

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**С.Г. Пачкин**

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СИСТЕМЫ И СЕТИ**

**Часть 1**

Учебное пособие

Для студентов вузов

Кемерово 2009

**УДК 004.9(075)**

**ББК 32.97я7**

**П 21**

Рецензенты:

**В.Я. Карташов**, докт. техн. наук, профессор;  
**А.М. Долгов**, Руководитель отдела АСУ ООО "Русский мед-  
 ведь. Радиокоммуникации"

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
 кемеровского технологического института  
 пищевой промышленности*

Пачкин, С.Г.

П21 Вычислительные машины, системы и сети: учеб. пособие.  
 Ч. 1 / С.Г.Пачкин; Кемеровский технологический институт  
 пищевой промышленности. – Кемерово, 2009. – 199 с.  
 ISBN

Описываются принципы построения, архитектура, функциональная и структурная организация, основные устройства и звенья вычислительных машин. Подробно рассмотрены основные элементы персонального компьютера.

Предназначена для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» очной и заочной формы обучения и специальности «Управление качеством»

**УДК 004.9(075)**

**ББК 32.97я7**

ISBN

© С.Г.Пачкин, 2009

© КемТИПП, 2009

## Оглавление

|                                                        |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| <b>Введение .....</b>                                  |          |
| <b>1 ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О</b>                         |          |
| <b>    ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ .....</b>                | <b>7</b> |
| <b>1.1 История развития вычислительных машин .....</b> | <b>7</b> |
| <b>1.2 Классификация электронно-вычислительных</b>     |          |
| <b>машин .....</b>                                     |          |
| 1.2.1 Классификация ЭВМ по поколения .....             |          |
| 1.2.2 Классификация ЭВМ по областям применения .....   |          |
| 1.2.3 Классификация по размерам и вычислительной       |          |
| мощности .....                                         |          |
| 1.2.4 Классификация ЭВМ по назначению .....            |          |
| 1.2.5 Классификация ЭВМ по роли в вычислительной       |          |
| сети .....                                             |          |
| <b>1.3 Информационно-логические основы построения</b>  |          |
| <b>ЭВМ .....</b>                                       |          |
| 1.3.1 Информация и системы счисления .....             |          |
| 1.3.2 Элементы алгебры логики .....                    |          |
| 1.3.3 Элементная база ЭВМ .....                        |          |
| 1.3.4 Способы передачи информации в ЭВМ .....          |          |
| 1.3.5 Представление (кодирование) информации в ЭВМ     |          |
| <b>1.4 Программно-технические принципы построения</b>  |          |
| <b>ЭВМ .....</b>                                       |          |
| 1.4.1 Принцип программного управления (Принцип         |          |
| Джон фон Неймана) .....                                |          |
| 1.4.2 Развитие структурной схемы ЭВМ по                |          |
| поколениям .....                                       |          |
| 1.4.3 Элементы структуры современных ЭВМ .....         |          |
| 1.4.4 Многоуровневая организация вычислительных        |          |
| процессов .....                                        |          |
| <b>1.5 Интерфейсы ЭВМ .....</b>                        |          |
| 1.5.1 Классификация интерфейсов .....                  |          |
| 1.5.2 Шина, назначение и характеристика .....          |          |
| 1.5.3 Структура системной шины и последовательность    |          |
| её работы .....                                        |          |

|                                                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------|--|
| <b>2 ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ .....</b>                                |  |
| <b>2.1 Функциональная и структурная организация ПК ..</b>             |  |
| 2.1.1 Общая структура персонального компьютера .....                  |  |
| 2.1.2 Функциональные характеристики ПК .....                          |  |
| 2.1.3 Элементы конструкции ПК .....                                   |  |
| <b>2.2 Системные платы .....</b>                                      |  |
| 2.2.1 Развитие системных плат .....                                   |  |
| 2.2.2 Основные параметры системных плат .....                         |  |
| 2.2.3 Чипсет. Назначение, структура и разновидности ...               |  |
| <b>2.3 Интерфейсы системной платы .....</b>                           |  |
| 2.3.1 Шины расширения .....                                           |  |
| 2.3.2 Локальные шины .....                                            |  |
| 2.3.3 Последовательные шины ввода/вывода .....                        |  |
| 2.3.4 Периферийные шины .....                                         |  |
| <b>2.4 Микропроцессоры .....</b>                                      |  |
| 2.4.1 Основные параметры микропроцессоров .....                       |  |
| 2.4.2 Основные типы микропроцессоров .....                            |  |
| 2.4.3 Функциональная структура микропроцессора .....                  |  |
| 2.4.4 Архитектурные особенности современных<br>микропроцессоров ..... |  |
| 2.4.5 Архитектура процессора Pentium 4 .....                          |  |
| 2.4.6 Проблемы развития элементной базы .....                         |  |
| <b>2.5 Запоминающие устройства ПК .....</b>                           |  |
| 2.5.1 Основная память .....                                           |  |
| 2.5.2 Назначение и классификация внешней памяти .....                 |  |
| 2.5.3 Физическая структура дисков .....                               |  |
| 2.5.3 Логическая структура носителей информации .....                 |  |
| 2.5.4 Организация файловой системы .....                              |  |
| <b>Заключение .....</b>                                               |  |
| <b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>                          |  |

## **Введение**

Современные вычислительные машины (ВМ) и системы (ВС) являются одним из самых значительных достижений научной и инженерной мысли, влияние которого на прогресс во всех областях человеческой неоспоримо. С развитием вычислительной техники расширяется сфера ее использования и в настоящее время трудно представить хотя бы одну область деятельности без вычислительной техники. Хотя и остаётся на устах людей старое привычное понятие «вычислительная» машина, но в современных ЭВМ доля вычислений неуклонно падает, так как на первое место выходят действия по обработки информации. Поэтому отдельно взятый компьютер представляет не такое значение как раньше, а на первое место выходит другое понятие, информационно вычислительная сеть.

В первой части рассмотрены классические и устоявшиеся принципы построения и архитектурные особенности ЭВМ. В частности отдельное внимание уделено построению и структурным особенностям персональных компьютеров (ПК), которые получили самое большое распространение.

Во второй части будет рассмотрены принципы организации вычислительных систем и информационно-вычислительных сетей.

# 1 ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

## 1.1 История развития вычислительных машин

История развития вычислительных машин тесным образом связана с попытками облегчить и автоматизировать большие объемы вычислений. Даже простые арифметические операции с большими числами затруднительны для человеческого мозга. Поэтому уже в древности появилось простейшее счетное устройство — абак. В семнадцатом веке была изобретена логарифмическая линейка, облегчающая сложные математические расчеты. В 1642 Блез Паскаль сконструировал восьмиразрядный суммирующий механизм. Два столетия спустя в 1820 француз Шарль де Кольмар создал арифмометр, способный производить умножение и деление. Этот прибор прочно занял свое место на бухгалтерских столах.

Более подробно стоит остановиться на этапах предшествовавших появлению персонального компьютера. И начать стоит с 30-годов 19-го века, когда Чарльз Бэббидж сформулировал все основные идеи, положенные в основу работы вычислительной машины.

Первые машины работали на пару и движущей энергией являлся пар. Поэтому их называли — механическими вычислительными машинами.

