

С.Б. Спиридонов

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
И УПРАВЛЕНИЯ**

Краткий курс лекций

*Учебно-методическое пособие*

Часть 2



Москва 2024

УДК 621.3.038(075.8)

ББК 32.97

С 72

**Автор:**

доцент кафедры «Системы обработки информации  
и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана  
*Спиридонов Сергей Борисович*

**Рецензент:**

д.т.н., профессор кафедры «Компьютерные системы  
Автоматизации производства»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
*Мурашов Михаил Владимирович*

**Спиридонов С.Б.**

С 72

Вычислительные средства автоматизированных систем обработки информации и управления. Краткий курс лекций: Учебно-методическое пособие. Часть 2. – М.: Издательство «Спутник +», 2024. – 160 с.

ISBN 978-5-9973-6858-6

Рассмотрены основные типовые архитектуры вычислительных устройств и систем, входящих в АСОИУ. Изложены классические методы проектных решений при проектировании типовых, базовых архитектур вычислительных средств. Рассмотрены архитектуры персональных компьютеров и наиболее распространённые периферийные устройства, и их интерфейсы.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника» специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

УДК 621.3.038(075.8)

ББК 32.97

Отпечатано с готового оригинал-макета.

ISBN 978-5-9973-6858-6

© Спиридонов С.Б., 2024

## Содержание

Предисловие .....	5
<b>Модуль 2. Устройство вычислительных средств АСОИУ .....</b>	<b>6</b>
Лекция 13 .....	6
Процессоры. Классификация. Основное назначение и типовые выполняемые функции .....	6
Основная классификация процессоров .....	6
Лекция 14 .....	14
Архитектура универсальных процессоров .....	14
Функциональные подсистемы центрального процессора .....	15
Суперскалярные процессоры. Функционирование конвейеров в процессорах, особенности работы .....	18
Функциональное назначение регистров в центральных процессорах .....	24
Лекция 15 .....	29
Внутренняя и внешняя кэш-память центральных процессоров .....	29
Типы архитектур кэш-памяти .....	31
Стратегии замещения в кэш-памяти .....	35
Обеспечение согласованности кэш-памяти микропроцессоров в мультипроцессорных системах .....	36
Элементная база статических ЗУ .....	37
Лекция 16 .....	39
Постоянная и оперативная память персонального компьютера .....	39
Особенности построения структур памяти с произвольным доступом .....	39
Постоянные запоминающие устройства .....	42
Оперативные запоминающие устройства .....	50
Статические оперативные запоминающие устройства .....	50
Динамические оперативные запоминающие устройства .....	54
Лекция 17 .....	57
Архитектура материнской платы персонального компьютера .....	57

Лекция 18.....	67
Интерфейсы связи с периферийными устройствами, устройствами ввода-вывода и другими ЭВМ.....	67
Лекция 19.....	75
Жидкокристаллические мониторы .....	75
Сенсорные экраны и панели .....	79
Лекция 20.....	88
Внешние запоминающие устройства на магнитных носителях .....	88
Принципы магнитной записи .....	89
Потенциальные и импульсные методы магнитной записи .....	93
Лекция 21.....	100
Устройство и принцип работы накопителей на жёстких магнитных дисках.....	100
Описание устройства жёсткого магнитного диска .....	101
Отказоустойчивые дисковые подсистемы серверов RAID – системы.....	107
Лекция 22.....	121
Оптические запоминающие устройства.....	121
Лекция 23.....	128
Принтеры.....	128
Сканеры .....	136
Лекция 24.....	148
Микроконтроллеры .....	148
Глоссарий. Список сокращений и обозначений.....	155
Литература.....	157
Приложение. Перечень контрольных вопросов по лекциям модуля 2.....	158

## Предисловие

Бурное развитие интегрированных схемотехнических решений во всех областях использования вычислительной техники и системах управления, требует наличия у студентов базовых знаний основ проектирования элементов и узлов вычислительных средств. Большинство структурных и схемотехнических решений, применяемых в компьютерах, микропроцессорных системах, микроконтроллерах и т.д. являются универсальными и типовыми.

Вычислительные средства АСОИУ – учебная дисциплина, в которой рассматривают архитектуру широкого класса компьютерных устройств, лежащих в основе проектных и конструкторских решений при создании средств вычислительной техники.

Учебно-методическое пособие разработано на основе лекций по дисциплине «Вычислительные средства АСОИУ», читаемых автором на кафедре «Системы обработки информации и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Опыт преподавания студентам основ проектирования показал, что теоретический материал прочно и быстро усваивается студентами только при практическом выполнении задач. Часть этой проблемы решается в ходе лабораторного практикума и при практическом выполнении курсовой работы.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 230100 «Информатика и вычислительная техника» специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Отдельные главы учебного пособия будут полезны слушателям второго высшего образования и кругу специалистов, занимающихся проектированием специализированных вычислительных средств автоматики и управления.

## **Модуль 2. Устройство вычислительных средств АСОИУ**

### **Лекция 13**

#### **Процессоры.**

##### **Классификация. Основное назначение и типовые выполняемые функции**

Процессор – это устройство ЭВМ, автоматически выполняющее переработку цифровой информации в соответствии с заданным алгоритмом и координирующее работу всех устройств вычислительной системы.

Это центральное ядро любой вычислительной системы.

При проектировании процессоров решают задачу определения набора команд, реализуемых аппаратным способом, и команд, выполняемых программным способом.

Аппаратная реализация команд позволяет увеличить быстродействие устройства, но одновременно увеличивает его стоимость. Поэтому структура процессора в каждом конкретном случае определяется областью его применения (специализированные, универсальные), требованиями по быстродействию и стоимостью.

##### **Основная классификация процессоров:**

1. Универсальные.
2. Функциональные.
3. Стековые.
4. Конвейерные.
5. Векторные.
6. Матричные.
7. Ассоциативные.

##### **Универсальные процессоры**

Предназначены для выполнения всех операций по арифметической и логической обработке данных, организации обращения к оперативной памяти (ОП), установлению связей между ОП и внешними устройствами и обеспечению нужной последовательности выполнения команд. Они используются для построения универсальных ЭВМ широкого назначения.

Универсальному процессору посвящена лекция 14.

### **Функциональные процессоры**

Данные процессоры содержат несколько различных операционных блоков или специализированных процессоров.

Применяются, как правило, в специализированных вычислительных средствах (станки с ЧПУ, управление полётом ракеты и т.д.)

Обладают высоким быстродействием, низкой стоимостью и высокой надёжностью. Содержат несколько операционных блоков и специализированных процессоров. Процессор состоит из двух частей: процессорной и управляющей.

### **Стековые процессоры.**

В данном типе процессоров сверхоперативная память реализуется в виде стека.

Преимущественно используются безадресные команды.

Стековые безадресные процессоры предназначены для выполнения программ, записанных на проблемно-ориентированных языках высокого уровня. Короткий формат безадресных команд позволяет эффективно использовать ОП для хранения программ. Применение стека позволяет значительно увеличить производительность процессора и уменьшает количество обращений к ОЗУ за командами и промежуточными результатами.

Недостаток стековых процессоров – сложность построения стека большой глубины и неэффективность пересылок информации из заполненного стека при выполнении команд безусловного или условного перехода.

### **Конвейерные процессоры.**

Данный тип процессоров используется для увеличения производительности ЭВМ. При этом все микрооперации выполняемых в процессоре команд разбиваются на К фаз и каждую фазу выполняют в специализированном блоке.

Конвейер – специальное устройство, реализующее такой метод обработки команд внутри микропроцессора, при котором исполнение команды разбивается на несколько этапов.

Микропроцессоры, имеющие один конвейер, называются скалярными.

Микропроцессоры, имеющие более одного конвейера, называются суперскалярными. В настоящее время все универсальные процессоры относятся к типу суперскалярных. В последующих лекциях особенностям конвейерной обработке будет дано подробное пояснение.

### **Векторные процессоры.**

Этот тип процессоров предназначен для обработки данных, представленных в матричной форме. Эта обработка сводится к манипуляции с данными строк или столбцов матриц. Векторный процессор имеет в своем составе достаточно аппаратных ресурсов для одновременной обработки всех элементов вектора данных, т.е. элементов одного столбца или одной строки матрицы данных. Векторный процессор может быть реализован в двух вариантах. В первом он представляет собой дополнительный блок к универсальной вычислительной машине. Во втором варианте он является основой самостоятельной вычислительной системы. Наиболее распространёнными подходами к архитектуре векторной обработки являются: Конвейерное АЛУ, массив АЛУ, массив процессорных элементов.

На рис. 13.1 приведена упрощённая структура векторного процессора.

Векторные регистры служат для хранения векторов операндов, которые представляют собой совокупность скалярных регистров, объединённых в очередь типа FIFO, способных хранить 50-100 чисел с плавающей запятой.

Регистр длины вектора определяет, сколько элементов фактически содержит обрабатываемый в данный момент вектор.

Регистр максимальной длины вектора определяет максимальное число элементов вектора, которое может быть одновременно обработано аппаратурой процессора.

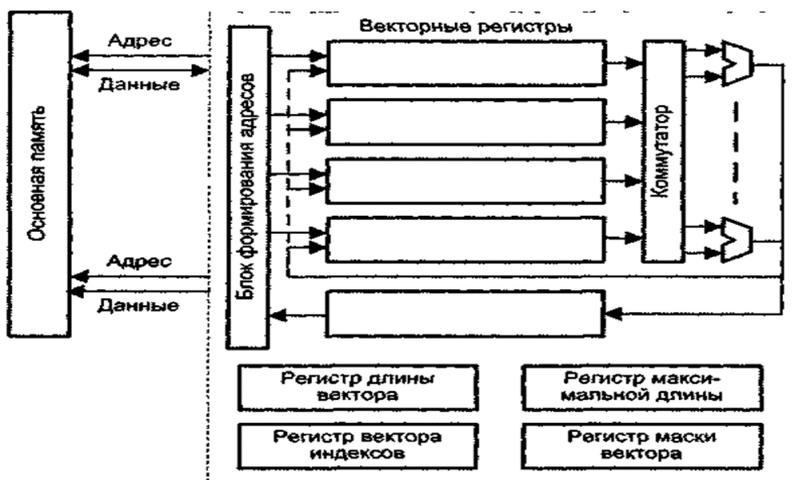


Рис. 13.6. Упрощенная структура векторного процессора

Рис.13.1 Упрощённая структура векторного процессора.

Регистр маски вектора служит для выполнения таких операций, в которых должны участвовать не все элементы векторов. В этом регистре каждому элементу вектора соответствует один бит.

Регистр вектора индексов по структуре аналогичен вектору маски. Служит для выполнения операций упаковки/распаковки для получения вектора, содержащего ненулевые элементы и для обратной операции соответственно.

### Матричные процессоры.

Эти процессоры используются для обработки больших массивов матричной информации, когда необходимо выполнение одинаковых операций над множеством пар операндов. Для этого можно использовать специальный операционный блок или отдельный процессор.

Эти процессоры могут быть векторными или конвейерными или векторными и конвейерными. Матричные процессоры иногда называют матрицей процессоров. Если в матрице из  $N$  процессоров одновременно выполняется одна и та же команда над  $2N$  операндами, то эффективная производительность ЭВМ возрастает в  $N$  раз. Эти процессоры могут быть векторными или конвейерными или векторными и конвейерными. Матричные процессоры иногда называют матрицей процессоров.

Если в матрице из  $N$  процессоров одновременно выполняется одна и та же команда над  $2N$  операндами, то эффективная производительность ЭВМ возрастает в  $N$  раз.

Эти процессоры могут быть векторными или конвейерными или векторными и конвейерными. Матричные процессоры иногда называют матрицей процессоров.

Если в матрице из  $N$  процессоров одновременно выполняется одна и та же команда над  $2N$  операндами, то эффективная производительность ЭВМ возрастает в  $N$  раз. Типичными видами применения матричных процессоров является обработка сейсмической и акустической информации, распознавание речи; для этих видов обработки характерны такие операции, как быстрое преобразование Фурье, цифровая фильтрация и действия над матрицами.

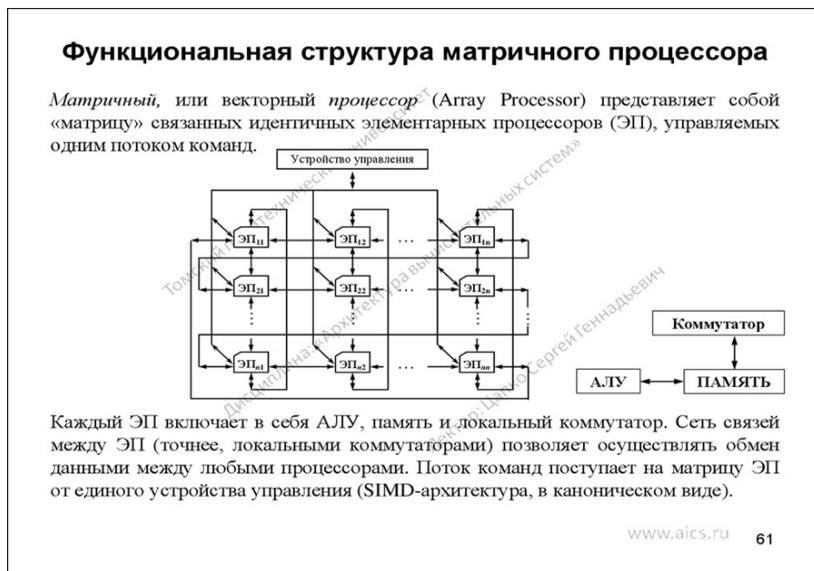


Рис.13.2. Функциональная структура матричного процессора [материал с сайта: [www.aics.ru/](http://www.aics.ru/)]

Для построения относительно небольших более экономичных в работе матричных процессоров используются разрядно-модульные секции АЛУ в

сочетании с векторным процессором, реализованным на основе биполярного СБИС-процессора с плавающей запятой.

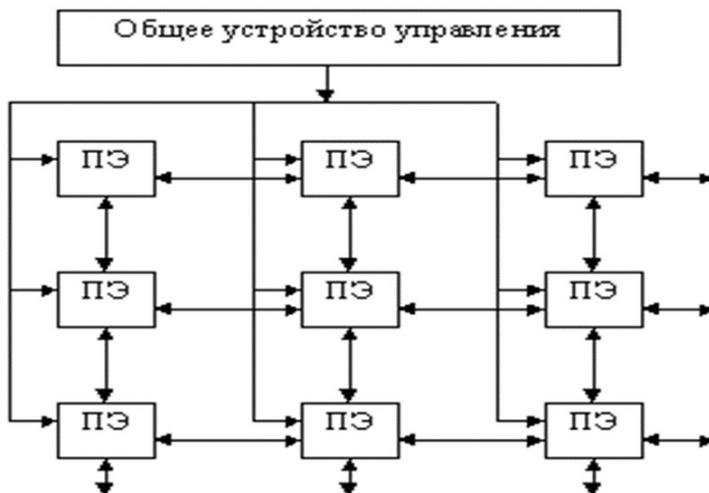


Рис. 13.3. Матрица процессорных элементов

### Ассоциативные процессоры

Ассоциативные процессоры (АП) представляют собой, по существу, векторный или матричный вид процессоров, имеющие ассоциативные возможности по переработке информации. Они строятся на базе ассоциативного ЗУ, в которых с каждым адресом связан свой операционный блок последовательной обработки информации (БАО).

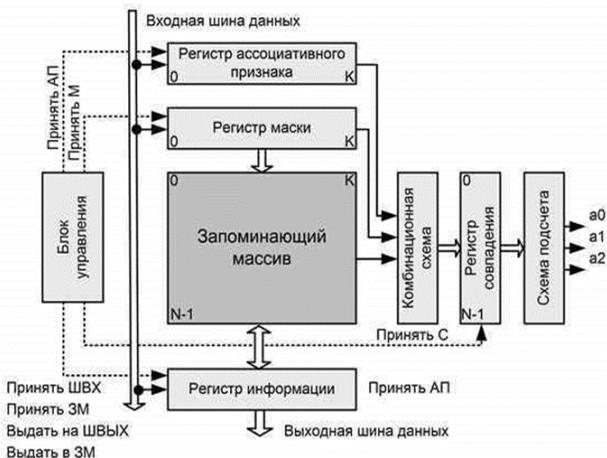
В качестве элементов обработки в параллельном ассоциативном процессоре используются многоразрядные процессорные элементы. Каждый ПЭ, работает со своим модулем ассоциативной памяти, и осуществляет поиск, а также арифметическую и логическую обработку  $m$ -разрядных слов. Пересылку выбранных по содержанию слов между АЗУ и ПЭ обеспечивают коммутирующие цепи.

Способ выполнения операций над словами позволяет определить четыре класса ассоциативных процессоров:

параллельные;

поразрядно-последовательные;  
 пословно-последовательные;  
 блочно-ориентированные.

### Обобщенная схема ассоциативного ЗУ



Архитектура ЭВМ

6

Рис. 13.4. Структура ассоциативной памяти. [материал с сайта ]

Параллельные АП по сравнению с другими классами ассоциативных процессоров обладают наиболее высоким быстродействием, однако это достигается за счет больших аппаратных затрат.

Поразрядно-последовательные ассоциативные процессоры в настоящее время являются наиболее распространенными. Запоминающий массив ассоциативного процессора обычно представляет собой матрицу  $n \times n$  1-разрядных запоминающих элементов (ЗЭ).

### Ассоциативные многопроцессорные системы.

Ассоциативная вычислительная система (АВС) представляет собой многопроцессорную ВС, объединяющую множество ассоциативных процессоров, процессор управления, процессор ввода/вывода и основную

память. Программа для АВС хранится в основной памяти. В процессе реализации программы процессор управления выбирает из ОП очередную команду программы, декодирует ее и, если эта команда предполагает обработку ассоциативными процессорами, передает ее для параллельного выполнения во все ассоциативные процессоры, готовые к обработке.

## Лекция 14

### Архитектура универсальных процессоров

Универсальные центральные процессоры (ЦП) получили наибольшее распространение во все типах персональных компьютеров, ноутбуках, планшетах, смартфонах.

История развития ЦП даёт возможность проследить за изменением основных компонент и характеристик, приводящих к получению новых возможностей, увеличению производительности и количественному росту технических возможностей.

Процессоры отличаются при самом общем рассмотрении: внутренней архитектурой, системой команд, внешним видом (корпусом).

По особенностям типов команд ЦП делятся на два больших класса: с CISC и RISC архитектурой набора команд.

CISC – Complete Instruction Set Computer. Архитектура с полным набором команд. RISC – Reduced Instruction Set Computer. Архитектура с сокращённым набором команд. Популярны во всем мире, т.к. на такой архитектуре работают рабочие станции и серверы под управлением ОС Unix

Особенности RISC архитектуры: каждая команда выполняется за один такт (должен быть максимально коротким), все команды имеют одинаковую длину и формат (упрощение логики управления процессором). Обработка данных происходит только в регистрах процессора, обращение к памяти только при операциях чтения и записи.

Особенность CISC архитектуры: в систему команд добавлены «удобные» для программиста команды (маленькие подпрограммы), что ведёт к ускорению разработки программ. Команды CISC-процессора имеют разную длину и время выполнения. Некоторые команды выполняются за несколько тактов.

По мере совершенствования архитектур универсальных ЦП менялись следующие важнейшие параметры:

-разрядность слов и шины данных от 16 разрядов к 32 разрядам и далее к 64 разрядам;

-разрядность шины адреса, увеличение разрядности позволяло адресовать больший объём оперативной памяти (ОП);

появление быстрой статической кэш-памяти первого уровня на кристалле ЦП для ускорения доступа к операндам, вместо поиска в ОП (время выборки из ОЗУ - 60-70 нс; из кэша – 10-20 нс, т.е. в 3-4 раза быстрее);

В состав ЦП стал входить сопроцессор, т.е. АЛУ плавающей арифметики.

Начиная с ЦП Intel-486 в архитектуре ЦП появляется конвейер.

КОНВЕЙЕР – специальное устройство, реализующее такой метод обработки команд внутри микропроцессора, при котором исполнение команды разбивается на несколько этапов.

ЦП имеющий один конвейер называется скалярным. ЦП, имеющие более одного конвейера, называются суперскалярными.

Признанная Фон-Неймановская архитектура процессоров с общей памятью для хранения команд и данных перестала отвечать требованиям увеличения быстродействия. Общая память явилась «узким» местом. Была применена технология разделения отдельно памяти данных и памяти для хранения декодированных команд. За счёт параллельного доступа к этим двум видам памяти существенно сократилось время подготовки команд к выполнению. Такая архитектура центральных процессоров получила наименование «Гарвардской» архитектуры.

### **Функциональные подсистемы центрального процессора**

В составе большинства архитектур современных ЦП выделяются следующие функциональные подсистемы:

Адресная подсистема;

Подсистема декодирования;

Подсистема переупорядочивания и диспетчеризации;

Подсистема исполнения.

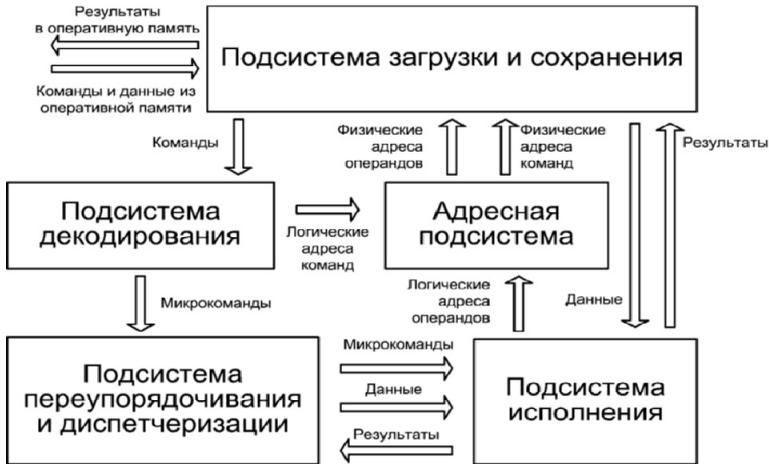


Рис.14.1. Функциональные подсистемы центрального процессора.

Краткая характеристика функционального назначения подсистем процессоров.

#### Подсистема загрузки и сохранения.

Подсистема загрузки и сохранения состоит из устройства шинного интерфейса, кэш-памяти второго уровня, кэш-памяти команд первого уровня, кэш-памяти данных первого уровня, блока выборки команд и блока переупорядочивания запросов к памяти. Для процессоров AMD характерна замена двунаправленной шины на несколько однонаправленных. Инициатором запросов, выдаваемых процессором на системную шину, могут быть блок выборки команд и буфер переупорядочивания запросов к памяти.

#### Адресная подсистема

В функции подсистемы вычисления адресов процессоров входят:

- обеспечение виртуализации адресного пространства, реализуемое буферами быстрого страничного преобразования, блоком связи с памятью и блоком вычисления адреса следующей команды;
- предсказание направления ветвления, реализуемое буфером меток перехода и блоком вычисления адреса следующей команды.

Подсистемы декодирования, переупорядочивания и диспетчеризации.

Подсистема декодирования служит для определения последовательности микрокоманд, необходимых для реализации поступающей последовательности инструкций программы. Состоит из предекодеров и декодеров инструкций, а также памяти микропрограмм и блока переименования регистров. Команды из кэш-памяти команд первого уровня ЛП помимо блока вычисления адреса следующей команды поступают в блок декодирования, где выполняется преобразование каждой поступившей инструкции в последовательность микрокоманд. Преобразование машинных инструкций в последовательность микрокоманд, исполнение которых может происходить переупорядочено. Если две инструкции программы используют одни и те же ячейки памяти, могут возникнуть три типа конфликтов по данным:

«чтение после записи» ;

«запись после чтения»;

«запись после записи».

Для выявления и устранения конфликтов типов «чтение после записи» и «запись после чтения» применяется механизм переименования, основанный на использовании регистров замещения. Для хранения микрокоманд записи используется специальное устройство, называемое буфером переупорядочивания запросов к памяти. Буфер микрокоманд, готовых к исполнению, служит для временного хранения микрокоманд и их операндов перед направлением их в освободившиеся исполнительные устройства. Отправка микрокоманд к исполнительным устройствам выполняется через специальные буферы, называемые портами запуска. Число портов и способ назначения исполнительных устройств определенным портам различаются в разных моделях процессоров.

Подсистема исполнения.

Подсистема исполнения состоит из:

- целочисленных арифметико-логических устройств;
- устройств адресной арифметики;
- устройств обработки чисел с плавающей запятой;

- устройств выполнения целочисленных MMX-операций;
- устройств векторных вычислений над числами с плавающей запятой (SSE).

Для ускорения выполнения арифметических операций с 32 и 64-разрядными операндами в последующих моделях процессоров Intel используется конвейеризация АЛУ совместно с увеличением тактовой частоты работы ступеней. Для этого применяется разделение на стадии, в каждой из которых используются АЛУ с меньшей разрядностью.

Упрощённая схема такого АЛУ представлена на рис. 14.2.

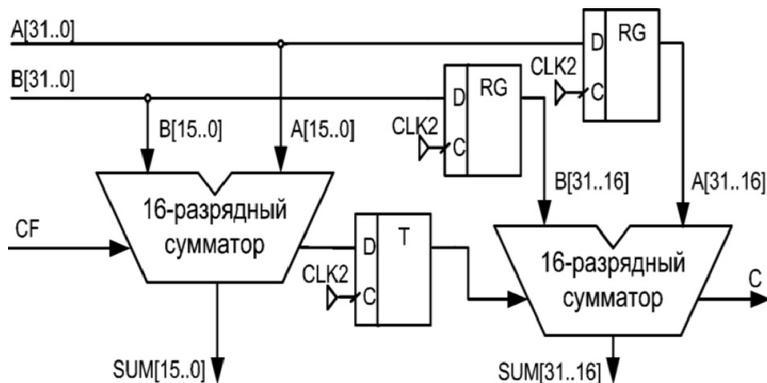


Рис. 14.2. Схема реализации конвейерного АЛУ.

Младшие 16 разрядов числа суммируются (вычитаются) в первом такте, в то время как старшие разряды и перенос сохраняются в регистре. Старшие разряды чисел А и В обрабатываются в следующем такте одновременно с обработкой младших разрядов следующих операндов.

### Суперскалярные процессоры. Функционирование конвейеров в процессорах, особенности работы

Конвейер – способ организации вычислений с целью повышения их производительности за счёт уменьшения простоя оборудования процессора при одновременной обработке нескольких команд. Идея заключается в разделении обработки компьютерной инструкции на последовательность

независимых стадий с сохранением результатов в конце каждой стадии. Это позволяет управляющим цепям процессора получать инструкции со скоростью самой медленной стадии обработки, однако при этом намного быстрее, чем при выполнении эксклюзивной полной обработки каждой инструкции от начала до конца.

Рассмотрим пример выполнения команды за 4 функциональных этапа:

Примем обозначения стадий обработки:

F – выборка, т.е. чтение команды из памяти;

D – декодирование команды и выборка её исходных операндов;

E – выполнение операции;

W – запись, т.е. сохранение результата по целевому адресу.

Тогда структура четырёх ступенчатого конвейера будет выглядеть как на рис. 14.3.

Говоря о производительности конвейерной обработки, следует учитывать, что при написании ассемблерного кода (либо разработке компилятора, генерирующего последовательность инструкций) делается предположение, что результат выполнения инструкций будет точно таким, как если бы каждая инструкция заканчивала выполняться до начала выполнения следующей за ней.

Использование конвейера сохраняет справедливость этого предположения, однако не обязательно сохраняет порядок выполнения инструкций. Ситуация, когда одновременное выполнение нескольких инструкций может привести к логически некорректной работе конвейера, известна как «конфликт конвейера». Обстоятельства, в силу которых приостанавливается работа конвейера, называют конфликтами.

Возможны следующие типы конфликтов:

- конфликты по управлению;
- конфликты структурные;
- конфликты по данным;
- конфликты по условным переходам.

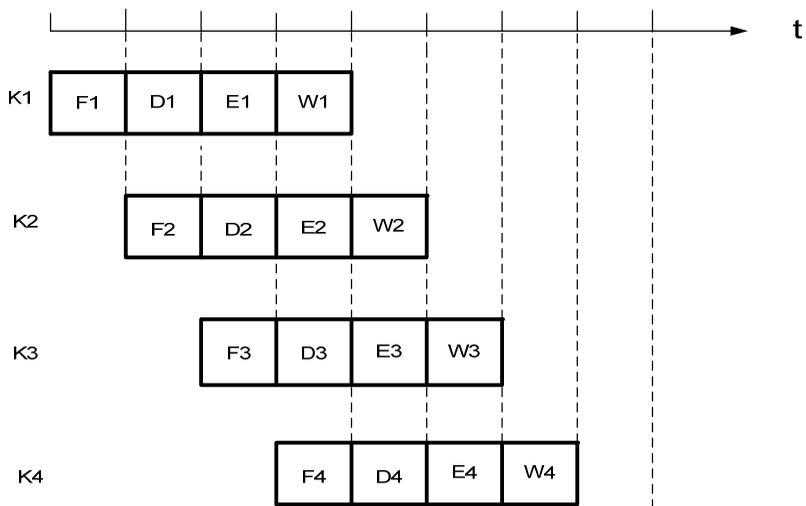


Рис. 14.3. Структура четырёхступенчатого конвейера.

Следующие временные диаграммы поясняют некоторые типы конфликтов.

Конфликт по управлению. Рис. 14.4.

Стадия команды K2 (E2) выполнения выполнялась на два такта дольше и задержала стадии команды K3.

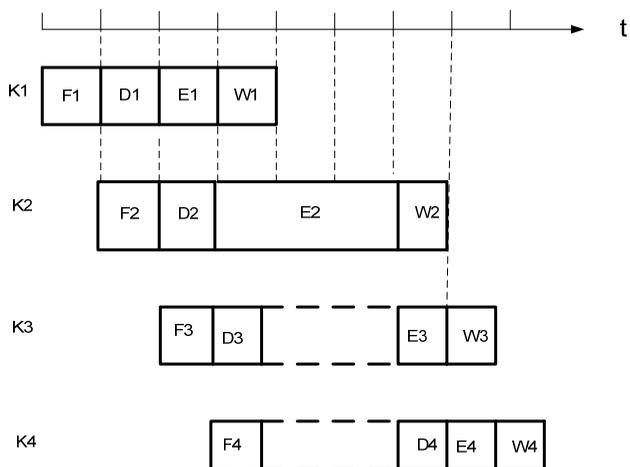


Рис. 14.4. Временная диаграмма конфликта по управлению.

Конфликт по промаху в кэш-памяти. Рис.14.5.

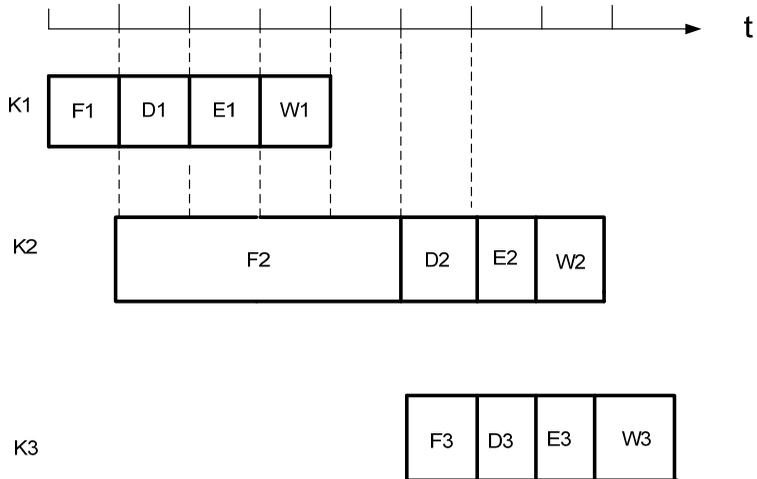


Рис. 15.5. Конфликт по промаху в кэш-памяти.

Задержка происходит из-за несвоевременного поступления команды из-за отсутствия её в кэш-памяти. Блок выборки команды K2 занимает длительность четырёх тактов.

Структурные конфликты рис.15.6.

