люминофора весьма мал и соответствует разрешающей способности глаза, близкорасположенные зерна триады воспринимаются как одна точка, цвет которой определяется законом пространственного смешения основных цветов. Изменяя яркость свечения каждого из трех зерен люминофора, можно получить любой цвет. Механизм пространственного смешения цветов показан на рис. 3.26.



Рис. 3.26. Пространственное смешение цветов

На модуляторы ЭЛТ подаются три сигнала цветности: R, G и B. Каждый из трех ускоряющих электродов может иметь индивидуаль-

ную настройку ускоряющего напряжения. Фокусирующий электрод часто является общим для всех трех пушек. В этом случае его называют главной фокусирующей линзой или просто главной линзой. Цветоделительная маска, люминофорное покрытие и внутреннее графитовое покрытие колбы ЭЛТ соединены между собой и образуют второй анод, или просто анод.

Конструкция и электрическая схема ЭЛТ изображены на рис. 3.27.

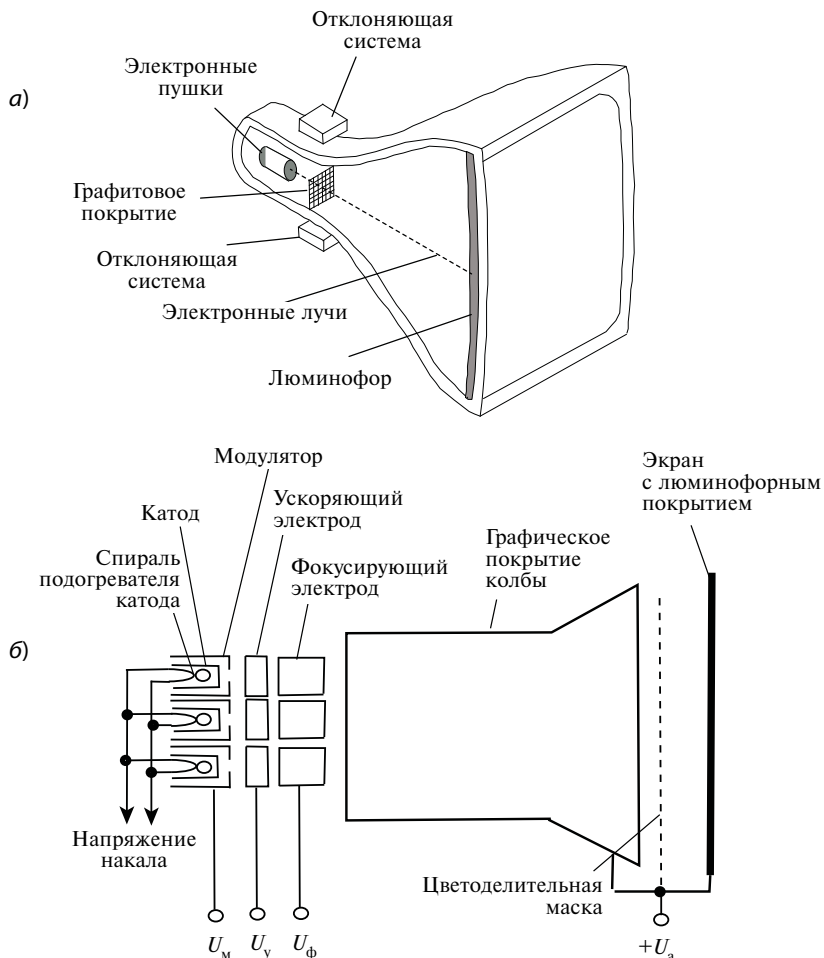


Рис. 3.27. Конструкция (а) и электрическая схема (б) ЭЛТ цветного монитора

Перемещение электронных лучей осуществляется отклоняющей системой. Эта система является магнитной, т.е. представляет собой систему катушек, размещенных на горловине колбы ЭЛТ. Управляя силой тока, протекающего через катушки отклоняющей системы, можно изменять индукцию создаваемого ими магнитного поля и тем самым — силу, действующую в поперечном направлении на пучок электронов.

Управляющие сигналы для отклоняющей системы формируются генераторами строчной и кадровой разверток.

Важным элементом ЭЛТ является цветоделительная маска, которая обеспечивает попадание каждого из трех электронных лучей на зерна люминофора своего цвета. Цветоделительная маска должна с высокой точностью сохранять свою форму при нагреве, возникающем при ее бомбардировке электронами. Поэтому маску изготавливают из специального сплава (инвара) с очень низким коэффициентом температурного расширения. Известны маски теневого, апертурного и щелевого типов.

Теневая маска представляет собой тонкую пластину с круглыми отверстиями. Каждой триаде зерен люминофора соответствует свое отверстие в маске. Подобно RGB-триаде люминофора, в горловине стеклянной колбы ЭЛТ располагаются три электронных пушки, оси которых проходят через вершины воображаемого равностороннего треугольника (рис. 3.28), а оптическая ось кинескопа — через его центр.

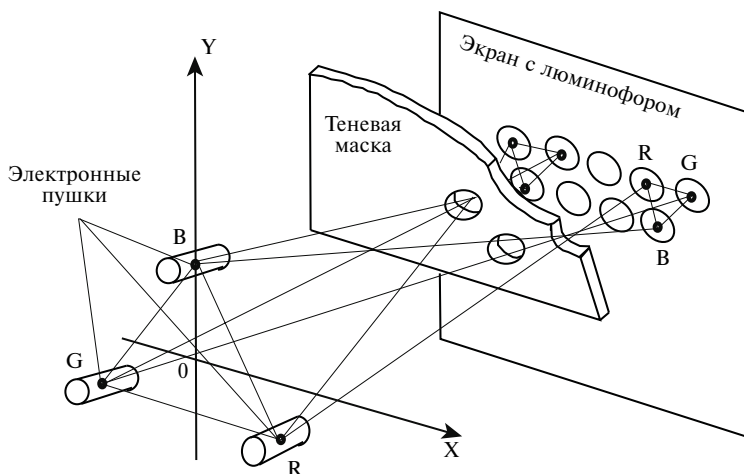


Рис. 3.28. Дельтаобразное расположение пушек в ЭЛТ с теневой маской

Поскольку равносторонний треугольник похож на греческую букву «дельта» (Δ), ЭЛТ с теневой маской иногда называют дельта-кинескопами, подчеркивая способ пространственного размещения электронных пушек. Все три пушки дельта-кинескопа отклонены от его оптической оси на некоторый угол (около 1°). При таком расположении электронных пушек на экране ЭЛТ формируются три смещенных относительно друг друга трапецеидальных раstra основных цветов, показанных на рис. 3.28. В результате происходит разделение лучей, попадающих на зерна разных триад, вследствие чего возникает необходимость сведения лучей как по горизонтали, так и по вертикали. Для коррекции этих искажений дельта-кинескопы оснащаются весьма сложными системами сведения лучей и коррекции раstra.

Апертурная маска (aperture grill) — это решетка из вертикальных линий, которая содержит серию нитей, состоящих из люминофорных элементов, выстроенных в виде вертикальных *RGB*-полос. Три лучевые пушки, три катода, три модулятора и одна общая фокусировка — техническое решение, которое обеспечивает здесь высокую контрастность изображения и хорошую насыщенность цветов, т.е. высокое качество изображения.

Шелевая маска представляет собой решетку из вертикальных полос, которые разделены на эллиптические ячейки, содержащие группы *RGB*-триад. Это решение на практике представляет собой комбинацию теневой маски и апертурной решетки.

ЭЛТ с теневой маской дают более точное и детализированное изображение, поскольку свет проходит через отверстия в маске с четкими краями. Поэтому ЭЛТ-мониторы хорошо использовать при интенсивной и длительной работе с текстами и мелкими элементами графики, например в системах автоматизированного проектирования. Трубки с апертурной решеткой имеют более ажурную маску, она меньше заслоняет экран и позволяет получить более яркое, контрастное изображение в насыщенных цветах. Мониторы с такими трубками хорошо подходят для настольных издательских систем и других приложений, ориентированных на работу с цветными изображениями.

Управляющая электроника ЭЛТ-монитора обрабатывает сигнал, поступающий от видеокарты ПК, выполняя усиление сигнала и управляя работой электронных пушек. Выводимое на экране монитора изображение выглядит стабильным, хотя, на самом деле, таковым не является. Изображение на экране воспроизводится в результате процесса, в ходе которого свечение люминофорных элементов

инициируется электронным лучом, проходящим последовательно по строкам в следующем порядке: слева направо и сверху вниз на экране монитора. Этот процесс происходит очень быстро, поэтому нам кажется, что экран светится постоянно. В сетчатке наших глаз изображение хранится около $\frac{1}{20}$ секунды. Это означает, что если электронный луч будет двигаться по экрану медленно, мы можем видеть это движение как отдельную движущуюся яркую точку, но когда луч начинает двигаться, быстро прочерчивая на экране строку хотя бы 20 раз в секунду, наши глаза не увидят движущейся точки, а увидят лишь равномерную линию на экране. Если теперь заставить луч последовательно пробегать по многим горизонтальным линиям сверху вниз за время меньше $\frac{1}{25}$ секунды, мы увидим равномерно освещенный экран с небольшим мерцанием. Движение самого луча будет происходить настолько быстро, что наш глаз не будет в состоянии его заметить. Чем быстрее электронный луч проходит по всему экрану, тем меньше будет заметно и мерцание картинки.

Мерцание становится практически незаметным при частоте повторения кадров (проходов луча по всем элементам изображения) примерно 75 в секунду.

Растровое устройство можно рассматривать как матрицу дискретных ячеек (пикселей). Отрезок, показанный на рис. 3.29, на экране растрового устройства представляется последовательностью пикселей, близко лежащих к реальной траектории отрезка, соединяющего точки А и Б. Видно, что отрезок выглядит как последовательность ступенек, причем чем больше разрешение экрана, тем менее заметна его «зазубренность».

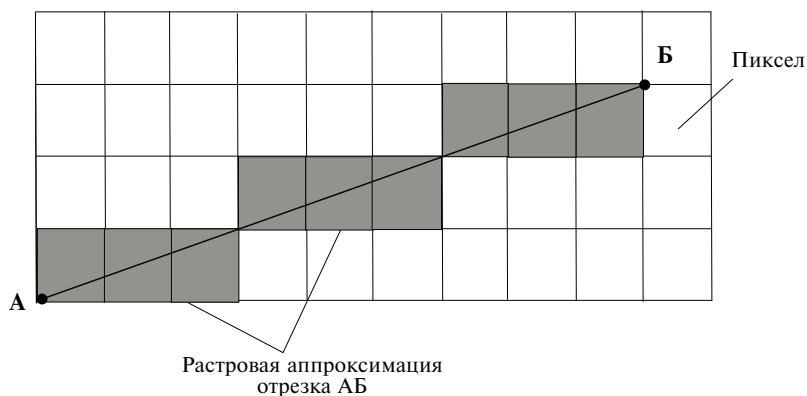


Рис. 3.29. Вид отрезка прямой на растровом экране

Примером растрового устройства является *жидкокристаллический монитор*, принцип работы которого основан на свойстве жидких кристаллов (ЖК) изменять (поворачивать) плоскость поляризации проходящего через них света пропорционально приложенному к ним напряжению.

Жидкие кристаллы (ЖК) — это вещества, которые находятся в *мезоморфном* состоянии, т.е. в состоянии, при котором они обладают свойством жидкости (текучестью) и свойством твердых кристаллов (анизотропией). ЖК образуются, например, при нагревании некоторых твердых полимерных кристаллов. Существуют кристаллы, у которых температурный интервал существования мезоморфного состояния включает комнатную температуру. По структуре ЖК представляют собой вязкие жидкости, состоящие из молекул вытянутой формы, обладающих способностью изменять ориентацию под воздействием электрических полей. Именно это свойство ЖК и используется в ЖК-мониторах. Чтобы понять принцип действия жидких кристаллов на поток света, необходимо вначале раскрыть термин «поляризация света».

Обычная световая волна, согласно волновой теории, представляет собой электромагнитные волны, электронная (E) и магнитная (H) компоненты которой в идеальном случае распространяются в пространстве в направлении волнового вектора так, как показано на рисунке 3.30. Обратите внимание, что вектор E на этом рисунке изменяется строго в плоскости xOy , поэтому такая волна называется вертикально поляризованной.

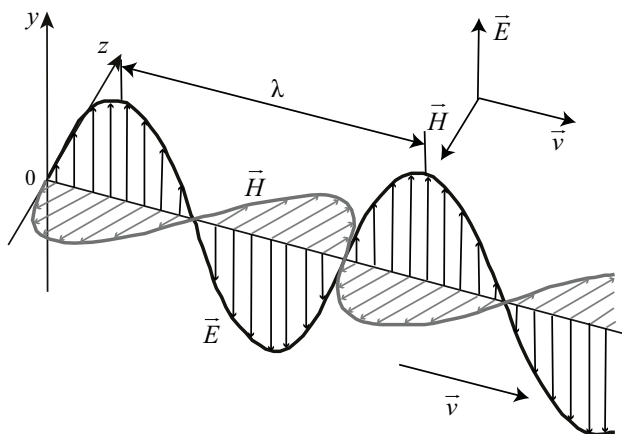


Рис. 3.30. Электромагнитная волна

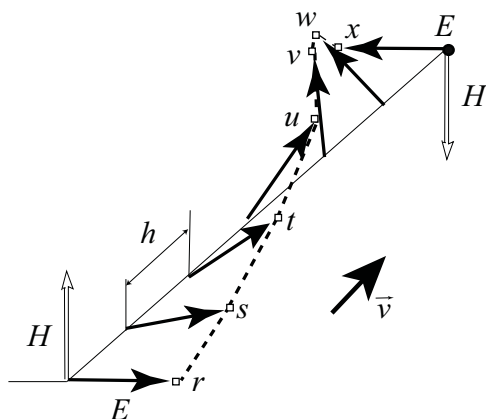


Рис. 3.31. Поворот векторов E и H

В отличие от этого идеального случая реальная волна распространяется в пространстве так, что ее векторы E и всегда перпендикулярный к нему вектор H поворачиваются вокруг волнового вектора так, как показано на рис. 3.31. Причинами этого эффекта являются:

- несимметричная генерация волн в источнике волны;
- анизотропность среды распространения волн;
- преломление и отражение на границе двух сред.

Существуют вещества, которые, пропускают только ту часть светового потока, вектор E поля которого имеет строго определенное направление. Пластины из такого вещества называются поляризационными фильтрами. В ЖК-дисплее два из них размещены так, как показано на рис. 3.32, т.е. так, что направления поляризации фильтров перпендикулярны. Свет через них проходить не будет.

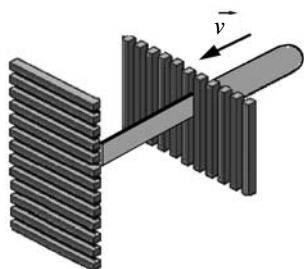


Рис. 3.32. Непрозрачный световой фильтр

Действительно, сначала световая волна поляризуется первой пластинкой и становится вертикально поляризованной (плоской). Вторая пластинка пропускает только свет, в котором есть горизонтально поляризованная составляющая, и поскольку строго вертикально поляризованная волна ее не содержит, то вторая пластинка этот луч не пропустит.

Между указанными фильтрами в ЖК-дисплее слоями размещаются ЖК-молекулы, причем в каждом слое молекулы

параллельны друг к другу и от слоя к слою меняют направление, т.е. каждый слой закручивается по отношению к предыдущему так, как показано на рис. 3.33, а [И13, И14]. Внутри слоя молекулы не закреплены в кристаллической решетке и могут свободно «плавать», оставаясь организованными в четкую структуру.

Рассеянный свет 1, проходя через первый поляризатор, поляризуется в вертикальной плоскости 4. Слой жидких кристаллов 5 толщиной несколько микрон находится между верхним 3 и нижним 6 стеклянными электродами. Толщина каждого слоя рассчитана так, что в исходном состоянии он поворачивает плоскость поляризации световой волны ровно на 90° . Сверху и снизу расположены фильтры 2 и 7, ориентированные перпендикулярно друг другу. В результате в обесточенной ячейке (см. рис. 3.33, а) свет беспрепятственно проходит через структуру, отражается от зеркала 8 и возвращается обратно. Подобная матрица в обесточенном состоянии выглядит как обычная матовая стеклянная пластинка.

При подаче на электроды напряжения (рис. 3.33, б) электрическое поле ориентирует ЖК-молекулы вдоль линий поля — перпендикулярно плоскости электродов. Кристаллы теряют свои свойства и перестают поворачивать плоскость вертикально поляризованного света 9, в результате чего свет проходит через фильтр 2, но через фильтр 7 не проходит — на экране мы видим черную точку. Описанная *TN-технология* построения пассивного ЖК-дисплея названа по имени разновидности используемых в ней жидких кристаллов (*Twisted Nematic*) [И15].

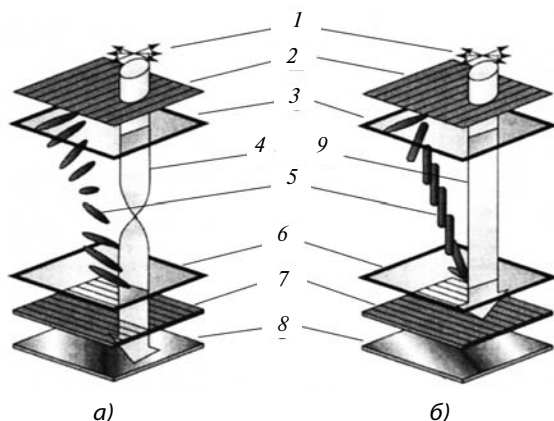


Рис. 3.33. ЖК-ячейка: обесточенной (а) и под напряжением (б)

Пассивные ЖК-матрицы имеют практически нулевое потребление энергии, но обладают малым быстродействием. Время реакции ЖК-молекул на приложенный к ним импульс напряжения составляет десятки доли секунды, что приемлемо, например, для цифровых индикаторов ручных часов, калькуляторов и пр. В компьютерных и телевизионных дисплеях, насчитывающих миллионы ячеек, вместо «медленных» пассивных дисплеев применяются «быстрые» *активные матрицы*, содержащие усилительные тонкопленочные транзисторы (*TFT*), давшие название этой технологии (*TFT-технология*).

Полноцветное изображение на активной ЖК-матрице формируется из отдельных точек (пикселей), каждая из которых состоит из трех элементов (субпикселей), отвечающих за яркость каждой из основных составляющих цвета — красной (R), зеленой (G) и синей (B). На рис. 3.34 показана часть многослойной структуры *TFT*-матрицы, состоящей из 24 ячеек-пикселей 7 или из 72 субпикселей. Вся структура размещена между двух стеклянных пластин 1 и работает следующим образом.

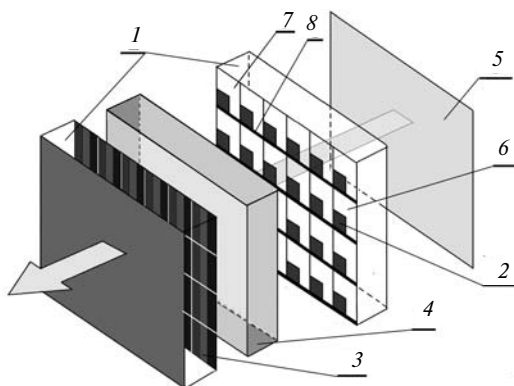


Рис. 3.34. Многослойная структура *TFT*-ЖК-дисплея

Видеосистема монитора, получая видеoinформацию от компьютера, непрерывно сканирует все субпиксели матрицы, записывая с помощью *TFT*-транзисторов 2 в *запоминающие конденсаторы* уровень заряда, пропорциональный яркости каждого субпикселя. Напряжение, сохраненное в запоминающем конденсаторе *TFT*-матрицы, формирует на электроде 8 заряд, действующий на жидкие кристаллы 4 данного субпикселя, поворачивая плоскость поляризации проходящего через них света от тыловой флуоресцентной подсветки 5, на угол, пропорциональный этому заряду. Пройдя через ячейку с жидкими кристаллами,

свет попадает на цветовой фильтр 3, на котором для каждого субпиксела сформирован свой светофильтр одного из основных цветов (*RGB*).

В результате в ЖК-дисплее световой поток от одних субпикселей проходит через поляризационный светофильтр без потерь, от других субпикселей — ослабляется на определенную величину, а от какой-то части субпикселей практически полностью поглощается. Таким образом, регулируя уровень каждого основного цвета в отдельных субпикселах, получают пиксел любого цветового оттенка [И16, И17].

Плазменный монитор — это устройство отображения информации, основанного на явлении свечения люминофора под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в ионизированном газе или в плазме [И18].

Плазменная панель представляет собой матрицу ячеек, заключенных между двумя параллельными стеклянными пластинами, внутри которых расположены прозрачные электроды, образующие шины сканирования, подсветки и адресации. Разряд в газе протекает между разрядными электродами (сканирования и подсветки) на лицевой стороне экрана и электродом адресации на задней стороне.

В плазменном мониторе (рис. 3.35) пузырьки газов неона и ксенона размещены в ячейках 7, сжатых между двумя стеклянными панелями 1 и 2. Между панелями по обеим сторонам ячеек расположены адресные 3 и прозрачные 4 электроды. Адресные электроды проходят за ячейками, вдоль задней стеклянной панели. Прозрачные электроды покрыты диэлектриком 5 и защитной пленкой оксида магния 6. Адресные и прозрачные электроды образуют базовую сетку, в узлах которой располагаются ячейки 7.

Для того чтобы ионизировать газ в отдельной ячейке, компьютер плазменного дисплея заряжает те электроды, которые на ней пере-

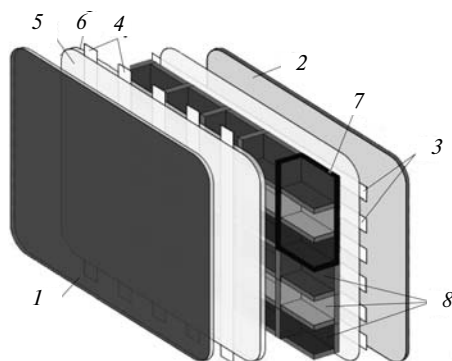


Рис. 3.35. Многослойная структура плазменного-дисплея

секаются, и когда они заряжены, через ячейку проходит электрический разряд. Поток заряженных частиц заставляет атомы газа высвобождают фотоны света, которые взаимодействуют с люминофорным покрытием внутренней стенки ячейки, заставляя его испускать свет цвета люминофора δ . Последний, проходя через переднюю стеклянную пластину, попадает в глаз зрителя.

По сроку службы (35 000 против 70 000 часов) и энергопотреблению плазменный монитор в настоящее время уступает ЖК-дисплеям, однако по углу обзора и времени отклика пиксела на воздействие они идут впереди, что объясняется, как видим, технологическими причинами.

Проекторный аппарат представляет собой оптико-механический прибор, предназначенный для показа большой аудитории изображений различных объектов путем проецирования на демонстрационный экран (ДЭ) их увеличенных копий. Обычно проекционные аппараты применяются для презентаций, в качестве технических средств обучения и пр.

Современные проекционные аппараты служат для демонстрации:

- прозрачных объектов,
- диапозитивов (кодопроекторы),
- диафильмов (диапроекторы),
- непрозрачных (эпипроекторы),
- прозрачных и непрозрачных (эпидиапроекторы).

Электронный ИК выводится на ДЭ проекционным аппаратом, подключаемым непосредственно к ПК. Различают универсальные (оверхед-проекторы) и мультимедийные проекторы.

Оверхед-проектор (кодоскоп) проецирует на ДЭ изображения с прозрачной пленки формата А4, которые изготавливаются с помощью лазерного или струйного принтера, копировального аппарата или вручную цветными фломастерами. Каждому типу печатного или копировального устройства соответствует строго определенный тип пленки.

Изображение размещается на рабочем поле оверхеда, которое просвечивается источником света, а затем с помощью линзы Френеля проецируется на экран. Качество картинки на ДЭ зависит от величины светового потока, который для маломощных проекторов имеет порядок 2000 лм, а для мощных — 10 000 лм и выше. Первые применяются для постоянного проведения лекций в классе площадью до 40 м², вторые, оснащенные металлогалогенной лампой мощностью 575 Вт и специальным вентилятором, — для презентаций в больших конференц-залах (до 1000 м²).

Различают стационарные, полупортативные и портативные проекторы.

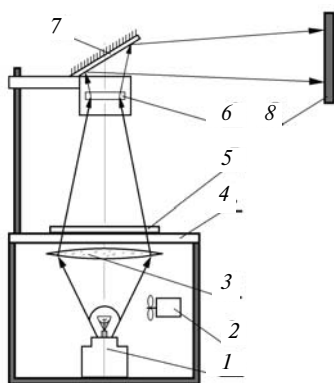
Стационарные и полупортативные модели являются «просветными» моделями, поскольку используют схему проходящего света.

В портативных оверхед-проекторах используется оптическая схема отраженного света: лампа и оптическая система установлены на держателе над демонстрируемой пленкой. Рабочее поле, на котором располагается пленка, представляет собой специальную зеркальную поверхность, отражающую световой поток и направляющую его в объектив.

Просветные проекторы (рис. 3.36) отличаются тем, что у них проекционная лампа 1 размещается под рабочей поверхностью 4 устройства внутри его основания.

Проекционная лампа 1 через фокусирующую линзу 3 проецирует источник изображения 5, лежащий на рабочей поверхности 4, на рассеивающую линзу 6 и далее на проекционное зеркало 7. Отраженное от зеркала изображение передается на ДЭ.

В компьютерных проекторах роль источника проецируемого изображения 5 выполняет специальный электронно-управляемый модулятор, на который подается сигнал от видеоадаптера ПК, несущий код выводимого на ДЭ изображения. Конструкции и принципы действия модуляторов отличаются большим разнообразием, хотя в основном они построены на базе ЖК-панелей, подобных изображенной на рис. 3.36, а. Свет в этом случае выполняет роль подсветки, а ЖК-панель монтируется непосредственно на рабочей поверхности 4. Общий вид проектора дан на рис. 3.36, б.



а)



б)

Рис. 3.36. Ход лучей (а) и общий вид (б) просветного оверхед-проектора

Качество изображения, формируемого оверхед-проектором, подключаемым к компьютеру, определяется характеристиками ЖК-панели, которые аналогичны характеристикам плоскopianельных ЖК-мониторов: размер, максимальное разрешение, количество воспроизводимых оттенков цветов, яркость. В зависимости от разрешения экрана различают ЖК-панели следующих типов с соответствующим максимальным разрешением экрана: VGA-панели (640×480); SVGA-панели (800×600); XGA-панели (1024×768); SXGA-панели (1280×1024).

В мультимедийном проекторе (рис. 3.37) проекционная лампа 1, конденсор, или система линз 2, ЖК-матрица 3 и оптическая система 4 конструктивно размещаются в одном корпусе, что делает их похожими на диапроекторы, предназначенные для просмотра слайдов или диафильмов на ДЭ 5. В зависимости от конструкции ЖК-матрицы и способа построения и переноса изображения проекторы бывают следующих типов: *TFT*-проекторы; полисиликоновые проекторы и *DMD/DLP*-проекторы.

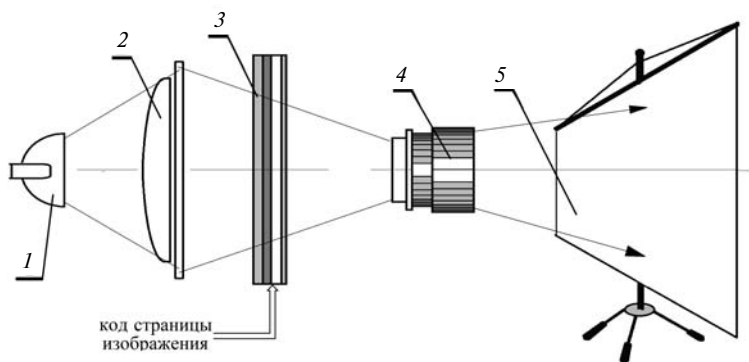


Рис. 3.37. Ход лучей просветного TFT-проектора

В *TFT*-проекторах, относящихся к проекторам просветного типа, в качестве модулятора используется малогабаритная цветная активная ЖК-матрица, выполненная по технологии *TFT*. Равномерное освещение поверхности ЖК-матрицы достигается за счет применения конденсора.

Просветные полисиликоновые мультимедийные проекторы, принцип работы которых показан на рис. 3.38 применяются, если необходимо получить более яркое изображение. В них используется не одна цветная *TFT*-матрица, а три монохромные *TFT*-матри-

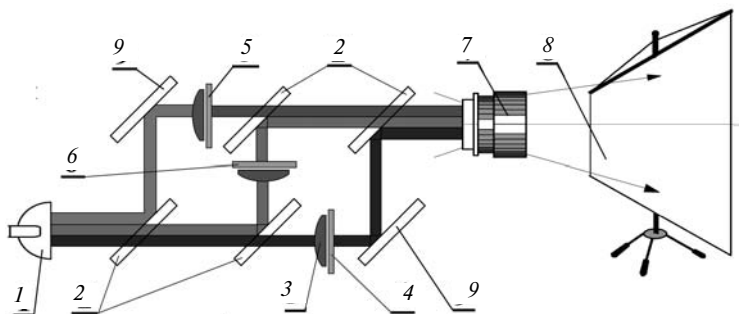


Рис. 3.38. Принцип действия просветного полисиликонового проектора

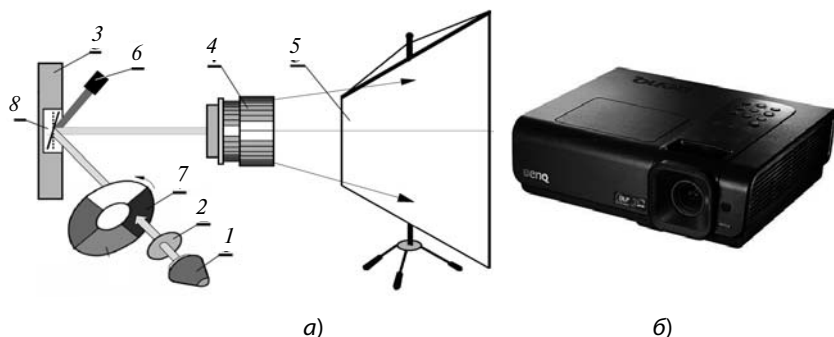
цы, формирующие изображение: синего 4, красного 5 и зеленого 6 цветов.

Цветоделительная система полисиликонового проектора, состоящая из трех нижних зеркал — двух дихроических 2 и отражательного 9 — используется для разложения белого света проекционной лампы 1 на три составляющие основных цветов (красный, зеленый, синий). Цветоделение необходимо выполнить для того, чтобы подать на каждую из трех монохромных матриц световой поток соответствующего цвета.

Система цветосмешения, состоящая из трех верхних аналогичных зеркал, служит для получения цветного изображения путем наложения одного на другой трех монохромных изображений, создаваемых соответствующими ЖК-матрицами.

Каждый элемент полисиликоновой матрицы содержит только один TFT-транзистор, поэтому его размер меньше, чем размер элемента многоцветной TFT-матрицы, что позволяет повысить четкость изображения. Полисиликоновые матрицы более надежны в работе и долговечны, поскольку три ЖК-матрицы работают в менее напряженном тепловом режиме, чем одна трехцветная. Благодаря этому полисиликоновые проекторы можно использовать при проецировании изображения на большой экран в таких помещениях, как конференц-залы, кинотеатры и пр.

