

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова

В. В. Михайлов

## **ПЕРИФЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**Конспект лекций**

Белгород  
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова

В. В. Михайлов

## **ПЕРИФЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**Конспект лекций**

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного пособия  
для студентов очной и заочной форм обучения направлений  
09.03.02 - Информационные системы и технологии,  
09.03.03 - Прикладная информатика*

Белгород  
2017

УДК 004.35(07)  
ББК 32.971.32-04я7  
М 69

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова *Д. Н. Старченко*

Кандидат технических наук, доцент Белгородского государственного аграрного университета им. В. Я. Горина *В. А. Игнатенко*

**Михайлов, В. В.**

М 69 Периферийное оборудование: конспект лекций: учебное пособие / В. В. Михайлов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 114 с.

В учебном пособии рассмотрены основные архитектуры ЭВМ, шинная технология персонального компьютера, уделено внимание некоторым аспектам функционирования компьютера. Также рассмотрены устройство, основные принципы работы периферийных устройств, способы и механизмы их взаимодействия с персональным компьютером.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направлений 09.03.02 - Информационные системы и технологии, 09.03.03 - Прикладная информатика.

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 004.35(07)  
ББК 32.971.32-04я7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	5
1. Основные понятия, структура и архитектуры ЭВМ.....	6
1.1. Основные определения. История и поколения ЭВМ.....	6
1.2. Структура и принцип действия ЭВМ .....	8
1.3. Архитектуры ЭВМ .....	11
2. Базовый компьютер. Терминология.....	14
2.1. Типы шин .....	14
2.2. Центральная часть компьютера .....	19
2.3. Контроллер прямого доступа к памяти .....	24
3. Многоуровневая система шин .....	27
3.1. Функциональная классификация шин.....	27
3.2. Шина PCI .....	31
3.3. Шина и интерфейс SCSI .....	33
3.4. Шина USB .....	35
3.5. Последовательный интерфейс SATA .....	40
3.6. Последовательный интерфейс SAS .....	42
3.7. Последовательный интерфейс PCI Express.....	44
4. Периферийные интерфейсы ввода/вывода.....	49
4.1. Последовательный интерфейс RS-232 .....	49
4.2. Асинхронная и синхронная передача данных .....	52
4.3. Асинхронный передатчик, асинхронный приемник .....	54
4.4. Параллельный интерфейс .....	58
5. Интерактивные устройства ввода .....	59
5.1. Основные определения .....	59
5.2. Клавишное устройство ввода.....	60
5.3. Типы клавиш клавиатур PC/XT, PC/AT .....	61
5.4. Манипулятор мышь, шаровые манипуляторы.....	62
6. Гибкие и жесткие диски .....	66
6.1. Типы гибких дисков, организация данных на гибких дисках .....	66
6.2. Конструкция жесткого диска, технические параметры .....	68
6.3. Размещение данных на жестком диске .....	72
6.4. Контроллер и интерфейсы жесткого диска.....	73

7. Видеоадаптеры и мониторы .....	80
7.1. Основные определения .....	80
7.2. Типы видеоадаптеров .....	81
7.3. Типы и классификация видеомониторов и интерфейсов .....	81
7.4. Видеопроцессоры, графические ускорители .....	86
8. Печатающие устройства.....	89
8.1. Классификация принтеров .....	89
8.2. Лазерные принтеры.....	90
8.3. Светодиодные принтеры .....	94
8.4. Струйные принтеры .....	97
9. Устройства ввода и регистрации информации .....	99
9.1. Дигитайзеры .....	99
9.2. Графопостроители.....	101
9.3. Сканеры.....	105
Заключение.....	112
Библиографический список .....	113

## **Введение**

Основой любого компьютера является центральный процессор, который вместе с основной памятью образует его центральную часть. При этом эффективность работы центральной части компьютера всецело зависит от ее окружения - периферийных устройств, весьма разнообразных по своей структуре и функциям.

Современные периферийные устройства - это сложные устройства с локальным микропроцессорным управлением, обмен информацией которых с центральной частью компьютера происходит через стандартные интерфейсы. Они обладают «встроенным интеллектом», позволяющим выполнять сложные функции управления и преобразования способов представления информации.

В данном учебном пособии рассматривается как центральная часть компьютера, так и его периферия.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, СТРУКТУРА И АРХИТЕКТУРА ЭВМ

## 1.1. Основные определения. История и поколения ЭВМ

**Компьютер** - это устройство, предназначенное для обработки и преобразования информации. Долгое время его называли электронной вычислительной машиной (ЭВМ), цифровой вычислительной машиной (ЦВМ) или электронной цифровой вычислительной машиной (ЭЦВМ).

Заметим, что вопросы, связанные с терминологией, являются весьма важными при изучении любых дисциплин, поэтому определим основные понятия в области компьютерной техники, опираясь на действующий стандарт ГОСТ 15971-90. При этом, учитывая стремительное развитие техники и международные стандарты, некоторые «классические» определения потребуют уточнения и/или расширения.

**Вычислительная машина (ВМ, Computer)** - совокупность технических средств, создающая возможность проведения обработки информации и получения результата в необходимой форме. Как правило, в состав ВМ входит и системное программное обеспечение (ПО).

**Электронно-вычислительная машина (ЭВМ, Electronic Computer)** - программируемое функциональное устройство, состоящее из одного или нескольких взаимосвязанных центральных процессоров, периферийных устройств, управление которыми осуществляется посредством программ, располагающихся в оперативной памяти. ЭВМ может производить большой объем вычислений, содержащих множество арифметических, логических и других операций, без вмешательства пользователя в течение периода выполнения (ISO 2382/1-93).

В то же время ГОСТ 15971-90 определяет, что основные функциональные устройства ЭВМ выполнены на электронных компонентах.

Отметим, что термины ЭВМ и компьютер являются синонимами, поэтому далее будем использовать и тот и другой в зависимости от контекста.

**Система обработки данных** - совокупность технических средств (ТС) и программного обеспечения, предназначенная для информационного обслуживания пользователей и технических объектов. В состав технических средств входят сами ЭВМ, устройства сопряжения ЭВМ с объектами, аппаратура передачи данных и линии связи.

Первая электронная цифровая вычислительная машина, или программируемый калькулятор ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), была создана в Пенсильванском университете под руковод-

ством Д. Мочли и П. Эккерта в 1945 г. На роль первой машины претендуют также разработанный в начале 1940-х гг. Дж. Атанасовым и К. Берри специализированный калькулятор ABC и предназначенный для расшифровки кодов немецкой шифровальной машины вычислитель Colossus, созданный под руководством М. Ньюмена. В 1951 г. под руководством С.А. Лебедева была создана первая советская вычислительная машина - малая электронная счетная машина (МЭСМ), а в начале 1953 г. - большая (БЭСМ), быстродействие которой оценивалось в 8000 операций/с. Все эти машины были ламповыми и впоследствии их отнесли к ЭВМ первого поколения. Этот период ознаменовался поиском инженерных решений для построения различных устройств.

Появление транзисторов позволило значительно усложнить структуру машин второго поколения. Изобрели так называемые индексные регистры, упрощающие доступ к массивам данных. В качестве оперативной начали использовать память на ферритовых сердечниках. Управление вводом-выводом возлагалось на отдельные блоки, что позволило выполнять загрузку данных одновременно с арифметическими операциями, но потребовало специальных средств для синхронизации процессов.

Интегральные схемы позволили еще больше усложнить машину и увеличить ее мощность. Получило распространение конвейерное выполнение команд, начала применяться параллельная обработка, в устройствах управления стали использовать принцип микропрограммирования. Появился стандартный интерфейс для подключения периферийных устройств. Именно в это время начали выпускать машины серии ИВМ/360 (370) и ЕС ЭВМ, с разработкой которых и связан термин «поколение ЭВМ». В дальнейшем к ЭВМ третьего поколения стали относить любые машины, построенные на интегральных схемах малой и средней интеграции.

Машины на базе больших интегральных схем (БИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС) называют машинами четвертого поколения. Память машин начали строить на полупроводниковых элементах. В этот же период была разработана концепция машины с сокращенным набором команд (RISC). В 1980-х гг. появилась японская программа по созданию ЭВМ пятого поколения. Однако широкое распространение персональных компьютеров привело к падению интереса к «поколениям ЭВМ» и теперь этот термин выходит из употребления.

Сегодня компьютер стал устройством, способным хранить и обрабатывать огромное количество информации. В течение многих лет пере-

дача различных сведений производилась посредством устной речи, графики, рукописных или печатных символов, а обработка информации осуществлялась исключительно мозгом человека. С появлением компьютера эта монополия нарушилась, что потребовало создания средств для загрузки и выгрузки информации в его обрабатывающую часть. Были созданы периферийные устройства, предназначенные для преобразования информации (например, графического изображения в текст), кодирования (т.е. замены отдельных символов их кодовыми эквивалентами) и изменения формы представления кодированной информации (например, штрихов в комбинацию высоких и низких уровней потенциала).

Это вызвано тем, что способы представления и обработки информации в компьютере отличаются от тех, что используются мозгом человека и другими объектами внешнего мира.

## 1.2. Структура и принцип действия ЭВМ

Чтобы понять принцип действия компьютера, остановимся подробнее на наиболее распространенной и простой структуре персонального компьютера, или ПЭВМ. Основное отличие персонального компьютера от больших машин, или так называемых мейнфреймов, состоит в том, что он позволяет одновременно работать с его ресурсами только одному пользователю. Он может выполнять одновременно несколько программ: обработки, вывода результатов, загрузки, поиска информации в сети и т.д. Кроме того, многие персональные машины применяются в качестве серверов в сети и их ресурсами (т.е. аппаратными и программными средствами) могут оперировать несколько пользователей одновременно.

Структура самого компьютера за все время существования машин изменилась незначительно. Она по-прежнему строится на основе модели фон Неймана, во всяком случае ее основная память состоит из отдельных ячеек с последовательными номерами (или адресами), в которых могут храниться коды как отдельных команд (программа), так и данных. Однако технологический прогресс привел к объединению нескольких узлов и устройств в одной микросхеме.

Упрощенная структура компьютера (рис. 1) содержит следующие основные узлы: арифметико-логическое устройство (АЛУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), управляющее устройство (УУ), устройство ввода данных в машину (УВв) и устройство вывода результатов проведенных расчетов (УВыв). Именно такую пятиблочную структуру имели вычислительные машины первого поколения. Помимо

перечисленных узлов любой компьютер имеет пульт ручного управления, предназначенный для включения машины и слежения за правильностью ее работы.

Теперь принято называть АЛУ с соответствующими схемами управления **процессором**, схемы для управления и подключения периферийных устройств - **контроллерами** и **адаптерами**, а передача информации между блоками компьютера осуществляется по **шинам интерфейса**. Арифметико-логическое устройство предназначено для выполнения арифметических и логических операций над машинными словами, т.е. кодами, находящимися в памяти и поступающими в АЛУ для обработки. Кроме того, оно выполняет различные операции по управлению вычислениями.

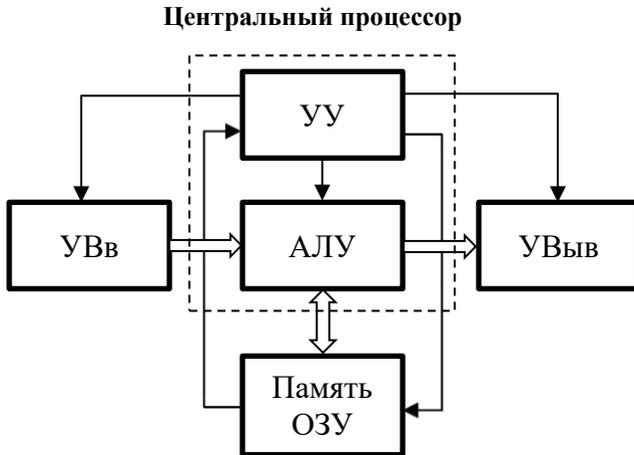


Рис. 1. Обобщенная (упрощенная) структура ЭВМ фон Неймана

Оперативное запоминающее устройство, или оперативная память, хранит коды машинных слов (команд и данных) в своих ячейках. Эти ячейки нумеруются, а номер ячейки называется адресом. В памяти компьютера, как правило, находятся только команды и данные. Машина использует хранимую в ОЗУ информацию для организации вычислительного процесса. Информация попадает в ОЗУ из устройства ввода или из внешнего запоминающего устройства (ВЗУ). Внешняя память позволяет хранить большие объемы информации, но обладает меньшим быстродействием по сравнению с ОЗУ. В течение всего процесса обработки информация поступает в АЛУ только из ОЗУ, а результаты выполнения

программы выдаются на устройство вывода после окончания обработки. Точно так же информация из ВЗУ, прежде чем принять участие в обработке, должна быть предварительно переписана в ОЗУ.

Устройство управления служит для автоматического управления вычислительным процессом; оно формирует сигналы управления на все устройства компьютера, преобразуя команды программы в управляющие сигналы. Если узел управления совмещен с АЛУ, то такое объединенное устройство называют центральным процессором (ЦП). Он связан с основной памятью (ОП), состоящей из ОЗУ и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), или постоянной памяти, предназначенной для хранения программ ввода-вывода, и с различными устройствами ввода и вывода (или периферийными устройствами) посредством шины (рис. 2), называемой часто общей шиной (ОШ).

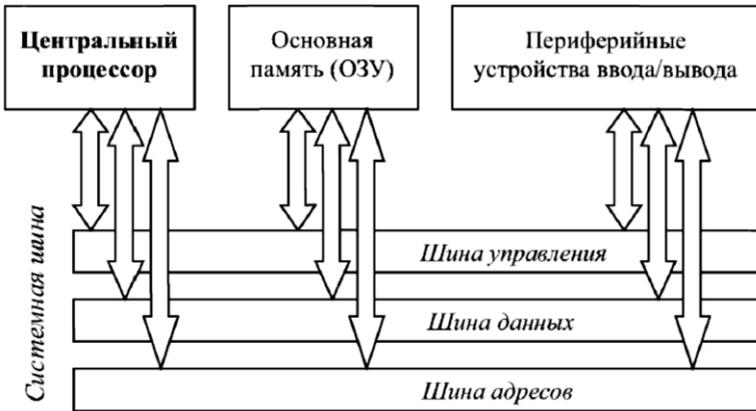


Рис. 2. Открытая архитектура компьютера с общей системной шиной

Такая общая шина состоит из нескольких «подшин»: адреса, данных, управления. Мы будем их называть просто шинами. В персональных машинах для экономии места на системной плате (т.е. плате, на которой расположены процессор, память и разъемы для подключения периферийных устройств) шины адреса и данных иногда выполняют в виде одной разделяемой во времени шины; тогда адрес и данные по ней передаются только поочередно.

Помимо ЦП и ОП компьютер содержит множество периферийных (внешних) устройств, предназначенных для связи с внешним миром (человеком, объектами управления и т.п.). Эти устройства подключаются к ОШ с помощью контроллеров, адаптеров, шинных мостов и т. п.

### 1.3. Архитектуры ЭВМ

Термин «архитектура ЭВМ» имеет несколько определений и часто употребляется как в узком, так и в широком смысле этого слова. В узком смысле под архитектурой понимается лишь набор машинных команд для данного процессора.

Применительно к вычислительным системам термин «архитектура» можно трактовать как распределение функций, реализуемых системой, между ее уровнями, точнее - как определение границ между этими уровнями.

По ГОСТ 15971-90 **архитектура вычислительной машины** - это концептуальная структура вычислительной машины, определяющая проведение обработки информации и включающая методы преобразования информации в данные и принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения.

Итак, **архитектура ЭВМ** - это абстрактное представление ЭВМ, которое отражает ее структурную, схемотехническую и логическую организацию. Понятие архитектуры ЭВМ является комплексным, в него входят следующие составляющие [10]:

- 1) структурная схема ЭВМ;
- 2) средства и способы доступа к элементам структурной схемы ЭВМ;
- 3) организация и разрядность интерфейсов в ЭВМ;
- 4) набор и доступность регистров;
- 5) организация и способы адресации памяти;
- 6) способы представления и форматы данных ЭВМ;
- 7) набор машинных команд;
- 8) форматы машинных команд;
- 9) правила обработки нештатных ситуаций (прерываний).

Понятие архитектуры является иерархическим. Поэтому допустимо вести речь как об архитектуре компьютера в целом, так и об архитектуре отдельных его компонентов, например, архитектуре процессора или архитектуре подсистемы ввода-вывода.

К настоящему времени среди ЭВМ последовательного типа наибольшее распространение получили два типа архитектур, различающихся организацией памяти.

1. Гарвардская архитектура разработана соответственно в Гарвардском университете и характеризуется отдельной памятью для команд и отдельной - для данных.

2. Принстонская архитектура разработана в Принстонском университете и предполагает единую память для хранения команд и данных. Другое название - архитектура фон Неймана.

**Гарвардская архитектура** - это архитектура ЭВМ, в которой:

1) хранилище инструкций и хранилище данных представляют собой разные физические устройства;

2) канал инструкций и канал данных также физически разделены.

Она была разработана Говардом Эйкеном в конце 1930-х годов в Гарвардском университете. Достоинство этой архитектуры - высокое быстродействие, а главный недостаток - схемно-конструктивная сложность, т.е. необходимость реализации множества связей. Первым компьютером, в котором использовалась идея гарвардской архитектуры, был Марк I.

Гарвардская архитектура применяется в программируемых логических контроллерах и микроконтроллерах, таких как Microchip PIC, Atmel AVR, Intel 4004, Intel 8051, а также в кеш-памяти первого уровня x86-микропроцессоров, делящейся на два равных либо различных по объему блока для данных и команд.

Принстонская архитектура (фон Неймана). Под ЭВМ последовательного типа будем понимать вычислительную машину, построенную в соответствии с принципами, выдвинутыми в 1945 г. американским ученым Джоном фон Нейманом. Его принципы до сих пор определяют так называемую традиционную, или фон-неймановскую, архитектуру ЭВМ.

Фон-неймановская последовательная ЭВМ содержит (см. рис. 1):

1) центральный процессор (ЦП - CPU), включающий арифметико-логическое устройство (АЛУ) и устройство управления (УУ);

2) оперативную память (ОП - RAM);

3) каналы (порты) ввода-вывода, к которым подключаются разнообразные устройства ввода-вывода (УВВ), в том числе внешние запоминающие устройства или внешняя память (ВЗУ или ВП);

4) ЦП, кроме АЛУ и УУ, который может иметь собственную внутреннюю память (блок управляющих регистров, блок регистровой памяти и др.).

Рассмотрим принципы фон Неймана, в соответствии с которыми происходит функционирование классической последовательной ЭВМ.

**Принцип двоичного кодирования.** Согласно этому принципу компьютеры должны работать в двоичной системе счисления. Это означает, что любая информация внутри ЭВМ записывается и хранится в двоичной форме. Минимальной единицей информации в двоичной системе

счисления является двоичный разряд или бит, принимающий значения 0 или 1. Биты обычно объединяются в группы по 8 разрядов, называемые байтами. Любая информация, поступающая в ЭВМ, кодируется с помощью двоичных сигналов и переводится в битовое или байтовое представление.

**Принцип адресности.** Структурно оперативная память состоит из пронумерованных ячеек, номер ячейки называется адресом памяти. Центральному процессору в произвольный момент времени по адресу доступна любая ячейка. Отсюда следует возможность давать имена областям памяти так, чтобы к запомненным в них значениям можно было впоследствии обращаться или менять их в процессе выполнения программы с использованием присвоенных имен.

**Принцип однородности памяти.** В оперативной памяти ЭВМ хранятся и программы, и данные. При этом принципиального различия между программой и данными нет. Центральный процессор может считывать и записывать любую ячейку памяти независимо от того, хранится в ней часть программы или данные. Более того, наличие программы в ОП является необходимым условием ее выполнения. Помещение программы в ОП осуществляется центральным процессором путем считывания ее кода из ВЗУ и записи в ОП. Из принципа однородности памяти следует возможность модификации кода программы во время ее выполнения.

**Принцип программного управления.** Из него следует, что программа состоит из упорядоченного набора команд, которые выполняются ЦП автоматически друг за другом в определенной последовательности. Сама исполняемая программа хранится в ОП, причем выборка из ОП очередной команды для исполнения осуществляется ЦП согласно значению программного счетчика. После выборки из очередной команды значение программного счетчика автоматически увеличивается на длину выбранной команды.

**Принцип двоичного кодирования.** Согласно этому принципу, вся информация, как данные, так и команды, кодируются двоичными цифрами 0 и 1. Каждый тип информации представляется двоичной последовательностью и имеет свой формат. Последовательность битов в формате, имеющая определенный смысл, называется полем. В числовой информации обычно выделяют поле знака и поле значащих разрядов. В формате команды можно выделить два поля: поле кода операции и поле адресов.

## 2. БАЗОВЫЙ КОМПЬЮТЕР. ТЕРМИНОЛОГИЯ

### 2.1. Типы шин

**Шина** - группа электрических линий связи, объединенных определенным функциональным назначением, служащая для передачи сигналов устройств компьютеров с целью организации их совместной работы.

В первых компьютерах применялись три основных типа шин: системные шины, локальные и периферийные. Пример использования шин в базовом компьютере представлен на рис.3.

Для данного примера системная шина - это общая шина, с помощью которой устройства компьютера (центральный процессор, оперативная память, контроллеры, адаптеры и т. д.) гибко и эффективно соединены для передачи и приема информации.

Системная шина содержит слоты расширения (разъемы), необходимые для подключения плат контроллеров и адаптеров периферийных устройств.

В связи с этим системная шина называется еще открытой шиной, или шиной расширения, разработанной с учетом того, что пользователи, кроме стандартной периферийной аппаратуры, будут подключать свои разработанные устройства.

Работа компьютера с использованием системной шины организуется таким образом, что в какой-то момент времени одно устройство является активным (мастером, инициатором, задатчиком), а другое пассивным устройством (исполнителем, целью).

**Активными устройствами** могут быть процессоры, контроллеры прямого доступа и периферийные устройства, работающие в режиме мастера (инициатора).

Активное устройство с помощью схемы арбитража, например, размещенной в центральном процессоре, захватывает системную шину и выполняет передачу (прием) данных в требуемый исполнитель (из исполнителя).

Таким образом, **системная шина** - это сложная шина, которая содержит цепи для передачи адреса данных и сигналов управления, необходимых для реализации различных шинных операций: **арбитража, прерывания, прямого доступа, пересылки данных, контроля, синхронизации и т. д.**

К системным шинам относятся следующие шины: ISA, EISA, Multibus, MCA, PCI и др. Большинство системных шин стандартизировано.



АЛУ – арифметико-логическое устройство; РП – регистровая память; УУ – устройство управления, КВР – клавиатура, ПРН – принтер; ГД – гибкий диск; ПДП – прямой доступ к памяти; EIDE – периферийная шина

Рис. 3. Схема базового компьютера

**Стандарт** - международное, национальное соглашение на производство различных компьютерных устройств, определяющее аппаратную, программную и конструктивную совместимость.

Стандарт системной шины определяет: размеры и форму слота расширения, назначение сигналов контактов слота, временную диаграмму циклов шины при выполнении различных операций, электрические характеристики сигналов, требования к внешней печатной плате и т. д.

**Периферийное устройство** - устройство ввода/вывода, подключенное через адаптер или контроллер к процессору (оперативной памяти) с помощью системной шины. Различают **внешние** и **внутренние** периферийные устройства. Внешние периферийные устройства размещены вне корпуса компьютера и подключаются к нему с помощью внешних разъемов, расположенных на его корпусе.

Внутренние периферийные устройства конструктивно или выполняются в виде печатных плат, вставляемых в слоты расширения, или являются встроенными в системную (материнскую, планерную) плату компьютера.

Термин «системная плата» был введен фирмой IBM и определяет многослойную печатную плату, на которой установлены: центральный

процессор, оперативная память, слоты расширения, постоянная память, контроллеры и другие компоненты компьютера. Внешние периферийные устройства (принтер, сканер, модем и т. д.) подключаются к компьютеру с помощью различных внешних периферийных шин (RS 232/485. Centronics. USB...), которые могут быть **последовательными или параллельными**. В последовательных периферийных шинах данные передаются последовательно бит за битом, а в параллельных переписывается целая группа битов за один такт.

Параллельные и последовательные периферийные шины также стандартизированы. Например, последовательная периферийная шина RS-232C определена стандартом Ассоциации электрической промышленности и предназначена для сопряжения аппаратуры передачи данных (модемов) и оконечного (терминального) оборудования данных (компьютера). Аббревиатура RS - Recommended Standard (рекомендуемый стандарт), число 232 номер, буква «С» серия данного стандарта. Американский стандарт RS-232C поддерживают (согласуются с ним) японские стандарты JIS и C6361 и отечественный стандарт «Стык С2».

Стандарт RS-232 соответствует стандарту V.24 и V.28 ITU TSS (International Telecommunications Union - Technical Standards Sector. Международный телекоммуникационный Союз Сектор технических стандартов). Рекомендации, относящиеся к модемам, имеют обозначения «V».

Кроме того, разработаны стандарты RS 422 и RS 423. позволяющие увеличить длину линий связи и скорость передачи данных. В коммуникационных контроллерах фирмы Motorola используется стандарт RS-422 для обслуживания последовательных каналов связи.

Параллельная внешняя однонаправленная периферийная шина Centronics (промышленный стандарт Centronics) является простой шиной типа «точка- точка» для подключения принтера к компьютеру. В этой шине передача данных направляется только в одну сторону от процессора к принтеру. В дальнейшем эта шина совершенствовалась и могла передавать данные в обе стороны.

Стандарт IEEE 1284 (Institute of Electrical and Electronic Engineers. Институт инженеров по электронике и радиоэлектронике) определяет все режимы работы этой параллельной двунаправленной периферийной шины, позволяющие подключать различные устройства ввода/вывода (принтеры, жесткие диски и т. д.).

Ввиду различных конструктивных решений тактовая частота центрального процессора (процессорного ядра) значительно превосходит тактовую частоту системной шины материнской платы.

Увеличение частоты работы кремния чипа процессора приводит к его разогреву, поэтому принимают специальные меры к снижению его температуры: уменьшают напряжение питания с 5 В до 1,5 В, устанавливают миниатюрный вентилятор и термодатчик предельной величины температуры.

Таким образом, достижение положительного эффекта (повышение быстродействия) связано с дополнительными аппаратными затратами (усложнением оборудования) и как следствие - с повышением стоимости изделия.

Большая разница в частотах работы процессора и системной шины привела разработчиков к мысли применения **локальной шины**, скорость функционирования которой выше скорости системной шины и приближается к скорости процессора. Первые локальные шины использовались для памяти, а потом их стали применять и для подключения видеоадаптеров (**видеокарт**), в которых для создания реалистичного изображения требовалось обрабатывать большие массивы данных с высокой скоростью. **Видеоадаптер** - устройство, преобразующее данные центрального процессора в текстовую и графическую информацию, выводимую на экран монитора. Однако **адаптер** - устройство сопряжения между процессором и периферийным устройством, которое связано с преобразованием информации (например, в видеоадаптере) и согласованием передаваемой информации, как в случае использования адаптера принтера. **Контроллер** - сложное устройство, обычно построенное на базе микропроцессора, управляющее работой подключенных к нему периферийных устройств. К основным функциям контроллера относятся: **координация действий во времени, формирование потока данных, управление передачей данных и т. д.**

Существует большое многообразие контроллеров, определяемое областью их применения: коммуникационные контроллеры, контроллеры управления технологическим оборудованием, контроллеры гибких и жестких дисков и др.

**Карта** - печатная плата с микросхемами, вставляемая в слот компьютера и предназначенная для обслуживания определенного устройства.

Адаптеры или контроллеры могут размещаться на плате расширения или могут быть встроены в системную плату.

Существуют два основных способа распределения данных по различным устройствам (рис. 4) с использованием различных адресных пространств.

В первом случае в системе команд процессора можно использовать одну команду пересылки данных. Процессор анализирует адрес, применяемый в команде, и определяет, куда направлены данные: по систем-ной или по локальной шине.

Во втором случае каждой шине выделяются свои адресные про-странства, поэтому требуются две разные команды передачи данных.

Локальная шина существенно «разгружает» системную шину, кото-рая является наиболее «узким местом» в компьютере, при этом общее его быстродействие повышается.