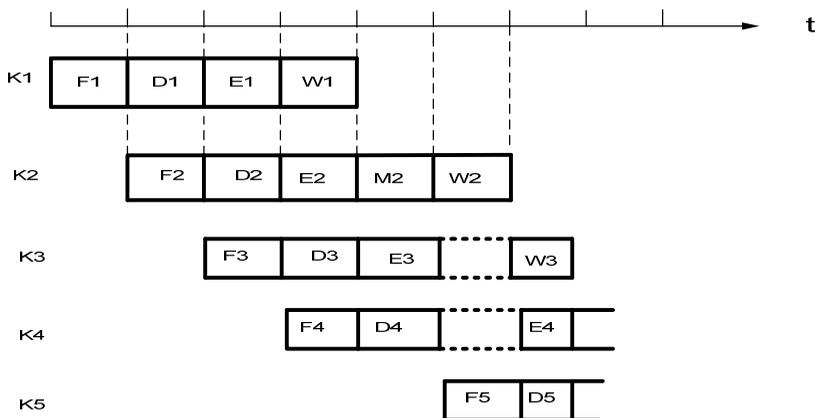


Рис. 15.6. Временная диаграмма структурного конфликта.

Структурные конфликты возникают, когда двум командам требуется одновременный доступ к аппаратному ресурсу. Структурные конфликты наиболее вероятны при обращении к памяти.

Конфликт по данным.

Конфликт по данным – это ситуация, когда конвейер останавливается из-за отсутствия данных, над которыми осуществляется операция. Рассмотрим пример:  $A := 3 + A$ ;  $B := 4 * A$ . Конвейерное выполнение второй команды не успеет получить обновлённое значение  $A$ . Необходимо дождаться записи нового значения  $A$  по целевому адресу.

Конфликты по условным переходам.

Временные потери, понесённые из-за команды перехода, называют накладными расходами перехода. Для сокращения расходов перехода адрес перехода нужно вычислять раньше. Обычно в блоке выборки команды имеется выделенная подсистема, предназначенная для быстрого выявления команд перехода и вычисления их целевых адресов.

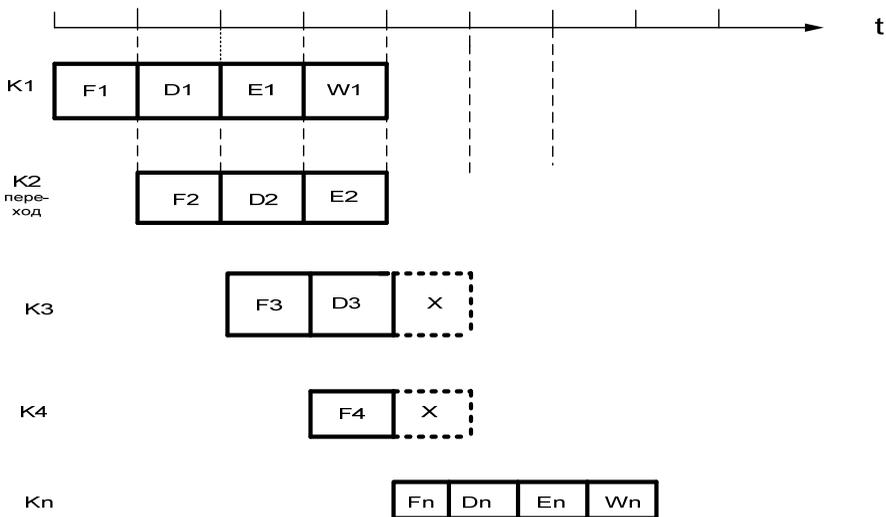


Рис 14.7. Временная диаграмма конфликта из-за условного перехода.

Результат перехода в команде K2 будет известен только по концу такта E2, до этого на конвейере будет выполнено два такта команды K3 и один такт команды K4, а в результате необходимо начать выполнение команды Kп, на которую указывает вычисленный переход.

Методы преодоления конфликтов по условным переходам.

Метод выжидания.

Подавление операций в конвейере, путём выполнения блокировки любой команды, следующей за командой условного перехода, до тех пор, пока не станет известным направление перехода. Преимущество – простота реализации.

Метод возврата.

Прогнозировать условный переход как невыполняемый.

При этом аппаратура должна просто продолжать выполнение программы, как если бы условный переход вовсе не выполнялся. Однако, если условный переход на самом деле выполняется, то необходимо просто очистить конвейер от команд, выбранных вслед за командой условного перехода и заново повторить выборку команд. Альтернативная схема прогнозирует переход как выполняемый. Как только команда условного перехода декодирована и вычислен целевой адрес перехода, мы предполагаем, что переход выполняемый, и осуществляем выборку команд и их выполнение, начиная с целевого адреса.

Задержанные переходы.

В задержанном переходе такт выполнения с задержкой перехода длиной  $n$  есть: команды  $1 - n$  находятся в слотах (временных интервалах) задержанного перехода. Компилятор должен соблюдать требования при подборе подходящей команды для заполнения слота задержки. Если такой команды не находится, слот задержки должен заполняться пустой операцией.

## **Функциональное назначение регистров в центральных процессорах**

Регистры центрального процессора являются сверхоперативными запоминающими устройствами. В различных подсистемах процессора встречаются регистры, на которые возлагаются самые различные функции.

Классификация регистров микропроцессоров:

- регистры управления;
- системные регистры;
- регистры флагов и слово состояния;
- адресные регистры;
- целочисленные регистры;
- регистры арифметики с плавающей запятой;
- регистры команд SSE и MMX.

В микропроцессор включены несколько регистров, которые постоянно содержат информацию о состоянии как самого микропроцессора, так и программы, команды которой в данный момент загружены на конвейер.

Регистры состояния и управления. К этим регистрам относятся:

- 1) регистр флагов `eflags/flags`;
- 2) регистр указателя команды `rip/ir`.

Используя эти регистры, можно получать информацию о результатах выполнения команд и влиять на состояние самого микропроцессора.

Регистры флагов: эти флаги могут изменяться после выполнения машинных команд. Флаги состояния регистра `eflags` отражают особенности результата исполнения арифметических или логических операций. Это дает возможность анализировать состояние вычислительного процесса и реагировать на него с помощью команд условных переходов и вызовов подпрограмм.

Регистр – указатель команд: регистр `rip/ir` имеет разрядность 32/16 бит и содержит смещение следующей подлежащей выполнению команды относительно содержимого сегментного регистра `cs` в текущем сегменте команд. Этот регистр непосредственно недоступен программисту, но загрузка и изменение его значения производятся различными командами управления, к

которым относятся команды условных и безусловных переходов, вызова процедур и возврата из процедур. Возникновение прерываний также приводит к модификации регистра `ip/ipr`.

Системные регистры. Использование системных регистров жестко регламентировано. Квалифицированный системный программист может выполнить с ними самые низкоуровневые операции.

Системные регистры можно разделить на три группы:

1) четыре регистра управления;

В группу регистров управления входят 4 регистра:

– `cr0`;

– `cr1`;

– `cr2`;

– `cr3`;

2) четыре регистра системных адресов (которые также называются регистрами управления памятью);

К регистрам системных адресов относятся следующие регистры:

– регистр таблицы глобальных дескрипторов `gdtr`;

– регистр таблицы локальных дескрипторов `ldtr`;

– регистр таблицы дескрипторов прерываний `idtr`;

– 16-битовый регистр задачи `tr`;

3) восемь регистров отладки. К их числу относятся:

– `dr0`;

– `dr1`;

– `dr2`;

– `dr3`;

– `dr4`;

– `dr5`;

– `dr6`;

– `dr7`.

Пояснение назначения регистров системных адресов. Эти регистры еще называют регистрами управления памятью. Они предназначены для защиты программ и данных в мультизадачном режиме работы микропроцессора.

1) регистр таблицы глобальных дескрипторов *gdtr* (Global Descriptor Table Register), имеющего размер 48 бит и содержащего 32-битовый (биты 16–47) базовый адрес глобальной дескрипторной таблицы GDT и 16-битовое (биты 0–15) значение предела, представляющее собой размер в байтах таблицы GDT;

2) регистр таблицы локальных дескрипторов *ldtr* (Local Descriptor Table Register), имеющего размер 16 бит и содержащего так называемый селектор дескриптора локальной дескрипторной таблицы LDT. Этот селектор является указателем в таблице GDT, который и описывает сегмент, содержащий локальную дескрипторную таблицу LDT;

3) регистр таблицы дескрипторов прерываний *idtr* (Interrupt Descriptor Table Register), имеющего размер 48 бит и содержащего 32-битовый (биты 16–47) базовый адрес дескрипторной таблицы прерываний IDT и 16-битовое (биты 0–15) значение предела, представляющее собой размер в байтах таблицы IDT;

4) 16-битовый регистр задачи *tr* (Task Register), который подобно регистру *ldtr*, содержит селектор, т. е. указатель на дескриптор в таблице GDT. Этот дескриптор описывает текущий сегмент состояния задачи (TSS – Task Segment Status). Этот сегмент создается для каждой задачи в системе, имеет жестко регламентированную структуру и содержит контекст (текущее состояние) задачи. Основное назначение сегментов TSS – сохранять текущее состояние задачи в момент переключения на другую задачу.

Регистры отладки. Регистры *dr0*, *dr1*, *dr2*, *dr3* имеют разрядность 32 бита и предназначены для задания линейных адресов четырех точек прерывания. Используемый при этом механизм следующий: любой формируемый текущей программой адрес сравнивается с адресами в регистрах *dr0* ... *dr3*, и при совпадении генерируется исключение отладки с номером 1. Регистр *dr6* называется регистром состояния отладки. Биты этого регистра

устанавливаются в соответствии с причинами, которые вызвали возникновение последнего исключения с номером 1. Регистр `dr7` называется регистром управления отладкой. В нем для каждого из четырех регистров контрольных точек отладки имеются поля, позволяющие уточнить следующие условия, при которых следует сгенерировать прерывание.

Универсальные регистры. К универсальным регистрам относятся регистры: `AX`, `BX`, `CX`, `DX`.

Каждый из универсальных регистров (или регистров общего назначения) может использоваться для временного хранения любых данных, при этом можно работать с каждым регистром целиком, а можно отдельно с каждой его половиной.

- регистр `AX` – регистр-аккумулятор, через его порты осуществляется ввод-вывод данных в микропроцессор, а при выполнении операций умножения и деления `AX` используется для хранения первого числа, участвующего в операции (произведения, частного) после ее завершения;
- регистр `BX` часто используется для хранения адреса базы в сегменте данных и начального адреса поля памяти при работе с массивами;
- регистр `CX` – регистр-счетчик, используется как счетчик числа повторений при циклических операциях;
- регистр `DX` используется как расширение регистра-аккумулятора при работе с 32-разрядными числами и при выполнении операций умножения и деления, используется для хранения номера порта при операциях ввода-вывода и т.д.

Регистры команд SSE. SSE команды включают в архитектуру процессора восемь 128-битных регистров и набор инструкций, работающих со скалярными и упакованными типами данных.

Регистры команд MMX. Расширение MMX включает в себя восемь 64-битных регистров общего пользования `MM0—MM7`. Для совместимости со способами переключения контекста процессора в существующих ОС Intel была вынуждена объединить в программной

модели процессора восемь регистров MMX  
регистров FPU.

с мантиссами восьми

## Лекция 15

### Внутренняя и внешняя кэш-память центральных процессоров

Применение особого вида запоминающего устройства, получившего наименование кэш-памяти (КП), сократить время, затрачиваемое на извлечение нужных операндов для выполнения команд процессором.

Рис. 15.1. поясняет взаимодействие кэш-памяти и основной памяти для обеспечения быстрого извлечения операнда.

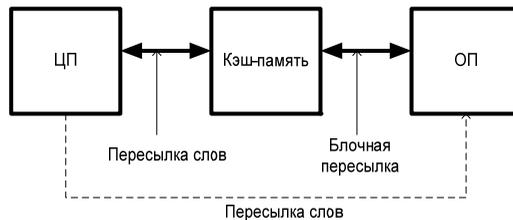


Рис. 15.1. Взаимодействие кэш-памяти и оперативной памяти.

Кэш-память, реализованная на кристалле процессора, получила наименование внутренней кэш-памяти, кэш-память, располагаемая на материнской плате – внешней кэш-памятью, это как правило третий и более высокие уровни.

Кэш-память (КП), или кэш, представляет собой организованную в виде ассоциативного запоминающего устройства быстродействующую буферную память ограниченного объема, которая располагается между регистрами процессора и относительно медленной основной памятью.

Кэш-память и основная память разделяются на блоки одинакового объема, размер которых обычно составляет 8-128 байт. Обычно блок ОП и кэш-памяти называют строкой (line). Обмен между ОП и кэш-памятью носит блочный характер.

В кэш-памяти содержатся копии тех блоков ОП, к которым в последнее время выполнялись обращения со стороны центрального процессора.

В процессе работы отдельные блоки информации копируются из основной памяти в кэш-память. При обращении процессора за командой или данными сначала проверяется их наличие в КП.

Если необходимая информация находится в кэш - памяти, она быстро извлекается. Это кэш-попадание. Если необходимая информация в КП отсутствует (кэш-промах), то она выбирается из основной памяти, передается в микропроцессор и одновременно заносится в кэш-память.

Для того чтобы уже следующее обращение к КП приводило как можно чаще к кэш-попаданиям, передача из оперативной памяти в кэш-память происходит не теми порциями (байтами или словами), которые востребованы микропроцессором в данном обращении, а так называемыми строками, совпадающими по размерам со страницами ОП.

Длина строки превышает максимально возможную длину востребованных микропроцессором данных. Обычно она составляет от 16 до 64 байт и выровнена в памяти по границе соответствующего раздела.

Высокий процент кэш-попаданий в этом случае обеспечивается благодаря тому, что в большинстве случаев программы обращаются к ячейкам памяти, расположенным вблизи от ранее использованных. Это свойство, называемое принципом локальности ссылок, обеспечивает эффективность использования КП.

Когда очередной сформированный микропроцессором физический адрес выйдет за пределы строки кэш-памяти (произойдет кэш-промах), будет выполнена подкачка в кэш новой строки, и вновь ряд последующих обращений вызовет кэш-попадания.

Причем выделяются два вида локальности: пространственная и временная. Кроме того, принцип локальности рассматривается как в отношении команд, так и в отношении данных.

Пространственная локальность в отношении команд характеризуется тем, что вероятность выборки команды по следующему адресу, по сравнению с адресом исполняемой команды, намного больше, чем вероятность выборки

команды по любому другому адресу. Этот принцип проявляется на линейных участках программы.

Пространственная локальность в отношении данных выражается в том, что вероятность обращения к слову данных по следующему адресу намного больше вероятности обращения к данным по любому другому адресу.

Временной аспект принципа локальности обращений в отношении команд предполагает большую вероятность обращения к команде по одному и тому же адресу в течение небольшого интервала времени.

В отношении данных временной аспект принципа локальности обращений означает большое значение вероятности обращений к одному и тому же слову данных в течение небольшого интервала времени.

Численной оценкой эффективности принятого принципа построения кэш-памяти является процент удачных обращений (процент кэш-попаданий), определяемый как отношение числа обращений к памяти, реализуемых через кэш, к общему числу обращений. Как правило, в современных компьютерах процент кэш-попаданий составляет 95÷98 %.

### **Типы архитектур кэш-памяти**

Наибольшее распространение получили три основных вида кэш-памяти:

1. Кэш-память с прямым отображением.
2. Полностью ассоциативная кэш-память.
3. Множественно-ассоциативная кэш-память или наборно-ассоциативная кэш-память.

Отличия этих трёх видов заключается в механизме расположения страниц оперативной памяти в блочную структуру кэш-памяти. У каждого вида имеются одновременно свои преимущества и недостатки.

#### **1. Кэш-память с прямым отображением**

Каждая строка ОЗУ имеет только одно фиксированное место, на котором она может находиться в кэш-памяти. Эту дисциплину поясняет рис. 15.2

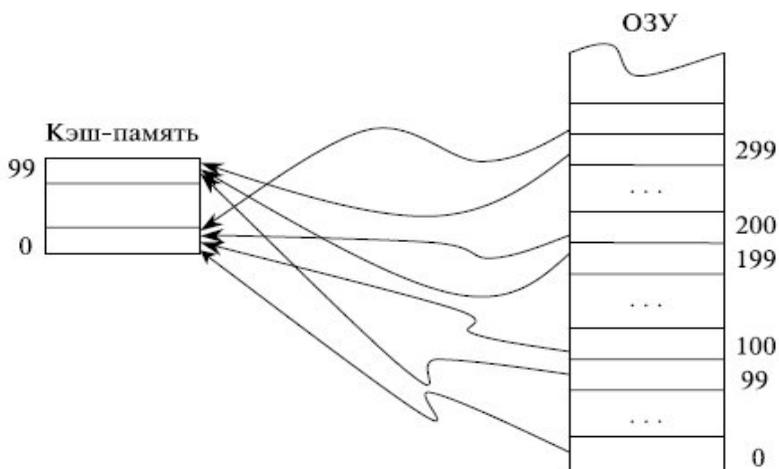


Рис. 15.2. Дисциплина работы кэш-памяти с прямым отображением.

Предположим, что ОЗУ состоит из 1000 строк с номерами от 0 до 999, а кэш-память имеет емкость только 100 строк. В кэш-памяти с прямым отображением строки ОЗУ с номерами 0, 100, 200, ..., 900 могут сохраняться только в строке 0 КП и нигде иначе, строки 1, 101, 201, ..., 901 ОЗУ - в строке 1 КП, строки ОЗУ с номерами 99, 199, ..., 999 сохраняются в строке 99 кэш-памяти.

## 2. Полностью ассоциативная кэш-память

Каждая строка ОЗУ может располагаться в любом месте такой кэш-памяти. В полностью ассоциативной кэш-памяти максимально используется весь ее объем: вытеснение сохраненной в КП информации проводится лишь после ее полного заполнения. Однако поиск в кэш-памяти, организованной подобным образом, представляет собой трудную задачу.

Рис. 15.3. поясняет возможную структуру заполнения кэш-памяти.

Память тегов реализуется как ассоциативная, то есть обращение к ней производится не по адресу, а по некоторому ключу (признаку, тегу). Ключом поиска в памяти тегов является 14-разрядный адрес блока.



обращения  $E_1, \dots, E_n$  к соответствующему регистру данных. Выходы всех компараторов объединяются на элементе ИЛИ, выход которого связан с входом разрешения обращения выходного регистра данных ODR.

При подаче сигнала чтения  $R$  в регистры данных и сигнала записи  $W$  в выходной регистр данных, на выходе ассоциативной памяти появятся данные с тегом, соответствующим входному.

В случае несовпадения входного тега с содержимым теговых регистров вырабатывается соответствующий сигнал на выходе инвертора. Этим сигналом отмечается факт отсутствия искомой информации в ассоциативной памяти.

### **3. Множественно-ассоциативная кэш-память**

В этом типе кэш-памяти каждая строка ОЗУ может находиться только в ограниченном наборе мест кэш-памяти. В кэш-памяти с множественно-ассоциативным отображением осуществляется разделение блоков кэш-памяти и, соответственно, основной памяти на ряд множеств (групп). Для блоков ОП, принадлежащих одному множеству, реализуется принцип прямого отображения, то есть все блоки ОП из одного множества должны отображаться на определенное число блоков кэш-памяти соответствующего множества гораздо меньшей мощности.

В свою очередь принцип отображения блоков ОП на блоки кэш-памяти внутри выбранного множества является ассоциативным: любой блок ОП, принадлежащий выбранному множеству, может помещаться на место любого блока кэш-памяти, принадлежащего соответствующему множеству.

В свою очередь, ОП состоит из 32 множеств (групп) по 512 блоков в множестве. Каждый из них претендует на занятие одного из 4-х мест в кэш-памяти. Подобная реализация называется кэш-памятью с четырехканальным доступом.

## Структура наборно-ассоциативного кэша

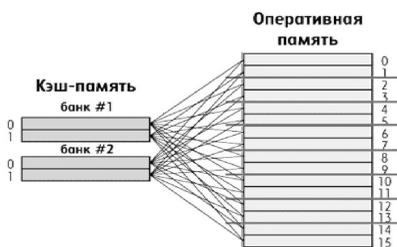


Рис. 15.5. Структура множественно-ассоциативной кэш-памяти.

### Стратегии замещения в кэш-памяти

Существуют три основных стратегии замещения:

1. LRU - замещается строка, к которой дольше всего не было обращений;
2. FIFO - замещается самая давняя по пребыванию в кэш-памяти строка;
3. Random - замещение проходит случайным образом.

Стратегии обновления основной памяти:

1. Кэширование со сквозной записью.
2. Кэширование с обратной записью.

Кэширование со сквозной записью обновляет основную память параллельно с обновлением информации в КП. Это несколько снижает быстродействие системы, так как микропроцессор впоследствии может вновь обратиться по одинаковому адресу для записи информации, и предыдущая пересылка строки кэш-памяти в ОЗУ окажется бесполезной. Однако при таком подходе содержимое соответствующих друг другу строк ОЗУ и КП всегда идентично. Это играет большую роль в мультипроцессорных системах с общей оперативной памятью.

Кэширование с обратной записью модифицирует строку ОЗУ лишь при вытеснении строки кэш-памяти, например, в случае необходимости освобождения места для записи новой строки из ОЗУ в уже заполненную КП.

Промежуточное положение между этими подходами занимает способ, при котором все строки, предназначенные для передачи из КП в ОЗУ, предварительно накапливаются в некотором буфере.

Передача осуществляется либо при вытеснении строки, как в случае кэширования с обратной записью, либо при необходимости согласования кэш-памяти нескольких микропроцессоров в мультипроцессорной системе, либо при заполнении буфера.

### **Обеспечение согласованности кэш-памяти микропроцессоров в мультипроцессорных системах.**

Рассмотрим особенности работы кэш-памяти в том случае, когда одновременно несколько микропроцессоров используют общую оперативную память.

В этом случае могут возникнуть проблемы, связанные с кэшированием информации из оперативной памяти в кэш-память микропроцессоров.

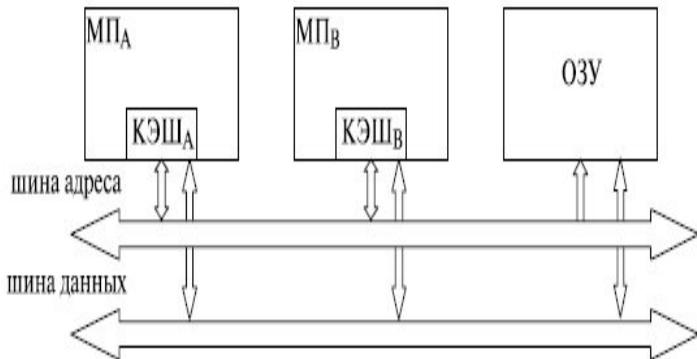


Рис. 15.6. Структура многоядерной микропроцессорной системы с общей памятью.

Для обеспечения согласованности (когерентности) памяти в мультипроцессорных системах используются аппаратные механизмы, позволяющие решить эту проблему. Такие механизмы называются протоколами когерентности кэш-памяти.

Существует два протокола когерентности:

1. Протоколы на основе справочника;
2. Протоколы наблюдения.

При использовании протоколов основе справочника информация о состоянии блока физической памяти содержится только в одном месте, называемом справочником (физически справочник может быть распределен по узлам системы). При использовании протоколов наблюдения каждый кэш, который содержит копию данных некоторого блока физической памяти, имеет также соответствующую копию служебной информации о его состоянии; централизованная система записей отсутствует; обычно кэши расположены на общей шине, и контроллеры всех кэшей наблюдают за шиной (просматривают ее), чтобы определять, какие обращения по адресам в пределах этого блока происходят со стороны других микропроцессоров.

### Элементная база статических ЗУ

В качестве элементной базы статических ЗУ используются триггерные ячейки на основе полевых n-МОП транзисторах. Типовая схема асинхронного RS-триггера иллюстрирует рис. 15.7.

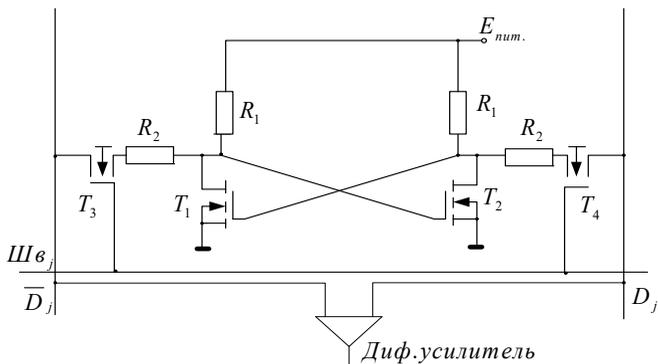


Рис. 15.7 Запоминающая ячейка статической памяти (асинхронный RS-триггер) на n-МОП транзисторе.

Основное применение статических ОЗУ – кэш – память. Статические ОЗУ могут быть построены как по асинхронной, так и по синхронной схеме.

## Лекция 16

### Постоянная и оперативная память персонального компьютера

Основной функцией любого запоминающего устройства (ЗУ) является приём, хранение и выдача данных в процессе работы ВС. Постоянные ЗУ (ПЗУ) предназначены для хранения данных и при выключенном компьютере, оперативные ЗУ сохраняют информацию только при работающем компьютере. Общие характеристики ЗУ следующие:

- ёмкость;
- единица пересылки;
- метод доступа к памяти;
- быстродействие;
- элементная база;
- физические особенности;
- стоимость.

Некоторые из перечисленных характеристик были изучены в предыдущих дисциплинах, поэтому поясняются те, которые не были освещены ранее.

Единица пересылки. Для основной памяти единица пересылки определяется шириной шины данных. Обычно единица пересылки равна длине слова. Но не всегда это выполняется: при обмене с кэш-памятью единица пересылки равна блоку (странице ОП).

Метод доступа к данным. Он значительно влияет на быстродействие работы памяти. Различают четыре основных метода доступа: последовательный, прямой, произвольный и ассоциативный.

#### Особенности построения структур памяти с произвольным доступом

##### 1. Архитектура памяти 2D.

Построение архитектуры 2D иллюстрирует рис. 16.1.

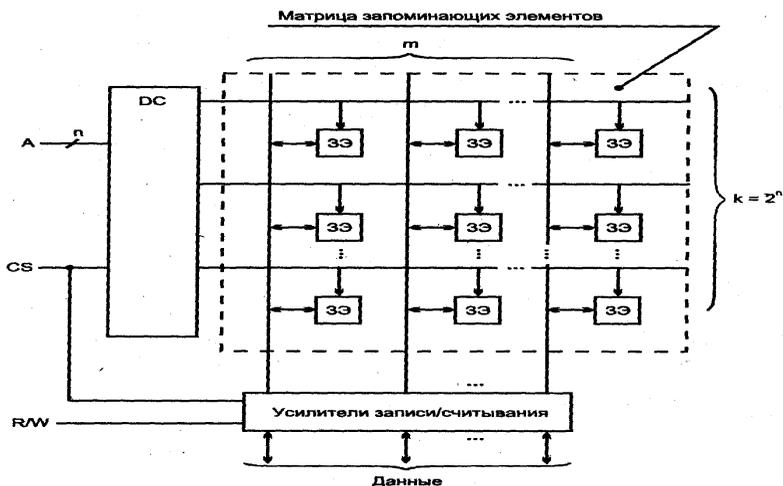


Рис. 16.1. Архитектура памяти 2D

В структуре 2D запоминающие элементы 3Э организованы в прямоугольную матрицу размерностью  $M = k \times m$ , где  $M$  — информационная емкость памяти в битах;  $k$  — число хранимых слов;  $m$  — их разрядность.

## 2. Архитектура памяти 3D.

Построение архитектуры 3D иллюстрирует рис. 16.2.

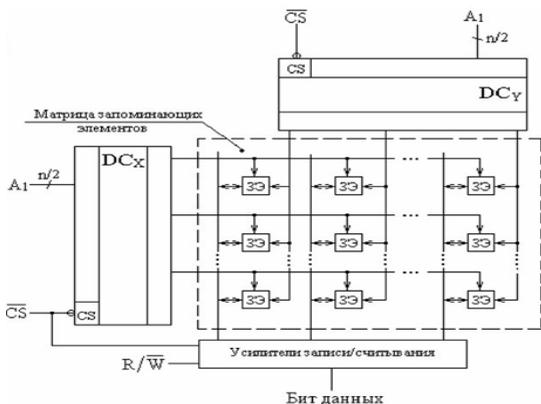


Рис. 16.2. Архитектура памяти 3D

Структура 3D позволяет резко упростить дешифраторы адреса с помощью двухкоординатной выборки запоминающих элементов. Принцип двухкоор-

динатной выборки поясняется на примере 3У типа ROM, реализующего только операции чтения данных.

Здесь код адреса разрядностью  $n$  делится на две половины, каждая из которых декодируется отдельно. Выбирается запоминающий элемент, находящийся на пересечении активных линий выходов обоих дешифраторов. Разрядность хранимого в памяти слова располагается вдоль третьей оси  $Z$ .

### 3. Архитектура памяти 2DM.

Построение архитектуры 2DM иллюстрирует рис. 16.3.

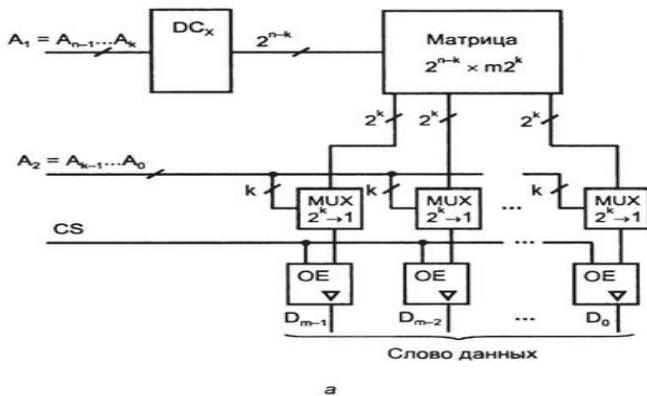


Рис. 16.3. Архитектура памяти 2DM.

3У структуры 2DM для матрицы запоминающих элементов с адресацией от дешифратора DC<sub>x</sub> имеет как бы характер структуры 2D: возбужденный выход дешифратора выбирает целую строку. Однако в отличие от структуры 2D, длина строки не равна разрядности хранимых слов, а многократно ее превышает. При этом число строк матрицы уменьшается и, соответственно, уменьшается число выходов дешифратора. Для выбора одной из строк служат не все разряды адресного кода, а их часть от  $A_{n-1}$  до  $A_k$ . Остальные разряды адреса ( $A_{k-1}... A_0$ ) используются, чтобы выбрать необходимое слово из того множества слов, которое содержится в строке. Это выполняется с помощью мультиплексоров, на адресные входы которых подаются коды  $A_{k-1}... A_0$ . Длина строки равна  $m2^k$ , где  $m$  — разрядность хранимых слов. Из каждого

"отрезка" строки длиной  $2k$  мультиплексор выбирает один бит. На выходах мультиплексоров формируется выходное слово. По разрешению сигнала CS, поступающего на входы OE управляемых буферов с тремя состояниями, выходное слово передается на внешнюю шину.

### **Постоянные и оперативные запоминающие устройства**

Основной функциональный признак постоянного ЗУ (ПЗУ) - хранение записанной информации в течение продолжительного периода времени при отключённом электропитании. Постоянные ЗУ имеют широкое назначение в вычислительных устройствах, начиная от хранения программ первоначальной загрузки до внешних постоянных ЗУ, используемых различными пользователями.

ПЗУ в свою очередь подразделяются:

- ПЗУ масочного типа (непрограммируемые),
- ПЗУ однократно программируемые.
- Перепрограммируемые ПЗУ.

#### **Масочные ПЗУ.**

Масочные ПЗУ могут быть реализованы на основе диодов, биполярных транзисторов, МОП-транзисторов. Масочные ПЗУ используются при изготовлении большой серии, и их прошивка осуществляется на этапе изготовления.

На рис. 16.4 представлена матрица диодных элементов масочного ПЗУ. На линиях считывания в пересечениях с адресными линиями, там где «зашита» логическая единица, диод соединяет адресную линию с разрядной линией считывания. На пересечениях, где, зашит ноль, диод не подключён.