ЖК-проекторы отражательного типа предназначены для работы в больших аудиториях. Наибольшее распространение получили так называемые *DLP-проекторы (Digital Light Processing)*. Принцип действия и внешний вид одного из них показаны на рис. 3.39. В отличие от просветных, отражательный проектор модулирует отраженный световой поток поступающий от проекционной лампы 1 через кон-



а) б)
Рис. 3.39. Принцип работы (а) и вид (б)
 DLP-проектора BenQ MP724

денсор 2 и светофильтр 7 на управляемую от видеоадаптера ПК матрицу микроскопических зеркал 3 из алюминиевого сплава, обладающего очень высоким коэффициентом отражения. Каждое микрозеркало 8 «отвечает» за один пиксел изображения на ДЭ 5 и имеет только два устойчивых состояния: «включено» (сплошная линия — микрозеркало на рис. 3.39) или «выключено» (пунктирная линия).

Код выводимой на ДЭ страницы изображения передается на микроприводы матрицы микрозеркал (так называемой *Digital Micromirror Device* — *DMD*-матрицы) от видеоадаптера ПК, благодаря чему в каждый момент времени каждое микрозеркало «знает», сколько времени (t) и свет какого именно цвета отражать. Во включенном состоянии микрозеркало перенаправляет падающий на него свет в объектив 4, а в выключенном — в поглотитель 6. Управление микрозеркалами синхронизировано с положением светофильтра, который вращается с угловой скоростью от 3600 об/мин (первое поколение) до 10 000 об/мин (модель *BARCO CV80*). Поэтому, если на микропривод очередного микрозеркала поступил код команды «отражать синий цвет в течение t мс», соответствующее ему микрозеркало будет переведено на t мс в состояние «включено» только при поступлении от светофильтра синей составляющей спектра отражаемого света, — остальные составляющие будут отправлены им в поглотитель.

Общее количество зеркал определяет разрешение получаемого изображения. Наиболее распространенными размерами *DMD*-матрицы являются 800×600 , 1024×768 , 1280×720 и 1920×1080 пикселей.

D-ILA-проектор. В последние годы в сегменте высшего уровня качества мультимедийных проекторов появились проекторы, вы-

полненные по технологии *LCoS* (*Liquid Crystal on Silicon* — жидкие кристаллы на кремнии). Они реализуют демонстрацию сценариев с быстрым развитием ситуации и показом всех без исключения деталей. Высокая стоимость этих проекторов ограничивает область их применения профессиональными цифровыми кинопроекторами для кинотеатров, проекторами в системах визуализации авиационных тренажеров и им подобных. В трехчиповом варианте исполнения проекторов эта технология называется *D-ILA* (*Direct Drive Image Light Amplifier*). Основным элементом *D-ILA*-проектора является ЖК-матрица, которая в отличие от *LCD* систем работает не на просвет, а на отражение (как в *DLP*-проекторах).

Принцип работы *D-ILA*-проектора иллюстрирует рис. 3.40. Свет от источника 1, пройдя конденсор 2, при помощи системы дихроичных 9 и простых 8 зеркал разделяется на три световых потока, соответствующих красному, зеленому и синему цвету. Далее каждый из них попадает на свою призму-поляризатор 6. Затем потоки направляются на отражающие ЖК-матрицы 3, управляемые видеоадаптером от ПК, модулируются, формируя цветовые компоненты для базовых каналов изображения, проходят обратно через ту же призму-поляризатор и сводятся вместе в дихроичной призме 7. Полученная картинка проецируется через объектив 4 на экран 5.

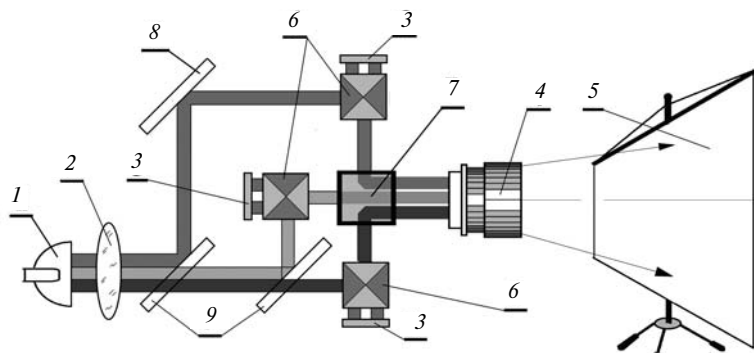


Рис. 3.40. Схема технологии *D-ILA*

Достоинствами *D-ILA*-технологии являются высокие качество, яркость и контрастность изображения, а также возможность проецирования изображений очень больших форматов. Особенности производства отражающих матриц позволяют располагать управляющие проводники и электронику за отражающим слоем, не занимая ими ценное место на лицевой поверхности ЖК-матрицы. В резуль-

тате существенно увеличивается разрешение экрана и изображение выглядит гораздо более однородным, чем в случае с просветными панелями. Более того, управление массивом точек в *D-ILA*-проекторах реализовано при помощи аналоговых сигналов, что позволяет получить более плавные градиенты.

Технические средства демонстрации статического и динамического ИК широко применяются в образовании, науке, деловом общении, медицине и других отраслях народного хозяйства, играя важную роль информационной поддержки развития современного общества. Параллельно с развитием комплекса технических средств разрабатываются программные комплексы, поддерживающие их функционирование, а также методы повышения эффективности общего демонстрационного процесса.

На государственном уровне для решения проблем демонстрации статического и динамического ИК создаются так называемые *ситуационные центры*, представляющие собой совокупность программно-технических средств, научно-математических методов и инженерных решений для автоматизации процессов отображения, моделирования, анализа ситуаций и управления. Существуют ситуационные центры МЧС России, Президента РФ, ГИБДД, Московского метрополитена и др. В промышленном масштабе ситуационные центры организуются в виде ситуационных/диспетчерских центров, которые решают следующие задачи:

- мониторинг состояния объекта управления с прогнозированием развития ситуации на основе анализа поступающей информации;
- моделирование последствий управленческих решений, на базе использования информационно-аналитических систем;
- экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация;
- управление в кризисной ситуации.

При их разработке применяются математические методы и программные комплексы ситуационного, имитационного и экспертного моделирования, целью которых является обеспечение максимальной эффективности демонстрационно-управленческого процесса. В зависимости от целей ситуационные/диспетчерские центры включают следующие подсистемы:

- подсистему видеоотображения коллективного пользования;
- подсистему управления;
- подсистему локально-вычислительной сети (ЛВС), состоящую из защищенной ЛВС и ЛВС для обработки открытой информации;
- конференц-систему, или подсистему звукоусиления;
- подсистему аудиозаписи и видеопотоколирования;

- подсистему технологической связи, представляющей коммутационную платформу, на базе которой строится весь спектр аппаратуры, необходимый для обеспечения связи;
- подсистему видео-конференц-связи (ВКС) с удаленными абонентами с возможностью передачи компьютерных презентаций и различных приложений в высоком разрешении;
- подсистему интегрированного управления (для оперативного управления всеми подсистемами комплекса и обеспечения оперативной коммутации видеоисточников);
- телекоммуникационную подсистему, предназначенную для подключения к внешним и внутренним телефонным линиям.

В общем случае в состав ситуационных/диспетчерских центров и/или ВКС, показанных на рис. 3.41, входят следующие пять компонент.

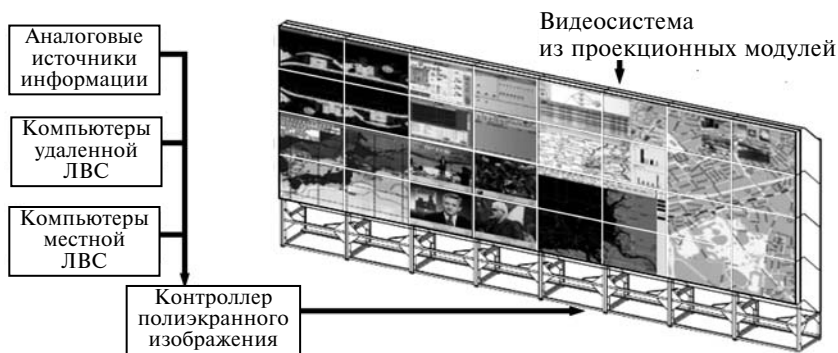


Рис. 3.41. Состав оборудования ВКС

1. Видеосистема из проекционных модулей, каждый из которых представляет собой единую конструкцию, включающую проектор, систему зеркал и высококачественный *просветный экран*, который представляет собой жесткий акриловый экран со специальной линзовой структурой Френеля. Данная структура обеспечивает полную равномерность распределения светового потока проектора. Линза Френеля состоит из отдельных примыкающих друг к другу концентрических колец, перенаправляющих лучи света от проектора, помещенного в фокус линзы S (рис. 3.42, *а*), так, что после преломления в кольцах они выходят практически параллельным пучком.

2. Контроллер полиэкранного изображения (рис. 3.42, *б*), который:

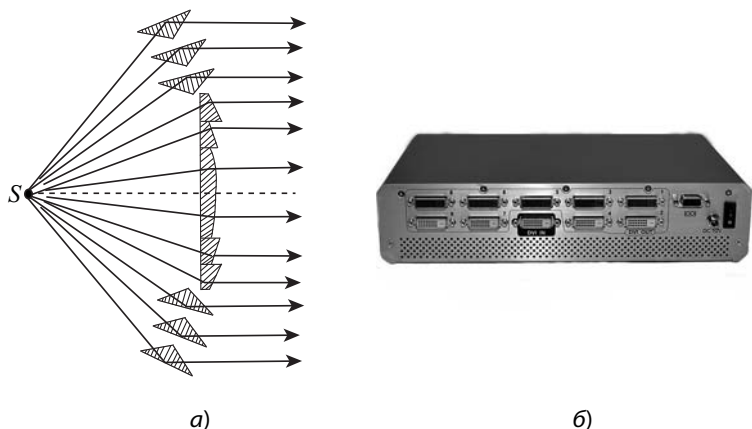


Рис. 3.42. Ход лучей в просветном экране (а) и контроллер системы ВКС (б)

- генерирует информацию от запущенных на нем приложений в виде программных окон;
- принимает и отображает информацию из сети и от внешних аналоговых источников;
- управляет размещением информации на полиэкранной системе.

3. Компьютерные источники, передающие информацию по ЛВС.

4. Другие источники, поставляющие контроллеру для отображения информацию в аналоговом виде (магнитофоны, видеокамеры и др.).

5. Удаленные места операторов, управляющих размещением информации на полиэкранной системе.

Технические системы видео-конференц-связи. Видеоконференция создает полноценную атмосферу личного присутствия ее участников при обсуждении заявленной темы, несмотря на многие сотни и тысячи разделяющих их километров. Кроме того, реализация ВКС:

- снижает время на переезды и связанные с ними расходы;
- ускоряет процессы принятия решений в чрезвычайных ситуациях;
- повышает качество принимаемых решений за счет более глубокого обсуждения заявленных проблем.

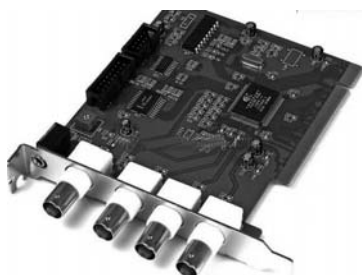
Различают аппаратные и программные технические системы ВКС.

Аппаратные технические решения ВКС представляют собой комплекс специального оборудования для создания среды общения

и ее управления. Основным их преимуществом является отсутствие необходимости поддерживать ПО и, как результат, более высокая защищенность, а также повышенная отказоустойчивость ВКС. На клиентских местах, в точках подключения к ВКС возможно применение как аппаратных, так и программных кодеков, т.е. гибрида аппаратного и программного обеспечения. Аппаратный кодек — это специальная микросхема, которая преобразует сигнал по заданному алгоритму

Примерами аппаратных кодеков могут служить сигнальный процессор или плата захвата динамического видеоконтента (рис. 3.43, а), сжатия изображений и др.

Более дорогие аппаратные кодеки, например камера Prestel HD-PTZ3T (рис. 3.43, б), имеют моторизованные поворотные камеры, обеспечивающие лучшее качество изображения и допускающие подключение к любому аудиовидеоборудованию.



а)



б)

Рис. 3.43. Аппаратные кодеки: плата видеозахвата (а) и поворотная камера (б)

Понятие *программных решений* в системе ВКС подразумевает осуществление процессов видео- и аудиокодирования/декодирования различных файлов посредством программного обеспечения. Существует несколько разновидностей программных решений: клиентские приложения, программные серверы видеоконференцсвязи, пиринговая видеосвязь. Программные решения универсальны, так как позволяют проводить любые типы конференций без необходимости наличия дополнительного оборудования.

Также к одному из основных преимуществ программных решений относят легкость масштабирования — для того чтобы увеличить количество пользователей в аппаратных системах ВКС, потребуется приобрести новые терминалы и прочее дорогостоящее оборудова-

ние, тогда как в программных решениях можно ограничиться установкой дополнительных клиентских или серверных приложений.

Основным недостатком программных решений ВКС является увеличение нагрузки на ЦП компьютера, снижающей его производительность, что в конечном счете сказывается на качестве ВКС.

До недавнего времени наиболее высокое качество передачи изображения достигалось при использовании телевизионных систем ВКС, таких как телевизионные мосты между двумя и более аудиториями, находящимися не только в разных городах и/или в разных странах. В настоящее время разработаны и прошли испытания новейшие системы ВКС, намного превышающие телевизионное качество — это так называемые ВКС высокой четкости (HDVC).

Параллельно с ними во всех развитых странах мира широко используются «настольные системы» ВКС, в которых основу аппаратной части составляют ПК, а дополнительный набор оборудования: портативная видеокамера, микрофон, звуковые колонки и пара дополнительных плат ввода изображения и звука позволяют обеспечить неплохое качество ВКС при минимальных затратах.

Как правило, в современных компьютерных ВКС реализуются следующие функции совместной работы оборудования:

- обмен аудио- и видеоинформацией;
- виртуальная аудиторная доска;
- «чат» — обмен сообщениями по сети в режиме реального времени;
- пересылка файлов;
- совместное использование прикладных программ;
- проведение многосторонних конференций.

Обмены аудио- и видеоинформацией являются основными операциями при взаимодействии удаленных пользователей, определяющими рейтинг всей компьютерной ВКС, причем в ряде случаев именно качество аудио играет главную роль. Практика показывает, что для достижения высокого качества звука скорость передачи должна быть не ниже 64 кбит/с. Практически это означает, что при наличии нескольких десятков пользователей в ЛВС с пропускной способностью 10 Мбит/с качество передачи речи в дуплексном режиме уже уступает качеству обычной телефонии. Средняя скорость интернет-доступа в мире составляет всего 3,9 Мбит/с, поэтому при организации ВКС, требующей высокого качества звука, компьютерные ВКС реализуют с использованием сети *ISDN (Integrated Services Digital Network)*, которая гарантирует трафик 64 кбит/с, — при этом качество передачи как звука, так и изображения позволяет

проводить профессиональные видеоконференции, вполне обеспечивающие эффект присутствия участников в одной комнате за одним рабочим столом.

3.2.3. Устройства формирования объемных изображений

Кибершлем, или шлем виртуальной реальности (VR-шлем), показанный на рис. 3.44, является наиболее совершенным и дорогостоящим устройством формирования трехмерных изображений, который может быть использован в домашних условиях совместно с ПК.

Принцип действия его основан на использовании двухэкранного метода, т.е. для каждого глаза формируется свое изображение элемента стереопары: для левого глаза — изображение левого элемента, для правого — правого элемента. Конструкция VR-шлема такова, что каждый глаз видит только свой элемент стереопары, причем отсекается поле периферийного зрения, что еще более усиливает эффект проникновения в виртуальный мир.

В VR-шлемах используются миниатюрные экраны, выполненные на основе активных ЖК-матриц, подобных тем, что используются в мультимедийных проекторах. Каждая ЖК-матрица формирует цветное изображение. Помимо экранов, VR-шлем снабжен стереофоническими головными телефонами и микрофоном.

Важнейшей особенностью таких шлемов является наличие так называемой *системы виртуальной ориентации*, которая отслеживает движение головы и в соответствии с ним корректирует изображение на экранах: при повороте головы в одну сторону панорамное изображение на ЖК-матрицах «прокручивается» в противоположном направлении, благодаря чему возникает иллюзия стабильности и неповторимое ощущение реальности окружающей картины. Благодаря наличию *СВО* VR-шлем представляет собой нечто большее, чем просто устройство отображения: он помогает человеку окунуться в иную, виртуальную реальность, что и отражено в его названии.

Максимальный эффект от применения VR-шлемов достигается в том случае, когда они используются совместно со специфическими устройствами ввода, называемыми



Рис. 3.44. Кибершлем

VR-контроллерами. Примерами *VR-контроллера* являются трехмерная мышь, специальные перчатки и другие устройства.

VR-шлем подключается к ПК через контроллер, выполненный в виде отдельной интерфейсной карты, устанавливаемой в слот шины *PCI*, либо через контроллер, который встроен непосредственно в шлем.

Система виртуальной ориентации (СВО, или *VOS — Virtual Orientation System*), как было сказано, предназначена для определения пространственного и углового положения головы пользователя и передачи в реальном масштабе времени результатов измерений в ПК. Это позволяет оперативно, с учетом движения пользователя, корректировать формируемое *VR-шлемом* изображение. Чаще всего элементы СВО вмонтированы в шлем. Однако существуют и самостоятельные высокоточные системы, одинаково пригодные как для игр, так и для работы в специализированных профессиональных приложениях.

СВО должна обеспечивать слежение по следующим шести координатам (*степеням свободы*):

- трем пространственным (x , y и z), измеряемым в прямоугольной системе координат и характеризующим положение объекта относительно начала координат;
- трем угловым, характеризующим ориентацию головы относительно трех базовых направлений — осей системы координат (рис. 3.45).

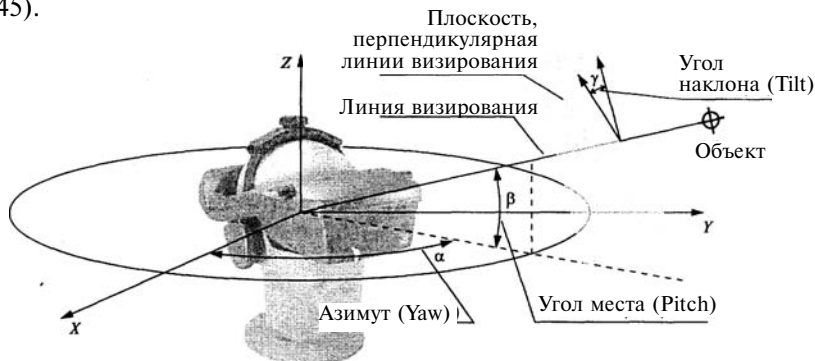


Рис. 3.45. Углы, характеризующие ориентацию головы в пространстве

В *VR-шлемах*, предназначенных для игровых приложений, достаточно отслеживать только ориентацию головы, т.е. ее угловое положение, которое характеризуется тремя углами:

- Yaw – азимутом, отсчитываемым в горизонтальной плоскости (0–360°);
- Pitch – углом места, отсчитываемым в вертикальной плоскости ($\pm 90^\circ$);
- Tilt – углом наклона, отсчитываемым в плоскости, перпендикулярной линии визирования ($\pm 180^\circ$).

Такие углы в математике называют *углами Эйлера*. Измерив значения этих углов, СВО через последовательный порт передает их в ПК программе, которая корректирует изображение на ЖК-матрицах или на ЭЛТ шлема. Частота, с которой выполняются измерения (считываются показания датчиков) и осуществляется их передача в РС, называется *частотой опроса*. Частота опроса, а также точность измерения углов, оцениваемая величиной среднеквадратической ошибки, являются важными техническими характеристиками СВО.

В качестве датчиков углового положения используются миниатюрные устройства, основанные на различных физических принципах:

- магнитные датчики в виде катушек;
- ультразвуковые датчики;
- гироскопические квантовые датчики, называемые также инерциальными.

В зависимости от типа используемых датчиков различают магнитные, ультразвуковые и инерциальные СВО.

Магнитные СВО – это наиболее распространенные СВО с магнитными датчиками ориентации. Примером такой СВО может служить система 3SPACE FASTRACK (рис. 3.46), включающая:

- передатчик, представляющий собой помещенную в пластмассовый корпус триаду магнитных катушек, выполняющих роль передающей антенны;
- приемник, также выполненный в виде трех магнитных катушек в пластмассовом корпусе (закрепляется на шлеме);
- центральный блок, к которому подключаются приемник и передатчик;
- блок питания и кабель (кабель нульмодема) для подключения к РС.

Центральный блок формирует электрические сигналы, поступающие на передатчик, а также обрабатывает принятые приемником сигналы. Амплитуда и фаза принятых сигналов зависят от расстояния



Рис. 3.46. Магнитная СВО 3SPACE FASTRACK

между передающими и приемными катушками, а также от их взаимного расположения. Сравнивая по амплитуде и фазе передаваемые и принимаемые сигналы, центральный блок вычисляет пространственные и угловые координаты приемников относительно передатчика. Результаты вычислений передаются в РС через стандартный последовательный интерфейс RS-232 с частотой 50–60 Гц (для используемого порта скорость передачи данных должна быть установлена равной 115 кбит/с). Система работает с постоянными магнитными полями и имеет следующие характеристики:

- максимальное расстояние, на котором обеспечивается заданная точность, — от 0,5 до 1,5 м;
- частота опроса — до 60 Гц;
- среднеквадратическая ошибка определения положения — 0,24 см;
- среднеквадратическая ошибка определения угловых координат — 0,75°;
- число одновременно используемых приемников с одним передатчиком — 4.

Магнитные СВО имеют серьезный недостаток — сильную зависимость результатов измерений от внешних магнитных полей: наводок от работающих электробытовых приборов (переменного магнитного поля) либо от постоянного магнитного поля, создаваемого близко расположенными крупными металлическими предметами.

Ультразвуковые СВО. Радикальным решением проблемы помехоустойчивости СВО является использование акустических (ультразвуковых) волн вместо электромагнитных. Примером СВО с ультразвуковыми датчиками является система *Logitech Head Tracker*, показанная на рис. 3.47.

Приемник и передатчик выполнены в виде небольших пластмассовых равнобедренных треугольников (длина стороны 27 см у передатчика и 8 см — у приемника), в вершинах которых разме-



Рис. 3.47. Ультразвуковая СВО Logitech Head Tracker

щены пьезокерамические элементы, выполняющие преобразование электрического сигнала в ультразвуковые колебания и обратно. Электронный блок, к которому подключены приемник и передатчик, измеряет временной сдвиг между переданным и принятым сигналами. При постоянной известной скорости распространения звука в воздухе (около 330 м/с) этот сдвиг прямо пропорционален расстоянию между передатчиком и приемником. Измеряя

расстояние между тремя парами датчиков, можно определить положение и ориентацию приемника относительно передатчика.

Определенным недостатком ультразвуковой технологии является взаимное влияние (интерференция) акустических волн, используемых различными парами датчиков. Важной особенностью системы является отсутствие каких-либо соединительных проводов, ограничивающих свободу перемещения. Как и в предыдущем случае, результаты измерений передаются в компьютер через последовательный порт.

Инерциальные СВО используются в моделях *VR*-шлемов, предназначенных для профессионального применения. Свое название они получили благодаря использованию в них инерциальных датчиков, квантовых гироскопов и акселерометров, не требующих для своей работы искусственных полей (магнитных или ультразвуковых). С их помощью создается независимая инерциальная система координат, в которой отслеживается положение головы пользователя.

В инерциальных СВО в качестве квантовых гироскопов используются миниатюрные твердотельные датчики, выполненные в форме куба. Такой датчик включает в себя полупроводниковые лазерные передатчик и приемник, а также три контура, расположенные в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Такие датчики позволяют измерять угловые скорости вращения датчика относительно трех взаимно перпендикулярных осей, а также направления силы притяжения и вектора магнитного поля Земли.

Наиболее известны квантовые гироскопические датчики *InertiaCube* производства фирмы *InterSense*. На основе этих датчиков создана компактная СВО *INTERTRAX*, обеспечивающая высокоточное измерение трех угловых координат.

Малогабаритный датчик (рис. 3.48, слева) закрепляется на затылке головы (рис. 3.48, справа) и соединяется проводом с электронным блоком, закрепленным на поясе пользователя. Никакого передающего устройства этой системе не требуется. Электронный блок, в котором расположен сигнальный процессор, вычисляет значения трех угловых координат и с частотой до 256 Гц через последовательный порт передает их в ПК.

Диапазон измерения азимута и угла наклона составляет $\pm 180^\circ$ диапазон измерения угла места $\pm 80^\circ$. Максимально допустимая угловая скорость равна 400 град/с, минимальная — 2 град/с. Ошибка измерений углов — не более 0,02 град.

Важными особенностями инерциальных угломерных СВО являются отсутствие ограничения на дальность действия (напомним,



Рис. 3.48. Датчик инерциальной СВО INTERTRAX

что у рассмотренных выше магнитных и ультразвуковых СВО она составляет единицы метров) и невосприимчивость к внешним помехам (электрическим и магнитным полям). Это объясняется тем, что система использует не искусственные, а естественные поля (магнитное и гравитационное).

3D-очки используются в качестве дополнительного оборудования к обычному монитору и подключаются к видеоадаптеру ПК при помощи гибкого провода длиной 2–3 м. Это подключение обычно выполняется через специальный внешний или интегрированный на плату видеоадаптера контроллер. В других моделях 3D-очков вместо соединительного провода для передачи команд от контроллера к очкам используется инфракрасный передатчик, а сами очки оборудованы встроенным миниатюрным инфракрасным приемником.

Принцип действия 3D-очков сводится к следующему: на мониторе ПК последовательно отображается левая и правая часть стереопары, и одновременно стекла 3D-очков поочередно теряют прозрачность.

Соединение между стеклами очков необходимо для синхронизации работы тандема «видеоадаптер — очки». В результате каждый глаз видит только свою часть стереопары, что позволяет получить желаемый стереоэффект.

Несмотря на то что 3D-очки и шлемы виртуальной реальности предназначены для одной и той же цели — формирования стереоскопических изображений, между ними есть принципиальные различия.

Во-первых, сами 3D-очки никакого изображения не создают, хотя и содержат ЖК-линзы, которые используются в качестве электронно-управляемого фильтра (затвора). Это значит, что качество формируемого изображения (разрешение, палитра) определяется не характеристиками очков, а качеством изображения на экране монитора. Поэтому бессмысленно говорить, например, о разрешении, обеспечиваемом 3D-очками, хотя затворный принцип дейст-

вия очков и связанный с ним последовательный характер показа элементов стереопары порождают ряд специфических дефектов изображения.

Во-вторых, 3D-очки лишены системы виртуальной ориентации, поэтому изображение на экране монитора никак не корректируется в зависимости от положения головы наблюдателя (имеются модели, которые, хотя и частично, поддерживают это). В результате 3D-очки не в состоянии обеспечить тот эффект погружения в виртуальный мир, который присущ шлемам виртуальной реальности. Поэтому при использовании 3D-очков нет смысла перекрывать зону периферийного зрения – большинство этих изделий выполняется в форме традиционных очков.

Для того чтобы стекла 3D-очков могли терять прозрачность по командам компьютера, их выполняют по технологии изготовления ЖК-ячейки просветного типа, основанной на эффекте поляризации. Поэтому такие очки иногда называют поляризационными, как и очки для стереокино. Это создает путаницу и затрудняет выбор необходимого оборудования.

Принципиальной особенностью 3D-очков является то, что управление ими осуществляется сигналами видеоадаптера, в результате чего прозрачность их стекол изменяется синхронно со сменой изображения на экране. Такие очки часто называют активными. Напротив, поляризационные очки для стереокино являются пассивными, так как прозрачность и поляризация их стекол постоянны и не зависят от изображения на экране. С их помощью невозможно получить стереоэффект, глядя на экран обычного монитора.

В дальнейшем, при необходимости подчеркнуть различия между поляризационными очками этих типов, будем использовать устоявшиеся термины: «активные» и «пассивные» очки. Напомним еще раз, что термины «активные поляризационные очки», «shutterglasses» и «3D-очки» являются синонимами.

Подключение к ПК. 3D-очки являются весьма привлекательным дополнением к мультимедийному РС не только благодаря возможности получения высококачественных трехмерных изображений, но и за счет своей достаточно невысокой цены (на порядок ниже стоимости VR-шлемов). Однако, приобретая такие очки, необходимо помнить, что существует проблема правильного сопряжения очков и РС, без решения которой очки окажутся бесполезными.

Во-первых, некоторые модели 3D-очков работают только с определенными моделями видеоадаптеров. Во-вторых, для их правильной работы необходимо установить требуемый режим работы видео-

адаптера. В-третьих, необходимо правильно выполнить электрическое соединение между очками и видеоадаптером; в большинстве случаев необходимы дополнительные устройства — контроллеры.

Важен также тип используемых разъемов. И наконец, необходимо четко представлять себе, какой формат стереокадра используется для создания трехмерного изображения и поддерживают ли видеоадаптер и контроллер соответствующий режим работы.

Наиболее важным элементом соединения 3D-очков с компьютером является контроллер. В общем случае он формирует синхросигнал для 3D-очков, управляющий поочередным затемнением стекол, а также преобразует выходной видеосигнал и синхросигналы видеоадаптера так, чтобы обеспечить раздельный последовательный показ элементов стереопары на экране монитора.

В простых моделях 3D-очков вторая функция отсутствует, при этом задача разделения элементов стереопары целиком ложится на видеоадаптер.

В большинстве моделей 3D-очков контроллер выполняется в виде отдельного внешнего блока, хотя в настоящее время появилось значительное количество видеоадаптеров со встроенными контроллерами для 3D-очков. Из трех существующих способов подключения внешних контроллеров рассмотрим только вариант подключения 3D-очков к выходному разъему видеоадаптера как самый распространенный. Другие два (к параллельному или последовательному порту РС, а также к шине ввода-вывода встречаются крайне редко).

Контроллеры, подключаемые к выходному разъему видеоадаптера. Нормальная работа 3D-очков возможна только при условии жесткой синхронизации последовательности затемнения их стекол со сменой кадров. Поэтому сигнал управления 3D-очками формируется контроллером из кадрового синхронизирующего импульса, формируемого видеоадаптером (контакт 14 стандартного 15-контактного разъема VGA). Причем контроллер, как правило, включается между видеоадаптером и монитором. Такая схема включения называется сквозной, или VGA-Pass-Through (иногда используют сокращение VGA-PT).

Обычно контроллер выполняется в виде небольшого блока-переходника с двумя 15-контактными разъемами для подключения видеоадаптера и кабеля монитора. Однако такая схема включения контроллера имеет свои недостатки. Главным из них является искажение изображения при использовании высоких разрешений (порядка 1024×768). Эти искажения возникают из-за паразитных задержек видеосигнала, вносимых контроллером.

Напомним, что по соединительному кабелю между монитором и видеоадаптером передаются сигналы с очень высокими частотами (свыше 100 МГц), а сам кабель фактически представляет собой так называемую длинную линию, или линию с распределенными емкостью и индуктивностью.