Аналогичным образом для повышения быстродействия компьютера к относительно медленной оперативной памяти стали добавлять внут-ренний и внешний кэш (быстродействующую локальную память, уско-ряющую выполнение команд программы). В кэше сохраняются наибо-лее часто употребляемые данные и их адреса. Если процессор обнару-живает требуемый адрес, то он обращается к кэшу, в противном случае - к оперативной памяти.

Внутренний кэш входит в состав процессора, а внешний - подклю-чается, например, к локальной шине.

Таким образом, в компьютере используется **многоуровневый принцип использования шин и памяти**, способ своеобразной «раз-вязки» потоков движения и хранения информации. Похожая картина наблюдается с организацией потоков движения транспорта и их стоя-нок.



Рис. 4. Распределение адресного пространства:  
а) разделение общего адресного пространства  
б) отдельные (автономные) адресные пространства

Различные фирмы изготавливают разнообразные видеоадаптеры. Для обеспечения их совместимости VESA (Video Electronic Standards

Association. Ассоциации производителей видеоэлектронного оборудования) представила стандарт 32-битной локальной шины VLB (Video Local Bus. локальная шина видео) с тактовой частотой 33 МГц (40 МГц). Шина VLB содержит три слота расширения. скорость передачи 32 битных данных - 133 Мбайт/с (140 Мбайт/с) и предназначена для подключения видеоадаптеров, контроллеров жесткого диска, сетевых адаптеров и других быстродействующих устройств.

В свою очередь, фирмой Intel был предложен стандарт на локальную шину PCI (Peripheral Component Interconnect, взаимодействие периферийных компонентов) с исходной частотой 32 МГц и передачей 32- или 64-битных данных соответственно со скоростью 132 Мбайт/с или 264 Мбайт/с.

К основным характеристикам шин можно отнести: число передаваемых бит данных и адреса (разрядность), быстродействие и совместимость, например, плата расширения шины ISA совместима с шиной EISA. Компьютерная аппаратура развивается так, что разработчики стараются сохранить предыдущие технические решения, то есть к старым функциям добавлять новые.

Развитие видеоадаптеров происходило с сохранением функций всех предыдущих видеоадаптеров.

Совершенствование структуры оперативной памяти по мере увеличения объема происходит с сохранением распределения информации в ее начальной области с целью обеспечения совместимости.

В клавиатуре AT сохранили режим работы старой клавиатуры XT.

Появление новой шины USB привело к необходимости разработки преобразователей USB/RS-232 и USB/параллельная шина, чтобы пользователи, использующие аппаратуру с последовательными (RS 232) и параллельными периферийными шинами, могли подключать свои устройства к компьютеру с помощью разъема USB.

## 2.2. Центральная часть компьютера

**Процессор** - основное арифметико-логическое (вычислительное и управляющее) устройство с внешней памятью, выполняющее программы, связанные с обработкой данных и управлением работой всех устройств компьютера. К основным характеристикам процессора относятся: разрядность, тактовая частота, тип корпуса (картриджа), технология изготовления ядра.

Например, процессор Core i7-7700K имеет архитектуру x86\_64 (Kaby Lake), 4 физических ядра, обрабатывает данные с частотой 4,2-

4,5 ГГц, использует сокет LGA1151 (плоский контактный разъем) и изготавливается по 14-нанометровой технологии (минимально возможным размером переключательного элемента).

**Оперативная память** - устройство ввода/вывода и кратковременного хранения программ и данных, над которыми непосредственно выполняются операции процессора. Оперативная память является энергозависимой (при выключении питания информация теряется).

Важными характеристиками памяти являются тип (динамическая, страничная, синхронная, асинхронная), быстродействие (частота обращения к памяти при записи или считывании данных), информационная емкость (количество ячеек памяти, каждая из которых имеет определенное число разрядов).

Оперативная память состоит из модулей, представляющих собой печатные платы, на которых размещаются микросхемы памяти. Любой модуль устанавливается в специальный слот на системной плате.

Одновременно с появлением каждый раз новых чипов процессоров происходило увеличение объема оперативной памяти и наращивание информации, хранимой в ней. причем для сохранения совместимости с прежними процессорами использовалась и старая информация оперативной памяти. Поэтому в оперативной памяти можно выделить три области (сформировавшиеся в процессе развития компьютерной техники): начальная, верхняя и расширенная память.

Упрощенная иллюстрация размещения информации и разделения адресного пространства процессора между оперативной памятью, памятью контроллера (адаптеров) и постоянной памятью показана на рис. 5.

Первые 640 Кбайт оперативной памяти использовались программами дисковой операционной системы (DOS). Диапазон памяти от 640 Кбайт до 1024 Кбайт (верхняя память) зарезервирован для обслуживания различных устройств компьютера (аппаратурный уровень), а диапазон от 1024 Кбайт и выше (расширенная память) для хранения программ операционной системы Windows, OS/2 или Unix. Пространство памяти от 0 Кбайт до 1024 Кбайт стало стандартным с целью обеспечения полной совместимости различных процессоров. Кратко поясним назначение участков памяти.

**Векторы прерывания** - стартовые адреса программ обработчиков прерываний.

**BIOS (Basic Input/Output System)** - базовая система ввода/вывода, являющаяся частью операционной системы, управляющая работой устройств компьютера и взаимодействующая с прикладными программами.

**Прикладные программы (приложения)** - программы, предназначенные для работы под управлением операционной системы.

BIOS хранится в постоянной памяти, содержит набор процедур (пакет служебных программ) и выполняет следующие функции, загрузку операционной системы, инициализацию, тестирование, конфигурирование устройств компьютера, обслуживание аппаратных и программных прерываний. Данные BIOS- это данные о типе компьютера, объеме памяти, версии операционной системы, имеющемся оборудовании (числе и типе видеоадаптеров, гибких дисков, принтеров, игровых портов ИТ. д.).

Для модернизации BIOS стали использовать флэш-память (специальное ПЗУ с многократным перепрограммированием).

Флэш-память может быть перезаписана без участия программатора непосредственно и компьютере.

Она характеризуется энергонезависимостью, электрическим стиранием информации с большой скоростью (частично или полностью) и малым временем доступа.

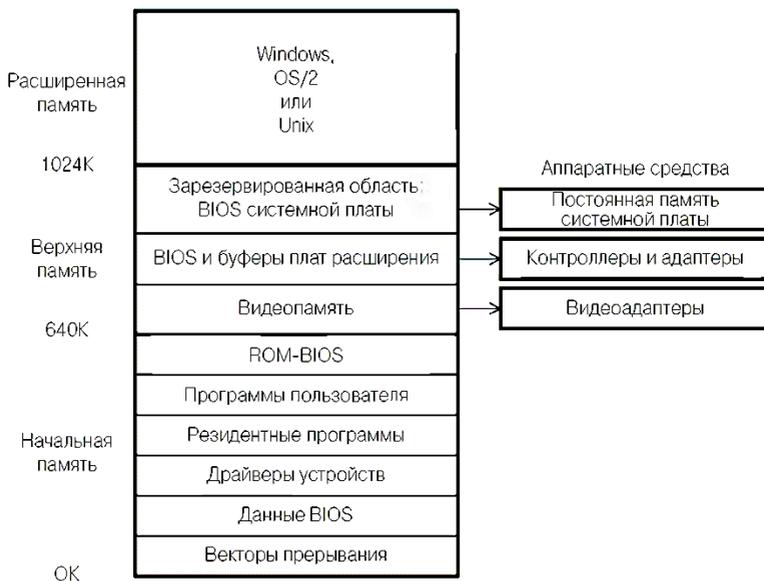


Рис. 5. Схема разделения адресного пространства

**Драйверы** - программы специального формата, управляющие работой устройств компьютера (принтера, накопителями гибкого и жесткого дисков, клавиатурой, мышью и т. д.).

**Резидентные программы** - программы, остающиеся в оперативной памяти после их выполнения и предохраняющиеся операционной системой от возможного их искажения другими программами, которые через прерывание получают к ним доступ. Например, резидентными являются программы сжатия информации диска, кэширования памяти, сетевых протоколов и т. д.

**ROM-BIOS** базовая система ввода/вывода, которая постоянно содержится в памяти, доступной только для чтения.

**Программы пользователей** - программы, загружаемые в оперативную память в данный момент для выполнения.

**Видеопамять** - область памяти, размещенная в видеоадаптере, использующая адресное пространство оперативной памяти для вывода на экран графической и текстовой информации.

**Операционная система** - пакет программ, управляющих устройствами компьютера и осуществляющих взаимодействие пользователя с компьютером и программ между собой, то есть обеспечивающих связь программ, аппаратуры и пользователя с целью достижения удобства управления компьютером и реализации его функциональных возможностей. Операционная система выполняет следующие функции: диагностики компьютера, управления вводом/выводом, работы с файлами, организации диалога с пользователем, защиты и т. д.

Известны командная неграфическая система DOS (Disk Operating System, Дисковая операционная система) и графическая операционная система Windows. **DOS** - неграфическая операционная система наиболее приближенная к аппаратуре компьютера, основная часть программ которой хранится на дискете и использующая командную строку.

DOS выполняет символьные инструкции, вводимые в командную строку текстового экрана для запуска соответствующих программ.

**Windows** - графическая операционная система, ориентированная на широкий круг пользователей и позволяющая значительно упростить их общение с компьютерами путем применения графических знаков (элементов изображения) и стандартного (единообразного) подхода для работы с приложениями. Windows требует использования 4-8 и более Мбайт оперативной памяти. 4-10 и более Мбайт дисковой памяти.

**Unix** - многопользовательская, многозадачная, переносимая на большинство компьютеров операционная система с графической версией.

**Буферы** плат расширения области оперативной памяти, предназначенные для хранения данных, передаваемых от одного устройства компьютера другому.

Буферы используются для согласования скорости передачи информации между устройствами с разным быстродействием. Например, сетевые платы имеют буферы объемом от 8 Кбайт до 64 Кбайт, размещенные в адресном пространстве оперативной памяти (процессора).

Контроллеры жестких дисков, некоторые видеоадаптеры и отдельные сканеры содержат микросхемы постоянной памяти, которые хранят программы для управления вводом/выводом информации. Участок адресов памяти (диапазон от 640 Кбайт до 1024 Кбайт) в основном зарезервирован за памятью, размещенной в адаптерах и контроллерах периферийных устройств.

Расширенная память используется операционными системами Windows, OS/2, Unix.

Таким образом, можно отметить, что процессор на разных уровнях связан с несколькими типами памяти различного назначения (рис. 6).

Каждая память имеет свое функциональное назначение, принцип построения и технические характеристики. Наибольшим быстродействием обладает кэш-память, непосредственно связанная с процессором и берущая на себя основную нагрузку по обслуживанию оперативной памяти. Память жестких дисков на сегодняшний момент времени имеет наибольшую емкость (больше, чем у оперативной памяти), но характеризуется меньшим быстродействием по сравнению с оперативной памятью. К постоянной памяти предъявляются высокие требования по четкости информации с малым временем доступа.

В связи с необходимостью обрабатывать большие массивы информации трехмерных графических изображений в реальном времени видеопамять имеет относительно большую емкость и два канала доступа к ней. Первый канал необходим для подключения процессора, а второй видеоадаптера или графического процессора.

Микросхемы КМОП (CMOS Complementary Metal Oxid Semiconductor. **Комплементарный металлооксидный полупроводник (КМОП)**) - тип интегральных схем, которые характеризуются относительно высоким быстродействием, но потребляют небольшой ток и поэтому выделяют мало тепла.

**КМОП-память** с резервным батарейным питанием используется для хранения параметров конфигурации компонентов компьютера, например, жесткого диска, часов и календаря.

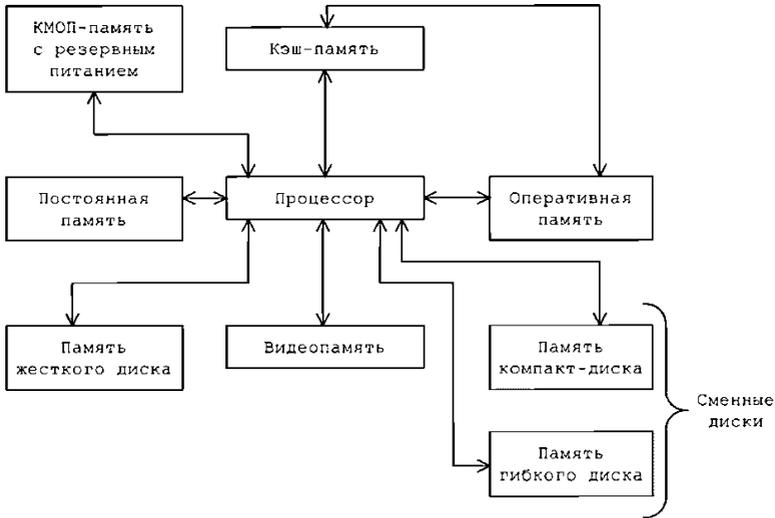


Рис. 6. Схема связи процессора с многоуровневой памятью

Линия связи процессора и жесткого диска обладает наибольшей длиной, что сказывается на быстродействии обработки данных с жесткого диска. Управление передачей данных между процессором и жестким диском осуществляет драйвер (программа) BIOS, являющийся частью операционной системы Windows.

### 2.3. Контроллер прямого доступа к памяти

**Контроллер прямого доступа к памяти (ПДП)** - устройство, инициализируемое (настраиваемое) процессором и выполняющее аппаратным способом управления быстрой передачей данных между оперативной памятью и гибким диском через контроллер гибкого диска без участия процессора.

Микросхема контроллера ПДП содержит четыре однотипных канала (К0-К3), работающих в режиме разделения времени, то есть к этой микросхеме можно подключить четыре периферийных устройства, работающих в режиме ПДП.

Наивысшим приоритетом обладает канал К0, а наименьшим - канал К3. Микросхема допускает каскадирование (наращивание числа каналов) и программирование типа приоритета (фиксированного или циклического). Общая структура канала контроллера ПДП показана на рис. 7.

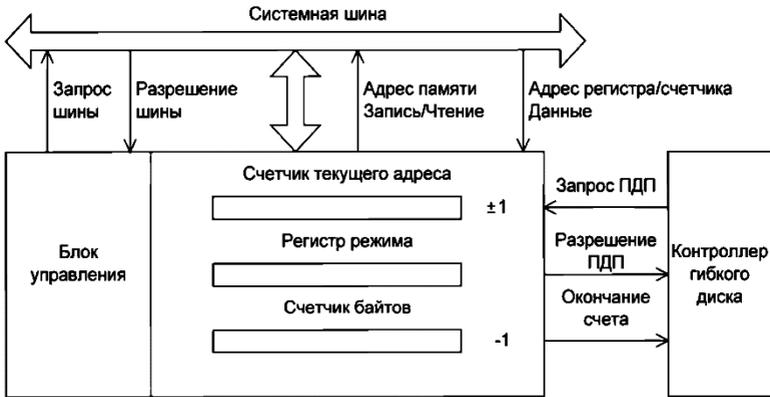


Рис. 7. Общая структура канала контроллера ПДП

Каждый канал контроллера ПДП содержит счетчик текущего адреса, регистр режима и счетчик передаваемых байтов, программно доступные по системной шине со стороны процессора. Работа счетчика текущего адреса программируется на увеличение или уменьшение его содержимого в каждом цикле передачи байтов данных, а содержимое счетчика байтов автоматически уменьшается на единицу в этом же цикле. Как только значение счетчика байтов станет равным FFFFh (h - 16-ричное представление), формируется сигнал окончания счета.

Блок управления координирует работу всех каналов. Циклы ПДП на системной шине начинают выполняться с получением контроллером ПДП сигнала «Запрос ПДП», который поступает от контроллера гибкого диска. Контроллер ПДП, в свою очередь, устанавливает сигнал «Запрос шины», поступающий в процессор, и после приема сигнала «Разрешение шины» из процессора получает управление шиной. Затем контроллер начинает выполнять передачу данных.

На рис.8 изображена организация прямого доступа к памяти.

На этом этапе настройки процессор задает в контроллере ПДП начальный адрес ячейки оперативной памяти, начиная с которой будут считываться или записываться данные, код количества передаваемых байтов (слов), код режима работы, и освобождает системную шину. Получив управление системной шиной, контроллер ПДП выполняет управление передачей данных так, как это бы делал процессор, то есть устанавливает в каждом цикле шины адрес ячейки оперативной памяти и ее сигналы чтения и записи. Кроме того, контроллер ПДП с помощью

соответствующих сигналов координирует свою работу с контроллером гибкого диска.

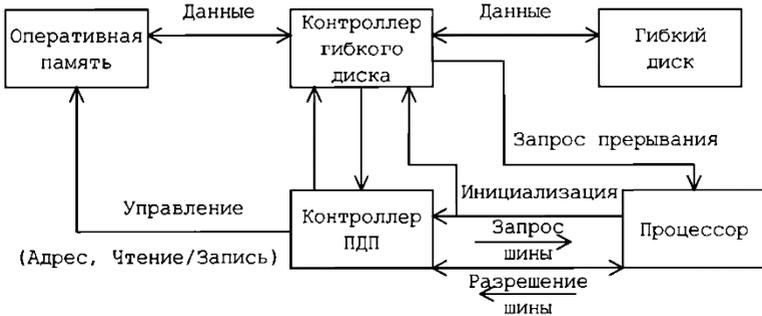


Рис. 8. Организация прямого доступа к памяти

После завершения передачи блока данных контроллер ПДП соответствующим сигналом («Окончания счета») сообщает об этом контроллеру гибкого диска, и тот, в свою очередь, устанавливает сигнал запроса прерывания, указывающий процессору на то, что шина свободна и можно вводить из контроллера гибкого диска байты состояния, определяющие правильное окончание передачи блока данных.

### 3. МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ШИН

#### 3.1. Функциональная классификация шин

Разработка всякого устройства начинается с создания способа его функционирования (принципа работы мысленной модели устройства). Таким образом, способ (алгоритм) функционирования является первичным, а устройство, построенное в соответствии с этим способом, - вторичным. Одному и тому же способу может быть поставлено в соответствие множество (подкласс) устройств с различными техническими характеристиками (быстродействием, сложностью оборудования, надежностью и т. д.).

Поэтому для классификации устройств, в том числе шин, следует использовать основные признаки способов их функционирования, чтобы избежать ненужной мелкой детализации и выяснить наиболее важные элементы.

Предлагается функциональная классификация, состоящая из нескольких уровней, каждый из которых содержит ряд классификационных признаков. К основным обязательным уровням относятся:

- дисциплины обслуживания;
- структуры данных;
- способы передачи битов, байтов, слов и т. д.;
- методы согласования во времени (синхронизации) и т. д.

Кроме того, для устройств, например, контроллеров, следует учитывать режимы (фазы) ввода, обработки и вывода данных. Для блоков, входящих в состав устройства, возможна своя функциональная классификация. Уровень дисциплины обслуживания (обработки) является переменным относительно классов устройств и постоянным внутри каждого класса (устройств одного назначения), например, устройства приоритета с равноправной относительной и абсолютной приоритетной дисциплиной обслуживания.

Другой классификационный уровень связан со структурой данных. В области вычислительной техники для некоторых классов устройств имеется тенденция приводить в соответствие структуру данных со структурой надлежащих устройств. Если при вводе (выводе) данных используется одна структура данных, а при обработке - другая, то возникает необходимость в преобразовании структур данных, что приводит к значительным затратам времени и (или) аппаратурных средств, то есть структура данных существенно влияет на техническое решение при разработке устройства.

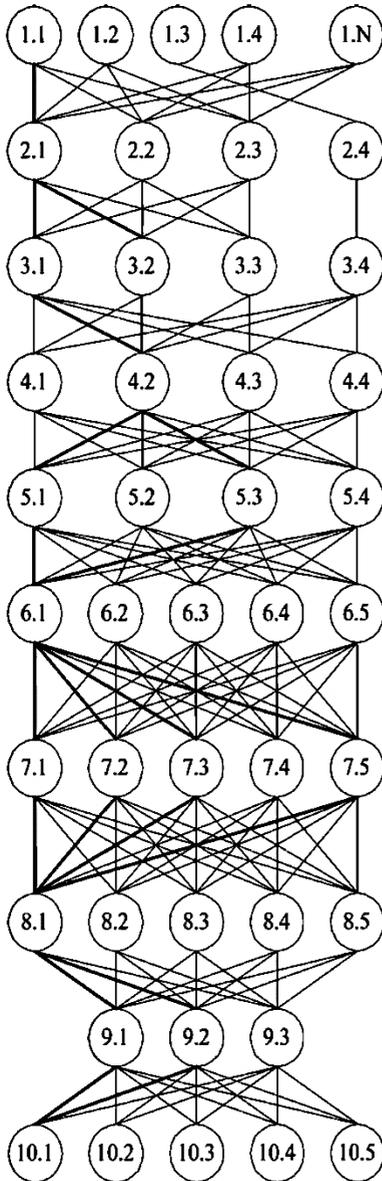
Следующий классификационный уровень связан со способом передачи данных. В общем случае можно выделить параллельно-параллельный, параллельно-последовательный, последовательно-параллельный и последовательно-последовательный способы передачи слов (байтов) и битов, например, параллельно по словам (байтам) и последовательно по битам.

Очередной классификационный уровень содержит функциональные признаки временного согласования передаваемых при обработке данных. На этом уровне можно выделить следующие способы согласования (координацию) во времени: синхронный, асинхронный, аперiodический (с квитированием), изохронный.

На рис. 9 представлен граф функциональной классификации шин.

Системной шине ISA PC/AT соответствует выделенный маршрут в графе (функциональный код): 1.1, 2.1, (3.1, 3.2), 4.2, (5.1, 5.3), 6.1, (7.1, 7.2, 7.3, 7.5), 8.1, (9.1, 9.2), 10.1.

Дополнительная детализация (увеличение числа вершин) на каждом уровне и (или) создание дополнительного функционального графа для какого-либо уровня приводит к значительному увеличению числа решений при реализации интерфейсов, в том числе и неизвестных. Например, при анализе первого уровня графа можно указать, что коммутация в общем случае каналов может быть централизованная или децентрализованная, произвольная (случайная) или разовая (список соединений известен заранее), однозвенная или многозвенная, полнодоступная (неполнодоступная) и т. д. Каждый признак (вершина), указанный в графе, приводит к определенному техническому решению соответствующего интерфейса, то есть функциональный признак в этом смысле должен быть существенным. Поэтому разделение шин по назначению (локальные, системные, периферийные, приборные и т. д.) не выделяется в функциональном графе в виде отдельного уровня. Эти шины определяются соответствующими маршрутами в функциональном графе. Например, периферийный (последовательный) интерфейс RS-232 описывается маршрутом в графе: 1.3 (дисциплина обслуживания - передача данных типа «точка-точка»); 4.1 (способ передачи - последовательная передача группы битов и последовательная передача битов каждой группы); 5.1-5.3 (временное согласование - синхронное, аперiodическое или асинхронное); 6.5 (структура данных - последовательная кодовая посылка стартстопного формата группы битов: код ASCII ... телеграфный код); 8.1 (отсутствие мультиплексирования); 9.1 (вид передачи с учетом направления - симплексный); 10.3 (представление бита данных биполярным сигналом).



1. Дисциплина обслуживания
  - 1.1. Однозвенная коммутация канала.
  - 1.2. Многозвенная коммутация канала.
  - 1.3. Передача данных без коммутации канала.
  - 1.4–1.N. Коммутация битов, пакетов, сообщений.
2. Тип коммутации
  - 2.1. Временной.
  - 2.2. Пространственно-временной.
  - 2.3. Пространственный.
  - 2.4. Отсутствует.
3. Арбитраж
  - 3.1. Фиксированный.
  - 3.2. Циклический.
  - 3.3. Поллинг (опрос).
  - 3.4. Не используется.
4. Способ передачи слов (байтов) и битов
  - 4.1. Последовательно-последовательный.
  - 4.2. Последовательно-параллельный.
  - 4.3. Параллельно-последовательный.
  - 4.4. Параллельно-параллельный.
5. Временное согласование
  - 5.1. Синхронное.
  - 5.2. Асинхронное.
  - 5.3. Апериодическое (с квинтированием).
  - 5.4. Изохронное.
6. Структура данных
  - 6.1. Список, элемент списка (адрес и данные).
  - 6.2. Файл.
  - 6.3. Пакет (блок).
  - 6.4. Сообщение.
  - 6.5. Группы битов (код ASCII).
7. Режим обмена
  - 7.1. Прерывание.
  - 7.2. Прямой доступ.
  - 7.3. Опрос флага готовности.
  - 7.4. Монопольный (пакетный).
  - 7.5. Безусловный (программный).
8. Мультиплексирование
  - 8.1. Без совмещения.
  - 8.2. Совмещение адреса и данных.
  - 8.3. Совмещение адреса, данных и команды.
  - 8.4. Совмещение адреса, данных, команды состояния и т. д.
  - 8.5. Полное мультиплексирование.
9. Вид передачи с учетом направления
  - 9.1. Симплексный.
  - 9.2. Полудуплексный.
  - 9.3. Дуплексный.
10. Представление битов данных
  - 10.1. Прямым униполярным сигналом.
  - 10.2. Инверсным униполярным сигналом.
  - 10.3. Биполярным сигналом.
  - 10.4. Дифференциальным сигналом.
  - 10.5. Импульсом тока.

Рис. 9. Граф функциональной классификации шин

При **синхронной передаче** данных каждый бит данных сопровождается синхросигналом, или ее начало и завершение происходят в фиксированные моменты времени, определяемые устройством управления. Поэтому системная шина ISA является в основном синхронной шиной.

Термин **«асинхронный интерфейс»** (асинхронная передача) имеет несколько интерпретаций. Иногда называют интерфейс с обязательным квитирующим (обратным) сигналом в циклах ввода и вывода асинхронным интерфейсом, что является не совсем правильным определением.

**Асинхронная передача данных** - это передача с произвольными интервалами времени и нестрогими требованиями во времени ожидания данных.

Основным отличием системных интерфейсов от периферийных или приборных интерфейсов является выполнение в них функции коммутации шины (канала) данных (признаки 1.1 и 2.1). Рассмотрим уровни 1 и 2 более подробно, так как они имеют принципиальное значение и существенно влияют на структуру настоящих и будущих интерфейсов.

На рис. 10 изображена типичная структура 3-шинного системного интерфейса, в которой шина данных (ШДАН) и приемопередатчик (ПП) исполнителей (ИС) представляют собой децентрализованный (распределенный по ИС) двунаправленный многобитный мультиплексор/демультиплексор, то есть простейший временной коммутатор, выполняющий коммутацию канала данных.

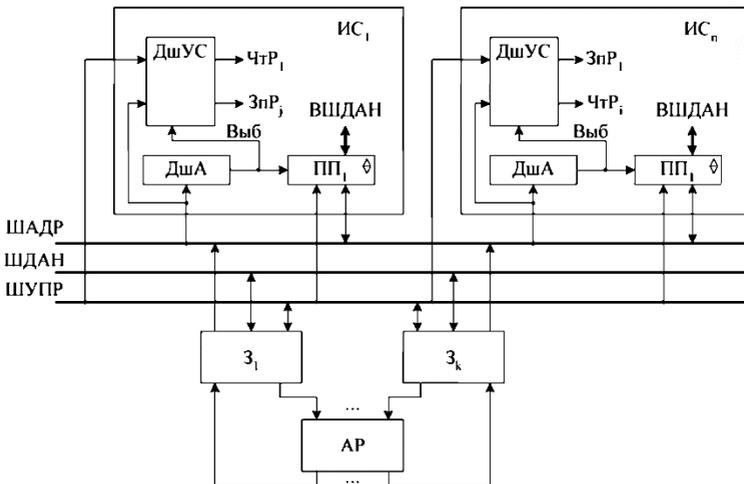


Рис. 10. Типичная структура системного интерфейса

В какой-либо момент времени пересылка данных выполняется между одним задатчиком и одним исполнителем. В этой структуре основное внимание было уделено уменьшению числа линий связи путем децентрализованного размещения частей временного коммутатора на платах исполнителей. Каждая часть временного коммутатора содержит ПП, дешифратор (селектор) адреса (ДША) и дешифратор управляющих сигналов (ДШУС), формирующий сигналы чтения (Чт) и записи (Зп) соответствующих регистров (Р) ИС. Задатчик, получив доступ к шинам, в режиме записи устанавливает адрес какого-либо регистра ИС на ШАДР и данные на ШДАН. Один из исполнителей опознает собственный адрес и формирует на выходе ДША сигнал выбор (Выб), который разрешает работы приемопередатчика ПП и дешифратора ДШУС. Выбранный ПП пропускает данные к входам внутренних регистров ИС, причем нахождение одного из них по младшим битам адреса с заданием соответствующей операции Чт или Зп осуществляет ДШУС, когда задатчик устанавливает сигнал Зп по линии ШУПР. Таким образом, в режиме записи ПП<sub>1</sub>-ПП<sub>п</sub> представляют собой многошинный децентрализованный демультимплексор.