### Этап 1 - Механические вычислительные машины

1824 г Профессор Кэмбриджского университета Чарльз Бэббидж (Charles Babbage) изготовил действующую модель машины, которая позволяла с точностью до восьми знаков вычислять значения полиномов с помощью метода разностей. В отличие от всех счетных устройств, разработанных ранее (Паскалем, Лейбницем и др.), в машине Бэббиджа не требовалось вмешательство человека при переходе к расчету следующего значения функции.

Машина Бэббиджа работала от пара и была полностью автоматической. В ее функции входило печатание результирующих таблиц

1884 г. Немецкий эмигрант Герман Холлерит (German Hollerith) запатентовал электромеханическую машину для вычисления (получившую название *счетно-аналитической*), использующую для ввода данных перфокарты. Данная машина задумывалась Г. Холлеритом как Census Machine (машина для переписи). Она по праву считается **первой статистической** машиной.

Основная идея Холлерита состояла в том, чтобы представлять подлежащие обработке данные в виде отверстий в фиксированных местах перфокарты. Отверстия пробивались вручную на специальной **перфораторе**.

Управление механическими счетчиками и сортировкой осуществлялось электрическими импульсами, возникающими при замыкании электрической цепи при наличии отверстия в перфокарте. В 1896 г. при очередной переписи населения в США была использована машина Г. Холлерита (Charles Flint)

1911 г. Американский монополист Чарльз Флинт, получивший от современников титул "отец трестов", купил компанию Г. Холлерита и объединил ее с двумя своими компаниями (одна производила часы, другая — пишущие машинки). 15 июня 1911 г. в Нью-Йорке была зарегистрирована новая корпорация, получившая название Computing Tabulating Recording (CTR), которая в 1924 г. была переименована в IBM

## Этап 2 – Электромеханические вычислительные машины (компьютеры на реле и электронных лампах)

1938 г. Немецкий инженер Конрад Зусе (Konrad Zuse) закончил изготовление макета механической программируемой цифровой машины Versuchsmo­dell-1 (V-1) (поскольку данная аббревиатура совпала с названием немецких ракет VI, и тогда он переименовал свое творение в Z-1). Компьютер Z-1 имел клавиатуру для ввода условий задачи. Результаты расчетов показывались с помощью электрических ламп. Z-1 занимала площадь около 4 м<sup>2</sup>.

К. Зусе впервые в мире предложил **использовать двоичную систему счисления** в вычислительных машинах, ввел термин "машинное слово" (word) и объединил в вычислителе арифметические и логические операции. В Германии Z-1 называют **первым в мире компьютером**

- 1939 г В США в университете штата Айова профессор Джон В. Атанасов (John Atanasoff) (болгарин по происхождению) вместе со своим ассистентом Клиффордом Берри (Clifford Berry) построил **первый в мире электронный цифровой компьютер** ABC (Atanasoff Berry Computer). Атанасовым были разработаны и запатентованы первые электронные схемы. Начавшаяся война не позволила полностью завершить проект.
- 1944 г В США завершилась работа над созданием машины "Mark-1" по проекту американского физика Говарда Айкена (Howard Aiken). Числа в машине хранились в регистрах, изготовленных из десятичных счетных колес.

### **Этап 3 - Электронные вычислительные машины - ЭВМ (Компьютеры на электронных элементах)**

- 1945 г Группа разработчиков Университета штата Пенсильвания: Д. В. Маучли (John W. Mauchly) и Д. П. Эккерт (J. Presper Eckert) завершили работу над созданием вычислительной машины ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer — электронный числовой интегратор и калькулятор). Работа над проектом началась в 1943 г., после детального ознакомления с проектом Атанасова. ENIAC представляла собой сложное инженерное сооружение длиной более 30 м, весом 30 т и занимала площадь около 300 м<sup>2</sup>.

Ввод данных осуществлялся с помощью перфокарт, а программное управление последовательностью выполнения операций осуществлялось с помощью штекерно-коммутационного способа.

Следует также отметить, что впервые в названии вычислительного устройства появился термин **Computer**.

- 1949 г Первый компьютер, в котором были воплощены принципы фон Неймана, был построен в 1949 г. в Кембриджском университете под руководством английского профессора Мориса В. Уилкса (Maurice Wilkes). Компьютер получил название EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer). EDSAC содержал 3000 электронных ламп и был в шесть раз производительнее своих предшественников. Морис Уилкс ввел систему мнемонических обозначений для машинных команд, названную языком ассемблера.

1964 г      Компания IBM представила на рынке компьютер System/360 — первый из семейства IBM-совместимых компьютеров и периферийного оборудования. Владельцы System/360 могли в случае необходимости модернизировать оборудование и программное обеспечение по частям, что давало существенную экономию средств.

Принято считать, что IBM System/360 произвела революцию в компьютерном мире. Именно вместе с System/360 в обиход вышло это слово совместимость

1972 г      Корпорации Intel представляет микропроцессор i8008. Мощность этого процессора, по сравнению с его предшественником, возросла вдвое. По сообщению журнала "Radio Electronics", известный энтузиаст вычислительных технологий Дон Ланкастер (Don Lancaster) применил процессор J8008 в разработке прототипа персонального компьютера — устройства, которое упомянутый журнал назвал "гибридом телевизора и пишущей машинки". Использовалось оно в качестве терминала ввода/вывода

1980      Руководство компании IBM приняло революционное решение о создании персонального компьютера открытой архитектуры: его составные части должны быть универсальными, чтобы иметь возможность модернизировать компьютер по частям

Через год после принятия революционного решения о использовании открытой архитектуры, компания IBM представила первый в мире персоналий компьютер. Он был построен на базе микропроцессора i8088 с тактовой частотой 4,77 МГц, имел 64 Кбайт оперативной памяти и был оснащен дисководом для односторонних дискет 5,25 дюймов емкостью 160 Кбайт. Информация отображалась в текстовом режиме на 12-дюймовом монохромном мониторе. Компьютер работал под управлением 16-разрядной операционной системы MS-DOS 1.0, разработанной фирмой Microsoft. Цена IBM PC составляла около 2900 USD.

Продажа IBM PC началась в октябре 1981 г. и уже к концу года было продано более 35 тыс. компьютеров.

Таким образом, началась эра персональных компьютеров, доступных каждому.

## 1.2 Классификация электронно-вычислительных машин

Электронно-вычислительные машины развивались и развиваются с нарастающими темпами. Рынок современных компьютеров отличается разнообразием и динамизмом, каких еще не знала ни одна область человеческой деятельности. Каждый год стоимость вычислений сокращается примерно на 25—30%, стоимость хранения единицы информации — до 40%. Практически каждое десятилетие меняется поколение машин, каждые год-два — основные типы микропроцессоров, определяющих характеристики новых ЭВМ. Такие темпы сохраняются уже многие годы.

То, что 10—15 лет назад считалось современной большой ЭВМ, в настоящее время является устаревшей техникой с очень скромными возможностями. Современный персональный компьютер с быстродействием в сотни миллионов операций в секунду становится доступным для массового пользователя.

*В этих условиях любая предложенная классификация ЭВМ очень быстро устаревает и нуждается в корректировке.*

Вместе с тем существует целый **ряд закономерностей развития вычислительной техники**, которые позволяют предвидеть и предсказывать основные результаты этого поступательного движения. Необходимо анализировать традиционные и новые области применения ЭВМ, классы и типы используемых вычислительных средств, сложившуюся конъюнктуру рынка информационных технологий и его динамику, количество и качество вычислительной техники, выпускаемой признанными лидерами — производителями ЭВМ и т.д.