Передача по такой линии сигнала без искажений и переотражений возможна только при хорошем согласовании ее волнового сопротивления с выходным сопротивлением видеоадаптера и входным сопротивлением монитора. Кабели современных мониторов оборудованы специальной ферритовой нагрузкой (цилиндрическое утолщение на кабеле перед разъемом для подключения к видеоадаптеру), обеспечивающей это согласование. Если же между видеоадаптером и кабелем монитора включить дополнительный элемент, согласование нарушается, что и приводит к искажениям высокочастотных составляющих видеосигнала.

Подобный эффект можно наблюдать на экране телевизора, если для подключения к нему антенны вместо соединительного кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом использовать 50-омный коаксиальный кабель: на экране будет многократно повторяющееся (за счет переотражений сигнала) и, следовательно, неустойчивое (за счет нарушения синхронизации) изображение.

Поскольку для работы с 3D-очками требуется высокая частота кадров (не ниже 120 Гц), верхняя граничная частота видеосигнала даже при низком разрешении будет достаточно высокой, а при разрешении 1024×768 составит около 95 МГц. На таких частотах качество согласования особенно важно, и если контроллер не в состоянии его обеспечить, то на изображении появятся искажения.

Другим недостатком контроллеров типа VGA-Pass-Through является дополнительная механическая нагрузка на выходной разъем видеоадаптера, что может привести к его механическому повреждению и выходу из строя.

3D-мониторы. Проблемы аппаратной и программной совместимости, недостаточная комфортность использования большинства моделей 3D-очков побудили некоторых разработчиков искать другие способы получения стереоскопического изображения. В результате появились так называемые 3D-мониторы, для работы с которыми либо требуются более простые и дешевые пассивные поляризационные очки, либо вообще никаких очков не требуется. Однако, сэкономив на очках, разработчики значительно усложнили сам экран, что привело к повышению цены на изделие.

В настоящее время существует два типа устройств, которые можно отнести к категории 3D-мониторов:

- плоскопанельные 3D-мониторы на основе ЖК-экранов;
- мониторы на основе ЭЛТ, оборудованные встроенным или внешним поляризационным ЖК-фильтром.

Кратко рассмотрим особенности и принцип действия этих устройств.

Плоскопанельные 3D-мониторы. Как уже отмечалось, ЖК-экраны, в отличие от ЭЛТ, пропускают поляризованный свет. Это облегчает разделение элементов стереопары. Примером достаточно простого устройства, основанного на этом свойстве, служит 3D-экран ПК типа *Notebook Cyberbook* фирмы *VRex*.

Принцип его работы сводится к следующему: ЖК-ячейки нечетных строк экрана пропускают свет с одной поляризацией, например горизонтальной, а ячейки четных строк — с вертикальной. Нечетные строки раstra используются для отображения левой части стереопары, а четные — правой. Используется стереокадр формата *Alternate Line* с построчной разверткой. Достаточно надеть пассивные поляризационные очки — и стереоэффект обеспечен. При этом не возникает ни мерцания, ни характерных для ЭЛТ темных линий на экране, ни проблем совместимости. Единственный недостаток этого метода — фактическое разрешение по вертикали будет вдвое меньше номинального.

Другим примером плоскопанельного 3D-экрана является 15-дюймовый ЖК-монитор фирмы *Sony*, для работы с которым вообще не требуется никаких очков. Принцип действия этого монитора основан на использовании двух разработок фирмы *Sony*: так называемого двойного расщепителя изображения (*Double Image Splitter*) и специальной фотодиодной системы слежения за положением головы пользователя.

Первое устройство состоит из двух специальных прозрачных пластин (расщепителей изображения), между которыми размещен ЖК-экран (рис. 3.49). Благодаря этому изображение на ЖК-экране может быть видно только под определенным углом. На экране одновременно отображаются оба элемента стереопары, причем пластины преломляют свет таким образом, что каждый глаз видит только свой элемент стереопары.

Как известно, стереоэффект зависит от угла зрения. Поэтому, чтобы не заставлять пользователя неподвижно сидеть перед экраном монитора, используется специальная система слежения за положением головы, в которой в качестве датчиков используется ли-

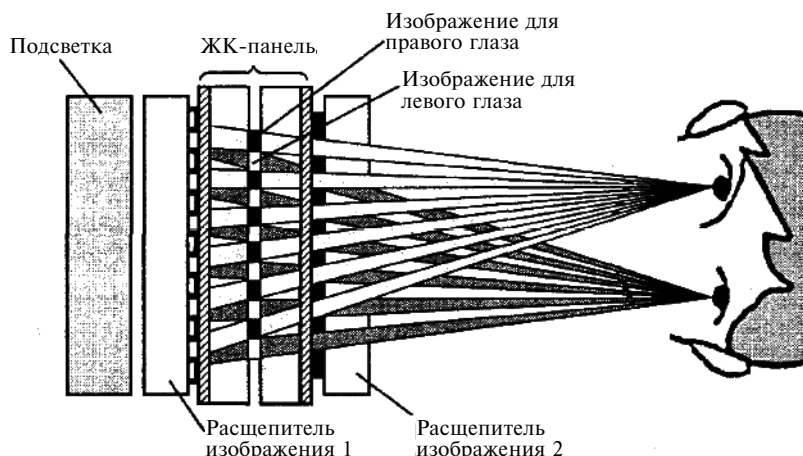


Рис. 3.49. Схема двойного расщепителя изображения в 3D-мониторе

нейка фотодиодов, расположенная над основным экраном. Этой системой формируется электрический сигнал, под действием которого изменяется коэффициент преломления панелей, обеспечивая устойчивый стереоэффект. Оптимальное расстояние до экрана — около 60 см, максимальное разрешение — 1024×768 .

ЭЛТ-мониторы с поляризационным фильтром обеспечивают формирование 3D-изображения с помощью обычного монитора на основе ЭЛТ, оборудованного специальным внешним электронно-управляемым поляризационным фильтром, например *Monitor Zscreen 2000* производства фирмы *StereoGraphics*. Этот фильтр используется вместе с пассивными поляризационными очками. Фильтром управляют сигналы специального контроллера, подключаемого к выходу видеоадаптера, подобно контроллеру 3D-очков. Однако, в отличие от активных очков, у фильтра изменяется не прозрачность, а направление поляризации проходящей через него световой волны.

Контроллер управляет фильтром таким образом, что нечетные кадры оказываются поляризованными в одном направлении, а четные — в другом. В свою очередь одно стекло пассивных очков пропускает свет с одним направлением поляризации, а другое — с другим. В результате один глаз видит только одну часть стереопары, а второй — только вторую.

Таким образом, в фильтре реализован такой же, как и в активных очках 3D, затворный метод разделения элементов стереопары.

ры. Достоинством данного устройства, по сравнению с активными 3D-очками, является возможность использования легких и удобных пассивных очков. Мониторы с поляризационными фильтрами выпускаются в 17- и 21-дюймовом исполнении. К числу их недостатков следует отнести ограничение на частоту кадров, наличие ореолов на контурах объектов, приводящих к взаимным искажениям, а также прозрачность около 32%, что значительно снижает яркость изображения.

3D-проекторы. Рассмотренные выше устройства формирования стереоскопических изображений предназначены для индивидуального использования и не обеспечивают коллективного просмотра объемных изображений.

Для решения этой задачи предназначены 3D-проекторы (рис. 3.50). Принцип их действия такой же, как и мультимедийных проекторов, однако имеется и ряд важных отличий, таких как более сложная конструкция оптической системы и необходимость оснащения показа специальными поляризационными фильтрами, при помощи которых производится селекция элементов стереопары.

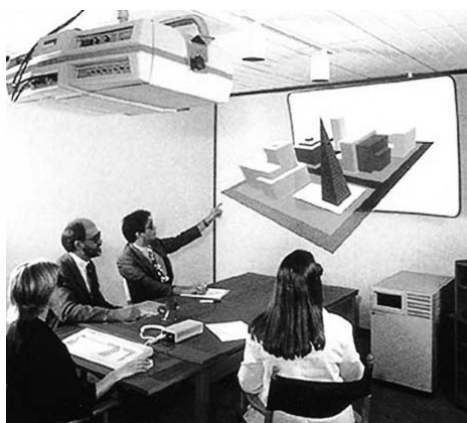


Рис. 3.50. 3D-проектор

Характеристики 3D-проекторов. При использовании последовательного метода показа элементов стереопары частота кадров проектора должна быть в два раза выше стандартной. Для обычных мультимедийных проекторов на основе ЖК-матриц это требование зачастую невыполнимо из-за значительной инерционности молекул ЖК-вещества. Поэтому в качестве источника изображения в 3D-проекторах используется менее инерционное устройство — ЭЛТ,

экран которой покрыт особым люминофором, характеризующимся, с одной стороны, повышенной яркостью свечения, а с другой — очень малым временем послесвечения. В частности, такими свойствами обладают ЭЛТ на основе «быстрого» фосфора P43.

Более высокая яркость изображения, формируемого 3D-проектором на проекционном экране, обеспечивается тем, что вместо одной цветной ЭЛТ используются три монохромных — для каждого из основных цветов (R, G, B). На каждой ЭЛТ закреплен индивидуальный объектив. Примером такого устройства может служить проектор BARCOGRAPHICS 1209s фирмы BARCO (рис. 3.51).



Рис. 3.51. 3D-проектор BARCOGRAPHICS

Этот проектор оснащен сложной электронной системой IRIS (Intelligent Registration Interface System) — интеллектуальной интерфейсной системой регистрации, которая автоматически определяет расстояние от проектора до экрана и на основе этих данных с высокой точностью совмещает три монохромных изображения, проецируемых тремя объективами, причем также автоматически компенсирует и геометрические искажения раstra. Цифровое управление изображением возможно благодаря наличию в ЭЛТ электромагнитной системы фокусировки, позволяющей динамически изменять астигматизм луча. ЭЛТ и объектив представляют собой единый конструктивный узел (рис. 3.52).

Яркость свечения люминофора очень высока, поэтому для предотвращения перегрева экран ЭЛТ охлаждают специальной жидкостью, находящейся между экраном ЭЛТ и линзой объектива. Помимо электронной, возможна и ручная юстировка объективов при помощи специальных регулировочных винтов.

Использование в данном проекторе ЭЛТ вместо традиционных ЖК-матриц позволяет получить высококачественное изображение, характеризующееся высокой равномерностью яркости, четкостью и контрастностью (не менее 1000 : 1).

Проектор может отображать видеосигнал от различных источников: от бытовой видеозаписывающей аппаратуры формата VHS

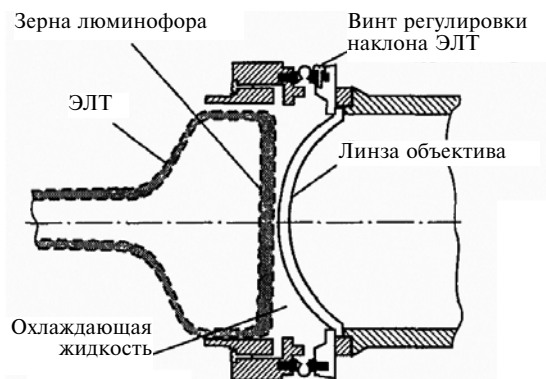


Рис. 3.52. Конструкция 3D-проектора BARCOGRAPHICS

до профессиональных графических станций, работающих с разрешением 2500×2000 . Столь широкий диапазон разрешений обеспечивается за счет использования специальных электронных конверторов, выполняющих масштабирование видеосигнала: при низких разрешениях, характерных для формата VHS, выполняется дублирование строк изображения, а при очень высоких, например 2500×2000 , — прореживание строк по горизонтали и вертикали.

Реальное разрешение изображения на проекционном экране во втором случае будет ниже исходного. Обеспечить высокое разрешение проецируемого изображения позволяет также отсутствие зернистости люминофора (в монохромных ЭЛТ, которыми оснащен проектор, используется сплошное люминофорное покрытие).

При последовательном показе элементов стереопары важно обеспечить высокую частоту кадров, поэтому проектор *BARCOGRAPHICS* 1209s имеет более высокие значения параметров видеотракта и тракта синхронизации: полосу пропускания видеотракта — 120 МГц, частоту строчной развертки — 15–135 кГц и частоту кадров — 37–200 Гц.

При таких значениях параметров можно обеспечить режим 800×600 с частотой кадров 200 Гц, а 1152×864 — с частотой кадров 120 Гц.

Помимо достоинств, использование ЭЛТ имеет и недостатки. Главным из них является невысокая, по сравнению с традиционными проекторами, яркость изображения: ЭЛТ является менее мощным источником света, чем проекционная лампа. Тем не менее проектор может работать с экраном шириной от 2 до 8,8 м.

В зависимости от режима работы проектор обеспечивает следующие значения светового потока: 195 лм в экономичном режиме, 240 лм в нормальном режиме и 270 лм — в режиме повышенной яркости.

Способы формирования 3D-проекций. Высокое разрешение и частота кадров 3D-проектора являются важным, но не единственным условием, необходимым для создания стереоэффекта. Чтобы получить настоящий стереоэффект, необходимо обеспечить еще и раздельное наблюдение элементов стереопары левым и правым глазом. Для решения этой задачи используются один или два проектора и поляризационные очки (активные или пассивные). В зависимости от используемой комбинации этого оборудования различают четыре способа получения стереоскопической проекции:

- активная схема использует один проектор на основе ЭЛТ, выполняющий последовательный показ элементов стереопары, причем у зрителей есть беспроводные активные поляризационные очки затворного типа;

- пассивная схема № 1 использует один проектор на основе ЭЛТ с внешним электронно-управляемым поляризационным затвором, выполняющим последовательный показ элементов стереопары с различной поляризацией, причем у зрителей есть пассивные поляризационные очки;

- пассивная схема № 2 использует два ЭЛТ-проектора, выполняющие одновременный показ элементов стереопары, причем каждый проектор оборудован внешним пассивным поляризатором, обеспечивающим различную поляризацию элементов стереопары, а зрителям выдаются пассивные очки;

- пассивная схема № 3 использует два ЖК-проектора, обеспечивающих одновременный показ элементов стереопары, причем у зрителей есть пассивные очки.

Активная схема. Стереоскопическое изображение получается точно так же, как при использовании активных очков с обычным монитором. Поскольку зрителей много и они произвольно расположены относительно проектора, используются только беспроводные активные поляризационные очки. Проектор отображает элементы стереопары последовательно, с частотой не менее 120 кадр/с (именно поэтому используется проектор на основе ЭЛТ). Никакого дополнительного оборудования не требуется, однако обеспечить всех зрителей дорогостоящими активными поляризационными очками может оказаться накладно. При наличии в помещении посторонних источников ИК-излучения возможно появление помех на изображении и срыв синхронизации.

Пассивная схема № 1. В этом случае режим работы такой же, как в активной схеме, но поверх объектива проектора устанавливается специальная поляризационная насадка, которая от кадра к кадру изменяет поляризацию света. В качестве такой насадки может использоваться, например, экран Projection Zscreen фирмы StereoGraphics.

Свет на выходе объективов проектора является неполяризованным. Поляризационный экран выполняет роль фильтра, изменяющего свою поляризацию с вертикальной на горизонтальную. В результате нечетные кадры изображения (левые элементы стереопары) приобретают вертикальную поляризацию, а четные (правые элементы стереопары) — горизонтальную. Чтобы увидеть стереоскопическое изображение на экране, достаточно надеть пассивные поляризационные очки наподобие тех, которые используются в стереокино.

Пассивная схема № 2. В данной схеме используется не один, а два проектора, обеспечивающих одновременный показ изображений стереопары. Благодаря этому оба проектора могут работать с обычной частотой кадров (≈ 70 Гц). На каждый из проекторов устанавливается поляризационный фильтр, обеспечивающий постоянную горизонтальную или вертикальную поляризацию света. Как и в пассивной схеме № 1, у зрителей — пассивные поляризационные очки.

Пассивная схема № 2 больше других похожа на способ формирования изображения, применяемый в стереоскопическом кино, где каждый проектор формирует изображение только своей части стереопары. Преимуществом такой схемы является более высокая яркость изображения (за счет использования двух проекторов), а также невысокие требования к частоте кадров. Для реализации этой схемы необходимо сформировать для каждого проектора отдельный видеосигнал и добиться тщательного совмещения изображений от обоих проекторов на проекционном экране.

Операция совмещения растров, формируемых двумя проекторами, напоминает процесс статического сведения лучей кинескопа телевизора. Совмещение растров 3D-проектора осуществляется по монохромному изображению, обычно зеленому, поскольку этот цвет имеет наибольшую яркость. Эта функция называется «совмещение по зеленому». Система фокусировки и коррекции изображения 3D-проектора позволяет включить только одну зеленую ЭЛТ и выполнить тщательное совмещение растров.

Пассивная схема № 3 использует два традиционных ЖК-проектора и обеспечивает одновременный показ изображений стереопары. Благодаря тому что формируемый ими световой поток име-

ет линейную поляризацию (это обусловлено принципом действия ЖК-ячейки, см. п. 2.2.1 и 2.5), нет необходимости использовать дополнительные внешние поляризаторы — достаточно двух ЖК-проекторов с различной поляризацией светового потока. Во всем остальном пассивная схема № 3 полностью совпадает с рассмотренной выше пассивной схемой № 2.

В данном параграфе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. Назначение, конструкция и характеристики устройства — компьютерная мышь (механическая, оптическая).
2. Назначение, конструкция и характеристики устройства — джойстик, таппад.
3. Назначение, конструкция и характеристики устройства — дигитайзер.
4. Механические 3D-дигитайзеры, ультразвуковые 3D-дигитайзеры, электромагнитные 3D-дигитайзеры, назначение и применение.
5. Назначение, конструкция и характеристики устройства — сканер.
6. Устройство планшетного сканера, принцип действия.
7. Устройство и принцип действия ПЗС-линейки сканера.
8. Роликовые сканеры, принцип работы.
9. Барабанные сканеры, принцип работы.
10. Проекционные сканеры, принцип работы.
11. Ручные сканеры, принцип работы.
12. Многофункциональные сканеры, назначение, организация эксплуатации.
13. Аппаратный и программный интерфейсы сканеров, характеристики сканеров.
14. Назначение, конструкция и характеристики устройства — цифровая камера.
15. Факсимильная связь. Назначение, особенность организации.
16. Назначение, конструкция и характеристики устройства — клавиатура.
17. Категория устройств вывода и отображения информации.
18. Назначение, конструкция и характеристики устройства — принтер.
19. Лазерный принтер. Организация работы, скорость печати, цветность печати.
20. Устройство и принцип действия струйного и лазерного принтеров.
21. Назначение, конструкция и характеристики устройства — плоттер (графопостроитель).
22. Назначение, конструкция и характеристики устройства — видеомонитор.
23. Блок-схема векторного дисплея с регенерацией, назначение основных узлов.
24. Мониторы на ЭЛТ (конструкция электронной пушки ЭЛТ, пространственное смешение цветов).
25. Электрическая схема ЭЛТ цветного монитора, принцип действия.

26. Организация теневой маски в ЭЛТ.
27. Апертурная маска, щелевая маска ЭЛТ.
28. Управляющая электроника ЭЛТ-монитора.
29. Жидкокристаллический монитор, принцип действия.
30. Организация ЖК-ячейки в жидкокристаллических мониторах.
31. Назначение, конструкция и характеристики устройства — плазменный монитор.
32. Назначение, конструкция и характеристики устройства — оверхед-проектор.
33. Организация работы мультимедийного проектора.
34. Принцип действия просветного полисиликонового проектора.
35. Организация работы ЖК-проекторов отражательного типа.
36. Организация работы D-ILA-проекторов.
37. Технические средства демонстрации, назначение, область применения.
38. Состав ситуационных/диспетчерских центров и/или ВКС, принцип действия.
39. Технические системы видео-конференц-связи, аппаратное исполнение, особенность организации.
40. Назначение, конструкция и характеристики устройств формирования объемных изображений.
41. Магнитные СВО, особенности организации работы.
42. Ультразвуковые СВО, особенности организации работы.
43. Инерциальные СВО, особенности организации работы.
44. 3D-очки, особенности организации работы.
45. Организация работы контроллеров, подключаемых к выходному разъему видеоадаптера.
46. 3D-мониторы, особенности организации работы.
47. ЭЛТ-мониторы с поляризационным фильтром, особенности работы.
48. 3D-проекторы, особенности организации работы.
49. Конструкция 3D-проектора.
50. Способы формирования 3D-проекций.

4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИЕЙ НА ТВЕРДЫХ НОСИТЕЛЯХ

Идея безбумажной информатизации в различных направлениях деятельности зародилась во второй половине XX в. Однако и в начале XXI в. деловой мир насыщен именно информацией на твердых бумажных носителях. По оценке экспертов, сотрудники деловых фирм теряют до 15% документации и тратят до 3 % рабочего времени на поиски нужного документа на твердом носителе. В связи с этим устройства для работы с информацией на твердых носителях входят в состав комплекса технических средств информатизации. Типичными средствами работы с информацией на твердых носителях являются многочисленные устройства копировальной техники и устройства уничтожения информации на твердых носителях – shreddеры.

Первым копировальным аппаратом принято считать созданный известным изобретателем Т.А. Эдисоном (1847–1931) *мимеограф*, в котором использовались листовые трафареты с отверстиями, накладываемые на вращающийся барабан, содержащий жидкую краску. Копии получались за счет проникновения краски через отверстия трафарета на проходящие под барабаном листы бумаги. Этот принцип и в настоящее время используется для получения копий. Однако наиболее распространена в современном мире технология получения копий на обычной бумаге методом *сухого электростатического переноса*, или *электрографического копирования*.

Метод сухого электростатического переноса был разработан Ч.Ф. Карлсоном (1906–1968), получившим патент на свое изобретение в 1935 г. Оформив права на использование этого патента в 1947 г., фирма Haloid Company дала методу копирования название «ксерография», образованное от двух корней греческих слов: xeros (сухой) и graphein (писать). Этот термин впоследствии вошел в название компании, которая стала сначала называться *Haloid Xerox*, затем Xerox Corporation и, наконец, The Document Company Xerox (Xerox).

Операции копирования и размножения бумажных документов весьма распространены в профессиональной, деловой и общественной деятельности. Для целей копирования и размножения документов используются специальные технические средства. Для получения небольшого количества копий (до 25 экз.) целесообразно

но пользоваться средствами копирования документации (репрографии), при большом тиражировании — средствами размножения документов (оперативной или малой полиграфии).

Виды бумаг для создания копий также весьма разнообразны. Так, в разных типах копировальной техники применяются: обычная бумага, фотобумага, темнеющая под действием световых лучей; термобумага, темнеющая под действием тепловых лучей; диазобумага — светочувствительная бумага, на которой под действием мощных световых лучей темнеют участки, соответствующие изображению на оригинале; электрофотокалька, или пленка, на которой электроискровые разряды перфорируют микроскопические отверстия.

Классификация средств копирования (репрографии) и размножения (оперативной полиграфии) документов приведена на рис. 4.1. Принципиальное их различие заключается в том, что при копировании копия снимается непосредственно с документа-оригинала, а при размножении — с промежуточной печатной формы, изготовленной с документа-оригинала.

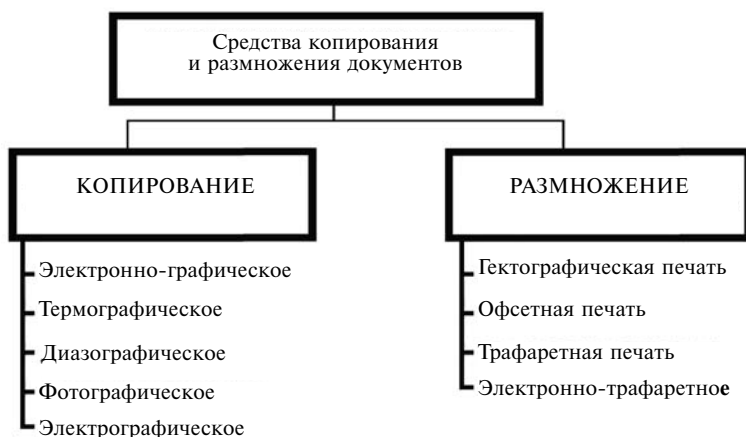


Рис. 4.1. Классификация средств копирования и размножения документов

4.1. СРЕДСТВА КОПИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ

Электрографическое копирование (электрофотографическое, ксеро-графическое копирование) является, как было сказано, в настоящее время наиболее распространенным способом копирования. Более 70% мирового парка копировального оборудования составляют электрографические копировальные аппараты, посредством которых изготавливается свыше 50% всех мировых копий.

Принцип ксерографии (рис. 4.2) состоит в следующем. Перед печатью фотобарабан 1 приобретает отрицательный заряд от коронатора 2 и экспонируется лучами 3 при помощи лампы и системы зеркал. Фотобарабан в облученных местах теряет диэлектрические свойства, поэтому заряд с них стекает на массу 4 через его металлическое основание. Затем тонер с магнитного вала 5 блока проявления 6 переносится на противоположно заряженные участки фотобарабана и далее — на прокатываемый под ним лист 7 с помощью узлов переноса 8 и отделения 9. В узле термозакрепления, куда попадает прокатываемый далее лист, нагревающий вал, или фьюзер 10 расплавляет и впрессовывает тонер в структуру листа при помощи прижимного вала 11. После закрепления остатки тонера удаляются с барабана в модуле очистки 12. Постоянная засветка 13 выполняется для снятия остатков заряда с поверхности барабана. Если сравнить процессы ксерокопирования и лазерной печати (п. 3.2), можно заметить их полную аналогию, за исключением того, что разрядка барабана во втором случае производится лазером в соответствии с поступившей для печати информацией.

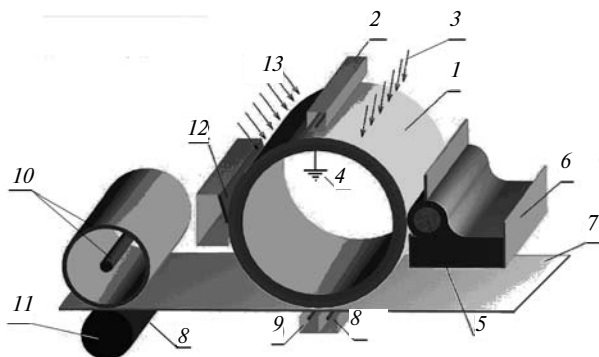


Рис. 4.2. Схема ксерокопирования

В новейших моделях копировальных аппаратов фирмы Canon используется система быстрого поверхностного нагрева, так называемая *SURF-технология*. Принцип действия узла закрепления ко-

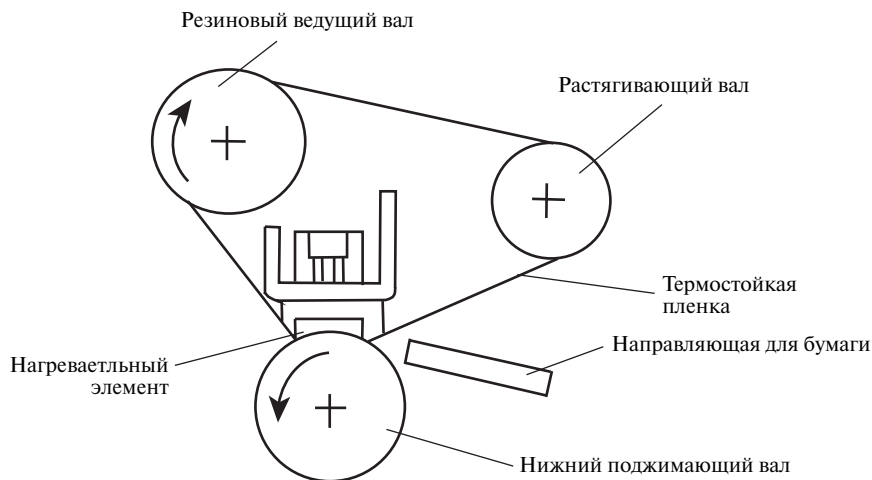


Рис. 4.3. Принцип действия узла закрепления копии по технологии SURF

пировального аппарата модели *Canon NP-6012* по данной технологии показан на рис. 4.3.

Нагревательный элемент здесь изготовлен из керамики с металлическими вставками в комбинации с термостойкой тефлоновой пленкой, что позволяет начинать копирование без предварительного прогрева аппарата.

К основным достоинствам копирования с помощью электрографического аппарата относятся:

- высокая производительность и высокое качество копирования;
- возможность масштабирования документа при копировании;
- возможность получения копий с листовых, сброшюрованных документов, штриховых, полутоновых, одно- и многоцветных оригиналов;
- получение копий на обычной бумаге, кальке, пластиковой пленке, алюминиевой фольге и др.;
- сравнительно невысокая стоимость аппаратов и расходных материалов, простота обслуживания.

Электрографические аппараты по своему назначению и возможностям копирования можно разбить на пять групп.

1. *Портативные копировальные аппараты* предназначены для изготовления небольшого числа копий формата А4 без

масштабирования в любых условиях со скоростью копирования до 5–6 копий/мин при рекомендуемом объеме копирования до 500 копий/мес.

2. *Невысококачественные копировальные аппараты* используются в небольших офисах для получения копий с оригиналов форматов А4 и А3 без масштабирования, со скоростью копирования 10–15 копий/мин при рекомендуемом объеме копирования до 1500–2500 копий/мес.

3. *Офисные копии* среднего класса для обслуживания потребностей офиса средних размеров с большим документооборотом (объемом до 10 тыс. копий/мес.), требующим хорошего оформления документов – выделения цветом, масштабирования, со скоростью копирования 15–30 А4-копий/мин и 10–20 А3-копий/мин.

4. *Копиры для рабочих групп* используются при обслуживании потребностей больших офисов и бизнес-центров при объемах копирования свыше 15 тыс. копий/мес., а также брошюрования и сортировки документов формата до А2 при скорости копирования 40–80 А4-копий/мин.

5. *Специальные копировальные аппараты* используются для получения разного рода полноцветных и широкоформатных копий формата до А0 (1194 × 814 мм) с оригинала того же формата.

Большинство моделей цветных ксероксов имеют невидимый код, распознаваемый при специальном освещении, или обладают способностью к смещению цвета в случае копирования банкнот. Кроме перечисленных, электрографические копировальные аппараты обладают следующими обобщенными техническими данными:

- масштаб изображения копии в зависимости от оригинала: 25–400%;
- допустимая плотность бумаги: 45–130 г/м;
- масса копировального аппарата: 8,5–200 кг.

Отдельные модели электрографических копировальных аппаратов имеют следующие сервисные возможности:

- многоцветное копирование обеспечивает получение как многоцветных (3–5 цветов) копий, так и монохромных цветных;
- двустороннее копирование позволяет получать копию сразу с обеих сторон документа;
- автоматическое управление экспозицией обеспечивает высокое качество копий даже при некачественных оригиналах;
- программирование числа копий от 1 до 999.

Один из вариантов конструктивного решения электрографического копировального аппарата показан на рис. 4.4.

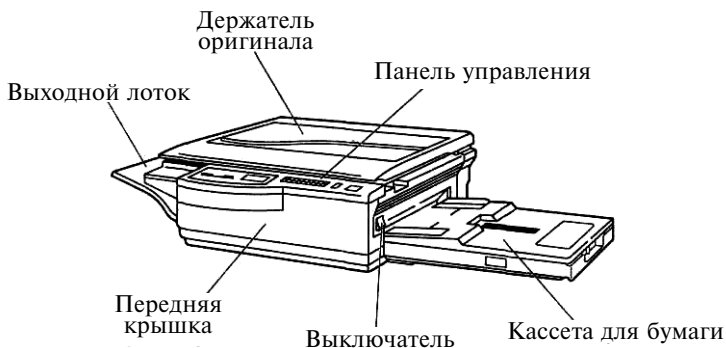


Рис. 4.4. Общий вид электрографического копировального аппарата

Многие современные электрографические копировальные аппараты имеют дисплей, существенно облегчающий редактирование и управление процессом копирования, автоподачу документов и сортирующее устройство подбора копий по комплектам.