### 3.2. Шина PCI

**Дисциплина обслуживания** - однозвенная временная коммутация параллельного мультимплексного информационного канала типа «инициатор-цель» с пакетной передачей данных.

**Структура данных** - 32/64-битные адрес и данные.

**Временное согласование** - синхронно-асинхронное (формирование большинства шинных сигналов синхронизируется тактовыми сигналами CLK, кроме того, используются сигналы квитирования, вносящие такты ожидания в обмене данными между инициатором и исполнителем).

**Способ передачи** - последовательный по удвоенным или учетверенным словам и параллельно по разрядам.

**Арбитраж** - фиксированный и параллельный.

**Контроль данных** - четный паритет.

**Представление сигналов на шине** - три состояния с активным низким уровнем.

**Вид передачи** - полудуплексный с мультимплексированием адреса и данных.

**Режим обмена** - программный пакетный с возможностью прерывания.

**Доступ к адресным пространствам:** памяти, ввода/вывода и конфигурации.

Параметрические характеристики базовой шины PCI:

**Частота синхронизации** - 33 МГц.

**Скорость передачи данных** -  $33 \times 4 = 132$  Мбайта/с.

Шина PCI предназначена для работы с напряжением питания 5 В или 3,3 В и может быть использована в серверах, настольных ПК, ноутбуках и лэптопах. Платы с разным питанием имеют специальные ключи в некоторых местах контактов, кроме того, особенностью шины PCI является то, что она не привязана к конкретному типу компьютера и разработана с учетом применения в новых системах. На рис. 11 представлена возможная конфигурация компонентов, подключенных к шине PCI.

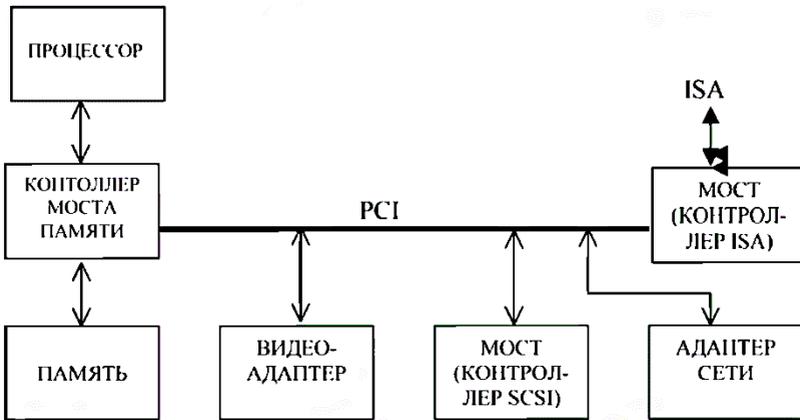


Рис. 11. Схема подключения компонентов к шине PCI

Для шины PCI определены два типа устройства: инициатор (мастер, задатчик) и целевое (исполнитель). Инициатор устанавливает адрес (данные при записи), команду и формирует необходимые интерфейсные сигналы целевому устройству, причем адрес и данные передаются по мультиплексной шине.

Рассмотрим некоторые требования, предъявляемые к устройствам шины PCI. В качестве формирователей (приемников) сигналов шины следует использовать элементы, которые не потребляют ток в статическом состоянии, а потребляют его в моменты переключения. К таким элементам относятся КМОП, позволяющие существенно снизить потребление устройством энергии. Для построения интерфейсных схем

(контроллеров) можно использовать программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), изготовленные по технологии КМОП.

Стандарт шины PCI предусматривает наличие отдельного адресного пространства конфигурации, используемого специальными программами. Для выполнения автоконфигурации, обработки катастрофических ошибок, инициализации устройств и мостов, подключенных к шине PCI, каждому устройству отводится 256-байтная память.

Идентификаторы устройства и изготовителя определяют соответственно тип (номер) устройства и его изготовителя.

### 3.3. Шина и интерфейс SCSI

**SCSI** (Small Computer System Interface, системный интерфейс малых компьютеров) - параллельный универсальный высокоскоростной мультиплексированный интерфейс ввода/вывода со шлейфовым кабельным соединением большого спектра устройств (рис. 12).

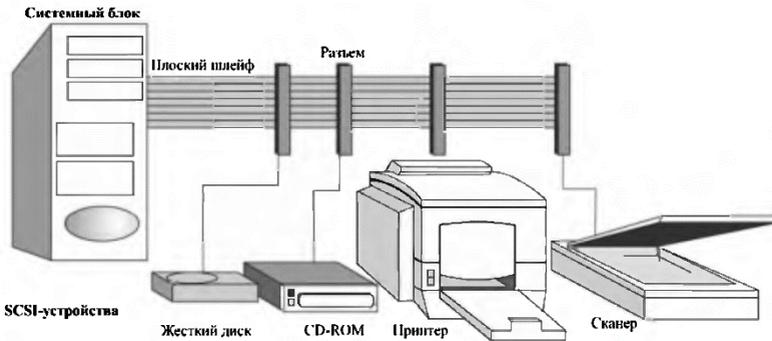


Рис. 12. Шлейфовое соединение SCSI устройств

**Хост-адаптер (главный)** предназначен для подключения процессора к шине SCSI. В общем структура может содержать несколько хост-адаптеров. Хост-адаптер управляет шиной SCSI, взаимодействует с широким спектром периферийных устройств и устанавливается **инициатором** (активным устройством), которое организует совместную работу с каким-либо **исполнителем** (периферийным устройством: жестким диском, лазерным принтером, CD-ROM'ом, сканером. Каждый исполнитель содержит адаптер SCSI и контроллер самого периферийного устройства. Хост-адаптер освобождает системный процессор от рутинной работы по выполнению операций соответствующего внешнего устройства, то есть реализует большое количество команд.

Функциональные признаки шины SCSI:

**Дисциплина обслуживания** - многозвенная коммутация информационного канала.

**Тип коммутации** - временной (устанавливается между инициатором и исполнителем).

**Арбитраж** - фиксированный.

**Способ передачи слов (байт) и битов** - последовательно-параллельный.

**Временное согласование** - асинхронное или синхронное.

**Структура информации данных** - команда, адреса и данные, сообщения, блоки информации специального формата.

**Режим обмена** - программный (безусловный и условный с опросом байта состояния) и прямой доступ к памяти.

**Мультиплексирование** - совмещение адреса, данных, команд и состояния.

**Вид передачи с учетом направления** - полудуплексный и симплексный.

**Представление сигналов на шине** - инверсным универсальным сигналом.

**Контроль данных** - чет или избыточный циклический код (CRC).

**Контроль окружения** - проверка разъемов, плат.

**Фазы (режимы) шины** - шина свободна, арбитраж, выбор, передача информации (команд данных, состояния или сообщения).

В общих случаях шина SCSI имеет многозвеньевую коммутацию информационного канала. Кроме того, наличие удлинителей и коммутаторов позволяет создавать сетевые соединения SCSI-устройств.

Временной тип коммутации определяет то, что при обмене данными на шине SCSI только одно устройство является инициатором, а другое - исполнителем, то есть сеанс связи с устройствами SCSI выполняется временным способом.

При наличии нескольких инициаторов, подключенных к шине, для захвата управления шиной одним из них выполняются фазы (операции) арбитража. Для осуществления этой части каждому устройству SCSI присваивается фиксированный идентификатор ID из диапазона 7-0, определяющий приоритет и адрес устройства. Захват шины может выполнять и цель в фазе «Перевыборка».

Шина SCSI является параллельной 8-, 16- или 32-разрядной шиной, по которой данные передаются последовательно по словам и параллельно по разрядам.

В шине SCSI выполняется асинхронная передача данных с использованием сигналов квитирования.

В режиме ввода данных исполнитель устанавливает их на шину. Данные удерживаются на шине, пока инициатор не передаст сигнал подтверждения.

В режиме вывода исполнитель устанавливает сигнал запроса, указывающий, что исполнитель может принять данные. Инициатор передает данные и сопровождает их соответствующим сигналом. Данные удерживаются инициатором до тех пор, пока исполнителем не будет снят сигнал запроса.

Синхронный режим заранее должен быть установлен для инициатора и исполнителя. В этом режиме исполнитель не ожидает появления сигнала квитирования для формирования сигнала запроса перед приемом данных. Предварительно с помощью соответствующего сообщения при выполнении синхронного режима в исполнителе задаются число запросов без ожидания сигнала квитирования и период передачи (интервал времени) каждого байта. Сигналы квитирования передаются, но служат только для установления факта равенства числа запросов и числа сигнала квитирования. Структура информации (данных), передаваемой по шине SCSI, определяется типом устройства, которому направляются эти данные. Например, если к шине SCSI подключен жесткий диск, то используется соответствующая структура блока данных и команд. Для устройств прямого доступа данные на шине SCSI передаются блоками. Поэтому в командах записи и чтения данных указываются логический номер блока (адрес) и количество передаваемых данных.

### 3.4. Шина USB

#### *Функциональные признаки шины USB*

**Дисциплина обслуживания** - многозвенная коммутация канала (рис. 13) шины USB.

Связь между хостом и каким-либо устройством представляет собой многозвенный информационный канал, содержащий хабы и сегменты кабеля, каждый из которых имеет длину не более 5 м. Необходимая коммутация осуществляется с помощью переключателей портов хабов, выполняющих соответствующие соединения.

**Способ коммутации** - временной с централизованным управлением, типа «точка - много точек» (один хост и много устройств). В шине USB связь хоста с устройствами выполняется в режиме разделения времени (возможна передача данных между хостом и только одним каким-

либо устройством). Хост (центральное устройство) является полным хозяином шины, а все подключенные к шине называются устройствами-исполнителями. Хост в соответствии с типом устройства выполняет определенный протокол передачи пакетных данных, в которых содержится информация о направлении и типе передачи, адресе получателя, данные и контрольный циклический код. Устройства взаимодействуют поочередно только с хостом и не могут передавать данные друг другу. По этой причине арбитраж в шине отсутствует.

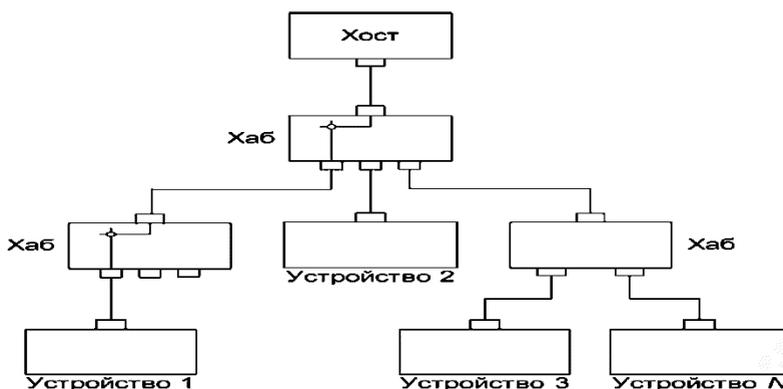


Рис. 13. Многозвенная коммутация информационного канала

**Тип передачи байтов и битов** - последовательно-последовательный, то есть последовательно передаются байты данных один за другим и последовательно - биты, размещенные в байтах (младший разряд байта поступает первым).

**Временное согласование** - асинхронная дифференциальная передача данных с произвольными интервалами времени и нестрогими требованиями ко времени ожидания (появления информации). Для сравнения приведем определение синхронной передачи данных: это передача, в которой каждый бит сопровождается (синхронизируется) тактовым сигналом. На рис. 14 показаны схемы асинхронной дифференциальной передачи (шина USB) и синхронной дифференциальной передачи.

Синхронная передача является более быстродействующей, чем асинхронная передача, но требует дополнительных аппаратных затрат. Асинхронная передача проще, но теряет быстродействие в связи с необходимостью вместе с данными передавать служебные признаки, синхронизирующие приемное устройство (запускающие его таймер (часы)). С этой целью хост USB включает часы шины с частотой 1 КГц

(периодом  $L$  мс), передавая по шине каждую 1 мс пакет SOF (Start of Frame). Пакеты SOF синхронизируют часы каждого устройства. Интервалы времени, определяемые SOF, используются для передачи хостом пакетов данных. Кроме того, хост в начале пакетов данных передает соответствующие синхροкомбинацию (SYNC) и идентификаторы пакетов (PID), которые синхронизируют приемное устройство USB.

**Передаваемые элементы синхронизации:  
SOF, SYNC, PID**

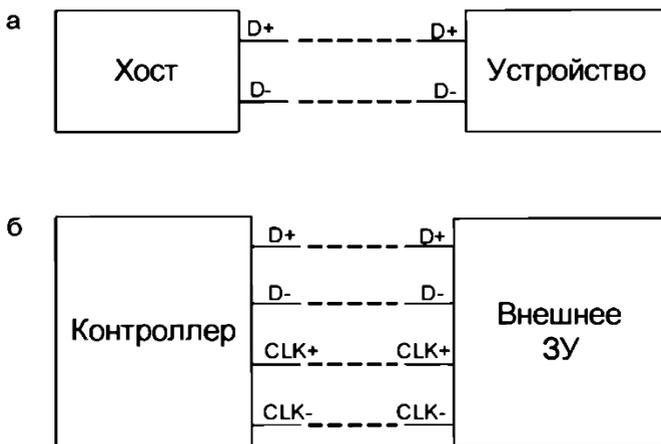


Рис. 14. Схемы:

- а) асинхронной дифференциальной передачи;  
б) синхронной дифференциальной передачи.

**Структура данных** - специальные пакеты различного формата, определяемые требованиями передачи данных, их контроля, синхронизации и настройки разнообразных типов устройств.

**Режим обмена** - программный (драйвер хоста выполняет все программные операции, необходимые для обслуживания устройств).

**Мультиплексирование** - передача адреса, данных, управления и состояния по одной и той же шине в режиме разделения времени.

**Вид передачи с учетом направления** - полудуплексный (данные передаются в обе стороны по двум дифференциальным линиям D+ и D- в различные моменты времени).

**Типы (режимы) передач** - данные большого размера (Bulk), изохронной, управления и прерывания.

**Передача типа Bulk** - случайно возникшая, неперiodическая, большого размера передача, использующая любую доступную ширину диапазона (высокую частоту передачи). **Ширина диапазона** - количество данных, передаваемых в единицу времени.

**Изохронная передача** - передача, например, цифровых данных голоса, которые поступают в реальном масштабе времени и синхронизация которых зависит от интенсивности их поступления.

**Управляющая передача** - передача, обеспечивающая связь между хостом и устройством для вывода/ввода данных, конфигурации, команд и состояния.

**Передача прерывания** - передача маленьких объемов данных с низкой частотой и ограниченным временем ожидания, используемая устройством, чтобы сообщить хосту о необходимости его обслуживания.

**Представление данных на шине** - дифференциальными сигналами.

**Метод кодирования - метод NRZI (Non Return to Zero Invent)** кодирования последовательных данных, в котором бит 0 вызывает переключение уровня напряжения, а бит 1 - нет. Этот метод устраняет необходимость в синхронизирующих сигналах и позволяет в последовательности дифференциальных сигналов обнаружить положение нулевых и единичных битов.

**Контроль данных** - циклический избыточный контроль CRC(Cyclic Redundancy Check) - полиномная проверка данных при их записи или чтении, при котором код CRC передается вместе с данными и затем сравнивается с рассчитанным.

**Состояния (фазы) шины** - сброс, ожидание, дифференциальная 1, дифференциальный 0, конец пакета, устройство отсоединено и присоединено, передача данных.

### *Параметрические признаки шины USB*

Известны несколько версий шины USB, например, версия 1.1, характеризующаяся низкой скоростью передачи 1,5 Мбита/с и высокой скоростью 12 Мбит/с, версия 2.0, для которой низкая скорость передачи данных составляет 50 Мбит/с, а высокая - 480 Мбит/с.

Спецификация USB 3.0 повышает максимальную скорость передачи информации до 5 Гбит/с. Версия 3.0 отличается не только более высокой скоростью передачи информации, но и увеличенной силой тока с 500 мА до 900 мА. Таким образом, от одного порта можно запитывать большее количество устройств, а также отпадает необходимость использования внешнего питания для некоторых устройств.

USB 3.1 - скорость передачи которого может достигать 10 Гбит/с. Новый стандарт также позволяет в отдельных случаях передавать мощность до 100 Вт.

В USB 3.1 входит два стандарта:

- SuperSpeed USB (USB 3.1 Gen 1) со скоростью до 5 Гбит/с, такой же, как и USB 3.0.
- SuperSpeed USB 10Gbps (USB 3.1 Gen 2) со скоростью до 10 Гбит/с, удвоенная USB 3.0.

В USB 3.1 Gen 2 помимо увеличения скорости до 10 Гбит/с, были снижены издержки кодирования до 3% переходом на схему кодирования 128b/132b.

Стандарт USB 3.1 обратно совместим с USB 3.0 и USB 2.0.

### *Дифференциальная передача данных*

В этом разделе описаны основные определения дифференциальных передач, которые широко используются как в USB-интерфейсах, так и во многих других шинах.

**Дифференциальная (разностная) симметричная передача данных** - передача данных с использованием специального дифференциального передатчика и приемника, соединенных двухпроводной линией связи: A(D+) и B(D-), по которой передаются разноуровневые сигналы, один из которых повторяет входной сигнал, а другой является его инверсией.

**Полудуплексная передача данных** - попеременная передача данных в двух направлениях в режиме разделения времени.

Дифференциальная шина USB выполняет полудуплексную передачу информации, то есть хост является передатчиком и приемником информации по двум линиям D+ и D- данных.

**Дуплексная передача данных** - одновременная передача в противоположных направлениях. Примером выполнения дуплексной передачи может служить дифференциальная шина IEEE 1394 (Fire Wire), которая содержит две пары линий для последовательных дифференциальных дуплексных передач данных.

**Симплексная передача данных** - передача данных только в одном направлении.

**Синфазные сигналы** - одинаковые по уровню и фазе сигналы, поступающие на входы A и B дифференциального приемника.

Когда на оба выхода А и В действует один и тот же сигнал, то выходной сигнал дифференциального приемника равен 0, то есть дифференциальный приемник подавляет синфазные сигналы (помехи), наводимые на линии А и В электромагнитными полями.

**Несимметричный дифференциальный интерфейс** - интерфейс, использующий общую обратную линию заземления для подключения нескольких дифференциальных приемников.

### 3.5. Последовательный интерфейс SATA

**Serial ATA** (Advanced Technology Attachment) - высокоскоростной последовательный интерфейс, предназначенный для устройств хранения информации HDD, CD и DVD с возможностью «горячего» подключения и замены.

**Дисциплина обслуживания** - подключение устройств типа «точка-точка», к одному контроллеру с помощью одного кабеля SATA может быть присоединен один жесткий диск или дисковод CD (DVD), рис. 15.

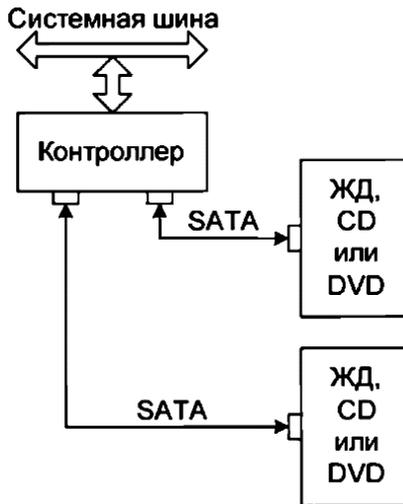


Рис. 15. Схема подключения SATA

При таком подключении отсутствует необходимость задания с помощью перемычек режима Master или Slave, присущего параллельной шине ATA.

**Способ передачи данных** - последовательный по байтам и последовательный по битам.

**Временное согласование** - асинхронная передача данных с произвольными интервалами времени и нестрогими требованиями ко времени ожидания.

**Вид передачи с учетом направления** - дуплексный, данные могут передаваться в обе стороны по четырем проводам. По двум проводам А+ и А- данные передаются в одну сторону, и по другим проводам В+ и В- данные посылаются в обратную сторону.

**Представление битов данных** - дифференциальными сигналами: А+ и В+ - прямые представления входных сигналов, а А- и В— обратные значения этих же сигналов. Дифференциальная передача увеличивает помехозащищенность данных, так как устраняются синфазные помехи и можно снизить уровень сигналов до 250 мВ.

**Структура передаваемых данных** - пакеты различного назначения, определяемые протоколом передачи данных, синхронизацией, контролем и соответствующим управлением работой ЖД, CD или DVD.

**Мультиплексирование** - передача адреса данных, команд и состояния по одной и той же шине. Отсутствует ограничение на величину номера цилиндра, что позволяет использовать большие по емкости диски.

**Режим обмена** - программный, обмен между контроллером и устройством осуществляется с помощью соответствующих портов под управлением драйвера контроллера, причем в ЖД-SATA используются те же регистры, что и в ЖД- PATA (сохранена аппаратная совместимость).

**Методы кодирования** - кодирование NRZ и избыточные коды 8/10. При дифференциальной передаче или хранении в ЖД (CD, DVD) длинных последовательностей 1 и 0 применяют кодирование NRZ. определяющее положение 1 и 0 в таких последовательностях (рис. 16).

Недостаток такого кодирования состоит в том, что если встречается длинная последовательность нулей, то электроника на приемной стороне может дать сбой в определении положения битового интервала для нуля.

Слишком много единиц в коде (переключений дифференциального сигнала) также нежелательно, так как это ограничивает скорость передачи данных. Поэтому при кодировании ищут оптимальное число нулей (не больше и не меньше), соответствующих неизменяемому (постоянному) уровню дифференциального сигнала, и минимальное число единиц, соответствующих переключению дифференциального сигнала.

Эта задача решается с помощью кодирования 8/10 (аналогия с кодами CD 8/14). При кодировании 8/10 байты заменяются 10-битными

кодами, дающими 1024 возможные комбинации, из которых выбираются 256 двоичных кодов с ограниченным числом нулей.

Защита данных от ошибок выполняется путем использования кодов CRC (циклических избыточных кодов), формируемых из блоков, передаваемых данных с помощью порождающего полинома.

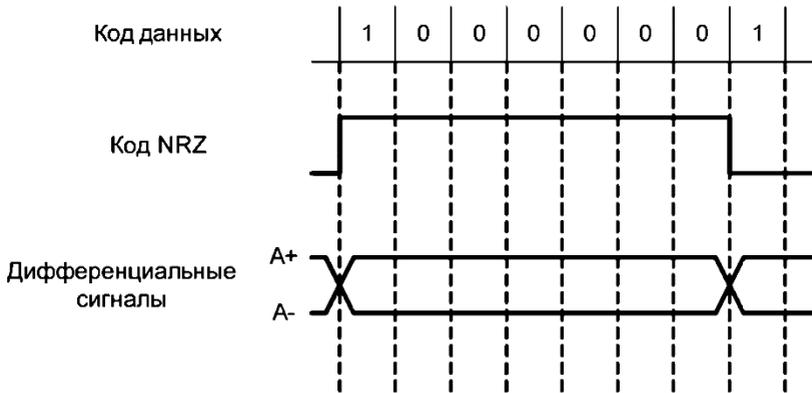


Рис. 16. Кодирование NRZ

**Арбитраж** - канальная операция SATA, возникающая при одновременном обращении к шине контроллера и устройства, желающих передать друг другу данные.

Параметрическая классификация SATA и PATA представлена в табл. 1.

Таблица 1

### Параметрическая классификация SATA и PATA

Параметр	SATA <sub>1</sub>	Pata
Скорость, Мбайт/с	150	133
Длина, м	1	0,45
Число проводов	7	80
Емкость, Гбайт	Без ограничений	137
Примечание: SATA <sub>2</sub> – 300 Мбайт/с, SATA <sub>3</sub> – 600 Мбайт/с		

### 3.6. Последовательный интерфейс SAS

Интерфейс SAS (Serial Attached SCSI, последовательное подключение SCSI) имеет следующие функциональные признаки.

**Дисциплина обслуживания** - подключение к контроллеру периферийного устройства (накопителя) по типу «точка-точка», что позволяет

обеспечить высокую скорость передачи данных в системе сбора и хранения данных (рис. 17).

Предусматривается наращивание системы сбора и хранения данных с помощью SAS-экспандеров (расширителей-коммутаторов)



Рис. 17. Простая система использования SAS

На рис. 18 представлена организация SAS-домена, включающая до 128 приводов жестких дисков и периферийных устройств различного назначения.

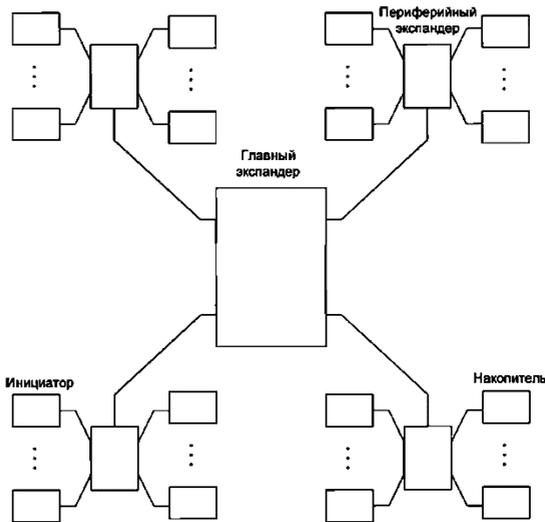


Рис. 18. Организация SAS-домена

**Домен** - группа ресурсов, управляемая одним устройством.

Главный экспандер в домене является одним таким устройством и управляет работой всех других 128 SAS-устройств. Периферийные экспандеры позволяют связать инициаторы и дисководы накопителей в каждом узле домена.

**Мультиплексирование** - передача адреса, данных, команд и состояния по одной и той же шине.

**Представление битов данных** - дифференциальными сигналами.

**Вид передачи данных с учетом направления** - дуплексный, выполненный с помощью двух дифференциальных каналов, один из которых служит для передачи информации, а другой - для ее приема.

Дуплексные дифференциальные каналы могут объединяться для образования «широких» портов, содержащих несколько таких каналов, позволяющих увеличить пропускную способность порта.

Протокол SAS использует уникальные 64-битные имена - WWN (World Wide Name) для всех SAS-устройств. При «горячем» подключении нового устройства в систему или его выключении экспандер выполняет переконфигурацию и присваивает всем устройствам имена WWN. Затем выполняется со стороны экспандера этап инициализации SAS-устройств, состоящий в определении их конфигурационных данных и дальнейшей настройки. После этого осуществляется передача команд, данных и состояния по линиям SAS, объединенным в SAS- фреймы (аналогия с фреймами шины USB).

Параметрическая классификация SAS представлена в табл. 2.

Таблица 2

### Параметрическая классификация SAS

Параметры	SAS
Скорость, Мбайт/с	от 320 до 1200
Длина кабеля, м	сегмент – 8 (при наращивании до 120)
Количество подключаемых устройств	до 128 в домене
Ширина шины (количество линий данных)	4

### 3.7. Последовательный интерфейс PCI Express

#### Основные определения

**Шина PCI** (Peripheral Component Interconnect, Соединение периферийных компонент) - 32/64-битная мультиплексная синхронная параллельная шина общего назначения с пакетной передачей данных. Шина PCI обеспечивает доступ к трем адресным пространствам: памяти,

ввода/вывода и конфигурации. К шине PCI подключается до 10 плат расширения, в том числе контроллер PCI.

**Шина AGP** (Accelerated Graphics Port, Улучшенный графический порт) - локальная 32-битная шина, предназначенная для сопряжения графического контроллера с северным мостом системной платы. Шина AGP является дальнейшим развитием шины PCI и характеризуется в базовом варианте 32-битной конвейерной параллельной передачей данных и 32-битным адресом, передаваемым параллельно-последовательно по отдельной 8-битной шине, четырьмя скоростями передачи данных от 1x (256 Мбайт/с) до 8x (2 Гбайт/с). К шине AGP возможно подключение одного или двух устройств (версия 3.0).