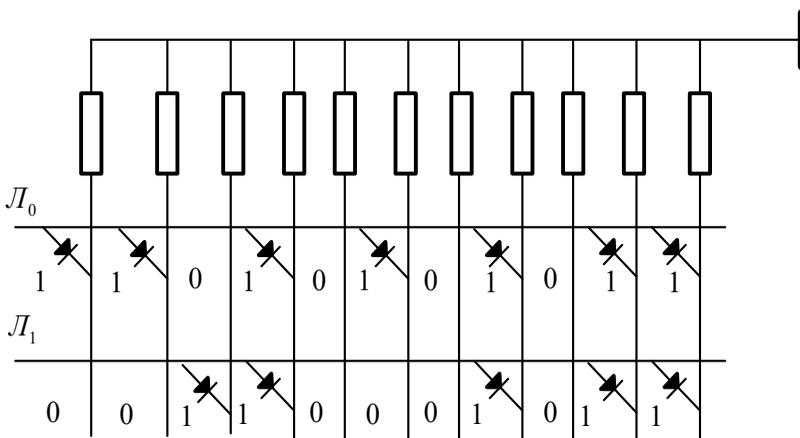


Рис.16.4 Схема масочного ПЗУ на диодах.

Информация в подобное масочное ЗУ заносится в процессе изготовления путём металлизации промежутков, позволяющих соединить через диоды соответствующие линии строк и столбцов. Каждая прошивка требует своего фотошаблона. Масочные ЗУ наиболее надёжны и допускают высокую плотность записи информации.

На рис. 16.5 представлено масочное ЗУ на основе униполярных МОП-транзисторов.

Программирование заключается в подключении затвора к адресной линии в тех местах матрицы памяти, где должна быть записана единица. Там, где должен быть записан 0, коммутация затвора на адресную линию отсутствует.

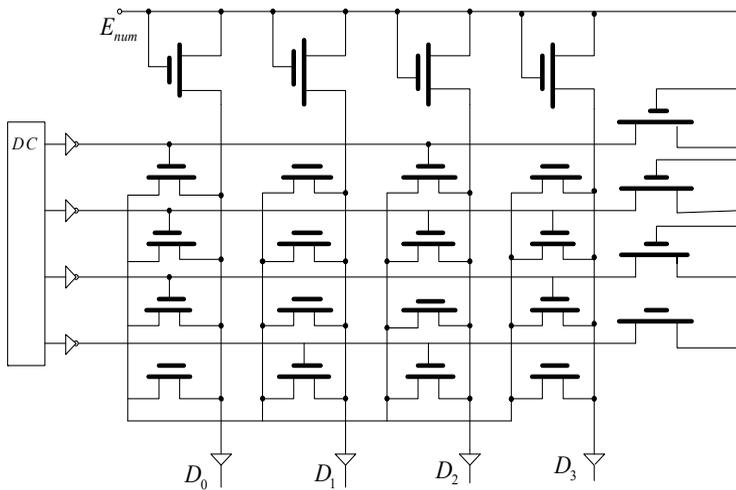


Рис. 16.5. Масочное ЗУ основе униполярных МОП-транзисторов.

### Однократно-программируемое ЗУ

ЗУ типа PROM программируются пользователем устраниением или созданием перемычек рис.16.6.

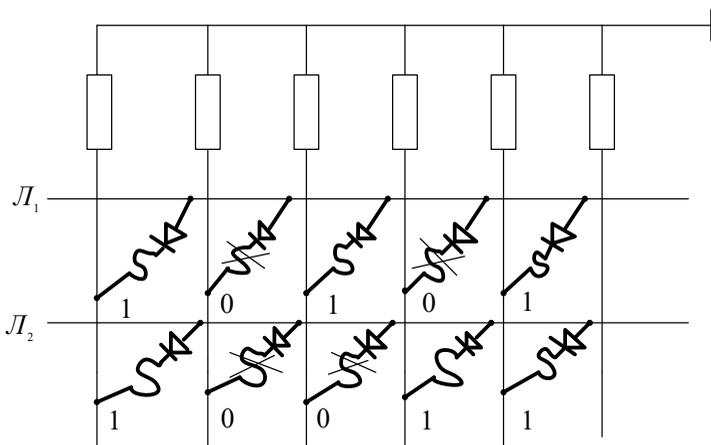


Рис. 16.6. Схема однократно-программируемого ЗУ с пережигаемыми перемычками.

В исходном состоянии ЗУ имеет все перемычки, а при программировании часть их ликвидируется путем расплавления импульсами тока (большой амплитуды и длительности). Эти перемычки включаются в электроды диодов или транзисторов. Перемычки изготавливаются металлическими (нихром) и поликристаллическими (кремниевыми).

Другой тип перемычки - два встречно включенных диода рис.16.7. В исходном состоянии цепь можно считать разомкнутой. Для записи единицы к диодам прикладывается высокое напряжение, пробивающее диод, смещенный в обратном направлении. Диод пробивается с образованием в нем короткого замыкания.

Выпускаемые также схемы с тонкими пробиваемыми диэлектрическими перемычками (типа antifuse) более компактны и совершенны. Применяются в ПЛИС.

Представителем ЗУ с плавкими перемычками является микросхема K155PE3 (ТТЛ).

Плавкие перемычки занимают довольно много места, в связи с этим уровень (степень) интеграции ниже, чем у масочных ЗУ. При этом имеют невысокую стоимость, т.к. изготовитель выпускает микросхему без учета конкретного содержимого ЗУ. Программирует ЗУ пользователь.

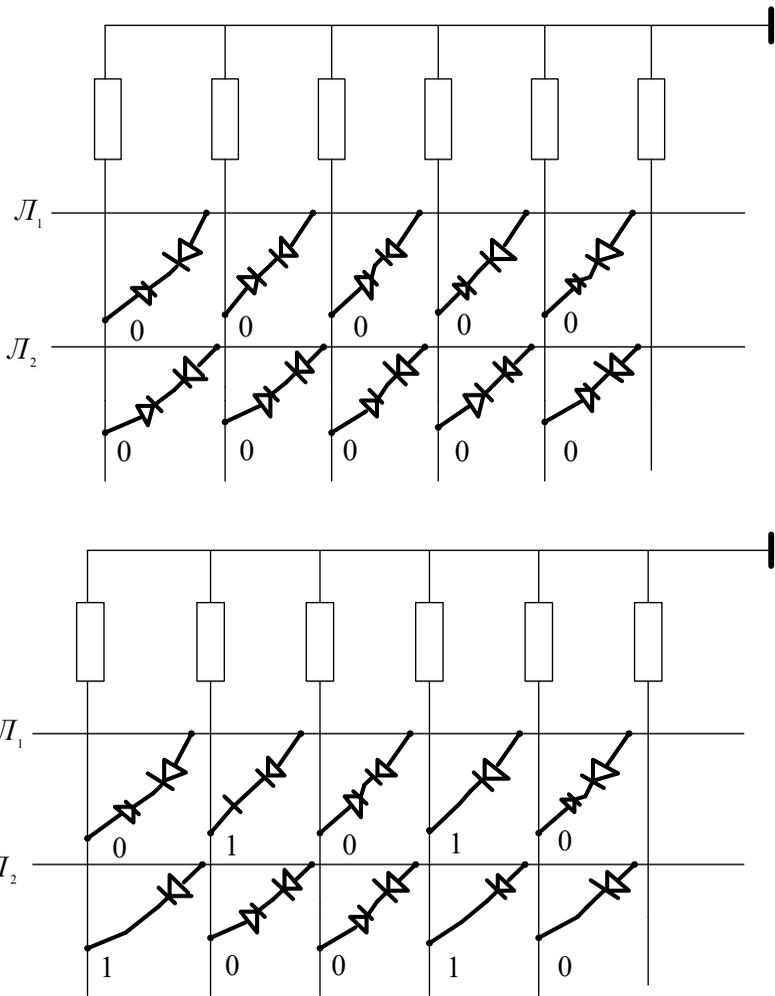
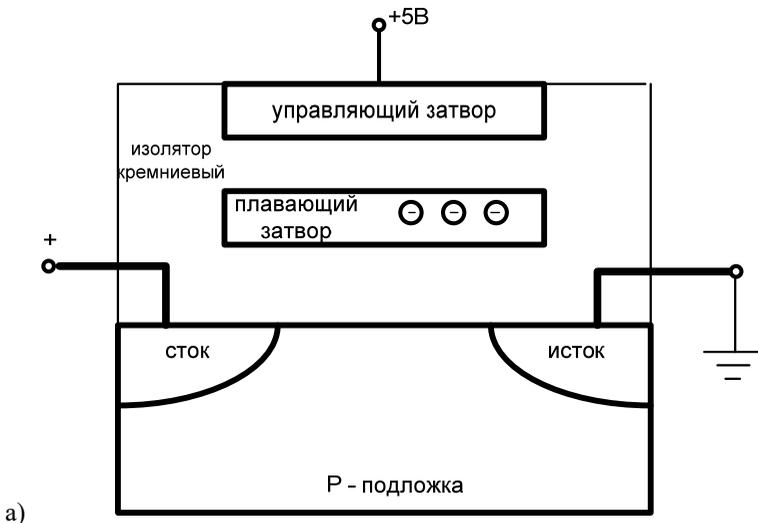


Рис. 16.7. Однократно-программируемое ЗУ на основе двух встречно включенных диодов до программирования и после программирования.

Среди отечественных PROM ведущее место занимают микросхемы серии К556. Емкость 1-64 Кбит и время доступа=70-90 нс. Рассмотренную структуру имеют масочные – запрограммированными изготовителем (ROM), однократно программируемые пользователем (PROM или OTP) постоянные запоминающие устройства.

## Перепрограммируемые ПЗУ

Перепрограммируемые ПЗУ позволяют многократно осуществлять прошивку памяти. В настоящее время наибольшее распространение получили ПЗУ с электрическим стиранием предыдущей записанной в ПЗУ информации. Ячейка хранения такого ПЗУ строится на основе полевого транзистора МОП-типа с двойным подзатворным диэлектриком. Эффект хранения бита информации основывается на двух состояниях полевых транзисторов. Транзистор может иметь «плавающий» заряд в подзатворном пространстве или не иметь его. Если в транзисторе создан заряд, то для перевода транзистора в открытое состояния поданного на затвор напряжения будет недостаточно. Транзистор останется в высокоимпедансном состоянии. Если заряд не создан, то полевой транзистор переведётся в насыщенное (открытое) состояние и тем самым обеспечит соответствующее напряжение на линии считывания. На рис. 16.8. представлена структура МОП-транзистора с двойным подзатворным диэлектриком.



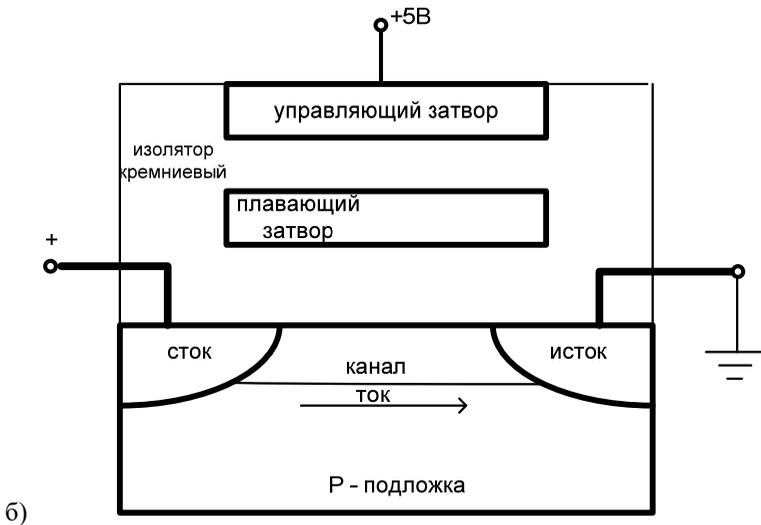


Рис.16.8. Структура МОП-транзистора с двойным подзатворным диэлектриком: а) плавающий затвор с созданным зарядом препятствует созданию проводящего канала; б) плавающий затвор не имеет заряда, проводящий канал создаётся, между стоком и истоком протекает ток.

Чтобы записать в плавающий затвор информацию создаём большую разность потенциалов между стоком и истоком и естественно положительный на затвор. Возникает канал. В транзисторе в этом случае протекает большой ток, причём такой силы, что, слегка пробивает изолятор и заносит электроны в плавающий затвор. При резком выключении тока электроны остаются в плавающем затворе, так как покинуть его уже не могут ведь энергию для преодоления изолятора даёт большой ток. В общем, плавающий затвор остаётся отрицательно заряжен при полном отключении напряжения. Ток через такой транзистор не пойдёт в дальнейшем, так как отрицательный заряд эффектом поля закрывает канал. Чтобы стереть заряд на плавающем затворе подаём на затвор большое напряжение "сгоняющее" с плавающего затвора электроны и, следовательно, заряд.

При отсутствии заряда на плавающем затворе и при привычной подаче положительного потенциала на затвор, канал открывается и ток протекает, создавая падение напряжения, соответствующее логической единице. Как мы видим, есть два устойчивых состояния:

- 1) ток не идёт через транзистор, есть заряд на плавающем затворе
- 2) ток идёт, нет заряда на плавающем затворе,

а два устойчивых состояния дают право такому транзистору использоваться в качестве запоминающего устройства типа флэш-память.

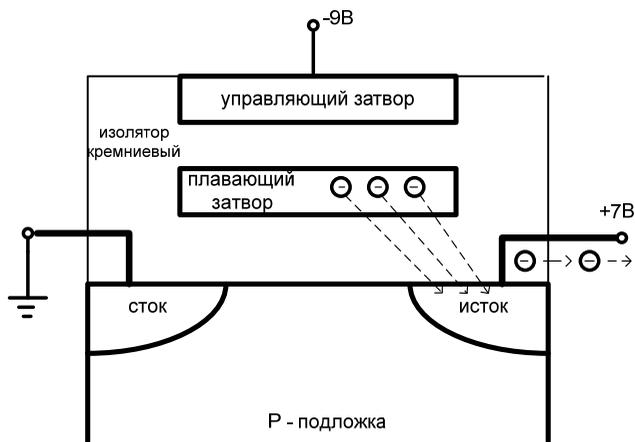


Рис. 16.9. Рассасывание плавающего заряда в МОП-транзисторе.

Заряд может сохраняться не менее 15-25 тысяч часов во включённом состоянии и до 100 тысяч часов (более 10 лет) в выключенном состоянии. Стирание информации производится напряжением противоположной записи полярности напряжения, при этом происходит восстановление прежнего порога включения полевого транзистора.

## **Оперативные запоминающие устройства**

Основной признак оперативного ЗУ – хранение информации только при наличии питающего напряжения. После повторного включения питания восстановить содержимое оперативного ЗУ можно только повторив операцию записи. Оперативные ЗУ подразделяются на:

- статические ОЗУ;
- динамические ОЗУ.

### **Статические оперативные запоминающие устройства**

Область применения относительно дорогостоящих статических ОЗУ определяется их высоким быстродействием. В частности, они используются в специализированной «быстрой» кэш-памяти. Данная память при сравнительно небольшой ёмкости, должна иметь максимальное быстродействие. Схемотехническую основу ОЗУ статического типа составляют регистры на основе триггеров. Современные схемы ОЗУ строятся на полевых транзисторах. Среди транзисторных технологий наиболее распространённой стала схема триггера, выполненная по К-МОП технологии. На рис. 16.10. представлена запоминающая ячейка (RS-триггер) для хранения одного бита информации на основе n-МОП транзисторов.

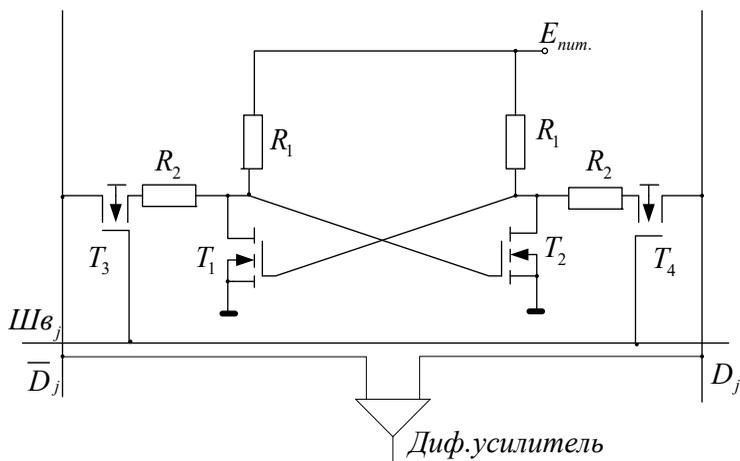


Рис. 16.10. Схема триггерного запоминающего элемента статического ОЗУ на n-МОП транзисторах.

На  $Шв_j$  поступает высокий потенциал от дешифратора адреса для выборки строки памяти, который открывает вспомогательные транзисторы  $T_3$  и  $T_4$  у всех триггеров, подключённых к данной шине выборки. Через столбцовые шины выборки  $\overline{D}_j$  и  $D_j$  и вспомогательный дифференциальный усилитель можно считывать состояние запоминающей ячейки (RS – триггера). Столбцовые шины позволяют через них установить состояние триггера. Установочный сигнал снижает стокое напряжение запертого основного транзистора хранения, что приводит к переводу противоположного транзистора в запертое состояние. Резисторы  $R_1$  служат для уменьшения ёмкостных токов. Вместо сопротивления  $R_1$ , как правило, используется n-МОП транзистор с нулевым напряжением затвора. Дифференциальный усилитель необходим из-за режима очень малых токов через столбцовые шины.

Структурная схема статического ОЗУ приведена на рис. 16.11. Вход и выход ОЗУ в этой схеме объединены при помощи шинного формирователя.

Естественно, что схемы реальных ОЗУ будут отличаться от приведенной на этом рисунке. Тем не менее, приведенная схема позволяет понять, как работает реальное ОЗУ.

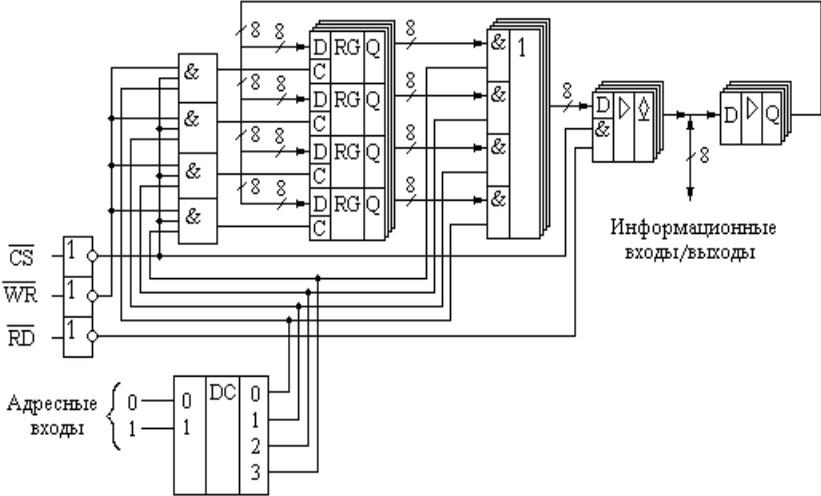


Рис. 16.11. Функциональная схема статического ОЗУ.

Условно-графическое обозначение ОЗУ на принципиальных схемах приведено на рис. 16.12.

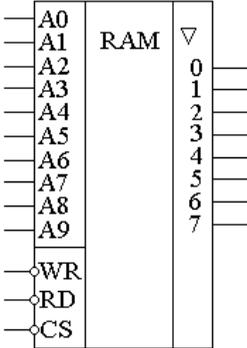


Рис. 16.12. Условно-графическое изображение статического ОЗУ.

Сигнал записи  $\overline{WR}$  позволяет записать логические уровни, присутствующие на информационных входах во внутреннюю ячейку ОЗУ (RAM). Сигнал чтения  $\overline{RD}$  позволяет выдать содержимое внутренней ячейки памяти на информационные выходы микросхемы. В приведенной на рис. 16.11. схеме невозможно одновременно производить операцию записи и чтения, но обычно это и не нужно.

Конкретная ячейка ОЗУ выбирается при помощи двоичного кода — адреса ячейки. Объем памяти ОЗУ (RAM) зависит от количества ячеек, содержащихся в ней или, что то же самое, от количества адресных проводов. Количество ячеек в ОЗУ можно определить по количеству адресных проводов, возводя 2 в степень, равную количеству адресных выводов в микросхеме:

$$M = 2^n$$

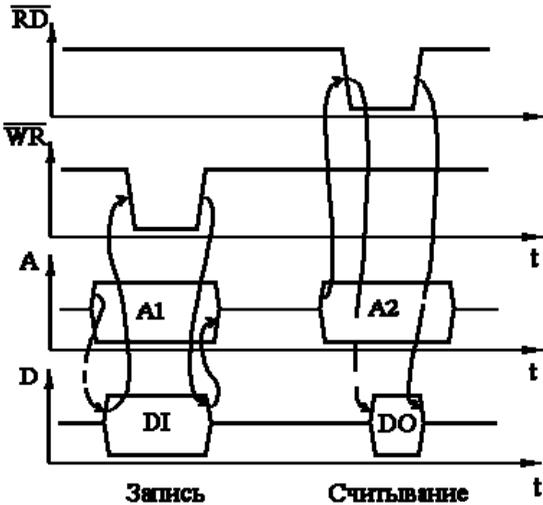


Рис.16.13. Временные диаграммы работы статического ОЗУ.

Вывод выбора кристалла CS микросхем ОЗУ позволяет объединять несколько микросхем для увеличения объема памяти ОЗУ. Статические ОЗУ требуют для своего построения большой площади кристалла, поэтому их ёмкость относительно невелика. Статические ОЗУ применяются для построения микроконтроллерных схем из-за простоты построения принципиальной схемы и возможности работать на сколь угодно низких частотах, вплоть до постоянного тока. Кроме того статические ОЗУ применяются для построения кэш-памяти в универсальных компьютерах из-за высокого быстродействия статического ОЗУ. Временные диаграммы чтения из статического ОЗУ совпадают с временными диаграммами чтения из ПЗУ. Временные диаграммы записи в статическое ОЗУ и чтения из него приведены на рис. 16.13.

### **Динамические оперативные запоминающие устройства**

Динамические ОЗУ обладают рядом преимуществ по сравнению со статическими ОЗУ, благодаря чему получили распространение и применение в вычислительной технике. Как и ОЗУ статического типа они теряют свой хранимый код при отключении электропитания. Принцип хранения данных в динамическом ЗУ основан на создании заряда на микроконденсаторе в составе полевого транзистора МОП-типа, являющегося вместе с конденсатором запоминающей ячейкой динамического ОЗУ. Одно из преимуществ динамического ЗУ – в 4-5 раз меньшая площадь запоминающей ячейки по сравнению со статическим ЗУ. Однако из-за малой ёмкости конденсатора в 0.1...0.2 пф., его необходимо перезаряжать через несколько миллисекунд. Эта технология получила термин: регенерация памяти. Однако этот недостаток не повлиял на бурное развитие и совершенствование схем подобной динамической памяти. Есть различные варианты реализации схем запоминающей ячейки подобного ЗУ, но лидерами по компактности являются однотранзисторные ЗУ. На рис. 16.14. приведена схема запоминающей ячейки

и на рис. 16.15 структура полевого транзистора с микроконденсатором в цепи стока.

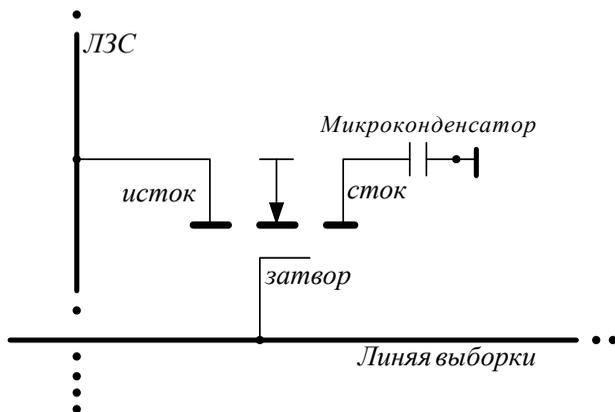


Рис.16.14. Схема запоминающей ячейки динамического ОЗУ на основе МОП-транзистора и конденсатора.

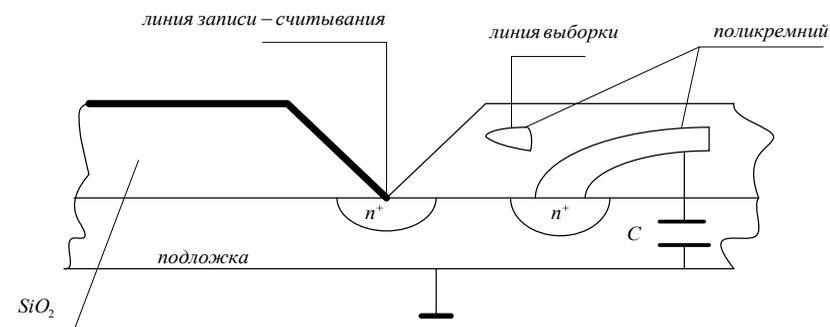


Рис.16.15. Структура полевого МОП-транзистора с встроенным конденсатором.

Ключевой транзистор запоминающей ячейки с встроенным в структуру стока микроконденсатором подключается к линии записи считывания посредством подключения к ней истока. Сток транзистора не имеет внешнего

вывода и образует одну из обкладок конденсатора. Другая обкладка конденсатора соединяется с заземлённой подложкой. Между обкладками располагается тонкий слой поликремния  $SiO_2$ . В режиме хранения транзистор заперт. При выборке запоминающего элемента на затвор подаётся напряжение, отпирающее транзистор. Запоминающая ёмкость (конденсатор) через проводящий канал транзистора подключается к линии записи-считывания. При различном состоянии конденсатора состояние потенциала линии записи-считывания изменяется по-разному.

Если конденсатор хранил заряд, то этот заряд, стекая на ЛЗС, увеличивает её номинальное значение потенциала. Если конденсатор не был заряжен, то потенциал ЛЗС понизится, т.к. произойдёт зарядка конденсатора. Данный вид считывания является «разрушающим», т.е. требует восстановления данных после их считывания (регенерации). Рис. 16.16. поясняет состояние изменения потенциала на линии записи-считывания.

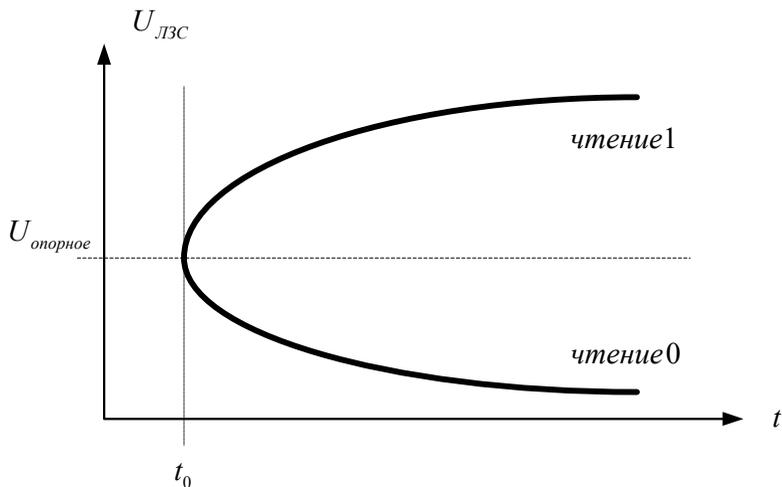


Рис.16.16. Пояснение изменения потенциала ЛЗС при считывании 1 и 0.

## Лекция 17

### Архитектура материнской платы персонального компьютера

Материнская или системная плата – это многослойная печатная плата, являющаяся основой ЭВМ, определяющая её архитектуру, производительность и осуществляющая связь между всеми подключёнными к ней элементами и координацию их работы.

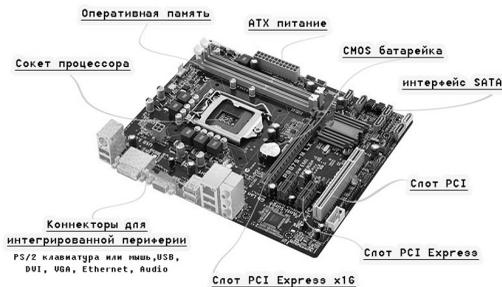


Рис. 17.1. Общий вид типовой материнской платы персонального компьютера. Размещение элементов на материнской плате.

- набор системной логики или чипсет – основной компонент материнской платы, определяющий какой тип процессора, тип ОЗУ, тип системной шины можно использовать; слот для установки процессора. Определяет, какой именно тип процессоров можно подсоединить к материнской плате. В процессорах могут использоваться различные интерфейсы системной шины (например, FSB, DMI, QPI и т.д.).

- центральный процессор – основное устройство ЭВМ, выполняющее математические, логические операции и операции управления всеми остальными элементами ЭВМ; - контроллер ОЗУ (оперативно запоминающее устройство). Раньше контроллер ОЗУ встраивали в чипсет, но сейчас большинство процессоров имеют встроенный контроллер ОЗУ, что позволяет увеличить общую производительность и разгрузить чипсет. - ОЗУ – набор микросхем для временного хранения данных. В современных материнских

платах имеется возможность подключения одновременно нескольких микросхем ОЗУ, обычно четырех или более.

- ППЗУ (БИОС), содержащие программное обеспечение, осуществляющее тестирование основных компонентов ЭВМ и настройку материнской платы. И память CMOS хранящая настройки работы BIOS.

- аккумулятор или батарейка, питающая память CMOS;

- контроллеры каналов ввода-вывода: USB, COM, LPT, ATA, SATA, SCSI, FireWire, Ethernet и др.

В случае необходимости, дополнительные контроллеры ввода-вывода можно устанавливать в виде плат расширения;

- кварцевый генератор, вырабатывающий сигналы, по которым синхронизируется работа всех элементов ЭВМ;

- таймеры;

- контроллер прерываний. Сигналы прерываний от различных устройств поступают не напрямую в процессор, а в контроллер прерываний, который устанавливает сигнал прерывания с соответствующим приоритетом в активное состояние;

- разъемы для установки плат расширения: видеокарт, звуковой карты и т.д.;

- регуляторы напряжения, преобразующие исходное напряжение в требуемое для питания компонентов, установленных на материнской плате;

- средства мониторинга, измеряющие скорость вращения вентиляторов, температуру основных элементов ЭВМ, питающее напряжение и т.д.;

- звуковая карта. Практически все материнские платы содержат встроенные звуковые карты, позволяющие получить приличное качество звука.

- встроенный динамик. Главным образом используется для диагностики работоспособности системы. Так по длительности и последовательности звуковых сигналов при включении ЭВМ можно определить большинство неисправностей аппаратуры;

- шины – проводники для обмена сигналами между компонентами ЭВМ.

Конструкция печатной платы.

Основу материнской платы составляет печатная плата. На печатной плате располагаются сигнальные линии, часто называемые сигнальными дорожками, соединяющими между собой все элементы материнской платы. Основная задача при производстве печатной платы так разместить сигнальные дорожки, чтобы минимизировать действие помех на передаваемые сигналы. Для этого печатную плату делают многослойной, многократно увеличивая полезную площадь печатной платы и расстояние между дорожками.



Рис. 17.2. Расположение слоев в печатной плате материнской платы.

На печатной плате располагаются все компоненты материнской платы и разъемы для подключения плат расширения и периферийных устройств. Ниже на рис. 17.3. изображена структурная схема расположения компонентов на печатной плате.



Рис. 17.3. Логическая схема системной платы.

Назначение чипсета.

Чипсет или набор системной логики – это основной набор микросхем материнской платы, обеспечивающий совместное функционирование центрального процессора, ОЗУ, видеокарты, контроллеров периферийных устройств и других компонентов, подключаемых к материнской плате. Именно он определяет основные параметры материнской платы: тип поддерживаемого процессора, объем, канальность и тип ОЗУ, частоту и тип системной шины и шины памяти, наборы контроллеров периферийных устройств и так далее.

Объединение северного и южного моста в один чипсет позволяет поднять производительность системы, за счет уменьшения времени взаимодействия с периферийными устройствами и внутренними компонентами, ранее подключаемыми к южному мосту, но значительно усложняет конструкцию чипсета, делает его более сложным для модернизации и несколько увеличивает стоимость материнской платы. Объединение северного и южного моста в один чипсет позволяет поднять производительность системы, за счет уменьшения времени взаимодействия с периферийными устройствами и внутренними компонентами, ранее подключаемыми к южному мосту, но значительно усложняет конструкцию чипсета, делает его более сложным для модернизации и несколько увеличивает стоимость материнской платы. Но пока что большинство материнских плат делают на основе чипсета разделенного на два компонента. Называются эти компоненты Северный и Южный мост.