Термографическое копирование — самый оперативный способ копирования (десятки метров в минуту), позволяющий получить копию на специальной, достаточно дорогой термореактивной бумаге или на обычной бумаге, но через термокопировальную бумагу.

Термографическое копирование заключается в следующем: на документ-оригинал накладывается полупрозрачная термореактивная бумага чувствительным слоем к оригиналу. Затем через эту бумагу документ освещается интенсивным потоком тепловых лучей. Темные участки оригинала поглощают лучи и нагреваются, а светлые участки отражают тепловые лучи и поэтому нагреваются существенно меньше. Таким образом, тепловой рельеф несет информацию об оригинале. Тепловой поток от документа-оригинала передается прижатой к нему термореактивной бумаге, которая темнеет тем больше, чем больше нагрет участок оригинала. Высокая стоимость термореактивной бумаги и малый срок хранения на ней копий ограничивают область ее применения.

Недостатки технологии термокопирования, связанные с невысоким качеством и малым сроком хранения копий, а также высокой стоимостью термореактивной бумаги, не способствуют ее широкому распространению.

Диазографическое копирование (светокопирование, диазография, синькография) применяется преимущественно для копирования большеформатных чертежей и технической документации на круп-

ных предприятиях. Оригинал выполняется на светопроницаемой бумаге, кальке.

Процесс копирования состоит в экспонировании контактным способом, т.е. в освещении прозрачного оригинала, наложенного на светочувствительную диазобумагу, на которой темнеют участки, соответствующие изображению на оригинале. Изображение проявляется полусухим способом в вытяжных шкафах в парах растворителя (аммиака) или мокрым способом в щелочном растворе.

В настоящее время метод диазографического копирования используется достаточно редко, поскольку качество получаемых копий, так называемых «синек», невысокое, а процедура получения копий трудоемка, малопроизводительна и экологически опасна для человека и окружающей среды вследствие использования химических веществ для проявления.

Фотографическое копирование (фотокопирование) — наиболее древний способ копирования, обеспечивающий самое высокое качество, но требующий дорогих расходных материалов (в частности, фотобумаги, содержащей соли серебра) и длительного процесса получения копии (экспозиция, проявление, закрепление, промывка, сушка).

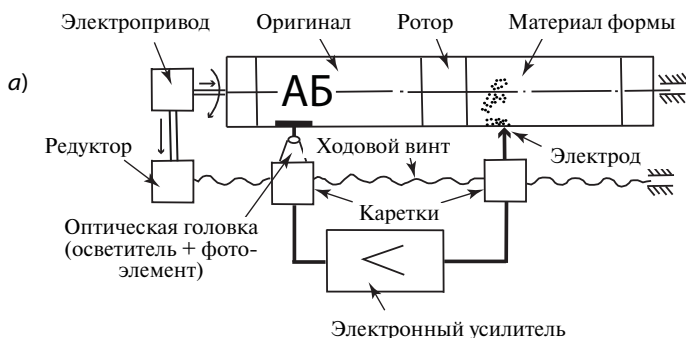
В зависимости от требований к размерам и качеству изображения фотографическое копирование может быть контактным и проекционным. Проекционное фотокопирование обеспечивает более высокое качество копии и, кроме того, позволяет в широких пределах изменять масштаб изображения. Для фотокопирования используются различные репродукционные аппараты и фотоувеличительные установки.

Фотографическое копирование используется в тех случаях, когда другие способы не могут обеспечить требуемое качество. Наиболее актуальной областью применения фотографического копирования является микрофильмирование документов и библиотечных фондов.

Процесс рефлексной печати происходит по следующей схеме: свет, падая на светочувствительную бумагу со стороны подложки, проходит сквозь бумажную основу и эмульсию, попадает на прижатое к фотобумаге изображение и отражается от него на светочувствительный слой (от светлых участков сильнее, чем от темных). В результате на бумажном негативе возникает зеркальное изображение, с которого можно получить позитивное изображение в копирувальном аппарате. Для этого используется самая контрастная фотобумага.

Электрофотографическое копирование (электроискровое) основано на использовании теплового действия электрического (искрового) разряда и применяется при изготовлении трафаретных и офсетных печатных форм для оперативной полиграфии. Копирование

осуществляется в электронно-искровых копировальных аппаратах (рис. 4.5). В аппарате исходный оригинал и заготовку для печатной формы (пластиковую электропроводную пленку) закрепляют на металлическом роторе. При вращении ротора и равномерном перемещении оптической головки участки оригинала поочередно проходят под оптической головкой, в которой размещаются осветитель и фотоэлемент. Луч света, формируемый осветителем, отражается от поверхности оригинала (при этом интенсивность светового потока меняется в зависимости от отражательной способности участка, над которым проходит головка) и попадает на фотоэлемент, где световой поток преобразуется в электрический сигнал, который после усиления поступает на игольчатый электрод, перемещающийся синхронно с оптической головкой. Между электродом и поверхностью ротора возникает искровой разряд, прожигающий в заготовке отверстия в местах, соответствующих темным участкам изображения оригинала. Процесс изготовления копии длится 5–10 мин. Разрешающая способность электронно-искровых копировальных аппаратов – 60–240 линий на 1 мм.



б)



Рис. 4.5. Схема (а) и внешний вид (б) копировального аппарата ЭЛИКА

4.2. СРЕДСТВА РАЗМНОЖЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ

Для получения большого количества одинаковых копий используются копируемые *устройства трафаретной печати*. В недалеком прошлом трафаретная печать осуществлялась *ротаторами* — устройствами, для которых предварительно готовился трафарет. Для этого на специальной бумаге из прочных волокон, покрытых тонким слоем воска, — «восковке» печатался на пишущей машинке текст. В местах удара символов машинки воск отскакивал, оставляя сетку волокон. Затем подготовленная восковка-трафарет вставлялась в ротатор, образуя кольцо. Внутри кольца находился валик, смачиваемый типографской краской, которая через участки восковки с поврежденным восковым слоем с помощью дополнительного валика переносилась на бумагу. Участки бумаги, соответствующие местам на восковке, по которым ударяли символы пишущей машинки, окрашивались. На каждом обороте кольца восковки из ротатора появлялся лист копии. Расходные материалы и сам ротатор были доступны и недороги.

К достоинствам трафаретной печати ротаторами следует отнести хорошее качество печати; возможность получения 400–1500 оттисков с одного трафарета; относительную простоту изготовления трафаретов. Однако при трафаретной печати невозможно выполнять редактирование и необходимо использование нескольких трафаретов при многоцветной печати.

Перспективный путь развития трафаретной печати, использующий последние достижения цифровой электроники и существенно улучшающий все характеристики трафаретной печати, связан с электронотрафаретной печатью. Поскольку в России электронотрафаретная печать производится в основном с помощью копирующих аппаратов производства фирмы Riso, часто этот способ размножения документов называют ризографией.

Ризографы (дубликаторы) — новый тип копирующе-множительной техники для офиса, совмещающий традиционную трафаретную печать с современными цифровыми методами изготовления и обработки электронных документов. Ризограф, подключенный к компьютеру через параллельный порт, может быть использован для оперативного создания, редактирования и размножения любых видов документов и полиграфических изданий.

Ризограф был изобретен и создан в 1980 г. в Японии, а уже к началу 1995 г. более 70% японских школ были оснащены ризографами. В России первые ризографы появились в 1992 г.

Процесс копирования на ризографе отличается высокой оперативностью и состоит из двух этапов: подготовки рабочей матрицы в течение 15–20 с и печати по матрице с высокой производительностью, обеспечивающей получение нескольких тысяч высококачественных оттисков за 10–20 мин.

При подготовке матрицы оригинал документа помещают на встроенный сканер, который считывает информацию, кодирует ее и создает соответствующий цифровой файл. После обработки специальной многослойной мастер-пленки термоголовкой, управляемой этим цифровым файлом, создается рабочая матрица, содержащая копируемое изображение или текст в виде микроотверстий во внешнем слое пленки. Затем рабочая матрица автоматически размещается на поверхности красящего цилиндра, внутри которого находится туба со специальным красителем. Краситель пропитывает внутренний слой пленки, и таким образом обработанная рабочая матрица используется как трафарет для тиражирования документа.

В процессе печати краситель из внутреннего слоя пленки под действием центробежной силы при вращении красящего цилиндра переносится через микроотверстия на лист обычной бумаги. С одной рабочей матрицы можно получить более 4000 оттисков без снижения качества.

В современных ризографах выполняются в автоматическом режиме не только все основные этапы, но даже отматывание с рулона отрезка мастер-пленки нужного размера, его отрезание, снятие с красящего барабана отработанной матрицы и ее удаление в приемник отработанных рабочих матриц.

Внешний вид ризографа и копира показан на рис. 4.6. Они могут быть использованы для оперативного создания, редактирования и размножения любых видов документов и полиграфических изданий.



Рис. 4.6. Ризограф (слева) и копир

К достоинствам ризографа следует отнести:

- использование для копирования бумаги любого типа и качества (кроме мелованной и глянцевой) с плотностью от 46 до 210 г/м²;
- высокую производительность — первая копия получается через 20—30 с, последующий процесс копирования идет со скоростью 60—130 оттисков в минуту;
- высокое разрешение: до 400 dpi (16 точек на миллиметр), в текстовом режиме до 16 оттенков, в фоторежиме отображение 256 оттенков и градаций яркости;
- копирование многоцветных документов;
- масштабирование;
- совместную работу с ПК и, в частности, использование ПК для создания и редактирования документов;
- автоматизацию всех процессов, удобство управления, наличие дисплея.

Особо следует отметить высокую экономичность тиражирования на ризографе документов: если стоимость получения 10 копий, например, на ризографе и ксероксе почти одинакова, то изготовление 500 оттисков на ризографе в 6—8 раз дешевле.

Конструктивно ризографы выполняются в двух конфигурациях: роликовые и планшетные.

Роликовые, или протяжные, ризографы предназначены для работы только с отдельными листами, протягиванием их при считывании мимо фотоприемного устройства сканера, причем подача листов осуществляется в автоматическом режиме. *Планшетные ризографы* позволяют копировать как листовые, так и сброшюрованные материалы. Для более эффективного использования ризографы объединяют в единый комплекс технических средств информатизации, например, как показано на рис. 4.7.

При формировании комплекса ризограф подключают к компьютеру через параллельный порт, что позволяет превратить ризограф в высококачественный сканер с разрешающей способностью 400 dpi и дает возможность передать на компьютер изображение, отредактировать его, выбирая масштаб, и распечатать на ризографе. При подготовке документа с помощью любого текстового процессора можно распечатать его на ризографе со скоростью 130 копий в минуту.

Ризограф экологически безопасен, не требует специально подготовленных помещений и персонала, к работе готов сразу после подключения к сети.

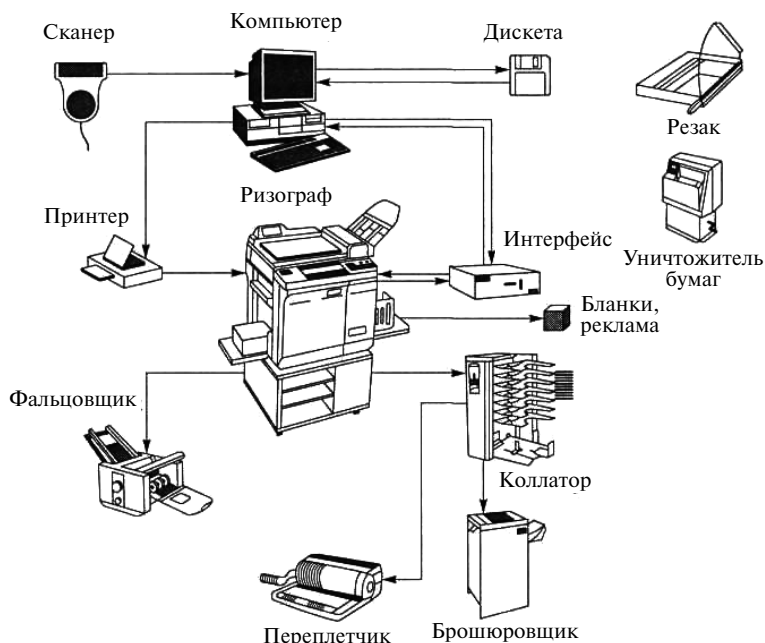


Рис. 4.7. Структура ризографического комплекса

Благодаря высокому качеству и удобной технологии ризографический комплекс технических средств информатизации позволяет формировать и тиражировать информацию на твердых носителях начиная от визитных карточек, бланков, рекламных проспектов и технической документации и заканчивая журнальной периодикой, брошюрами и книгами.

Настройка и управление цифровых копирующих аппаратов не требуют специальной подготовки обслуживающего персонала, поскольку выполняется с помощью пары кнопок.

Цифровые технологии копирования — самое современное направление получения копий. Типичный цветокопировальный аппарат включает в себя:

- сканер для считывания документа-оригинала и получения с него электронной копии;
- микропроцессор, обеспечивающий процедуры анализа, преобразования и редактирования копируемой информации;
- запоминающие устройства: оперативное до 16 Мб и на магнитном диске до 1000 Мб;

- дисплей;
- лазерный принтер для получения копии документа электрографическим способом.

Многие электронные копии, такие как *HP OfficeJet 590*, интегрированы с цветным струйным принтером, сканером и факсимильным аппаратом. Для реализации возможности редактирования оригинала перед копированием электронные копии имеют интерфейс с компьютером.

Цифровые технологии копирования позволяют:

- обеспечить высокую производительность копирования;
- получать высокое качество копий — разрешение до 400 dpi (точек на дюйм) с передачей 256 оттенков цвета, в том числе и серого;
- масштабировать документ при копировании;
- выполнять копирование в разных режимах, например в режимах «текст» и «фото», оптимально ориентированных на копирование соответственно текстовых и полутоновых графических документов;
- выполнять копирование в режиме «удаление фона», позволяющее удалять фон, который может появиться при копировании низкокачественных оригиналов;
- обеспечивать поворот изображения на 90 и 180° при неправильной взаимной ориентации документа-оригинала и бумаги — носителя копии;
- производить электронную подборку, сортировку и необходимое тиражирование копий;
- выполнять автоматическое нанесение штампов и логотипов, автоматическую постановку даты, автоматическую нумерацию страниц.

4.3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ

Устройства для уничтожения документов получили название *шредеры*, означающее в переводе с английского *to shredd* — размельчать, крошить. Информация, содержащаяся в документах на твердых носителях, часто носит конфиденциальный характер. Небрежно оставленные, даже в смятом или разорванном виде, документы служат потенциальным источником неприятностей. Попав в руки заинтересованных лиц, такие документы могут стать причиной серьезного морального или финансового ущерба. В связи с этим во

многих солидных организациях действуют инструкции о порядке обращения со служебными материалами и защите информации в электронном виде, а также фиксированной на бумаге и иных носителях (микрофильмах, магнитной ленте и дискетах и т.д.). Вместе с тем в ряде фирм с большим документооборотом остро стоит проблема утилизации отходов делопроизводства в виде документов на твердых носителях. Таким образом, проблема уничтожения документов на твердых носителях актуальна для всех без исключения организаций: правительственных учреждений, финансовых и юридических структур, производственных и торговых предприятий, издательств, информационных и рекламных агентств.

Существует три основных способа уничтожения документов: химический, термический и механический. Первые два связаны с определенными неудобствами и дополнительными финансовыми затратами на содержание отдельных помещений, оснащенных специальными системами фильтрации и вентиляции воздуха, противопожарной безопасности, специально подготовленный персонал, спецодежду. В связи с этим наибольшее распространение получил именно механический принцип разрезания документов на части, реализуемый в shreddерах.

Шредеры можно классифицировать по следующим критериям:

- число пользователей и производительность: персональные (для применения непосредственно на рабочем месте), офисные (для коллективного пользования), промышленные (для централизованной обработки деловых бумаг, размельчения бумажно-картонной упаковки);
- вид резки: параллельный, измельчающий документы на полосы различной ширины, перекрестный, предполагающий одновременную продольно-поперечную резку документа на мелкие фрагменты.

Внутренняя структура и принципы работы шредера.

Все шредеры электромеханического типа содержат следующие основные узлы: механический привод, режущий механизм, контейнеры для уничтожаемых документов и отходов в виде бумажных полос или брикетов.

Режущие механизмы электромеханических шредеров подразделяются на две категории. *Механизм первой категории* имеет монолитные вращающиеся дисковые ножи с режущими кромками с обеих сторон, как это показано на рис. 4.8. Резка осуществляется благодаря плотно подогнанным друг к другу ножам без использования дополнительного прижимного механизма (как в случае механизма

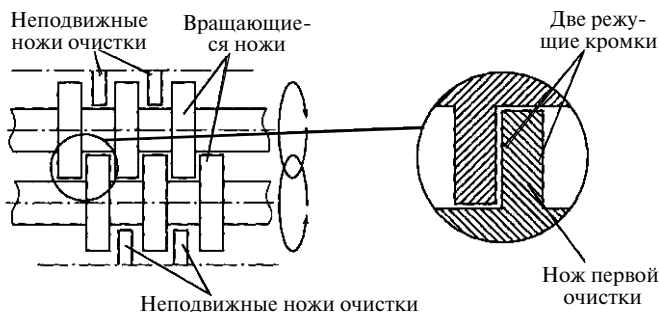


Рис. 4.8. Схема режущего механизма первой категории shredders

второй категории). Сами ножи изготавливаются из высоколегированной стали (технология Золинген), что само по себе гарантирует их высокую прочность и износостойкость. Кроме того, первоначальная заточка зубьев осуществляется лазерным методом после закаливании стали. Это трудоемкий и дорогостоящий процесс, но именно благодаря этому гарантируется стабильная работа режущего механизма даже при попадании скрепок среди измельчаемых документов. Режущий механизм приводится в движение механизмом привода, который содержит двигатель и редуктор. Важнейшим преимуществом shredders с режущими механизмами первой категории является низкий уровень шума при работе.

Механизм второй категории оснащен монолитными вращающимися ножами, имеющими всего одну режущую кромку. Конструктивная схема режущего механизма второй категории shredders фирмы HSM показана на рис. 4.9. Толщина режущей кромки ножа меньше 0,5 мм. Режущий механизм не содержит ножей очистки, что иногда влечет за собой заклинивание двигателя при реверсе. Резка осуществляется за счет прижима ножей один к другому лишь благодаря пружине, жесткость которой может меняться со временем. Несмотря на меньшую надежность и долговечность узлов механизма по сравнению с механизмом первой категории, этот режущий механизм достаточно распространен в shredders неевропейской сборки, а также в некоторых моделях немецкого и итальянского производства благодаря малой себестоимости и простоте исполнения.

Классификация shredders.

По назначению и конструктивному исполнению shredders подразделяются на персональные, офисные и промышленные.

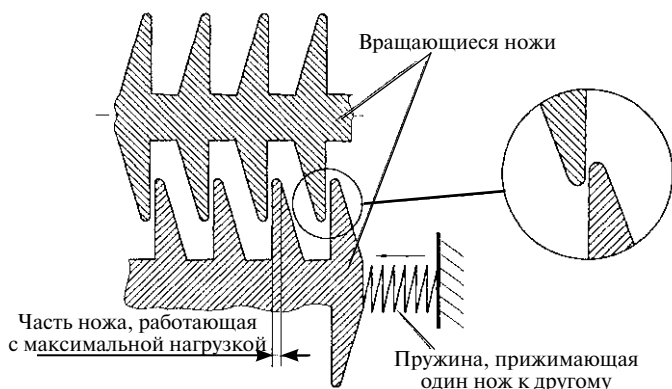


Рис. 4.9. Схема режущего механизма второй категории shredders

Персональные shredders конструктивно выполняются с малообъемной корзиной или даже вовсе без корзины для уничтожаемой бумаги. В последнем случае можно использовать этот аппарат с любой корзиной или контейнером, куда может поступать уничтожаемый материал.

Сервисные функции персональных shredders обычно заключаются в автоматическом пуске-останове на основе механического или электронного датчика, световой индикации режимов работы и реверсе вращения ножей. Различные модели персональных shredders позволяют уничтожать документы второй — пятой степени секретности со скоростью, достигающей 90 мм/с, и снабжаются корзиной для сбора уничтожаемого материала емкостью 16–29 л.

Офисные shredders позволяют уничтожать документы со скрепками, могут быть использованы для уничтожения пластиковых карт, CD-дисков и дискет за счет использования режущего механизма первой категории. Закрытый корпус этих shredders имеет дверцу, открывающую доступ к контейнеру для уничтоженных документов. Корпус передвигается на колесах. К дополнительным сервисным функциям офисных shredders относится автоматическая блокировка пуска при незакрытой двери. При работе с документами второй — пятой степеней секретности многочисленные модели офисных shredders имеют производительность 120–217 мм/с и емкость корзины 215 л.

Shredders промышленного применения предназначены для централизованного уничтожения документов в больших организациях, обладают высокой мощностью и производительностью, оснащают-

сы внутренним ленточным транспортером. В процессе работы гарантируется безопасное выполнение всех операций за счет специально сконструированных органов управления и датчиков. Уничтожители данной серии имеют сенсорную панель управления, автоматическое отключение при переполненном или выдвинутом контейнере и застревании бумаги, световую индикацию режимов работы. Высокое качество режущего механизма позволяет уничтожать документы вместе с папками, а отдельные модели и со скоросшивателями типа «корона» со стальными дугами-креплениями без затупления ножей. Производительность некоторых моделей шредеров промышленного применения 354 мм/с, а емкость корзины — 340 л.

На российском рынке представлено большое разнообразие шредеров производства Германии, Индии, Японии, Китая. Наиболее популярны шредеры фирм HSM (Германия) и Rexel (Англия).

Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию копировальной техники.
2. Перечислите основные этапы электрографического копирования и раскройте их содержание.
3. Дайте классификацию электрографических аппаратов.
4. Какую функцию выполняет коротрон в электрографическом аппарате?
5. Проведите критический анализ конструктивных решений коротронов.
6. Как производится закрепление тонера на бумаге при электрографическом копировании?
7. Какие факторы необходимо принимать во внимание при выборе модели электрографического копировального аппарата?
8. Раскройте принципы термографического, диазографического, фотографического и электронографического копирования. Проведите сравнительный анализ данных технологий.
9. Что представляет собой ризограф? Поясните принцип его работы.
10. Расскажите об организации ризографического комплекса.
11. Раскройте понятие цифровых технологий копирования.
12. Расскажите о способах и технике уничтожения документов.
13. Раскройте внутреннюю структуру и принципы работы шредеров.
14. Проведите сравнительный анализ режущих механизмов электромеханических шредеров.
15. Расскажите о конструктивных особенностях персональных, офисных и промышленных шредеров.

5. СРЕДСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

5.1. МОДЕМЫ И ФАКСИМИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

5.1.1. Характеристики систем передачи данных

Терминология в системах передачи данных. Информационные технологии возникли задолго до появления компьютеров и находятся в постоянном развитии и совершенствовании. Термин «телекоммуникации» (от лат. *tele* — вдаль, далеко) означал определенное время назад просто обмен информацией на расстоянии. В настоящее время телекоммуникация — это дальняя, дистанционная связь и передача всех форм информации, включая данные, голос, видео и т.п., между компьютерами по линиям связи различных видов.

Термин *телекоммуникации* часто встречается в словосочетаниях: «мобильные телекоммуникации», «в области телекоммуникаций, сетевого оборудования и средств связи», «системы связи и средства телекоммуникаций, компьютеров и оргтехники», «менеджер по продажам услуг телекоммуникации» и т.п. На разных этапах развития общества появлялись новые технические средства, разрабатывались новые методы организации данных, их передачи, хранения и обработки. Реализация данных методов сопровождалась введением в технику связи и телекоммуникаций новых определений и терминов. Далее рассмотрим кратко основные из них.

Информационный сигнал. Сигнал, который электрически смешивается с несущей частотой, моделируя ее по некоторому закону, называется информационным. Изменение информационного сигнала приводит к изменению несущего и выходного сигнала. В демодуляторах несущая частота отделяется от модулированного сигнала, а закодированная информация представляется в своей первоначальной форме.

Модуляция. Процесс модуляции представляет собой наложение одного сигнала на другой. Модуляция позволяет передавать цифровую информацию в форме постоянного тока через телефонные системы, которые по определению не могут обрабатывать сигналы постоянного тока.

Несущая частота. Модем, как модулятор, начинает функционировать, генерируя постоянный сигнал, называемый несущей частотой, потому что с его помощью осуществляется передача инфор-

мации. В большинстве систем несущая частота — это устойчивый сигнал постоянных амплитуды, фазы и частоты.

Последовательная передача данных означает, что данные передаются по единственной линии. При этом биты байта данных передаются по очереди с использованием одного сигнального провода. Для синхронизации группе битов данных обычно предшествует специальный стартовый бит, после группы битов следуют бит проверки на четность и один или два стоповых бита. Иногда бит проверки на четность может отсутствовать. Форматы передачи данных определяют использование бита четности, стартовых и стоповых битов. Очевидно, что передатчик и приемник должны использовать один и тот же формат данных, иначе обмен будет невозможен. Скорость передачи данных должна быть одинаковой для передатчика и приемника. Она устанавливается перед началом передачи данных в процессе электронного диалога передатчика с приемником.

Скорость передачи данных обычно измеряется в бодах (по фамилии французского изобретателя телеграфного аппарата *Emile Baudot* — Э. Бодо) т.е. — в количестве передаваемых битов в секунду. При этом учитываются и старт-стопные биты, а также бит четности.

Все каналы связи и проходящие по ним сигналы характеризуются *полосой пропускания*. Эта характеристика определяет диапазон частот, который канал может передать или который может присутствовать в сигнале. Аналоговые каналы тональной частоты характеризуются тем, что спектр передаваемого аналоговым каналам сигнала ограничен диапазоном 300–3400 Гц, поэтому скорость передачи информации не может превышать ширины этого спектра, т.е. величины $3400 - 300 = 3100$ бод.

Электрический сигнал, распространяемый по каналу, характеризуется тремя параметрами: *амплитудой, частотой и фазой*. Изменение одного или совокупности этих параметров составляет физическую сущность процесса *модуляции*. Каждому информационному элементу соответствует фиксированный отрезок времени, на котором электрический сигнал имеет определенные значения своих параметров, характеризующих значение этого информационного элемента. Этот отрезок времени называется *бодовым интервалом*. Если кодируемый элемент соответствует одному биту информации (может принимать значения 0 и 1), то модуляционная скорость (линейная или бодовая) равна информационной, т.е. $1 \text{ бод} = 1 \text{ бит/с}$. Но кодируемый элемент может соответствовать, например, двум битам информации. В этом случае информационная скорость может принимать совокупность значений 00, 01, 10 и 11. В общем же случае,

когда на бодовом интервале кодируются N бит, информационная скорость будет превышать бодовую в N раз.

Уплотнение данных воспринимают как меру ускорения передачи информации. Данные при посылке обрабатываются программой модема и уплотняются. При этом объединяются повторяющиеся данные, т.е. программа сокращает, например, последовательность знаков $FFFFFF$ до $7 \times F$, снижая примерно вдвое количество передаваемых данных.

Дуплекс описывает возможность канала связи одновременно передавать два сигнала, имеющих противоположные направления. Используя эти два канала, *полнодуплексный* модем может передавать и принимать информацию в одно и то же время. Для этого используются две несущих частоты, позволяющие одновременно получать и передавать информацию. Две несущие делят пополам имеющуюся полосу пропускания.

Полудуплекс. Альтернативой предыдущему режиму служит полудуплекс. В этом случае используется только один сигнал, а модем должен попеременно настраиваться на прием и передачу сигналов для организации двунаправленности разговора.

Эхо. Модем выдает символ в телефонную линию, а удаленный модем возвращает этот же символ первому, который затем отображается, подтверждая правильность передачи символа.

Охранная полоса. В режиме дуплекса полоса не просто делится на две. Два канала разделяются охранной полосой. Эта полоса представляет собой неиспользуемые частоты, изолирующие каналы и предохраняющие их от перекрытия отдельных несущих частот.

Способы модуляции. Различными модемами используются различные способы модуляции сигналов. Все они базируются на характеристиках несущей волны, которая может быть изменена для кодировки информации.

Используются три основные волновые характеристики: амплитудная, частотная и фазовая.

Амплитудная модуляция. Амплитуда — это сила сигнала или громкость тона, передаваемого через телефонный провод. Изменение этой характеристики при кодировке передаваемой информации называется амплитудной модуляцией. Одним из способов, с помощью которого цифровая информация может быть закодирована при амплитудной модуляции, является соотношение двух значений амплитуд в соответствии с цифровой информацией. Так, цифровую информацию можно кодировать установкой максимальной мощности сигнала и нулевой мощностью. Эту характеристику телефонно-

го сигнала легче всего изменять. Однако оба перехода могут накрываться шумами, поэтому амплитудная модуляция не используется в модемах.

Фазовая модуляция. Для кодирования информации в несущей частоте можно использовать и ее фазу. Немодулируемая частота содержит ряд идентичных волн, которые следуют друг за другом с одним шагом. Если же, например, одну волну задержать на ее длину, она придется точно на вершину следующей. Задержка одних волн без изменения их амплитуд или частот порождает изменение, называемое фазовым сдвигом. Установка волны сдвигает во времени ее по отношению к предшествующей. Таким образом, информация может быть закодирована путем сдвига фазы. Единица кодируется одним ее положением, а ноль — другим. Хотя этот способ модуляции используется в модемах связи более часто, он применяется в комбинации с другими технологиями.

Частотная модуляция. Цифровой сигнал можно также закодировать при помощи изменения частоты, например большое значение можно закодировать высокой частотой, а малую амплитуду — более низкой частотой. Такая технология называется частотной модуляцией и обычно используется в радиовещании. В большинстве случаев при частотной модуляции разные значения частот соответствуют цифровым нулю и единице

Коррекция ошибок. Быстродействующие модемы очень чувствительны к шумам. Коррекция — возможность исправлять случайные ошибки при приеме и передаче файлов. Используемые в настоящее время и ранее протоколы коррекции ошибок применяются обычно вместе со способом сжатия данных. Параллельно с коррекцией ошибок используется *Fallback*-метод (метод нейтрализации ошибки), встроенный в некоторые протоколы (V.42, MNP-4). Как только количество ошибок превышает предельно допустимое значение, модемы совместно переходят на меньшую скорость передачи.

Параметры каналов связи. Французский математик Жан-Батист Фурье в начале XIX в. доказал, что любая периодическая функция может быть разложена в ряд (возможно, бесконечный) вида

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)], \quad (5.1)$$

где $x = \frac{2\pi}{T}t$, T — период основной гармоники сигнала, t — текущее время; a_n и b_n — амплитуды второго и третьего слагаемого n -й гармоники; a_0 — константа.