**Шина PCI Express** - последовательная пакетная асинхронная шина общего назначения, выполняющая соединения типа «точка-точка» и имеющая различные варианты построения в зависимости от числа используемых последовательных дуплексных дифференциальных каналов связи. Стандартизованы 1-, 2-, 4-, 8-, 16- и 32-канальные варианты. Каждый канал содержит четыре линии (по две дифференциальные пары, одна из которых работает на передачу, а другая - на прием данных).

**Шина Hyper Transport** - осуществляет связь между устройствами по типу «точка-точка» и содержит линии связи асинхронной передачи (Tx) и линии асинхронного приема (Rx). Структура данных этой шины - пакетная, включающая до 64 байт. Как и в шине PCI Express, в шине Hyper Transport используется принцип масштабируемости, позволяющий выбрать дуплексные (двунаправленные) каналы с различным числом линий связи (2, 4, 8, 16, 32 или 64) в каждом направлении и различной соответствующей пропускной способностью от 200 до 800 МГц. Кроме того, предусматривается совместимость устройств с различными каналами.

**Масштабирование** - возможность использования различного числа каналов шины PCI Express в зависимости от применения шины и как следствие увеличение ее пропускной способности. Например, пропускная способность одного канала шины PCI Express - 250 Мбайт/с, четырех каналов - 1000 Мбайт/с, ..., 16 каналов - 4000 Мбайт/с в каждом направлении.

**Кодирование 8/10.** Этот тип кодирования используется в PCI Express для выполнения той же цели, что и стаффинг (вставка 0 или 1) - для прерывания последовательности подряд идущих бит с одинаковым значением (длинных нулей или длинных единиц) при дифференциальной передаче данных.

**Кодирование NRZ** - способ представления значений единичных и нулевых битов при дифференциальной передаче данных, причем единичные значения битов вызывают переключение дифференциальных сигналов, а нулевые - нет. По длительности уровня дифференциального сигнала определяют количество содержащихся в нем нулевых битов. Кодирование NRZ является самосинхронизирующимся методом кодирования данных. Кодирование NRZ используется после кодирования 8/10 перед выводом битов в коде NRZ на дифференциальные линии.

**Кодирование CRC** - вычисление циклического избыточного кода-остатка от деления полинома данных на порождающий полином. При передаче данных код остатка (код CRC) записывается после поля данных в каждом пакете. При приеме данных повторяют вычисления (операцию деления на порождающий полином). Если остаток от деления равен 0, то передача данных прошла успешно, если не равен 0, то произошла ошибка.

**Дуплексная дифференциальная передача данных** - передача данных по двум парам дифференциальных проводов в двух разных направлениях с использованием дифференциальных передатчиков и приемников.

#### *Функциональная классификация шины PCI Express*

**Дисциплина обслуживания** - организация связи компонентов внутри компьютера по типу «точка-точка». PCI Express является шиной ввода/вывода третьего поколения и имеет еще другое начальное название - 3GIO (Generation Input Output). Шина PCI Express предназначена для использования в настольных персональных компьютерах, серверах, ноутбуках и других устройствах для подключения видеокарт, сетевых контроллеров, RAID-контроллеров жестких дисков, ТВ-тюнеров и т. д.

**Способы передачи данных** - последовательно-последовательный с использованием одного канала связи (одноканальный вариант шины) и параллельно-последовательный, связанный с применением нескольких каналов связи: 4, 8, 16, 32 (рис. 2.116).

**Методы кодирования:** кодирование 8/10 и кодирование NRZ.

**Структура данных** - пакеты различного назначения, определяемые соответствующими устройствами PCI Express.

**Временное согласование** - асинхронная и независимая передача данных в каждом канале.

**Представление бита данных** - низковольтный дифференциальный сигнал (сигнальный уровень 0,8 В).

**Физическая среда передачи данных** - медные провода или оптические волноводы.

Шина PCI Express может быть использована в различных компьютерных конфигурациях (архитектурах), представленных на рис. 19 и 20. На рис. 19 показана простая архитектура использования шин PCI Express, которая содержит 16-канальную шину для связи с графическим контроллером, подключенным к процессору с помощью этой шины через чипсеты северного моста, и несколько более простых от 1-канальных до 4-канальных шин PCI Express. Таким образом, 16-канальная шина PCI Express является быстродействующей локальной шиной и имеет наиболее близкий доступ к шине процессора. Другие шины PCI Express с меньшим числом каналов используются для подключения более медленных периферийных устройств.

Применение многопортового коммутатора в компьютерной архитектуре (рис. 20) расширяет его функциональные возможности, так как позволяет осуществить более гибкую пространственную связь типа «точка - много точек».

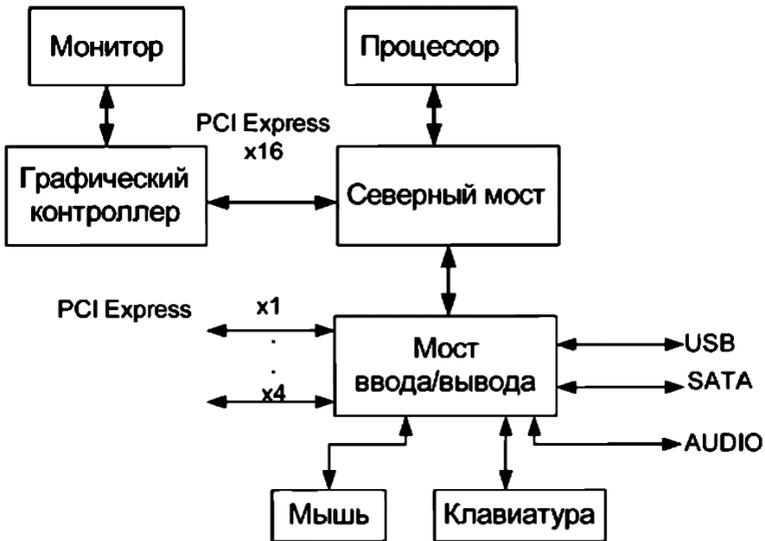


Рис. 19. Простая архитектура использования PCI Express

#### **Параметрические классификационные признаки:**

Скорость передачи данных - 2,5 Гбита/с (250 Мбайт/с), 5 Гбит/с (PCI Express 2.0), длина кабеля - до 10 м (Express 2.0), частота шины PCI

Express - 100, 125 и 250 МГц, потребление энергии платой - 225-300 Вт (Express 2.0), число контактов в разъемах: PCI Express x1 - 36, PCI Express x4 - 64, PCI Express x8 - 98, PCI Express x16 - 164, PCI Express x32 - 294.



Рис. 20. Архитектура, содержащая коммутатор PCI Express

Относительно большое число контактов разъемов PCI Express связано не только с выполнением передачи данных, но и с определением типа установленной карты, реализацией «горячего подключения» разводкой питания +12 и +3,3 В и экранирующих проводов «земля» и т. д.

## 4. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ВВОДА/ВЫВОДА

### 4.1. Последовательный интерфейс RS-232

**Дисциплина обслуживания** - передача данных типа «точка-точка», возможно подключение к шине RS только одного устройства.

**Способ передачи данных** - последовательно-последовательный, последовательно передаются байты и последовательно - биты.

**Временное согласование** - асинхронное с использованием специального стартстопного формата данных или синхронное с применением интерфейсных сигналов синхронизации при передаче и приеме данных.

**Структура данных** - определяется типом подключенного к шине устройства: например, коды ASCII, выводимые на принтер.

**Режим обмена** - с использованием интерфейсных квитирующих сигналов.

**Вид передачи с учетом направления** - дуплексный (в режиме разделения времени) или симплексный.

**Представление битов** - биполярными сигналами: логическая 1 определяется уровнями напряжения от -3 В до -12 В, а логический 0 характеризуется уровнями напряжения от +3 В до +12 В.

**Контроль данных на шине** - не предусмотрен.

Последовательный синхронно-асинхронный, периферийный интерфейс RS- 232 (стык C2) предназначен для сопряжения оконечного оборудования данных (DTE) с аппаратурой передачи данных (DCE). Для обозначения персонального компьютера (ПК), терминала или любого устройства используется аббревиатура ООД(OTE), а для обозначения, например, модема-АПД(ОСЕ).

Модем (модулятор-демодулятор) - устройство, преобразующее цифровые сигналы в аналоговые и наоборот. Модем используется для связи ООД по телефонным линиям связи (рис. 21).



Рис. 21. Схема сопряжения двух ПК

Для подключения модема к ПК необходима плата связного контроллера (адаптера), преобразующего параллельный код в последовательный при передаче данных в модем и последовательный код в параллельный при передаче данных из модема в ПК в соответствии с заданным протоколом связи. Для построения связных контроллеров (СК), или СОМ-портов, используются микросхемы универсальных асинхронных и синхронно-асинхронных приемопередатчиков (УАПП, УСАПП). В табл. 3 представлены основные сигналы RS-232, в котором направление передачи сигнала указано относительно ООД. В столбце направление передачи 1 – ввод, 0 – вывод.

Таблица 3

### Основные сигналы RS-232

Контакты разъема		Обозначение сигналов	Назначение сигналов	Направление передачи
DB25	DB9			
8	1	DCD	Обнаружение несущей сигнала	1
3	2	-RxD	Принимаемые данные	1
2	3	-TxD	Передаваемые данные	0
20	4	DTR	Готовность терминала	0
7	5	GND	Сигнальная «земля»	
6	6	DSR	Готовность модема	1
4	7	RTS	Запрос передатчика	0
5	8	CTS	Свободно для передачи	1
22	9	RI	Индикатор звонка	1

Сигнал DCD (обнаружение несущей) положительным уровнем указывает ООД о наличии установленной связи.

По линиям -RxD и -TxD относительно ООД выполняется соответственно прием и передача последовательных данных.

Положительные уровни сигналов DTR (готовность терминала) и DSR (готовность модема) определяют соответственно, что устройства ООД и АПД подключены к линиям связи.

Сигнал RTS (запрос передатчика) положительного уровня формируется ООД перед подачей данных и сохраняется на все время передачи.

Ответный сигнал CTS (свободно для передачи) устанавливается АПД до конца передачи с целью сообщения ООД о готовности к приему данных.

Сигнал RI (индикатор звонка) активизируется АПД при поступлении в него телефонного вызова. Линия GND (сигнальная земля) является второй линией передаваемых сигналов.

Рассмотрим сигналы сопряжения устройств с помощью интерфейса RS-232. На рис. 22 изображена схема связи ООД (ПК) и АПД (модема) в асинхронном режиме.

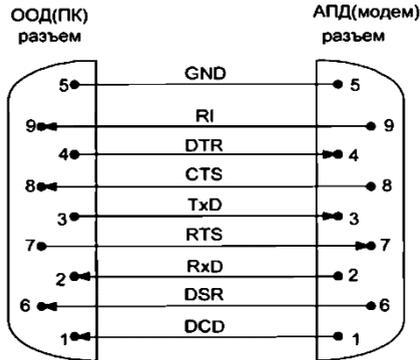


Рис. 22. Схема связи ООД и АПД в асинхронном режиме

Стандарт RS-232 разработан для соединения ПК и модема, и линии связи объединяют контакты с одинаковыми номерами. В том случае, когда необходимо выполнить безусловную передачу данных (без учета сигнала квитирования) в устройство, обеспечивающее прием данных с достаточной скоростью, может быть использован упрощенный вариант связи ООД и АПД. ООД и АПД используют разъем DB9 и схемы УАПП с биполярными формирователями и приемниками.

УАПП необходимы для согласования параллельного интерфейса с последовательным и содержат выводы, соответствующие обозначениям линий интерфейса RS-232.

На рис. 23 представлена схема сопряжения COM-портов и модемов в синхронном режиме с учетом разъема DB25 и сигналов синхронизации передатчика (ТС) и приемника (РС).

Во время передачи битов данных сигналы синхронизации ТС определяют моменты перехода этих битов из высокого уровня в низкий и наоборот. Модем (пер) при наличии сигнала DCD передает в линию связи аналоговые сигналы, представляющие собой модулируемые данные и составляющие синхронизации. Модем (пр) постоянно настраивает сигналы синхронизации РС в соответствии с компонентами синхронизации, получаемыми из аналоговой линии связи. Отрицательные фронты сигналов синхронизации РС определяют середину битов данных. Прием данных по линии RxD осуществляется COM-портом (пр) при установленном сигнале DCD.

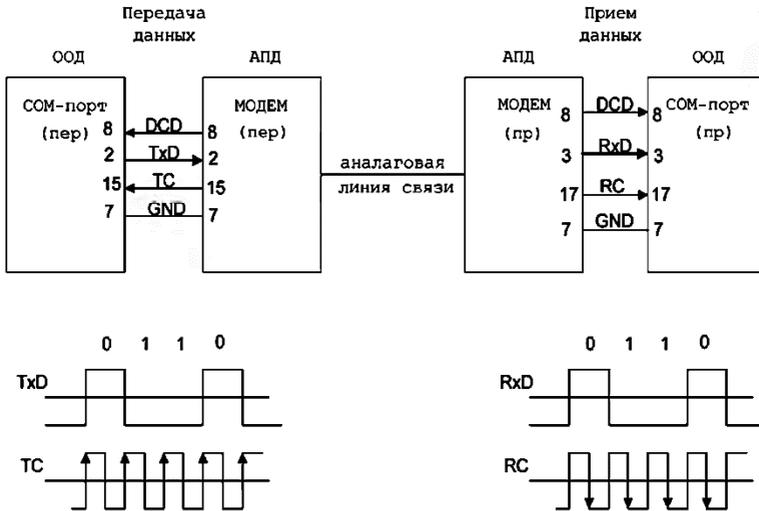


Рис. 23. Схема сопряжения COM-портов и модемов в синхронном режиме

#### 4.2. Асинхронная и синхронная передача данных

**Асинхронная передача** данных состоит в том, что допускаются любые промежутки времени между передаваемыми сигналами и используется специальный формат представления каждого символа.

На рис. 24 показан формат двоичного набора буквы В уровнями ТТЛ, а на рис. 25 изображено представление буквы В на линиях TxD (RxD) интерфейса RS-232.

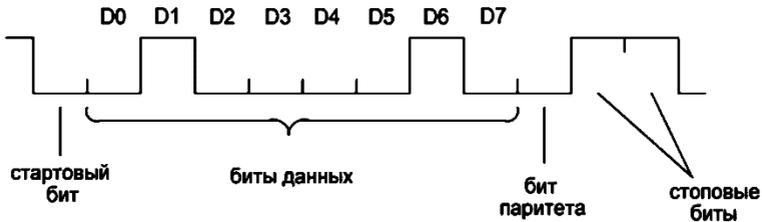


Рис. 24. Формат двоичного набора буквы В

Скорость асинхронной передачи меньше скорости синхронной передачи данных, так как в первом случае формат для каждого символа содержит дополнительные стартовый и стоповые биты, а во втором случае эти биты отсутствуют.

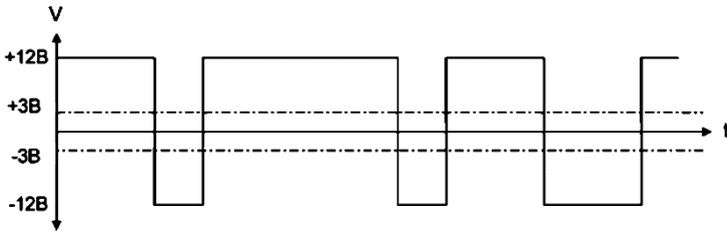


Рис. 25. Представление буквы В на линиях TxD и RxD

Асинхронная передача допускает некоторую рассинхронизацию (рассогласование) частот передатчика и приемника на несколько процентов (в пределах длительности бита), что является крайне недопустимым при синхронной передаче, в которой положение каждого бита четко определяется сигналом синхронизации. При скорости передачи, равной 600 бод (600 бит/с), длительность каждого бита - 1,66 мс.

УАПП, принимающий кодовые посылки, выполняет обнаружение и ввод каждого бита в середине его интервала (0,83 мс), что исключает прием краткосрочных помех на линии. Запускает в работу УАПП стартовый бит, а стоповые биты необходимы для разделения последовательных кодовых посылок, следующих друг за другом.

Количество информационных битов (5-8) и число стоповых битов (1; 1,5 и 2) программируются в УАПП. Кроме того, в УАПП может программироваться необязательный бит паритета.

При асинхронной передаче различают три типа ошибок: ошибка кадра, паритета (чет или нечет) и переполнения. Если на месте стопового бита обнаруживается низкий уровень, то это указывает на наличие ошибки кадра. При поступлении информации по линии связи до ввода предыдущей кодовой посылки из УАПП в ПК происходит ошибка переполнения (перегрузки). И наоборот, если ПК выводят информацию, а она по какой-то причине не считана в линию связи, то это также указывает на ошибку, связанную с перегрузкой УАПП. Эти три типа ошибок обнаруживает УАПП.

При **синхронной передаче** данных для представления знака применяется 5-8 бит с необязательным битом паритета. Передаваемые символы в одном блоке данных имеют равное число бит. Произвольные временные интервалы между символами являются недопустимыми.

Для СК и модема используется одна частота синхронизации (тактовые сигналы синхронизации). Каждый блок данных начинается символами синхронизации, которые отличаются от символов данных. Модем

(С К) принимает последовательные биты данных, анализирует их и обнаруживает символы синхронизации, которые определяют начало блока данных. В СК программируются число передаваемых бит, паритет, число и коды символов синхронизации. Чаще всего передаваемые биты данных СК синхронизируются сигналами, поступающими из модема (внешнего генератора сигналов).

Значения скорости передачи следующие: 1200, 2400...72 000 бит/с. Различают два протокола связи: байт-ориентированный и бит-ориентированный. В байт-ориентированном протоколе используются несколько символов синхронизации в начале блока данных, в бит-ориентированном протоколе применяется в начале каждого блока данных один знак, называемый флагом.

#### 4.3. Асинхронный передатчик, асинхронный приемник

**Асинхронный передатчик** выполняет преобразование параллельного кода в последовательный со стартопным форматом. Кроме того, асинхронный передатчик через прерывание сигнализирует процессору о возможности вывода очередного символа.

Термины Ввод или Вывод рассматриваются относительно процессора, то есть процессор выводит байт данных и записывает в порт устройства, или процессор читает содержимое порта устройства и вводит в собственные регистры. Асинхронный передатчик включает в себя два адресуемых порта: 8-разрядный регистр данных вывода (РДВыв) и 2-разрядный регистр состояния вывода (РСВыв). Первый бит РСВыв доступен по записи и чтению со стороны процессора. Выходной сигнал этого бита разрешает прерывание (РП) со стороны асинхронного передатчика. Второй бит устанавливается асинхронным передатчиком, когда РДВыв пуст, и имеет название Флаг готовности (ФГ). После того как символ будет переписан в сдвиговый регистр (СР), асинхронный передатчик устанавливает бит ФГ, что указывает процессору на возможность вывода очередного символа.

На рис. 26 представлена структурная схема асинхронного передатчика, в которой с целью ее упрощения отсутствуют схема контроля и возможность программирования числа передаваемых бит данных и множителя скорости ( $M_n=16$ ). Поэтому на выходе TxD асинхронного передатчика формируется последовательная кодовая посылка, содержащая 11 бит (стартовый бит, 8 информационных и 2 стоповых бита).

При включении питания по сигналу Сброс устанавливается бит ФГ РСВыв, указывающий процессору, что РДВыв пуст. Процессор определяет это состояние РДВыв через прерывание ( $РП=ФГ=1$ ) или путем

опроса ФГ (РП=0) регистра состояния. Затем процессор выполняет вывод байта данных, который записывается в РДВыв сигналом Зп РДВыв (схема сопряжения передатчика с системной шиной будет рассмотрена ниже). Кроме того, сигнал Зп РДВыв осуществляет сброс бита ФГ РСВыв и пуск блока управления (БУ) при наличии сигнала CTS (Готовность для передачи), приходящего из внешнего устройства, которому передается последовательная кодовая посылка.

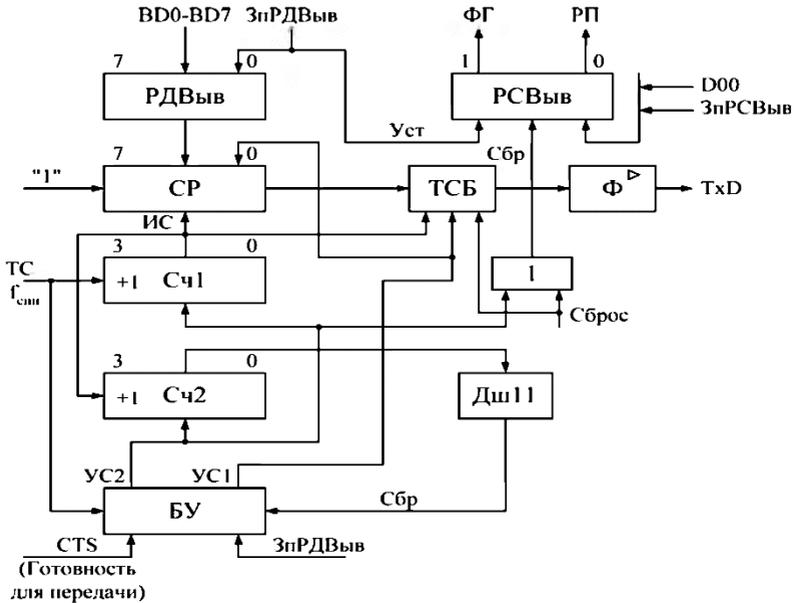


Рис. 26. Структурная схема асинхронного передатчика

Блок управления БУ, синхронизированный тактовыми сигналами (ТС), вырабатывает два управляющих сигнала: УС1 и УС2. Первым сигналом УС1 осуществляются сброс триггера стартового бита (ТСБ), предварительно установленного в единичное состояние сигналом Сбр, и передача содержимого РДВыв в СР. Вторым сигналом УС2 выполняются следующие действия: разрешается работа счетчиков Сч1 и Сч2 и устанавливается бит ФГ РСВыв. Для построения БУ используются два триггера.

Счетчик (4-разрядный Сч1) начинает подсчитывать сигналы ТС. После приема восьми сигналов ТС (середина бита кодовой посылки) на

четвертом выходе Сч1 (соответствующего весу 8) формируется импульс сдвига (ИС), поступающий на СР и ТСБ и выполняющий сдвиг на один разряд девяти битов последовательной кодовой посылки, причем первым через формирователь (Ф) на линию ТxD поступает стартовый бит. Таким образом, 4-разрядный счетчик Сч1 определяет  $M_n=16$ , то есть длительность каждого бита кодовой посылки соответствует 16 сигналам ТС.

Счетчик Сч2 подсчитывает сигналы ТС. Как только содержимое Сч2 станет равным коду 11 (1011), дешифратор (Дш11) этого кода формирует сигнал Сбр, указывающий на завершение передачи 11-разрядной кодовой посылки. Последние 2 стоповых бита образуются за счет подключения последовательного входа СР к напряжению, соответствующему логической единице (1). Сигнал дешифратора Дш1 1 выполняет сброс БУ, который, в свою очередь, запрещает работу счетчиков Сч1 и Сч2. На этом завершается цикл передачи байта данных на линию ТxD.

**Асинхронный приемник** выполняет прием последовательной кодовой посылки, имеющей стартстопный формат, и преобразование последовательного 8-разрядного кода в параллельный. Запуск асинхронного приемника осуществляется стартовым битом. Процессор определяет, что регистр данных ввода (РДВв) полон, через прерывание или опрос бита ФГ регистра состояния.

Структурная схема асинхронного приемника изображена на рис. 27. Принцип работы асинхронного приемника заключается в следующем.

Поступающий с линии данных RxD стартовый бит низкого уровня разрешает работу счетчика Сч1 (подсчет сигналов ТС), имеющего два сбросовых входа, включенных по схеме &. Сброс счетчиков Сч1 и Сч2 выполняется, если на обоих входах присутствуют сигналы высокого уровня. Таким образом, на первый вход R счетчика Сч 1 подан сигнал низкого уровня стартового бита, а на втором входе R сохраняется сигнал высокого уровня с дискриминатора длительности стартового бита (ДДСБ), реализованного на базе триггера. Предварительно (перед началом работы устройства) ДДСБ был установлен в единичное состояние сигналом Сброс.

Если на линии RxD вместо стартового бита присутствует кратковременная помеха низкого уровня, то счетчик Сч 1 не успеет подсчитать восемь сигналов ТС (половина интервала бита) и на его выходе 8 (8-вес разряда) не появится импульс сдвига (ИС). В случае поступления стартового бита счетчик Сч1 формирует первый импульс ИС, который записывает стартовый бит в сдвиговый регистр (СР) и сбрасывает триггер ДДСБ. Теперь на выходе ДДСБ вырабатывается управляющий сигнал

(УС) низкого уровня, поступающий на второй сбросовый вход счетчика Сч 1 и разрешающий дальнейший прием последовательной кодовой посылки в СР. Ввод кодовой посылки осуществляется через усилитель-приемник (Пр). Кроме того, выходной сигнал триггера ДДСБ разрешает работу счетчика Сч2, подсчитывающего импульсы ИС. Как только содержимое счетчика Сч2 станет равным 9 (1001), на выходе дешифратора Дш9 вырабатывается сигнал, указывающий на завершение приема последовательной кодовой посылки и устанавливающий триггер ДДСБ в единичное состояние. Высокий уровень выходного сигнала триггера ДДСБ переписывает содержимое регистра СР в регистр РДВв и устанавливает бит ФГ регистра РС. Через прерывание (РП=ФГ=1) или опрос ФГ=1 (РП=0) процессор считывает содержимое регистра РДВв. Чтение регистра РДВв выполняется сигналом Чт РДВ, который, кроме того, осуществляет сброс бита ФГ регистра РСвв. После ввода следующей последовательной кодовой посылки вновь устанавливается бит ФГ, указывающий на то, что РДВв полон. После чтения содержимого РДВв происходит сброс бита ФГ и т. д.

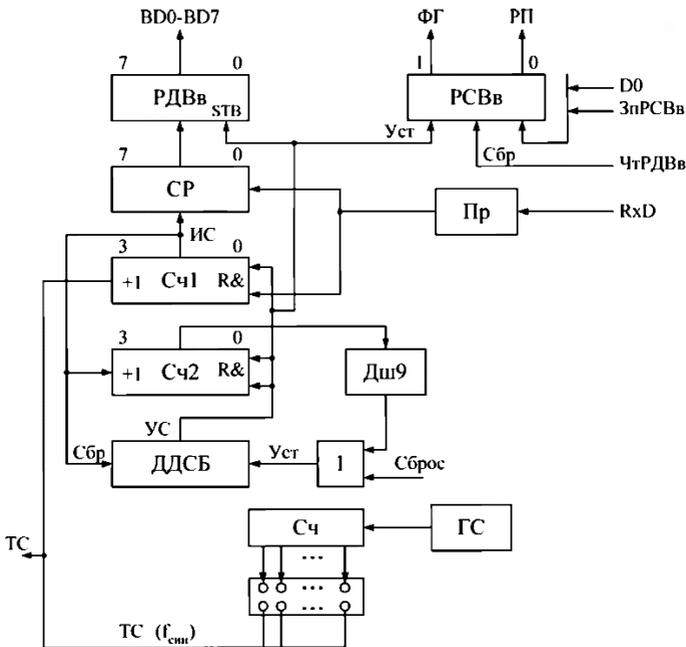


Рис. 27. Структурная схема асинхронного приемника

Формирование сигналов ТС для асинхронных передатчика и приемника выполняется с помощью схемы, содержащей генератор сигналов (ГС), счетчик (Сч) и наборное поле. Выходы счетчика Сч, осуществляющего деление частоты, подключены ко входам наборного поля. Установив переключку в наборном поле, можно задать определенную частоту сигналов ТС (скорость передачи битов).

#### 4.4. Параллельный интерфейс

Параллельные интерфейсы не подвержены строгому стандарту. Данные передаются между передающими устройствами (ПУ) и адаптерами параллельно по разрядам. Если после передачи данных поступает только ответный сигнал квитирования, то такая передача называется асинхронной. Существует параллельный с квитированием стандартный интерфейс Centronics, предназначенный для связи принтера и его адаптера. Если параллельная передача сопровождается только синхросигналом, то такой интерфейс называется синхронным. Параллельная передача (интерфейс) может быть связана лишь с вводом, выводом или вводом/выводом данных.

## 5. ИНТЕРАКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ВВОДА

### 5.1. Основные определения

**Американский стандартный код для обмена информацией** (код ASCII, American Standart Code for Information Interchange) - стандартный код, в котором буквам, числам, управляющим символам и т. д. присваиваются соответствующие числовые значения.