Названия Северный и Южный - исторические. Они означают расположение компонентов чипсета относительно шины PCI: Северный находится выше, а Южный - ниже. Название мост дали чипсетам по выполняемым ими функциям: они служат для связи различных шин и интерфейсов.

#### 1. Различия скоростных режимов работы.

Северный мост работает с самыми быстрыми и требующими большой пропускной способности шины компонентами. К числу таких компонентов

относится видеокарта и память. С каждым годом нагрузки на северный мост снижаются, что уменьшает необходимость разделения чипсета на две части.

2. Более частое обновление стандартов периферии, чем основных частей ЭВМ. Стандарты шин связи с памятью, видеокартой и процессором изменяются гораздо реже, чем стандарты связи с платами расширения и периферийными устройствами. Что позволяет, в случае изменения интерфейса связи с периферийными устройствами или разработки нового канала связи, не изменять весь чипсет, а заменить только южный мост.

Но, несмотря на это, наблюдается тенденция объединения северного и южного моста в одну интегральную схему.

Северный мост, как следует из его названия, выполняет функции контроля и направления потока данных из 4-х шин:

Шины связи с процессором или системной шиной.

Шины связи с памятью.

Шины связи с графическим адаптером.

Шины связи с южным мостом.

Северный мост состоит из интерфейса системной шины, интерфейса шины связи с южным мостом, контроллера памяти, интерфейса шины связи с графической картой.

В бюджетных ЭВМ иногда в северный мост встраивают графическую систему. Таким образом, основная задача чипсета - грамотно и быстро распределять все запросы от процессора, видеокарты и южного моста, расставлять приоритеты и создавать, если это необходимо, очередность.

На данный момент существуют следующие интерфейсы связи процессора с северным мостом:

FSB,

DMI,

HyperTransport,

QPI.

FSB (Front Site Bus)- системная шина, используемая для связи центрального процессора с северным мостом.

FSB разработана компанией Intel и впервые использовалась в компьютерах на базе процессоров Pentium. Частоты, на которых работают центральный процессор и системная шина, имеют общую опорную частоту и в упрощенном виде рассчитываются, как  $V_{п} = V_{о} * k$ , где  $V_{п}$  – частота работы процессора,  $V_{о}$  – опорная частота,  $k$  – множитель. Обычно в современных системах опорная частота равняется частоте шины FSB. Частота системной шины FSB постепенно возростала с 50 МГц, для процессоров класса Intel Pentium и AMD K5 в начале 1990-х годов, до 400 МГц, для процессоров класса Xeon и Core 2 в конце 2000-х. При этом пропускная способность возростала с 400 Мбит/с до 12800 Мбит/с. Шина FSB использовалась в процессорах типа Atom, Celeron, Pentium, Core 2, и Xeon вплоть до 2008 года. На данный момент эта шина вытеснена системными шинами DMI, QPI и Hyper Transport.

Hyper Transport - универсальная высокоскоростная шина типа точка-точка с низкой латентностью, используемая для связи процессора с северным мостом. Шина HyperTransport - двунаправленная, то есть для обмена в каждую сторону выделена своя линия связи. К тому же она работает по технологии DDR (Double Data Rate), передавая данные, как по фронту, так и по спаду тактового импульса. 18 августа 2008 года была выпущена модификация 3.1, работающая со скоростью 3.2 ГТр/с, с пропускной способностью - 51.6 Гбайт/с. На данный момент это - самая быстрая версия шины HyperTransport. Технология HyperTransport - очень гибкая, и позволяет варьировать, как частоты шины, так и ее разрядность. Это позволяет использовать ее не только для связи процессора с северным мостом и ОЗУ, но и в медленных устройствах. При этом возможность уменьшения разрядности и частоты ведет к экономии энергии.

DMI (Direct Media Interface) – последовательная шина типа точка-точка, используемая для связи процессора с чипсетом и для связи южного моста чипсета с северным. Разработана компанией Intel в 2004 году. DMI (Direct

Media Interface) – последовательная шина типа точка-точка, используемая для связи процессора с чипсетом и для связи южного моста чипсета с северным. Разработана компанией Intel в 2004 году. Часто в процессоры, использующие связь с чипсетом по шине DMI, встраивают, наряду с контроллером памяти, контроллер шины PCI Express.

QPI (QuickPath Interconnect) – последовательная шина типа точка-точка, используемая для связи процессоров между собой и с чипсетом. Представлена компанией Intel в 2008 году и используется в HiEnd процессорах типа Xeon, Itanium и Core i7. Шина QPI - двунаправленная, то есть для обмена в каждую сторону предусмотрен свой канал, каждый из которых состоит из 20 линий связи. Следовательно, каждый канал – 20-разрядный, из которых на полезную нагрузку приходится только 16 разрядов. Работает шина QPI со скоростью - 4.8 и 6.4 ГТр/с, при этом максимальная пропускная способность составляет 19,2 и 25,6 ГБайт/с соответственно.

Интерфейсы связи с графическим адаптером.

Вначале для связи с графическим процессором использовали общую шину ISA, VLB, а затем PCI, но очень быстро пропускной способности этих шин перестало хватать для работы с графикой, тем более после распространения трехмерной графики, требующей огромных мощностей для расчета и высокой пропускной способности шины для передачи текстур и параметров изображения. На замену общим шинам пришла специализированная шина AGP, оптимизированная для работы с графическим контроллером. Шина AGP работала на тактовой частоте - 66 МГц, и поддерживала два режима работы: с памятью DMA (Direct Memory Access) и памятью DME (Direct in Memory Execute). Наличие режима DME позволяло уменьшить объем встраиваемой в видеоадаптер памяти и тем самым уменьшить его стоимость. Режим работы с памятью DME получил название AGP-текстурирование.

Шина AGP.

Высокоскоростная локальная шина ввода-вывода, предназначенная исключительно для нужд видеосистемы. Связывает видеоадаптер с системной

памятью компьютера с помощью слота AGP. Особенности шины: более высокие тактовые частоты; демультимплексирование; пакетная передача данных.

Режим прямого исполнения в системной памяти. Присоединяется к Северному мосту. Первая версия шины AGP – AGP 1x, работала на тактовой частоте – 66 МГц, и имела максимальную скорость передачи данных – 266 Мбайт/с, что было недостаточно для полноценной работы в режиме DME

шина была доработана и введен режим передачи данных по фронту и спаду тактового импульса, что при той же тактовой частоте в 66 МГц позволило получить пропускную способность в 533 Мбайт/с. новая ревизия шины – AGP 2.0, поддерживающая режим работы AGP 4x, в котором за один такт передавалось уже 4 блока данных, в результате, пропускная способность достигла 1 Гбайт/с. ревизия 3.0 шины AGP. Опорная частота шины по прежнему осталась неизменной, однако дополнительный тактовый импульс, запускающийся синхронно с опорной частотой, составлял уже 266 МГц. При этом за 1 такт опорной частоты передавалось уже 8 блоков, а максимальная скорость составила 2.1 Гбайт/с.

Так на смену шине AGP пришла шина PCI express.

PCI expresse - последовательная двунаправленная шина типа точка-точка, разработанная в 2002 некоммерческой группой PCI-SIG, в состав которой входили такие компании, как Intel, Microsoft, IBM, AMD, Sun Microsystems и другие.

Основная задача, стоящая перед шиной PCI express, – это замена графической шины AGP и параллельной универсальной шины PCI. шина двунаправленная, то есть обмен в обе стороны идет одновременно. В шине обычно используется несколько каналов: 1, 2, 4, 8, 16 или 32, в зависимости от требуемой пропускной способности. Таким образом, шины на базе PCI express в общем случае представляют собой набор самостоятельных последовательных каналов передачи данных. В ревизии PCI express 3.0, представленной в ноябре 2010 года, пропускную способность шины еще в 2 раза увеличили, причем

максимальное количество транзакций увеличилось с 5 до 8 млрд, а максимальная пропускная способность увеличилась в 2 раза, благодаря изменению принципа кодирования информации, при котором на каждые 129 бит данных приходится всего 2 служебных бита, что в 13 раз меньше, чем в ревизиях 1.0 и 2.0. Таким образом, для одного канала шины суммарная пропускная способность стала 1.6 Гбайт/с, а для 32-х канальной шины – 51.2 Гбайт/с. Способ передачи данных: «рукопожатие»: определяется передающее и принимающее устройства. Частота обмена 33 МГц. Передачей пакета управляет не процессор, а включенный между ними и шиной PCI мост. Поэтому ЦП может продолжать работу и тогда, когда происходит запись (считывание) данных в RAM, а также при обмене данными между двумя любыми компонентами системы.

Скорость передачи данных: т32-р шина – 132 Мбайт в с., 64-р шина – 264 Мбайта в с.

Самодостаточна, т.к. PCI и системная шина соединены с помощью главного моста. Использует принцип временного мультиплексирования, при котором данные и адреса передаются по одним и тем же линиям. Является интеллектуальной, т.е. она в состоянии распознавать аппаратные средства и анализировать конфигурации системы в соответствии с технологией Plug and Play.

Довольно долгое время для связи северного моста с южным использовалась шина PCI. PCI (Peripheral component interconnect) – шина для подключения плат расширения к материнской плате, разработанная в 1992 году компанией Intel. Также долгое время использовалась для связи северного моста с южным. Однако по мере повышения производительности плат расширения ее пропускной способности стало не хватать.

Северный и южный мост подключались к шине PCI наравне с платами расширения. Пропускная способность шины делилась между всеми подключенными к ней устройствами.

Первой на замену PCI пришла шина hub link.

Шина hublink - 8-битная шина типа точка-точка, разработанная компанией Intel. Шина работает на частоте – 66 МГц, и передает 4 байта за такт, что позволяет получить максимальную пропускную способность – 266 Мбайт/сек. Ввод шины hublink изменил архитектуру материнской платы и разгрузил шину PCI. Шина PCI стала использоваться только для связи с периферийными устройствами и платами расширения, а шина hublink использовалась только для связи с северным мостом. шина hublink на данный момент практически не используется, из-за недостаточного быстродействия. Она была вытеснена такими шинами, как DMI и HyperTransport.

Основные функции южного моста.

Южный мост отвечает за организацию взаимодействия с медленными компонентами ЭВМ: платами расширения, периферийными устройствами, устройствами ввода-вывода, каналами межмашинного обмена и так далее.

В состав южного моста входят:

- контроллер шины связи с северным мостом (PCI, hublink, DMI, HyperTransport и т.д.);
- контроллер шины связи с платами расширения (PCI, PCIE и т.д.);
- контроллер линий связи с периферийными устройствами и другими ЭВМ (USB, FireWire, Ethernet и т.д.);
- контроллер шины связи с жесткими дисками (ATA, SATA, SCSI и т.д.);
- контроллер шины связи с медленными устройствами (шины ISA, LPC, SPI и т.д.).

## Лекция 18

### Интерфейсы связи с периферийными устройствами, устройствами ввода - вывода и другими ЭВМ

На материнской плате расположены порты связи с периферийными устройствами и устройствами ввода-вывода. Ниже рассматриваются самые распространённые из них.

1. USB (Universal Serial Bus) – универсальный последовательный канал передачи данных для подключения к ЭВМ среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств.

Шина строго ориентирована и состоит из контроллера канала и подключаемых к нему нескольких оконечных устройств. Обычно контроллеры канала USB встроены в южный мост материнской платы. В современных материнских платах могут размещаться до 12 контроллеров канала USB с двумя портами каждый. Соединение между собой двух контроллеров канала или двух оконечных устройств невозможно, поэтому напрямую соединить два компьютера или два периферийных устройства между собой по USB-каналу нельзя. Однако для связи двух контроллеров канала между собой можно использовать дополнительные устройства. Например, эмулятор Ethernet адаптера. Два компьютера подключаются к нему по USB каналу, и оба видят оконечное устройство. Ethernet адаптер ретранслирует данные, получаемые от одного компьютера к другому, эмулируя сетевой протокол Ethernet. Интерфейс USB имеет встроенные линии питания, благодаря чему позволяет использовать устройства без собственного источника питания или одновременно с обменом данными подзаряжать аккумуляторы оконечных устройств, например телефонов. USB поддерживает «горячее» подключение оконечных устройств. Это возможно, из-за более длинного заземляющего контакта, чем сигнальные контакты. Поэтому, при подключении оконечного устройства, вначале замыкаются контакты заземления, и разность потенциала компьютера и оконечного устройства выравнивается. Следовательно, дальнейшее соединение сигнальных проводников не приводит к скачку напряжения. На

данный момент существует три основные ревизии интерфейса USB (1.0, 2.0 и 3.0). Причем они совместимы снизу-вверх, то есть устройства, предназначенные для ревизии 1.0, будут работать с интерфейсом ревизии 2.0, соответственно, устройства, предназначенные для USB 2.0, будут работать с USB 3.0, однако устройства для USB 3.0, скорее всего не будут работать с интерфейсом USB 2.0. USB 2.0 – ревизия, вышедшая в апреле 2000 года. Основное отличие от предыдущей версии – повышение максимальной скорости передачи данных до 480 Мбит/с. На практике, из-за больших задержек между запросом на передачу данных и началом передачи, скорости в 480 Мбит/с достичь не удастся. Технические характеристики ревизии 2.0 следующие:

- скорость передачи данных – до 480 Мбит/с (Hi-speed), до 12 Мбит/с (режим Full-Speed) или до 1,5 Мбит/с (режим Low-Speed);
- синхронная передача данных (по запросу);
- полудуплексный обмен (одновременно передача возможна только в одном направлении);
- максимальная длина кабеля – 5 метров;
- максимальное количество подключённых устройств к одному контроллеру (включая размножители) – 127; В интерфейсе используется специальный термин «функция» -это логически законченное устройство, выполняющее какую-либо специфическую функцию. Устройство, в состав которого входит хаб и одна или несколько функций, называется составным.

Топология интерфейса USB представляет собой многоярусную звезду. Число уровней не должно быть более 7. - возможно подключение устройств, работающих в режимах с различной пропускной способностью, к одному контроллеру USB;

- напряжение питания для периферийных устройств – 5 В;
- максимальная сила тока – 500 мА;

- кабель состоит из четырех линий связи (две линии – для приема и передачи данных, и две линии – для питания периферийных устройств) и заземляющей оплетки.



Рис. 10.22. Топология шины USB

Рис. 18.1. Топология шины USB.

USB 3.0 – ревизия, вышедшая в ноябре 2008 года. В новой ревизии на порядок была увеличена скорость, до 4800 Мбит/с, и почти в два раза – сила тока, до 900 мА. При этом сильно изменился внешний вид разъемов и кабелей, но совместимость снизу-вверх осталась. Т.е. устройства, работающие с USB 2.0, смогут подключаться к разъему 3.0, и будут работать. Технические характеристики ревизии 3.0 следующие:

- скорость передачи данных – до 4800 Мбит/с (режим SuperSpeed), до 480 Мбит/с (режим Hi-speed), до 12 Мбит/с (режим Full-Speed) или до 1,5 Мбит/с (режим Low-Speed);
- двухшинная архитектура (шина Low-Speed/Full-Speed/High-Speed и отдельно шина SuperSpeed);
- асинхронная передача данных; - дуплексный обмен в режиме SuperSpeed (одновременно возможна передача и прием данных) и симплексный в остальных режимах.

- максимальная длина кабеля – 3 метра;
- максимальное количество подключённых устройств к одному контроллеру (включая размножители) – 127;
- напряжение питания для периферийных устройств – 5 В; - максимальная сила тока – 900 мА;
- улучшенная система управления питанием, позволяющая экономить энергию при бездействии оконечных устройств;
- кабель состоит из восьми линий связи. Четыре линии связи такие же, как и в USB 2.0. Дополнительные две линии связи – для приема данных, и две – для передачи в режиме SuperSpeed, и две –заземляющие оплетки: одна – для кабелей передачи данных в режиме Low-Speed/Full-Speed/High-Speed, и одна – для кабелей, используемых в режиме SuperSpeed.

В интерфейсе используется несколько разновидностей пакетов:

- пакет маркет (признак). Описывает тип и направление передачи данных, адрес устройства и порядок номер конечной точки;
- пакет с данными (макс. размер до 1023 байта).
- специальный пакет PRE – указатель начала низкоскоростной передачи.

Каждая транзакция состоит из трёх фаз: передача пакета-маркера, передача данных, согласования. Типы пересылок информации:

- потоковая пересылка. Используется для передачи относительно большого объёма информации;
- управляющая пересылка. Используется для конфигурации устройства;
- пересылка с прерыванием. Используется для передачи относительно небольшого объёма информации, для которого важна своевременность доставки, имеет повышенный приоритет относительно других.

2. Ethernet - стандарт построения компьютерных сетей на базе технологии пакетной передачи данных, разработанный в 1973 году Робертом Метклафом из корпорации Xerox PARC.

Стандарт определяет виды электрических сигналов и правила проводных соединений, описывает форматы кадров и протоколы передачи данных.

Существуют десятки разных ревизий стандарта, но наиболее распространенными на сегодняшний день является группа стандартов: Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

3. Wi-Fi - беспроводная линия связи, созданная в 1991 году в Нидерландской компанией NCR Corporation/AT&T. WiFi основывается на стандарте IEEE 802.11. и используется, как для связи с периферийными устройствами, так и для организации локальных сетей. Позволяет соединять два компьютера или компьютер и периферийное устройство напрямую по технологии точка-точка, либо организовывать сеть с использованием точки доступа, к которой одновременно могут подключаться несколько устройств.

4. Интерфейсы шин связи южного моста с жёсткими дисками.

Первоначально для связи с жесткими дисками использовался интерфейс ATA, но позже он был вытеснен более удобными и современными интерфейсами SATA и SCSI. ATA (Advanced Technology Attachment) или PATA (Parallel ATA) – параллельный интерфейс связи, разработанный в 1986 году компанией Western Digital. В то время он назывался IDE (Integrated Drive Electronics), но позже был переименован в ATA. SATA (Serial ATA) – последовательный интерфейс связи южного моста с жесткими дисками, разработанный в 2003 году.

При использовании интерфейса SATA каждый накопитель подключается своим кабелем. Причем кабель значительно уже и удобнее кабеля, используемого в интерфейсе PATA, и имеет максимальную длину до 1 метра. Отдельным кабелем на жесткий диск подается питание. На данный момент существует три основных ревизии интерфейса SATA

SATA 3.0 6/4.8 Гбит/с 6 ГГц.

5. SCSI (Small Computer System Interface) – универсальная шина для подключения высокоскоростных устройств, таких как: жесткие диски, приводы DVD и Blue-Ray, сканеры, принтеры и так далее. Шина обладает высокой пропускной способностью, но сложно устроенная и дорогостоящая. Ultra-2 SCSI 8 бит 40 МГц 320 МБит/с 12 8 1997

Ultra-3 SCSI 16 бит 80 МГц 1.25 ГБит/с 12 16 1999

Ultra-640 SCSI 16 бит

320 МГц

5 ГБит/с

Предусматривает подключение к одному адаптеру до восьми устройств: винчестеры и приводы CD-ROM SCSI, сканеры, фото- и видеокамеры.

Реализована в виде кабельного шлейфа. С шиной ISA или PCI шина SCSI связывается через хост-адаптер.

Любое устройство, подключённое к шине SCSI, может инициировать обмен с другим устройством. Кроме этой проблемы есть менее существенные, такие как:

сложность и высокая цена производства параллельной шины;

проблемы в синхронной передаче данных по всем линиям шины;

сложность устройства и высокая цена контроллеров шины;

сложность организации полнодуплексного устройства;

сложность обеспечения каждого устройства своей шиной и т.д.

#### 6. Шина IEEE 1394 (SCSI-3)/

Разработана на основе технологии FireWire (огненный провод) для подключения жёстких дисков и устройств обработки аудио и видеоинформации.

Скорость: 100, 200, 400, 800, 1600 Мбит в с., а с некоторыми файлами до 1 Гбит в с. Шина построена по разветвляющейся топологии и позволяет использовать до 63 узлов в цепочке. К каждому узлу можно присоединить до 16 устройств.

Длина стандартного кабеля не более 4.5 м.

SAS (Serial Attached SCSI) – последовательная шина типа точка-точка, заменившая параллельную шину SCSI. Для обмена по шине SAS используется командная модель SCSI, но пропускная способность увеличена до 6 Гбит/с (ревизия SAS 2, вышедшая в 2010 году). Также не стоит забывать, что шина SCSI была общей, позволяющая подключать до 16 устройств, и все устройства

делили между собой пропускную способность шины. А шина SAS использует топологию точка-точка. А, следовательно, каждое устройство подключается своей линией связи и получает всю пропускную способность шины.

Интерфейсы связи с медленными устройствами материнской платы.

Для связи с медленными компонентами материнских плат, например, с пользовательским ПЗУ или контроллерами низкоскоростных интерфейсов, используются специализированные шины, такие как: ISA, MCA, LPS и другие.

Настоящей заменой для ISA стала шина LPC (Low Pin Count), разработанная компанией Intel в 1998 году и используемая по сей день. Работает шина на тактовой частоте – 33,3 МГц, что обеспечивает пропускную способность в 16,67 МБит/с.

Пропускная способность шины совсем небольшая, но для связи с медленными компонентами материнской платы вполне достаточная. С помощью этой шины к южному мосту подключается многофункциональный контроллер (Super I/O), в состав которого входят контроллеры медленных интерфейсов связи и периферийных устройств: параллельного интерфейса;

последовательного интерфейса;

инфракрасного порта;

интерфейса PS/2;

накопителя на гибком магнитном диске и других устройств.

Также Шина LPC обеспечивает доступ к BIOS'у.

7. BIOS (Basic Input-Output System).

BIOS (Basic Input-Output System - базовая система ввода-вывода) – это программа, прошитая в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). В нашем случае ПЗУ встроено в материнскую плату, однако своя версия BIOS присутствует почти во всех элементах ЭВМ (в видеокарте, в сетевой карте, дисковых контроллерах и т.д.), да и вообще почти во всем электронном оборудовании (и в принтере, и в видеокамере, и в модеме, и т.д.). BIOS материнской платы отвечает за проверку работоспособности контроллеров, встроенных в материнскую плату, и большинства устройств, подключенных к

ней (процессора, памяти, видеокарты, жестких дисков и т.д.). Происходит проверка при включении питания компьютера в программе Power-On Self Test (POST). Далее BIOS производит инициализацию контроллеров, встроенных в материнскую плату, и некоторых подключенных к ним устройств, и устанавливает их базовые параметры работы, например, частоту работы системной шины, процессора, контроллера ОЗУ, параметры работы жестких дисков, контроллеров встроенных в материнскую плату и т.д. Все настройки BIOS хранятся в энергозависимой памяти CMOS, работающей от батарейки или аккумулятора, установленного на материнской плате. Если батарейка или аккумулятор разрядились, то компьютер может не включиться или работать с ошибками. Например, будет установлено неверное системное время или параметры работы некоторых устройств.

Другие элементы материнской платы.

На материнской плате располагается генератор тактовой частоты, состоящий из кварцевого резонатора и тактового генератора. Генератор тактовой частоты состоит из двух частей, так как кварцевый резонатор, не способен генерировать импульсы с частотой, требуемой для работы современных процессоров, памяти и шин, поэтому тактовую частоту, генерируемую кварцевым резонатором, изменяют с помощью тактового генератора, умножающего или делящего исходные частоты для получения требуемой частоты. Основная задача тактового генератора материнской платы – это формирование высокостабильного периодического сигнала для синхронизации работы элементов ЭВМ. Кроме тактового генератора на материнской плате располагается множество конденсаторов, обеспечивающих ровный поток напряжения. Дело в том, что потребление энергии элементами ЭВМ, подключенными к материнской плате, может резко изменяться, особенно при приостановке работы и ее возобновлении. Конденсаторы сглаживают такие скачки напряжения, тем самым, повышая стабильность работы и срок службы всех элементов ЭВМ.

## Лекция 19

### Жидкокристаллические мониторы

Устройство LCD монитора больше напоминает слоеный пирог, каждый слой имеет свое назначение. Итак, можно выделить несколько слоев, из которых и состоит монитор. Первый слой - это система подсветки ЖК матрицы, она может быть выполнена с применением люминесцентных ламп с холодным катодом, либо светодиодов. Вторым слоем идет рассеивающий фильтр, который позволяет повысить уровень равномерности подсветки всей матрицы. Далее идет первый вертикальный поляризационный фильтр, который пропускает только вертикально направленные световые волны. Четвертым слоем представлена сама матрица, представляющая собой две прозрачные стеклянные пластины, между которыми расположены молекулы поляризационного вещества - жидкие кристаллы. Пятым слоем идут специальные цветофильтры, отвечающие за окрас каждого субпикселя. Ну и последним слоем идет второй, уже горизонтальный поляризационный фильтр, который, пропускает только лишь горизонтальные волны.

В жидкокристаллической матрице каждый кристалл отвечает за определенную точку в изображении на экране. Когда монитор работает, свет от системы подсветки проходит через слой жидких кристаллов и зритель видит некую "мозаику" из пикселей, окрашенных в разные цвета. Каждый пиксель состоит из трех субпикселей, красного, зеленого и синего. С помощью этих трех базовых цветов экран способен отображать до 17 млн. различных оттенков цветов. Такая глубина цвета достигается различным количеством света, проходящего через каждый пиксель. Любой свет, как известно, имеет направление, поскольку это еще и электромагнитная волна, она еще имеет поляризацию. Луч может быть вертикальным, горизонтальным, иметь любой промежуточный угол. Очень важно, учитывая, что первый фильтр пропускает только вертикально направленные лучи. Излучение проходит сквозь каждый субпиксель и достигает второго поляризационного фильтра, который пропускает только горизонтальные лучи. Иначе говоря, не весь свет,

излученный системой подсветки способен дойти до пользователя. Очень важно, учитывая, что первый фильтр пропускает только вертикально направленные лучи. Излучение проходит сквозь каждый субпиксель и достигает второго поляризационного фильтра, который пропускает только горизонтальные лучи. Иначе говоря, не весь свет, излученный системой подсветки способен дойти до пользователя. Очень важно, учитывая, что первый фильтр пропускает только вертикально направленные лучи. Излучение проходит сквозь каждый субпиксель и достигает второго поляризационного фильтра, который пропускает только горизонтальные лучи. Иначе говоря, не весь свет, излученный системой подсветки способен дойти до пользователя. кристаллы играют роль крошечных оптических линз, которые меняют поляризацию световых волн. Итак, жидкие кристаллы контролируют поляризацию, а значит и интенсивность света, проходящего через второй фильтр.

Не каждый луч сможет добраться до зрителя, а интенсивность свечения каждого пикселя задается углом поворота (поляризацией) жидких кристаллов. Существует несколько технологий ЖК-панелей. Для иллюстрации конструкции в данном случае приведена TN-панель, как наиболее распространенная.

Все жидкокристаллические панели для мониторов являются трансмиссивными — изображение в них формируется за счет преобразования светового потока от расположенного сзади источника. Модуляция светового потока осуществляется за счет оптической активности жидких кристаллов (их способности вращать плоскость поляризации проходящего света).

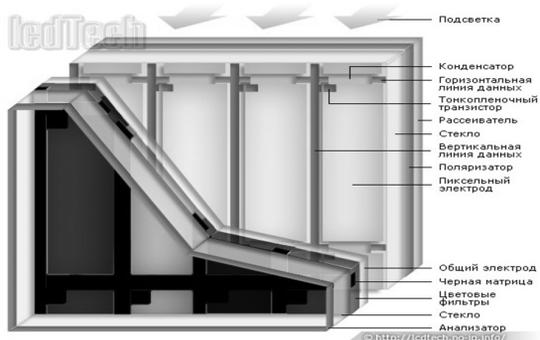


Рис. 19.1. Структура ЖК панели TN- типа.

При прохождении через первый поляризатор свет от ламп подсветки становится линейно поляризованным. Далее он следует через слой жидких кристаллов, заключенный в пространстве между двумя стеклами. Положение молекул ЖК в каждой ячейке панели регулируется электрическим полем, создаваемым за счет подачи напряжения на электроды. От положения молекул зависит поворот плоскости поляризации проходящего света. Таким образом, за счет подачи на ячейки нужного значения напряжения происходит управление поворотом плоскости поляризации. Для доставки напряжения к субпикселю служат вертикальные (data line) и горизонтальные (gate line) линии данных, представляющие собой металлические токопроводящие дорожки, нанесенные на внутреннюю (ближайшую к модулю подсветки) стеклянную подложку. Для доставки напряжения к субпикселю служат вертикальные (data line) и горизонтальные (gate line) линии данных, представляющие собой металлические токопроводящие дорожки, нанесенные на внутреннюю (ближайшую к модулю подсветки) стеклянную подложку. После слоя жидких кристаллов расположены цветные фильтры, нанесенные на внутреннюю поверхность стекла панели и служащие для формирования цветной картинки. Используется обычный трехцветный аддитивный синтез: цвета образуются в результате оптического смешения излучений трех базовых цветов (красного, зеленого и синего). Ячейка (пиксель) представляет собой три отдельных элемента (субпикселя), каждому из которых сопоставлен расположенный над

ним цветовой фильтр красного, зеленого или синего цвета, комбинациями из 256 возможных значений тона для каждого субпикселя можно получить до 16,77 миллионов цветов пикселя. От того, что свет стал поляризованным, и плоскость его поляризации вращается каждой ячейкой по-разному, в зависимости от приложенного к ней напряжения, для наших глаз пока ничего не изменилось. Функция анализатора как раз и состоит в отсечении нужных компонентов волн, что позволяет увидеть на выходе требуемый результат.

Модуль подсветки.

Модуль подсветки реализуется на базе флюоресцентных ламп.

Сквозь тело панели (поляризаторы, электроды, цветофильтры и пр.) проходит лишь незначительная часть изначального светового потока от ламп подсветки, не более 3%. Поэтому собственная яркость модуля подсветки должна быть довольно значительной — как правило, применяемые лампы имеют яркость свыше 30000 кд/м<sup>2</sup>.

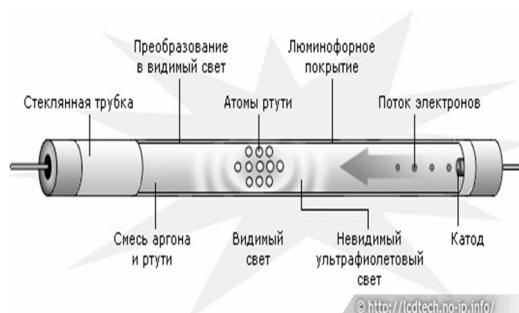


Рис. 19.2. Конструкция лампы подсветки с холодным катодом.

Помимо флюоресцентных ламп в качестве источника света могут также использоваться светодиоды (LED). Модули подсветки на базе светодиодов строятся либо на «белых» светодиодах, либо на пакетах светодиодов основных цветов (RGB-LED). Спектр «белых» светодиодов не избавлен от всех недостатков спектра флюоресцентных ламп. Кроме того, в отличие от «белых» светодиодов, пакет RGB-LED позволяет в оперативном режиме корректировать цветовую температуру подсветки за счет отдельного

управления интенсивностью свечения каждой группы светодиодов основных цветов. Большая крутизна вольтамперной характеристики светодиодов не позволяет плавно регулировать яркость излучения в широких диапазонах. Но поскольку прибор допускает работу в импульсном режиме, на практике для регулировки яркости светодиодов (как и для флюоресцентных ламп) чаще всего применяется метод широтно-импульсной модуляции.

### **Сенсорные экраны и панели.**

Сенсорный экран был изобретён в США в рамках исследований по программированному обучению.

Сенсорные экраны используются в платёжных терминалах, информационных киосках, оборудовании для автоматизации торговли, карманных компьютерах, мобильных телефонах, игровых консолях, операторских панелях в промышленности. Достоинства и недостатки в карманных устройствах.

Достоинства

Простота интерфейса.

В аппарате могут сочетаться небольшие размеры и крупный экран.

Быстрый набор в спокойной обстановке.

Серьёзно расширяются мультимедийные возможности аппарата.

Недостатки

Нет тактильной отдачи.