Разложение (5.1), получившее название «ряд Фурье», в частности, означает, что если известны период T и амплитуды гармоник передаваемого сигнала, то его можно восстановить с помощью ряда (5.1). На практике информационный сигнал имеет конечную длительность, и если сделать допущение, что он повторяется с периодом T , то его можно разложить в ряд Фурье. Для вычисления амплитуды a_n следует умножить левую и правую части выражения (5.1) на $\sin(nx)$, а затем проинтегрировать от $-\pi$ до $+\pi$. Действительно, интеграл $\int_0^T \sin(nx) \sin(nx) dt$ равен нулю для всех гармоник, кроме $k = n$, т.е. после интегрирования правой части домноженного выражения (5.1) останется только один член ряда, которым будет $\frac{1}{2}$, так как остальные члены ряда исчезают полностью. Аналогичную процедуру выполняем для b_n , но умножаем обе части выражения (5.1) не на $\sin(nx)$, а на $\cos(nx)$. Выполнив указанные преобразования, получим следующие выражения для вычисления a_0, a_n, b_n

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2}{T} \int_0^T g(x) dx ; \\ a_n &= \frac{2}{T} \int_0^T g(x) \cos(nx) dx ; \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_0^T g(x) \sin(nx) dx . \end{aligned} \quad (5.2)$$

Ни один канал связи, используемый в системах телекоммуникаций, не в состоянии передавать сигнал без потери мощности, однако не все гармоники ряда Фурье уменьшаются при передаче в равной степени. В противном случае сигнал просто изменялся бы по амплитуде, а частота оставалась неизменной, т.е. форма сигнала не искажалась бы. На самом деле форма сигнала изменяется, и происходит это из-за того, что в канале разные гармоники уменьшаются неодинаково.

Существует диапазон частот, в котором амплитуды передаются без уменьшения. Верхняя граница этого диапазона называется частотой среза, высокочастотная составляющая сигнала (выше частоты среза) заметно ослабляется. Указанный диапазон частот от 0 до называется *полосой пропускания*. Этот параметр является физической характеристикой среды передачи данных и зависит от конструкции, толщины и длины носителя [12].

Пример. Требуется определить номер самой высокой гармоники, прошедшей сквозь телефонный канал, если скорость передачи равна b бит/с.

Решение. Время, требуемое для передачи 8 бит информации, равно $b/8$ с. Поэтому, частота первой гармоники равна $b/8$ Гц. Обычная телефонная линия, имеет искусственно созданную частоту среза около 3000 Гц. Это означает, что номер самой высокой гармоники, прошедшей сквозь телефонный канал, примерно равен $3000/(b/8)$ или $24\,000/b$.

В 1924 г. американский ученый из компании AT&T Х. Найквист доказал, что если произвольный сигнал прошел через низкочастотный фильтр с полосой пропускания H , то такой отфильтрованный сигнал может быть полностью восстановлен по дискретным значениям данного сигнала, измеренным с частотой $2H$ в секунду. Если сигнал состоит из V дискретных уровней, то уравнение Найквиста будет выглядеть следующим образом [12]:

$$C_m = 2H \log_2 V, \quad (5.3)$$

где C_m — максимальная скорость передачи данных.

Это означает, что бесшумный канал с частотой 3000 Гц не может передавать двоичные (т.е. двухуровневые) сигналы на скорости, превосходящей 6000 кбит/с. Если же в канале имеется случайный шум, то ситуация резко ухудшается. Обозначим мощность полезного сигнала S , а мощность шума N . Величина S/N называется соотношением сигнал/шум. Однако на практике для измерения этого соотношения используется величина $10\lg(S/N)$, измеряемая в децибелах (дБ). Поэтому 10 дБ — это соотношение сигнал/шум, равное 10, 20 дБ — соотношение равно 100 и т.д. Например, производители акустических систем указывают частотный диапазон, в котором амплитуда данных систем имеет линейную амплитудно-частотную характеристику в пределах 3 дБ, что соответствует ослаблению сигнала примерно в два раза, так как $\log_{10} 3 \approx 0,5$.

Кроме этого, системы телекоммуникаций характеризуются *пропускной способностью*, измеряемой в количестве бит информации, передаваемой в секунду.

5.1.2. Модемы

Модем (МОдулятор — ДЕМОдулятор) — устройство прямого и обратного преобразования сигналов, передаваемых и принимаемых компьютерами через телефонную линию. Как модулятор модем преобразует цифровые сигналы импульсов постоянного тока, используемые в компьютерных системах, в аналоговые сигналы,

содержащие ту же информацию. Этот процесс называется *модуляцией*. При приеме компьютером сообщения из канала связи модем осуществляет демодуляцию несущего сигнала, восстанавливая тем самым содержащуюся в нем информацию. Дополнительно модемы обеспечивают прием и передачу факсимильных сообщений, автоматическое определение номера вызывающего абонента, выполняют функции автоответчика, электронного секретаря, служат для оцифровки/восстановления голоса.

Классификация модемов. Модемы можно классифицировать по следующим признакам: типу модема, типу используемого канала, скорости передачи данных, области применения, средствам управления, исполнению, а также по способу реализации дополнительных функций (рис. 5.1).

Аналоговый модем для передачи данных используют тот же частотный диапазон, что и телефония — до 4 кГц. До недавних пор практическим пределом скорости передачи данных при такой схеме являлись 33 600 бит/с (протокол V.34+). Но если на стороне интернет-провайдера имеется цифровое подключение модема, то теоретически достижимая скорость приема (но не отправки) данных поднимается до 56 кбит/с (по коммуникационным протоколам V.90, X2 или K56Flex).

ISDN (Integrated Services Digital Network) — группа стандартов, обеспечивающих скорость передачи данных до 128 кбит/с на цифровых АТС. На старой (аналоговой) АТС модем ISDN работать не будет. В подключение *ISDN*, как правило, входит целая группа услуг — доступ в Интернет, один или более телефонных номеров, переадресация вызова, конференц-связь и др.

DSL (Digital Subscriber Line) — данный тип модемов предназначен для организации выделенных (некоммутируемых) линий с использованием обычной телефонной сети, не мешая ее работе в обычном порядке. Он отличается от коммутируемых модемов кодированием сигналов. Существует дальнейшее деление *DSL*-модемов на *ADSL (Asymmetric DSL)* и *SDSL (Symmetric DSL)*. Первый тип ориентирован на массового потребителя и использует асимметричную передачу данных, при которой на входящий трафик отводится значительно больший частотный диапазон, чем на исходящий. Модемы *SDSL* обеспечивают симметричную передачу данных со скоростью до 2 Мбит/с и ориентированы в основном на использование для доступа в Интернет небольших предприятий.

Рассмотрим назначение основных функциональных блоков *DSL*-модемов. Со стороны телефонной линии модема самым пер-

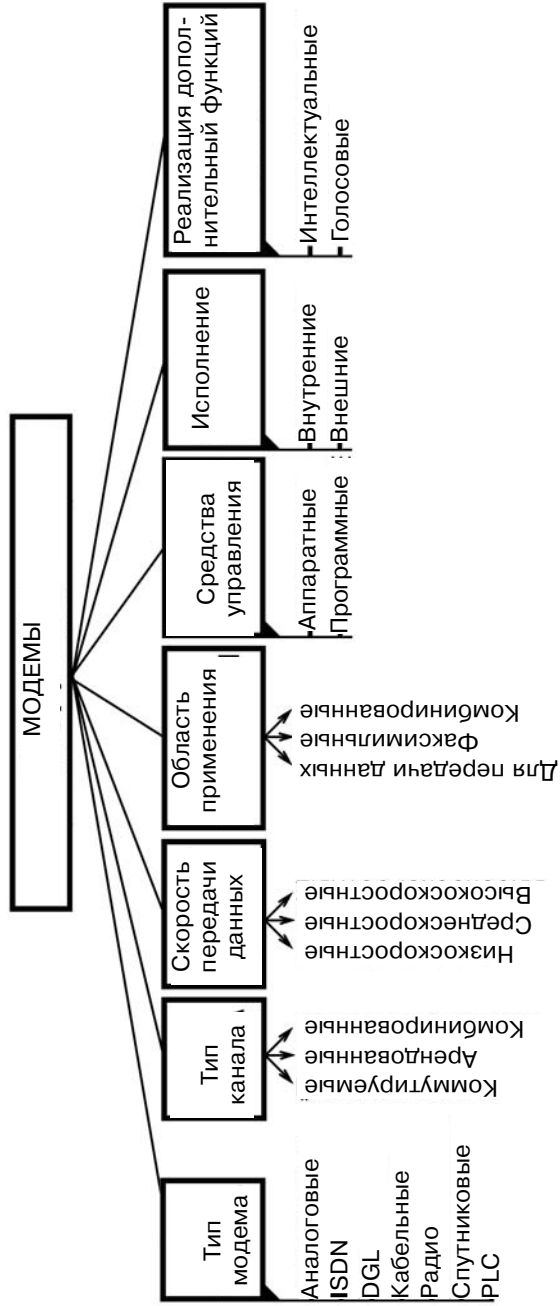


Рис. 5.1. Классификация модемов

вым устройством является *блок интерфейса с телефонной линией*, который обеспечивает физическое соединение модема с телефонной линией, защищает его от перенапряжения и радиопомех, осуществляет набор номера и фиксирует звонки, а также выполняет функции *гальванической развязки* внутренних цепей модема и телефонной линии и согласование вход-выходного импеданса.

Пройдя блок интерфейса, сигналы попадают в дифференциальную систему, цель которой — разделение выходных и входных сигналов и компенсация влияния собственного сигнала на входные цепи. В продвинутых дифференциальных системах необходимый для компенсации сигнал постоянно вычисляется сигнальным процессором, после чего вычитается из входного сигнала, обеспечивая необходимый уровень компенсации.

Подготовленные таким образом сигналы попадают на ряд фильтров, усиливаются и оцифровываются с помощью АЦП и уже в цифровом виде поступает в цифровой сигнальный процессор, который и выделяет из нее на основе математических методов «нули» и «единицы». Именно возможностями цифровой обработки сигнала этого блока определяются качество и скоростные возможности модемов.

Везде на пути следования сигнала работают механизмы его защиты с помощью *эхо-компенсатора* и *эквалайзера*. Эхо-компенсатор предназначен для борьбы с эхо-сигналом. Эквалайзер — выполняет согласование частотных характеристик приемопередатчика модема и конкретной телефонной линии.

Основным сдерживающим фактором, препятствующим увеличению скорости передачи данных с помощью модемов, является качество аналоговых телефонных линий связи.

Кабельным модемом называется абонентское устройство, обеспечивающее высокоскоростной доступ к Интернету по сетям кабельного телевидения по протоколу *DOCSIS*. Для передачи данных используется один или несколько свободных от телепередач телевизионных каналов. Максимально возможная скорость приема данных таким модемом может достигать порядка 40 Мбит/с и скорость передачи данных — порядка 10 Мбит/с. Этот модем представляет собой двунаправленный АЦП данных, использующий в процессе передачи информации принцип наложения на несущую частоту модулированного аналогового сигнала. Кабельный модем не требует установки каких-либо драйверов, поскольку он подключается к компьютеру посредством сетевой карты и является абсолютно прозрачным для системы: машина считает, что она работает в локальной сети.

Радиомодем (репитер, ретранслятор) – это беспроводное узкополосное и/или широкополосное устройство, предназначенное для усиления и передачи сигналов радиосвязи, а также наблюдения и управления отдаленным объектом и применяется в тех случаях, когда нет возможности провести линию кабеля. Радиомодем основывается на двух технологиях: GSM/GPRS и EDGE. Операторы сотовой связи обычно используют GSM. К примеру, если в каком-то регионе есть только несколько абонентов, то будет весьма невыгодно устанавливать базовую станцию, так как это затратная процедура. Гораздо проще и легче установить несколько небольших ретрансляторов для передачи и получения радиосигналов. Длина таких волн достигает нескольких километров. В более дорогих моделях такой охват гораздо больше. Используя технологию EDGE, репитер может передавать данные со скоростью выше 100 кбит/су.

Спутниковые модемы принимают и обрабатывают сигнал, полученный со спутника, и используются как часть оборудования *спутникового Интернета*, поддерживающего работу с любым сетевым оборудованием по порту Ethernet. Чтобы «раздать» далее на несколько компьютеров информацию, полученную от спутникового Интернета, необходимо только настроить *Wi-Fi*-роутер пользователя. Внешний вид спутникового модема показан на рис. 5.2 слева.

PLC-модем (*Power Line Communications*) – устройство для приема/передачи данных по электросети. Данный вид модема удобно использовать для автоматического съема показаний электросчетчиков удаленных абонентов. Внешний вид *PLC*-модема показан на рис. 5.2 справа.



Рис. 5.2. Внешний вид спутникового (слева) и PLC-модемов

Модемы для коммутируемых каналов используются для передачи данных по аналоговым коммутируемым телефонным каналам, которые поддерживают процедуру автовызова абонента и работают по *двухпроводному окончанию*, так как в телефонных сетях для коммутируемых каналов предусмотрено именно это окончание.

Для передачи данных по коммутируемым каналам разработан ряд стандартов, определяющих скорость и метод кодирования сигналов. На практике в основном применяют модемы, поддерживающие стандарт V.34+ (дуплексная передача на скорости до 33,6 кбит/с), которые могут адаптироваться к качеству линии.

Модемы для арендованных (выделенных) каналов используются на выделенных линиях. Чаще всего сегодня для коммутируемых каналов используются те же модели модемов, что и для выделенных, так как последние стандарты определяют два режима работы — по выделенным каналам и по коммутируемым.

Комбинированные модемы используются для работы как по цифровым каналам (например, ISDN), так и по аналоговым каналам. Примером может служить модем *Courier 1* компании 3COM, показанный на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Модем Courier 1 с логотипом 3COM на передней панели

Низкоскоростные модемы имеют скорость передачи данных до 1200 бит/с — это так называемая первая волна модемов, а самым первым модемом был *Bell Dataphone 103*, скорость передачи которого составляла 300 бит/с.

Скорость *среднескоростных модемов* составляет от 1200 до 14 400 бит/с — это, как правило, модемы, произведенные до 1991 года; основной протокол для среднескоростных модемов — метод модуляции — *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*, на русском называемый квадратурно-амплитудной модуляцией (КАМ).

Специально для проводных среднескоростных модемов разработан стандарт передачи данных *V.22bis QAM* (дуплекс для 2- и 4-проводного режима обмена, частотное разделение каналов, метод модуляции: четырех- и 16-позиционная *QAM*; модуляционная скорость 600 бод, определяющий скорость и метод кодирования сигналов).

При *QAM*-модуляции информационный сигнал кодирует изменение *амплитуды* и *фазы* несущего сигнала. Одновременно используется два гармонических колебания, которые сдвинуты по фазе на

90°. В передатчике одна из составляющих синфазна несущей частоте, вторая находится в квадратуре по отношению к колебанию. Иными словами, есть косинусная и синусная (квадратурная) несущие. При такой модуляции состояния несущего сигнала можно описать различными амплитудами и фазами. На рис. 5.4 показана четырехуровневая модуляция несущей.

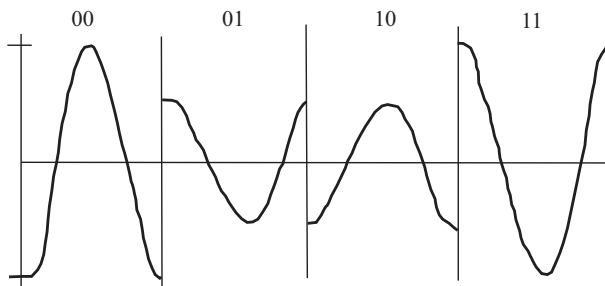


Рис. 5.4. Четырехуровневая (четырепозиционная) модуляция несущей

Высокоскоростные модемы представляют бóльшую часть современных модемов. Они работают на скоростях, превышающих 14 400 бит/с).

Факсимильные модемы — это среднескоростные модемы, которые, как правило, и обеспечивают прием и передачу факсимильных сообщений со скоростью до 14 400 бит/с.

Внутренние модемы представляют собой печатный модуль, вставляемый в слот на материнской плате ПК. Подключение питания и соединение с компьютером внутренних модемов происходит непосредственно через шину, что позволяет сэкономить на соединительных проводах, но ведет к замедлению работы компьютера, создавая дополнительную нагрузку на ЦП. Дополнительным неудобством эксплуатации внутреннего модема является то, что он не позволяет осуществлять контроль своего состояния. Кроме того, при «зависании» внутреннего модема его нельзя перезагрузить отдельно, и приходится прибегать к перезагрузке всего компьютера.

Внешние модемы представляют собой отдельное устройство, питающееся от сети и имеющее разъемы для подключения к телефонной линии и/или телефонному аппарату и к ПК. На передней панели модема выведены светодиодные индикаторы, отображающие его состояние.

Интеллектуальные модемы – это современные типы модемов с возможностями управления их работой и установки конфигурации (т.е. скорости передачи, режима работы, типа синхронизации, протокола защиты от ошибок и др.). Они работают в одном из двух режимов: либо командном, либо в режиме передачи. В *командном режиме* модем получает команды от компьютера, которые устанавливают и изменяют условия связи с удаленным модемом. В *режиме передачи* он работает как ретранслятор, выполняя свою главную задачу по преобразованию и передаче информации.

Для управления интеллектуальными модемами используются специальные *связные* с ПК программы – это программы, работающие под управлением ОС ПК. При этом используется набор команд, передаваемых модемом либо через *связной порт* ПК (для внешних модемов), либо через общую шину (для внутренних модемов). Перед началом работы пользователь может задать некоторые параметры взаимодействия компьютера и модема. Связные программы создают ряд возможностей, упрощающих управление модемом: поддержание макроязыка для написания управляющих программ и функций хранения справочников телефонов и др.

Голосовые модемы – это аналог телефонного модема со встроенной возможностью передачи и приема голосовых записей по телефонной линии. Современные модемы способны одновременно передавать голос и данные, отчего эту группу называли *SVD (Simultaneous Voice and Data* – одновременная передача голоса и данных). Кроме того, голосовой модем позволяет определять номер звонящего абонента, использовать автоответчик, системы автоматической рассылки речевых сообщений и др.

Блок-схема *аппаратного модема* показана на рис. 5.5. Функциональное назначение его узлов сводится к следующему.

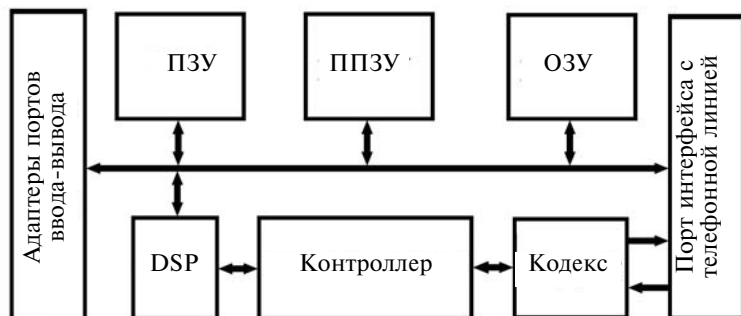


Рис. 5.5. Блок-схема типичного модема

Адаптеры портов ввода-вывода предназначены для обмена данными между модемом и телефонными линиями, а также между модемом и ЭВМ.

Цифровой сигнальный процессор (DSP) выполняет функции модуляции и демодуляции сигналов и выполняет соответствующие протоколы передачи данных.

Контроллер осуществляет обработку команд и буферизацию данных, реализует протоколы сжатия данных, коррекцию ошибок, программный интерфейс (связь с ПК) и управляет сигнальным DSP-процессором.

Кодек осуществляет двустороннее преобразование аналогового сигнала, поступающего из линии, в поток цифровых данных.

ПЗУ – микросхема памяти, хранящая в себе программу работы модема, также называемую «прошивкой». Говорят, что программа управления модемом «прошита» в микросхеме ПЗУ.

ОЗУ – микросхема оперативной памяти, хранящая данные до первого выключения питания. ОЗУ предназначено для хранения потока данных и текущих настроек модема. Установки модема в момент включения сохраняются с помощью микросхемы ППЗУ.

Программные модемы – это модемы, в которых все операции по кодированию сигнала, проверке на ошибки и управление протоколами реализованы программно и производятся центральным процессором ПК. При этом в модеме находится лишь аналоговая схема и преобразователи: АЦП, ЦАП плюс контроллер интерфейса (например, *USB*).

Достоинства и недостатки модемов приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Достоинства и недостатки модемов

Достоинства программных модемов	Недостатки программных модемов
1. Компактность – требуется лишь кодек и плата с двумя разъемами типа RJ-11. Открываются возможности для интеграции модемов в материнские платы. 2. Быстрая реализация новых функций и протоколов. 3. Отсутствие привязки к шине ISA. 4. Низкая стоимость – для наращивания новых возможностей достаточно изменить соответствующим образом микропрограмму	1. Использование ресурсов центрального процессора. Любой аппаратный модем содержит в себе процессор, выполняющий все вычислительные операции. 2. Зависимость модема от операционной системы проявляется в наличии или отсутствии драйверов

5.1.3. Факсимильная связь

Факсимильная связь представляет собой процесс передачи и приема точных копий документов из одного места в другое посредством общественной или частной телефонной сети. Текст и графическое изображение считываются непосредственно с оригинала сканером, после чего отправляется получателю, который может находиться в любой точке земного шара. Прием и отправку факсов осуществляют факсимильные аппараты (ФА).

На ФА-источнике сообщение сканируется, кодируется и отправляется. ФА-приемник осуществляет прием, декодирование и вывод сообщения на печать. Процесс отправки факсимильного сообщения (факса) сводится к следующему: в аппарат вставляется посылаемый документ, набирается номер абонента и после установления соединения по типу гудка определяется, как настроен телефонный аппарат абонента — на прием факса или на прием голоса. В первом случае следует нажатие клавиши «СТАРТ», которая запускает процесс передачи факса. В противном случае требуется диалог с оператором ФА-приемника. Современные ФА самостоятельно распознают тип сигнала в телефонной линии, и если принимается цифровой сигнал вместо аналогового (голосового), то автоматически переключаются на прием факса. В обоих случаях посылка сообщения возможна только в случае установления связи между абонентами.

Факсимильный аппарат (ФА) — это комплекс механических, оптических и электронных устройств, выполняющий функции передачи и приема изображений неподвижных плоских объектов (оригиналов) по электрическим каналам связи по схеме, приведенной на рис. 5.6. Принципы передачи неподвижного графического изображения по каналам связи схожи с принципами, используемыми в телевидении: разложение изображения на элементарные участки и передача их на расстояние. Разница лишь в том, что средствами телевидения передаются движущиеся изображения (кадры 25 раз в секунду сменяют друг друга), а при факсимильной связи скорость передачи изображения определяется техническими возможностями передачи единственного кадра.

ФА подразделяется на передающие и приемные.

Передающий ФА содержит анализирующую систему, которая служит для преобразования изображения оригинала в видеосигнал и электронный узел, предназначенный для преобразования видеосигнала в форму, удобную для передачи по каналу связи.

Анализирующая система (АС) включает:

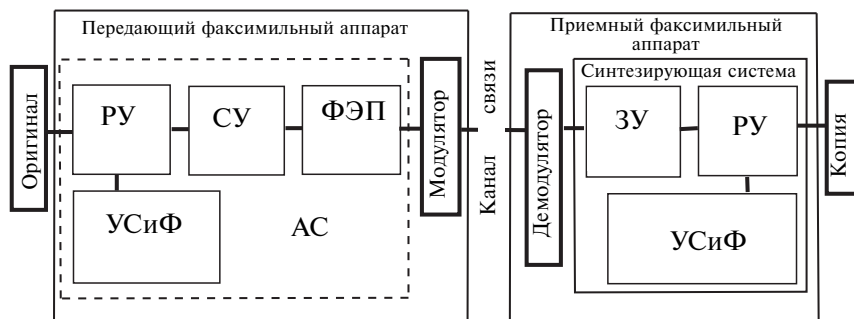


Рис. 5.6. Схема передачи и приема факсимильной информации

- светооптическое устройство (СУ), формирующее узкий световой пучок, который образует на поверхности оригинала «точечное» световое пятно;
- развертывающее устройство (РУ), которое в заданной последовательности направляет световой пучок поочередно на все элементарные площадки, в результате чего от поверхности отражается световой поток, модулируемый отраженным от площадок сигналом;
- фотоэлектрический преобразователь (ФЭП), преобразующий отражённый световой поток в пропорциональный ему электрический ток (видеосигнал);
- устройство синхронизации и фазирования (УСиФ), обеспечивает синхронность процессов развертывания и модуляции;
- модулятор, который формирует и передает модулированный сигнал.

Приемный ФА содержит:

- демодулятор — электронный узел выделения видеосигнала, предназначенный для демодуляции принимаемых модулированных колебаний;
- синтезирующую систему (СС), формирующую копию передаваемого изображения, которая состоит из развертывающего (РУ) и записывающего устройства (ЗУ).

В качестве носителя записи используется фотобумага, фотопленка, электрография, электрохимия, электротермия или офисная бумага.

Стационарный ФА, показанный на рис. 5.7, представляет собой настольный прибор с сетевым питанием, подключенный к телефонной сети и имеющий органы индикации и управления устройством

ввода-вывода документов. Обычно ФА комплектуются собственными телефонными трубками и имеют дополнительные встроенные цифровые интерфейсы для обмена факсами.

На приемном конце линии принятые сигналы демодулируются частотным детектором, декодируются и восстанавливается аналоговая версия сигнала, полученного при сканировании. Далее этот сигнал подается на синтезирующее факсимильное устройство, которое выводит на бумагу (пленку) ту же самую последовательность строк и колонок, какая использовалась при сканировании оригинала. Процесс факсимильной передачи и приема изображения проиллюстрирован на рис. 5.8.

Каждой точке (ячейке) изображения оригинала соответствует электрический сигнал. В процессе считывания он превращается в последовательность «0» и «1» — цифровую кодовую комбинацию. Цифровые комбинации преобразуются далее в аналоговые сигналы — в последовательность импульсов, которые и поступают в канал связи. На приемной стороне процесс происходит в обратном порядке. Аналоговые сигналы демодулируются и преобразуются в оцифрованное изображение, которое распечатывается на бумаге. Перечисленные операции в том или ином виде реализованы в факсимильном аппарате любой системы и постоянно совершенствуются с появлением новых технических решений.

Протоколы факсимильной связи. Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ), устанавливающий международные коммуникационные стандарты, определил протоколы *Group 3* и *Group 4* для факсимильной связи.

Стандарт Group 3 (G3) — это универсальный протокол для передачи факсовых документов по телефонным линиям, регламентирующий формат сжатия данных и максимальную скорость передачи 9600 бод. Для стандарта *G3* установлены два уровня разрешения: нормальное — 203×98 точек/дюйм и высокое — 203×196 точек/дюйм. В последнем режиме время передачи обычно

удваивается. Другой особенностью передачи в соответствии с протоколом *G3* является автоматический протокол подстройки скорости передачи информации. Если ФА, отвечающий стандарту *G2*, пытается связаться с аппаратом, выполненным в соответствии с *G3*, то последний автоматически снижает скорость приема. Когда из-за пло-



Рис. 5.7. Факсимильный аппарат

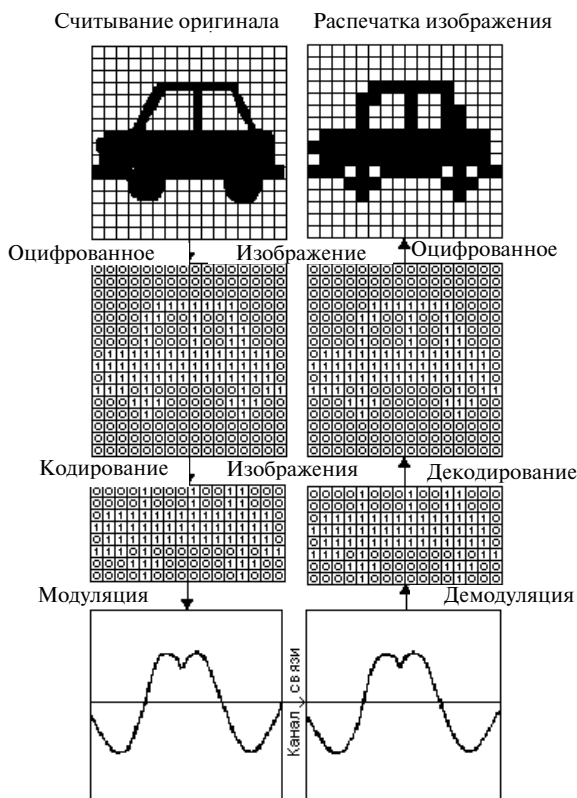


Рис. 5.8. Процесс факсимильной передачи и приема

хого качества линии невозможна связь со скоростью 9600 бит/с, ФА (G3) автоматически пробует наладить связь на скорости 7200 бит/с, затем — на 4800 бит/с и т.д.

Стандарт Group 4 (G4) — это протокол для отправки факсовых документов по сети *ISDN*, который поддерживает разрешение до 400 dpi (точек на дюйм)

Протоколы *G3* и *G4* позволяют передавать по телефонным каналам оцифрованные изображения. Время передачи изображения формата А4 составляет менее одной минуты при использовании скорости передачи по телефонной линии 9600 бод. Протоколы *G3*, дифференцированные по параметру V_n — скорость передачи (бит/с) приведены в табл. 5.2.

Протоколы группы G3

$V_{\text{п}}$	Параметры модуляции		Частота несущей, Гц	Протокол МККТТ
	метод	скорость, бит/с		
9600	Шестнадцатеричная QAM	2400	1700	V.29
7200	Восьмиричная AM	2400	1700	V.29
4800	8-фаз PSK	1600	1800	V.27
2400	4-фаз PSK	1200	1800	V.27
300	FSK	300	1650/1850	V.21

Наименьшую скорость передачи характеризует наиболее простой протокол V.21 с частотной модуляцией (*FSK*). Большие скорости передачи достигаются при применении более сложных протоколов V.27 и V.29, использующих фазовую модуляцию (*PSK*) и ее модификацию — квадратурную амплитудную модуляцию (*QAM*).

Важным элементом протоколов является сжатие данных оцифрованных факсимильных изображений. Оно не только приводит к сокращению объема передаваемой информации и экономит время передачи изображений, но и обеспечивает совместимость протоколов этой группы. Поэтому способы кодирования, как и способы модуляции, входят в область стандартизации МККТТ. Пример наиболее часто используемого кода рассмотрен в следующем параграфе.

Перспективы развития факсимильной связи. В последнее время факсимильная связь все шире внедряется в средства передачи информации, построенные на основе ПК и систем электронной почты. Так как современный ПК часто оснащается совершенными средствами для ввода-вывода графических изображений, естественно использовать подобные устройства (и сам ПК) для обмена изображениями по факсимильным протоколам.

Например, современный лазерный принтер имеет разрешение порядка 12 точек на 1 мм, что даже больше, чем при воспроизведении факсимильных изображений. Подобное же разрешение имеют и сканеры, что делает возможным их использование для считывания изображений. Компьютер лишь дополняется специальным факсимильным модемом, реализующим стандартные протоколы передачи оцифрованных и закодированных изображений. Факсимильный модем часто позволяет не только передавать изображения, но и обычную информацию с помощью протоколов V.22 или V.22 BIS, а также

пользоваться информационными системами и электронной почтой.