Стандарт ASCII содержит лишь 128 символов, 7-разрядные коды которых обозначаются 0-127. В ПК обычно используется вдвое больше символов. Поэтому в настоящее время программистами принято считать стандартные коды 0-127 и 128-255 8-разрядными кодами ASCII.

Стандартные коды ASCII (0-127) состоят из двух частей. Первая часть включает 32 символа с кодами 0-31, которые используются для управления периферийными устройствами и не выводятся на экран дисплея.

Вторая часть содержит коды 32-127, соответствующие буквам алфавита, цифрам и знакам препинания. Причем для одинаковых букв верхнего и нижнего регистров соотносятся разные коды.

**Расширенные коды ASCII** - дополнительные коды от 128 до 255, которыми обозначены специальные (иностранные, научные и графические) символы. К группе иностранных символов (коды 128-154 и 160-167) относятся символы, применяемые в европейских языках, символы изображения знаков валюты разных стран и символы знаков пунктуации.

**Символ** - цифровое представление буквы, числа или какого-либо знака.

**Скэн-код (Scan code)** - порядковый номер клавиши, код которого генерируется при нажатии или отпуске клавиши клавиатуры. Прерывание клавиатуры вызывает преобразование скэн-кодов в коды ASCII или расширенные коды.

**Формат скэн-кода** содержит одинаковые по длительности: стартовый бит, байт данных, бит паритета и один столовый бит.

**Стартовый бит** - нулевой бит, предшествующий последовательной передаче байта данных, указывает на прерывание маркерного единичного промежуточного состояния линии, устанавливаемое между передачами данных. Стартовый бит используется на приемной стороне для запуска его синхронизатора.

**Стоповый бит** - бит завершения последовательной передачи формата скэн-кода, переводящий линию в единичное маркерное состояние.

После стопового бита может быть возобновлена передача стартового бита очередного скэн-кода.

**Бит паритета (четности)** - дополнительный бит, добавляемый к байту данных для обнаружения возможных ошибок.

**Буфер клавиатуры** - область памяти, отводимая для хранения и организации циклической очереди, в которую по прерывании клавиатуры помещаются коды ASCII клавиш и их скэн-коды.

**Код нажатия** - тип скэн-кода, формируемый при нажатии клавиши.

**Код отпускания** - тип скэн-кода, генерируемый при отпускании клавиши.

**Прерывание клавиатуры** - аппаратное прерывание, формируемое при нажатии или отпускании клавиши. По прерывании вызывается обработчик прерывания (драйвер), который помещает скэн-коды и соответствующие им коды ASCII в буфер клавиатуры.

**Частота автоповтора** - скорость повторной передачи последовательного кода при удержании нажатой клавиши.

## 5.2. Клавишное устройство ввода

**Клавиатура** - устройство ручного ввода кодов номеров нажатых клавиш (скэн-кодов), содержащее матрицу (поле) датчиков клавиш и микропроцессор с буферной памятью (см. рис. 28).

**Микропроцессор клавиатуры** выполняет следующие основные функции: сканирование (последовательный циклический опрос) матрицы датчиков, определение факта нажатия (отжатия) клавиши, нахождение скан-кода и помещение его в буфер FIFO, формирование последовательной кодовой посылки скан-кода специального формата и передача его в контроллер клавиатуры, прием и выполнение команд процессора, реализацию протокола связи.

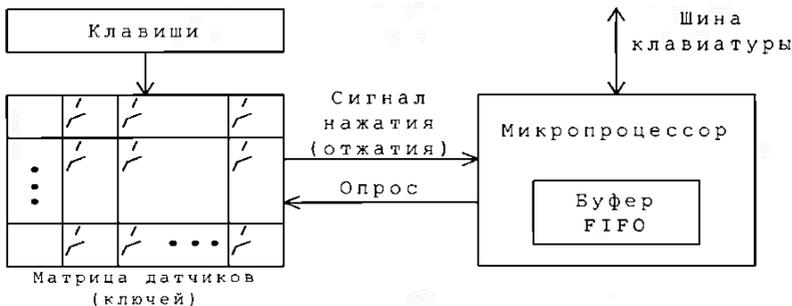


Рис. 28. Упрощенная схема клавиатуры

**Буфер FIFO** (First In First Out) - буферная память с обслуживанием в порядке поступления данных. На рис. 29 изображена схема взаимодействия клавиатуры с процессором.



Рис. 29. Схема взаимодействия клавиатуры с процессором

Клавиатура последовательно опрашивает матрицу датчиков клавиши, определяет факт нажатия клавиши, формирует соответствующие коды нажатия или отпускания и передает их последовательными кодовыми посылками определенного формата в контроллер клавиатуры.

Контроллер клавиатуры выполнен на базе микропроцессора, содержащего внутреннюю память, осуществляет преобразование последовательных скан-кодов в параллельные коды нажатия (отжатия) системного формата и вырабатывает сигнал запроса прерывания, по которому процессор прекращает свою текущую работу и определяет адрес вектора прерывания.

Драйвер клавиатуры представляет собой сложную программу, реализуемую процессором, которая в конечном итоге ее выполнения, для нажатия символьной клавиши, помещает в кольцевой буфер клавиатуры два байта: нулевой байт - код ASCII, а второй байт скан-код.

### 5.3. Типы клавиш клавиатур PC/XT, PC/AT

Клавиатура PC/XT имеет 83 клавиши. Клавиатура AT содержит 84 клавиши. Ее основное отличие от клавиатуры PC - в том, что она стала

доступной со стороны системного процессора. Это техническое усовершенствование делает клавиатуру АТ не совместимой с клавиатурой РС, хотя и используются одни и те же разъемы.

Кроме того, фирма IBM изготавливает улучшенную клавиатуру, количество клавиш которой равно 101 (102). Эта клавиатура является модернизацией клавиатуры АТ, но также остается не совместимой с клавиатурой РС/ХТ. В улучшенной клавиатуре используется другое размещение клавиш.

Всю совокупность клавиш можно разделить на два типа. Клавишам первого типа после преобразования скэн-кодов соответствуют коды ASCII (клавиши ASCII), а клавишам второго типа - расширенные коды (специальные клавиши и их комбинации).

При одновременном нажатии клавиш Alt+F1 генерируется 2-байтный расширенный код 0:104. Младший байт расширенного кода всегда содержит нуль, а старший байт - скэн-код (код сканирования) клавиши. Каждой клавише (комбинации клавиш) поставлен в соответствие номер, по которому формируется скэн-код. Например, клавиша F1 имеет номер 59, и ей соответствует расширенный код 0:59. Функциональные клавиши наиболее часто используются командами операционной системы.

Каждая клавиша содержит переключатель, который может быть механического (мембранного) или бесконтактного типа. В механических (контактного типа) клавишах возникает эффект дребезга контакта, требующий своего устранения. В бесконтактных клавишах используется емкостная или индуктивная технология. При нажатии клавиши в емкостной клавиатуре изменяется емкость этой клавиши.

#### 5.4. Манипулятор мышь, шаровые манипуляторы

**Манипулятор мышь** относится к устройствам интерактивной связи человека с машиной.

При перемещении мыши по плоской поверхности выполняется движение курсора по экрану монитора, то есть курсор отслеживает перемещение «мыши» с помощью выполнения соответствующей программы. Манипуляторы мышь получили широкое распространение при работе с программами, содержащими машинную графику (Windows, AutoCAD и т. п.). Подключение манипулятора мышь к ПК выполняется либо с помощью специальной платы (шинная мышь), либо через последовательный порт (COM). Различают следующие типы манипуляторов этого

класса: механические, оптомеханические и оптические. На рис. 30 показано условное изображение механического (а) и оптического (б) манипуляторов мышь, поясняющее принцип их работы.

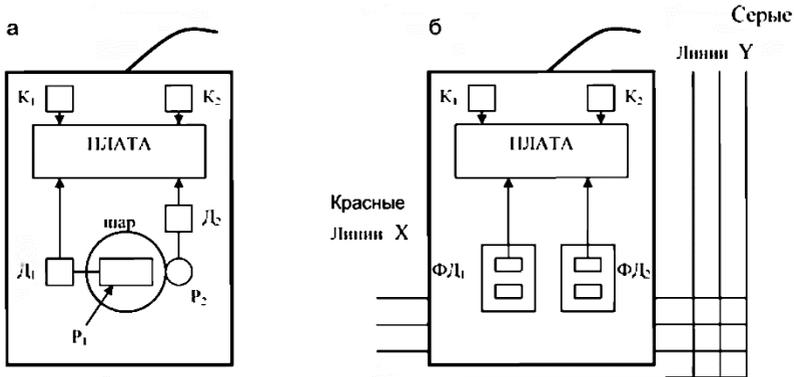


Рис. 30. Условное изображение механической (а) и оптической (б) мыши

Рассмотрим принцип работы механической мыши. При перемещении мыши по столу (специальному коврику) начинает вращаться каучуковый шар, размещенный в основании корпуса. С шаром соприкасаются два вращающихся ролика ( $P_1$  и  $P_2$ ), установленные под углом  $90^\circ$  друг к другу. При движении «мыши» в горизонтальном направлении (по оси X) вращается ролик  $P_2$ , а при движении в вертикальном направлении (по оси Y) - ролик  $P_1$ . Детекторы  $D_1$  и  $D_2$ , вращения роликов передают соответствующие импульсы на плату с электронной схемой, сигналы кодов с которой поступают в ПК. Как уже указывалось, большинство манипуляторов используют последовательный порт RS-232C. Кроме того, имеются беспроводные мыши, использующие инфракрасное излучение для передачи кодов в приемник, подключенный к последовательному порту. На корпусе мыши находится одна или несколько клавиш (K), код которых также поступает в ПК. Обслуживающая программа определяет текущее положение мыши относительно известных положений и состояние ее клавиш и выполняет соответствующие действия. Нажатие одной клавиши мыши может быть эквивалентно нажатию клавиши **Enter** клавиатуры, нажатие другой - клавиши **Esc** клавиатуры. Программные файлы представляются на экране в виде картинок (пиктограмм), которые выбираются путем подвода курсора на их место и нажатия клавиши мыши. В Windows устанавливаются чувствительность мыши и время

двойного щелчка, используемого для запуска программы. Кроме того, выпускаются специализированные многокнопочные мыши.

Принцип действия оптической мыши, в которой подвижный шарик отсутствует, заключается в следующем. Такая мышь содержит два фотодатчика ФД<sub>1</sub> и ФД<sub>2</sub>, каждый из которых содержит фотоэлемент (фотоприемник) и светодиод (фотопередатчик). Один светодиод излучает красный свет, а другой - инфракрасный. Кроме того, фотодатчик ФД<sub>1</sub> принимает только красный свет, а ФД<sub>2</sub> - лишь инфракрасный. Фотоэлемент и светодиод ФД размещены под углом друг к другу так, чтобы отраженный от поверхности свет попадал на фотоэлемент. Светодиоды освещают двухцветную сетку, нанесенную на специальную подложку. При перемещении мыши происходит отражение света, интенсивность которого меняется в зависимости от приближения (удаления) к линии (от линии). Изменение интенсивности одного или другого света показывает направление движения мыши по оси X или Y. Схема платы мыши передает соответствующие сигналы X и Y фотоэлементов в ПК, в котором драйвер мыши их анализирует и управляет движением курсора на экране.

Кроме того, выпускаются оптомеханические мыши, содержащие шарик и фотооптические датчики, которые являются как бы частью клавиатуры (подключаются через специальный блок). Сигналы мыши воспринимаются как сигналы клавиатуры. В этом случае не используется последовательный порт и упрощается некоторым образом программа обработки сигналов мыши.

**Шаровой манипулятор (трекбол)** иногда называют перевернутой механической мышью, так как перемещение курсора связано с ручным вращением выступающего над поверхностью шарика, расположенного в верхней части корпуса манипулятора. Трекболы применяются в системах автоматического проектирования, обработки изображений и управления игровыми программами. Движение шарика в трекболе преобразуется в сигналы отсчетов по осям X и Y. По каждому из направлений формируется до 480 импульсов на один оборот шарика, частота импульсов пропорциональна скорости вращения. Трекбол является оптомеханическим устройством, содержащим оптические датчики с фотодиодами (приемниками света), расположенными так, чтобы определить, каким образом вращается шарик: вверх, вниз, влево или вправо. Датчик формирует сигналы с уровнем ТТЛ: +X, -X, +Y, -Y. На рис. 31 представлена упрощенная схема интерфейса шарового манипулятора (ШМ).

В схеме интерфейса трекбола содержатся два реверсивных счетчика СчX и СчY, содержимое которых может быть считано через шинные

буферы (ШБ) на шину данных (ШД) соответственно сигналами чтения ЧтХ и ЧтУ. Для запрещения переполнения счетчиков при вращении шарика в одном и том же направлении применяются дешифраторы предельных значений (переходов от 0 к 255 и от 255 к 0), ДПЗ<sub>1</sub> и ДПЗ<sub>2</sub>.

В других шаровых манипуляторах используются два потенциометра. При вращении шарика происходит изменение значений сопротивлений потенциометров, которое пропорционально влияет на длительность сигналов. Некоторые фирмы выпускают мини-трекболы для портативных ПК, устанавливаемые сбоку от клавиатуры.

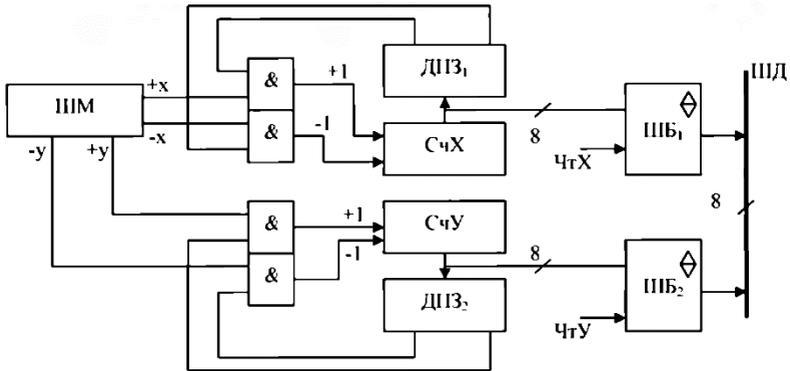


Рис. 31. Упрощенная схема интерфейса ШМ

## 6. ГИБКИЕ И ЖЕСТКИЕ ДИСКИ

### 6.1. Типы гибких дисков, организация данных на гибких дисках

Из всех типов дисков пока еще используются 3,5-дюймовые диски (диаметром 89 мм), внешний вид которых показан на рис. 32, где 1 - корпус, 2 - заслонка; 3 - отверстие записи-чтения, 4 - пластиковая шторка, 5 - отверстие диска высокой плотности, 6 - отверстие диска сверхвысокой плотности, 7 - ключ; 8 - металлический зажим; 9 - направляющая прорезь.

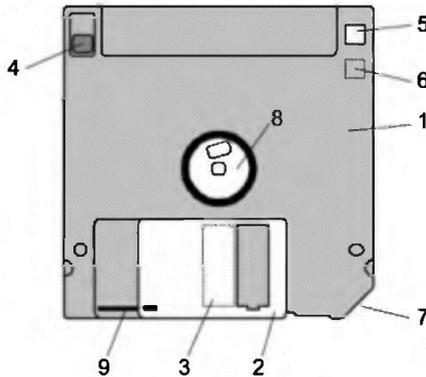


Рис. 32. Внешний вид 3,5-дюймового диска (вид снизу)

Такие диски помещаются в жесткий защитный корпус из ударно-прочного полистирола. Магнитные головки получают доступ к поверхности диска с помощью подвижной металлической заслонки, размещенной на обеих поверхностях корпуса. При установке диска в дисковод заслонка по направляющей прорези автоматически смещается, открывая прямоугольное отверстие в корпусе для контакта магнитных головок с поверхностями диска. Блокировка записи выполняется перемещением пластиковой шторки таким образом, чтобы было открыто небольшое отверстие. Для дискет с высокой плотностью записи имеется дополнительное прямоугольное отверстие. Срезанный угол корпуса представляет собой ключ, исключающий неправильную установку диска в дисководе, а шпиндельное отверстие закрыто специальным зажимом.

Несмотря на то что диски 3,5 дюйма небольшого размера, емкость у них рассчитана на хранение 1,44 Мбайта или 2,88 Мбайта данных). У старых 3,5-дюймовых дисков без дополнительного прямоугольного от-

верстия в углу конверта и без обозначения HD (высокая плотность) емкость небольшая и равна 720 Кбайт. В табл. 4 приведены типы дисков с учетом продольной плотности записи данных.

Таблица 4

### Основные характеристики гибких дисков

Типы дисков	Число дорожек	Размер диска	Емкость диска
EQ	80	3,5"	720 Кбайт
HD	80	3,5"	1,44 Мбайта
ED	80	3,5"	2,88 Мбайта

На поверхности диска размещены дорожки, представляющие собой концентрические окружности, на которые последовательным кодом записывается информация. Дорожки разбиты на сектора. Последовательность нумерации секторов (а - BIOS, б - DOS) показана на рис. 33.

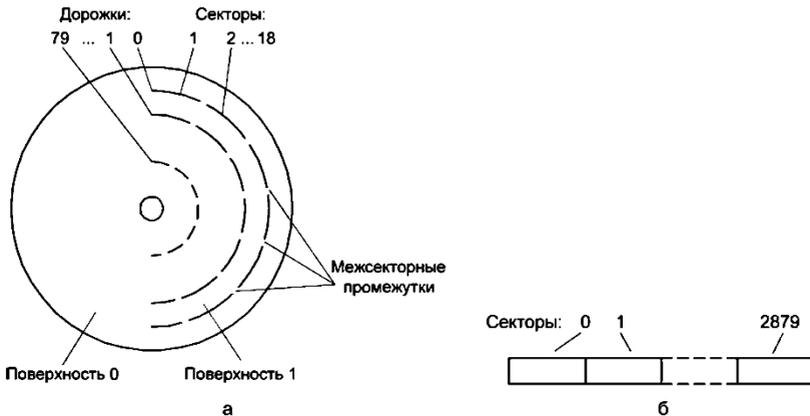


Рис. 33. Последовательность нумерации секторов: а) BIOS, б) DOS

Поверхности и дорожки нумеруются (стороны 0 и 1 и номер дорожки на первой стороне совпадают с номером аналогичной дорожки на второй стороне). Самая внешняя дорожка имеет номер 0. Запись и чтение информации дорожек выполняются полными секторами. Сектор имеет переменную длину (128-1024 байта), и его размер может быть запрограммирован. DOS поддерживает для всех дисков стандартный размер сектора, равный 512 байтам. В DOS выполняется последовательная нумерация всех секторов на обеих сторонах от нулевого сектора до последнего. BIOS использует трехмерный доступ к сектору: сторона 1, дорожка 7, сектор 5, а DOS - одномерный доступ - сектор 143. Емкость

диска  $V = N \times M \times S \times L$ , где  $N$  - число сторон,  $M$  - число дорожек на одной стороне,  $S$  - число секторов на одной дорожке и  $L$  - размер сектора. Обычно 3,5-дюймовые диски содержат 80 дорожек, 18 или 36 секторов и имеют емкость 1,44 Мбайта или 2,88 Мбайта.

Накопители на гибких дисках относятся к внешним запоминающим устройствам быстрого доступа. Для поиска нужного сектора соответствующей дорожки на поверхности диска необходимо выполнить перемещение магнитной головки на заданную дорожку, затем опустить ее на эту дорожку, найти на ней сектор при вращении гибкого диска. Гибкие диски вращаются со скоростью от 300 до 360 об/мин.

## 6.2. Конструкция жесткого диска, технические параметры

**Жесткий диск** - обычно внутренняя долговременная (энергонезависимая) память хранения больших объемов информации (операционной системы, программ и данных), обеспечивающая высокую скорость доступа к данным и их сохранность при выключенном питании.

Жесткий диск имеет герметический корпус, в котором размещаются блок магнитных головок для чтения и записи информации, привод их движения, пакет дисков и двигатель вращения дисков.

**Диски** - это круглые стеклянные, керамические или алюминиевые пластины диаметром 1,8", 2,5", 3,5" или 5,5" (1" - один дюйм), на поверхности которых наносится тонкий слой кобальта (тонкопленочное покрытие), ферромагнетика (окиси хрома) или ферролака (оксида железа), применяемого в старых дисках.

Диски с тонкопленочным напылением более надежны и имеют большую плотность записи.

Количество дисков - 1-15 и больше, иногда внешние поверхности не используются с целью уменьшения размера корпуса жесткого диска. В других случаях на эти поверхности наносятся серводанные для ориентации блока магнитных головок, позиционирование которых осуществляется с помощью электромагнитного соленоида (подвижной катушки). По катушке пропускается ток определенной величины, и она перемещается вместе с блоком магнитных головок до заданного цилиндра.

**Цилиндр** - совокупность дорожек одного радиуса, имеющих один номер. По серводанным находится положение блока магнитных головок на поверхности дисков.

Привод с подвижной катушкой быстрее, чем привод с шаговым двигателем, так как является системой обратной связи, учитывающей серводанные, а значит, и сложнее (дороже).

Общий вид жесткого диска представлен на рис. 34.

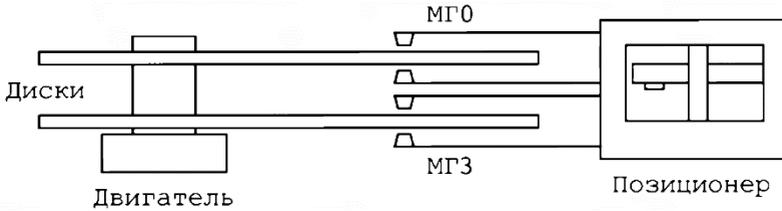


Рис. 34. Общий вид жесткого диска

Диски вращаются со скоростью 5400, 7200, 12000 и выше об/мин. причем магнитные головки не соприкасаются с поверхностью диска. С целью исключения аварий применяют специальные подвески для хранения магнитных головок в нерабочем состоянии. Кроме того, в некоторых жестких дисках после завершения работы предусматривается специальная дорожка для парковки магнитных головок.

Быстродействие и плотность записи информации определяются конструкцией магнитной головки, при изготовлении которой используются специальный материал и тонкопленочная технология.

Миниатюрная магнитная головка имеет узкую прорезь с разнополярными полюсами, магнитный поток с этих полюсов замыкается через поверхность дорожки диска, и осуществляется соответствующая ориентация магнитных доменов. Магнитная головка позволяет на 1 дюйм (2,54 см) осуществить ориентацию 10 000 доменов и выше, что характеризует высокую продольную плотность записи данных на дорожке.

Различают жесткие диски с поворотным или линейным позиционером. На узких разделенных и гибких концах поворотного позиционера (рис. 35) размещены две магнитные головки (МГ0 и МГ1), причем МГ0 находится со стороны внешней поверхности, а МГ1 - со стороны внутренней поверхности диска.

На другом широком конце позиционера находятся две плоские обмотки (одна - снизу, а другая - сверху). Наружная обмотка позиционера закрыта металлической пластиной с двумя магнитами, закрепленной болтами внутри корпуса так, что позиционер может совершать поворот на заданный угол вокруг своей оси. Движение позиционера в одну или другую сторону осуществляется изменением направления тока в обмотках позиционера.

Магнитные головки и обмотки позиционера связаны гибким электрическим шлейфом с печатной платой, размещенной внутри корпуса.

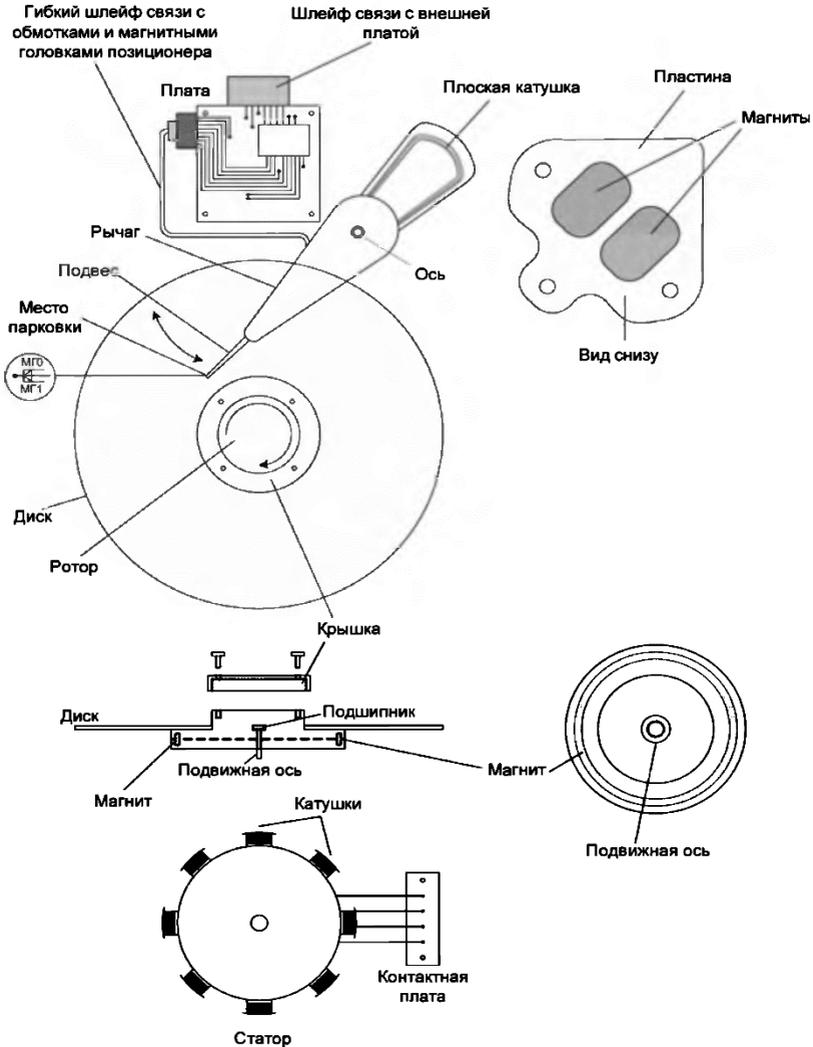


Рис. 35. Жесткий диск с поворотным позиционером

Внутренняя печатная плата содержит микросхему, осуществляющую коммутацию и усиление сигналов МГ0 и МГ1. Кроме того, печатная плата подключена другим гибким шлейфом к внешней печатной плате, которая с помощью болтов установлена на наружной стороне

корпуса. На этой печатной плате находятся: процессор, ПЗУ, ОЗУ, сигнальный процессор, схемы управления позиционером и двигателем вращения, дисковой кэш с контроллером, схема сепарации данных, интерфейсный блок. Оборудование внешней платы зависит от типа интерфейса ST506/412, ESDI, IDE или SCSI.

Диск размещается на шпинделе полого ротора, содержащего круглый постоянный магнит и подвижную ось, вокруг которой он совершает вращательное движение. Ротор своей осью устанавливается в отверстие неподвижного катушечного статора, подключенного с помощью контактной платы к внешней плате жесткого диска. Катушечный статор создает бегущее магнитное поле, и ротор вместе с жестким диском совершает вращение, причем образующийся воздушный поток вызывает парение магнитных головок над поверхностями дисков.

Расстояние между дорожкой диска и магнитной головкой составляет сотые доли микрона. Чем меньше это расстояние, тем больше плотность записи информации на дорожку диска (уменьшается ток записи, и усиливаются сигналы чтения информации).

Ближе к центру диска предусмотрена нерабочая парковочная зона, куда устанавливаются магнитные головки позиционера после завершения работы жесткого диска.

Шаговый двигатель обеспечивает радиальное движение магнитных головок по шагам (по сигналу «Шаг» магнитные головки перемещаются с одной дорожки на другую). В приводах с шаговым двигателем отсутствует обратная связь для указания местоположения головок на поверхности диска. В этом случае контроллер диска непрерывно отслеживает местоположение магнитных головок на поверхности диска. По этой причине жесткие диски с шаговым двигателем являются простыми (недорогими) устройствами.

Линейный привод с соленоидом представляет собой электромагнит и имеет обратную связь, по которой поступают серводанные о местоположении головок на дисках. Серводанные записывают на специальных сервоповерхностях диска (обычно это внешние поверхности) или между дорожками (секторами) диска, за которыми следят соответствующие датчики.