Что бы не запутаться во всем этом многообразии принято классифицировать их по ряду признаков. В частности:

- по поколениям;
- по областям применения;
- по назначению;
- по вычислительной мощности;
- по роли в вычислительной сети;
- по функциональным возможностям;
- по характеру решаемых задач;
- по принципу действия;

- по способам организации вычислительного процесса;
- по конструктивным особенностям.

Рассмотрим некоторые из этих классификаций.

### **1.2.1 Классификация ЭВМ по поколения**

Идея делить машины на поколения, вызвана к жизни тем, что за время короткой истории своего развития компьютерная техника проделала большую эволюцию как в смысле элементной базы (лампы, транзисторы, микросхемы и др.), так и в смысле изменения её структуры, появления новых возможностей, расширения областей применения и характера использования.

Хотя все основные идеи положенные в основу работы вычислительной машины Чарльз Бэббидж сформулировал уже в 19-ом веке, действительно электронной вычислительная машина становится с реализацией её на базе электронных ламп.

Каждое поколение компьютеров в начальный момент развития характеризуется качественным скачком в росте основных характеристик компьютера, вызванным обычно переходом на новую элементную базу, а также относительной стабильностью архитектурных и логических решений.

Разбиение поколений компьютеров по годам весьма условно. В то время, как начиналось активное использование компьютеров одного поколения, создавались посылки для возникновения следующего. Таким образом, кроме элементной базы и временного интервала используются следующие показатели развития компьютеров одного поколения:

- быстродействие;
- архитектура;
- программное обеспечение;
- уровень развития внешних устройств;
- широта области применения компьютеров.

Некоторые классификации стоит отдельно проводить в пределах каждого поколения ЭВМ. Опираясь на указанные показатели охарактеризуем ЭВМ каждого поколения.

## Первое поколение ЭВМ



Основным активным элементом ЭВМ первого поколения являлась **электронная лампа**, остальные компоненты электронной аппаратуры — это обычные резисторы, конденсаторы, трансформаторы. Для построения оперативной памяти ЭВМ уже с середины 50-х годов начали применяться специально разработанные для этой цели элементы — ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса.

В качестве устройства ввода-вывода сначала использовалась стандартная телеграфная аппаратура (телетайпы, ленточные перфораторы, трансмиттеры, аппаратура счетно-перфорационных машин), а затем специально для ЭВМ были разработаны электромеханические запоминающие устройства на магнитных лентах, барабанах, дисках и быстродействующие печатающие устройства.

Машины первого поколения имели внушительные размеры, потребляли большую мощность, имели сравнительно малое быстродействие; малую емкость оперативной памяти, невысокую надежность работы и недостаточно развитое программное обеспечение.

Структура ЭВМ первого поколения полностью соответствовала машине Джон фон Неймана. Программирование велось в машинных кодах. Емкость ОЗУ составляла 2 тысячи слов, а ввод информации производился с перфоленки и киноплёнки.

Повышение быстродействия ЭВМ шло за счет увеличения ее памяти и улучшения архитектуры: использование двоичных кодов для представления чисел и команд, а также размещение их в увеличивающейся памяти ЭВМ упростили структуру процессора и повысили производительность обработки данных.

В ЭВМ этого поколения были заложены основы логического построения машин и продемонстрированы возможности цифровой вычислительной техники.

## Второе поколение ЭВМ



На смену лампам в машинах второго поколения (*в конце 50-х годов*) пришли **транзисторы**. В отличие от ламповых ЭВМ транзисторные машины обладали большими быстродействием, емкостью оперативной памяти и надежностью. Существенно уменьшились размеры, масса и потребляемая мощность. Значительным достижением явилось применение печатного монтажа. Повысилась надежность электромеханических устройств ввода-вывода, удельный вес которых увеличился. Машины второго поколения обладали большими вычислительными и логическими возможностями.

Особенность машин второго поколения — их **дифференциация по применению**. Появились машины для решения научно-технических и экономических задач, для управления производственными процессами и различными объектами (управляющие машины).

Наряду с техническим совершенствованием ЭВМ развиваются методы и приемы программирования вычислений, высшей ступенью которых является автоматическое программирование. Большое развитие и применение получили **алгоритмические языки**, существенно упрощающие процесс подготовки задач к решению на ЭВМ. С появлением алгоритмических языков резко сократились штаты «чистых» программистов, поскольку составление программ на этих языках стало под силу самим пользователям.

В период развития и совершенствования машин второго поколения наравне с однопрограммными появились многопрограммные (**мультипрограммные**) ЭВМ. В отличие от однопрограммных машин, в которых программы выполняются только поочередно, в многопрограммных ЭВМ возможна совместная реализация нескольких программ

*Максимальное быстродействие  $10^4$ - $10^5$  операций в секунду, занимаемый объём —  $30\text{МЗ}$ .*

## Третье поколение ЭВМ



Третье поколение ЭВМ (в конце 60-х — начале 70-х годов) характеризуется широким применением **интегральных схем**. Интегральная схема представляет собой законченный логический функциональный блок, соответствующий достаточно сложной транзисторной схеме.

Благодаря использованию интегральных схем удалось существенно улучшить технические и эксплуатационные характеристики машин. Этому способствовало также применение многослойного печатного монтажа.

В машинах третьего поколения **значительно расширился набор различных электромеханических устройств для ввода и вывода информации**. Развитие этих устройств носит эволюционный характер: их характеристики совершенствуются гораздо медленнее, чем характеристики электронного оборудования.

Программное обеспечение машин третьего поколения получило дальнейшее развитие, особенно это касается **операционных систем**. Развиваемые операционные системы многопрограммных машин, снабженных периферийными устройствами ввода-вывода с автономными пультами абонентов, обеспечивают управление работой ЭВМ в различных режимах: пакетной обработки, разделения времени, запрос-ответ и др.

В машинах третьего поколения существенно расширены возможности по обеспечению непосредственного доступа к ним со стороны абонентов, находящихся на различных, в том числе и значительных, расстояниях. Удобство общения абонента с машиной достигается за счет развитой сети абонентских пунктов, связанных с ЭВМ информационными каналами связи.

Например, в режиме разделения времени многим абонентам предоставляется возможность одновременного, непосредственного и оперативного доступа к ЭВМ.

*Максимальное быстроедействие  $10^5$ - $10^7$  операций в секунду, занимаемый объём — 5-10м3*

## Четвёртое поколение ЭВМ



Для машин четвертого поколения (конец 70-х годов) характерно применение **больших интегральных схем (БИС)**. Высокая степень ин-

теграции способствует увеличению плотности компоновки электронной аппаратуры, повышению ее надежности и быстродействия, снижению стоимости. Это, в свою очередь, оказывает существенное воздействие на логическую структуру ЭВМ и ее программное обеспечение. Более тесной становится связь структуры машины и ее программного обеспечения.

Кроме указанных выше больших ЭВМ, со второй половины 50-х годов начали развиваться мини-ЭВМ, отличающиеся меньшими функциональными возможностями главным образом из-за ограниченного набора команд и меньшей разрядности чисел, представляющих обрабатываемые данные.