Высокое энергопотребление.

Сильное механическое воздействие может привести к повреждению экрана.

Гигиена экрана.

Достоинства и недостатки в стационарных устройствах

Достоинства

В информационных и торговых автоматах, операторских панелях и прочих устройствах, в которых нет активного ввода, сенсорные экраны зарекомендовали себя как очень удобный способ взаимодействия человека с машиной.

Достоинства:

Повышенная надёжность.

Устойчивость к жёстким внешним воздействиям , пыли- и влагозащищённость.

Недостатки

(Для ёмкостных экранов). Нет тактильной отдачи.

Работая с вертикальным экраном, пользователь вынужден держать руку на весу. Поэтому вертикальные экраны пригодны только для эпизодического использования наподобие банкоматов.

На горизонтальном экране руки загораживают обзор. Даже с острым пером параллакс ограничивает точность позиционирования действий оператора на сенсорных экранах без курсора. В то же время использование курсора создаёт оператору дополнительные сложности, уменьшая эргономичность.

При использовании экрана не полностью чистыми руками использование затрудняется ввиду трудностей движения пальцев, а также образующихся отпечатков пальцев и пятен, если на экране нет специальных покрытий для их нейтрализации. Даже с острым пером параллакс ограничивает точность позиционирования действий оператора на сенсорных экранах без курсора. В то же время использование курсора создаёт оператору дополнительные сложности, уменьшая эргономичность.

При использовании экрана не полностью чистыми руками использование затрудняется ввиду трудностей движения пальцев, а также образующихся отпечатков пальцев и пятен, если на экране нет специальных покрытий для их нейтрализации.

### **Типы сенсорных экранов.**

Резистивные сенсорные экраны.

#### **Четырёхпроводный экран.**

Резистивный сенсорный экран состоит из стеклянной панели и гибкой пластиковой мембраны. И на панель, и на мембрану нанесено резистивное покрытие. Пространство между стеклом и мембраной заполнено микро-

изоляторами, которые равномерно распределены по активной области экрана и надёжно изолируют проводящие поверхности. На верхний электрод подаётся напряжение  $+5\text{В}$ , нижний заземляется. Левый с правым соединяются накоротко, и проверяется напряжение на них. Это напряжение соответствует  $Y$ -координате экрана.

Аналогично на левый и правый электрод подаётся  $+5\text{В}$  и «земля», с верхнего и нижнего считывается  $X$ -координата. Существуют также восьмипроводные сенсорные экраны. Они улучшают точность отслеживания, но не повышают надёжности.

### Пятипроводный экран

Пятипроводный экран более надёжен за счёт того, что резистивное покрытие на мембране заменено проводящим (5-проводной экран продолжает работать даже с прорезанной мембраной). На заднем стекле нанесено резистивное покрытие с четырьмя электродами по углам.

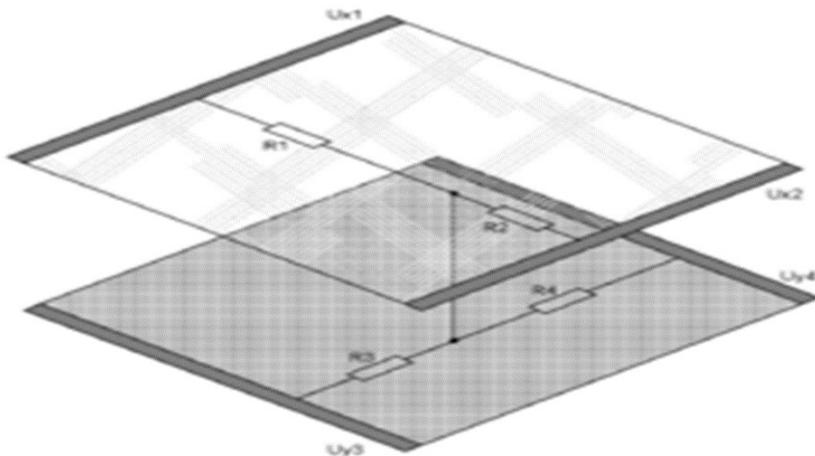


Рис. 19.3. Принцип работы четырехпроводного экрана.

Изначально все четыре электрода заземлены, а мембрана «подтянута» резистором к  $+5\text{В}$ . Уровень напряжения на мембране постоянно отслеживается аналогово-цифровым преобразователем. Когда ничто не касается сенсорного экрана, напряжение равно  $5\text{ В}$ .

Как только на экран нажимают, микропроцессор улавливает изменение напряжения мембраны и начинает вычислять координаты касания следующим образом: на два правых электрода подаётся напряжение +5В, левые заземляются. Напряжение на экране соответствует X-координате.

Y-координата считывается подключением к +5В обоих верхних электродов и к «земле» обоих нижних.

Резистивные сенсорные экраны дешёвы и стойки к загрязнению. Резистивные экраны реагируют на прикосновение любым гладким твёрдым предметом: рукой (голой или в перчатке), пером, кредитной картой, медиатором. Их используют везде, где вандализм и низкие температуры исключены: для автоматизации промышленных процессов, в медицине, в сфере обслуживания (POS-терминалы), в персональной электронике. Лучшие образцы обеспечивают точность в 4096×4096 пикселей. Недостатками резистивных экранов являются низкое светопропускание (не более 85 % для 5-проводных моделей и ещё более низкое для 4-проводных), низкая долговечность (не более 35 млн нажатий в одну точку) и недостаточная вандалоустойчивость (плёнку легко разрезать)

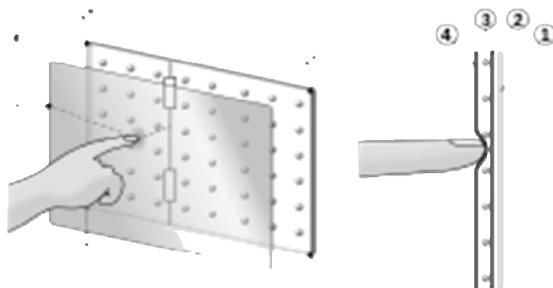


Рис.19.4. Принцип работы пятипроводного экрана.

#### **Матричные сенсорные экраны.**

Конструкция аналогична резистивной, но упрощена до предела. На стекло нанесены горизонтальные проводники, на мембрану — вертикальные.

При прикосновении к экрану проводники соприкасаются. Контроллер определяет, какие проводники замкнулись, и передаёт в микропроцессор соответствующие координаты. Конструкция аналогична резистивной, но упрощена до предела. На стекло нанесены горизонтальные проводники, на мембрану — вертикальные. Имеют очень низкую точность. Элементы интерфейса приходится специально располагать с учётом клеток матричного экрана. Единственное достоинство — простота, дешевизна и неприхотливость. Обычно матричные экраны опрашиваются по строкам (аналогично матрице кнопок); это позволяет наладить мультитач. Постепенно заменяются резистивными.

### Поверхностно-ёмкостные экраны

Ёмкостный (или поверхностно-ёмкостный) экран использует тот факт, что предмет большой ёмкости проводит переменный ток.

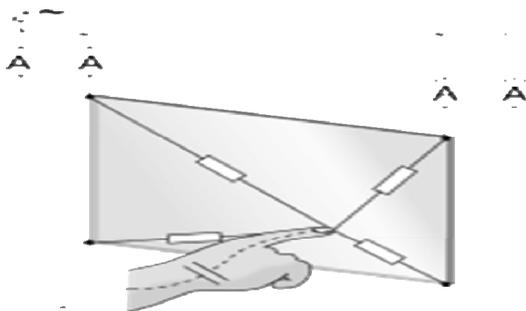


Рис. 19.5 Поверхностно-ёмкостный экран.

Ёмкостный сенсорный экран представляет собой стеклянную панель, покрытую прозрачным резистивным материалом (обычно применяется сплав оксида индия и оксида олова). Электроды, расположенные по углам экрана, подают на проводящий слой небольшое переменное напряжение (одинаковое для всех углов). При касании экрана пальцем или другим проводящим предметом появляется утечка тока. При этом чем ближе палец к электроду, тем меньше сопротивление экрана, а значит, сила тока больше. Ток во всех

четырёх углах регистрируется датчиками и передаётся в контроллер, вычисляющий координаты точки касания. В более ранних моделях ёмкостных экранов применялся постоянный ток — это упрощало конструкцию, но при плохом контакте пользователя с землёй приводило к сбоям.

Ёмкостные сенсорные экраны надёжны, порядка 200 млн нажатий (около 6 с половиной лет нажатий с промежутком в одну секунду), не пропускают жидкости и отлично терпят ток непроводящие загрязнения. Прозрачность на уровне 90 %. Впрочем, проводящее покрытие, расположенное прямо на внешней поверхности, всё ещё уязвимо. Поэтому ёмкостные экраны широко применяются в автоматах, лишь установленных в защищённом от непогоды помещении. Не реагируют на руку в перчатке. Стоит заметить, что из-за различий в терминологии часто путают поверхностно- и проекционно-ёмкостные экраны. По классификации, применённой в данной статье, экран, например, iPhone является проекционно-ёмкостным, а не поверхностно-ёмкостным.

### **Проекционно-ёмкостные сенсорные экраны**

На внутренней стороне экрана нанесена сетка электродов. Электрод вместе с телом человека образует конденсатор; электроника измеряет ёмкость этого конденсатора (подаёт импульс тока и измеряет напряжение).

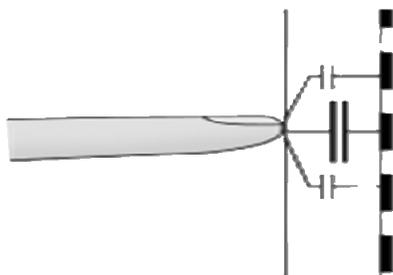


Рис.19.6. Проекционно-ёмкостный экран.

Первым телефоном с ёмкостным экраном был LG Prada. Компания Samsung сумела установить чувствительные электроды прямо

между субпикселями экрана, это упрощает конструкцию и повышает прозрачность. Прозрачность таких экранов до 90 %, температурный диапазон чрезвычайно широк. Очень долговечны (узкое место — сложная электроника, обрабатываемая нажатия). На проекционно-ёмкостных экранах может применяться стекло толщиной вплоть до 18 мм, что обеспечивает большую вандалоустойчивость. На непроводящие загрязнения не реагируют, проводящие легко подавляются программными методами. Поэтому проекционно-ёмкостные сенсорные экраны широко применяются и в персональной электронике, и в автоматах, в том числе установленных на улице. Многие разновидности поддерживают мультитач.

### **Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах**

Экран представляет собой стеклянную панель с пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП), находящимися по углам. По краям панели находятся отражающие и принимающие датчики. Принцип действия такого экрана заключается в следующем. Специальный контроллер формирует высокочастотный электрический сигнал и посылает его на ПЭП. ПЭП преобразует этот сигнал в поверхностно активную волну (ПАВ), а отражающие датчики его соответственно отражают. Эти отражённые волны принимаются соответствующими датчиками и посылаются на ПЭП. ПЭП, в свою очередь, принимают отражённые волны и преобразовывают их в электрический сигнал, который затем анализируется с помощью контроллера. При касании экрана пальцем часть энергии акустических волн поглощается. Приёмники фиксируют это изменение, а микроконтроллер вычисляет положение точки касания. Реагирует на касание предметом, способным поглотить волну (палец, рука в перчатке, пористая резина).

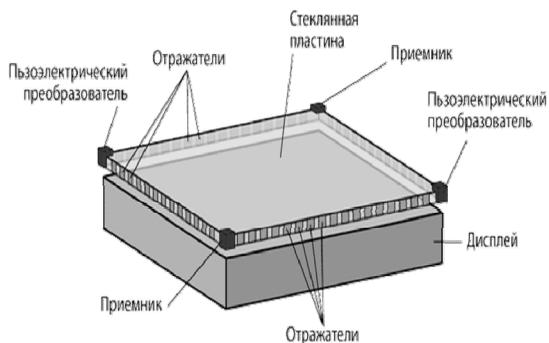


Рис. 19.7. Сенсорный экран на поверхностно-акустических волнах.

Главным достоинством экрана на поверхностных акустических волнах (ПАВ) является возможность отслеживать не только координаты точки, но и силу нажатия (здесь, скорее, способность точно определять радиус или область нажатия), благодаря тому, что степень поглощения акустических волн зависит от величины давления в точке касания (экран не прогибается под нажатием пальца и не деформируется, поэтому сила нажатия не влечет за собой качественных изменений в обработке контроллером данных о координатах воздействия, который фиксирует только область, перекрывающую путь акустических импульсов). Данное устройство имеет очень высокую прозрачность, так как свет от отображающего прибора проходит через стекло, не содержащее резистивных или проводящих покрытий. В некоторых случаях для борьбы с бликами стекло вообще не используется, а излучатели, приёмники и отражатели крепятся непосредственно к экрану отображающего устройства. Несмотря на сложность конструкции, эти экраны довольно долговечны. По заявлению, например, американской компании Тусо Electronics и тайваньской фирмы General Touch, они выдерживают до 50 млн касаний в одной точке, что превышает ресурс 5-проводного резистивного экрана. На рынке предлагаются варианты подключения к компьютеру как через интерфейс RS232, так и через интерфейс USB. На данный момент большей популярностью пользуются контроллеры к сенсорным экранам ПАВ,

поддерживающие и тот, и другой тип подключения — combo (данные Elo Touch Systems). Главным недостатком экрана на ПАВ являются сбои в работе при наличии вибрации или при воздействии акустическими шумами, а также при загрязнении экрана. Любой посторонний предмет, размещённый на экране (например, жевательная резинка), полностью блокирует его работу.

Кроме того, данная технология требует касания предметом, который обязательно поглощает акустические волны, — то есть, например, пластиковая банковская карточка в данном случае неприменима.

Точность этих экранов выше, чем матричных, но ниже, чем традиционных ёмкостных. Для рисования и ввода текста они, как правило, не используются.

### **Инфракрасные сенсорные экраны**

Такой тип сенсорного экрана реализуется на основе оптических пар: светодиод и фотодиод. Само устройство состоит из рамки, на сторонах которой и размещены оптические пары. На двух сторонах этой рамки, вертикальной и горизонтальной, расположены по одному ряду светодиодов, способных работать в ИК диапазоне. Соответственно, на противоположных сторонах рамки расположены ряды фотодиодов. Излучение светодиодов имеет узенькую диаграмму направленности. Это нужно для того, чтобы луч каждого светодиода попадал только на определённый фотодиод, и не задевал соседние. Таким образом для нормальной работы сенсорного экрана необходимо, чтобы каждому светодиоду соответствовал свой фотодиод. Такая рамка накладывается на экран, и подключается к специальному контроллеру. Работает эта сенсорная система следующим образом: в исходном состоянии на каждый фотодиод попадает луч своего светодиода. Если палец, либо другой непрозрачный предмет, касается сенсорного экрана, то поток излучения либо прерывается, либо существенно ослабляется. Контроллер фиксирует этот факт и определяет координаты касания, что собственно говоря и нужно для реализации функции touchscreen.

## Лекция 20

### Внешние запоминающие устройства на магнитных носителях

Внешние ЗУ за историю развития вычислительной техники пережили ряд этапов. Магнитные носители стали использоваться в несъёмных магнитных барабанах в ЭВМ второго поколения, затем широкое и продолжительное использование получили накопители на съёмных магнитных лентах, в ЕС ЭВМ и других ЭВМ третьего и четвёртого поколения получают широкое распространение накопители на внешних съёмных пакетах магнитных дисков. В персональных компьютерах и ноутбуках применяются встроенные и подключаемые внешние магнитные диски со стационарным пакетом магнитных дисков небольшого размера. Конструктивные особенности современных магнитных дисков излагаются в материале лекции 21.

#### Классификация магнитных накопителей.

Накопители информации могут быть классифицированы по следующим признакам:

способу хранения информации: магнитоэлектрические, оптические, магнитооптические;

По виду носителя информации: накопители на гибких и жестких магнитных дисках, оптических и магнитооптических дисках, магнитной ленте, твердотельные элементы памяти;

По способу организации доступа к информации — накопители прямого, последовательного и блочного доступа;

По типу устройства хранения информации — встраиваемые (внутренние), внешние, автономные, мобильные (носимые) и др.

Достоинства и недостатки внешних магнитных ЗУ:

Достоинства ВЗУ:

- высокая плотность записи;
- низкая стоимость хранения 1 бита информации;
- сохранение информации при отключении питания;
- большая скорость записи-считывания.

Недостатки ВЗУ:

- большое время поиска информации;
- надёжность ниже, чем у полупроводниковых ЗУ.

### **Принципы магнитной записи**

Физические основы процессов записи и воспроизведения информации на магнитных носителях заложены в работах физиков М.Фарадея (1791 — 1867) и Д. К. Максвелла (1831 — 1879).

Магнитные материалы.

В магнитных носителях информации цифровая запись производится на магнитно-чувствительный материал. К таким материалам относятся некоторые разновидности оксидов железа, никель, кобальт и его соединения, сплавы, а также магнитопласты и магнитоэласты со вязкой из пластмасс и резины, микропорошковые магнитные материалы.

Запись производится на носитель из магнито-твёрдых материалов (ферролак,  $Fe_3O_4$ , сплава никеля и хрома), и подложки из немагнитных материалов (Al, Cu, лавсан, плёнка.). Магнито-твёрдые материалы намагничиваются под действием внешнего магнитного поля и сохраняют намагниченность после удаления внешнего магнитного поля.

Система магнитной записи на магнитные носители состоит из носителя записи и взаимодействующих с ним магнитных головок. При цифровой магнитной записи в магнитную головку поступает ток, при котором поле записи через определенные промежутки времени изменяет свое направление на противоположное.

В результате под действием поля рассеяния магнитной головки происходят намагничивание или перемагничивание отдельных участков движущегося магнитного носителя. При периодическом изменении направления поля записи в рабочем слое носителя возникает цепочка участков с противоположным направлением намагниченности, которые соприкасаются друг с другом одноименными полюсами.

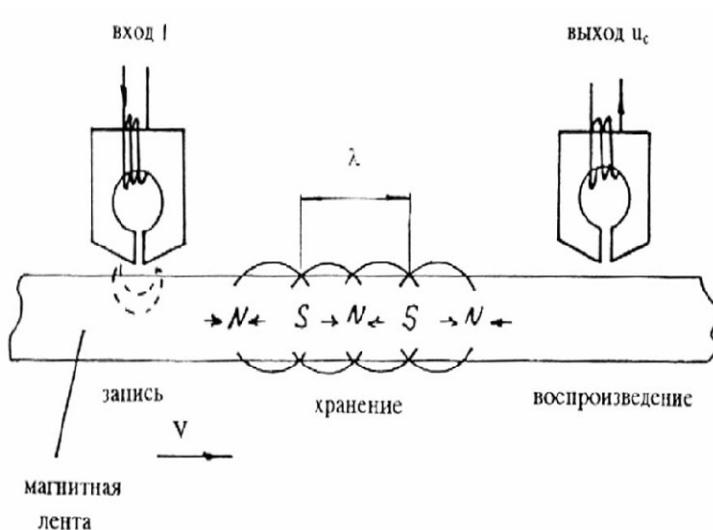


Рис. 20.1 Упрощённая схема магнитной записи и считывания.

Биты информации записываются с помощью маленькой головки, которая, проходя над поверхностью вращающегося диска, намагничивает миллиарды горизонтальных дискретных областей — доменов.

#### Метод продольной записи.

Рассмотренный вид записи, когда участки рабочего слоя носителя перемагничиваются вдоль его движения, называется продольной записью.

При этом вектор намагниченности домена расположен продольно, то есть параллельно поверхности диска.

Каждая из этих областей является логическим нулём или единицей, в зависимости от направления намагниченности. Максимально достижимая при использовании данного метода плотность записи составляет около 23 Гбит/см<sup>2</sup>.

#### Метод перпендикулярной записи.

Метод перпендикулярной записи — это технология, при которой биты информации сохраняются в вертикальных доменах. Это позволяет использовать более сильные магнитные поля и снизить площадь материала, необходимую для записи 1 бита.

Плотность записи у дисков на 2009 год — 400 Гбит/дюйм<sup>2</sup> (62 Гбит/см<sup>2</sup>).  
 Сегодня -500 Гбит/дюйм<sup>2</sup>  
 Теоретический предел технологии составляет 1 Тбит на квадратный дюйм.

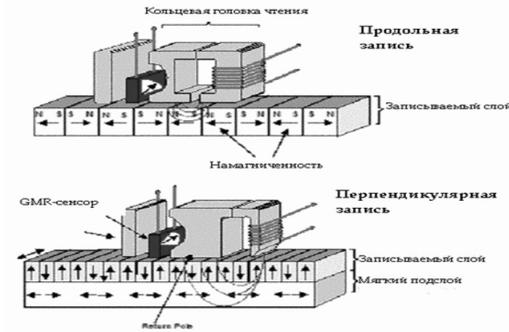


Рис. 20.2 Продольный и перпендикулярный метод магнитной записи.

Перпендикулярный метод - это технология при которой биты информации сохраняются в вертикальных доменах. Это позволяет использовать более сильные поля и снизить площадь материала для записи 1 бита.

Благодаря вертикальной ориентации магнитных доменов удалось увеличить плотность записи в три раза по сравнению с продольной. Производители накопителей на магнитных дисках Toshiba и Seagate используют перпендикулярную запись с середины нулевых годов. Переход на перпендикулярную запись позволил увеличить емкость выше 750 Гбайт в стандартном 3,5" формате, а также получить 300 Гбайт на 15.000 об/мин у жестких дисков SAS без чрезмерного нагрева.

Магнитный домен (от лат. *dominium* — владение) — это микроскопическая, однородно намагниченная область в ферромагнитных образцах, отделенная от соседних областей тонкими переходными слоями (доменными границами).

### Технология перпендикулярной записи (PMR)

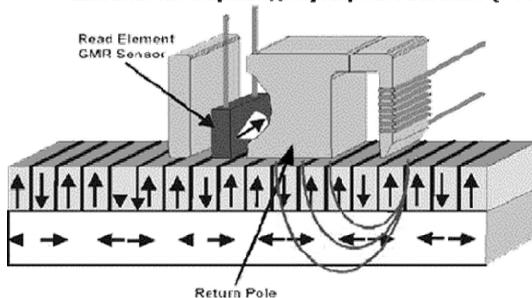


Рис. 20.3. Технология перпендикулярной магнитной записи.

Под воздействием внешнего магнитного поля собственные магнитные поля доменов ориентируются в соответствии с направлением магнитных силовых линий. После прекращения воздействия внешнего поля на поверхности домена образуются зоны остаточной намагниченности. Благодаря этому свойству на магнитном носителе сохраняется информация, которая была при действовавшем магнитном поле. При записи информации внешнее магнитное поле создается с помощью магнитной головки. В процессе считывания информации зоны остаточной намагниченности, оказавшись напротив магнитной головки, наводят в ней при считывании электродвижущую силу (ЭДС). Изменение направления ЭДС в течение некоторого промежутка времени отождествляется с двоичной единицей, а отсутствие этого изменения — с нулем. Указанный промежуток времени называется битовым элементом.

#### Классификация методов магнитной записи.

- по использованию состояний носителя:
  - на размагниченный магнитный носитель;
  - на насыщенный магнитный носитель.
- по характеру сигналов записи-считывания:
  - импульсные методы записи;
  - потенциальные методы записи.

Методы записи информации на магнитные носители (МН) различают по использованию состояний магнитного носителя и по использованию сигналов,

интерпретирующих записываемые значения в виде 0 или 1 В соответствии с использованием состояний методы записи делятся на методы, использующие 3 состояния (при этом 2 состояния отражают состояния намагничивания, а 1- отсутствие намагничивания), методы записи по двум состояниям обеспечивают пребывание магнитного носителя в одном из состояний намагничивания. Запись информации при этом связана со сменой состояния намагничивания.

### **Потенциальные и импульсные методы записи**

Методы записи по использованию сигналов делятся на потенциальные и импульсные.

#### **Потенциальные методы.**

Потенциальные методы записи обеспечивают постоянное протекание тока по катушке магнитной головки и запись при этом обеспечивается сменой направления протекания тока. В результате записи информации на МН сохраняются участки с отсутствием намагниченности и участки намагниченности разных знаков. При считывании информации изменение магнитного потока в зазоре магнитной головки приводит к возникновению импульсов ЭДС, которые могут быть обработаны и приведены к стандартным сигналам. Недостаток метода: необходимость размагничивания перед записью, невысокая плотность записи (при повышении плотности происходит наложение).

Данный метод называется потенциальным методом без возврата к нулю. Он позволяет достичь высокой плотности записи, однако обладает специфической проблемой, связанной с распознаванием ситуации при записи 0. Для этого либо используют дополнительную дорожку, в которую записываются сигналы синхронизации записи, как 0 так и 1, или специальный генератор, сигналы которого используются для распознавания моментов записи значений. Однако т.к. диск движется неравномерно, то предпочтительней использовать запись сигналов синхронизации. Достоинство: получение высокой плотности записи. Потенциальный метод, использующий 2 состояния с переключением тока при

записи единицы. Суть метода заключается в изменении направления тока при записи 1 (ток течет всегда). Те же проблемы с синхронизацией: либо запись на отдельную дорожку, либо использование генератора. Метод позволяет получить высокую плотность записи.



Рис.20.4. Разновидности потенциальных методов магнитной записи.

### Импульсные методы магнитной записи.

Импульсные методы записи характеризуются реализацией записи при прохождении импульса по катушке магнитной головки. В промежутках между процессами записи ток по катушке головки не протекает.

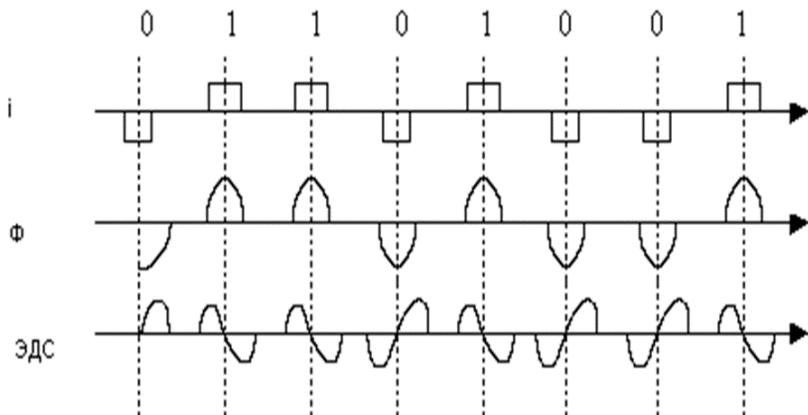


Рис.20.5. Импульсный метод по трём состояниям.

## Технология записи TDMR

В частности, данную технологию используют накопители корпоративного класса Western Digital Ultrastar 500-й серии. С точки зрения физики TDMR (что расшифровывается как Two Dimensional Magnetic Recording — двумерная магнитная запись) ничем не отличается от привычной нам перпендикулярной: в блоке магнитных головок винчестеров, созданных по технологии TDMR, на каждую пишущую головку приходится по два считывающих сенсора, осуществляющих одновременное чтение данных с каждого пройденного трека. Такая избыточность дает возможность контроллеру HDD эффективно фильтровать электромагнитные шумы, появление которых обусловлено межтрековой интерференцией (Intertrack Interference, ITI).

### Черепичная магнитная запись.

Как можно догадаться по названию "черепичная" магнитная запись SMR (Shingled Magnetic Recording), дорожки накладываются друг на друга как черепица. Идея возникла из-за разных размеров головок: для чтения головка может быть очень маленькой, но головка записи физически намного крупнее. Поэтому дорожки можно расположить плотнее, сохранив их читаемость. Но при записи целевой дорожки придется перезаписывать и соседнюю, с которой имеется "перехлест". Затем следующую, если в ней есть данные. В худшем случае придется переписать все дорожки зоны. Но благодаря меньшему расстоянию между дорожками плотность записи существенно увеличивается по сравнению с PMR. Жесткие диски SMR оснащаются дисковым кэшем (on-disk cache) на быстрых внешних дорожках, который дополняет традиционный кэш контроллера. Дисковый кэш записывается по технологии PMR без перехлеста дорожек. При поступлении данных на запись HDD размещает их в кэше, а позднее контроллер диска перемещает данные в область SMR. Собственно, в этом и кроется недостаток всей концепции. Если быстрый дисковый кэш заполнится до того, как контроллер перенесет его содержимое в область SMR, то входящий поток данных придется притормозить на время очистки кэша. После чего новые данные уже можно записывать в кэш.

В случае SMR жесткие диски содержат меньше пластин, поэтому потребляют меньше энергии. Но здесь следует учитывать особенности записи.

Положительные стороны технологии:

Благодаря наложению треков удастся достичь более высокой плотности записи, чем в обычных дисках, а значит, размещать больший объем информации на одной пластине.

Более плотная запись позволяет набирать тот же самый объем диска меньшим количеством пластин, за счет чего SMR-диск потребляет меньше энергии, становится легче, тише, холоднее и относительно дешевле CMR-диска той же емкости.

Отрицательные стороны технологии:

Даже при изменении данных в одном секторе, приходится перезаписывать всю ленту целиком. Это влияет на скорость записи диска не самым лучшим образом, особенно, если запись производится не на пустой, а на частично заполненный диск.

Если объем передаваемых данных велик и производится множественная «случайная» запись (в некоторых сценариях использования), в этом случае происходит быстрое заполнение медиа-кэша и, как следствие, критическое падение производительности диска. Контроллер будет вынужден срочно заняться распределением данных из медиа-кэша по лентам, в результате чего скорость записи падает практически до нуля, а время отклика может увеличиться вплоть до десятков секунд.

В итоге всех разновидностей магнитной записи формируется магнитная сигналограмма – последовательность намагниченных участков на рабочей поверхности носителя, однозначно соответствующая временному распределению амплитуд информативного сигнала. Следует отметить, что в цифровой магнитной записи при считывании детектируются не сами зоны остаточной намагниченности той или иной полярности, а переходы между ними. Чередующиеся участки с различным направлением намагниченности,

возникшие в магнитном покрытии, являются магнитными доменами (битовыми ячейками).

Чем меньше размер ячейки, тем выше плотность записи информации.

Задача уничтожения информации на магнитном носителе, заключающаяся в разрушении созданных при записи следов остаточной намагниченности, решается либо высокочастотным перемагничиванием носителя, либо намагничиванием его до состояния насыщения (постоянным полем).

#### Метод тепловой магнитной записи.

Метод тепловой магнитной записи (англ. Heat-assisted magnetic recording, HAMR) на данный момент самый перспективный из существующих, сейчас он активно разрабатывается. При использовании этого метода используется точечный подогрев диска, который позволяет головке намагничивать очень мелкие области его поверхности. После того, как диск охлаждается, намагниченность «закрепляется».

#### Магниторезистивная память

Среди технологий памяти следующего поколения большие перспективы имеет MRAM с переносом спинового момента, что обусловлено энергонезависимостью, высоким быстродействием и экономической эффективностью. Магниторезистивная память – это один из перспективных типов оперативной памяти, пока еще не получивший широкого распространения, но обладающий рядом преимуществ, по сравнению с остальными типами оперативной памяти.

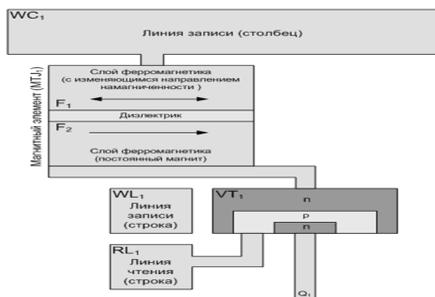


Рисунок 1. Упрощенная структурная схема ячейки магниторезистивной памяти (MRAM).

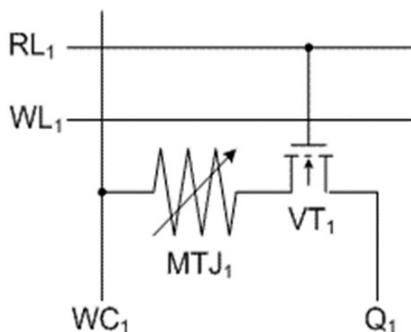
Рис. 20.6. Структурная схема ячейки магниторезистивной памяти.