В линейных приводах электромагнит тянет металлический стержень для подвода шарнира магнитных головок с пружиной к наружному цилиндру, в сторону центра диска с учетом серводанных.

Когда магнитное поле ослабевает на определенную величину, пружина шарнира возвращает магнитные головки к внешнему краю диска.

### 6.3. Размещение данных на жестком диске

В жестких дисках данные записываются последовательным способом старшим битом вперед на дорожке так же, как и в НГМД. Дорожки дисков с одинаковым радиусом образуют цилиндр, имеющий номер соответствующей дорожки. При записи файлов с целью экономии времени сначала заполняется весь цилиндр и только после этого осуществляется перемещение магнитных головок на следующий свободный цилиндр. Каждая дорожка обычно делится на одинаковое число секторов (чаще всего 17). В некоторых НЖМД, например, на внутренних более коротких дорожках размещаются 28 секторов, а на внешних дорожках - 34 сектора. Объем данных в одном секторе равен 512, 1024 или 2048 байт. DOS использует размер сектора в 512 байт данных. Поверхности пластин (магнитные головки) нумеруются 0, 1, 2 и т. д. Поэтому полный адрес сектора в дисковом пакете в BIOS состоит из номера цилиндра, номера поверхности (магнитной головки) и номера самого сектора. BIOS адресует секторы, начиная с первого.

**Геометрия диска** определяется числом пластин (сторон), дорожек и секторов. BIOS ЖД размещается в ПЗУ и хранит список геометрий (конфигураций) нескольких распространенных дисководов. Каждому типу дисковода присваивается номер, например, тип 7 соответствует дисководу ЖД с 615 цилиндрами, 6 сторонами (МГ), 17 секторами на дорожке и емкостью 32,1 Мбайта. Иногда наружные поверхности дисков не используют с целью уменьшения высоты корпуса ЖД. В других НЖМД на этих поверхностях записывают сервосигналы, необходимые для определения текущего положения МГ. Количество дисков, применяемых в НЖМД, обычно находится в интервале 1-15, количество цилиндров 615-2655, а количество секторов 17-34 и более. При форматировании дорожек жесткого диска на низком уровне соответствующим образом размещается и определяется каждый сектор на дорожке, подобно разметке гибкого диска НГМД.

**Формат дорожки** содержит сектора и зазоры (интервалы), согласующие во времени работу КНЖМД с передачей данных из НЖМД. Каждый сектор содержит поле идентификации, нужное для поиска требуемого сектора и включающее адресную метку идентификатора, номер цилиндра, номер МГ (поверхности), номер сектора и контрольный код идентификатора. Кроме того, сектор включает поле данных, размещенное после поля идентификатора и содержащее адресную метку данных, данные и контрольный код поля данных, проверяющий всю информацию после адресной метки.

#### 6.4. Контроллер и интерфейсы жесткого диска

**Контроллер жесткого диска** - устройство, выполняющее ввод/вывод информации (операционной системы, программ и данных) с жесткого диска.

Первые жесткие диски подключались к системной шине с помощью контроллеров (рис. 36), размещенных на плате.

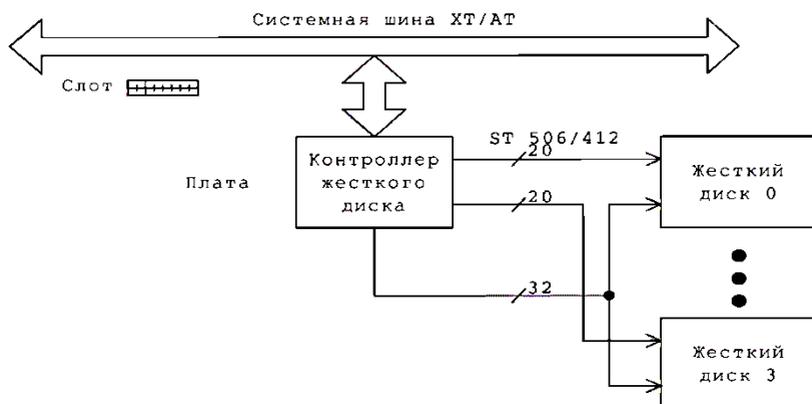


Рис. 36. Схема связи жестких дисков с шиной

В схеме подключения четырех жестких дисков (3-0) используется интерфейс ST506/412, разработанный фирмой Seagate Technologies.

**Интерфейс** - унифицированная система сопряжения (совокупность аппаратных, программных и конструктивных средств, определяемых стандартом и предназначенных для организации совместной работы устройств компьютера).

Шина этого интерфейса содержит 54 линии связи, причем данные из контроллера в каждый жесткий диск поступают по отдельным 20 линиям кабеля. Данные передаются в виде последовательных дифференциальных сигналов в одну и другую сторону (читаемые и записываемые данные).

**Дифференциальная передача сигналов** - передача сигналов с использованием специальных дифференциальных передатчика и приемника, связанных парой проводов, по которым передаются разнополярные сигналы, один из которых повторяет входной сигнал, а другой является его инверсией. Дифференциальный приемник устраняет синфазные помехи в проводах, что значительно повышает помехоустойчивость дифференциальной передачи.

Для распознавания значений битовых интервалов на приемной (передающей) стороне необходимо использовать какой-либо метод кодирования (декодирования) данных, например, MFM.

**Метод кодирования MFM** (Modified Frequency Modulation, Модифицированная, частотная модуляция) - метод синхронизации передаваемых последовательных данных, при использовании которого сигналы синхронизации смешиваются (объединяются) с сигналами данных. В результате образуется последовательность, состоящая из битов данных и битов синхронизации, вызывающая соответствующие изменения тока записи в магнитной головке.

При чтении информации с дорожки биты синхронизации позволяют определить положение битов данных.

Кроме того, биты синхронизации вызывают изменение магнитного потока, что обеспечивает хорошую синхронизацию и высокую надежность считывания информации. Метод кодирования MFM не допускает записи длинных последовательностей данных без изменения магнитного потока. Длинные последовательности нулей (единиц), не вызывающие изменения магнитного потока, будут приняты схемами воспроизведения с ошибками. Считается, что схема воспроизведения позволяет правильно установить (прогнозировать) положение битового интервала на дорожке, если число нулей не превышает восьми.

Недостатком метода MFM является наличие дополнительных битов синхронизации в битовой последовательности данных, что приводит к уменьшению плотности записи самих данных на дорожку диска, но зато схема выделения данных (сепаратор данных) получается простой.

Шина управления ST506/412 содержит линии, на которых формируются выходные сигналы контроллера: выбора дисков (3-0) и магнитной головки (7-0), направления, шага и разрешения записи. Кроме того, контроллер жесткого диска принимает сигналы: индекса (начала дорожки), готовности (достижения заданной скорости оборотов диска), дорожки 0 (положения магнитных головок на внешней дорожке) и ошибки (сбойной ситуации в накопителе).

Технические характеристики интерфейса ST506/412 следующие: скорость передачи данных 5-7,5 Мбайта/с, размер данных - один бит (последовательный код), длина кабеля - 3 м, емкость - 40 Мбайт.

Дальнейшим развитием интерфейса ST506/412 явился **интерфейс ESDI** (Enhanced Small Device Interface, Расширенный интерфейс малых устройств). Интерфейс ESDI имеет дополнительные функции, позволяющие подключать не только жесткие диски, но и гибкие диски, магнитные ленты. Для интерфейса ESDI характерны некоторые особенности,

существенно отличающие его от ST506/412. К этим особенностям относятся: перенос функции выделения данных из контроллера в жесткий диск, возможность передачи информации о конфигурации (типе подключаемого устройства), более высокая скорость передачи данных, работа с 256 магнитными головками и использование более длинных линий связи.

Интерфейс ESDI позволяет подключить до 8 устройств и имеет такое же количество проводников в кабелях, что и интерфейс ST506/412 (рис. 37).

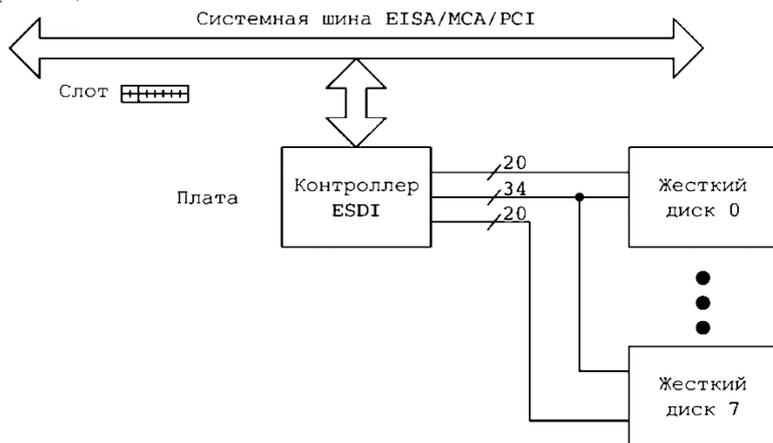


Рис. 37. Схема связи жестких дисков с шиной

В интерфейсе ESDI используются последовательная передача 16-битных команд, таких как поиск, чтение данных, запись данных, чтение состояния и т. д.

Передача данных выполняется с помощью дифференциальных передатчиков и приемников с использованием сигналов синхронизации, которые также передаются дифференциальным способом.

Кроме того, для надежного распознавания значений (0, 1) потока битов данных, передаваемых последовательными посылками по дифференциальным линиям, в интерфейсе ESDI используется **метод кодирования NRZ** (Not Return Zero, без возвращения к нулю). Метод называется так потому, что дифференциальная шина сохраняет свое состояние (не возвращается к 0) до тех пор, пока во входной последовательности не появится 1, то есть единичные значения входных данных вызывают переключение уровней на дифференциальной шине, а нулевые значения

сохраняют состояние уровней. Длинная последовательность нулей может вызвать сбой (нарушение синхронизации), поэтому в некоторых случаях через определенное количество нулей вставляется единица.

Технические характеристики интерфейса ESDI следующие: скорость передачи данных - до 24 Мбит/с, размер данных - один бит (последовательная передача), длина кабеля - 3 м, емкость - от 100 Мбайт и выше.

ESDI- жесткие диски содержат 35 или 54 секторов и применяются в серверах и мини-компьютерах.

Недостатком этого интерфейса являются относительно низкая скорость передачи данных, ограниченные функциональные возможности, связанные с ориентацией на магнитные носители информации.

**Интерфейс IDE** (Integrated Drive Electronics interface, Интегрированный интерфейс электронных устройств) является широко известным интерфейсом, имеющим еще и другое название - ATA (Advanced Technology Attachment. Усовершенствованная технология присоединения). Этот интерфейс прошел несколько ступеней развития, продолжает совершенствоваться и позволяет подключать также дисководы, CD и магнитные ленты (стриммеры).

Основное новшество интерфейса IDE по сравнению с интерфейсами ST506/412 и ESDI состояло в том, что значительная часть схем контроллера перенесена в жесткий диск. Поэтому для подключения IDE - жесткого диска применяется адаптер IDE, содержащий только дешифраторы базовых адресов и формирователи интерфейсных сигналов (рис. 38).

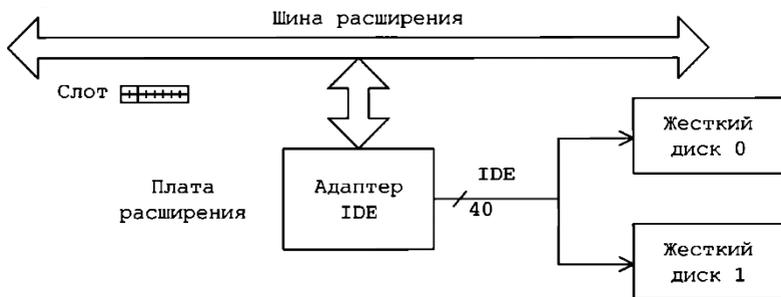


Рис. 38. Схема подключения двух жестких дисков IDE

Второй вариант подключения дисков заключается в том, что разъем IDE является встроенным в материнскую плату.

Интерфейс IDE напоминает интерфейс подключения какого-либо чипа к системной шине: наличие сигналов дешифрации базовых адресов (1F\* и 3F\*), сигналов доступа к адресуемым регистрам (A2 – A0), сигналов записи и чтения данных и т. д. (рис. 39).

Технические характеристики базового варианта IDE: скорость передачи данных - 10 Мбит/с, размер данных - 8116 бит, длина кабеля - 1 м, количество жил - 40.

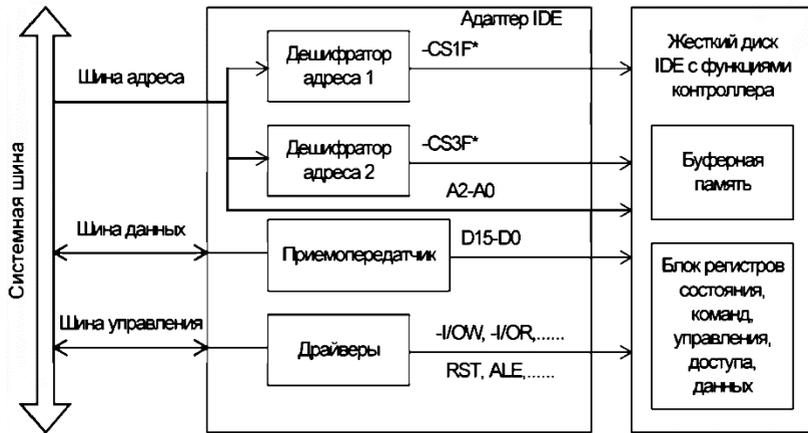


Рис. 39. Общая схема адаптера и жесткого диска IDE

В системных шинах ISA, EISA, MCA и т. д. можно выделить три разделяемые шины: адреса, данных и управления. К этим шинам подключается адаптер IDE, который содержит две схемы дешифрации старшей части адресов 1F\* и 3F\*, определяющие соответственно выбор блоков регистров (одного из двух). В блоке регистров хранится информация о состоянии (наличии ошибки, занятости, сигнала индекс и т. д.). Кроме того, сюда в соответствующий регистр управления заносятся биты информации: разрешения прерывания, сброса, выбора магнитной головки.

В регистрах доступа задаются: номер цилиндра, номер магнитной головки (поверхности) и номер сектора, то есть координаты каждого сектора определяются по схеме CHS (Cylinder, Head, Sector - Цилиндр, Головка, Сектор). Эту схему адресации использует BIOS. В другой схеме адресации применяется линейный способ задания номеров всех секторов от 0 до N. Линейная адресация имеет аббревиатуру LBA (Logical Block Address - Логическая адресация блоков) и использует DOS.

Жесткий диск выполняет команды: форматировать, поиск, чтение сектора, запись сектора и т. д., которые передаются процессором в регистр команд. Регистр данных используется для временного хранения 16-битных данных, передаваемых в буферную память и, наоборот, принимаемых из буферной памяти.

В жестком диске используется своя буферная память для хранения информации одной или нескольких дорожек объемом от 32 Кбайт до 1024 Кбайт и больше, предназначенная для согласования скоростей работы жесткого диска и процессора и увеличения быстродействия диска путем использования программ кэширования для сохранения копий файла. Чтение файла из буферной памяти процессор выполняет быстрее, чем из жесткого диска.

В адаптере IDE используются драйверы (формирователи) и приемопередатчик.

**Драйвер** - шинный формирователь (усилитель мощности), обеспечивающий поддержание электрических параметров сигнала (большой ток), передаваемого по длинной линии кабеля, который характеризуется большой емкостной нагрузкой, искажающей слабый сигнал.

**Приемопередатчик** - двунаправленный шинный формирователь, обычно предназначенный для согласования электрических параметров внешней и внутренней шин данных и управления направлением передачи данных.

**Технология S.M.A.R.T.** (Self-Monitoring and Reporting Technology, технология самоконтроля и оповещения) используется для оценки текущего состояния жесткого диска, которое характеризуются следующими параметрами: скоростью обмена данными, величиной зазора между магнитной головкой и поверхностью диска, скоростью поиска данных, количеством перемещений магнитной головки, количеством оборотов двигателя, числом включений (выключений) жесткого диска и т. д. Указанная технология имеет несколько версий:

- контроль параметров жесткого диска и предсказание возможных ошибок;
- сканирование жесткого диска в режиме холостого хода;
- нахождение и восстановление информации в проблемном секторе.

**Технология D.L.** (Data Lifeguard, сохранение жизни данных) является дальнейшим развитием технологии предотвращения потери информации, которая выполняет в режиме холостого хода определение дефектных секторов с целью уменьшения числа повторных обращений к ним. В технологии D.L. используются коды коррекции ошибок ECC. При обнаружении ошибки выполняется тестирующая программа для

нахождения дефекта диска, осуществляются запись сбойных секторов и перенос данных в резервные сектора.

**RAID-массив** (RAID - Redundant Array of Inexpensive Disks) - блок из нескольких жестких дисков, обеспечивающих надежное хранение данных (контролируемую неисправность) и (или) производительность системы. Известны различные уровни организации RAID-массивов от 0 до 5, каждый из которых разработан для соответствующей области применения. Например, уровень 0 (массив дисков с параллельным доступом) используется в системах видеомонтажа, требующих высокой скорости передачи данных. В уровне 1 применяется полное дублирование хранящейся в массиве дисков информации, то есть сохраняется целостность информации при отказе какого-либо диска.

**Интерфейс АТА** (Advanced Technology Attachment, усовершенствованная технология присоединения) известен также под другим названием - IDE (Integrated Drive Electronics Interface, интегрированный интерфейс дисковой электроники).

Интерфейс АТА непрерывно развивался и имеет несколько модификаций (стандартов): АТА/IDE, АТА2, АТА3, ULTRA АТА33/66, ULTRA АТА100 и др. Совершенствование АТА/IDE жесткого диска связано с увеличением емкости и быстродействия (длительности считывания секторов). Для интерфейсов АТА известны 5 режимов программных ввода/вывода (PIO), которые характеризуются различными скоростями передачи данных: PIO 0 (33 Мбайт/с); PIO 1 (5,2 Мбайт/с), PIO 4 (16,6 Мбайт/с). Недостатком режимов PIO является то, что управление обменом данными выполняет сам процессор, и поэтому эти режимы подходят для однозадачных операционных систем. Для многозадачных операционных систем наиболее подходят режимы прямого доступа (ППД), используемые в интерфейсах АТА. Интерфейс ULTRA АТА 133 поддерживает скорость передачи данных 133 Мбайт/с, IDE-диски емкостью около 160-180 Гбайт и длину кабеля до 45 см.

**Последовательный интерфейс Serial-ATA-150/300** (SATA-150/300) имеет следующие характеристики: скорость обмена данными 150 или 300 Мбайт/с, длина кабеля до 1 м, поддерживает «горячее» подключение устройств и совместимость с параллельным АТА на уровне команд.

## 7. ВИДЕОАДАПТЕРЫ И МОНИТОРЫ

### 7.1. Основные определения

**Атрибут символа** - информация, определяющая цвет символа, фона и интенсивность их свечения.

**Видеобуфер** - область памяти, содержащая данные, выводимые на экран монитора.

**Векторные дисплеи** - устройства, являющиеся более сложными по оборудованию, чем растровые дисплеи. Векторные дисплеи для получения используют графические примитивы (неделимые элементы изображения).

**Пиксел** - элемент (точка) растра, минимальная единица изображения, цвет и яркость которой можно изменять.

**Палитра** - набор цветов, реализуемый в соответствующем режиме дисплея. Двойное сканирование - повторение каждой горизонтальной строки при эмуляции текстовых режимов CGA в VGA, то есть символ форматом 8x8 отображается как 8x16.

**Регистр-защелка** - регистр с записью данных по уровню управляющего сигнала. Наиболее употребительным режимом этого регистра является фиксация данных до появления этого сигнала (его инверсным значением).

**Растровые дисплеи** - дисплеи, в которых изображение на экране образуется построчно и для получения немерцающего изображения выполняется его регенерация, например, с частотой 50 Гц.

**Разрешающая способность экрана** - число пикселей, отображаемых в горизонтальной строке, умноженное на количество этих строк.

**Плата видеопроцессора** - плата, содержащая типовые микросхемы компьютера: видеопроцессор, память, ПЗУ - и наиболее приспособленная для обработки графической информации, например, плата 8514/A.

**Плата ввода и вывода изображений** - плата захвата изображений, преобразующая стандартный телевизионный сигнал от видеоматрицы в цифровую форму и имеющая выходы на видеоадаптер.

**Частота регенерации изображения** - частота (сколько раз в секунду), с которой повторяется содержимое экрана (частота обратного невидимого вертикального хода луча).

**Чересстрочная развертка** - развертка, выполняемая за два прохода. При первом проходе вычерчиваются нечетные строки первого кадра, а при втором - четные строки второго кадра, размещаемые между нечетными строками. Чересстрочная кадровая развертка наиболее употребительна для получения качественных движущихся изображений, так как

образ экрана обновляется быстрее, чем при режиме строчного отображения.

## 7.2. Типы видеоадаптеров

**Видеоподсистема** - это одна из важнейших подсистем любого персонального компьютера, которая включает:

- 1) монитор;
- 2) видеоадаптер (видеокарту, графическую карту) вместе с графическим процессором (GPU) и видеопамятью;
- 3) интерфейс;
- 4) набор соответствующих программ-драйверов, поставляемых в комплекте с адаптером или в составе прикладных пакетов.

В DOS видеоадаптер называется консолью (CON), другой составной частью которой является клавиатура. Видеоадаптер может быть реализован в виде отдельной платы или встроен в видеосистему. Развитие адаптеров (видеоадаптеров) происходит путем совершенствования предыдущего адаптера (расширения функциональных возможностей) и сохранения программной совместимости. Существуют следующие типы видеоадаптеров (стандартов): монохромный адаптер дисплея и принтера (MDA), цветной графический адаптер (CGA), усовершенствованный графический адаптер (EGA), видеографическая матрица (VGA) и т. д. Дальнейшее развитие подтипов видеоадаптеров основано на стандарте VGA, например, SVGA, XGA и т. д.

## 7.3. Типы и классификация видеомониторов и интерфейсов

**Монитор** - это конструктивно законченное устройство, предназначенное для визуального отображения информации. Монитор состоит из экрана (дисплея), блока питания, плат управления, корпуса.

Информация для отображения на мониторе поступает с электронного устройства, формирующего видеосигнал (в компьютере - видеокарта).

В некоторых случаях в качестве монитора может применяться телевизор.

Классификация мониторов осуществляется:

- по типу экрана;
- по соотношению сторон;
- по типу видеоадаптера;
- по типу интерфейсного кабеля.

### Классификация мониторов по типу экрана:

- ЭЛТ - монитор на основе электронно-лучевой трубки (англ. Cathode Ray Tube, CRT) (рис. 40, а);



а)



б)

Рис. 40. Мониторы на основе ЭЛТ (а) и ЖК (б)

- ЖК жидкокристаллический монитор (англ. Liquid Crystal Display, LCD) (рис. 40,б);
- OLED - монитор на основе технологии OLED (англ. Organic Light-Emitting Diode - органический светоизлучающий диод, ОСИД);
- плазменный - на основе плазменной панели (англ. Plasma Display Panel, PDP, gas-plasma display panel);
- сенсорный (резистивный, емкостный) - монитор с возможностью ввода данных.

### Классификация мониторов по соотношению сторон и размерам.

Отношение сторон «горизонталь: вертикаль» (в условных единицах):

- 4:3 (стандартный);
- 16:9 или 16:10 (широкоформатные);
- 25:16 и др.

**Размер диагонали экрана в дюймах:** 15" (38 см); 17" (43 см); 19" (48 см); 21" (53 см); 22" (56 см); 24" (61 см); 26" (66 см); 30" (76 см); 32" (81 см).

### Классификация мониторов по типу видеоадаптера:

- VGA (640x480);
- SVGA (800x600);
- HD 720 (1280x720);
- Full HD 1080 (1920x1080) и др.

Форматы видеоизображений приведены в таблице 5.

Таблица 5

### Основные форматы видеоизображений

Название формата	Количество точек	Пропорции изображения	Размер изображения
VGA	640x480	4:3	307,2 кпикс
SVGA	800x600	4:3	480 кпикс
HD 720p	1280x720	16:9	921,6 кпикс
Full HD 1080p	1920x1080	16:9	2,07 Мпикс
UXGA	1600x1200	4:3	1,92 Мпикс
WXGA++	1600x900	16:9	1,44 Мпикс
Super Hi-Vision	7680x4320	16:9	33,17 Мпикс

**Классификация мониторов по типу интерфейсного кабеля.** Интерфейсы передачи сигнала в монитор делятся на аналоговые и цифровые (см. рис. 41).

Аналоговые:

- VGA (используется разъем D-SUB);
- DVI (в режиме совместимости через переходник VGA-DVI);
- S-Video;
- Композитный (разъем RCA – «тюльпан», см. рис. 42).

Цифровые:

- DVI (в том числе mini-DVI, micro-DVI);
- HDMI;
- DisplayPort (см. рис. 43).

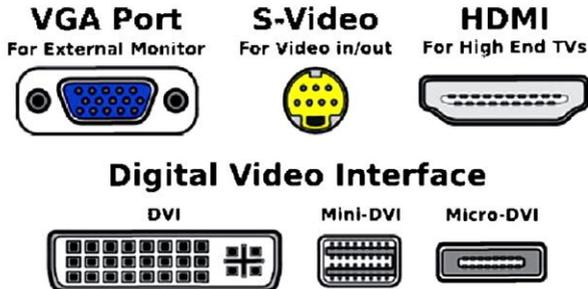


Рис. 41. Виды разъемов интерфейсов



Рис. 42. Композитный интерфейс

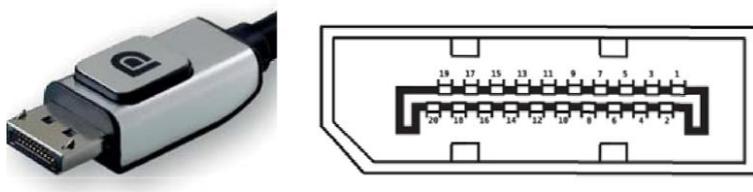


Рис. 43. Интерфейс DisplayPort

**Видеоадаптеры VGA** и более поздние обычно имели всего один разъем VGA (15-контактный D-sub компонентный). Изредка ранние версии VGA- адаптеров имели также разъем предыдущего поколения (9-контактный) для совместимости со старыми мониторами. Выбор рабочего выхода задавался переключателями на плате видеоадаптера. Видеокарта также может иметь разъем S-Video.

**Композитный видеовыход RCA.** Аналоговые видеосистемы с умеренным разрешением используют разъем RCA. Единственный коаксиальный кабель передает одновременно все видеосигналы: разрешения, яркости и цветности, почему и называется композитным, что не позволяет обеспечить высокое качество видео. Также видеокарта может содержать аналоговый компонентный **Y-Pr-Pb** видеовыход с тремя компонентами на трех RCA-разъемах, обеспечивающий приемлемое качество аналогового видео.

Современные видеокарты обычно оснащаются разъемами DVI или HDMI цифрового видео.

**Порты DVI** (Digital Visual Interface) и **HDMI** являются эволюционными стадиями развития стандарта передачи видеосигнала, поэтому для соединения устройств с этими типами портов возможно использование переходников (разъем DVI к гнезду D-Sub - аналоговый сигнал, разъем HDMI к гнезду DVI-D - цифровой сигнал, который не поддерживает технические средства защиты авторских прав (англ. High Bandwidth

Digital Copy Protection, HDCP), поэтому без возможности передачи многоканального звука и высококачественного изображения). Порт DVI-I также передает аналоговые сигналы, позволяющие подключить монитор через переходник на старый разъем D-Sub (DVI-D не позволяет это сделать).

**Интерфейс HDMI** (High Definition Multimedia Interface) - интерфейс для мультимедиа высокой четкости, позволяющий передавать: 1) цифровое видео; 2) многоканальные цифровые аудиосигналы с защитой от копирования; 3) дополнительную служебную информацию управления устройствами.

Разъем HDMI обеспечивает цифровое DVI-соединение нескольких устройств с помощью соответствующих кабелей. Основное различие между HDMI и DVI состоит в том, что разъем HDMI меньше по размеру, а также поддерживает передачу многоканальных цифровых аудиосигналов. Является заменой аналоговых стандартов подключения, таких как SCART и RCA.

Разработчиками HDMI являются компании Hitachi, Matsushita Electric Industrial (ныне Panasonic) (Panasonic/ National/ Technics/ Quasar), Philips, Silicon Image, Sony, Thomson (RCA).