Характерные свойства ЭВМ четвертого поколения:

- Мультипроцессорность.
- Параллельно-последовательная обработка.
- Языки высокого уровня.
- Появляются первые сети ЭВМ.

*Максимальное быстродействие компьютеров 4-го поколения  $10^6$ - $10^8$  о/с.*

Первый персональный компьютер создали в апреле 1976 года два друга, Стив Джобс (1955 г.р.) — сотрудник фирмы Atari, и Стивен Возняк (1950 г.р.), работавший на фирме Hewlett-Packard. На базе интегрального 8-битного контроллера жестко запаянной схемы популярной элек-



тронной игры, работая вечерами в автомобильном гараже, они сделали простенький программируемый на языке Бейсик игровой компьютер "Apple", имевший бешеный успех. В начале 1977 года была зарегистрирована Apple Comp., и началось производство первого в мире персонального компьютера Apple.

## Пятое поколение ЭВМ



ЭВМ пятого поколения характеризуются наряду с использованием более мощных СБИС применением принципа “**управления потоками данных**” (в отличие от принципа Джона фон Неймана “управления потоками команд”), новыми решениями в архитектуре вычислительной системы и использованием принципов искусственного интеллекта.

С ЭВМ пятого поколения связывают наряду с другими особенностями возможность ввода данных и команд голосом. Начало разработки ЭВМ этого поколения можно отнести ко второй *половине 1980-х гг.*; внедрение первых образцов - первая половина 1990-х гг.

Кратко основную концепцию ЭВМ пятого поколения можно сформулировать следующим образом:

- 1 - Компьютеры на сверхсложных микропроцессорах с **параллельно-векторной структурой**, одновременно выполняющих десятки последовательных инструкций программы.
- 2- Компьютеры с многими сотнями **параллельно работающих процессоров**, позволяющих строить системы обработки данных и знаний, эффективные сетевые компьютерные системы.

*Максимальное быстродействие ПК достигло  $10^8$ - $10^{12}$  операций в секунду и более. Происходит отход от архитектуры фон Неймана.*



Благодаря операционной системе, обеспечивающей простоту общения с этой ЭВМ, большой библиотеке прикладных программ по различным отраслям человеческой деятельности, а также малой стоимости ЭВМ становится необходимой принадлежностью инженера, исследователя, экономиста, врача, агронома, преподавателя, редактора, секретаря и даже ребенка.

## Шестое поколение

О шестом поколении можно пока только мечтать...

Электронные и **оптоэлектронные** компьютеры с массовым параллелизмом, **нейронной структурой**, с распределенной сетью большого числа (десятки тысяч) микропроцессоров, моделирующих архитектуру нейронных биологических систем.

Компьютер, созданный на основе нейронных сетей (**нейрокомпьютер**) пока не существует самостоятельно, но сами нейронные сети активно моделируются на современных компьютерах.

Один из разработчиков нейрокомпьютеров А. Н. Горбань считает: *"Пять поколений ЭВМ следуют друг за другом. Нарождающееся шестое настолько отличается от предыдущих, что лучше говорить не о поколениях и даже не о новых видах, родах или семействах, а о новом царстве - масштаб дистанции между нейрокомпьютерами и обычными ЭВМ соответствует различиям между царствами живых организмов."*

### Чем отличаются машины второго царства?

- 1 - Большое число параллельно работающих простых элементов - нейронов (от нескольких десятков до 106-108), что обеспечивает колоссальный скачок в быстродействии.
- 2 - Место программирования занимает обучение (воспитание) - машина учится решать задачи, изменяя параметры нейронов и связей между ними".

Так как персональные компьютеры нынешнего, пятого поколения ЭВМ получили широкое распространение, то их отдельно можно классифицировать по поколениям:

- ПК 1-го поколения - используют 8-битные микропроцессоры;
- ПК 2-го поколения - используют 16-битные микропроцессоры;
- ПК 3-го поколения - используют 32-битные микропроцессоры;
- ПК 4-го поколения - используют 64-битные микропроцессоры.

### 1.2.2 Классификация ЭВМ по областям применения

Как уже говорилось, все классификации со временем устаревают или требуют корректировки. Но развитие ЭВМ позволяет использовать его в большем количестве отраслей. При этом, говоря о применении ЭВМ, обычно выделяют сферы деятельности человека, которые требуют использования качественно различных типов ЭВМ. Рассмотрим их последовательно.

*Первое направление является традиционным — применение ЭВМ для автоматизации вычислений*. Отличительной особенностью этого направления является наличие хорошей математической основы, заложенной развитием математических наук и их приложений.

*Вторая сфера применения ЭВМ связана с использованием их в системах управления*. Как мы уже говорили, она зародилась примерно в шестидесятые годы, когда ЭВМ стали интенсивно внедряться в контуры управления автоматических и автоматизированных систем.

Новое применение вычислительных машин потребовало видоизменения их структуры. ЭВМ, используемые в управлении, должны были не только обеспечивать вычисления, но и автоматизировать сбор данных и распределение результатов обработки. Сопряжение с каналами связи потребовало усложнения режимов работы ЭВМ, сделало их многопрограммными и многопользовательскими. Для управления разнообразной периферией стали использоваться специальные процессоры ввода-вывода данных или каналы. Именно тогда и появился дисплей как средство оперативного человеко-машинного взаимодействия пользователя с ЭВМ.

Новой сфере работ в наибольшей степени отвечали мини-ЭВМ. Именно они стали использоваться для управления отраслями, предприятиями, корпорациями. Машины нового типа удовлетворяли следующим требованиям:

- были более дешевыми по сравнению с большими ЭВМ, обеспечивающими централизованную обработку данных;

- были более надежными, особенно при работе в контуре управления;
- обладали большой гибкостью и адаптируемостью настройки на конкретные условия функционирования;
- имели архитектурную прозрачность, т.е. структура и функции ЭВМ были понятны пользователям.

Одновременно со структурными изменениями ЭВМ происходило и качественное изменение характера вычислений. Доля чисто математических расчетов постоянно сокращалась, и на сегодняшний день она составляет около 10% от всех вычислительных работ. Машины все больше стали использоваться для новых видов обработки: текстов, графики, звука и др. Для выполнения этих работ в настоящее время применяются в основном ПЭВМ.

*Третье направление связано с применением ЭВМ для решения задач искусственного интеллекта. Задачи искусственного интеллекта предполагают получение не точного результата, а чаще всего осредненного в статистическом, вероятностном смысле. Примеров подобных задач много: задачи робототехники, доказательства теорем, машинного перевода текстов с одного языка на другой, планирования с учетом неполной информации, составления прогнозов, моделирования сложных процессов и явлений и т.д. Это направление постепенно набирает силу. Во многих областях науки и техники создаются и совершенствуются базы данных и базы знаний, экспертные системы. Для технического обеспечения этого направления нужны качественно новые структуры ЭВМ с большим количеством вычислителей (ЭВМ или процессорных элементов), обеспечивающих параллелизм в вычислениях. **По существу, ЭВМ уступают место сложнейшим вычислительным системам.***

Даже это краткое перечисление областей применения ЭВМ показывает, что для решения различных задач нужна соответственно и разная вычислительная техника. Поэтому рынок компьютеров постоянно имеет широкую градацию классов и моделей ЭВМ.