Практически все системы электронной почты имеют возможность передачи сообщений (писем) на факсимильные аппараты. Для этого в сеть электронной почты включаются факсимильные серверы, которые устанавливаются в различных регионах страны. Это специальные компьютеры, оснащенные факсимильными модемами и подключенные как к сети электронной почты, так и к местной (региональной) телефонной сети. При необходимости передать сообщение на факсимильный аппарат корреспондента информация сначала отправляется на ближайший к корреспонденту факсимильный сервер, там коды текстового сообщения преобразуются в графическое изображение текста, которое и передается по местной телефонной линии на факсимильный аппарат. Таким образом, текстовое сообщение, введенное в компьютер, скажем, в Москве, как на удаленном принтере распечатывается на факсимильном аппарате, установленном, например, во Владивостоке. В большинстве случаев доставка сообщения средствами электронной почты через удаленный факсимильный сервер более надежна и выгодна, чем по междугородному или международному телефону.

5.2. СПУТНИКОВАЯ И СОТОВАЯ СВЯЗЬ

5.2.1. Спутниковые системы связи

Спутниковые системы связи используются для передачи различных сигналов на протяженные расстояния. С момента своего появления спутниковая связь стремительно развивалась, и по мере накопления опыта, совершенствования аппаратуры, развития методов передачи сигналов произошел переход от отдельных линий спутниковой связи к локальным и глобальным системам.

Спутниковые системы связи имеют большую пропускную способность, неограниченные перекрываемые пространства, высокое качество и надежность каналов связи и поэтому являются основным видом международной и национальной связи на большие и средние расстояния. Использование искусственных спутников Земли для организации связи продолжает расширяться по мере развития существующих сетей связи. Многие страны создают собственные национальные сети спутниковой связи.

В нашей стране создается единая автоматизированная система связи. Для этого развиваются, совершенствуются и находят новые области применения различные технические средства связи.

Существенным преимуществом спутниковых систем связи по сравнению с пейджинговой и сотовой является отсутствие ограничений по привязке к конкретной местности Земли. Спутниковые системы связи в зависимости от предоставляемых услуг можно подразделить на следующие классы.

Класс № 1. *Системы пакетной передачи данных* — предназначены для передачи в цифровом виде любых данных (телексных, факсимильных сообщений, компьютерных). Скорость пакетной передачи данных в космических системах связи составляет от единиц до сотен килобайт в секунду. В этих системах не предъявляются жесткие требования к оперативности доставки сообщений. Например, в режиме «электронная почта» поступившая информация запоминается бортовым компьютером и доставляется корреспонденту в определенное время суток.

Класс № 2. *Системы речевой (радиотелефонной) спутниковой связи* — используют цифровую передачу сообщений в соответствии с международными стандартами: задержка сигнала на трассе распространения не должна превышать 0,3 с, обслуживание абонентов должно быть непрерывным и происходить в реальном масштабе времени, а переговоры во время сеанса связи не должны прерываться.

Класс № 3. Системы для определения местоположения (координат) потребителей, таких как автотранспортные, авиа- и морские средства.

Принципы организации спутниковых каналов связи. Спутниковая связь — один из видов радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников Земли в качестве ретрансляторов. Она осуществляется между земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными и является развитием традиционной радиорелейной связи путем вынесения ретранслятора на очень большую высоту (10^2 – 10^4 км). Так как зона его видимости в этом случае около половины земного шара, то необходимость в цепочке ретрансляторов отпадает. Для передачи через спутник сигнал должен быть модулирован. Модуляция производится на земной станции. Модулированный сигнал усиливается, переносится на нужную частоту и поступает на передающую антенну.

Все современные спутники связи являются активными. Их ретрансляторы оборудованы электронной аппаратурой для приема, обработки, усиления и ретрансляции сигнала. Различают нерегенеративные и регенеративные спутниковые ретрансляторы.

Нерегенеративный спутник, приняв сигнал от одной земной станции, переносит его на другую частоту, усиливает и передает другой земной станции. Спутник может использовать несколько независимых каналов, осуществляющих эти операции, каждый из которых работает с определенной частью спектра (эти каналы обработки называются транспондерами).

Регенеративный спутник производит демодуляцию принятого сигнала и заново модулирует его. Благодаря этому исправление ошибок производится дважды: на спутнике и на принимающей земной станции. Недостаток этого метода — сложность (а значит, гораздо более высокая цена спутника), а также увеличенная задержка передачи сигнала.

Орбиты спутников связи, на которых размещаются спутниковые ретрансляторы, делятся на экваториальные, наклонные и полярные (рис. 5.9).

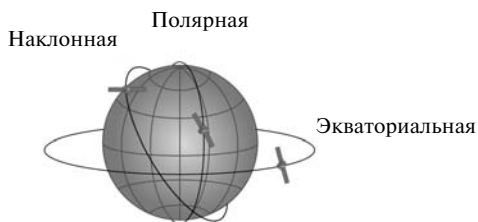


Рис. 5.9. Орбиты спутников связи

Важной разновидностью экваториальной орбиты является *геостационарная орбита*, на которой спутник вращается с угловой скоростью, равной угловой скорости Земли, так что приемник в зоне обслуживания «видит» спутник постоянно. Недостатком геостационарной орбиты является невозможность обслуживания с ее помощью земных станций в приполярной области. Кроме того, ее большая высота означает и большую цену вывода спутника на орбиту, да и все спутники вывести на нее невозможно, поскольку геостационарная орбита одна.

Наклонная орбита позволяет решить эти проблемы, однако из-за перемещения спутника относительно наземного наблюдателя необходимо запускать не меньше трех спутников на одну орбиту, чтобы обеспечить круглосуточный доступ к связи, синхронизируя их работу. Предельный случай наклонной орбиты представляет *полярная орбита*.

При использовании наклонных орбит земные станции оборудуются системами слежения, осуществляющими наведение антенны на спутник. Станции, работающие со спутниками, находящимися на геостационарной орбите, как правило, также оборудуются такими системами, чтобы компенсировать отклонение от идеальной геостационарной орбиты. Исключение составляют небольшие антенны, используемые для приема спутникового телевидения: их диаграмма направленности достаточно широкая, поэтому они не чувствуют колебаний спутника возле идеальной точки. Особенностью большинства систем подвижной спутниковой связи является маленький размер антенного терминала, что затрудняет прием сигнала.

Типовая схема организации услуг спутниковой связи:

- оператор спутникового сегмента создает за счет собственных средств спутник связи, размещая заказ на изготовление спутника у одного из производителей спутников, и осуществляет его запуск и обслуживание;
- после выведения спутника на орбиту оператор спутникового сегмента начинает предоставление услуг по сдаче в аренду частотного ресурса спутника-ретранслятора компаниям — операторам услуг спутниковой связи;
- компания — оператор услуг спутниковой связи заключает договор с оператором спутникового сегмента на аренду спутника связи, используя его в качестве ретранслятора с большой территорией обслуживания;
- оператор услуг спутниковой связи выстраивает наземную инфраструктуру своей сети на определенной технологической платформе, выпускаемой производителями наземного оборудования для спутниковой связи.

Частотные диапазоны и многократное использование частот. Поскольку радиочастоты являются ограниченным ресурсом, необходи-

мо обеспечить возможность использования одних и тех же частот разными наземными станциями спутниковой связи. Сделать это можно с помощью пространственного либо поляризационного разделения. При пространственном разделении каждая антенна спутника принимает сигнал только с определенного района, при этом разные районы могут использовать одни и те же частоты. При поляризационном разделении различные антенны принимают и передают сигнал во взаимно перпендикулярных плоскостях поляризации, причем одни и те же частоты могут применяться дважды (для каждой из плоскостей).

Выбор частоты для передачи данных от земной станции к спутнику и от спутника к земной станции не является произвольным. От частоты зависят, например, поглощение радиоволн в атмосфере, а также необходимые размеры передающей и приемной антенн. Частоты сигналов, передаваемых от земной станции к спутнику, как правило, выше частот сигналов, идущих в обратном направлении.

В общем случае частоты сигналов, используемые в спутниковой связи, разделяют на диапазоны и обозначают буквами так, как показано в табл. 5.3.

Ку-диапазон позволяет производить прием сравнительно небольшими антеннами и поэтому используется в спутниковом телевидении (*DVB*), несмотря на то что в этом диапазоне погодные условия оказывают существенное влияние на качество передачи. Для передачи данных крупными пользователями (организациями) часто применяется С-диапазон. Это обеспечивает более высокое качество приема, но требует довольно больших размеров антенны.

Таблица 5.3

Диапазоны частот спутниковой связи

Название диапазона	Частоты	Применение
L	1,5 ГГц	Подвижная спутниковая связь
S	2,5 ГГц	Подвижная спутниковая связь
C	4 ГГц, 6 ГГц	Фиксированная спутниковая связь
X	8–12 ГГц	Фиксированная спутниковая связь (для военных целей)
Ku	11, 12 и 14 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
K	20 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
Ka	30 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, межспутниковая связь

Модуляция и помехоустойчивое кодирование. Особенностью спутниковых систем связи является необходимость работать в условиях сравнительно низкого отношения сигнал/шум, вызванного значительной удаленностью приемника от передатчика и ограниченной мощностью спутника. По известным причинам спутниковая связь плохо подходит для передачи аналоговых сигналов, поэтому для передачи речи ее предварительно оцифровывают, используя импульсно-кодovou модуляцию.

Для передачи цифровых данных по спутниковому каналу связи они должны быть сначала преобразованы в радиосигнал, занимающий определенный частотный диапазон. Для этого применяется модуляция (цифровая модуляция называется также манипуляцией).

Из-за низкой мощности сигнала возникает необходимость в системах исправления ошибок. Для этого применяются различные схемы помехоустойчивого кодирования, чаще всего различные варианты *сверточных* кодов и/или *турбокодов*, способных исправлять ошибки.

Структура системы спутниковой связи, показанная на рис. 5.10, включает в себя:

- космический сегмент, состоящий из нескольких спутников-ретрансляторов;
- наземный сегмент, содержащий центр управления системой, центр запуска космического аппарата, командно-измерительные станции, центр управления связью и шлюзовые станции;
- пользовательский (абонентский) сегмент, осуществляющий связь при помощи персональных спутниковых терминалов;
- наземные сети связи, с которыми через интерфейс сопрягаются шлюзовые станции космической связи.

Космический сегмент представляет собой несколько спутников-ретрансляторов, размещенных равномерно на определенных орбитах и образующих космическую группировку.

Космический аппарат связи содержит: центральный процессор, радиоэлектронное оборудование, антенные системы, системы ориентации и стабилизации положения космического аппарата в пространстве, двигательную установку и систему электропитания.

Спутник в системе низкоорбитальной связи находится на высоте ≈ 1000 км и движется со скоростью ≈ 7 км/с. Время, в течение которого его можно наблюдать из некоторой точки поверхности Земли (время видимости), не превышает 14 мин, по истечении которого спутник уходит за линию горизонта. Для поддержания непрерывной связи (например, при телефонном разговоре) необходимо, чтобы в тот момент, когда первый спутник покидает зону обслуживания, его заменял второй, а потом третий. Это похоже на сотовую телефонную связь, где роль базовых станций выполняют спутники.

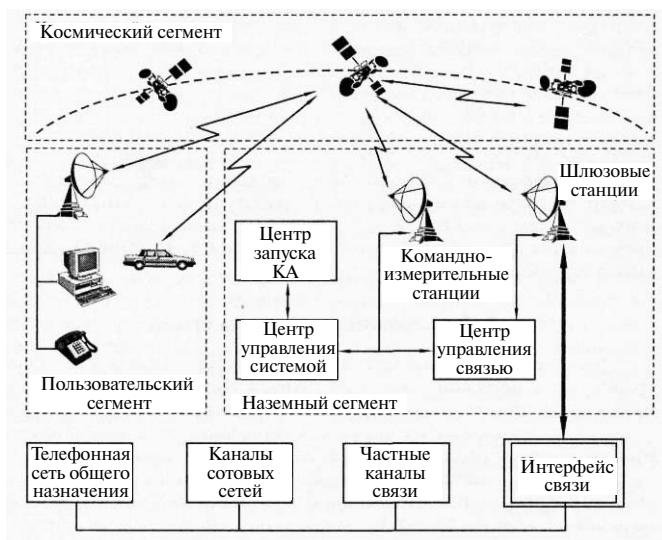


Рис. 5.10. Структура спутниковых систем абонентской связи

Для обеспечения связью абонентов не только в зоне видимости одного космического аппарата, но и на всей территории Земли соседние спутники должны связываться между собой, передавая друг другу информацию. Для надежного охвата всей территории Земли необходимо иметь сотни спутников.

Необходимое число спутников уменьшается с увеличением высоты орбиты, так как увеличивается зона видимости. Благодаря этому снижается стоимость орбитальной группировки и услуг связи, но происходит удорожание персональных спутниковых терминалов.

Системы спутниковой связи «Горизонт» и «Экспресс» в настоящее время обеспечивают телефонную связь, телевизионное и звуковое вещание, передачу потоков информации во многих регионах России, а также в ряде зарубежных стран. Система «Горизонт» с восемью космическими аппаратами на орбите с 1979 г. и по настоящее время является основной составной частью сети спутниковой связи России. На базе КА «Горизонт» создан ряд независимых сетей: «Интерспутник», «Орбита», «Москва», «Москва-Глобальная».

Одним из направлений развития спутниковой связи в 1990-х гг. стали системы на базе *низкоорбитальных космических аппаратов* с высотой орбиты 700–1500 км. Такие системы отличаются возможностью использования сравнительно недорогих малогабаритных спутниковых терминалов и позволяют обеспечить бесперебойную связь с термина-

лами, размещенными в любой точке Земли, но особенно эффективны при организации связи в регионах со слаборазвитой инфраструктурой.

К числу низкоорбитальных систем относится система спутниковой связи *ridium*, созданная при сотрудничестве Японии, США и России. В разрабатываемом проекте вначале предусматривалось использование 77 спутников (именно поэтому проект получил такое название: иридий в таблице Менделеева является 77-м элементом). В состав орбитальной группировки низкоорбитальной глобальной системы спутниковой связи Globalstar входят 48 спутников-ретрансляторов, размещенных на восьми круговых орбитах (по шесть спутников на каждой).

К системам *среднеорбитальной спутниковой связи* относятся системы на базе космических аппаратов, высота орбит которых находится в пределах 5–15 тыс. км. На таких орбитах время видимости одного спутника-ретранслятора доходит до нескольких часов, что позволяет уменьшить до 10–12 число спутников.

Системы связи с использованием *стационарных спутников* предусматривают «зависание» спутника над заранее выбранными точками Земли. Такое «зависание» обеспечивается высотой орбиты 35 786 км, на которой скорость перемещения космических аппаратов совпадает со скоростью вращения Земли. Далее вычислим это расстояние.

Пример. Требуется вычислить высоту геостационарной орбиты.

Решение. На геостационарной орбите спутник, не приближаясь к Земле и не удаляясь от нее, постоянно находится над какой-либо точкой на экваторе, поэтому действующие на спутник силы гравитации F_R и центробежная сила F_G должны уравниваться друг друга, т.е. должно быть $F_R = F_U$.

По закону всемирного тяготения $F_R = G \times \frac{M \times m}{R^2}$, где \square — масса спутника; \square — масса Земли; G — гравитационная постоянная; R — расстояние от спутника до центра Земли (здесь — радиус орбиты).

Центробежная сила равна $F_U = \square \times \square$, где \square — центростремительное ускорение, возникающее при круговом движении космического объекта по орбите.

Как можно видеть, масса спутника m присутствует как множитель в выражениях для F_R и для F_G , т.е. высота орбиты не зависит от массы спутника, что справедливо для любых орбит. Таким образом, геостационарная орбита определяется лишь высотой, при которой сила F_R будет равна по модулю и противоположна по направлению силе F_G , создаваемой притяжением Земли на данной высоте.

Центростремительное ускорение равно $\square = \omega^2 \times R$, где ω — угловая скорость вращения спутника.

Центростремительная сила (в данном случае — сила гравитации) вызывает центростремительное ускорение. По модулю центростремительное ускорение в инерциальной системе отсчета равно центробежному в системе отсчета, связанной в нашем случае со спутником. Поэтому далее с учетом сделанного замечания мы можем употреблять термин «центростремительное ускорение» вместе с термином «центробежная сила».

Уравнивая выражения для гравитационной и центробежной сил с подстановкой центростремительного ускорения, получаем

$$m \times \omega^2 \times R = G \times \frac{M \times m}{R^2},$$

откуда получаем выражение для вычисления радиуса орбиты:

$$R = \sqrt[3]{\frac{G \times M}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{\omega^2}},$$

где μ — геоцентрическая гравитационная постоянная (с точностью до сотых $\mu = 398\,600,44 \text{ км}^3/\text{с}^2$). Угловая скорость вычисляется как частное от деления угла, пройденного космическим аппаратом за один оборот (2π радиан), на время этого оборота, которое составляет один сидерический день (время, за которое Земля совершает один полный оборот вокруг своей оси), равный с точностью до сотых долей секунды $86\,164,09 \text{ с}$. Поэтому

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \text{ [км}^3\text{]} \text{ [с}^2\text{]}}{\left(\frac{2\pi \text{ [рад]}}{86\,164,09 \text{ [с]}}\right)^2}} = 42\,167,17 \text{ км.}$$

Вычитая отсюда величину экваториального радиуса Земли 6378 км и округляя до целых, получаем высоту $35\,786 \text{ км}$.

К преимуществам геостационарных спутников можно отнести отсутствие перерывов связи, поскольку охват связью составляет 95% поверхности Земли системой из трех геостационарных спутников. Например, система «Банкир», использующая космический сегмент из трех геостационарных спутников связи «Купон», предназначена для оперативного обмена информацией в российской банковской и финансовой системах с выходом на банковские системы ближнего и дальнего зарубежья. Система геостационарной спутниковой связи «Ямал» — результат сотрудничества России и США в области создания и эксплуатации систем спутниковой связи — состоит из

двух малых космических аппаратов «Ямал» и предназначена для развития телекоммуникационных сетей в северных районах России, богатых залежами нефти и газа.

Все системы глобальной спутниковой связи предлагают следующий набор услуг: передача речи, факсимильных сообщений и данных, персональный радиовызов (пейджинг), определение местоположения абонента и глобальный роуминг.

Для организации персональной спутниковой связи применяются *переносные персональные спутниковые терминалы* (массой около 700 г), один из которых показан на рис. 5.11 слева, а также мобильные терминалы (массой около 2,5 кг), показанный справа на том же рисунке. Терминал *Explorer 110* обеспечивает доступ в интернет со скоростью 384 кб/с, а терминал *Explorer 710* – 650 кбит/с.

Данные терминалы способны устанавливать связь между абонентами за 2 с, как и в системе сотовой связи.



Рис. 5.11. Спутниковые терминалы Explorer 110 (а) и Explorer 710 (б)

5.2.2. Цифровые стандарты сотовой связи

Структура сотовой системы. Сотовая связь коренным образом отличается от традиционной радиосвязи. Ее структура показана на рис. 5.12. В ней не предусматривается создание отдельных, требующих больших затрат энергии каналов связи между каждой парой абонентов. Вместо этого обслуживаемая территория делится на относительно небольшие ячейки (соты). Станции, расположенные в каждой ячейке, имеют небольшую мощность, полностью автоматизированы, и каждая из них соединена с центральной сотовой станцией. Абоненты связываются не непосредственно с центральной, а только с ближайшей станцией. Таким образом, на большом пространстве может быть создана сеть из множества взаимосвязанных радиостанций.

Принципиальным является то, что ячейки делаются небольшими: радиус действия каждой станции не превышает нескольких ки-

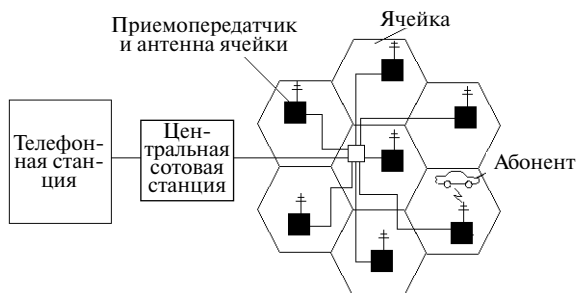


Рис. 5.12. Структура сотовой сети

лометров. В условиях ограниченного диапазона частот тот же самый частотный канал можно использовать снова, но, правда, не в соседней ячейке. Таким способом можно, не расширяя полосу занимаемых частот, обеспечить сотовой связью весь земной шар. Небольшая мощность передатчиков позволяет делать аппаратуру весьма компактной и недорогой.

В Соединенных Штатах для сотовой связи выделен диапазон частот, в котором можно разместить свыше 666 телефонных каналов. Оборудование каждой ячейки обеспечивает 45 двусторонних телефонных разговоров одновременно. Каждая дуплексная связь ведется на двух частотах, следовательно, в каждой ячейке используются 90 из 666 выделенных каналов. В соседних ячейках используются другие каналы. В более удаленных ячейках те же самые каналы могут использоваться снова.

Предположим, что в центральной ячейке области 1, показанной на рис. 5.13, используются каналы с 1 по 90. Ни в одной из соседних с ней ячеек на этих каналах вести переговоры уже нельзя из-за возможных взаимных помех, поэтому в соседних ячейках будут использоваться другие из 666 частотных каналов. Часть ячеек области 2 уже достаточно удалена, поэтому в них снова можно использовать те же частоты, что и в области 1. Центральная сотовая станция принимает сигналы от каждой из ячеек своей области и направляет их в облачную автоматическую телефонную станцию (ОАТС).

Когда абонент сотовой связи «снимает трубку» своего телефона, ближайшая станция принимает передаваемые телефоном сигналы и выделяет два свободных канала, по которым и осуществляется связь. Выбор каналов полностью автоматизирован — абонент не имеет отношения к этой процедуре. После установки дуплексной связи центральная сотовая станция передает обработку вызова обычной телефонной станции. После подключения к телефонной линии вы услышите сигнал готовности.

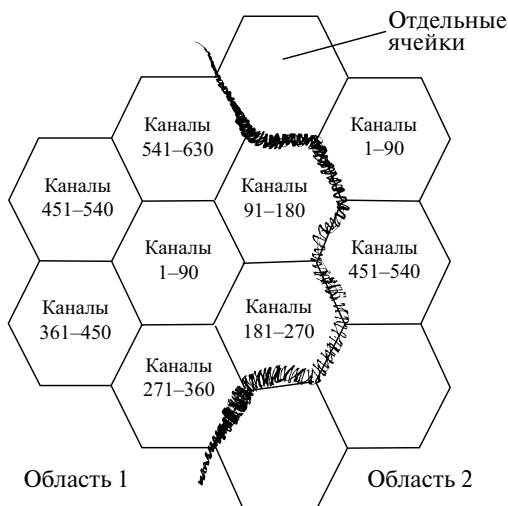


Рис. 5.13. Распределение каналов между ячейками

Поскольку мобильный телефон перемещается в пространстве, уровень принимаемого сигнала постоянно изменяется. Когда абонент приближается к границе ячейки, центральная сотовая станция определяет, какая из соседних ячеек оказывается в «лучшем положении». После этого связь с абонентом передается аппаратуре следующей ячейки; такая процедура называется перебросом вызова. Процесс переброса незаметен для абонента, его разговор не прерывается.

У сотовой системы есть еще одно преимущество. Если различные территории обслуживаются разными компаниями, они могут вступить в соглашение и создать единую сеть. Многие компании так и поступили, договорившись о взаимном обслуживании клиентов. Всякий раз, когда вы выезжаете за пределы «своего» района, другая сотовая сеть автоматически примет переброс вызова и продолжит вас обслуживать. Там, где две местности, обслуживаемые различными компаниями, соседствуют одна с другой, сотовая сеть может быть непрерывной.

Сотовая сеть расширяема как вширь, так и «вглубь». Можно не только добавить новые ячейки к существующей сети, но и разделить существующие на более мелкие, что позволит обслуживать большее количество абонентов.

5.2.3. Сотовые телефоны

Сотовый телефон представляет собой приемопередатчик, работающий на одной из частот в диапазоне 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц, причем прием и передача по частотам разнесены. В про-

цессе своего функционирования сотовый (мобильный) телефон взаимодействует с сетью базовых станций (БС). Вышки БС обычно устанавливают либо на своих наземных мачтах, либо на крышах домов или других сооружений, или же на арендованных уже существующих вышках ретрансляторов радио/ТВ и т.п., а также на высотных трубах котелен и других промышленных сооружений.

Телефон после включения постоянно прослушивает (сканирует) эфир на наличие *GSM*-сигнала своей базовой станции, который определяет по специальному идентификатору. Если телефон находится в зоне покрытия сети, то он выбирает лучшую по уровню сигнала частоту и на этой частоте посылает БС запрос на регистрацию в сети.

Процесс регистрации, по сути, является процессом аутентификации абонента. Сущность регистрации заключается в том, что каждая *SIM*-карта, вставленная в телефон, имеет свои уникальные идентификаторы *IMSI* (International Mobile Subscriber Identity) и *Ki* (*Key for Identification*), которые заносятся в базу центра аутентификации (AuC) при поступлении изготовленных *SIM*-карт оператору связи. При регистрации телефона в сети идентификаторы передаются в AuC, который передает телефону некоторое случайное число-ключ для выполнения вычислений по специальному алгоритму, причем вычисление происходит одновременно в мобильном телефоне и AuC, после чего оба результата сравниваются. Если они совпадают, то *SIM*-карта признается подлинной и телефон регистрируется в сети.

Идентификатором в сети для телефона является его уникальный номер *IMEI* (*International Mobile Equipment Identity*), который состоит из 15 цифр в десятичном представлении (например, 35366300/758647/0). Первые восемь цифр описывают модель телефона и его происхождение. Оставшиеся — серийный номер телефона и контрольное число.

Данный номер хранится в энергонезависимой памяти телефона. В устаревших моделях этот номер можно сменить с помощью специального программного обеспечения (ПО) и соответствующего программатора (иногда и дата-кабеля), а в современных телефонах он дублируется. Один экземпляр номера хранится в области памяти, которую можно программировать, а дубликат — в зоне памяти ОТР (*One Time Programming*), которая программируется производителем один раз и не имеет возможности перепрограммирования, поэтому, если даже изменить номер в первой области памяти, то телефон при включении сравнивает данные обеих областей памяти, и если обнаруживаются разные номера *IMEI* — телефон блокируется. Дело в том, что телефон по номеру *IMEI* отслеживается в сети и при краже

Пример. Требуется вычислить высоту геостационарной орбиты.

Решение. На геостационарной орбите спутник, не приближаясь к Земле и не удаляясь от нее, постоянно находится над какой-либо точкой на экваторе, поэтому действующие на спутник силы гравитации F_R и центробежная сила F_G должны уравнивать друг друга, т.е. должно быть: $F_R = F_U$.

По закону всемирного тяготения: $F_R = G \times \frac{M \times m}{R^2}$, где m — масса спутника, M — масса Земли, G — гравитационная постоянная, R — расстояние от спутника до центра Земли (здесь — радиус орбиты).

Центробежная сила равна: $F_U = m \times a$, где a — центростремительное ускорение, возникающее при круговом движении космического объекта по орбите.

Как можно видеть, масса спутника m присутствует как множитель в выражениях для F_R и для F_G , т.е. высота орбиты не зависит от массы спутника, что справедливо для любых орбит. Таким образом, геостационарная орбита определяется лишь высотой, при которой сила F_R будет равна по модулю и противоположна по направлению силе F_G , создаваемой притяжением Земли на данной высоте.

Центростремительное ускорение равно: $a = \omega^2 \times R$, где ω — угловая скорость вращения спутника.

Центростремительная сила (в данном случае — сила гравитации) вызывает центростремительное ускорение. По модулю центростремительное ускорение в инерциальной системе отсчета равно центробежному в системе отсчета, связанной в нашем случае со спутником. Поэтому далее с учетом сделанного замечания, мы можем употреблять термин «центростремительное ускорение» вместе с термином «центробежная сила».

Уравнивая выражения для гравитационной и центробежной сил с подстановкой центростремительного ускорения, получаем:

$$m \times \omega^2 \times R = G \times \frac{M \times m}{R^2},$$

откуда получаем выражение для вычисления радиуса орбиты:

$$R = \sqrt{\frac{G \times M}{\omega^2}} = \sqrt{\frac{\mu}{\omega^2}},$$

где μ — геоцентрическая гравитационная постоянная (с точностью до сотых = $398\,600,44 \text{ км}^3/\text{с}^2$). Угловая скорость вычисляется как частное от деления угла, пройденного космическим аппаратом за один оборот (2π радиан) на время этого оборо-

та, которое составляет один сидерический день (время, за которое Земля совершает один полный оборот вокруг своей оси), равный с точностью до сотых долей секунды = 86 164,09 с. Поэтому:

$$R = \sqrt[3]{\frac{398\,600,44 \frac{[\text{км}^3]}{[\text{с}^2]}}{\left(\frac{2\pi [\text{рад}]}{86\,164,09 [\text{с}]}\right)^2}} = 42\,167,17 \text{ км.}$$

Вычитая отсюда величину экваториального радиуса Земли, 6378 км и округляя до целых, получаем высоту 35 786 км.

К преимуществам геостационарных спутников можно отнести отсутствие перерывов связи, поскольку охват связью составляет 95% поверхности Земли системой из трех геостационарных спутников. Например, система «Банкир», использующая космический сегмент из трех геостационарных спутников связи «Купон», предназначена для оперативного обмена информацией в российской банковской и финансовой системах с выходом на банковские системы ближнего и дальнего зарубежья. Система геостационарной спутниковой связи «Ямал» — результат сотрудничества России и США в области создания и эксплуатации систем спутниковой связи — состоит из двух малых космических аппаратов «Ямал» и предназначена для развития телекоммуникационных сетей в северных районах России, богатых залежами нефти и газа.

Все системы глобальной спутниковой связи предлагают следующий набор услуг: передача речи, факсимильных сообщений и данных, персональный радиовывоз (пейджинг), определение местоположения абонента и глобальный роуминг.

Для организации персональной спутниковой связи применяются *переносные персональные спутниковые терминалы* (массой около 700 г), один из которых показан на рис. 5.14 (слева), а также мобильные терминалы (массой около 2,5 кг), один из которых показан справа на том же рисунке. Терминал Explorer 110 обеспечивает доступ в Интернет со скоростью 384 кбит/с, а терминал Explorer 710—650 кбит/с.

Данные терминалы способны устанавливать связь между абонентами за 2 с, как и в системе сотовой связи.

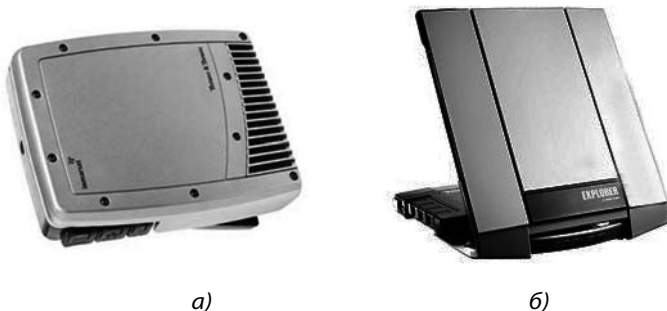


Рис. 5.14. Спутниковые терминалы Explorer 110 (а) и Explorer 710 (б)

5.2.2. Цифровые стандарты сотовой связи

Структура сотовой системы. Сотовая связь коренным образом отличается от традиционной радиосвязи. Ее структура показана на рис. 5.15. В ней не предусматривается создание отдельных, требующих больших затрат энергии, каналов связи между каждой парой абонентов, вместо этого обслуживаемая территория делится на относительно небольшие ячейки (соты). Станции, расположенные в каждой ячейке, имеют небольшую мощность, полностью автоматизированы, и каждая из них соединена с центральной сотовой станцией. Абоненты связываются не непосредственно с центральной, а только с ближайшей станцией. Таким образом, на большом пространстве может быть создана сеть из множества взаимосвязанных радиостанций.