HDMI имеет пропускную способность от 4,9 до 10,2 Гбит/с. Длина стандартного кабеля может достигать 10 м, возможно увеличение длины до 20-35 м и более с применением как внешних усилителей-повторителей, так и вмонтированных сразу в кабель. Некоторые производители устанавливают ферритовые кольца в начале и в конце кабеля для защиты от помех. Существуют переходники с HDMI на DVI и обратно в целях совместимости с различными устройствами, не имеющими одного из этих входов/выходов. HDMI поддерживает управляющие протоколы CEC и европейский AV.link.

**Шина обмена данными HDMI-CEC** (CEC Consumer Electronics Control) - двунаправленная последовательная шина, использующая протокол промышленного стандарта AV.Link для удаленного управления электронными устройствами. Опциональный компонент интерфейса HDMI; в настоящее время стандарт шины регулируется документом CEC Implementation Guidelines, публикуемым HDMI Licensing, LLC.

**Технология CEC и товарные знаки.** Технология CEC преподносится различными производителями конечному пользователю под разными торговыми названиями: Anynet+ (Samsung); Aquos Link (Sharp); BRAVIA Sync (Sony); HDMI-CEC (Hitachi); Kuro Link (Pioneer); CE-Link и Regza Link (Toshiba); RIHD (Remote Interactive over HDMI) (Onkyo);

SimpLink (LG); HD AVI Control, EZ-Sync, и VIERA Link (Panasonic); EasyLink (Philips); NetCommand for HDMI (Mitsubishi).

**DisplayPort** - это стандарт сигнального интерфейса для цифровых дисплеев. Был принят VESA (Video Electronics Standard Association) в 2006 г., версия 1.1 принята в 2007 г, а версия 1.2 - в 2010 г. DisplayPort предназначен для использования в качестве наиболее современного интерфейса соединения аудио- и видеоаппаратуры, в первую очередь для соединения компьютера с дисплеем или компьютера и систем домашнего кинотеатра. DisplayPort позволяет подключать до четырех устройств, в том числе аудиоустройства, USB-концентраторы и иные устройства ввода-вывода.

В настоящее время видеокарты оснащают разъемами DVI, или HDMI, или DisplayPort в количестве от одного до трех (некоторые видеокарты ATi последнего поколения оснащаются шестью соединителями).

#### 7.4. Видеопроцессоры, графические ускорители

Графический интерфейс пользователя (GUI), появившийся во многих операционных системах 90-х гг. XX в., стимулировал новый этап развития видеоадаптеров - разработку графических ускорителей.

Видеоадаптеры MDA...VGA не освобождают системный процессор от громоздких вычислений, связанных с вычерчиванием на экране графических изображений (обработкой больших массивов графической информации и передачей их в видеобуфер). Для специальных (профильных) применений, в которых используется сложная графика с быстрой сменой экранных изображений, выпускают графические сопроцессоры и ускорители, разгружающие системный процессор от вычислений и передачи данных в видеобуфер. Системный процессор передает команды (графические примитивы) в видеопроцессор, такие как вычерчивание отрезка, изменение масштаба, пересылка данных и т. д. Видеопроцессор наиболее приспособлен для реализации таких операций, чем системный процессор, что приводит к увеличению скорости отображения информации на мониторе.

**Графический ускоритель** (graphics accelerator) - это видеоадаптер, который выполняет некоторые графические функции на аппаратном уровне. Толчком к созданию и развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический интерфейс пользователя весьма удобен и требует от центрального процессора больших вычислительных ресурсов, а графический ускоритель как раз и призван снять с него

основной объем вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

**Графический процессор** (graphics processing unit, GPU) - отдельное устройство персонального компьютера (видеоадаптера) или игровой приставки, выполняющее графическую обработку данных.

Современные графические процессоры очень эффективно обрабатывают и отображают компьютерную графику. Благодаря специализированной конвейерной архитектуре они намного эффективнее в обработке графической информации, чем типичный центральный процессор.

Графический процессор в современных видеоадаптерах используется в качестве ускорителя трехмерной графики. Может применяться как в составе дискретной видеокарты, так и в интегрированных решениях (встроенных в северный мост либо в гибридный процессор).

**Видеопамять** - это внутренняя оперативная память, отведенная для хранения данных, которые используются для формирования изображения на экране монитора.

При этом в видеопамяти может содержаться как непосредственно растровый образ изображения (экранный кадр), так и отдельные фрагменты в растровой (текстуры) и векторной (многоугольники, в частности треугольники) форме.

Как правило, чипы оперативной памяти современной видеокарты припаяны прямо к текстолиту печатной платы, в отличие от съемных модулей системной памяти, которые вставляются в стандартизированные разъемы ранних видеоадаптеров.

При изготовлении видеокарт уже достаточно давно используется память GDDR3. На смену ей пришла GDDR4, которая имеет более высокую пропускную способность, чем GDDR3. Однако GDDR4 не получила широкого распространения вследствие плохого соотношения «цена-производительность» и ограничено использовалась лишь в некоторых видеокартах верхнего ценового сегмента (например, Radeon X1950XTX, HD 2900 XT, HD3870). Далее появилась память GDDR5, которая наиболее востребована, GDDR3 используется в бюджетном сегменте. Видеопамять отличается от «обычной» системной ОЗУ более жесткими требованиями к ширине шины. Графическая шина данных - магистраль, связывающая графический процессор и память видеокарты.

Интерфейс видеокарты состоит из внутренних соединителей (слотов) и внешних разъемов (портов).

Внутренними соединителями видеокарт являются слоты шин системной платы - AGP или PCI Express. Внешние же разъемы обычно выводятся на заднюю панель компьютера.

Фирма Texas Instruments также производит семейство видеопроцессоров TMS 34010 и TMS 34020, которые являются более дорогими, чем 8514/A, и эмулирует режимы VGA. Платы TMS 340 не имеют такой решающей способности, как 8514/A, но являются более универсальными в реализации разных видеорежимов. Широкое распространение имеют платы, построенные на графическом ускорителе 86С911 (процессоре ускорения графики, микросхеме фирмы S3), спрос на которые растет в связи с повышением производительности Windows.

Таким образом, различают графические видеопроцессоры и графические ускорители. Графические видеопроцессоры могут выполнять программу, написанную на каком-либо языке (имеют собственное программное обеспечение), и содержат большой объем видеопамати до 1 или 4 Мбайт.

Более дешевыми являются графические ускорители, которые не программируются, работают быстрее обычных видеоадаптеров и предназначены для реализации конкретных функций, например, графических функций Windows (скроллинга экрана, формирования отрезка прямой, заполнения областей и т. д.). Графические ускорители обычно подключаются к локальным шинам PCI или VLB и выполняют различные графические режимы с учетом построчной развертки монитора. К графическим ускорителям относится видеоплата, использующая БИС 86С911 фирмы S3 Inc.

## 8. ПЕЧАТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

### 8.1. Классификация принтеров

На рис. 44 изображен граф классификации основных типов принтера. По способу регистрации информации принтеры разделяют на принтеры ударного и безударного действия. В принтерах ударного действия изображение на носителе (бумаге) образуется путем удара печатающего элемента через красящую ленту или посредством нанесения красителя на знакопечатающий элемент (литеру) перед его ударом по бумаге. По методу формирования символов ударные принтеры разрабатываются двух типов: знакопечатающие (литерный с готовыми символами жестко заданной формы) и знаковосинтезирующие (называемые матричными, игольчатыми или мозаичными).



Рис. 44. Граф классификации основных типов принтеров

В таких принтерах изображения символов или графика получаются в результате удара головок (молоточков) литероносителя или иголок печатающей головки. В качестве литероносителей чаще всего применяются шаровые, цилиндрические печатающие головки с размещенными литерами на их поверхностях или лепестковые шрифтоносители, обычно представляющие собой диск с радиально расположенными лепестками, на концах которых крепятся литеры. Выбор литеры в принтере

рах с посимвольным способом печати осуществляется путем механического перемещения ее в требуемую позицию, а ее удар обеспечивается с помощью электромагнитного привода.

В знаковосинтезирующих принтерах изображение символа формируется с помощью иголок печатающей головки принтера, наносящих удар через красящую ленту по бумаге с помощью электромагнитов. Принтеры ударного типа характеризуются электромеханическим принципом действия и реализуют посимвольный или построчный способ печати. В построчных игольчатых принтерах содержится планка с расположенными по всей ее длине иглами, которые позволяют напечатать всю строку.

Технические характеристики знаковосинтезирующих принтеров следующие:

- тип принтера (матричный, струйный, термический),
- скорость печати текста, символ/с (250, 480, 600, ..., 800);
- разрешающая способность графики, точек/мм (9,4 x 8,5, 10 x 8,5, 14 x 14...);
- число знаков в строке (80, 132, 136);
- емкость буферной памяти в Кбайтах (3, 8, 50, 60, 256, ...);
- число наборов знаков (1, 2, 3, 4...);
- количество элементов печатающей головки (9, 12, 20, 24, 32, ...).

Кроме того, к техническим характеристикам знаковосинтезирующих принтеров относятся: уровень шума, наличие цветов, габариты размеров и срок службы головки и красящей ленты.

Другим важным классом являются следующие основные безударные принтеры: струйные, термические, термографические, лазерные с электрографическим принципом печати.

## 8.2. Лазерные принтеры

### *Основные определения*

**Лазерный принтер** - периферийное печатающее устройство вывода безударного действия с высокой разрешающей способностью, создающее текстовое и графическое изображение с помощью электрографического процесса (принципа электростатической ксерокопной технологии).

**Ксерография** - процесс сухой печати (xeras - сухой, graphos - писать (лат.)).

**Электрографическая (электростатическая) фотография** - способ регистрации, состоящий в выполнении следующих основных действий:

получение скрытого электростатического изображения на носителе с фотополупроводниковым слоем; формирование визуального изображения с помощью мелкодисперсного красящего вещества (тонера); перенос изображения на бумагу; закрепление изображения на бумаге, например, термическим способом.

**Лазер** - когерентный источник усиленного света (света одной частоты). В лазерных принтерах применяют полупроводниковые и газовые He-Ne лазеры.

Светодиодный способ печати заключается в использовании светодиодной линейки с управляемой интенсивностью света, сфокусированного с помощью линз на фотоноситель.

**Тонер-картридж** - сменная кассета с порошком (тонером), применяемая в лазерных приборах для получения визуального изображения.

**Тонер** - мелкодисперсный красящий порошок, состоящий из полимера, резины и сажи. Кроме того, в состав тонера входят магнитные частички.

**Фотопроводники** - барабаны или ленты, покрытые светочувствительным полупроводниковым слоем, изготовленным на базе селена или органического фотовещества, изменяющим свой заряд под действием света и образующим на поверхности потенциальный рельеф в соответствии с печатным изображением.

**Спектральная чувствительность** - способность фотопроводника реагировать на диапазон длин волн электромагнитного излучения источника света.

**Фотоэлектрическая чувствительность** - величина, определяющая скорость формирования изображения (потенциального рельефа под действием света).

**Разрешающая способность** - определяется числом точек на дюйм (dpi - dots per inch). Лазерный принтер имеет горизонтальное и вертикальное разрешения, например, 1200 x 600 dpi. **Вертикальное разрешение** характеризуется шагом барабана (1/600 дюйма). **Горизонтальное разрешение** определяется числом точек в строке барабана (1 /1200 дюйма), то есть точностью перемещения лазерного луча.

**Коротрон** - зарядное устройство, содержащее, например, тонкую проволоку и сетку, на которые подается высокое напряжение для получения коронного разряда.

#### *Принцип действия лазерного принтера*

Процесс печати одной строки состоит в следующем. Лазер с помощью зеркал высвечивает строку барабана и заряжает ее в соответствии

со строкой страницы изображения. Затем по желобу подается порошок тонера, который притягивается к заряженным участкам барабана. При этом могут быть использованы два метода печати: черным по белому и белым по черному. В первом случае строка заряжается в тех местах, которые лазер высвечивает (предварительно барабан был разряжен), а во втором случае, наоборот, барабан сначала был заряжен, а затем с помощью лазера выполняется разрядка тех участков, которые соответствуют элементам изображения.

После этого из лотка подается электрически заряженная бумага, которая притягивает порошок тонера. Затем под действием температуры и давления тонер закрепляется на поверхности бумаги, а незакрепленный порошок удаляется с помощью скребка и переносится вновь в желоб. Описанный цикл повторяется для каждой строки страницы при вращении барабана. На рис. 45 представлена схема, поясняющая принцип действия лазерного принтера.

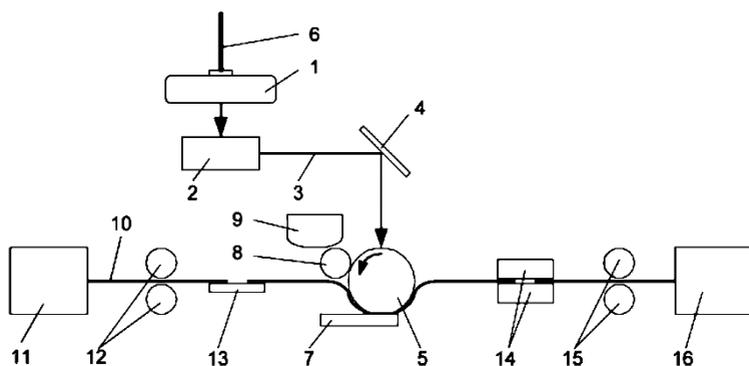


Рис. 45. Схема, поясняющая принцип действия лазерного принтера:

- 1 - процессорный модуль, 2 - лазер, 3 - световой луч; 4 - зеркало, 5 - фотобарабан, 6 - кабель интерфейса; 7 - ионизатор; 8 - девелопер; 9 - резервуар с тонером, 10 - лист бумаги, 11 - накопитель, 12 - валик, 13 - зарядное устройство; 14 - устройство нагрева; 15 - фиксирующие валики; 16 - приемное устройство

Процессор лазерного принтера обладает собственным программным обеспечением, встроенным интерпретатором и языком, определяющим команды и формат данных (описание страниц и уплотнение данных), поступающих из компьютера. Порядок взаимодействия компьютера и принтера следующий: прикладная программа – драйвер (набор команд, данные) – интерпретатор команд – образ страницы.

Прикладная программа получает доступ к принтеру с помощью драйвера, преобразующего данные прикладной программы в команды

принтера. Для различных принтеров предлагаются соответствующие драйверы для их обслуживания, причем некоторые принтеры для расширения области их применения могут работать с несколькими драйверами. Каждый принтер характеризуется языком (набор команд и данных), который он использует при совместной работе с драйверами компьютера. Этот набор команд и данных обрабатывается интерпретатором принтера, и в конечном итоге формируется двоичный образ в памяти принтера.

Лазерные принтеры поддерживают три типа шрифтов: встроенные (хранятся в ПЗУ), загружаемые программные (используют ОЗУ принтера) и картриджные (хранятся в ПЗУ специальных модулей, подключаемых непосредственно к слоту принтера для расширения его функциональных возможностей). В некоторых лазерных принтерах имеются разъемы для подключения платы с жестким диском или ППЗУ (флэш-памятью) для хранения разнообразных шрифтов (наборов символов заданного размера и изображения). Лазерные принтеры используют большое число встроенных шрифтов (35, 45, ...), среди которых применяются и масштабируемые шрифты, позволяющие получить символы желаемого размера.

Для достижения более качественного изображения (исключения зазубрин) в лазерных принтерах употребляется схема, управляющая интенсивностью свечения луча, что приводит к изменению размера точки изображения и как следствие - к сглаживанию края изображения.

В схеме (см. рис. 45) поверхность фотобарабана (5) покрыта светочувствительным полупроводниковым слоем (оксидом цинка или сплавом селена), которая заряжается с помощью высоковольтного ионизатора (7), то есть на поверхности образуется электростатический заряд. При освещении какой-либо точки поверхности фотобарабана тонким лучом лазера происходит разряд в этой точке (уменьшение потенциала), так как она становится проводящей. В соответствии с данными, поступающими из компьютера, выполняется изменение интенсивности лазерного луча при облучении поверхности фотобарабана, поэтому на ней создается потенциальный рельеф (скрытое электрическое изображение страницы информации). Затем выполняется этап проявления невидимого изображения с помощью барабана-девелопера (8) и тонера (пылеобразной краски), помещенного в резервуар (9). Краска притягивается к тем частям поверхности барабана, где имеется электростатический заряд, и таким образом формируется изображение. Лист бумаги (10) из накопителя (11) с помощью валиков поступает через зарядное устройство (13), которое заряжает бумагу противоположным зарядом. При

вращении фотобарабана тонер с его поверхности притягивается заряженной бумагой, и на нее переносится изображение. После этого бумага проходит устройство нагрева (14), в котором под действием температуры и с помощью фиксирующих цилиндров (15) происходят закрепление изображения на бумаге и поступление ее в накопитель бумаги (16). Резервуар с тонером, девелопер и фотобарабан в некоторых принтерах конструктивно объединены в одно устройство - картридж, который подлежит замене при пустом резервуаре. В других принтерах имеется только резервуар с тонером, что снижает себестоимость печати одной страницы.

### 8.3. Светодиодные принтеры

К классу лазерных принтеров относят и светодиодный принтер (LED-принтеры, LED - Light Emitting Diode), у которого вместо лазерного источника света применяется светодиодная панель. Считается, что светодиодная технология более надежна, проще, чем лазерная, и поэтому является более дешевой. Общая схема светодиодного способа печати показана на рис. 46.

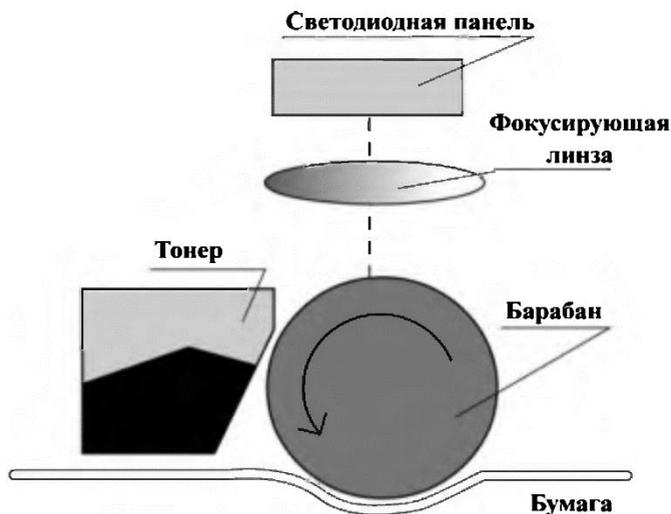


Рис. 46. Общая схема светодиодного способа печати

Прибор Page Printer KX-4400 [2] содержит светодиодную печатающую головку, содержащую 2496 светодиодов, образующих 89 групп,

каждая из которых состоит из 64 светодиодов. Конструктивно светодиоды расположены в виде линейки, свет от которой попадает на две фокусирующие линзы. Каждая группа светодиодов управляется своей схемой, на которую поступают сигналы изображения образа знака, то есть с помощью драйверных схем выполняется выключение/включение точек света, который фиксируется линзами на полупроводниковую поверхность светочувствительного барабана. Предварительно барабаны заряжаются с помощью высоковольтного ионизатора (коротрона заряда), размещенного вблизи барабана. Коротрон подключен к высоковольтному блоку.

### *Функционирование светодиодного прибора*

Принцип действия светодиодного прибора (СП) показан на рис. 47.

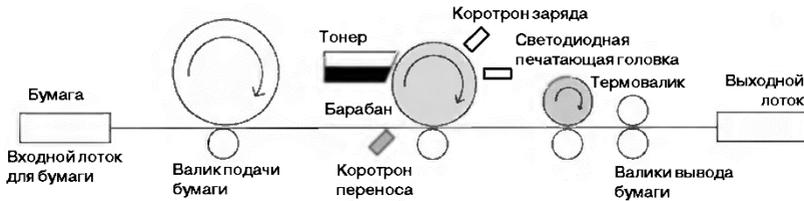


Рис. 47. Принцип действия СП

Работа СП во многом совпадает с работой лазерного принтера и содержит следующие этапы:

- 1) заряд;
- 2) формирование изображения;
- 3) экспонирование;
- 4) проявление;
- 5) перенос (заряд бумаги);
- 6) отделение бумаги;
- 7) закрепление;
- 8) очистка.

Рассмотрим более подробно эти этапы.

1) С помощью высоковольтного коротрона заряда (ионизатора) на селеновой поверхности барабана создается равномерный электрический заряд (система «белым по черному»).

2) Светодиодная печатающая головка (панель) обслуживает с переменной интенсивностью барабан в соответствии с изображением, хра-

нящимся в электронной странице. При этом происходит изменение заряда на поверхности барабана и образуется невидимое электростатическое изображение.

3) Этап экспонирования заключается в образовании скрытого изображения на фотопроводящем слое барабана. При попадании света на фотопроводящий слой происходит разряд носителей заряда. Причем светодиодная печатающая головка освещает целую строку на поверхности барабана. Барабан вращается вокруг своей оси, и на его поверхности путем управления через драйверные системы включением/выключением светодиодов формируется точечный образ соответствующего знака (рис. 48).

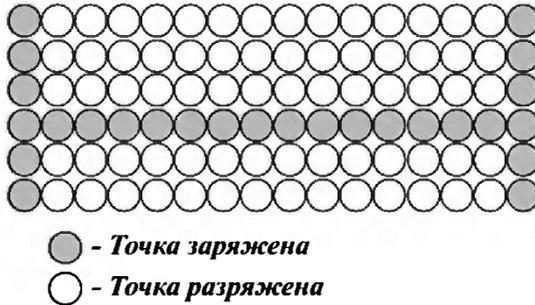


Рис. 48. Изображение знака «Н» на поверхности барабана

4) Проявление - это процесс получения визуального изображения на барабане, на который наносится тонер валиком девелопера. Тонер притягивается в тех местах поверхности барабана, где имеется заряд. Там, где заряд отсутствует, тонер не закрепляется.

5) С помощью валика подачи бумага поступает к барабану и проходит возле коротрона переноса, который сообщает ей заряд, создающий электрическое поле и притягивающее тонер. Бумага прилипает к барабану, и за два его оборота изображение переносится на бумагу.

6) Этап отделения бумаги от барабана выполняется различными способами: механическими (специальными приспособлениями) и электрическими, позволяющими уменьшить силу притяжения бумаги к барабану.

7) Закрепление изображения на бумаге осуществляется термомеханическим способом с помощью специальной кварцевой лампы и термовалика, выполняющих нагрев и прижим бумаги с нанесением на нее изображения.

8) Очистка состоит в удалении тонера с поверхности барабана с помощью специального скребка или мягкой щетки с вакуумной откачкой.

#### 8.4. Струйные принтеры

Струйные принтеры обеспечивают хорошее качество печати, низкий уровень шума (40 дБ), большую скорость печати (до 9 страниц в минуту) и высокую разрешающую способность (от 300 x 300 до 1200 x 600, 1440 x 720), используют количество цветов от 4 до 7 и более и формат бумаги А4. Наибольшим спросом пользуются портативные струйные принтеры. В струйных принтерах применяются чернильные картриджи (сменные емкости для хранения чернил), которые конструктивно могут быть выполнены совместно с головкой принтера или в виде отдельного резервуара.

Печатающая головка содержит набор тонких сопел с диаметром отверстия 0,01...0,1мм, расположенных вертикально и выбрасывающих капли чернил, действие которых напоминает печать матрицы знака с помощью игл матричного принтера. Число сопел определяется типом принтера (от 16 до 64 и более).

Основной недостаток струйных принтеров - высыхание чернил внутри сопла. Поэтому для устранения этого недостатка в некоторых принтерах предусмотрена специальная парковка печатающей головки или очистка засорившихся сопел. Кроме того, с целью исключения растекания чернил на бумаге иногда предусматриваются подогрев бумаги, применение быстровсыхающей специальной бумаги и чернил.

Известны два основных метода нанесения чернил на бумагу: пьезоэлектрический и термический.

На рис. 49 иллюстрируется принцип действия струйного принтера.



Рис. 49. Принцип действия струйного принтера  
с а) термической и б) пьезоэлектрической головками

Термическая головка - сложное устройство, содержащее кремниевый кристалл микроконтроллера с отверстиями, по которым чернила поступают на микрорезистор (нагревательный элемент), охватывающий направляющее сопло. При протекании тока по нагревательному элементу образуются газовые пузырьки, которые выталкивают капли чернил из сопла. Также термический принцип применяется в головках, содержащих специальные пигментные чернила, находящиеся на четырехслойной ленте. При нагревании красящее вещество плавится и переходит в жидкое состояние с образованием капель, выталкиваемых из сопла. В этом случае также употребляется микросхема контроллера, координирующая работу термической головки и обеспечивающая высокое разрешение 1200 x 600 точек на дюйм при черно-белой печати и 600 x 600 при цветной печати.

В пьезоэлектрических струйных принтерах в настоящее время используется метод формирования капель по запросу, при реализации которого отсутствует непрерывная струя чернил. В этом случае с помощью диафрагмы пьезоэлемента под действием электрического сигнала возбуждается ударная волна, которая выбрасывает каплю чернил из отверстия сопла. Такой принцип действия головок используется в струйных принтерах, например, фирм Simens, Erpson и др. В последних моделях струйных принтеров фирмы Erpson употребляются многослойные миниатюрные пьезоэлементы печатающей головки, которые повышают скорость выброса капель чернил, точность попадания и уменьшение размера капель и требуют меньшего напряжения питания.

В цветных струйных принтерах используются либо отдельные картриджи для каждого цвета, либо комбинированные картриджи, содержащие четыре отдельные емкости для хранения чернил следующих основных цветов: черного, желтого, пурпурного и голубого. В обоих случаях различные цвета создаются путем смешивания основных цветов.

Обычно струйные принтеры являются программно совместимыми с матричными принтерами, то есть можно использовать один драйвер. В некоторых программах, управляющих печатью струйных принтеров, используются специальные алгоритмы, улучшающие качество печати и координирующие цветовую палитру.

## 9. УСТРОЙСТВА ВВОДА И РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ

### 9.1. Дигитайзеры

К графической информации (ГИ) относятся: принципиальные электрические схемы, архитектурные чертежи, графики и т. д. Для ввода ГИ в компьютер необходимо выполнить поиск элементов изображения с помощью различного рода датчиков, а затем осуществить преобразование полученных координат в двоичные сигналы. Устройства ввода графической информации (УВГИ) делятся на полуавтоматические и автоматические. В полуавтоматических УВГИ поиск и выделение элементов изображения осуществляются оператором, а преобразование найденных координат в цифровые сигналы - автоматически. В автоматических УВГИ поиск и выделение элементов изображения выполняются либо путем сканирования ГИ, либо за счет отслеживания линии (границы областей) ГИ. В полуавтоматических УВГИ используют следующие физические методы: электромеханический, электростатический, электромагнитный, фотоэлектрический и др. Кроме того, полуавтоматические УВГИ подразделяются на устройства с жестко закрепленным указателем координат и с подвижным. В полуавтоматических УВГИ с электромеханическим методом действия используются две подвижные каретки, одна из которых передвигается по оси X, а другая - по оси Y. На каждой каретке установлен датчик перемещения по соответствующей оси, показания которого отмечаются в счетчике. Содержимое счетчиков X и Y определяет координаты визира на планшете. Визир содержит оптику для наводки на элемент изображения или миниатюрную телевизионную передающую камеру, выполняющую увеличение кодируемого участка изображения. В других полуавтоматических УВГИ указатель координат свободно перемещается по дисплейному планшету. Такие УВГИ называются **дигитайзерами**.

Дигитайзеры передают точные координаты пера на поверхности планшета. Эти устройства используются для кодирования и создания графических изображений, поэтому находят применение в системах автоматического проектирования. Кроме того, дигитайзеры эмулируют работу мыши. Дигитайзер содержит планшет, подключенный к последовательному порту ПК, и наводчик или перо, соединенное с планшетом. Чаще всего планшет имеет автономный блок питания. Планшет представляет собой прямоугольную систему координат для позиционирования наводчика (пера), определяющего абсолютное положение курсора на экране. В этом случае не надо смотреть, куда перемещается курсор при движении наводчика. Наводчик имеет 4 кнопки для выполнения

определенных команд: копировать, сохранить и т. д. Некоторые наводчики содержат до 16 кнопок. Для установки наводчика на элемент изображения в нем содержится визир с перекрестием. Перо имеет корпус с кнопками и напоминает авторучку. На конце пера находится миниатюрный переключатель выбора, который при нажатии в некоторых случаях соответствует клавише Enter. Драйвер дигитайзера не входит в состав DOS и приобретается отдельно.