### 1.2.3 Классификация по размерам и вычислительной мощности

Градация ЭВМ по критериям физических размеров и производительности существовала не всегда, а после появления не всеми воспринималась однозначно.

Исторически первыми появились большие ЭВМ, элементная база которых прошла путь от электронных ламп до интегральных схем со сверхвысокой степенью интеграции. Таким образом, в пределах каждого поколения ЭВМ можно произвести градацию по вычислительной мощности. При этом выделение классов будет чисто условным, и опираться на перечень и масштаб решаемых задач.

Можно предложить следующую классификацию средств вычислительной техники, в основу которой положено их разделение по быстродействию:

- **суперЭВМ** для решения крупномасштабных вычислительных задач чаще всего глобального, планетарного или государственного масштаба;
- **большие ЭВМ** для комплектования ведомственных, территориальных и региональных вычислительных центров;
- **средние ЭВМ (миниЭВМ)** широкого назначения для управления *сложными технологическими производственными процессами*. Появились малых ЭВМ в 70-х гг обусловлено, с одной стороны, прогрессом в области электронной элементной базы, а с другой - избыточностью ресурсов больших ЭВМ для ряда приложений. Они более компактны и значительно дешевле больших ЭВМ. ЭВМ этого типа могут использоваться и для управления распределенной обработкой информации в качестве сетевых серверов какого либо предприятия;
- **персональные и профессиональные ЭВМ (микроЭВМ)**, позволяющие удовлетворять индивидуальные потребности пользователей. На базе этого класса ЭВМ строятся автоматизированные рабочие места (АРМ) для специалистов различного уровня;

- **встраиваемые микропроцессоры**, осуществляющие автоматизацию управления отдельными устройствами и механизмами. Универсальные по характеру применения, они могут встраиваться в отдельные машины, объекты и системы. В последнее время широко применяются и в бытовой технике и городском хозяйстве.

Некоторые сравнительные параметры названных классов современных ЭВМ показаны в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение параметров современных ЭВМ

| Параметр                 | Супер ЭВМ    | Большие ЭВМ | Малые ЭВМ | Микро ЭВМ |
|--------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|
| Производительность, MIPS | 1000 -100000 | 10 - 1000   | 1 -100    | 1 – 100   |
| Емкость ОП, Мбайт        | 2000 - 10000 | 64 - 10000  | 4 - 512   | 4 – 256   |
| Емкость ВЗУ, Гбайт       | 500 - 5000   | 50 - 1000   | 2 -100    | 0,5 – 10  |
| Разрядность, бит         | 64 - 128     | 32 - 64     | 16 - 64   | 16 - 64   |

Первая большая ЭВМ ЭНИАК (Electronic Numerical Integrator and Computer) была создана в 1946 г. (в 1996 г. отмечалось 50-летие создания первой ЭВМ). Эта машина имела массу более 50 т, быстроедействие несколько сотен операций в секунду, оперативную память емкостью 20 чисел; занимала огромный зал площадью около 100 кв.м.

Производительность больших ЭВМ оказалась недостаточной для ряда задач: прогнозирования метеообстановки, управления сложными оборонными комплексами, моделирования экологических систем и др. Это явилось предпосылкой для разработки и создания суперЭВМ, самых мощных вычислительных систем, интенсивно развивающихся и в настоящее время.

Дальнейшие успехи в области элементной базы и архитектурных решений привели к возникновению супермини-ЭВМ - вычислительной машины, относящейся по архитектуре, размерам и стоимости к классу малых ЭВМ, но по производительности сравнимой с большой ЭВМ.

На некоторых из указанных типах ЭВМ стоит остановиться поподробнее:

**Большие ЭВМ (mainframe)**, которые представляют собой многопользовательские машины с центральной обработкой, с большими возможностями для работы с базами данных, с различными формами удаленного доступа. Казалось бы, что с появлением быстро прогрессирующих ПЭВМ большие ЭВМ обречены на вымирание, однако они продолжают развиваться, и выпуск их снова стал увеличиваться, хотя их доля в общем парке постоянно снижается. По оценкам IBM, около половины всего объема данных в информационных системах мира должно храниться именно на больших машинах. Новое их поколение предназначено для использования в сетях *в качестве крупных серверов*. Начало этого направления было положено фирмой IBM еще в 60-е годы выпуском машин IBM/360, IBM/370. Эти машины получили широкое распространение в мире.

Развитие ЭВМ данного класса имело и имеет большое значение для России. В 1970—1990 гг. основные усилия нашей страны в области вычислительной техники были сосредоточены на программе ЕС ЭВМ (Единой системы ЭВМ), заимствовавшей архитектуру IBM 360/370.

Промышленный выпуск первых моделей ЕС ЭВМ был начат в 1972 г., при их создании были использованы все современные достижения в области электронной вычислительной техники, технологии и конструирования ЭВМ, в области построения систем программного обеспечения.

Последние, наиболее мощные модели отечественных больших ЭВМ существенно уступают по своим характеристикам зарубежным типам этих машин:

- ЕС1068 имеет производительность 10 MIPS и основную память емкостью 32 Мбайта;
- ЕС1087- 15 MIPS и 128 Мбайт;
- ЕС1130 - 50 MIPS и 8 Мбайт;
- ЕС 1170 (4-процессорный вариант) - 20 MIPS и 64 Мбайта.

"Слухи о смерти мэйнфреймов сильно преувеличены": по данным экспертов, на мэйнфреймах сейчас находится около 70% "компьютерной" информации; только в США в 1995 г. бы-

ло установлено 40 тыс. мейнфреймов. В России на начало века было 5 тыс. ЕС ЭВМ и столько же мейнфреймов IBM ES/9000.

**СуперЭВМ** исторически появились не сразу. С развитием науки и техники постоянно выдвигаются новые крупномасштабные задачи, требующие выполнения больших объемов вычислений. Традиционно суперкомпьютеры использовались в научной и военной сферах, но сейчас начинают применяться и в бизнесе.

Суперкомпьютерами, согласно определению Госдепартамента США, считаются компьютеры с производительностью свыше 10 000 млн. теоретических операций в сек. (MTOPS). Но следует отметить и другие основные признаки, характеризующие суперЭВМ, среди которых кроме высокой производительности:

- самый современный технологический уровень (например, GaAs-технология);
- специфические архитектурные решения, направленные на повышение быстродействия (например, наличие операций над векторами);
- цена, обычно свыше 1-2 млн. долл.

Вместе с тем, существуют компьютеры, имеющие все перечисленные выше характеристики суперЭВМ, за исключением цены, которая для них составляет от нескольких сотен до 2 млн. долларов. Речь идет о мини-суперЭВМ, обладающим высокой производительностью, уступающей, однако, большим суперЭВМ. При этом у мини-суперкомпьютеров, как правило, заметно лучше соотношение цена/производительность и существенно ниже эксплуатационные расходы: система охлаждения, электропитания, требования к площади помещения и др. С точки зрения архитектуры мини-суперкомпьютеры не представляют собой некоторое особенное направление, поэтому в дальнейшем они отдельно не рассматриваются.