Принципиальным является то, что ячейки делаются небольшими: радиус действия каждой станции не превышает нескольких километров. В условиях ограниченного диапазона частот тот же самый частотный канал можно использовать снова, но, правда, не в соседней ячейке. Таким способом можно, не расширяя полосу занимаемых частот, обеспечить сотовой связью весь земной шар. Небольшая мощность передатчиков позволяет делать аппаратуру весьма компактной и недорогой.

В США для сотовой связи выделен диапазон частот, в котором можно разместить свыше 666 телефонных каналов. Оборудование каждой ячейки обеспечивает 45 двусторонних телефонных разговоров одновременно. Каждая дуплексная связь ведется на двух частотах, следовательно, в каждой ячейке используются 90 из 666 выделенных каналов. В соседних ячейках используются другие каналы. В более удаленных ячейках те же самые каналы могут использоваться снова.

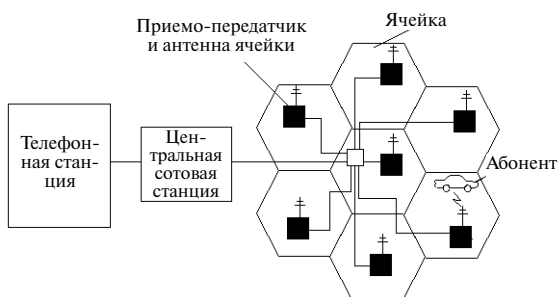


Рис. 5.15. Структура сотовой сети

Предположим, что в центральной ячейке области 1, показанной на рис. 5.16, используются каналы с 1 по 90. Ни в одной из соседних с ней ячеек на этих каналах вести переговоры уже нельзя из-за возможных взаимных помех, поэтому в соседних ячейках будут использоваться другие из 666 частотных каналов. Часть ячеек области 2 уже достаточно удалена, поэтому в них снова можно использовать те же частоты, что и в области 1. Центральная сотовая станция принимает сигналы от каждой из ячеек своей области и направляет их в облачную автоматическую телефонную станцию (ОАТС).

Когда абонент сотовой связи «снимает трубку» своего телефона, ближайшая станция принимает передаваемые телефоном сигналы и выделяет два свободных канала, по которым и осуществляется связь. Выбор каналов полностью автоматизирован, абонент не имеет отношения к этой процедуре. После установки дуплексной связи центральная сотовая станция передает обработку вызова обычной телефонной станции. После подключения к телефонной линии вы услышите сигнал готовности.

Поскольку мобильный телефон перемещается в пространстве, уровень принимаемого сигнала постоянно изменяется. Когда абонент приближается к границе ячейки, центральная сотовая станция определяет, какая из соседних ячеек оказывается в «лучшем положении». После этого связь с абонентом передается аппаратуре следующей ячейки; такая процедура называется перебросом вызова. Процесс переброса незаметен для абонента, его разговор не прерывается.

У сотовой системы есть еще одно преимущество. Если различные территории обслуживаются разными компаниями, они могут вступить в соглашение и создать единую сеть. Многие компании так и поступили, договорившись о взаимном обслуживании клиентов. Всякий раз, когда вы выезжаете за пределы «своего» района, другая

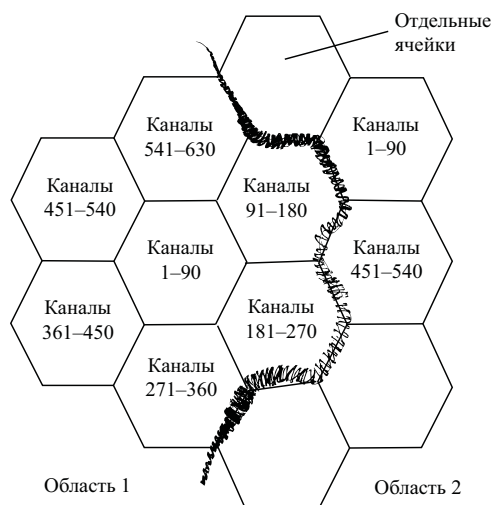


Рис. 5.16. Распределение каналов между ячейками

сотовая сеть автоматически примет переброс вызова и продолжит вас обслуживать. Там, где две местности, обслуживаемые различными компаниями, соседствуют одна с другой, сотовая сеть может быть непрерывной.

Сотовая сеть расширяема как вширь, так и «вглубь». Можно не только добавить новые ячейки к существующей сети, но и разделить существующие на более мелкие, что позволит обслуживать большее количество абонентов.

5.2.3. Сотовые телефоны

Сотовый телефон представляет собой приемо-передатчик, работающий на одной из частот в диапазонах 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц, причем прием и передача по частотам разнесены. В процессе своего функционирования сотовый (мобильный) телефон взаимодействует с сетью базовых станций (БС). Вышки БС обычно устанавливают либо на своих наземных мачтах, либо на крышах домов или других сооружений, или же на арендованных уже существующих вышках ретрансляторов радио/ТВ и т.п., а также на высотных трубах котелен и других промышленных сооружений.

Телефон после включения постоянно прослушивает (сканирует) эфир на наличие GSM-сигнала своей базовой станции, который определяет по специальному идентификатору. Если телефон нахо-

дится в зоне покрытия сети, то он выбирает лучшую по уровню сигнала частоту и на этой частоте посылает БС запрос на регистрацию в сети.

Процесс регистрации по сути является процессом аутентификации абонента. Сущность регистрации заключается в том, что каждая SIM-карта, вставленная в телефон, имеет свои уникальные идентификаторы IMSI (International Mobile Subscriber Identity) и Ki (Key for Identification), которые заносятся в базу центра аутентификации (AuC) при поступлении изготовленных SIM-карт оператору связи. При регистрации телефона в сети идентификаторы передаются в AuC, который передает телефону некоторое случайное число-ключ для выполнения вычислений по специальному алгоритму, причем вычисление происходит одновременно в мобильном телефоне и AuC, после чего оба результата сравниваются. Если они совпадают, то SIM-карта признается подлинной и телефон регистрируется в сети.

Идентификатором в сети для телефона является его уникальный номер IMEI (International Mobile Equipment Identity), который состоит из 15 цифр в десятичном представлении (например, 35366300/758647/0). Первые восемь цифр описывают модель телефона и его происхождение, оставшиеся — серийный номер телефона и контрольное число.

Данный номер хранится в энергонезависимой памяти телефона. В устаревших моделях этот номер можно сменить с помощью специального программного обеспечения (ПО) и соответствующего программатора (иногда и дата-кабеля), а в современных телефонах он дублируется. Один экземпляр номера хранится в области памяти, которую можно программировать, а дубликат — в зоне памяти OTP (One Time Programming), которая программируется производителем один раз и не имеет возможности перепрограммирования, поэтому, если даже изменить номер в первой области памяти, то телефон при включении сравнивает данные обеих областей памяти, и если обнаруживаются разные номера IMEI — телефон блокируется. Дело в том, что телефон по номеру IMEI отслеживается в сети, и при краже телефона его можно найти и изъять, а если успеть изменить этот номер на любой другой, то шансы найти телефон сводятся к нулю. Этими вопросами занимаются спецслужбы при соответствующей помощи оператора сети и т.д.

Однако при определенных обстоятельствах данный номер может повредиться в результате сбоя программного обеспечения или неправильного его обновления, и тогда телефон будет абсолютно не пригоден для эксплуатации. В этом случае по номеру в зоне памяти OTP можно восстановить IMEI и собственно работоспособность аппарата.

Передача голоса от абонента к абоненту в стандарте GSM — это технически очень сложный процесс, который абсолютно отличается от привычной передачи голоса по аналоговым сетям как, например, домашний проводной/радио телефон, хотя несколько напоминает цифровые DECT-радиотелефоны.

Аналоговый голосовой сигнал абонента, прежде чем будет передан в эфир, разбивается на отрезки длительностью 20 мс, преобразовывается в цифровой сигнал и кодируется путем применения алгоритмов шифрования «открытым ключом» по системе EFR (Enhanced Full Rate — усовершенствованная система кодирования речи). Далее все сигналы обрабатываются алгоритмом на основе принципа DTX (Discontinuous Transmission — прерывистой передачи речи). Его полезность заключается в том, что он управляет передатчиком телефона, включая его только в тот момент, когда начинается произношение речи, и отключает в паузах между разговором. Все это достигается с помощью включенного в кодек VAD (Voice Activated Detector) — детектора активности речи. У принимаемого абонента все преобразования происходят в обратном порядке

Условно схему сотового телефона, показанную на рис. 5.17, можно разделить на три модуля: радиочастотный модуль, низкочастотный модуль и модуль управления.

Радиочастотный модуль, блок-схема которого показана на рис. 5.18, обрабатывает все радиосигналы, принимаемые или передаваемые сотовым телефоном. Антенна подключается к входному устройству, обычно это *ферритовый вентиль* (СВЧ-устройство с односторонним прохождением электромагнитной волны, т.е. с очень малым затуханием волны, проходящей в одном направлении, и очень большим — для волны обратного направления), дополненный селективными фильтрами (их используют либо для выделения, либо для подавления определенной спектральной области), которое предотвращает попадание сигналов передатчика на вход приемной схемы.

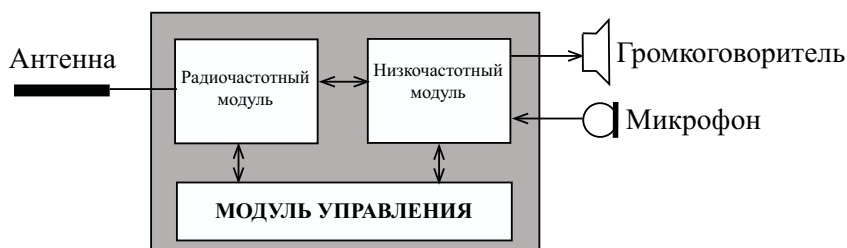


Рис. 5.17. Устройство сотового телефона

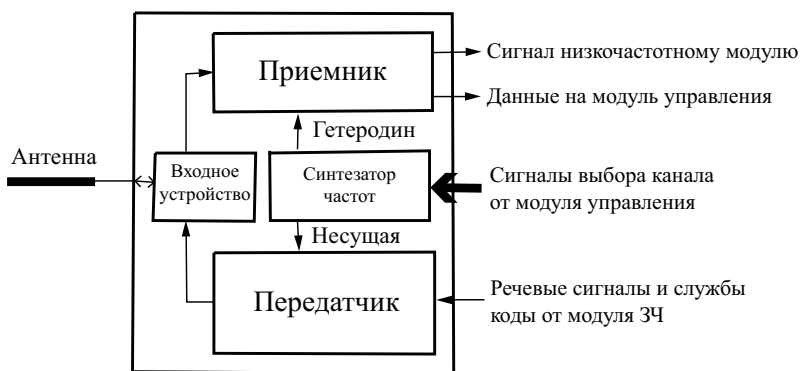


Рис. 5.18. Блок-схема радиочастотного модуля сотового телефона

Эффективность его такова, что вход приемника не перегружается даже при мощности передатчика сотового телефона в несколько ватт, что необходимо для обеспечения дуплексной связи.

Принимаемые радиочастотные сигналы фильтруются и преобразуются в промежуточную частоту схемой приемника. Выходной сигнал промежуточной частоты с радиочастотного модуля поступает на низкочастотный модуль. Однако если в обыкновенных радиоприемниках используется ручная настройка для установки частоты приема, то в сотовом телефоне используется синтезатор частот, с помощью которого можно выбрать любой из 666 выделенных каналов сотовой связи. Частоты канала, выбранного в каждый конкретный момент времени, определяются модулем управления. Когда сотовый телефон перемещается в пространстве от ячейки к ячейке, частоты приема и передачи переключаются таким образом, чтобы соответствовать доступным каналам связи в новой ячейке. Инструкции, предписывающие, на какую частоту переключиться, поступают на телефон вместе с другими сигналами управления со станции сотовой связи и декодируются модемом, входящим в состав модуля управления телефона.

Речевые сигналы и служебные коды с низкочастотного модуля поступают на схему передатчика, где ими модулируется несущая частота. Усиленный модулированный РЧ сигнал подается на антенну. Несущая частота передатчика устанавливается синтезатором и определяется управляющим кодом, переданным на телефон приемно-передатчиком той ячейки, в которой вы находитесь. Синтезатор частот обычно строится на основе систем фазовой автоподстройки частоты.

В *низкочастотном модуле*, блок-схема которого показана на рис. 5.19, происходит преобразование сигналов ПЧ, поступающих с радиочастотного модуля, в звуковые сигналы, которые можно услышать в громкоговорителе сотового телефона. Довольно часто в сотовых телефонах устанавливается второй звукоизлучатель, он используется для подачи сигнала «звонка». Тональные DTMF-сигналы набора и речевой сигнал от микрофона проходят через фильтры, усилители, суммируются и подаются на радиочастотный модуль (вместе с сигналами из модуля управления), где ими модулируется несущая частота передатчика. Часть передаваемого речевого сигнала возвращается в громкоговоритель для получения местного эффекта. Работа приемника и передатчика звуковых сигналов координируется модулем управления.

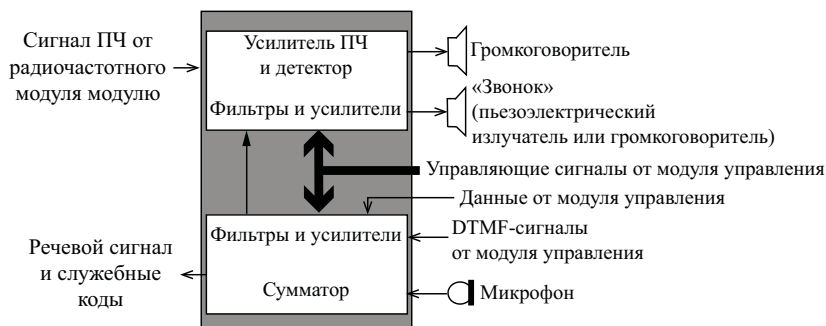


Рис. 5.19. Блок-схема низкочастотного модуля сотового телефона

Модуль управления, блок-схема которого показана на рис. 5.20, координирует работу всех узлов сотового телефона. По своей архитектуре он похож на ПК. Функционирование микропроцессора (МП) осуществляется на основе инструкций (программ), хранящихся в ПЗУ.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) используется для временного хранения данных, например, номера текущего канала связи, установленной мощности передатчика и т.д., а также результатов логических или математических операций, которые производятся при выполнении программы.

В репрограммируемом постоянном запоминающем устройстве (РПЗУ) хранится информация, специфическая для каждого конкретного телефона: например, назначенный сотовый телефонный номер. Радиочастотный и низкочастотный модули и DTMF-генератор управляются сигналами, поступающими непосредственно с МП.

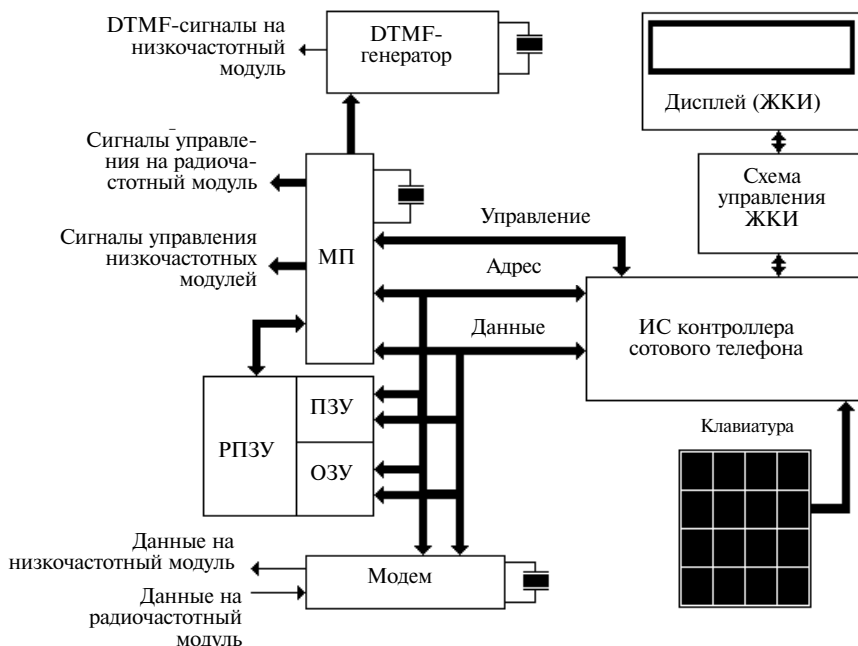


Рис. 5.20. Блок-схема модуля управления сотового телефона

Поскольку сотовые телефоны являются активными элементами сети, они должны находиться с ней в постоянном контакте. Помимо речевых сигналов и тональных DTMF-сигналов набора номера, сотовые телефоны должны передавать и принимать данные от приемо-передатчика текущей ячейки (т.е. в конечном счете от центральной сотовой станции). Для «подмешивания» данных в передаваемый телефоном радиосигнал, а также для выделения и декодирования команд и данных, получаемых из сети, используется ИС модема.

МП управляет работой контроллера сотового телефона, который представляет специализированную ИС, через которую осуществляется взаимодействие с клавиатурой и индикатором сотового телефона. Он используется также при установке необходимых частот синтезатора в радиочастотном модуле.

В сотовом телефоне обычно устанавливается дисплей, на котором индицируется набираемый номер и режим работы сети и телефона (например, «Выбор», «Включен», «В работе», «Поиск», «Занято» и т.д.). Для снижения потребляемой мощности и увеличения

срока службы в качестве дисплея обычно используется жидкокристаллический индикатор (ЖКИ).

Недостатки сотовой связи являются следствием самих принципов радиотелефонии. Наиболее слабым местом считается радиочастотный канал связи между телефоном и приемо-передатчиком ячейки. Проблемы, возникающие при пользовании сотовой связью, можно подразделить на четыре основные группы: замирания сигнала, мертвые зоны, источники питания и конфиденциальность.

Причины замирания сигнала связаны с особенностями излучения и распространения радиоволн в диапазоне сотовой связи (от 800 до 900 МГц), где они излучаются (и принимаются) только в определенных направлениях относительно расположения антенны, поскольку ее диаграмма направленности имеет явно выраженные минимумы и максимумы. Кроме того, сигналы этих частот сильно поглощаются во влажной атмосфере, отражаются от стен и прочих поверхностей (например, от воды), а крупное препятствие, например, высотное здание или холм, и вовсе не позволит им распространиться дальше.

Другой причиной замираний сигнала может быть приближение к периферии обслуживаемой территории, где нет других ячеек, на которые можно перебросить абонента вызов. Снижение уровня сигнала приведет к появлению кратковременных прерываний, частота которых будет быстро увеличиваться до тех пор, пока абонента полностью не отсоединят.

Оборудование сотового центра обычно конструируется таким образом, что не реагирует на кратковременные замирания и не разъединяет разговор, однако слишком частые или длительные замирания могут привести к тому, что сотовый центр отсоединяет абонента.

Мертвые зоны возникают по тем же причинам, что и замирания сигнала, только такие участки занимают намного большее пространство. Перерывы в прохождении сигналов могут быть настолько длительными, что сотовый центр воспринимает потерю сигнала как отбой, и освобождает занятые каналы, переключая их на обслуживание других вызовов.

Мертвые зоны часто возникают из-за поглощения и отражений сигналов в холмистой или гористой местности, в районах с плотной городской застройкой. От мертвых зон иногда можно избавиться, изменив расположение приемо-передатчика сотовой ячейки или добавив новые ячейки для обслуживания «неудобной» территории.

5.2.4. Помехоустойчивое кодирование (код Хэмминга)

Помехоустойчивое кодирование позволяет обеспечить надежную передачу данных между двумя абонентами, соединенными каналом связи. Под каналом следует понимать любую физическую среду передачи данных, такую, как локальная или глобальная сеть. Основной задачей помехоустойчивого кодирования посылаемой в сеть информации является передача бит так, чтобы они безошибочно принимались получателем точно в той последовательности, в какой они были переданы.

Пусть алфавит $A\{0,1\}$ (см. раздел 1.3.4) содержит всего два символа, причем первая кодируется как 0, а вторая — как 1. Если все кодируемые слова имеют одинаковую длину, равную m , то максимальное число слов в алфавите A будет равно: $S = 2^m$. Например, если $m = 3$, то коды всех слов примут вид: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

Пусть источник помех в каждом слове способен исказить только один символ (одиночная ошибка), в результате чего символ 0 заменяется на символ 1, или наоборот. В данной ситуации без дополнительных мер невозможно не только исправить одиночную ошибку (назовем это *задачей № 1*), но и вообще определить, что в слово передано с ошибкой (*задача № 2*). Для решения этих двух задач необходимо в передаваемые слова по определенному правилу ввести избыточность, которая поможет правильно их декодировать. Применение модели равномерного кодирования позволяет решить эту задачу. В данной модели слова длины m переводятся в более длинные слова длины l , так что исходное слово «удлиняется» ровно на k разрядов, т.е. ($k = l - m$). Полученные в результате слова длины l называются кодом.

Целью помехоустойчивого кодирования является построение такого кода, который позволял бы обнаруживать либо исправлять ошибки.

Для решения задачи построения кода, обнаруживающего ошибки, введем ряд определений. Пусть $S_1 = (010)$ и $S_2 = (111)$ — двоичные последовательности (векторы из начала координат 3-мерного куба соответственно в точки $x, y, z = 0, 1, 0$ и $x, y = 1, 1, 1$) длины $m = 3$. Тогда *расстоянием Хэмминга* между векторами S_1 и S_2 называется число:

$$R(S_1, S_2) = \sum_{i=1}^{m=4} |S_{1i} - S_{2i}|,$$

равное числу разрядов последовательностей S_1 и S_2 , в которых значения разрядов не совпадают. В нашем случае: $R(S_1, S_2) = 2$, так как разряды 1-й и 3-й не совпадают. Векторы S_1 и S_2 , для которых $R(S_1, S_2) = 1$, называются «соседними».

Пусть далее имеем n векторов $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$, причем $\min [R(S_1, S_2)] = d$ для всех пар различных векторов, то число d называется кодовым расстоянием множества S , которое обозначается как $d(S)$.

Определение № 1. Код S обнаруживает t ошибок, если любое слово S_i , полученное из кодового слова множества S в результате не более t ошибок, отлично от любого другого кодового слова множества S .

Пример.

Код $S = (01, 10)$ обнаруживает одну ($t = 1$) ошибку, поскольку, получив на приемном конце линии передач вместо битов 01 биты 11 или 00, и, сравнив их с кодами набора S , будет зафиксирована ошибка.

Можно показать, что:

код S обнаруживает t ошибок тогда и только тогда, когда $d(S) \geq t + 1$;

код S исправляет t ошибок тогда и только тогда, когда $d(S) \geq 2t + 1$.

Пример.

Рассмотрим случай, когда может произойти не более одной ошибки ($t = 1$). Чтобы обнаружить ошибку, достаточно добавить один дополнительный разряд, в который заносить сумму по модулю 2 передаваемых (информационных) разрядов. В этом случае кодирование последовательности векторов: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 даст следующий результат: 0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111. Если произошла ошибка, содержимое дополнительного разряда будет отличаться от суммы по модулю 2 информационных разрядов.

Задача исправления ошибки является более сложной, чем задача ее обнаружения. Она решена Хэммингом (1950 г.). Код Хэмминга, исправляющий одну ошибку, строится следующим образом.

Каждое (i -е) исходное сообщение $S_i = (S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in})$ длины m кодируется набором $\bar{S}_i = (\bar{S}_{i1}, \bar{S}_{i2}, \dots, \bar{S}_{in})$ длины l . Общее число всевозможных вариантов этого же сообщения на выходе равно $(l + 1)$, так как ошибка может возникнуть в любом из l разрядов либо не произойти вовсе (еще один вариант). Одним дополнительным разрядом мы сможем «покрыть» только 2 разных варианта из $(l + 1)$, двумя — четыре и т.д. Чтобы дополнительных

k разрядов хватило на «покрытие» всех $(l + 1)$ вариантов, должно соблюдаться неравенство: $2^k > (l + 1)$.

Но $(k = l - m)$, следовательно должно быть: $2^m \leq \frac{2^l}{l+1}$. Таким

образом, наименьшее целое число l , удовлетворяющее этому неравенству, можно использовать при построении кода, обнаруживающего одиночную ошибку.

Пример.

Построить код Хэмминга, если алфавит $A = A\{0,1\}$, длина слов $m = 4$, а коды 16 исходных слов и их порядковые номера приведены в табл. 16.

Таблица 16

Исходные данные для построения кода Хэмминга

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

1. Вычисляем количество k дополнительных разрядов. Так как длина сообщения $m = 4$, то из формулы: $2^m \leq \frac{2^l}{l+1}$ следует, что $2^k \geq k + m + 1 = k + 5$, следовательно: $k = 3$, т.е. закодированное сообщение будет иметь длину $l = 7$.

2. Составляем вспомогательные k последовательностей, содержащих номера битов генерируемого кода, которые содержат «1»:

- в 1-м (справа) разряде: 1, 3, 5, 7;
- во 2-м (справа) разряде: 2, 3, 6, 7;
- в 3-м (справа) разряде: 4, 5, 6, 7.

Первые числа всех ($k = 3$) последовательностей (1, 2 и 4), являющиеся целыми степенями двойки, в генерируемом коде называются *проверочными*, остальные — *информационными*.

3. Правило построения информационных разрядов следующее — все m разрядов исходного слова последовательно копируются в генерируемый код, но позиции с номерами, равными проверочным, заполняются символом «×». Таким образом, например, исходное слово 1011 в коде Хэмминга примет вид: ××1×011. «Заготовки» кодов Хэмминга для остальных слов текущего примера приведены в табл. 17.

4. Очередной проверочный разряд в каждой из 16-ти «заготовок» формируются путем сложения по модулю 2 информационных разрядов с номерами из пункта 3 решения. То есть первый (слева) проверочный разряд любой «заготовки» равен сумме по модулю 2 ее разрядов 3, 5 и 7, второй — сумме 3-го, 6-го и 7-го разрядов и т.д.

Таблица 17

Промежуточные данные построения кодов Хэмминга

0	1	2	3	4	5	6	7
$\times \times 0 \times 000$	$\times \times 0 \times 001$	$\times \times 0 \times 010$	$\times \times 0 \times 011$	$\times \times 0 \times 100$	$\times \times 0 \times 101$	$\times \times 0 \times 110$	$\times \times 0 \times 111$
8	9	10	11	12	13	14	15
$\times \times 1 \times 000$	$\times \times 1 \times 001$	$\times \times 1 \times 010$	$\times \times 1 \times 011$	$\times \times 1 \times 100$	$\times \times 1 \times 101$	$\times \times 1 \times 110$	$\times \times 1 \times 111$

Например, 1-й разряд для «заготовки» $\times \times \underline{1} \times \underline{011}$ равен нулю (сумма по модулю 2 подчеркнутых разрядов), 2-й разряд этой же «заготовки» $\times \times \underline{1} \times \underline{011}$ равен единице, наконец, 4-й разряд в $\times \times \underline{1} \times \underline{011}$ нулю, и ее искомым код принимает вид: **0110011**. Результирующие коды Хэмминга для всех слов текущего примера приведен в табл. 18.

Таблица 18

Результаты кодирования по методу Хэмминга

№ п/п	Номера разрядов кода						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	1
2	0	1	0	1	0	1	0
3	1	0	0	0	0	1	1
4	1	0	0	1	1	0	0
5	0	0	0	0	1	0	1
6	1	1	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1	1

№ п/п	Номера разрядов кода						
	1	2	3	4	5	6	7
8	1	1	1	0	0	0	0
9	0	0	1	1	0	0	1
10	1	0	1	1	0	1	0
11	0	1	1	0	0	1	1
12	0	1	1	1	1	0	0
13	1	0	1	0	1	0	1
14	0	0	1	0	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1

5. Допустим, получен код **1100111**, отсутствующий в табл. 18. Для поиска номера ошибочного разряда воспользуемся вспомогательными последовательностями из пункта 2 решения, для чего найдем суммы по модулю 2 разрядов полученного кода, подчеркнутых в соответствии с указанными там номерами: 1100111 (1), 1100111 (1) и 1100111 (1) — суммы указаны в скобках. Составленное из сумм двоичное число (111) указывает номер ошибочного разряда (7). После исправления ошибки слово примет вид 1100110. Удаляя из него подчеркнутые контрольные разряды, получим исходное слово: **0110**.

Пример.

Построить код Хэмминга для 23-хразрядного двоичного числа: 10010001110111100000000.

Решение

1. Вычисляем количество k дополнительных разрядов. Так как длина сообщения $m = 23$, то из формулы: $2^{23} \leq \frac{2^l}{l+1}$ сле-

дует, что $2^k \geq l + 1$, откуда заключаем, что потребуется $k = 5$ дополнительных разрядов, т.е. на выходе получим сообщение длиной $l = 28$.

2. Вычисляем количество k дополнительных разрядов. Так как длина сообщения $m = 23$, то из формулы: $2^m \leq \frac{2^l}{l+1}$ следует, что $2^k \geq k + m + 1 = k + 24$, следовательно: $k = 5$, и закодированное сообщение будет иметь длину $l = 28$.

3. Составляем вспомогательные k последовательностей, содержащих номера битов генерируемого кода, которые содержат «1»:

- в 1-м (справа) разряде: **1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27**;
- во 2-м разряде: **2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26, 27**;
- в 3-м разряде: **4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28**;
- в 4-м разряде: **8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28**;
- в 5-м разряде: **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28**.

Первые числа всех ($k = 5$) последовательностей (1, 2, 4, 8 и 16), являются проверочными, остальные – информационными.

4. Заменяя в генерируемом сообщении контрольные разряды символом «×», помещаем в информационные разряды биты исходного числа по порядку (результат представлен в табл. 19).

Таблица 19

Результаты построения кода Хэмминга для примера

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
×	×	1	×	0	0	1	×	0	0	0	1	1	1
(1)	(1)		(1)				(1)						
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	×	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	(0)												

5. Используя последовательности из пункта 3 алгоритма, находим значения i -го контрольного разряда (результат представлен в табл. 20)

Таблица 20

Результаты вычисления контрольных разрядов кода Хэмминга

№ п/п	№ контрольного разряда	Формула расчета и результат
1	1	$1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 = 1$
2	2	$1 \times 0 \times 1 \times 0 \times 0 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 = 1$
3	4	$0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 = 1$
4	8	$0 \times 0 \times 0 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 = 1$
5	16	$1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 \times 0 = 0$

12. Поясните назначение высокоскоростных, факсимильных, внутренних и интеллектуальных модемов.
13. Поясните назначение внешних и голосовых модемов.
14. Поясните назначение основных узлов аппаратного модема.
15. Расскажите об основных понятиях факсимильной связи.
16. Объяснить схему передачи и приема факсимильной информации.
17. Расскажите о протоколах и перспективах факсимильной связи.
18. Поясните назначение и принцип построения кода Хаффмана.
19. Расскажите о назначении и о классах спутниковых систем связи.
20. Объясните принципы организации спутниковых каналов связи.
21. Объясните принцип многократного использования частот.
22. Для чего применяется модуляция несущей частоты?
23. Объясните структуру и приведите примеры спутниковых систем абонентской связи.
24. Расскажите о назначении переносных спутниковых терминалов.
25. Объясните структуру сотовой системы связи.
26. Расскажите о назначении и о принципе действия сотовых телефонов.
27. Объясните устройство сотового телефона, принцип действия его основных узлов.
28. Поясните принцип действия модулей сотового телефона по блок-схеме.
29. Расскажите о недостатках сотовой связи.