Основные характеристики дигитайзера: точность выбора элемента изображения, разрешающая способность (минимальное расстояние между элементами) и т. д.

Позиция пера (наводчика) определяется с помощью электромагнитного, резистивного и акустического планшетов. Дигитайзер с электромагнитным декодированием показан на рис. 50.

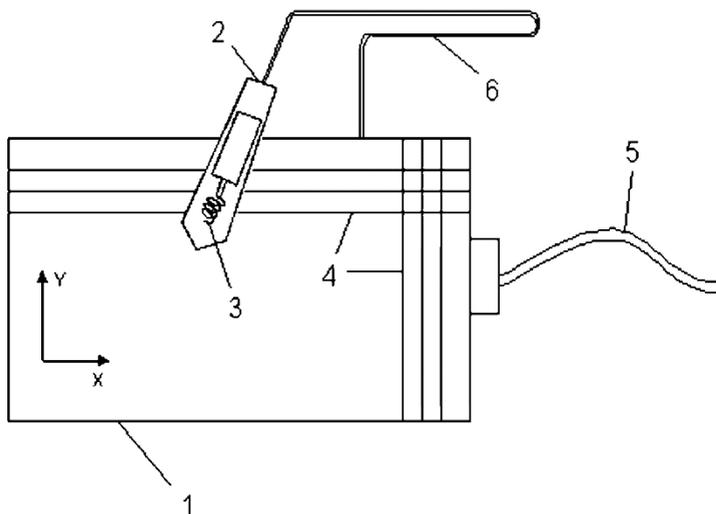


Рис. 50. Дигитайзер с электромагнитным декодированием  
1 - планшет, 2 - перо (наводчик), 3 - катушка, 4 - проволочная сетка, 5 - кабель ПК,  
6 - кабель планшета

Электромагнитный планшет содержит координатную сетку из ортогональных изолированных проводников с одинаковыми промежутками. Если перо является передатчиком, а планшет - приемником, то перо содержит в своем корпусе катушку индуктивности. При соприкосновении

наконечника пера с поверхностью планшета в катушке возникает электромагнитный импульс, который передается сетке планшета. Электронные схемы планшета сканируют горизонтальные и вертикальные проводники сетки и обнаруживают приблизительно точку появления сигнала (проводники X и Y). Затем электронные схемы уточняют позицию наконечника пера с помощью временных задержек между переданным и принятыми сигналами. Самая большая временная задержка находится посередине между проводниками сетки. В других типах дигитайзеров передатчиком является сетка, по которой протекает переменный электрический ток, создающий электромагнитное поле, а приемником является перо с катушкой индуктивности. Этот тип дигитайзера более подвержен помехам.

В акустических дигитайзерах местоположение наконечника пера вычисляется по звуку (щелчку), издаваемому наконечником при соприкосновении с поверхностью планшета. Наконечник пера содержит искровой разрядник, создающий звуковую волну. В этом случае определение координат выбранной точки производится путем измерения времени распространения акустической волны до приемников, расположенных по краям планшета.

При подключении дигитайзера необходимо установить в соответствующей прикладной программе: номер последовательного порта (СОМ), тип модели дигитайзера, режим (относительные или абсолютные координаты), способ обмена (режим прерывания или опрос флага готовности) и вид указателя - наводчик или перо.

Автоматические УВГИ предназначены для ввода в ПК сложной ГИ: топографических карт, аэрофотосъемок и т. д. В следящих УВГИ применяется оптоэлектронный узел, предназначенный для слежения за линией изображения и управления движением по ней. Сканирующие УВГИ конструктивно выполняют в виде планшетов или барабанов и используют в них сканирующие устройства растрового типа (электромеханические или ЭЛТ).

## 9.2. Графопостроители

Способы регистрации информации делят на механические и немеханические. Механические способы подразделяются на способы, связанные с нанесением красящего вещества на носитель, и способы, в которых происходит снятие слоя вещества с носителя. Немеханические способы являются более быстродействующими, чем механические, и требуют более сложного и дорогого оборудования для реализации. В немеханических способах можно выделить способы, в которых выполняется

нанесение красящего вещества на поверхность носителя, и способы, изменяющие состояние вещества носителя. Немеханические способы основаны на физико-химических явлениях, возникающих в специальных носителях информации под действием светового потока, электромагнитного поля и т. д. Нанесение красящего вещества на носитель выполняется с помощью электрического или магнитного поля (электростатического или феррографического способа). Наиболее быстродействующими являются электрохимический, фотографический, электротермический, электроискровой способы, связанные с изменением состояния вещества носителя.

**Плоттеры (графопостроители)** - устройства вывода информации из ПК, выполняющие преобразование и запись графических данных на соответствующий носитель. В качестве носителей обычно используются бумага (писчая, чертежная, картографическая), картон, пленки, кальки и др. Плоттеры применяются в системах автоматического проектирования с соответствующими графическими программами (CAD) и языками взаимодействия системного процессора с плоттерами, содержащими инструкции по перемещению пера из одной точки в другую, поднятию и опусканию пера ит. д.

Плоттеры используют несколько форматов бумаги А0-А4. Чем больше размер бумаги (форматы А0-А1), тем дороже плоттер. Поэтому различают крупноформатные (А0-А1), среднеформатные (А1-А2) и малоформатные (А3-А4) плоттеры.

По конструкции электромеханические плоттеры подразделяются на планшетные (рис. 51а), барабанные (рис. 51б) и роликовые (рис. 51в). Планшетные плоттеры характеризуются высокой точностью и скоростью работы и практичны для малых форматов бумаги.

В планшетных плоттерах бумага не движется, а перемещается только каретка, а в барабанных подвижными являются каретка и бумага. В барабанных плоттерах каретка с пером перемещается по ширине движущейся бумаги по барабану. В случае использования больших форматов бумаги наиболее употребительным является барабанный плоттер, но его точность может быть меньше, чем у планшетного, в связи с движением бумаги.

В роликовых плоттерах для обеспечения движения бумаги вместо барабана применяются фрикционные и прижимные ролики с вакуумной камерой, содержащей отверстия-присоски. Кроме того, в зависимости от принципа образования ГИ выделяют векторные и растровые плоттеры. В векторных перьевых плоттерах ГИ формируется как совокуп-

ность отрезков прямых линий, а в растровых - путем использования построчного или постраничного вывода элементов изображения на носитель информации. К растровым плоттерам относятся плоттеры со струйным, электростатическим или электрохимическим способом регистрации.

В ПК обычно используются электромеханические перьевые малоформатные плоттеры векторного типа, содержащие устройство управления, планшет, пишущий узел с фломастерами или шариковыми (графитными) стержнями, механизм пишущих элементов для представления линий различной толщины, пульт управления, привод перемещения пишущего узла с помощью серво- или шаговых двигателей и последовательный интерфейс типа RS-232 (RS-488) или параллельный мультиплексированный интерфейс SCSI и др., необходимые для подключения к последовательному (COM) или параллельному порту ПК.

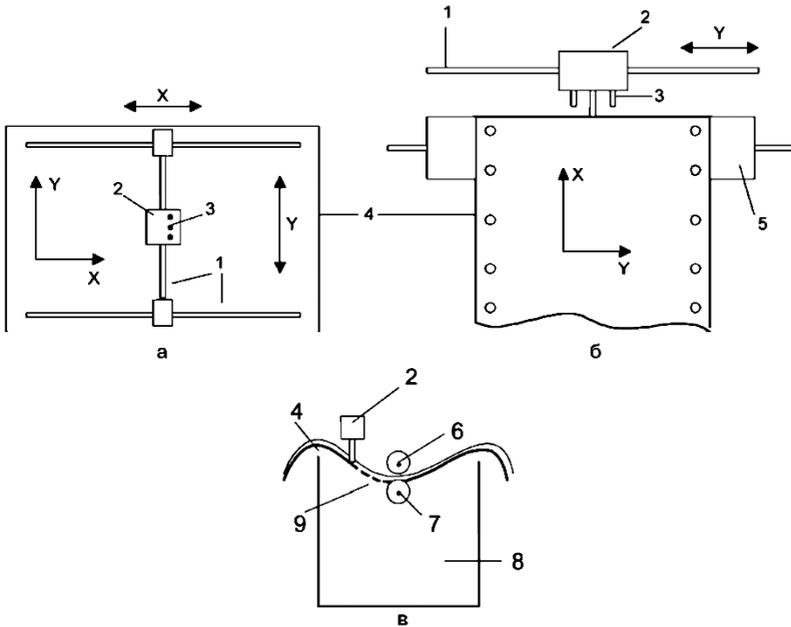


Рис. 51. Электромеханические плоттеры: а - планшетные, б - барабанные; в - роликовые  
1 - направляющие, 2 - пишущий узел (каретка); 3 - перья, 4 - бумага; 5 - барабан; 6 - прижимной ролик; 7 - подающий ролик; 8 - вакуум; 9 - вакуумные отверстия (присоски)

Различными фирмами выпускаются следующие типы плоттеров: одноперьевые или многоперьевые, электростатические, термографические, лазерные и др.

Недостатком одноперьевых плоттеров является то, что для выполнения цветных графических изображений обязательно приостанавливается работа плоттера и выполняется смена пера с другим цветом.

В многоперьевых плоттерах перья размещаются по кругу, образуя карусель, либо по горизонтали. Смена перьев производится по командам процессора ПК. Невысокая скорость перьевых плоттеров связана с их механическими приводами.

Более быстросействующими являются электростатические плоттеры, которые создают чертеж посредством точек, используя известный растровый метод построения изображения как на экране монитора. В таких плоттерах для построения растрового изображения используется процессор с соответствующим программным обеспечением. В электростатических плоттерах применяется специально обработанная бумага, содержащая слой диэлектрика и проводящий слой, или чертежная пленка. Пишущий узел заряжает элементы (точки) носителя (рулонную бумагу) и создает скрытое изображение. Затем выполняется этап проявления изображения с помощью жидкого тонера, отрицательно заряженные частицы которого притягиваются к элементам изображения, имеющим положительный знак заряда. Разрешающая способность электростатического плоттера - 400 точек на дюйм.

Аналогично электростатическим плоттерам функционируют термические и лазерные плоттеры, которые также используют точечный растровый способ создания изображений.

Термические плоттеры требуют применения специальной бумаги, и графическое изображение получается путем температурного воздействия на элемент носителя.

К основным техническим характеристикам плоттера относятся:

- тип плоттера (планшетный, барабанный, роликовый);
- количество пишущих элементов (4, 6, 8, 10);
- максимальный размер рабочего поля, в мм (210 x 970, 297 x 420, 432 x 594 ит. д.);
- точность позиционирования, в мм ( $\pm 0,1$ ,  $\pm 0,2$ ,  $\pm 0,3$ , ...);
- емкость буферной памяти, в Кбайтах (например, 12, 18, 32...);
- скорость черчения, в мм/с (например, 150, 250, 400, 500);
- габаритные размеры, в мм (96 x 381 x 198, 127 x 368 и т. д.);
- масса плоттера, в кг (5-20);
- потребляемая мощность (350 Вт).

*Основные определения*

**Сканер (Scanner)** - оптико-механическое устройство, предназначенное для преобразования оптического изображения рисунка.

**Сканирование (Scan)** - процесс горизонтальной и вертикальной разверток изображения с целью получения растровой матрицы.

**Растр (Raster)** - представление изображения в виде битового массива, как точечной матрицы.

**Уровни серого цвета (Gray level)** - оттенки серого цвета, которым соответствуют определенные коды, позволяющие изменять диапазон яркости.

**Порог чувствительности (Threshold)** - величина, с которой сравнивается количество отраженного света. Если эта величина меньше, чем количество отраженного света, то это соответствует белому цвету или оттенку (градации) серого, и наоборот - черному цвету.

**Оцифровка изображения (Digitize graphics)** - преобразование аналоговой информации в числовую.

**Аналого-цифровой преобразователь (ADC - Analogue-to-digital converter)** - устройство, формирующее поразрядные цифровые коды в заданные отсчеты времени в соответствии с непрерывно изменяющимся входным аналоговым сигналом.

**Компаратор (Comparator)** - схема, сравнивающая амплитуды двух сигналов, один из которых - обычно пороговый (опорный), и формирующая выходные сигналы, определяющие, больше, равно или меньше значение одного сигнала относительно другого.

**ПЗС** - прибор с зарядовой связью (CCD - Charge-coupled device) - специализированное оптическое запоминающее устройство, хранящее заряды, величина которых пропорциональна падающему на них свету. Преобразователь оптического изображения в электрический сигнал.

**ФЭУ** - фотоэлектронный умножитель (PMT - Photo multiplier tube) - прибор, регистрирующий фотоны светового потока и использующий принцип умножения (усиления) фототока. ФЭУ относятся к классу фотоэмиссионных устройств и являются очень чувствительными фотодатчиками.

**Интерполяция (Interpolation)** - метод увеличения разрешения, заключающийся в нахождении промежуточных значений координат точек.

**Светодиод (LED - Light-emitting diode)** - полупроводниковый диод, излучающий свет при протекании через него тока.

**Фотодиод (Photodiode)** - датчик, формирующий выходной фототок (электронно-дырочные пары) под действием света.

**КДИ** - контактный датчик изображения (CIS - Contact Image Sensor) - с помощью чувствительных элементов, каждый из которых распознает свою точку и управляет светодиодом. Структура CIS реализована на базе КМОП, отличается от ПЗС (МОП) меньшим потреблением тока и отсутствием линз и зеркал.

**RGB** - способ формирования цветов путем смешивания долей трех основных цветов: красного (R - red), зеленого (G - green) и синего (B - blue), применяемый в большинстве типов сканеров и мониторов.

**СМΥК** - прием образования любого цвета с помощью комбинаций четырех цветовых составляющих: голубой (C - cyan), пурпурной (M - magenta), желтой (Y - yellow) и черной (K - black).

**Палитра (Pallette)** - диапазон цветов или таблица кодов соответствующих цветов. Например, 16 цветов можно закодировать четырьмя битами (0000 - черный, 0001 - синий, ..., 1111 - ярко-белый).

**Цветовая гамма (Colour gamma)** - множество цветов, образованных путем смешивания основных цветов.

**Разрешение (Resolution)** - количество элементов (точек) при визуальном отражении графической информации, приходящихся на единицу длины. Для сканеров и принтеров разрешение измеряется числом точек на дюйм (dpi - dots per inch). Сканер имеет разрешение 600, 1200 dpi и больше. Для экрана сканирование выполняется с разрешением 72 dpi. для струйного принтера - 150-200 dpi, для лазерного принтера - 300 dpi. Увеличение разрешения приводит к увеличению размера файла.

**Полутон (Half-tone)** - оттенки серого цвета, соответствующие разной плотности темных точек изображения.

**Цветовое разрешение (Colour resolution)** - параметр, определяющий максимальное количество различных цветов одновременно воспроизводимых на экране монитора. Этот параметр иногда называется глубиной цвета. Минимальное требование Windows - 256 цветов. Это означает, что для кодирования цвета пиксела выделяется 8 бит.

**Пиксел (Picture cell)** - элемент (точка) изображения, цвет и яркость которого программируются.

**Спектр (Spectre)** - совокупность цветовых полос (радужное представление цветов), образующихся при прохождении светового луча через преломляющую среду.

**Светофильтр (Light filter)** - устройство, использующее различные эффекты (селективное преломление, отражение, поглощение и т. д.) для выбора нужных волн (изменение спектра).

**Видимый свет (Visible light)** - электромагнитные колебания с диапазоном волн от 400 до 750 нм (например, фиолетовый свет - 400 нм, зеленый - 500 нм, оранжевый - 600 нм).

**Фототранзистор (Phototransistor)** - устройство обнаружения фотонов света, обладающий большим коэффициентом усиления фототока (тока базы транзистора).

**Планшетный сканер (Flatbed)** - настольный сканер, в котором относительно неподвижного документа перемещается сканирующая головка (каретка), содержащая источник света, оптическую систему разной сложности и фотодатчики, преобразующие отраженный свет от растровой строки документа в электронные заряды, пропорциональные интенсивности света.

**Листовой (роликовый) сканер (Sheetfed)** - настольный сканер, имеющий роликовый механизм подачи сканируемых документов для чтения их с помощью закрепленных фотодатчиков и источника света.

**Барабанный сканер (Drum)** - сканер, содержащий вращающийся с высокой скоростью барабан, на котором закрепляется документ. Считывание изображения документа выполняется фотоприемником, в качестве которого чаще используются ФЭУ. Для прозрачного документа источник света размещается внутри барабана, а для отражающего - снаружи, вблизи с приемником.

**Объектив (Object-lens)** - часть оптического устройства, содержащая одну или несколько линз и обеспечивающая большое увеличение. В сканерах используются фотографические объективы с коротким фокусным расстоянием.

**Полутонирование (Halftoning)** - режим имитации непрерывного тона во время печати и вывода данных изображения на экран. Режим полутонирования используется в том случае, если на 1 пиксел - 1 или 2 бита данных.

**Муар (Moire)** - паразитный узор, связанный с неправильной установкой параметров раstra при выводе отсканированного цифрового изображения. Муар убирается опцией Descreen или Screen frequency.

**Линиатура раstra (Liniature raster)** - параметр раstra, определяющий частоту (плотность) линий раstra. Измеряется числом линий, проходящих на 1 дюйм (Lpi - lines per inch). Выбирается с учетом разрешающей способности устройства вывода.

**Цветовая модель (Type)** - функция программы сканирования, с помощью которой выбираются следующие модели: черный и белый (lineart), градации серого (gray scale), палитра (Colors: R,G,B) и т. д.

**Автоматическая подстройка контраста и коррекция цвета** (Auto Contrast & Color Correction) - команда утилиты сканера Microtex ScanMaker.

**Фильтр (Filter)** - функция программы сканирования для размытия (фильтр Blur) или повышения контрастности (фильтр Unsharp Mask - нерезкая маска).

**Стандарт ISIS** (Image and Scanner Interface Specification) - описывает взаимодействие программ обработки изображений и сканеров, поддерживаемый многими фирмами.

**Стандарт TWAIN** (аббревиатура TWAIN ничего не обозначает) - аппаратный драйвер сканеров, который используется программами обработки изображений, распознавания текста и т. д.

### *Принцип действия сканера*

Общий принцип функционирования сканера состоит из выполнения следующих основных действий:

- калибровки преобразовательных систем;
- перемещения сканирующей головки (каретки);
- опроса фотодатчиков;
- аналого-цифрового преобразования сигнала фотодатчиков;
- обработки данных изображения;
- передачи информации в компьютер.

Существуют разнообразные типы сканеров, которые характеризуются различными функциональными возможностями и областью применения. Основное внимание в этом разделе уделено описанию планшетных сканеров, имеющих наибольшее применение.

Рассмотрим упрощенные схемы сканеров, поясняющие их принцип действия.

Схема черно-белого, или полутонового, сканера представлена на рис. 52.

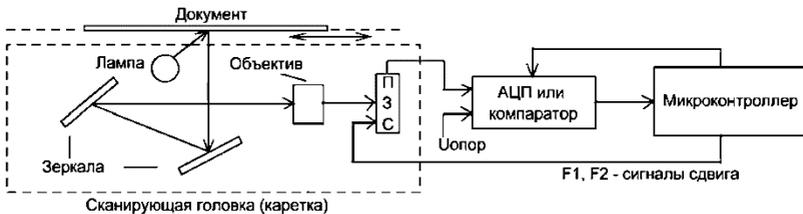


Рис. 52. Схема черно-белого или полутонового сканера

Источник белого света (лампа), объектив и ПЗС размещены в каретке, которая передвигается по направляющей и осуществляет оптическое сканирование строк документов. Отраженное оптическое изображение строки заполняется в ПЗС в виде зарядов разной величины, зависящей от интенсивности отраженного света. Затем эти заряды формируются в виде аналогового сигнала, сдвигаются к выходу и поступают на вход АЦП или компаратора.

В черно-белом сканере в дискретные моменты времени выполняется сравнение входного сигнала, поступающего с выхода ПЗС, опорного (порогового) сигнала. В результате сравнения на выходе компьютера формируется сигнал нулевого уровня, соответствующий белому цвету или единичного уровня - черному цвету.

Полутонный сканер содержит АЦП, позволяющий различать оттенки (уровни) серого цвета. АЦП преобразует аналоговый сигнал в n-рядный код и таким образом способствует распознаванию в общем случае 2П уровней серого цвета.

На качество получаемого изображения влияет оптическая система, ПЗС и АЦП. Причем ПЗС может быть выполнен в виде линейки фоточувствительных элементов или матрицы. Если используется матричная ПЗС, то любая строка изображения содержит равные квадраты, каждый из которых имеет свои оттенки серого.

Растровое представление документа показано на рис. 53.

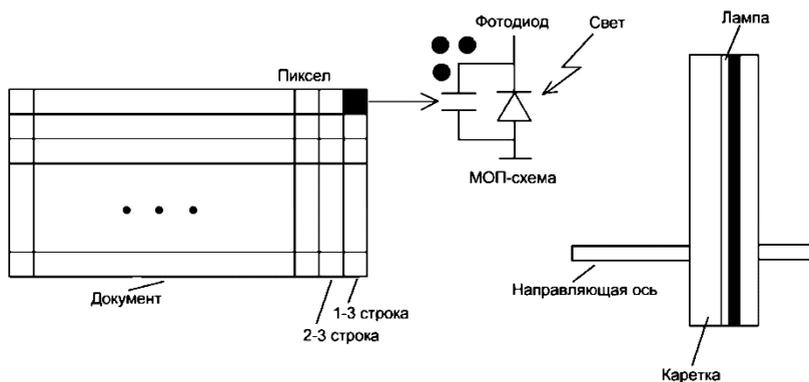


Рис. 53. Растровое представление документа

Каждому пикселу строки документа соответствует свой фотодиод линейки ПЗС, который под действием фотонов отраженного света формирует ток, заряжающий конденсатор на определенную величину.

Линейка ПЗС содержит несколько секций (рис. 54).

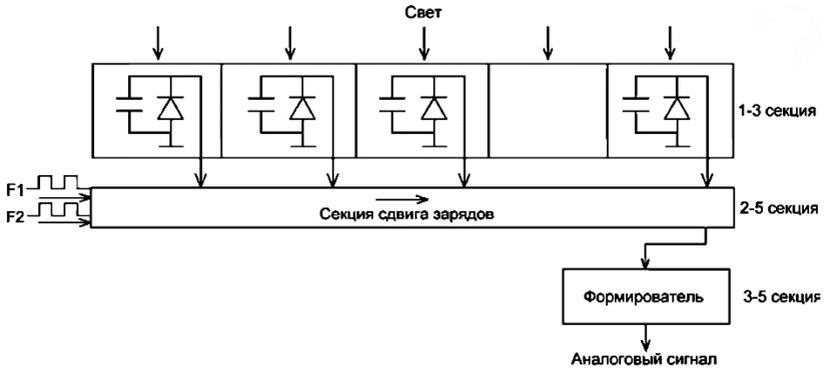


Рис. 54. Схема линейки ПЗС

Первая секция предназначена для приема оптического изображения, формирования зарядов и их накопления (хранения).

Вторая секция выполняет функцию регистра сдвига и под действием двух серий тактовых сигналов F1 и F2 (сдвинутых относительно друг друга) осуществляет транспортировку зарядов к выходу. Третья секция формирует аналоговый сигнал напряжения или тока, который усиливается перед вводом его в АЦП.

В цветных сканерах вместо источника белого цвета применяются лампы красного, зеленого и синего цветов (рис. 55).

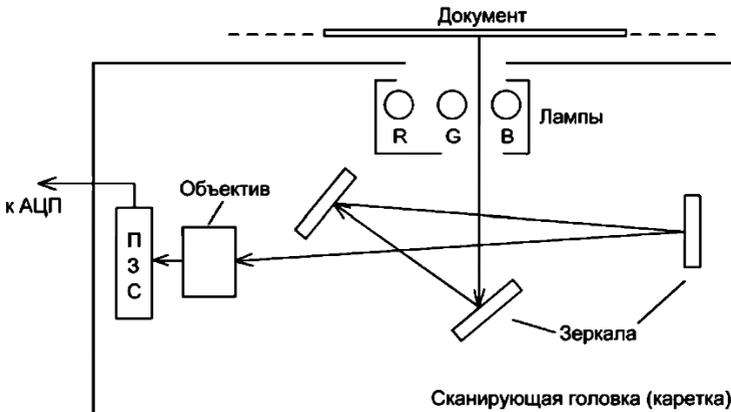


Рис. 55. Схема цветной сканирующей головки

Схема содержит три флуоресцентные лампы - красную (R), зеленую (G) и синюю (B). Для каждой растровой строки документа поочередно включается та или иная лампа и высвечивается соответствующая компонента цвета, которая, отражаясь, запоминается в линейке ПЗС.

Существуют цветные сканеры, в которых применяются источник белого света и три поворотных светофильтра (рис. 56).

Такой сканер осуществляет три прохода сканирования документа с целью получения цветного изображения. Самые простые светофильтры изготавливаются из тонких листов желатина, они имеют недолгий срок работы и используют эффект селективного поглощения, но являются более дорогими.

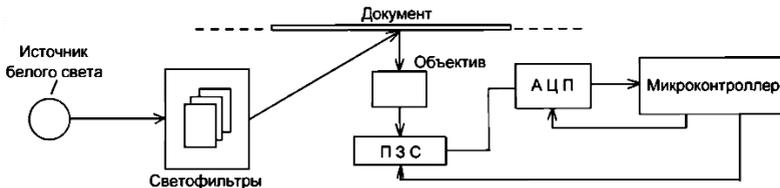


Рис. 56. Схема сканера с поворотными светофильтрами

В других цветных сканерах с источником белого цвета для разделения белого цвета на цветовые компоненты R, G и B применяют специальную призму (рис. 57).

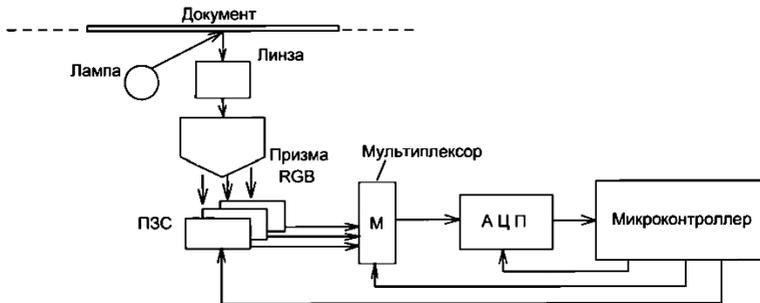


Рис. 57. Схема цветного сканера с разделительной призмой

Специальная призма реализует эффект дихроизма - окраски кристаллов при пропускании через нее белого света в зависимости от расположения оптической оси. За счет преломления исходного пучка света в призме выполняется пространственное его разложение на компоненты R, G и B, которые поступают на соответствующие линейки ПЗС.

### **Заключение**

Итак, в данном учебном пособии рассмотрена центральная часть компьютера, его периферийные устройства, интерфейсы сопряжения их с компьютером.

Достаточно подробно описаны компоненты центральной части - центральный процессор, память, состав и структура системной платы, включая шины, а также типы архитектур компьютера и центрального процессора.

Представлены запоминающие устройства, образующие иерархическую структуру памяти компьютера.

Детально описаны основные виды периферийных устройств, включая видеоподсистему. Уделено внимание интерфейсам и протоколам сопряжения периферийных устройств, рассмотрены устройство, принципы работы некоторых манипуляторов, описаны схемы функционирования печатающих и регистрирующих изображения устройств.

**Библиографический список**

1. **Авдеев В. А.** Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 848 с.: ил. - ISBN 978-5-94074-505-1.
2. **Сычев Александр Николаевич**, ЭВМ и периферийные устройства : учеб. пособие / А.Н. Сычев. - Томск : Изд-во Томск, гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. - 131 с. - ISBN 978-5-86889-744-3.

Учебное издание

**Михайлов** Владимир Вячеславович

## **ПЕРИФЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**Конспект лекций**

Подписано в печать 30.06.17. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 6,6. Уч.-изд. л. 7,1.

Тираж 85 экз.      Заказ      Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В. Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46