#### **Рассмотрим *Сферы применения суперкомпьютеров***

Может показаться, что с ростом производительности настольных ПК и рабочих станций, а также серверов, сама потребность в суперЭВМ будет снижаться. Это не так. *С одной сторо-*

*ны, целый ряд приложений может теперь успешно выполняться на рабочих станциях, но с другой стороны, время показало, что устойчивой тенденцией является появление все новых приложений, для которых необходимо использовать суперЭВМ.*

Особенно эффективно применение суперЭВМ при решении задач проектирования, в которых натурные эксперименты оказываются дорогостоящими, недоступными или практически неосуществимыми. В этом случае ЭВМ позволяет методами численного моделирования получить результаты вычислительных экспериментов, обеспечивая приемлемое время и точность решения, т.е. решающим условием необходимости разработки и применения подобных ЭВМ является экономический показатель «производительность/ стоимость». СуперЭВМ позволяют по сравнению с другими типами машин точнее, быстрее и качественнее решать масштабные задачи, обеспечивая необходимый приоритет в разработках перспективной вычислительной техники.

В настоящее время следует указать на процесс проникновения суперЭВМ в совершенно недоступную для них ранее *коммерческую сферу*. Речь идет не только скажем, о графических приложениях для кино и телевидения, где требуется все та же высокая производительность на операциях с плавающей запятой, а прежде всего о задачах, предполагающих интенсивную (в том числе, и оперативную) обработку транзакций для сверхбольших БД. В этот класс задач можно отнести также системы поддержки принятия решений и организация информационных складов. Конечно, можно сказать, что для работы с подобными приложениями в первую очередь необходимы высокая производительность ввода-вывода и быстродействие при выполнении целочисленных операций. Но следует вспомнить, что такие требования возникают, в частности, со стороны ряда приложений ядерной физики, например, при обработке результатов экспериментов на ускорителях элементарных частиц. А ведь ***ядерная физика*** - классическая область применения суперЭВМ со дня их возникновения.

Анализируя потенциальные потребности в суперЭВМ существующих сегодня приложений, можно условно разбить их на два класса:

- К первому можно отнести приложения, в которых известно, какой уровень производительности надо достигнуть в каждом конкретном случае, например, долгосрочный прогноз погоды.

- Ко второму можно отнести задачи, для которых характерен быстрый рост вычислительных затрат с увеличением размера исследуемого объекта. Например, в квантовой химии неэмпирические расчеты электронной структуры молекул требуют затрат вычислительных ресурсов, пропорциональных  $N^4$  или  $N^5$ , где  $N$  условно характеризует размер молекулы. Сейчас многие молекулярные системы вынужденно исследуются в упрощенном модельном представлении.

Как бы то ни было, наметилась явная тенденция к сближению понятий "мэйнфрейм", "многопроцессорный сервер" и "суперЭВМ". Нелишне заметить, что это происходит на фоне начавшегося во многих областях массированного перехода к централизации и укрупнению в противоположность процессу разукрупнения децентрализации.

Дальнейшее развитие суперЭВМ связывается с использованием направления массового параллелизма, при котором одновременно могут работать сотни и даже тысячи процессоров. Но если в вычислительной машине присутствует несколько процессоров, равноправно участвующие в решении задачи, то нужно говорить уже не о единичной машине, а о системе. Поэтому зачастую, говоря о СуперЭВМ в конечном счёте приходится переходить к **вычислительным системам** (ВС). Граница этого перехода очень размыта, особенно в настоящее время, когда ВС может быть реализована в одном сравнительно небольшом корпусе. Изначально же, где-то в ЭВМ третьего поколения повышение мощности возможно было производить только за счёт соединения несколько ЭВМ для решения одной задачи, поэтому и ВС тогда были чисто многомашинные.

**МикроЭВМ**, появились на рынке с изобретением в 1969 г. микропроцессора (МП). Именно наличие МП служило первоначально определяющим признаком микроЭВМ. Сейчас микропроцессоры используются во всех без исключения классах ЭВМ.

Все МикроЭВМ можно подразделить по двум критериям, по универсальности или специализации и по количеству пользователей, работающих с ним (одно- и многопользовательские). Таким образом выделяется четыре типа микроЭВМ:

- Универсальные многопользовательские микроЭВМ - это мощные микроЭВМ, оборудованные несколькими видео-терминалами и функционирующие в режиме разделения времени, что позволяет эффективно работать на них сразу нескольким пользователям.
- Универсальные однопользовательские микроЭВМ, по другому - **персональные компьютеры** (ПК), - удовлетворяющие требованиям общедоступности и универсальности применения.
- Специализированные многопользовательские микроЭВМ - **серверы** (server) - многопользовательские мощные микроЭВМ в вычислительных сетях, выделенные для обработки запросов от всех станций сети.
- Специализированные однопользовательские микроЭВМ - **рабочие станции** (work station) представляют собой мощные микроЭВМ, специализированные для выполнения определенного вида работ (графических, инженерных, издательских и др.).

Персональные компьютеры можно классификация дополнительно по *конструктивным особенностям* :

- стационарные (настольные, Desktop);
- переносимые ( блокнотные - Notebook;  
портативные - Laptop;  
карманные – Palmtop, КПК).

Систематизировав представленные описания общую классификацию архитектур ЭВМ различных классов можно представить в виде общей схемы, показанной на рисунке 1.

Перечисленные типы ЭВМ, которые используются в индустриально развитых странах, образуют некое подобие пирамиды с определенным соотношением численности ЭВМ каждого слоя и набором их технических характеристик.