6. ВВЕДЕНИЕ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

6.1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Средства связи, обусловленные физиологическими возможностями человека, не могут решать проблему передачи больших объемов информации на значительные расстояния. Для решения этих проблем человек создал технические средства связи – радиоэлектронные устройства, формирующие и восстанавливающие с этой целью электрические сигналы. Практика общения между людьми показывает, что наиболее удобной для передачи единицей информации является сообщение, а физический процесс, отображающий передаваемое сообщение, называется *сигналом*. Передача и прием электрических сигналов, несущих сообщения любого рода, и является телекоммуникацией.

На рис. 6.1 показана структурная схема системы телекоммуникации (СТК), которая служит для передачи на расстояние сообщений между двумя абонентами по телекоммуникационному каналу (ТКК). Сообщение, создаваемое источником сигналов (ИС) и формируемое в передатчике (ПРД), преобразуется в преобразователе (П) в электрический сигнал, который через среду распространения (СР) доставляется к месту приема сигналов, где снова преобразуется и через приемник (ПРМ) поступает к получателю (ПС).

Для выполнения этих операций используется специальная аппаратура коммутации, называемая телекоммуникационной и позволяющая образовать тракт для передачи электрических сигналов.

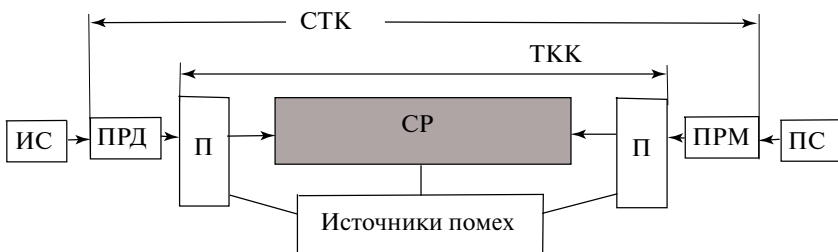


Рис. 6.1. Структурная схема системы телекоммуникации

Совокупность технических средств, обеспечивающих передачу и распределение сообщений, называется *телекоммуникационной сетью* (ТКС).

В России вся сеть страны подразделяется на две взаимосвязанные составляющие: первичную и вторичную сети [33]. *Первичная сеть* объединяет сетевые станции, узлы и соединяющие их линии передачи с целью организации каналов передачи и групповых трактов с учетом административного разделения территории страны. Первичная сеть состоит из следующих частей:

- *местные первичные сети* – часть сети, ограниченная территорией города или сельского района;

- *зоновые первичные сети* – часть сети, охватывающая территорию зоны (область, край, республика), обеспечивающая соединение между собой каналов разных местных сетей внутри одной зоны;

- *магистральная первичная сеть* – часть сети, соединяющая между собой каналы разных зоновых сетей на всей территории страны.

Вторичная сеть – совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений определенного вида, в состав которой входят: оконечные устройства, абонентские и соединительные линии, коммутационные станции, а также каналы, выделенные из первичной сети для образования вторичной. Вторичные сети подразделяются на: телефонные, телеграфные, сети передачи данных, факсимильные, телевизионного и звукового вещания.

В 1992 г. в нашей стране создана *Взаимоувязанная сеть связи РФ*, представляющая собой комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи на территории России, объединенных общим централизованным управлением, которая состоит из двух частей.

1. *Транспортная сеть* – часть сети связи, охватывающая магистральные узлы, междугородные станции, а также соединяющие их каналы и узлы (междугородные, международные);

2. *Сеть доступа* – совокупность абонентских линий и станций местной сети, обеспечивающая доступ абонентских терминалов к транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть.

Сетевой основой российских телекоммуникаций определена Единая сеть электросвязи как составная часть Федеральной связи РФ. Ее структура, показанная в табл. 21, объединяет все сети электросвязи, расположенные на территории России. Единая сеть электросвязи предназначена для удовлетворения потребностей населения, органов государственной власти и управления, обороны, безопасности, а также хозяйствующих субъектов.

Единая сеть электросвязи РФ состоит из сетей следующих категорий.

Таблица 21

Федеральная сеть РФ			
Единая сеть электросвязи			Сеть почтовой связи РФ
СОП	Сети ограниченного пользования		
	Технологические	Выделенные	Специального назначения

Сеть общего пользования (СОП) — предназначена для предоставления услуг электросвязи любому пользователю на территории РФ, которая представляет собой комплекс взаимодействующих сетей связи, включая сети для распространения программ телевизионного и радиовещания.

Сеть ограниченного пользования — сеть, контингент которой ограничен корпоративными клиентами. Данная сеть подразделяется на три вида [4]:

- *технологические сети* связи служат для обеспечения производственной деятельности организаций и управления технологическими процессами;

- *выделенные сети* связи предназначены для предоставления услуг ограниченному числу пользователей;

- *сети связи специального назначения* служат целям обеспечения государственного управления, обороны, безопасности и охраны правопорядка.

6.2. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Интернет соединяет в единую систему сотни миллионов компьютеров. Каждый компьютер имеет уникальный адрес, по которому определяется его положение в сети Интернет. В основе функционирования Интернета лежит эталонная модель взаимодействия открытых систем, именуемой далее как модель OSI (Open System Interconnection), которая задает единые правила функционирования всех ТКС. Собственно открытыми называются системы, использующие одинаковые протоколы взаимодействия, а протоколами — набор правил, регламентирующих порядок обмена информацией между устройствами или процессами в ТКС.

Подчиняясь протоколам модели OSI, данные на своем пути по сети от абонента к абоненту дважды проходят 7 уровней. Этот путь указан стрелками в табл. 22, здесь же приведены названия и основные функции всех уровней. Модель OSI разработали для облегчения и разделения труда инженеров сетевого оборудования и

Таблица 22

Абонент-отправитель	Функции уровней OSI	Абонент-получатель
Уровень приложений ↓	Поддерживает локальную ОС и связь файловых систем, предоставляя команды для пересылки файлов	↑ Уровень приложений
Представительный уровень ↓	Перекодирует файлы в один из стандартных форматов	↑ Представительный уровень
Сеансовый уровень ↓	Устанавливает сеансы связи между службами. Управляет службой логических имен. Создает контрольные точки для синхронизации	↑ Сеансовый уровень
Транспортный уровень ↓	Делит данные на сегменты. Управляет потоком данных, исправляя ошибки	↑ Транспортный уровень
Сетевой уровень ↓	Обеспечивает: а) соединение для каждого сеанса связи, б) межсетевой обмен датаграммами на базе маршрутизации. Определяет IP-адреса хостов	↑ Сетевой уровень
Канальный уровень ↓	Создает кадры и восстанавливает их из битового потока. Задаёт MAC-адрес. Обслуживает канал. Выявляет ошибки в физическом сегменте сети	↑ Канальный уровень
Физический уровень ↓	Обеспечивает доступ к каналу передачи данных, задаёт его характеристики (скорость обмена, механические параметры среды передачи и пр.)	↑ Физический уровень
↓	Канал передачи данных (витая пара и пр.) → → → → → → → →	↑

программистов, чтобы им было понятно, на каком уровне и с каким оборудованием они работают.

На *уровне приложений* взаимодействуют приложения, поэтому данные попадают с этого уровня на следующий (представительский) уровень в формате приложений: http (сайты), FTP (файлы), IRC (чат) и др.

На *уровне представления* данные принимаются от уровня приложений специальной программой-клиентом, которая переводит их в один из стандартных форматов: для текстовых файлов — это форматы ASCII, EBCDIC, HTML, для звуковых файлов — MIDI, MP3, WAV и т.д.

На *сеансовом уровне* два приложения на разных компьютерах устанавливают, поддерживают и завершают соединение, называемое сеансом, т.е. сеансовый уровень управляет проведением сеансов связи, поддерживая диалог, подобный диалогу, приведенному на рис. 6.2. Сеансовый уровень определяет, какая из сторон, ког-

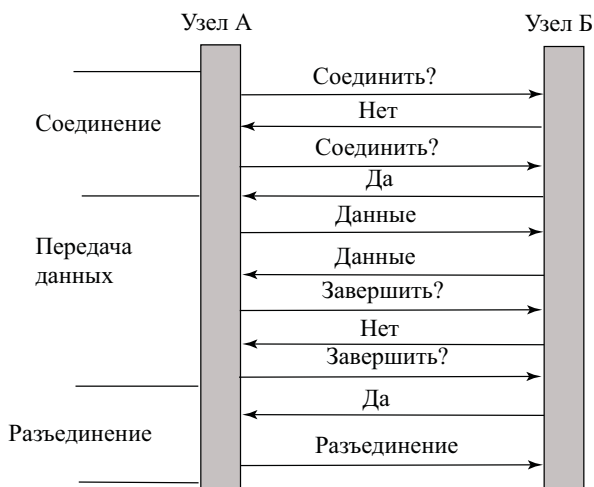


Рис. 6.2. Электронный диалог на сетевом уровне модели OSI

да и как долго должна осуществлять передачу данных. Сеансовый уровень, кроме того, распознает логические имена абонентов и контролирует права доступа.

Транспортный уровень обеспечивает доставку данных без ошибок, потерь и в нужной последовательности. Здесь же производится разбивка передаваемых данных на сегменты (перед отправкой) и восстановление из сегментов принимаемых данных (при приеме). Сегменты отправляются не сразу, а буферируются (накапливаются) во временном буфере, как это показано на рис. 6.3. Для контроля подтверждения доставки в ТСП используется метод квитирования: при получении очередного сегмента получатель посылает отправителю служебный кадр (квитанцию), подтверждающий факт его приема.

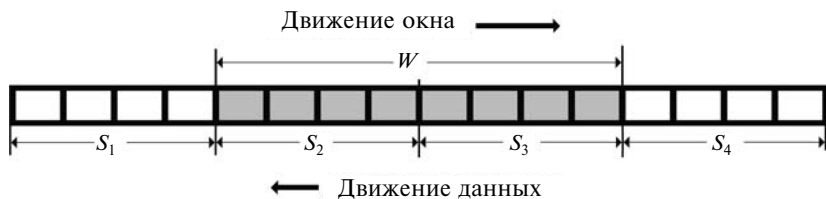


Рис. 6.3. Размещение сегментов в «скользящем окне»

Алгоритм квитирования называется «скользящее окно». В протоколе ТСР это окно определено на множестве нумерованных байтов неструктурированного потока данных, поступающих с сеансового уровня и буферируемых протоколом ТСР. Получающий модуль ТСР отправляет посылающему модулю ТСР размер «окна», равный количеству байтов, которое принимающий модуль ТСР готов в настоящий момент принять. Квитанция посылается только в случае правильного приема данных. Отсутствие квитанции означает либо прием искаженного сегмента, либо потерю сегмента, либо потерю квитанции. В качестве квитанции получатель сегмента отправляет ответное сообщение (сегмент), в которое помещает число, на единицу превышающее максимальный номер байта в полученном сегменте. Это число часто называют *номером очереди*.

На рис. 6.3 показан поток сегментов, поступающий на вход модуля ТСР. В буфере модуля ТСР постоянно присутствуют сегменты, входящие в «скользящее окно», размером W (байт). Сегменты сектора S_1 , которые были отправлены и на которые уже пришли квитанции, удаляются из буфера. Их замещают сегменты сектора S_2 , которые также уже отправлены, но квитанции на них пока не получены. Третья часть потока — это сегменты сектора S_3 , которые пока не отправлены, но могут быть отправлены, как только до них дойдет очередь. Последняя граница указывает на начало последовательности сегментов сектора S_4 , ни один из которых не может быть отправлен до тех пор, пока не придет очередная квитанция, и окно не будет сдвинуто вправо.

Поскольку каждый байт пронумерован, легко регистрировать появление дубликатов в условиях повторной передачи кадра. Нумерация байтов в пределах сегмента идет по возрастанию. Благодаря подтверждениям и номерам очереди достигается надежность передачи и приема данных.

Сетевой уровень реализует *функцию маршрутизации*, состоящую в определении кратчайшего расстояния по сети между двумя ее абонентами. Все действия на сетевом уровне выполняет так называемый IP-модуль, который размещен на сетевой карте компьютера-абонента, и все его действия подчинены IP-протоколу, описанному в стандарте Интернета RFC–791.

Понятие маршрутизации является ключевым в понимании функционирования локальных и глобальных сетей, ее предметное описание требует предварительного ознакомления с рядом сетевых терминов.

Узлом сети называется компьютер, поддерживающий IP-протокол. Узел сети может иметь один и более IP-интерфейсов, подклю-

ченных к одной или разным сетям (например, компьютер с двумя и более сетевыми картами). Каждый IP-интерфейс идентифицируется уникальным IP-адресом. IP-интерфейс — часть конфигурации сетевой платы компьютера, служащая для подключения и адресации хоста в сети (обычно через разъем 8P8C). IP-сетью называется множество хостов (IP-интерфейсов), способных пересылать данные друг другу непосредственно (без ретрансляции через промежуточные компьютеры). IP-адреса интерфейсов одной IP-сети имеют общую часть, которая называется адресом IP-сети или номером IP-сети, и специфическую для каждого интерфейса часть, называемую адресом или номером данного интерфейса в данной IP-сети.

Маршрутизатор — это узел сети с несколькими IP-интерфейсами, подключенными к разным IP-сетям, осуществляющий межсетевую передачу датаграмм между абонентами. *Датаграммой* называется сегмент, состоящий из передаваемого сообщения и заголовков, добавляемых к нему на каждом уровне OSI, начиная с транспортного уровня.

Хостами называются узлы IP-сети, не являющиеся маршрутизаторами. IP-адрес хоста или маршрутизатора является уникальным 32-битным идентификатором IP-интерфейса в Интернет. При записи IP-адреса используют точки, отделяющие восьмерки бит (так называемые, октеты) друг от друга. Например, IP-адрес: 10100000010100010000010110000011 записывается так: 10100000.01010001.00000101.10000011, а сами октеты переводятся в десятичную систему счисления. То есть, запись IP-адреса, приведенного выше, примет вид: 160.81.5.131. (точечная десятичная система обозначений).

Старшие m битов IP-адреса хоста образуют номер IP-сети. Младшие n битов IP-адреса хоста определяют номер хоста в этой сети. Ясно, что $m + n = 32$. Положение метки, отделяющей биты номера сети от битов номера хоста в этой сети, определяет класс данной сети.

Маршрутизаторы работают с *бесклассовой моделью записи IP-адресов*, используя их запись в виде: $a.b.c.d / n$, где $a.b.c.d$ — собственно IP-адрес, n — количество бит в сетевой части. Например, в IP-адресе 137.158.144.7 / 17 маска сети содержит 17 единиц, за которыми следуют 15 нулей:

$$111111111111111111.00000000000000 \quad (1)$$

Представив IP-адрес 137.158.144.7 в двоичном виде:

$$10001001100111101.001000000000111 \quad (2)$$

и побитно умножив (2) на маску сети (1), получим номер сети — левые 17 двоичных разрядов в выражении (2), которые для нагляд-

ности отделены здесь точкой, и номер хоста в этой сети, представленные правыми 15-ю битами в выражении (2). Запишем результат: IP-адрес 137.158.144.7/17 адресует хост 16.7 в сети 137.158.128.0/17.

Маршрутизация. В содержательном плане Интернет — это комбинация сетей, соединяемых с помощью маршрутизаторов. Датаграмма идет по Интернету к пункту назначения от одного маршрутизатора к другому, пока не достигает маршрутизатора, *закрепленного за сетью пункта назначения*. Основная функция маршрутизатора — получить пакет от одной сети и передать другой. Маршрутизатор, как минимум, соединяет две сети. Получив пакет, он решает две задачи: а) *к какой сети он должен его передать* и б) *по какому пути*.

Последнее решение основано на выборе оптимального пути, длина которого определяется *метрикой* — стоимостью передачи датаграммы по сети. Полное измерение конкретного маршрута равно сумме метрик сетей, которые включают в себя маршрут. Маршрутизатор выбирает маршрут с наименьшей метрикой. Метрика (например, скорость трафика в сегменте сети) вычисляется и записывается в *таблицу маршрутизации*, пользуясь данными которой маршрутизатор вычисляет адрес следующего маршрутизатора, лежащего на оптимальном пути для очередного передаваемого пакета. Для реализации своих функций маршрутизатор постоянно выполняет следующие действия:

- опрашивает своих соседей и узнает их сетевой адрес;
- измеряет стоимость связи с каждым из своих соседей (метрику);
- создает пакет, содержащий всю собранную информацию;
- рассылает созданный пакет всем маршрутизаторам-соседям по сети,
- вычисляет адрес маршрутизатора-соседа, через который проходит кратчайший путь до текущего абонента и передает ему пакет.

Рассмотрим процесс маршрутизации на примере. На рис. 6.4 сеть, в состав которой входят два маршрутизатора G_1 и G_2 . Хосты A и B находятся в сети № 1, которая соединяется с сетью № 2 с помощью маршрутизатора G_1 . К сети № 2 подключен маршрутизатор G_2 , соединяющий ее с сетью 3, в которой находится хост C .

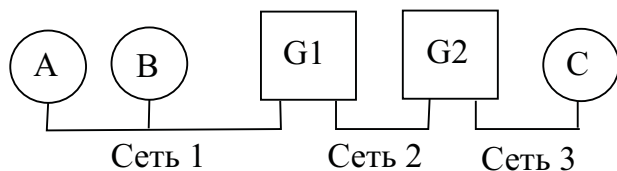


Рис. 6.4. Сеть с двумя маршрутизаторами

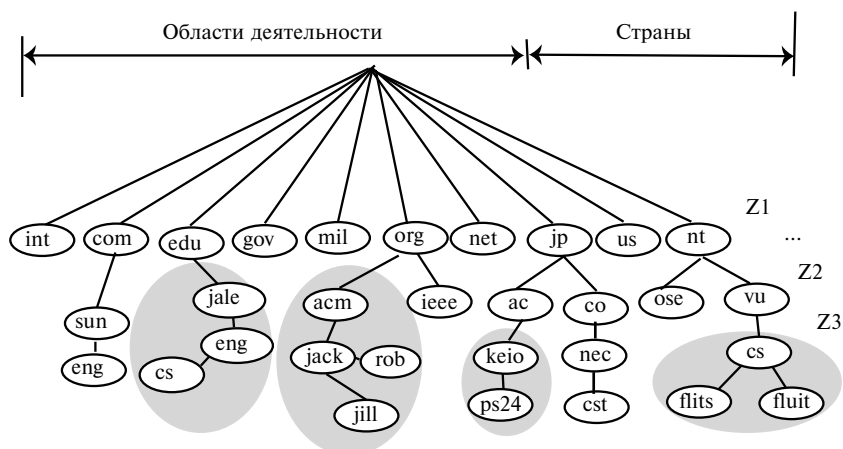


Рис. 6.9. Система доменных имен зоны Интернета

Репликация. При рассмотрении проблем масштабирования, нередко проявляющихся в виде падения производительности, часто применяется репликация компонентов распределенной системы. Репликация не только повышает доступность, но и помогает выравнивать загрузку компонентов, что ведет к повышению производительности. Кроме того, в сильно географически рассредоточенных системах наличие близко лежащей копии позволяет снизить остроту проблемы ожидания завершения связи.

Кэширование представляет собой особую форму репликации, причем различия между ними нередко малозаметны или вообще искусственны. Как и в случае репликации, результатом кэширования является создание копии ресурса, обычно в непосредственной близости от клиента, использующего этот ресурс. Однако в противоположность репликации кэширование — это действие, предпринимаемое потребителем ресурса, а не его владельцем.

На масштабируемость может плохо повлиять один существенный недостаток кэширования и репликации. Поскольку мы получаем множество копий ресурса, модификация одной копии делает ее отличной от остальных. Соответственно, кэширование и репликация вызывают проблемы *непротиворечивости*, причем допустимая степень противоречивости зависит от степени загрузки ресурсов. Так, множество пользователей Интернета считают допустимым работу с кэшированным документом через несколько минут после его помещения в кэш без дополнительной проверки. Однако, существует множество случаев, когда необходимо гарантировать строгую не-

противоречивость, например при операциях на электронной бирже. Проблема строгой непротиворечивости состоит в том, что изменение в одной из копий должно немедленно распространяться на все остальные. Кроме того, если два изменения происходят одновременно, часто бывает необходимо, чтобы эти изменения вносились в одном и том же порядке во все копии. Для обработки ситуаций такого типа обычно требуется механизм глобальной синхронизации. К сожалению, реализовать масштабирование подобных механизмов крайне трудно, а может быть, и невозможно. Это означает, что масштабирование путем репликации может включать в себя отдельные немасштабируемые решения.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о видах систем телекоммуникации.
2. Приведите структурную схему телекоммуникационной сети.
3. Расскажите о Единой сети электросвязи РФ.
4. Расскажите об уровнях эталонной модели открытых систем.
5. Поясните назначение маршрутизаторов и хостов в локальных сетях.
6. Провести анализ сети с двумя маршрутизаторами.
7. Выполнить анализ сети с выходом в Интернет.
8. Расширяемость и масштабируемость сети, понятие, назначение.
9. Расскажите о методах доступа к сети.
10. Проведите анализ основных технологий масштабируемости.

Заключение

Основной задачей новейших информационных технологий является повышение качества продукции и производительности труда, что невозможно сегодня обеспечить без использования новейших технических средств информатизации. Принципиальная новизна сводится к оптимальному объединению нескольких новых технологий, обеспечивающих решение различных исследовательских и прикладных задач, коммуникаций на основе локальных и распределенных сетей ЭВМ: сбор и обработку данных и знаний на базе ПЭВМ, выработку управленческих решений.

Технические средства информатизации находятся в постоянном развитии — на смену современной информационной технике уже в недалекой перспективе идут ТСИ, представляющие собой аппаратно-программные комплексы, функционирующие на основе искусственного интеллекта (баз знаний, экспертных систем, распознавания образов, обнаружения и прогнозирования закономерностей и т.п.), а также имитирующих процессы головного мозга с помощью ЭВМ, называемых «нервными системами», «нейрокомпьютерами», которые будут обладать способностью самообучения, адаптации, предсказывать поведение в различных ситуациях, заменять пошаговую обработку информации одновременной (как нейроны в мозгу человека).

Разработка новейших ИТ должна обеспечивать создание принципиально новых видов высококачественной продукции, оптимальное объединение различных информационных и материальных технологических процессов, минимум затрат на производство и используемые ресурсы — трудовые, финансовые, материальные и информационные.

Именно правильная ставка на знания и технологию в условиях ограниченности ресурсов, сбор и обработка информации по новейшим технологиям и внедрение этих знаний в собственную технологию явились важнейшими причинами резкого увеличения темпов развития и мощи японской экономики в 60–80-е годы прошлого столетия. Недаром доля информационной индустрии в национальном бюджете развитых стран постоянно растет, невиданными темпами возрастают доходы компаний в области информационной индустрии, обоснованным становится применение термина «информационная экономика».

Литература

1. Ага В., Азаров А., Ильющкин А. Средства отображения информации на газоразрядных панелях // Электронные компоненты. 1999. № 1–2. С. 34–38.
2. Асмаков С. Плазменные панели // Компьютер пресс. 2001. № 10.
3. Белов В., Брежнев В. Жидкокристаллические дисплеи // Электронные компоненты. 2002. № 1.
4. Беляев В. Современные электронные дисплеи // Электронные компоненты. 2002. № 1.
5. Бройдо В.Л. ВС, системы и телекоммуникации. СПб.: Изд-во МГТУ, 2004.
6. Быстров Ю.А., Литвак И.И., Персианов Г.М. Электронные приборы для отображения информации. М.: Радио и связь, 1985.
7. Воронов М.А., Родин А.В., Тюнин Н.А. Ремонт мониторов. Вып. 12. 2-е изд. М: СОЛОН-Р, 2000. 299 с.
8. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник. М.: Радио и связь, 1987.
9. Галкин В.А. и др. Телекоммуникации и сети. М.: Изд-во МГТУ, 2003.
10. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: учебник для вуза. СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
11. Гордин В.А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики. М.: Физматлит, 2010.
12. Горфинкель Б., Абаньшин Н., Коровкин А., Русин Е. Плоские экраны низковольтной катодолюминисценции // Электронные компоненты. 2002. № 1.
13. Гребенюк Е.И., Гребенюк Н.А. Технические средства информатизации: учебник. М.: Академия, 2013.
14. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. СПб.: Питер, 2002. 528 с.
15. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. 2-е изд. СПб.: Питер, 2001. 928 с.
16. Ильющкин А., Самородов В. Перспективные средства отображения на основе газоразрядных индикаторных панелей // Электронные компоненты. 2002. № 1.
17. Каграманзаде А.Г. Техническая эксплуатация и проектирование коммутационных систем: учебное пособие. Баку, 2002. 130 с.
18. Клименков Д. Сколько кристаллам виться // Hard 'n' Soft, 2002. № 7. С. 46–51.

19. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. Основы построения ТКС и систем: учебник для вуза. М., 2004.
20. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник. 4-е изд. СПб.: Питер, 2010.
21. Павлов В.А. Учебные материалы по курсу «Периферийные устройства ЭВМ». Часть 1. Саратов: Изд-во СарФТИ, 2001. 231 с.
22. Павлов В.А. Видеоадаптеры ПК: учебно-справочные материалы. Саратов: Изд-во СарФТИ, 2003. 291 с.
23. Попков Г.В. и др. Математические основы моделирования сетей связи: учеб. пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 183 с.
24. Попов В. Практикум по информационным технологиям. Учебный курс. СПб.: Питер, 2002. 480 с.
25. Попов С.Н. Аппаратные средства мультимедиа. Видеосистема РС / под ред. О.В. Колесниченко, И.В. Шишигина. СПб.: БХВ-Петербург; Арлит, 2000. 400 с.
26. Самарин А.В. Технология и схемотехника OLED-дисплеев // Электронные компоненты. 2002. № 1.
27. Самарин А.В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение. М.: СОЛОН-Р, 2002. 304 с.
28. Сухариев А.С. Жидкокристаллические индикаторы. М.: Радио и связь, 1991.
29. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2007.
30. Таненбаум Э. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2007.
31. Трофимов Ю. Светодиодная элементная база – некоторые особенности и проблемы применения в дисплейных технологиях // Электронные компоненты. 2002. № 1.
32. Фленов М. Библия Delphi. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
33. Фролов А.В., Фролов Г.В. Программирование видеоадаптеров CGA, EGA, и VGA. М.: Диалог – МИФИ, 1992–1995. 271 с.
34. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2004. 670 с.

Интернет-ресурсы

- И01 <http://www.workformation.ru/chto-znachit-kontent-na-sajte-i-bloge.html>
- И02 <http://www.termika.ru>
- И03 <http://www.intuit.ru/studies/courses/3735/977/lecture/14669?page=4>
- И04 <http://www.delo-press.ru>

И05 <http://www.cals.ru/standards/classification/AECMA/aecma%201000D.pdf>
И06 <http://home.onego.ru/~chiezo/gif.htm>
И07 <http://www.bzhhome.narod.ru/doc/#Literature>
И08 <http://c-discurs.ru/methods/kontent-analiz/kolichestvennyiy-kontent-analiz/>
И09 http://chitalka.net.ua/textbooks/1/p_1502.html
И10 <http://druk-s.by/v-pomoshh-zakazchiku/prepress/podgotovka-maketa.html>
И11 <http://theoryandpractice.ru/posts/1128>
И12 <http://www.bangbangstudio.ru/portfolio/maximuschatsky>
И13 <http://nauchebe.net/2010/06/zhk-displei/>
И14 https://www.eltech.spb.ru/ckfinder/userfiles/files/alm_2007_2_11.pdf
И15. <http://www.3dnews.ru/165030>
И16. <http://www.podberi.tv/review/461/>
И17 <http://old.computerra.ru/own/ogorod/35673/>
И19 <http://www.slideshare.net/guestc05e89/ss-2463972>
И20 <http://bourabai.kz/hardware/diagn.htm#2>
И21 <http://www.obzh.ru/nad/6-8.html>
И22 <http://www.ink-market.ru/info/detail/post/6898.html>
И23 <http://www.holography.ru/phys2rus.htm>
И25 <http://algotlist.manual.ru/compress/standard/lzw.php>
И26 http://book.kbsu.ru/theory/chapter1/1_1_5.html
И27 <http://lib.nspu.ru/umk/8f7ba3361b55c669/t13/ch1.html>
И28 <http://math.immf.ru/lections/204.html>
И29 <http://www.efo.ru/doc/Silabs/Silabs.pl?2089>
И30 <http://www.hackfaq.net/news/3dtv/>
И32 <http://www.videocarta.ru/pagesect-735.html>
И34 <http://www.neva.ru/mgook/art/mg-vid2.htm#1>

Содержание

Список сокращений	3
Введение	4
1. ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ	7
1.1. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭВМ	7
1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТСИ	19
1.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛОВ ПК	23
1.3.1. Характеристики материнских плат	24
1.3.2. Разъемы и слоты материнской платы	32
1.3.3. Интегрированные устройства материнских плат	36
2. НАКОПИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ	43
2.1. НАКОПИТЕЛИ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ	44
2.2. НАКОПИТЕЛИ НА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ	66
2.3. НАКОПИТЕЛИ НА КОМПАКТ-ДИСКАХ	70
2.4. МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ДИСКИ	80
3. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА	83
3.1. УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ	83
3.1.1. Оптико-механические манипуляторы	83
3.1.2. Сканеры	88
3.1.3. Цифровые камеры	99
3.1.4. Клавиатура	104
3.2. УСТРОЙСТВА ВЫВОДА И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	106
3.2.1. Печатающие устройства	107
3.2.2. Устройства отображения информации	118
3.2.3. Устройства формирования объемных изображений	141

4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИЕЙ НА ТВЕРДЫХ НОСИТЕЛЯХ	159
4.1. СРЕДСТВА КОПИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ	161
4.2. СРЕДСТВА РАЗМНОЖЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ	167
4.3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ	171
5. СРЕДСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ	176
5.1. МОДЕМЫ И ФАКСИМИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ	176
5.1.1. Характеристики систем передачи данных	176
5.1.2. Модемы	181
5.1.3. Факсимильная связь	190
5.2. СПУТНИКОВАЯ И СОТОВАЯ СВЯЗЬ	196
5.2.1. Спутниковые системы связи	196
5.2.2. Цифровые стандарты сотовой связи	204
5.2.3. Сотовые телефоны	206
6. ВВЕДЕНИЕ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ	214
6.1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	214
6.2. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕТИ ИНТЕРНЕТ	216
6.3. МЕТОДЫ ДОСТУПА К СЕТИ	227
Заключение	236
Литература	237

Учебное издание

*Вера Петровна Зверева
Александр Викторович Назаров*

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Учебник

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве «КУРС»

Подписано в печать 27.09.2017.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Newton.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 15.5.
Доп. тираж 100 экз. Заказ № 00000

ТК 640607-752310-270917

ООО Издательство «КУРС»
127273, Москва, ул. Олонецкая, д. 17А, офис 104.
Тел.: (495) 203-57-83.
E-mail: kursizdat@gmail.com <http://www.kursizdat.ru>

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1
Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29
E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>