Каждая ячейка магниторезистивной памяти хранит 1 бит данных в магнитном элементе (MTJ), состоящем из двух ферромагнетиков, между которыми располагается тонкий слой диэлектрика. Причем один из ферромагнетиков (ферромагнетик F2) – это постоянный магнит, намагниченный в определенном направлении, а другой ферромагнетик (ферромагнетик F1) может изменять направление намагниченности под действием электрического поля. Если оба ферромагнетика имеют одинаковую направленность намагниченности, то считается, что в ячейке памяти хранится ноль. Если направления намагниченности ферромагнетиков перпендикулярны, то считается, что в ячейке памяти хранится единица. Для изменения направления намагниченности ферромагнетика F1, необходимо подать ток в линии WC1 и WL1. В точке пересечения этих линий, как раз там, где располагается магнитный элемент, создается электрическое поле достаточной мощности, чтобы ферромагнетик F1 изменил направление намагниченности. Такой способ изменения намагниченности (записи данных в ячейку памяти) очень похож на принцип работы памяти на магнитных сердечниках, широко используемой во втором поколении ЭВМ. Однако запись данных в ячейки магниторезистивной памяти описанным выше способом требует создания мощного электрического поля, поэтому магнитные элементы соседних ячеек приходится располагать далеко друг от друга, а, следовательно, размер

магниторезистивной памяти будет достаточно большим. Чтение данных из ячейки памяти будет организовано следующим образом:

на линию  $RL_1$  подается ток, открывающий транзистор  $VT_1$  и разрешающий чтение данных из ячейки памяти;

на линию  $WC_1$  подается ток, проходящий через магнитный элемент  $MTJ_1$ , а далее, через открытый транзистор  $VT_1$ , – в устройство чтения данных, где по величине тока будет определено значение, хранящееся в ячейке памяти.



**Рисунок 2. Схематичное изображение ячейки магниторезистивной памяти (MRAM).**

Рис. 20.6. Схематическое изображение ячейки магниторезистивной памяти.

Достоинства: энергонезависимость;

высокое быстродействие (быстрее DRAM, но медленнее SRAM);

не требуется регенерация ячеек. Недостатки: сложности с существующими способами записи;

большой размер ячейки памяти, из-за технологии записи;

высокое энергопотребление по той же причине.

## Лекция 21

### Устройство и принцип работы накопителей на жёстких магнитных дисках

Физическая структура жестких дисков.

Накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД, винчестер) состоит из нескольких магнитных дисков, каждый магнитный диск разбит на гораздо большее количество дорожек на каждой стороне.

Логическая структура носителя информации в файловой системе FAT имеет разделы:

- загрузочный кластер;
- таблицу размещения файлов;
- корневой каталог;
- файлы.

Минимальный адресуемый элемент информации – кластер, который может включать в себя несколько секторов. Объем сектора составляет 512 байтов.

Размер кластера (от 512 байтов до 64 Кбайт) зависит от типа используемой файловой системы.

Кластеры нумеруются в линейной последовательности (на магнитных дисках от первого кластера нулевой дорожки до последнего кластера последней дорожки). Файловая система организует кластеры в файлы и каталоги. Файловая система отслеживает, какие из кластеров в настоящее время используются, какие свободны, какие помечены как неисправные. При записи файлов будет всегда занято целое число кластеров. Минимальный размер файла равен размеру одного кластера. Максимальный размер файла соответствует общему количеству кластеров на диске. Файл записывается в произвольные свободные кластеры. Каталог – это тот же файл, в котором содержится список файлов этого каталога.

Виды файловых систем.

FAT32. Файловая система для ОС Windows.

Выделяет 32 бита для хранения адреса кластера, соответственно, она может адресовать  $2^{32} = 4\,294\,967\,296$  кластеров.

Объем кластера по умолчанию составляет 8 секторов (4 Кбайт), и поэтому FAT32 не может использоваться для носителей информации объемом более:

$4\text{ Кбайт} \times 4\,294\,967\,296 = 17\,179\,869\,184\text{ Кбайт} = 16\,384\text{ Гбайт} = 16\text{ Тбайт}$ .

FAT32 используется для жестких дисков самого большого объема.

NTFS. Файловая система для ОС Windows.

Позволяет устанавливать различный объем кластера (от 512 байтов до 64 Кбайт, по умолчанию 4 Кбайт).

Использует систему журналирования для повышения надежности файловой системы. Журналируемая файловая система сохраняет список изменений, которые она будет проводить с файловой системой, перед фактической записью изменений. Эти записи хранятся в отдельной части файловой системы, называемой «журналом» или «логом». Как только изменения файловой системы будут внесены в журнал, журналируемая файловая система применит эти изменения к файлам.

NTFS по сравнению с FAT32 увеличивает надежность и эффективность использования дискового пространства.

### **Описание устройства жёсткого магнитного диска**

Накопитель на жёстком магнитном диске (НЖМД) (HDD) содержит набор пластин, представляющих чаще всего металлические диски, покрытые магнитным материалом – платтером (гамма-феррит-оксид, феррит бария, окись хрома...) и соединенные между собой при помощи шпинделя (вала, оси). Сами диски (толщина примерно 2мм.) изготавливаются из алюминия, латуни, керамики или стекла.

Для записи используются обе поверхности дисков. Используется 4-9 пластин. Вал вращается с высокой постоянной скоростью (3600-7200 оборотов/мин.)



Рис. 21.1. Устройство накопителя жёсткого магнитного диска.

Вращение дисков и радикальное перемещение головок осуществляется с помощью 2-х электродвигателей. Данные записываются или считываются с помощью головок записи/чтения по одной на каждую поверхность диска. Количество головок равно количеству рабочих поверхностей всех дисков. Запись информации на диск ведется по строго определенным местам — концентрическим дорожкам (трекам). Дорожки делятся на сектора. В одном секторе от 512 до 4096 байт информации. Обмен данными между ОЗУ и НМД осуществляется последовательно целым числом (кластером). Кластер — цепочки последовательных секторов (1,2,3,4,...). Специальный двигатель с помощью кронштейна позиционирует головку чтения/записи над заданной дорожкой (перемещает ее в радиальном направлении). Дорожки винчестера с одинаковым порядковым номером на разных дисках НЖМД называется цилиндром. Головки чтения записи перемещаются в вдоль поверхности платтера. Чем ближе к поверхности диска находится головка при этом не касаясь ее, тем выше допустимая плотность записи.

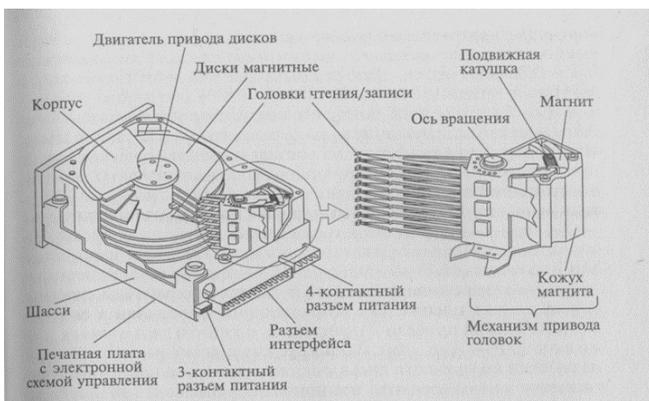


Рис. 21.2. Внутренняя архитектура НЖМД.

Для нанесения таких синхронизирующих меток должно быть произведено разбиение диска на дорожки и секторы — форматирование. Магнитный диск первоначально к работе не готов. Для приведения его в рабочее состояние он должен быть отформатирован, т.е. должна быть создана структура диска.

Структура (разметка) диска создается в процессе форматирования.

Форматирование магнитных дисков включает 2 этапа:

физическое форматирование (низкого уровня);

логическое форматирование (высокого уровня).

При физическом форматировании рабочая поверхность диска разбивается на отдельные области, называемые секторами, которые расположены вдоль концентрических окружностей – дорожек. Кроме того, определяются сектора, непригодные для записи данных, они помечаются как плохие для того, чтобы избежать их использования. Каждый сектор является минимальной единицей данных на диске, имеет собственный адрес для обеспечения прямого доступа к нему. Адрес сектора включает номер стороны диска, номер дорожки и номер сектора на дорожке.

Форматирование низкого уровня нужно производить в следующих случаях: если появился сбой в нулевой дорожке, вызывающий проблемы при загрузке с жесткого диска, но сам диск при загрузке с дискеты доступен;

если вы возвращаете в рабочее состояние старый диск, например, переставленный со сломавшегося компьютера.

если диск оказался отформатированным для работы с другой операционной системой; если диск перестал нормально работать и все методы восстановления не дали положительных результатов.

При логическом форматировании происходит окончательная подготовка носителя к хранению данных путем логической организации дискового пространства. Диск подготавливается для записи файлов в сектора, созданные при низкоуровневом форматировании.

Логический диск — это некоторая область жесткого диска, работающая так же, как отдельный накопитель. В процессе логического форматирования на диске выделяется системная область, которая состоит из 3-х частей:

загрузочного сектора и таблица разделов (Boot record)

таблицы размещения файлов (FAT), в которых записываются номера дорожек и секторов, хранящих файлы

корневой каталог (Root Directory). Запись информации осуществляется частями через кластер. В одном и том же кластере не может быть 2-х разных файлов. Кроме того, на данном этапе диску может быть присвоено имя.

Жесткий диск может быть разбит на несколько логических дисков и наоборот 2 жестких диска может быть объединены в один логический.

#### Характеристики жёстких дисков.

Жесткие диски (винчестеры) отличаются между собой следующими характеристиками:

- емкостью;
- быстродействием – временем доступа к данным, скоростью чтения и записи информации;
- интерфейсом (способ подключения) — типом контролера, к которому должен присоединяться винчестер (чаще всего IDE/EIDE и различные варианты SCSI);
- другие особенности.

Скорость работы (быстродействие) диска характеризуется двумя показателями: временем доступа к данным на диске и скоростью чтения/записи на диске. Время доступа – время необходимое для перемещения (позиционирования) головок чтения/записи на нужную дорожку и нужный сектор. Среднее характерное время доступа между двумя случайно выбранными дорожками примерно 8-12мс(миллисекунд), более быстрые диски имеют время 5-7мс. Время перехода на соседнюю дорожку (соседний цилиндр) меньше 0.5 — 1.5мс. Для поворота в нужный сектор тоже нужно время. Полное время оборота диска для сегодняшних НЖМД 8 – 16мс, среднее время ожидания сектора составляет 3-8мс.

Скорость чтения/записи (пропускная способность ввода/вывода) или скорость передачи данных (трансферт) – время передачи последовательно расположенных данных, зависит не только от диска, но и от его контроллера, типы шины, быстродействие процессора. Скорость медленных дисков 1.5-3 Мб/с, у быстрых 4-5Мб/с, у самых последних 20Мб/с. НЖМД со SCSI-интерфейсом поддерживают частоту вращения 10000 об./мин. и среднее время поиска 5мс, скорость передачи данных 40-80 Мб/с.

Стандарт интерфейса подключения жёсткого диска.

Стандарт интерфейса подключения — т.е. тип контроллера, к которому должен подключаться жесткий диск. Он находится на материнской плате. Различают три основных интерфейса подключения:

IDE и его различные варианты; SATA и SCSI.

Другие характеристики жёстких дисков.

Среднее время поиска. Значение времени поиска для записи часто несколько выше, чем для чтения. Некоторые производители в своих спецификациях приводят только меньшее значение (для чтения). В любом случае кроме средних значений полезно учитывать и максимальное (через весь диск), и минимальное (то есть с дорожки на дорожку) время поиска.

Скорость вращения. С точки зрения быстроты доступа к нужному фрагменту записи скорость вращения оказывает влияние на величину так

называемого скрытого времени, которого для того, чтобы диск повернулся к магнитной головке нужным сектором. Среднее значение этого времени соответствует половине оборота диска и составляет 8,33 мс при 3600 об/мин, 6,67 мс при 4500 об/мин, 5,56 мс при 5400 об/мин, 4,17 мс при 7200 об/мин.

Внутренняя скорость передачи — скорость, с которой данные записываются на диск или считываются с диска. Из-за зонной записи она имеет переменное значение — выше на внешних дорожках и ниже на внутренних. При работе с длинными файлами во многих случаях именно этот параметр ограничивает скорость передачи.

Внешняя скорость передачи - скорость (пиковая) с которой данные передаются через интерфейс.

Она зависит от типа интерфейса и имеет чаще всего, фиксированные значения: 8.3; 11.1; 16.7Мб/с для Enhanced IDE (PIO Mode2, 3, 4); 33.3 66.6 100 для Ultra DMA; 5, 10, 20, 40, 80, 160 Мб/с для синхронных SCSI, Fast SCSI-2, FastWide SCSI-2 Ultra SCSI (16 разрядов) соответственно.

Объем и организация кэш-памяти (внутреннего буфера) может заметно влиять на производительность жесткого диска. Сегментированная Кэш-память большого объема актуальна для производительных SCSI-дисков, используемых в многозадачных средах. Чем больше КЭШ, тем быстрее работает винчестер (128-256Кб).

#### Требования к жестким дискам.

Основное требование к дискам — надежность работы гарантируется большим сроком службы компонентов 5-7 лет; хорошими статистическими показателями, а именно:

среднее время наработки на отказ не менее 500 тысяч часов (высшего класса 1 миллион часов и более.)

Встроенная система активного контроля за состоянием узлов диска SMART /Self Monitoring Analysis and Report Technology.

Смысл этой технологии заключается во внутренней самодиагностике жесткого диска, которая позволяет оценить его текущее состояние и информировать о

возможных будущих проблемах, могущих привести к потере данных или к выходу диска из строя. Осуществляется постоянный мониторинг состояния всех жизненно важных элементов диска: головок, рабочих поверхностей, электромотора со шпинделем, блока электроники. Скажем, если обнаруживается ослабление сигнала, то информация перезаписывается и происходит дальнейшее наблюдение. Если сигнал опять ослабляется, то данные переносятся в другое место, а данный кластер помещается как дефектный и недоступный, а вместо него предоставляется в распоряжении другой кластер из резерва диска.

При работе с жестким диском следует соблюдать температурный режим, в котором функционирует накопитель. Изготовители гарантируют безотказную работу винчестера при температуре окружающей их среды в диапазоне от 0С до 50С, при больших отклонениях температуры воздушная прослойка необходимой толщиной может не образовываться, что приведет к повреждению магнитного слоя. Основная проблема — попадание внутрь диска посторонних частиц.

Для сравнения: частичка табачного дыма в два раза больше расстояния между поверхностью и головкой, толщина человеческого волоса в 5-10 раза больше.

Для головки встреча с такими предметами обернется сильным ударом и, как следствие, частичным повреждением или же полным выходом из строя. Особенно чувствителен к повреждениям диск в рабочем состоянии, поэтому не следует помещать компьютер в место, где он может быть подвержен различным толчкам, вибрациям и так далее.

### **Отказоустойчивые дисковые подсистемы серверов RAID – системы**

#### **Понятие RAID-массива.**

Проблема повышения производительности дисковой подсистемы весьма многогранна. Рост вычислительных мощностей современных процессоров привел к возникновению явного дисбаланса между возможностями жестких дисков и потребностями процессоров. От этого не спасают ни дорогие SCSI-

диски, ни уж тем более IDE-диски. Однако если не хватает возможностей одного диска, то, может быть, хотя бы отчасти решить данную проблему позволит установка нескольких дисков? Конечно, само по себе наличие двух или более жестких дисков на компьютере или на сервере дела не меняет — нужно заставить эти диски работать совместно (параллельно) друг с другом таким образом, чтобы это позволило повысить производительность дисковой подсистемы на операциях записи/чтения. Кроме того, можно попытаться путем использования нескольких жестких дисков добиться повышения не только производительности, но и надежности хранения данных, чтобы выход из строя одного из дисков не приводил к потере информации? Именно этот подход и положен в основу так называемых RAID массивов дисков.

Изначально RAID расшифровывался как Redundant Array of Inexpensive Disks — избыточный массив недорогих дисков. Под недорогими подразумевались диски, предназначенные для использования в персональных компьютерах — в противовес более дорогим дискам для мэйнфреймов (универсальная ЭВМ). Но так как в RAID-массивах стали использовать SCSI-винчестеры, которые были существенно дороже применяемых в большинстве компьютеров дисков IDE, слово «недорогой» было заменено на «независимый». Сейчас эта аббревиатура расшифровывается как Redundant Array of Independent Disks — избыточный массив независимых дисков.

Принцип функционирования RAID-системы заключается в следующем: из набора дисковых накопителей создается массив, который управляется специальным контроллером и определяется компьютером как единый логический диск большой емкости. За счет параллельного выполнения операций ввода-вывода обеспечивается высокое быстродействие системы, а повышенная надежность хранения информации достигается дублированием данных или вычислением контрольных сумм. Следует отметить, что применение RAID-массивов защищает от потерь данных только в случае физического отказа жестких дисков.

Различают несколько основных уровней RAID-массивов: RAID 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Также существуют комбинированные уровни, такие как RAID 10, 0+1, 30, 50, 53 и т.п. Далее рассмотрим принципы функционирования, а также достоинства и недостатки основных уровней RAID-массивов.

### Уровни RAID-массивов

#### 1. RAID 0 - Дискковый массив без отказоустойчивости (Striped Disk Array without Fault Tolerance)

Этот вариант предполагает объединение  $n$  дисков в один с объемом, увеличенным в  $n$  раз, диски объединяются не последовательно, а параллельно, и информация на них записывается блоками (объем блока задает пользователь при формировании RAID-массива).

То есть в случае, если на два накопителя, входящие в массив RAID 0, нужно записать последовательность цифр 123456, контроллер разделит эту цепочку на две части - 123 и 456 - и первую запишет на один диск, а вторую - на другой. Каждый диск может передавать данные... ну, пусть со скоростью 50 Мбайт/с, а суммарная скорость двух дисков, данные с которых берутся параллельно, составляет 100 Мбайт/с. Таким образом, скорость работы с данными должна увеличиться в  $n$  раз (реально, конечно, рост скорости меньше, так как потери на поиск данных и на передачу их по шине никто не отменял). Но этот прирост дается не просто так: при поломке хотя бы одного диска информация со всего массива теряется.

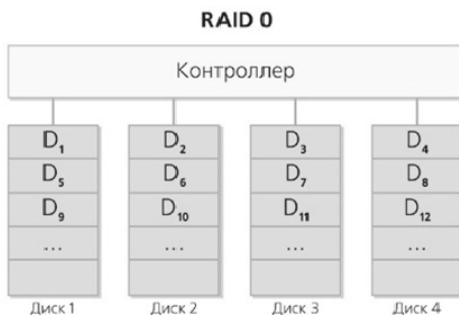


Рис. 21.3 RAID-массив нулевого уровня.

То есть никакой избыточности и никакого резервирования нет и в помине. Считать этот массив RAID-массивом можно лишь условно, но, тем не менее он очень популярен. Мало кто задумывается о надежности, ее ведь никак не измеришь бенчмарками, зато все понимают язык мегабайт в секунду. Кстати, дополнительный минус stripe-массива заключается в его непереносимости. Так если притащить к другу оба диска и драйверы контроллера в придачу, не факт, что они определятся как один массив и данными удастся воспользоваться. Более того, известны случаи, когда простое подключение (без записи чего-либо!) stripe-дисков к "неродному" (отличному от того, на котором формировался массив) контроллеру приводило к порче информации в массиве. Таким образом, за счет возможности одновременного ввода/вывода с нескольких дисков массива RAID 0 обеспечивает максимальную скорость передачи данных и максимальную эффективность использования дискового пространства, так как не требуется места для хранения контрольных сумм. Реализация этого уровня очень проста. RAID 0, как правило, применяется в тех областях, где требуется быстрая передача большого объема данных. Для реализации массива требуется не меньше двух винчестеров.

Преимущества:

- наивысшая производительность в приложениях, требующих интенсивной обработки запросов ввода/вывода и данных большого объема;
- простота реализации;
- низкая стоимость;
- максимальная эффективность использования дискового пространства — 100%.

Недостатки:

- не является «настоящим» RAID'ом, поскольку не поддерживает отказоустойчивость;
- отказ одного диска влечет за собой потерю всех данных массива.

## 2. RAID 1 - Дисковый массив с зеркалированием

### 3. (Mirroring & Duplexing)

Дисковый массив с дублированием информации (зеркалированием данных). В простейшем случае два накопителя содержат одинаковую информацию и являются одним логическим диском. При выходе из строя одного диска его функции выполняет другой. Для реализации массива требуется не меньше двух винчестеров.

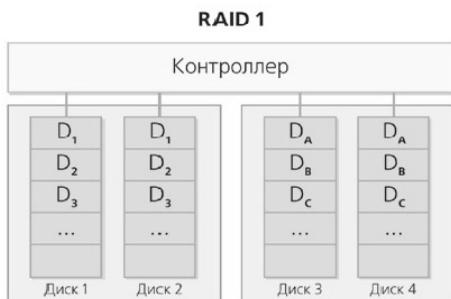


Рис. 21.4 RAID-массив первого уровня из четырех дисков.

Первый по-настоящему «избыточный» массив (и первый появившийся на свет RAID). Его второе название - mirror (зеркало) - объясняет принцип работы: все отведенные под массив диски разбиваются на пары, а информация считывается и записывается сразу на оба диска. Получается, что у каждого из дисков в массиве есть точная копия. В такой системе возрастает не только надежность хранения данных, но и скорость их чтения (читать можно сразу с двух винчестеров), хотя скорость записи остается такой же, как и у одного накопителя.

Как можно догадаться, объем такого массива будет равен половине суммы объемов всех входящих в него винчестеров. Минус такого решения - дисков нужно в два раза больше. Но зато надежность этого массива реально даже не равна двойной надежности одиночного диска, а намного выше этого значения. Выход из строя двух винчестеров в течение... ну, скажем, суток маловероятен, если в дело не вмешался, к примеру, блок питания. В то же время любой

здравомыслящий человек, увидев, что один диск в паре вышел из строя, тут же его заменит, и даже если сразу после этого отдаст концы второй диск, информация никуда не денется.

Преимущества:

- простота реализации;
- простота восстановления массива в случае отказа (копирование).

Недостатки:

- высокая стоимость — 100-процентная избыточность;
- невысокая скорость передачи данных.

#### **4. RAID 2 - Отказоустойчивый дисковый массив с использованием кода Хемминга (Hamming Code ECC)**

Схема резервирования данных с использованием кода Хэмминга (Hamming code) для коррекции ошибок. Поток данных разбивается на слова — причем размер слова соответствует количеству дисков для записи данных. Для каждого слова вычисляется код коррекции ошибок, который записывается на диски, выделенные для хранения контрольной информации. Их число равно количеству бит в слове контрольной суммы.

В массиве такого типа диски делятся на две группы - для данных и для кодов коррекции ошибок, причем если данные хранятся на  $n$  дисках, то для складирования кодов коррекции необходимо  $n-1$  дисков. Данные записываются на соответствующие винчестеры так же, как и в RAID-0, они разбиваются на небольшие блоки по числу дисков, предназначенных для хранения информации. Оставшиеся диски хранят коды коррекции ошибок, по которым в случае выхода какого-либо винчестера из строя возможно восстановление информации. Метод Хемминга давно применяется в памяти типа ECC и позволяет на лету исправлять мелкие однокбитовые ошибки, если они вдруг возникнут, а если ошибочно будут переданы два бита, это будет обнаружено опять-таки с помощью систем контроля четности. То есть, если слово состоит из четырех бит, то под контрольную информацию отводится три диска. RAID 2 — один из немногих уровней, позволяющих обнаруживать

двойные ошибки и исправлять "на лету" одиночные. При этом он является самым избыточным среди всех уровней с контролем четности. Эта схема хранения данных не получила коммерческого применения, поскольку плохо справляется с большим количеством запросов.

Преимущества:

- достаточно простая реализация;
- коррекция ошибок "на лету";
- очень высокая скорость передачи данных;
- при увеличении количества дисков накладные расходы уменьшаются.

Недостатки:

- низкая скорость обработки запросов;
- высокая стоимость;
- большая избыточность.

### **5. RAID 3 - Отказоустойчивый дисковый массив с параллельной передачей данных и четностью (Parallel Transfer Disks with Parity)**

Отказоустойчивый массив с параллельным вводом/выводом данных и диском контроля четности. Структура массива RAID-3 такова: в массиве из  $n$  дисков данные разбиваются на блоки размером 1 байт и распределяются по  $n-1$  дискам, а еще один диск используется для хранения блоков четности. В RAID-2 для этой цели стояло  $n-1$  дисков, но большая часть информации на этих дисках использовалась только для коррекции ошибок на лету, а для простого восстановления в случае поломки диска достаточно меньшего ее количества, хватает и одного выделенного винчестера.

Соответственно, отличия RAID-3 от RAID-2 очевидны: невозможность коррекции ошибок на лету и меньшая избыточность. Преимущества таковы: скорость чтения и записи данных высока, а для создания массива требуется совсем немного дисков, всего три. Но массив этого типа хорош только для однозадачной работы с большими файлами, так как наблюдаются проблемы со скоростью при частых запросах данных небольшого объема.

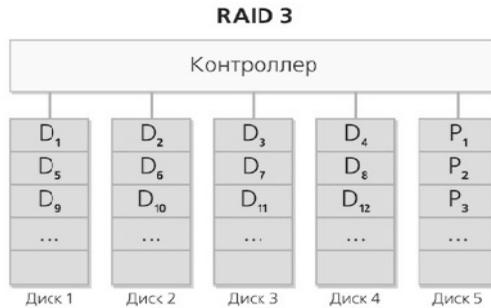


Рис. 21.5. RAID третьего уровня с отдельным диском для хранения информации о четности.

В RAID 3 информация разбивается на порции одинакового размера

Этот уровень имеет намного меньшую избыточность, чем RAID 2. Во втором рэиде большинство дисков, хранящих контрольную информацию, нужны для определения неисправного разряда. Как правило, RAID-контроллеры могут получить данные об ошибке с помощью механизмов отслеживания случайных сбоев. За счет разбиения данных на порции RAID 3 имеет высокую производительность. Поскольку при каждой операции ввода/вывода производится обращение практически ко всем дискам массива, то одновременная обработка нескольких запросов невозможна.

Этот уровень подходит для приложений с файлами большого объема и малой частотой обращений (в основном это сфера мультимедиа). Использование только одного диска для хранения контрольной информации объясняет тот факт, что коэффициент использования дискового пространства достаточно высок (как следствие этого — относительно низкая стоимость). Для реализации массива требуется не меньше трех винчестеров.

Преимущества:

- отказ диска мало влияет на скорость работы массива;
- высокая скорость передачи данных;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- сложность реализации;

- низкая производительность при большой интенсивности запросов данных небольшого объема.

#### **6. RAID 4 - Отказоустойчивый массив независимых дисков с общим диском четности (Independent Data Disks with Shared Parity Disk)**

Этот массив очень похож на уровень RAID 3. Поток данных разделяется не на уровне байтов, а на уровне блоков информации, каждый из которых записывается на отдельный диск. После записи группы блоков вычисляется контрольная сумма, которая записывается на выделенный для этого диск.

У RAID 4 возможно одновременное выполнение нескольких операций чтения. Этот массив повышает производительность передачи файлов малого объема (за счет распараллеливания операции считывания). Но поскольку при записи должна изменяться контрольная сумма на выделенном диске, одновременное выполнение операций невозможно (налицо асимметричность операций ввода и вывода). Этот уровень имеет почти все недостатки RAID 3 и не обеспечивает преимущества в скорости при передаче данных большого объема. Схема хранения разрабатывалась для приложений, в которых данные изначально разбиты на небольшие блоки, поэтому нет необходимости разбивать их дополнительно. Эта схема хранения данных имеет невысокую стоимость, но ее реализация достаточно сложна, как и восстановление данных при сбое. Таким образом, RAID 4 похож на RAID 3, но отличается от него тем, что данные разбиваются на блоки, а не на байты. То есть, удалось «победить» проблему низкой скорости передачи данных небольшого объема. Запись же производится медленно из-за того, что четность для блока генерируется при записи и записывается на единственный диск. Используются массивы такого типа очень редко.

Преимущества:

- высокая скорость передачи данных;
- отказ диска мало влияет на скорость работы массива;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- достаточно сложная реализация;
- очень низкая производительность при записи данных;
- сложное восстановление данных.

## **7. RAID 5 - Отказоустойчивый массив независимых дисков с распределенной четностью (Independent Data Disks with Distributed Parity Blocks)**

Самый распространенный уровень. Блоки данных и контрольные суммы циклически записываются на все диски массива, отсутствует выделенный диск для хранения информации о четности, нет асимметричности конфигурации дисков.

В случае RAID 5 все диски массива имеют одинаковый размер — но один из них невидим для операционной системы. Например, если массив состоит из пяти дисков емкостью 10 Гб каждый, то фактически размер массива будет равен 40 Гб — 10 Гб отводится на контрольные суммы. В общем случае полезная емкость массива из  $n$  дисков равна суммарной емкости  $n-1$  диска.

Самый большой недостаток уровней RAID от 2-го до 4-го — это наличие отдельного диска (или дисков), хранящего информацию о четности. Скорость выполнения операций считывания достаточно высока, так как не требует обращения к этому диску. Но при каждой операции записи на нем изменяется информация, поэтому схемы RAID 2-4 не позволяют проводить параллельные операции записи. RAID 5 не имеет этого недостатка, так как контрольные суммы записываются на все диски массива, что делает возможным выполнение нескольких операций чтения или записи одновременно. RAID 5 имеет достаточно высокую скорость записи/чтения и малую избыточность.

Массив пятого уровня отличается от RAID-3 тем, что блоки четности равномерно разбросаны по всем дискам массива.

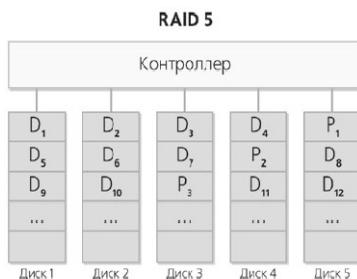


Рис.21.6. Структура дискового массива RAID 5.

Преимущества:

- высокая скорость записи данных;
- достаточно высокая скорость чтения данных;
- высокая производительность при большой интенсивности запросов чтения/записи данных;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- низкая скорость чтения/записи данных малого объема при единичных запросах;
- достаточно сложная реализация;
- сложное восстановление данных.

## 8. RAID 6 - Отказоустойчивый массив независимых дисков с двумя независимыми распределенными схемами четности (Independent Data Disks with Two Independent Distributed Parity Schemes)

RAID 6 — это отказоустойчивый массив независимых дисков с распределением контрольных сумм, вычисленных двумя независимыми способами. Этот уровень во многом схож с RAID 5. Только в нем используется не одна, а две независимые схемы контроля четности, что позволяет сохранять работоспособность системы при одновременном выходе из строя двух накопителей. Для вычисления контрольных сумм в RAID 6 используется алгоритм, построенный на основе кода Рида-Соломона (Reed-Solomon). Разумеется, повышение надежности привело к уменьшению полезного объема

дисков и к увеличению минимального их количества: теперь при наличии  $n$  дисков в массиве общий объем, доступный для записи данных, будет равен объему одного диска, умноженному на  $n-2$ . Необходимость вычисления сразу двух контрольных сумм определяет второй недостаток, унаследованный RAID-6 от RAID-5, - низкую скорость записи данных.

Этот уровень имеет очень высокую отказоустойчивость, большую скорость считывания (данные хранятся блоками, нет выделенных дисков для хранения контрольных сумм). В то же время из-за большого объема контрольной информации RAID 6 имеет низкую скорость записи. Он очень сложен в реализации, характеризуется низким коэффициентом использования дискового пространства: для массива из пяти дисков он составляет всего 60%, но с ростом числа дисков ситуация исправляется.

RAID 6 по многим характеристикам проигрывает другим уровням, поэтому на сегодня не получил коммерческого применения.

Преимущества:

- высокая отказоустойчивость;
- достаточно высокая скорость обработки запросов;

Недостатки:

- низкая скорость чтения/записи данных малого объема при единичных запросах;
- очень сложная реализация;
- сложное восстановление данных;
- низкая скорость записи данных.

## **9. RAID 7 - Отказоустойчивый массив, оптимизированный для повышения производительности (Optimized Asynchronous for High I/O Rates as well as High Data Transfer Rates)**

В отличие от других уровней, RAID 7 не является открытым индустриальным стандартом — это зарегистрированная торговая марка компании Storage Computer Corporation. Массив основывается на концепциях, использованных в третьем и четвертом уровнях. Добавилась возможность кэширования данных.