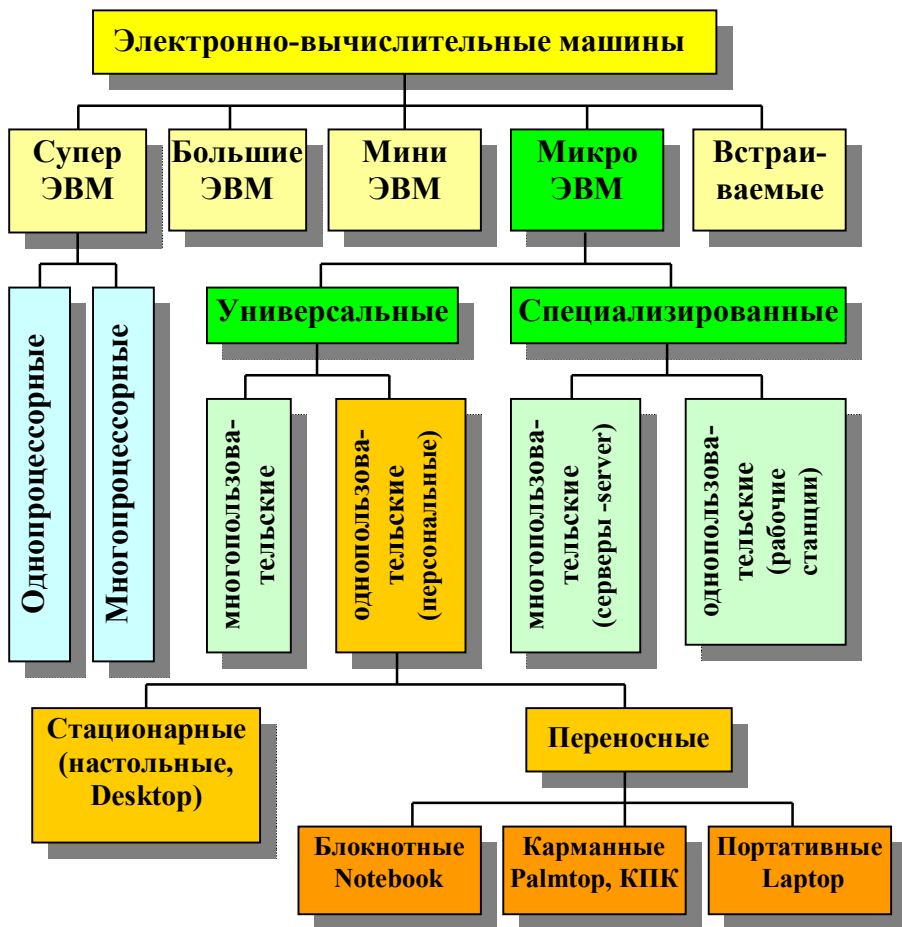


Рис. 1. Классификация ЭВМ по вычислительной мощности

Требуемое количество суперЭВМ для отдельной развитой страны должно составлять 100—200, больших ЭВМ — тысячи, мини ЭВМ — десятки и сотни тысяч, ПЭВМ — миллионы, встраиваемых микро- ЭВМ — миллиарды. Все используемые ЭВМ различных классов образуют машинный парк страны, жизнедеятельность которого и его информационное насыщение определяют успехи информатизации общества и научно-технического прогресса страны.

### 1.2.4 Классификация ЭВМ по назначению

По назначению ЭВМ можно разделить на три группы: Универсальные (общего назначения), проблемно-ориентированные и специализированные (Рис. 2).



Рис. 2. Классификация ЭВМ по назначению

Характерными чертами **универсальных компьютеров** являются:

- высокая производительность;
- разнообразие форм обрабатываемых данных: двоичных, десятичных, символьных, при большом диапазоне их изменения и высокой точности их представления;

- обширная номенклатура выполняемых операций, как арифметических, логических, так И специальных;
- большая емкость оперативной памяти;
- развитая организация системы ввода-вывода информации, обеспечивающая подключение разнообразных видов внешних устройств.

К **специализированным компьютерам** можно отнести, например, программируемые микропроцессоры специального назначения, адаптеры и контроллеры, выполняющие логические функции управления отдельными несложными техническими устройствами, агрегатами и процессами, устройства согласования и сопряжения работы узлов вычислительных систем.

### 1.2.5 Классификация ЭВМ по роли в вычислительной сети

Высокие скорости вычислений, обеспечиваемые ЭВМ различных классов, позволяют перерабатывать и выдавать все большее количество информации, что, в свою очередь, порождает потребности в создании связей между отдельно используемыми ЭВМ. Поэтому все современные ЭВМ в настоящее время имеют средства подключения к сетям связи и объединения в системы.

При этом для описания вычислительных машин (ВМ) в зависимости от роли её в сети выделяются:

- мощные машины и вычислительные системы для управления гигантскими сетевыми хранилищами информации;
- кластерные структуры;
- серверы;
- рабочие станции;
- сетевые компьютеры.

*Мощные машины и вычислительные системы* предназначены для обслуживания крупных сетевых банков данных и банков знаний. По своим характеристикам их можно отнести к классу суперЭВМ, но в отличие от них они являются более спе-

специализированными и ориентированными на обслуживание мощных потоков информации.

*Кластерные структуры* представляют собой многомашинные распределенные вычислительные системы, объединяющие несколько серверов. Это позволяет гибко управлять ресурсами сети, обеспечивая необходимую производительность, надежность, готовность и другие характеристики.

*Серверы* — это вычислительные машины и системы, управляющие определенным видом ресурсов сети. Различают файл-серверы, серверы приложений, факс-серверы, почтовые, коммуникационные, Web-серверы и др.

Термин «*рабочая станция*» отражает факт наличия в сетях абонентских пунктов, ориентированных на работу профессиональных пользователей с сетевыми ресурсами. Этот термин как бы отделяет их от ПЭВМ, обеспечивающих работу основной массы непрофессиональных пользователей, работающих обычно в автономном режиме.

*Сетевые компьютеры* представляют собой упрощенные персональные компьютеры, вплоть до карманных ПК. Их основным назначением является обеспечение доступа к сетевым информационным ресурсам. Вычислительные возможности у них достаточно низкие.

## 1.3 Информационно-логические основы построения ЭВМ

### 1.3.1 Информация и системы счисления

*Информация* — это сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специализированным устройством, например ЭВМ, для обеспечения целенаправленной деятельности.

Информация может быть по своей физической природе: числовой, текстовой, графической, звуковой, видео и др. Она также может быть постоянной (не меняющейся), переменной, случайной, вероятностной. Наибольший интерес представляет переменная информация, так как она позволяет выявлять причинно-следственные связи в процессах и явлениях. Существуют

различные способы оценки количества информации. Классическим является подход, использующий формулу К.Шеннона. Применительно к двоичной системе она имеет вид

$$H = \log_2 N, \quad (1)$$

где  $H$  - количество информации, несущей представление о состоянии, в котором находится объект;

$N$  - количество равновероятных альтернативных состояний объекта.

Почему же все-таки двоичная система, напрашивается вопрос. Да, не сразу именно она использовалась для представления информации в ЭВМ. Внутренний язык некоторых компьютеров первого поколения был основан на десятичной системе счисления. Но, начиная с 50-х годов, практически во всех цифровых вычислительных машинах применялась уже двоичная система.

Но прежде чем говорить о способах формирования двоичных чисел, давайте рассмотрим, что же такое системы счисления.

**Системой счисления** называется способ изображения чисел с помощью ограниченного набора символов, имеющих определенные количественные значения. Систему счисления образует совокупность правил и приемов представления чисел с помощью набора знаков (цифр). По другому можно сказать, что Система счисления – символический метод записи чисел, то есть представление чисел с помощью письменных знаков.

Системы счисления подразделяются на **позиционные и непозиционные и смешанные**.

В непозиционных системах счисления величина, которую обозначает цифра, не зависит от положения в числе. При этом система может накладывать ограничения на положение цифр, например, чтобы они были расположены в порядке убывания. К непозиционным системам счисления относятся Римская, Биномиальная, Штерна-Броко и система остаточных классов.

Смешанные системы счисления являются обобщением  $b$ -ричной системы счисления и также зачастую относятся к пози-

ционными системам счисления. К ним относятся Фибоначчиева, Факториальная системы счисления и система счисления майя.

В позиционных системах каждая цифра числа имеет определенный вес, зависящий от позиции цифры в последовательности, изображающей число. Позиция цифры называется *разрядом*.

Число  $x$  в  $b$ -ричной системе счисления представляется в виде линейной комбинации степеней числа  $b$ :

$$x = \sum_{k=0}^{n-1} a_k b^k, \quad (2)$$

где  $a_k$  – целые числа, называемые цифрами, удовлетворяющие неравенству  $0 \leq a_k < b$ ,

$k$  – порядковый номер разряда, начиная с нулевого,

$b$  – основание системы счисления,

$n$  – число разрядов (количество цифр в целой части числа),

Основание системы счисления  $b$  показывает, во сколько раз «вес»  $k$ -го разряда больше  $(k - 1)$  разряда. При записи не целых чисел, целая часть числа отделяется от дробной части точкой (запятой).