В состав RAID 7 входит контроллер со встроенным микропроцессором под управлением операционной системы реального времени (real-time OS). Она позволяет обрабатывать все запросы на передачу данных асинхронно и независимо.

RAID-7 - зарегистрированная марка компании Storage Computer Corporation. Структура массива такова: на  $n-1$  дисках хранятся данные, один диск используется для складирования блоков четности. Но добавилось несколько важных деталей, призванных ликвидировать главный недостаток массивов такого типа: кэш данных и быстрый контроллер, заведующий обработкой запросов. Это позволило снизить количество обращений к дискам для вычисления контрольной суммы данных. В результате удалось значительно повысить скорость обработки данных (кое-где в пять и более раз).

Блок вычисления контрольных сумм интегрирован с блоком буферизации; для хранения информации о четности используется отдельный диск, который может быть размещен на любом канале. RAID 7 имеет высокую скорость передачи данных и обработки запросов, хорошую масштабируемость. Самым большим недостатком этого уровня является стоимость его реализации.

Преимущества:

- очень высокая скорость передачи данных и высокая скорость обработки запросов (в 1,5...6 раз выше других стандартных уровней RAID);
- хорошая масштабируемость;
- значительно возросшая (благодаря наличию кэша) скорость чтения данных небольшого объема;
- отсутствие необходимости в дополнительной передаче данных для вычисления четности.

Недостатки:

- собственность одной компании;
- сложность реализации;
- очень высокая стоимость на единицу объема;
- не может обслуживаться пользователем;

- необходимость использования блока бесперебойного питания для предотвращения потери данных из кэш-памяти;
- короткий гарантийный срок.

## Лекция 22

### Оптические запоминающие устройства

Принцип работы дисков – оптический. Чтение и запись осуществляется лазером. В компакт-диске данные кодируются и записываются в виде последовательности отражающих и не отражающих участков. Отражение интерпретируется как единица, «впадина» - как ноль.

Рабочая длина волны лазера - 780 нм. Диаметр компакт-диска 120 мм. Толщина диска 1,2 мм. Объем диска 680 Мб (74 мин аудио). Вес 14-33 г. Цепочка углублений (pits) расположена по спирали как в грампластинке, но в направлении от центра (фактически CD является устройством последовательного доступа с ускоренной перемоткой). Интервал между витками - 1.6 мкм, ширина пита - 0.5 мкм, глубина - 0.125 мкм (1/4 длины волны луча лазера в поликарбонате), минимальная длина - 0.83 мкм (рис. 22.1).

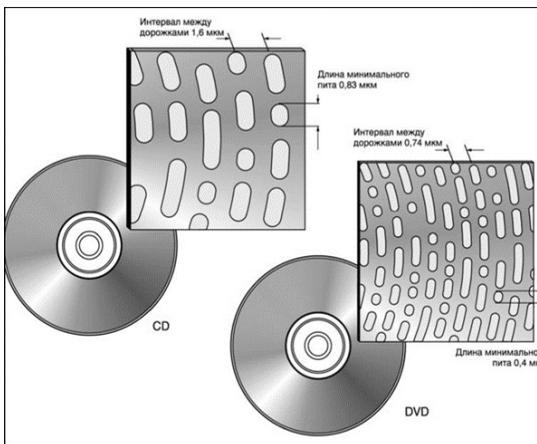


Рис. 22.1. Структура дорожек оптических дисков.

Поверхность диска разделена на области:

1. PCA (Power Calibration Area). Используется для настройки мощности лазера записывающим устройством. 100 элементов. PMA (Program Memory Area). Сюда временно записываются координаты начала и конца каждого трека при извлечении диска из записывающего устройства без закрытия сессии. 100 элементов. Вводная область (Lead-in Area) - кольцо шириной 4 мм

(диаметр 46-50 мм) ближе к центру диска (до 4500 секторов, 1 минута, 9 МВ). Состоит из 1 дорожки (Lead-in Track). Содержит ТОС (абсолютные временные адреса дорожек и начала выводной области, точность - 1 секунда).

2. Область данных (program area, user data area).

3. Выводная область (Lead-out) - кольцо 116-117 мм (6750 секторов, 1,5 минуты, 13,5 МВ). Состоит из 1 дорожки (Lead-out Track). Каждый байт данных (8 бит) кодируется 14-битным символом на носителе (кодировка EFM). Символы отделяются 3-битными промежутками, выбираемыми так, чтобы на носителе не было более 10 нулей подряд.

Из 24 байтов данных (192 бита) формируется кадр (F1-frame), 588 битов носителя, не считая промежутков.

Существует множество стандартов и форматов компакт-дисков – в зависимости от назначения и производителей:

Audio CD (CD-DA), CD-ROM (ISO 9660, mode 1 & mode 2), Mixed-mode CD, CD-ROM XA (CD-ROM eXtended Architecture, mode 2, form 1 & form 2), Video CD, CD-I (CD-Interactive), CD-I-Ready, CD-Bridge, Photo CD (single & multi-session), Karaoke CD, CD-G, CD-Extra, I-Trax, Enhanced CD (CD Plus), Multi-session CD, CD-Text, CD-WO (Write-Once).

В зависимости же от количества возможных операций записи компакт-диски разделяются на:

CD-ROM (read only memory),

CD-R (recordable), они же CD-WORM (write once read many),

CD-RW (rewritable). Соответственно, CD-ROM изготавливается на заводе, и дальнейшая запись на него невозможна; CD-R предназначен для однократной записи в домашних условиях; CD-RW допускает множество операций записи.

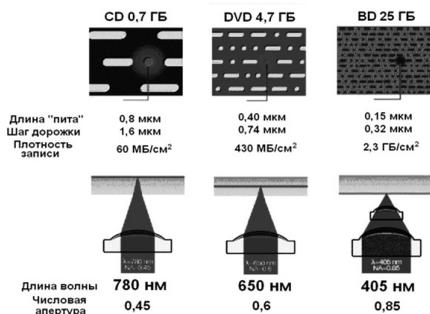


Рис.22.2. Типы оптических дисков и их основные характеристики.

### Оптические диски CD-R

По своему внутреннему строению CD-R диск напоминает слоеный пирог, "начинка" которого состоит из активного, отражающего и защитного слоев, которые последовательно наносятся на основу из поликарбоната. При этом основа CD-R диска ничем не отличается от той, что применяется в технологии изготовления компакт-дисков литьем: характеристики пластмассы должны быть таковы, чтобы луч лазера, проходящий сквозь нее, должным образом фокусировался и не вызывал разрушения диска. На основу наносится активный (или регистрирующий) слой, на котором, собственно, и происходит запись информации.

Во время записи мощный лазерный луч нагревает небольшие участки активного слоя. Под воздействием высокой температуры меняются свойства вещества регистрирующего слоя в месте нагрева, в результате он перестает пропускать свет. В других местах, которые не разогрелись лазером, свет по-прежнему беспрепятственно проходит через регистрирующий слой. В качестве материалов для регистрирующего слоя обычно используются цианин и фталоцианин. Отражающий слой - это тончайшая пластинка из золота или серебра. Причем из серебра лучше, потому что у него больший коэффициент отражения. Последний слой, защитный, наносится поверх отражающего, и служит для механической защиты CD-R диска и нанесения на него этикетки. Восстановить прозрачность веществ, используемых в качестве активного слоя в дисках CD-R, невозможно. У CD-R дисков запись основана на изменении

оптических свойств слоя под действием температуры - при нагревании слой мутнеет.

### **Оптические диски CD-RW**

Принцип записи CD-RW дисков чуть сложнее, здесь используется явление фазового перехода. Промежуточный слой специального органического материала может пребывать либо в аморфном, либо в кристаллическом виде. Прозрачность регистрирующего слоя CD-RW зависит от того, в каком состоянии это вещество находится, в аморфном или в кристаллическом.

Если нагреть регистрирующий слой до достаточно высокой температуры и затем резко охладить его, то вещество переходит в аморфную форму. Именно так происходит процесс записи. На чистом диске CD-RW регистрирующий слой находится в кристаллической форме. Мощный луч записывающего лазера разогревает участок поверхности и выключается, диск быстро остывает и в этом месте часть активного слоя переходит в аморфную форму.

Для того, чтобы вернуть вещество активного слоя в кристаллическое состояние, его опять нагревают, но до меньшей температуры (менее интенсивным лучом). И вещество возвращается в кристаллическое состояние. Такую операцию можно проводить около 1000 раз, именно столько циклов перезаписи выдерживают CD-RW диски. Еще одна особенность дисков CD-RW проявляется при чтении. Если в дисках CD и CD-R мы четко выделяли два типа участков поверхности - отражающие свет и неотражающие, то в CD-RW вся поверхность является отражающей, хотя и в разной степени.

Поэтому при чтении диска CD-RW информация считывается в тот момент, когда луч лазера попадает на участок перехода между кристаллическим и аморфным веществом. Лазер во всем этом процессе используется стандартный, с длиной волны 780 нанометров. Считывание производится тоже стандартным лазером, но разница в уровнях сигналов: для CD-RW-дисков меньше, чем для CD-ROM.

## Способы записи на CD – диски.

Процесс записи одной сессии представляет собой единую операцию, которая не может быть прервана, иначе диск будет испорчен. Для обеспечения равномерности поступления записываемой информации на лазер все приводы имеют буфер, исчерпание данных в котором (Underrun) приводит к аварийному прерыванию записи.

Различается два основных режима записи CD-R: - DAO (Disk At Once - весь диск за один прием) и TAO (Track At Once - одна дорожка (сессия) за один прием).

При записи методом TAO лазер включается в начале каждой дорожки и отключается в ее конце; в точках включения и выключения лазера формируются серии специальных кадров - run-in, run-out и link, предназначенные для связывания дорожек между собой. Стандартный промежуток содержит 150 таких кадров (2 секунды). При записи методом DAO лазер включен на протяжении записи всего диска.

В режиме TAO пишутся многосессионные диски, допускающие последующую дозапись данных; при этом для сессии записывается только зона Lead In (открытая сессия). При записи каждой последующей сессии предыдущая закрывается путем записи зоны Lead Out, за которой следует Lead In новой сессии. На эти две зоны расходуется дополнительно 13.5 Мб (6750 кадров) дискового пространства. Перед началом записи необходимо сформировать полный список входящих в сессию файлов; последующее добавление файлов на диск возможно лишь в виде дополнительных сессий.

## Blu-ray диски.

Blu-ray Disc, BD (англ. blue ray — синий луч и disc — диск; написание blu вместо blue — формат оптического носителя, используемый для записи с повышенной плотностью хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости. Стандарт Blu-ray был совместно разработан международным консорциумом Blu-ray Disc Association. Коммерческий запуск формата Blu-ray прошёл весной 2006 года.

Blu-ray (букв. «синий луч») получил своё название от использования для записи и чтения коротковолнового (405 нм) «синего» (в действительности фиолетового) лазера. Буква «е» была намеренно исключена из слова «blue», чтобы получить возможность зарегистрировать товарный знак, так как выражение «blue ray» является часто используемым и не может быть зарегистрировано как товарный знак.

С момента появления формата в 2006 году и до начала 2008 года у Blu-ray существовал серьёзный конкурент — альтернативный формат HD DVD. В течение двух лет многие крупнейшие киностудии, которые изначально поддерживали HD DVD, постепенно перешли на Blu-ray.

Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 25 Гб, двухслойный диск может вместить 50 Гб, трёхслойный диск может вместить 100 Гб, четырёхслойный диск может вместить 128 Гб. Ещё в конце 2008 года японская компания Pioneer демонстрировала 16- и 20-слойные диски на 400 и 500 Гб, способные работать с тем же самым 405-нм лазером, что и обычные BD-плееры. Компания Pioneer Electronics уже представила привод BDR-206MBK, поддерживающий трёхслойный диск 100 Гб и четырёхслойный диск 128 Гб.

5 октября 2009 года японская корпорация TDK сообщила о создании записываемого Blu-ray-диска ёмкостью 320 гигабайт.

На данный момент доступны диски BD-R (одноразовая запись), BD-RE (многократовая запись), BD-RE DL (многократовая запись) вместимостью до 50 Гб, в разработке находится формат BD-ROM. В дополнение к стандартным дискам размером 120 мм выпущены варианты дисков размером 80 мм для использования в цифровых фото- и видеокамерах вместимостью 15,6 Гб.

В технологии Blu-ray для чтения и записи используется фиолетовый лазер с длиной волны 405 нм (обычные DVD и CD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 650 нм и 780 нм, соответственно (635 нм для DVD-R for Authoring)). Такое уменьшение позволило сузить дорожку

вдвое по сравнению с DVD (до 0,32 мкм) и увеличить плотность записи данных.

Более короткая длина волны фиолетового лазера позволяет хранить больше информации на 12-сантиметровых дисках того же размера, что и у CD/DVD. Эффективный «размер пятна», на котором лазер может сфокусироваться, ограничен дифракцией и зависит от длины волны света и числовой апертуры линзы, используемой для его фокусировки. Уменьшение длины волны, использование числовой апертуры (0,85, в сравнении с 0,6 для DVD), высококачественной двух линзовой системы, а также уменьшение толщины защитного слоя в шесть раз (0,1 мм вместо 0,6 мм) предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи. Это позволило записывать информацию в меньшие точки на диске, а значит, хранить больше информации в физической области диска, а также увеличить скорость считывания до 432 Мбит/с.

## Лекция 23

### Принтеры

Принтер — периферийное устройство компьютера, предназначенное для перевода текста или графики на физический носитель, из как правило, хранящегося в электронном виде.

#### Классификация принтеров.

По принципу переноса изображения на носитель принтеры делятся на:

литерные;

матричные;

лазерные (также светодиодные принтеры);

струйные;

сублимационные;

термические.

Некоторые принтеры (в основном струйные фотопринтеры) располагают возможностью автономной (то есть без посредства компьютера) печати, обладая устройством чтения flash-карт или портом сопряжения с цифровым фотоаппаратом, что позволяет осуществлять печатать фотографий напрямую с карты памяти или фотоаппаратов.

Сетевой принтер — принтер, позволяющий принимать задания на печать от нескольких компьютеров, подключенных к локальной сети. Программное обеспечение сетевых принтеров поддерживает один или несколько специальных протоколов передачи данных, таких как IPP.

#### Матричный принтер.

В матричном принтере изображение формируется печатающей головкой, которая состоит из набора иглок (игольчатая матрица), приводимых в действие электромагнитами. Головка передвигается построчно вдоль листа, при этом иголки ударяют по бумаге через красящую ленту, формируя точечное изображение. Основными недостатками матричных принтеров являются монохромность (хотя существовали и цветные матричные принтеры, по очень

высокой цене), низкая скорость работы и высокий уровень шума, который достигает 25 дБ.

### **Струйный принтер**

Принцип действия струйных принтеров похож на матричные принтеры тем, что изображение на носителе формируется из точек. Но вместо головок с иглками в струйных принтерах используется матрица дюз (т. н. головка), печатающая жидкими красителями. Печатающая головка может быть встроена в картриджи с красителями (в основном такой подход используется на офисных принтерах компаниями Hewlett-Packard). В других моделях офисных принтеров используются сменные картриджи, печатающая головка, при замене картриджа не демонтируется.

Существуют два способа технической реализации способа распыления красителя:

Пьезоэлектрический - над дюзой расположен пьеза кристалл. Когда на пьезоэлемент подаётся электрический ток, он (в зависимости от типа печатающей головы) изгибается, удлиняется или тянет диафрагму вследствие чего создаётся локальную область повышенного давления возле дюзы — формируется капля, которая впоследствии выталкивается на материал. В некоторых головках технология позволяет изменять размер капли.

Термический - в дюзе расположен микроскопический нагревательный элемент, который при прохождении электрического тока мгновенно нагревается до температуры в несколько сотен градусов, при нагревании в чернилах образуются газовые пузырьки (англ. Bubbles — отсюда и название технологии), которые выталкивают капли жидкости из сопла на носитель.

Подача по требованию — подача красителя из сопла печатающей головки происходит только тогда, когда краситель действительно надо нанести на соответствующую соплу область запечатываемой поверхности. Именно этот способ подачи красителя и получил самое широкое распространение в современных струйных принтерах.

## Лазерный принтер

Технология — прародитель современной лазерной печати появилась в 1938 году — Честер Карлсон изобрёл способ печати, названный электрография, затем переименованный в ксерографию.

Принцип технологии заключался в следующем. По поверхности фото барабана коротроном (скоротроном) заряда (вал заряда) равномерно распределяется статический заряд, после этого светодиодным лазером (в светодиодных принтерах — светодиодной линейкой) в нужных местах этот заряд снимается — тем самым на поверхность фото барабана помещается скрытое изображение.

Далее на фото барабан наносится тонер. Тонер притягивается к разряженным участкам поверхности фото барабана, сохранившей скрытое изображение. После этого фото барабан прокатывается по бумаге, и тонер переносится на бумагу коротроном переноса (вал переноса). После этого бумага проходит через блок термозакрепления (печка) для фиксации тонера, а фото барабан очищается от остатков тонера и разряжается в узле очистки.

Все лазерные принтеры конструктивно состоят из трех основных частей (узлов):

- блока лазерного сканирования;
- узел переноса изображения;
- узел закрепления изображения.

Под узлом переноса изображения обычно понимают картридж лазерного принтера и ролик переноса заряда (Transfer roller) в самом принтере.

Для примера рассмотрим лазерный принтер HP LaserJet 1200, в его состав входят два лотка для листов бумаги;

- ролик захвата бумаги — нужен для затягивания бумаги в принтер;
- блока тормозной площадки и сепаратора, необходимого для разделения и захвата только одного листа бумаги;
- непосредственно в формировании изображения участвуют картридж принтера и блок лазерного сканирования.

Картридж для лазерных принтеров состоит из трех основных элементов:

- Фотоцилиндра,
- Вала предварительного заряда,
- Магнитного вала.



Рис. 23.1. Структура картриджа лазерного принтера.

На рис. 23.1 обозначены: 1- Фотоцилиндр; 2- Вал предварительного заряда; 3- Магнитный вал.

Фотоцилиндр или также фотобарабан, представляет собой алюминиевый вал с нанесенным на него тонким слоем фоточувствительного материала, который дополнительно покрыт защитным слоем. Раньше фотоцилиндры делали на основе селена, поэтому их еще называли селеновыми валами, сейчас их делают на основе фоточувствительных органических соединений, но их старое название по-прежнему широко используется. Основное свойство фотоцилиндра – изменять проводимость под действием света. Если фотоцилиндру придать какой либо заряд, то он будет оставаться заряженным довольно долгое время, однако если его поверхность засветить, то в местах засвети проводимость фото покрытия резко увеличивается (уменьшается сопротивление), заряд «стекает» с поверхности фотоцилиндра через проводящий внутренний слой и в этом месте появится нейтрально заряженная область. Фотоцилиндр с помощью вала предварительного заряда (PCR) получает начальный заряд (положительный или отрицательный). Сама величина заряда определяется настройками печати принтера. После того как фотоцилиндр зарядился, луч лазера проходит по поверхности вращающегося

фотоцилиндра, и места засвети фотоцилиндра становится нейтрально заряженными. Эти нейтральные области соответствуют требуемому изображению.

Блок лазерного сканирования состоит: - Полупроводникового лазера с фокусирующей линзой;  
- вращающегося зеркала на моторе;  
- группы формирующих линз;  
- зеркала.

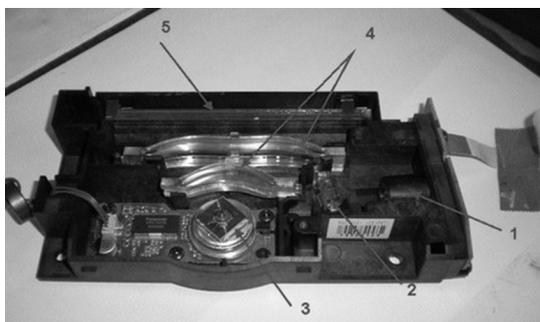


Рис. 23.2. Блок лазерного сканирования.

На рис.23.2. обозначены: 1,2 - Полупроводниковый лазер с фокусирующей линзой; 3- Вращающееся зеркало; 4- Группа формирующих линз; 5- Зеркало.

Бабабан имеет непосредственный контакт магнитным валом (Magnetic roller), который подает тонер из бункера картриджа на фотоцилиндр. Магнитный вал представляет собой пустотелый цилиндр с токопроводящим покрытием, внутрь которого вставлен стержень из постоянного магнита. Тонер находящийся в бункере, притягивается к магнитному валу под действием магнитного поля сердечника и дополнительно подаваемого заряда, величина которого также определяется установками печати принтера. Это определяет плотность будущей печати. С магнитного вала под действием электростатики тонер переносится на сформированное лазером изображение на поверхности фотоцилиндра, т. к. он

имеет начальный заряд он притягивается к нейтральным областям фотоцилиндра и отталкивается от одинаково заряженных. Это и есть нужное нам изображение. Здесь стоит отметить два основных механизма создания изображения. В большинстве принтеров (HP, Canon, Xerox) применяется тонер с положительным зарядом, остающийся только на нейтральных поверхностях фотоцилиндра, то есть лазер засвечивает только те участки, где должно быть изображение. Фото цилиндр в этом случае заряжается отрицательно.

Вторым механизмом (применяется в принтерах Epson, Kyocera, Brother) является использование отрицательно заряженного тонера, и лазер разряжает участки фотоцилиндра на которых не должно быть тонера. Фотоцилиндр изначально получает положительный заряд и тонер заряженный отрицательно, притягивается к положительно заряженным участкам фотоцилиндра. Перед контактом с фото цилиндром бумага также получает статический заряд (положительный или отрицательный), с помощью ролика переноса заряда (Transfer roller). Под действием этого статического заряда тонер во время контакта переходит с фото цилиндра на бумагу. Сразу после этого нейтрализатор статического заряда удаляет этот заряд с бумаги, что устраняет притягивание бумаги к фото цилиндру.

Тонер представляет собой мелко дисперсный порошок, состоящий из полимерных шариков покрытых слоем магнитного материала. В состав цветного тонера также входят красящие вещества. Каждая фирма в своих моделях принтеров, МФУ и копиров использует оригинальные тонера, отличающиеся дисперсностью, магнитными и физическими свойствами.

Если после прохода бумаги через блок лазерного сканирования извлечь бумагу из принтера мы увидим уже сформировавшееся изображение, которое можно легко разрушить прикосновением.

Для того что бы изображение стало долговечным его нужно зафиксировать.

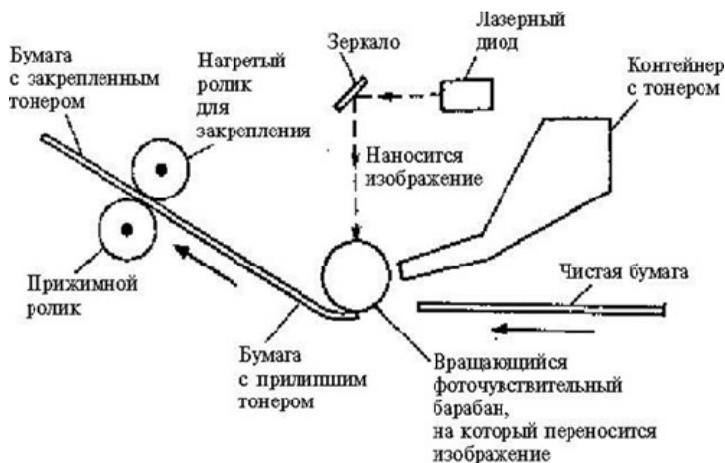


Схема работы лазерного принтера

Рис.23.3. Схема работы лазерного принтера.

Фиксация изображения происходит с помощью входящих в состав тонера добавок, имеющих определенную температуру плавления.

За фиксацию изображения отвечает третий основной элемент лазерного принтера — узел фиксации изображения или «печка». С физической точки зрения фиксация осуществляется за счет вдавливания в структуру бумаги расплавленного тонера и последующего его застывания, что придает изображению долговечность и хорошую стойкость к внешним воздействиям.

Конструктивно «печка» — может состоять из двух валов: верхнего, внутри которого находится нагревательный элемент и нижнего вала, необходимого для вдавливания расплавленного тонера в бумагу.

За температурой термопленки следит термодатчик (термистор). Проходя между термопленкой и прижимным валиком, в местах контакта с термопленкой бумага разогревается приблизительно до  $200^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре тонер расплавляется и в жидком виде вдавливается в текстуру бумаги. Что бы бумага не прилипла к термопленке на выходе из печки стоят отделители бумаги.

## Преимущества и недостатки основных типов принтеров

1. Матричные принтеры постепенно выходят из употребления, поскольку они очень медленно и шумно работают, а копии получаются низкого качества. Однако себестоимость печати одной копии на матричном принтере низкая, к тому же матричные принтеры позволяют делать до трех копий одновременно.

2. Основными преимуществами струйных принтеров являются:

- достаточно невысокая стоимость;
- возможность печати цветных изображений и сверхкачественной фотопечати;
- высокая скорость печати;
- относительно тихая работа;
- низкое потребление электроэнергии.

Также некоторые модели струйных принтеров позволяют печатать не только на бумаге, но и на пленках, компакт-дисках, тканях.

К недостаткам струйных принтеров относят:

- дороговизну расходных материалов (картриджей и специальной бумаги);
- уязвимость копий, напечатанных на нефирменной бумаге, к воздействию света и воды;
- высокую себестоимость одной копии.

3. Основные преимущества лазерных принтеров:

- высокая скорость;
- большие объемы печати;
- низкий уровень шума при работе;
- стойкость напечатанных копий к влиянию воды и света;
- низкая себестоимость одной копии.

Недостатками лазерных принтеров являются:

- высокая цена;
- значительное излучение.

## Сканеры

Сканер - устройство ввода в ЭВМ информации в виде текстов, рисунков, слайдов, фотографий на плоских носителях, а также изображения объемных объектов небольших размеров. Сканер представляет собой периферийное устройство, основным элементом которого является фотодатчик, предназначенный для фиксирования количества отраженного света в каждой области оригинала. Метод, на котором основаны современные сканеры, заключается в последовательном, точка за точкой, фиксировании изображения и преобразовании его в электрический сигнал. Этот метод использовался при передаче фотографических изображений по телеграфу еще в 1850 г. Первый черно-белый сканер был создан в 1863 г., а цветной — в 1937г. Сканирование представляет собой цифровое кодирование изображения, заключающееся в преобразовании аналогового сигнала яркости в цифровую форму. Такое получение цифрового изображения оригинала для ввода в компьютер называют оцифровкой (Digitizing). В процессе оцифровки изображение разбивается на элементарные частицы — пиксели, каждому из которых соответствует определенный код яркости и цветового оттенка.

Сканер как оптоэлектронный прибор включает следующие функциональные компоненты:

датчик, содержащий источник света,

оптическую систему,

фотоприемник,

механизм перемещения датчика (или оптической системы) относительно оригинала

электронное устройство (обеспечивает преобразование информации в цифровую форму).

В процессе сканирования оригинал освещается источником света. Светлые области оригинала отражают больше света, чем темные. Отраженный (или преломленный) свет оптической системой направляется на фотоприемник, который преобразует интенсивность принимаемого света в

соответствующее значение напряжения. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой для дальнейшей обработки в компьютере.

#### Признаки классификации сканеров.

Сканеры весьма разнообразны, и их можно классифицировать по целому ряду признаков. В основе классификации могут быть следующие признаки: способ формирования изображения (линейный, матричный); конструкция кинематического механизма (ручной, настольный, комбинированный); тип вводимого изображения (черно-белый, полутоновый, цветной); степень прозрачности оригинала (отражающий, прозрачный); аппаратный интерфейс (специализированный, стандартный); программный интерфейс (специализированный, TWAIN-совместимый).

#### Фотодатчики, применяемые в сканерах.

В современных сканерах применяют фотодатчики двух типов: фотоэлектронные умножители — ФЭУ (PMT — Photomultiplier Tube) или приборы с зарядовой связью — ПЗС (CCD — Charge—Coupled Device).

#### **Фотоэлектронный умножитель.**

Фотоэлектронный умножитель изобретен советским инженером Л.А. Кубецким в 1930 г. ФЭУ, изображенный на рис.23.4., представляет электровакуумный прибор, внутри которого расположены электроды — катод, анод и диноды.

Световой поток от объекта сканирования вызывает эмиссию электронов из катода. В соответствии с законом фотоэффекта фототок эмиссии прямо пропорционален интенсивности падающего на него светового потока. Вылетающие из катода электроны под действием разности потенциалов между катодом и ближайшим к нему электродом — динодом притягиваются к последнему и выбивают с его поверхности вторичные электроны, число которых многократно превышает первичный электронный поток с катода.

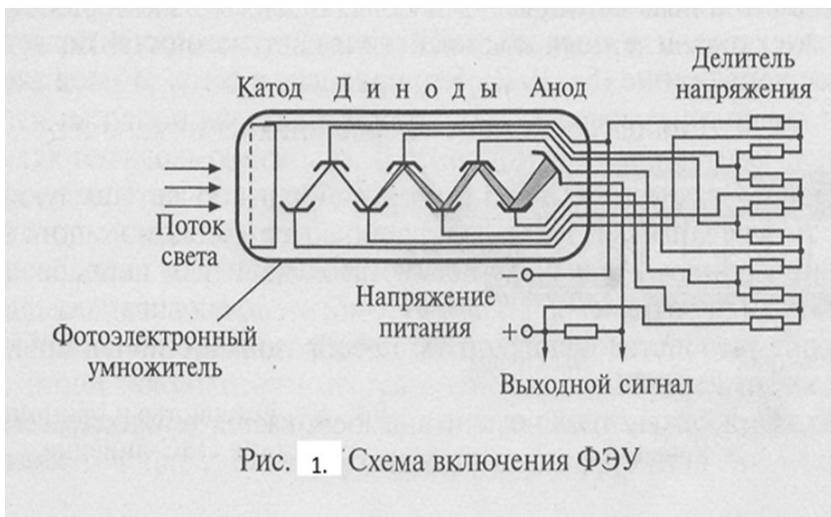


Рис.23.4. Структурная схема фотоэлектронного умножителя.

Эмиссия обеспечивается благодаря тому, что диноды выполнены из материалов, имеющих высокий коэффициент вторичной эмиссии, а между ними приложены потенциалы, обеспечивающие усиление вторичной эмиссии.

В результате через сопротивление нагрузки в анодной цепи ФЭУ протекает усиленный ток. Коэффициент усиления фототока в ФЭУ достигает 108.

Такое усиление достигается за счет подачи на ФЭУ напряжения от высоковольтного источника (в зависимости от количества динодов — от 500 до 1500 В), причем потенциалы распределяются между электродами равномерно с помощью делителя напряжения. ФЭУ обладает высокой чувствительностью (1 А/лм), а его спектральный диапазон, определяемый областью длин волн регистрируемого излучения, соответствует задачам сканирования, поскольку перекрывает видимый спектр световых волн.

### Прибор с зарядовой связью

Прибор с зарядовой связью (ПЗС) — это твердотельный электронный фотоприемник, состоящий из множества миниатюрных фоточувствительных

элементов, которые формируют электрический заряд, пропорциональный интенсивности падающего на них света, и конструктивно выполняются в виде матриц или линеек.

Работу ПЗС впервые продемонстрировали В.Бойл и Дж. Смит в 1970 г. Принцип действия ПЗС основан на зависимости проводимости p-n-перехода полупроводникового диода от его освещенности.

ПЗС представляет собой полупроводниковый кристалл (как правило, кремний), на поверхность которого нанесена прозрачная оксидная пленка, выполняющая функцию диэлектрика в микроскопических конденсаторах. Одной из обкладок такого конденсатора является поверхность самого кристалла, а другой — нанесенные на диэлектрик металлизированные электроды толщиной не более 0,6 мкм. К электродам в определенной последовательности подается низкое напряжение (5—10 В). Это приводит к тому, что под электродами образуются так называемые потенциальные ямы в виде скоплений электронов. Под воздействием света в результате внутреннего фотоэффекта появляются свободные электроны. Количество электронов, скапливающихся под чувствительной площадкой каждого электрода, пропорционально интенсивности светового потока, падающего на чувствительную площадку данного электрода. Электроны образуют зарядовый пакет. Если ПЗС выполнен в виде линейки, зарядовые пакеты передаются из одной потенциальной ямы в соседнюю, достигая последней ячейки, откуда поступают на предварительный усилитель. ПЗС-линейка может содержать до нескольких тысяч фоточувствительных ячеек. Размер элементарной ячейки ПЗС определяет разрешающую способность сканера. Область спектральной чувствительности ПЗС расположена в видимой части спектра, причем наибольшая чувствительность наблюдается ближе к красной области.

#### Типы сканеров.

В зависимости от способа перемещения фоточувствительного элемента сканера и носителя изображения относительно друг друга сканеры

подразделяются на две основных группы — настольные (Desktop) и ручные (Hand—held).

К числу настольных сканеров относятся планшетные (Flatbed), роликовые (Sheet—feed), барабанные (Drum) и проекционные (Overhead/ Camera) сканеры.

Планшетные сканеры, или сканеры плоскостного типа, используются для ввода графики и текста с носителей формата А4 или А3.

В планшетных сканерах оригинал располагается на его рабочей поверхности неподвижно.

Освещение оригинала производится стабилизированным по интенсивности источником, в качестве которого используют лампы с холодным катодом или флуоресцентные лампы. В качестве фотоприемника обычно используются ПЗС-линейки. Лампа, ПЗС и оптическая система, направляющая на ПЗС световой поток, отраженный от оригинала, находятся на одной каретке и с помощью шагового механизма перемещаются вдоль оригинала. В основном все планшетные сканеры рассчитаны на получение копии с одного оригинала, однако к некоторым моделям сканеров прилагаются дополнительные приспособления для последовательной подачи и сканирования нескольких оригиналов. К преимуществам планшетных сканеров следует отнести простоту использования, возможность сканирования как плоских оригиналов в широком диапазоне размеров, так и небольших трехмерных объектов. При необходимости сканирования оригиналов нестандартного большого формата имеется возможность сканирования по частям с последующим объединением с помощью какого-либо графического редактора.

Недостатками этого типа сканеров являются большая занимаемая площадь, сложность выравнивания оригинала с неровно размещенным на носителе изображением, невозможность сканирования прозрачных оригиналов.

Однако при этом планшетные сканеры — наиболее популярные устройства ввода текстовой и графической информации. Они обеспечивают необходимое

качество изображений, используемых как в деловой корреспонденции, так и в высокохудожественных изданиях.

### Роликовые сканеры.

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

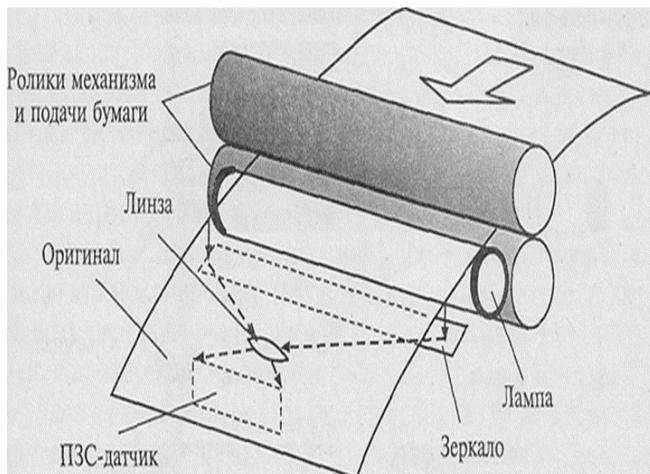


Рис. 23.5. Устройство роликового сканера.

Сканирование в роликовом сканере, как и в планшетном, производится в отраженном свете. Этот принцип заложен в конструкции многих факсимильных аппаратов. Сканеры, работающие в двух режимах — сканирования изображения и его факсимильной передачи, называют факс-сканерами (Fax Scanner).

В отдельных моделях роликовых сканеров имеется устройство для подачи листов, которое позволяет сканировать в автоматическом режиме. Большинство роликовых сканеров офисного применения предназначены для работы с оригиналами формата А4. Однако существуют широкоформатные роликовые сканеры, обеспечивающие сканирование оригиналов форматов А1

и АО. Преимущества роликовых сканеров определяются их компактностью, удобством подключения и пользования, автоматической подачей листов оригинала, удовлетворительной скоростью сканирования и низкой стоимостью.

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

### Барабанные сканеры.

Барабанные сканеры позволяют получать изображения прозрачных или отражающих оригиналов с высокой степенью де-тализации. Механизм работы барабанного сканера представлен на рис.23.6.

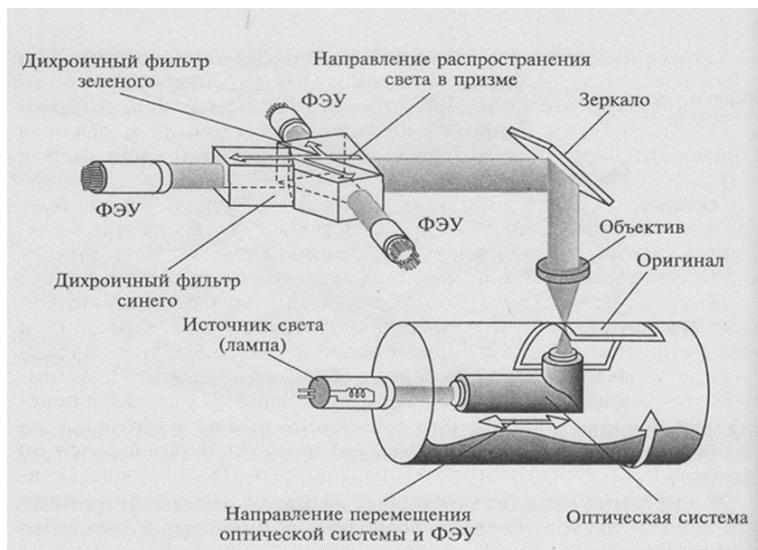


Рис. 23.6. Устройство барабанного сканера.

Прозрачный оригинал в барабанных сканерах закрепляется с помощью специальной ленты или масла на поверхности прозрачного цилиндра из органического стекла (барабана), который для обеспечения устойчивости укреплен на массивном основании. При вращении барабана с большой

скоростью (от 300 до 1350 об/мин) фотоприемник считывает изображение с высокой точностью. В большинстве барабанных сканеров в качестве фотоприемника используется ФЭУ, который перемещается с помощью винтовой пары вдоль барабана. Для освещения оригинала применяется мощный стабилизированный по интенсивности излучения ксеноновый или галогенный источник света. При сканировании отражающих оригиналов применяется источник света, расположенный вне барабана рядом с приемником излучения.

За счет высокой скорости вращения барабана имеется возможность фокусировать на оригинале достаточно мощный поток света без риска повреждения оригинала. В связи с этим отличительной особенностью барабанных сканеров является возможность сканировать с высоким разрешением оригиналы, имеющие высокую оптическую плотность (печатные издания, художественные работы, слайды, диапозитивы, негативные пленки), как в отраженном, так и в проходящем свете. Сканеры, в которых реализована эта технология, выгодно отличаются от сканеров с ФЭУ, поскольку исключается необходимость решать проблему стабилизации конструктивных элементов, обусловленную высокой скоростью вращения барабана. Для гашения возникающих при этом вибраций применяются специальные амортизаторы, увеличивающие массу сканера до 250 кг и более. Барабанные сканеры позволяют сканировать прозрачные или отражающие оригиналы типа высокохудожественных работ в полиграфии и картографии. При этом автоматическая корректировка освещенности, настройка фокусного расстояния и высокая производительность достигаются за счет обработки изображения встроенным компьютером. Значительные габариты, необходимость предварительной подготовки обслуживающего персонала и высокая стоимость барабанных сканеров обуславливают ограничение их области применения профессиональной полиграфией и картографией.

## Проекционные сканеры

Проекционные сканеры работают по принципу фотографической камеры и конструктивно напоминают фотоувеличитель.

Оригинал располагается на подставке под сканирующей головкой изображением вверх. Сканирующая головка, содержащая ПЗС-датчик и перемещающий его в фокальной плоскости линзы двигатель, закрепляется на вертикальном штативе и может перемещаться по стойке или по вертикальным направляющим. Оригинал располагается на подставке под сканирующей головкой изображением вверх. Сканирующая головка, содержащая ПЗС-датчик и перемещающий его в фокальной плоскости линзы двигатель, закрепляется на вертикальном штативе и может перемещаться по стойке или по вертикальным направляющим. Перед началом сканирования камеру устанавливают в положение, соответствующее требуемому разрешению и размеру изображения. Точная настройка (фокусировка), определяющая разрешение сканирования, осуществляется специальной редуцирующей линзой. Обычно в проекционных сканерах внутренний источник освещения не используется. Освещение оригинала производится за счет естественного комнатного света. В некоторых моделях проекционных сканеров свет через линзу освещает оригинал, а отраженный свет фиксируется ПЗС-матрицей. Такая конструкция сканера позволяет избежать влияния внешних засветок и получить высокое качество сканированных изображений. Особенностью проекционных сканеров является возможность сканирования трехмерных объектов. При этом конструкция сканеров обеспечивает переменное разрешение сканирования: небольшие объекты можно сканировать с высоким разрешением; большие нестандартные объекты, изображения которых нельзя ввести с помощью других сканеров, также могут быть сканированы, хотя и с низким разрешением. Простота конструкции и удобство применения, невысокая стоимость и возможность комбинирования при сканировании плоских и небольших трехмерных объектов обуславливают достаточно широкое применение проекционных сканеров как средств ввода информации.

## Многофункциональные сканеры

Многофункциональные сканеры — это комбинированные устройства, сочетающие в себе возможности сканеров различных типов, а также других технических средств информатизации, служащих для решения таких задач, как оптическое распознавание символов, архивирование, электронная почта и факсимильная связь. В комбинированных устройствах all-in-one в одном корпусе обычно объединены роликовый сканер, лазерный или струйный принтер, факс-модем. Эти устройства можно использовать в качестве факсимильного аппарата, принтера, сканера, копировального аппарата и внешнего модема для доступа к сети по линиям телефонной связи.

Такое интегрирование является оптимальным решением для SOHO {Small Office/Home Office — небольшой офис/домашний офис), поскольку позволяет освободить площадь и сэкономить на приобретении компонентов в комплексе, кото-рые по отдельности стоят дороже. Основные недостатки таких комбинированных систем — невысокое качество и сравнительно высокая стоимость копирования страницы. Прозрачные и отражающие оригиналы располагаются в разных плоскостях, освещаются разными источниками, но регистрация производится одним и тем же приемником изображения.

### Аппаратный и программный интерфейс сканеров

Сканеры с интерфейсом SCSI требуют установки в компьютер дополнительной платы SCSI-адаптера, которая поставляется в комплекте со сканером. Преимуществом интерфейса SCSI является обеспечение высокой скорости сканирования.

К компьютерам, оснащенным USB-портом, лучше подключать сканер с USB-интерфейсом. Скорость при этом несколько уступает интерфейсу SCSI, однако простота подключения сканера искупает этот недостаток. Сканеры с интерфейсом параллельного порта подключаются к уже имеющемуся параллельному порту. Пропускная способность параллельного порта

значительно меньше по сравнению с интерфейсом SCSI. Однако при этом нет необходимости устанавливать дополнительную плату.

В комплект поставки сканера входит специальная программа — драйвер, предназначенная для управления процедурой сканирования и настройки основных параметров сканера.

#### Характеристики сканеров

Разрешающая способность определяется плотностью расположения распознаваемых точек и выражается в точках на дюйм (dpi — dot per inch). Сканеры имеют два параметра разрешающей способности: оптическое разрешение и программное. Оптическое разрешение — показатель первичного сканирования. Программными методами можно в дальнейшем повысить разрешение. Например, оптическое разрешение может быть 300×600 dpi, а программное — до 4800×4800 dpi. Оптическое разрешение имеет более важное значение для пользователя. Оптическое разрешение зависит от размера элемента ПЗС-датчика и характеризует плотность, с которой производится выборка информации в заданной области оригинала.

Разрешение сканера имеет два показателя: по горизонтали и вертикали. Например, 600 x 300; 600 x 600; 800 x 800. Однако чаще всего употребляют первое значение: 600, 800 dpi.

Область сканирования — максимальный размер оригинала для данного сканера.

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

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

Разрядность сканера измеряется в битах и определяет то количество информации, которое необходимо для оцифровки каждой точки изображения, а также количество цветов, которое способен распознать сканер.

24 бит соответствуют 16,7 миллионам цветов, а 30 бит — миллиарду. Несмотря на то что человеческий глаз уже не в состоянии отличить 16-битный

цвет от 24-битного, в новейших моделях сканеров заявлена 48-битная разрядность.

Совокупность характеристик модели сканера определяет его принадлежность к одному из трех классов, на которые условие можно подразделить все модели сканеров.

Сканеры простых моделей используются для подготовки деловой документации, создания прайс-листов и рекламных объявлений, а также для подготовки электронных публикаций (Web-страниц, графических баз данных). Обычно такие сканеры обеспечивают оптическое разрешение в диапазоне 300 — 600 dpi, передают 256 оттенков серого цвета для полутоновых изображений. Сканеры промежуточного класса планшетного типа обладают оптическим разрешением 600— 1800 dpi, высоким динамическим диапазоном, имеют возможность работы с прозрачными оригиналами и применяются в издательской деятельности. Сканеры высокого класса обеспечивают разрешение свыше 4000 dpi, используются при необходимости оцифровки большого объема информации с высоким качеством и производительностью.

Лидером на российском рынке сканеров является Hewlett-Packard, однако недорогие модели Mustek Paragon, KYE также пользуются спросом. Для профессионального применения используют сканеры UMAX или Agfa.

## Лекция 24

### Микроконтроллеры

Микроконтроллером называют однокристальную ЭВМ, имеющую в составе и интерфейсные модули подключения. Микроконтроллеры, имеют в своём составе все устройства, присущие микро ЭВМ, - процессор, постоянную и оперативную память, порты ввода-вывода, последовательные каналы ввода-вывода. Наряду с 8-разрядными микроконтроллерами появились 16-разрядные, а затем и 32 – разрядные. Типовая архитектура микроконтроллера представлена на рис. 24.1.

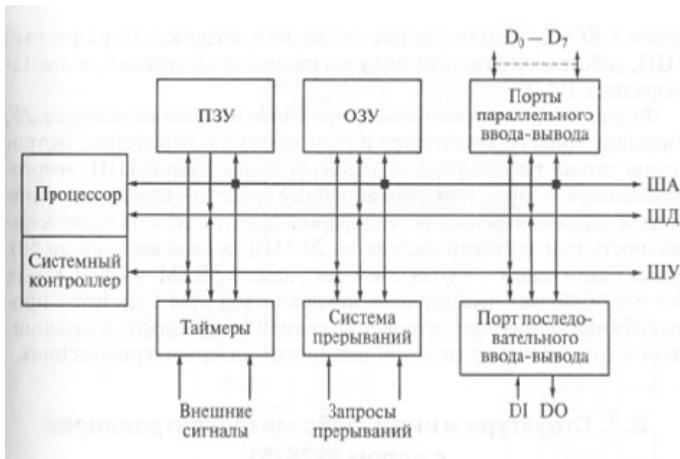


Рис. 24.1. Типовая структура микроконтроллера.

Наиболее известным семейством считается семейство MCS-51.

Микроконтроллеры с архитектурой MCS-51 выпускают известные в мире фирмы Philips, Siemens, Atmel, Dallas, Winbond и др.

Базовая архитектура MCS-51 предусматривает:

- разделённую память программ и память данных (гарвардская архитектура), память программ имеет объём 4 Кбайта, память данных – 128 байт;
- возможность расширения памяти программ и данных до 64 кбайт;
- АЛУ аккумуляторного типа;

- наличие блока регистров специальных функций, включающего в себя четыре восьмиразрядных порта ввода-вывода с альтернативными функциями, один последовательный дуплексный канал ввода-вывода, два 16-разрядных таймера, двухуровневую систему прерываний.

В архитектуре микроконтроллеров выделяются две части внутренней архитектуры рис. 24.

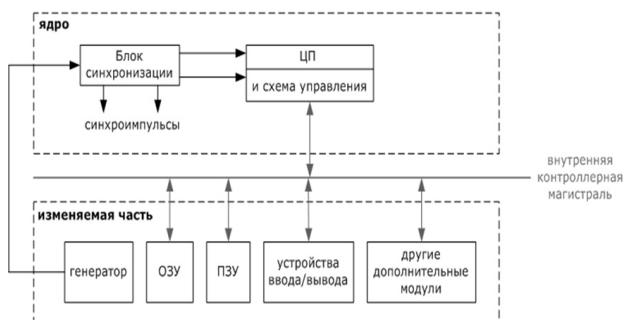


Рис. 24. Две части внутренней архитектуры микроконтроллеров.

Совершенствование микроконтроллеров шло по пути понижения потребляющей мощности, увеличенной памятью программ и данных, сторожевого таймера, встроенных аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

Фирма Zilog выпускает семейство микроконтроллеров Z8, имеющих простую архитектуру и разнообразную периферию, в том числе коммуникационные средства. Всё это позволяет использовать микроконтроллеры в системах промышленной автоматики, устройствах связи и безопасности, в медицинском и торговом оборудовании, во многих интернет-приложениях.

Рассмотрим пример структуры и интерфейса микроконтроллеров с ядром MCS-51 (AT89C51) рис. 24.2.

Микроконтроллер состоит из следующих устройств и блоков:

- блок АЛУ;

- перепрограммируемая флэш-память программ;
- оперативная память данных (RAM);
- блок синхронизации и управления БСУ;
- четыре восьмиразрядных порта ввода-вывода: P0, P1, P2 и P3 с альтернативными функциями;
- регистры специальных функций SFR.

Все устройства объединяет восьмиразрядная внутренняя шина. Внешний интерфейс представляют 32 разрядные линии портов ввода-вывода, выходы тактового генератора XTAL1, XTAL2; вход сброса RST; выходные сигналы стробирования адреса ALE при работе с внешней памятью и обращения к памяти программ PSEN, сигнал отключения резидентной (внутренней) памяти программ EA.

Классификация портов по функциональным возможностям:

- 1) однонаправленные – самая простая архитектура;
- 2) двунаправленные – одна и та же линия порта может и на ввод, и на вывод;
- 3) мультиплексированные – для реализации альтернативных функций. В нашем примере это А и С;
- 4) порты с логикой управления входного и выходного уровняя.

Типы обменов в портах ввода-вывода микроконтроллеров:

- синхронный;
- асинхронный – обмен при опросе готовности устройства;
- по прерыванию – когда обмен идёт по запросу от внешнего устройства.

Выбор режима выбирается программным путём, и с помощью командного уровня возможно управлять портами. Квазимультиплексирование портов происходит переключением внутри МК. Квазидвунаправленные порты настраиваются на направление ввода.

Различают три алгоритма обмена через порты:

- простой программный ввод/вывод – задаётся только направление;
- ввод/вывод со стробированием – вводится дополнительный сигнал синхроимпульса;

- ввод/вывод с полным набором сигналов подтверждения обмена.

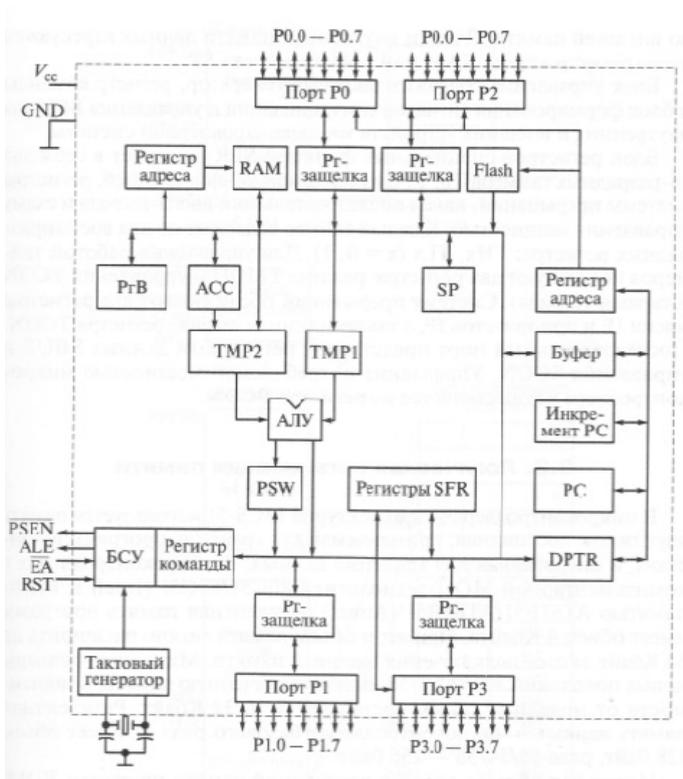


Рис. 24.2 Структура микроконтроллера с ядром MSC-51/

Дополнительная группа внешних сигналов управления содержит сигналы, передаваемые через порт P3 такие как входные сигналы таймеров T0 и T1, сигналы внешних прерываний и др.

Блок АЛУ представляет собой устройство аккумуляторного типа. В него входят регистр-аккумулятор ACC, регистр расширения PrB, два программно-недоступных регистра временного хранения TMP1 и TMP2, двоично-десятичный корректор, регистр слова состояния программы PSW. Наличие в АЛУ аппаратных средств умножения и деления позволяет выполнять умножение и деление восьмиразрядных целых чисел.

Флэш-память, применяемую в микроконтроллерах, можно неоднократно перепрограммировать, число циклов перепрограммирования достигает 10000.

Адресация ячеек памяти осуществляется через программный счётчик PC и 16-разрядный регистр-указатель DPTR. Ячейки внутренней памяти данных адресуются через регистр адреса RAM или указатель стека SP.

Блок управления содержит тактовый генератор, регистр команды и блок формирования сигналов синхронизации и управления БСУ для внутренних и внешних устройств микроконтроллерной системы. Блок регистров специальных функций SFR включает в себя два 16-разрядных таймера T0, T1, регистры системных прерываний, канал последовательного ввода-вывода и схему управления мощностью. Последовательный порт представлен регистрами данных SBUF и управления SCON. Управление потребляемой мощностью осуществляется из регистра PCON.

#### Порты ввода вывода микроконтроллеров

Параллельные порты типовых микроконтроллеров имеют различия и обладают специфической структурой.

Порты помимо основных функций ввода-вывода наделяются дополнительными функциями. Рассмотрим примеры функциональных особенностей портов на примере портов микроконтроллеров семейства MCS-51.

Порт P0 при работе с внешней памятью работает в мультиплексном режиме.

Сначала передаётся младший байт адреса ячейки памяти, а затем на приём или передачу байт данных. Старший байт адреса выводится через порт P2. При программировании памяти программ через порт P0 пересылаются данные. Порт P1 при программировании и чтении внутренней памяти программ служит для передачи младшего байта адреса, порт P2 для передачи старшего байта адреса.

Порт P3 используется для приёма внешних запросов прерываний, выдачи сигналов чтения и записи внешней памяти данных, канала последовательного ввода-вывода и таймеров.

Каждый разряд порта имеет в своём составе D-триггер, выходной драйвер и входные буферы. Порт P0 является мультиплексируемым и двунаправленным. Наиболее распространен асинхронный способ обмена данными с внешними устройствами через порты микроконтроллеров. Есть несколько разновидностей алгоритмов такого обмена.

1. Обмен с опросом состояния внешнего устройства. При этом способе микроконтроллер считывает из контроллера адресованного внешнего устройства слово состояния. Если бит готовности в слово состояния устройства указывает на готовность обмена, микроконтроллер запускает операцию обмена данными. При вводе данных МК посылает внешнему устройству сигнал чтения по линии управления, разрешающий передачу данных, получив который внешнее устройство возвращает байт данных на шину данных, принимаемый микроконтроллером. При выводе данных МК выводит в порт данные и посылает управляющий сигнал записи (строб данных) по линии управления, по которому осуществляется фиксация данных во внешнем устройстве.

2. Способ с использованием квитирующих сигналов. При этом способе одно из устройств является ведущим (инициатор обмена), другое ведомым. Квитирующими называются сигналы, получаемые от ведомого устройства, используемые для подтверждения действия, инициируемого ведущим устройством.

Инициатором обмена могут выступать как внешнее устройство, так и микроконтроллер.

В первом варианте, прежде чем начать обмен, МК прерывает выполняемую программу при поступлении сигнала запроса от ВУ, затем выставляет сигнал готовности к обмену, принимает или передаёт данные, снимает сигнал готовности, ожидает снятия запроса от ВУ, после чего продолжает работу.

Во втором варианте каждая операция начинается с выдачи МК сигнала запроса к ВУ. Обмен осуществляется после приёма от ВУ сигнала подтверждения готовности, при поступлении которого МК производит ввод или вывод

данных, снимает запрос, ожидает снятия сигнала подтверждения со стороны ВУ и затем продолжает работу.

## **Глоссарий. Список сокращений и обозначений**

АВС – ассоциативная вычислительная система

АЗУ – ассоциативное запоминающее устройство

АЛУ – арифметико–логическое устройство

АП – ассоциативный процессор

АСОИУ – автоматизированные системы обработки информации управления

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь

БИС – большая интегральная схема

БФ – булева функция

БФУС – блок формирования управляющих сигналов

ВС – вычислительные средства

ДНФ – дизъюнктивно нормальная форма

ЗУ – запоминающее устройство

ЗУМК – запоминающее устройство микрокоманд

ЗЭ – запоминающий элемент

ИС – интегральная схема

КНФ – конъюнктивно – нормальная форма

КОП – код операции

КП – кэш - память

КС – комбинационная схема

ЛЗС – линия записи - считывания

МДП – металл – диэлектрик – полупроводник

МКМД - множественный поток команд множественный поток данных

МКОД - множественный поток команд одиночный поток данных

МН – магнитный носитель

МО - микрооперация

МОП – металл – окисел – полупроводник

МП – микропрограмма

МФУ – многофункциональное устройство

НЖМД – накопитель на жёстком магнитном диске

ОА – операционный автомат  
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство  
ОКМД - одиночный поток команд множественный поток данных  
ОКОД - одиночный поток команд одиночный поток данных  
ОП – оперативная память  
ОУ – операционное устройство  
ПАВ – поверхностно активная волна  
ПЗС – прибор с зарядовой связью  
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство  
ПЛМ – программируемая логическая матрица  
ППУ – принцип программного управления  
ПЭ – процессорный элемент  
ПЭП – пьеза электрический преобразователь  
РОН – регистр общего назначения  
СДФ – совершенная дизъюнктивно – нормальная форма  
СКНФ – совершенная конъюнктивно – нормальная форма  
ТЭЗ – типовой элемент замены  
УА – управляющий автомат  
УБ – управляющий блок  
УУ – устройство управления  
ФМП – функциональная микропрограмма  
ФЭУ – фотоэлектронный умножитель  
ЦА – цифровой автомат  
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь  
ЦВТ – цифровая вычислительная техника  
ЦП – центральный процессор  
ЭДС – электродвижущая сила  
ЯФМП – язык формализованного микропрограммирования  
FIFO – первым пришёл, первым обслужился

## Литература

1. Максимов Н.В., Попов И.И., Партыка Т.П. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем. Издательство Форум, Инфра-М, 2016, 512 с.
2. Майоров С.А., Новиков Г.И., Структура электронных вычислительных машин. Л.: Машиностроение, 1979. 384 с.
3. Новожилов, О.П. Архитектура ЭВМ и систем. В 2 частях. Ч. 1: учебное пособие для вузов / О.П. Новожилов. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 276 с. –(Высшее образование).
4. Новожилов, О.П. Архитектура ЭВМ и систем. В 2 частях. Ч. 2: учебное пособие для вузов / О.П. Новожилов. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 246 с. –(Высшее образование).
5. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2015. -688 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов»).
6. Сенкевич А.В. Архитектура ЭВМ и вычислительные системы. Издательство Academia, 2014, 240 с.
7. Таненбаум Э. Архитектура компьютера, 5-е изд. СПб.: Питер, 2007, 843 с.
8. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 512 с.

## Приложение

Перечень контрольных вопросов по лекциям модуля 2.

1. Какой формат команд характерен используется стековыми процессорами?
2. Сформулируйте отличие в понятиях «скалярный процессор» и «суперскалярный процессор».
3. Сформулируйте различие в типах команд двух разновидностей ЦП с CISC и RISC архитектурой.
4. В каких случаях производится изменение порядка выполнения команд блоком диспетчеризации и переупорядочивания?
5. Различие в структуре данных с которыми оперирует исполнительный блок FPU и блок SSE.
6. Какой тип конфликта на конвейере требует вероятностную оценку предыдущих аналогичных команд?
7. Сформулируйте назначение регистра слово состояния процессора.
8. К какому типу памяти относятся регистры?
9. Какими размерами данных обмениваются кэш-память с оперативной памятью?
10. Перечислите известные вам стратегии замещения содержимого кэш-памяти?
11. На каком эффекте в полевом транзисторе основано хранение 1 бита в перепрограммируемом ПЗУ?
12. Какую функцию выполняют электронные схемы буферов с тремя состояниями при обмене данных через двунаправленную шину?
13. На каком принципе основано хранение 1 бита информации в оперативном динамическом оперативном запоминающем устройстве?
14. К какому типу устройств относятся «северный» и «южный» мост на материнской плате?

15. К какому типу передачи данных относится USB-интерфейс: последовательному или параллельному?
16. Какую роль в панели жидкокристаллического монитора играет изменение положения жидкого кристалла в пространстве?
17. Перечислите известные вам типы конструкций сенсорных экранов.
18. Какой тип магнитной записи продольный и перпендикулярный обеспечивает более высокую плотность записи?
20. В каком из перечисленных методов магнитной записи требуется дополнительная синхронизация: потенциальном или импульсном?
21. Из каких двух показателей определяется быстродействие накопителя жёсткого магнитного диска?
22. Используемый в RAID-массивах код Хемминга позволяет ли восстановить утраченный элемент структуры данных из-за сбоя одного из дисков?
23. За счёт изменения каких параметров удаётся увеличить плотность записи на оптических дисках?
24. Какую роль играет нить коротрона в лазерном принтере?
25. На каком принципе работает узел закрепления изображения в лазерном принтере?
26. На каком принципе работает прибор с зарядовой связью в настольных сканерах?
27. Поясните отличие мультиплексированного типа порта в микроконтроллерах от других типов портов.

## Уважаемые читатели!



**Старейшее российское  
издательство «Спутник+»  
(работает с 1999 года)  
предлагает:**

- 📖 **ИЗДАНИЕ И ПЕЧАТЬ КНИГ** любыми тиражами (от 50 экз.) и любой тематики.
  - ✓ Срок – от 3-х дней в полноцветной и простой обложке или твердом переплете.
  - ✓ Присвоение ISBN, рассылка по библиотекам и регистрация в Книжной палате.
  - ✓ Реализация книжной продукции.
- 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ** для защиты диссертаций в журналах по гуманитарным, естественным и техническим наукам.
  - ✓ Журнал «Естественные и технические науки» входит в перечень ВАК.
  - ✓ Включение в РИНЦ и присвоение DOI
- 📖 **ПУБЛИКАЦИЯ СТИХОВ И ПРОЗЫ** в журналах «Российская литература», «Литературный альманах «Спутник» и «Литературная столица».
- 📖 **НАБОР, ВЕРСТКА, КОРРЕКТУРА И РЕДАКТУРА ТЕКСТОВ, ДИЗАЙН.**

*Наш адрес: Москва, 109052, Смирновская улица, д. 4, стр. 2  
тел. (495) 730-47-74, 778-45-60, 730-48-71 с 9 до 18 (обед с 14 до 15)  
<http://www.sputnikplus.ru> e-mail: [print@sputnikplus.ru](mailto:print@sputnikplus.ru)*

*Учебное издание*

Спиридонов Сергей Борисович

### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ**

Краткий курс лекций

*Учебно-методическое пособие*

Часть 2

Издательство «Спутник +»

109052, Москва, Смирновская улица, д. 4, стр. 2.

Тел.: (495) 730-47-74, 778-45-60 (с 9.00 до 18.00)

<http://www.sputnikplus.ru> E-mail: [print@sputnikplus.ru](mailto:print@sputnikplus.ru)

Подписано в печать 27.04.2024. Формат 60×90/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10. Тираж 80 экз. Заказ 87.

Отпечатано в ООО «Издательство «Спутник +»