Позиционные системы счисления хороши тем, что они позволяют легко производить арифметические расчёты. Попробуйте считать используя, например знакомые римские цифры. А вот достаточно представить эти числа арабскими цифрами и мы легко сможем посчитать в столбик.

Алфавитом системы счисления называется набор элементарных символов, из комбинации которых образуются любые численные значения

Теоретически наиболее экономичной системой счисления является система с основанием  $e = 2,71828...$ , находящимся между числами 2 и 3.

Внутренний язык некоторых компьютеров первого поколения был основан на десятичной системе счисления. Но, начиная с 50-х годов, практически во всех цифровых вычислительных машинах применялась уже **двоичная система**. Это обусловлено:

- экономичностью аппаратной реализации всех схем ЭВМ (для радиоэлектронных элементов (радиоламп, полупроводниковых элементов), которые в основном используются в вычислительных машинах, характерно наличие двух устойчивых состояний. Например, электронная лампа может быть «отперта» (тогда через нее идет ток) или «заперта» (ток через нее не проходит). По тому же принципу «да» или «нет» работают и полупроводниковые элементы. Микроскопические электронные переключатели в центральном процессоре современного компьютера принимают только два состояния - они либо проводят ток, либо нет, представляя тем самым значения 0 и 1. Для схем, построенных на десятичной системе, потребовалось бы 10 различных состояний. Наличие всего двух символов значительно упростило и удешевило схемы);
- более простой реализацией алгоритмов выполнения арифметических и логических операций (двоичная система соответствует алгебраической системе логики, разработанной в XIX в. английским математиком Джорджем Булем. В рамках этой системы высказывание может быть либо истинным, либо ложным, подобно тому, как переключатель может быть либо открытым, либо закрытым, а двоичный разряд - равен 1 или 0);
- более надежной физической реализацией основных функций, так как они имеют всего два состояния (0 и 1); (Представление информации посредством только двух состояний надёжно и помехоустойчиво;)

При  $b=2$  число различных цифр, используемых для записи чисел, ограничено множеством из двух цифр (ноль и единица). Кроме двоичной системы счисления широкое распространение получили и производные системы:

- двоичная –  $\{0,1\}$ ;
- десятичная, точнее, двоично-десятичное представление десятичных чисел –  $\{0, 1, \dots 9\}$ ;

- шестнадцатеричная –  $\{0, 1, 2, \dots, 9, A, B, C, D, E, F\}$ . Здесь шестнадцатеричная цифра A обозначает число 10, B - число 11, ..., F - число 15;
- восьмеричная (от слова *восьмерик*) –  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ . Она широко используется во многих специализированных ЭВМ. Восьмеричная и шестнадцатеричная системы счисления являются производными от двоичной, так как  $16 = 2^4$  и  $8 = 2^3$ . Они используются в основном для более компактного изображения двоичной информации, так как запись значения чисел производится существенно меньшим числом знаков.

Представление чисел в различных системах счисления допускает однозначное преобразование их из одной системы в другую. В ЭВМ перевод из одной системы в другую осуществляется автоматически, по специальным программам. Правила перевода целых и дробных чисел отличаются.

### 1.3.2 Элементы алгебры логики

Теоретической основой построения ЭВМ являются специальные математические дисциплины. Одной из них является алгебра логики, или булева алгебра (Дж. Буль — английский математик прошлого столетия, основоположник этой дисциплины). Ее аппарат широко используют для описания схем ЭВМ, их оптимизации и проектирования.

Как уже говорилось, вся информация в ЭВМ представляется в двоичной системе счисления. Получив таким образом число в двоичном представлении ЭВМ после преобразований его так же выдаст двоичное число.

Обозначив входные сигналы переменными  $X_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ), а выходные сигналы переменными  $Y_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) можно сформировать схему ЭВМ, показанную на рисунке 3.

При этом алгоритм работы любого устройства ЭВМ можно описать зависимостями:

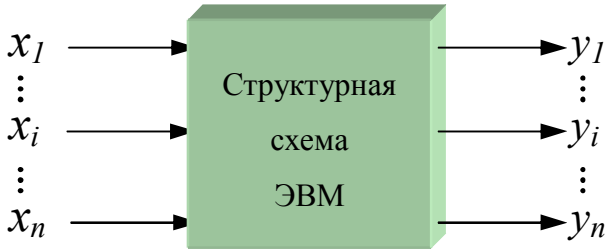


Рис. 3. Представление схемы ЭВМ

$$y_j = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n), \quad (3)$$

где:  $x_i$  –  $i$ -й вход;  $n$  – число входов в устройстве;  
 $y_j$  –  $j$ -й выход;  $m$  – число выходов в устройстве.

Каждая такая зависимость  $y_j$  является «булевой функцией, у которой число возможных состояний и каждой ее независимой переменной равно двум» (стандарт ISO 2382/2-76), т.е. **функцией алгебры логики**. Аргументы логической функции определены в двухэлементном множестве  $\{0,1\}$ .

**Алгебра логики** – это раздел математической логики. Она устанавливает основные законы формирования и преобразования логических функций (ЛФ) и оперирует с логическими *высказываниями*.

Функция в алгебре логики (логическая функция) – это выражение, содержащее элементы алгебры логики  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и др., связанные операциями, определенными в этой алгебре.

Примеры логических функций:

$$f(a, b, c) = a + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \overline{a + b}, \quad (4)$$

$$f(a, b, c) = a \cdot b + a \cdot b + \overline{a \cdot b \cdot c}. \quad (5)$$

**Высказывание** — это любое предложение, в отношении которого имеет смысл утверждение о его истинности (*true*) или ложности (*false*). При этом считается, что высказывание удовлетворяет закону исключенного третьего, то есть *каждое высказывание или истинно, или ложно, и не может быть одновременно и истинным и ложным*.

Алгебра логики позволяет представить любую сложную функцию в виде композиции простейших функций. Саму логическую функцию можно представить в виде таблицы, которая будет называться **таблицей истинности**.

Простейшими в алгебре логики являются три операции:

- 1) **логического сложения** (иначе: операция **ИЛИ (OR)**, *операция дизъюнкции*), обозначается символом  $+$  или  $\vee$ .
- 2) **логического умножения** (иначе: операция **И (AND)**, *операция конъюнкции*), обозначается символом  $\cdot$  или  $\wedge$ .
- 3) **отрицания** (иначе: операция НЕ, *операция инверсия*), обозначаемая чертой над элементом.

Правила выполнения операций в алгебре логики определяются рядом аксиом, теорем и следствий. В частности, для алгебры логики установлен целый ряд законов, с помощью которых возможно преобразование логических функций (ЛФ):

1. Сочетательный (*ассоциативный*) закон:

$$(a + b) + c = a + (b + c), \quad (6)$$

$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c). \quad (7)$$

2. Переместительный (*коммутативный*) закон:

$$(a + b) = (b + a), \quad (8)$$

$$(a \cdot b) = (b \cdot a). \quad (9)$$

3. Распределительный (*дистрибутивный*) закон:

$$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c, \quad (10)$$

$$(a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c. \quad (11)$$

4. Закон **поглощения**. В дизъюнктивной форме ЛФ конъюнкция меньшего ранга, т.е. с меньшим числом переменных, поглощает все конъюнкции большего ранга, если ее изображение содержится в них. Это же справедливо и для конъюнктивных форм:

$$a + b \cdot c = a, \quad (12)$$

$$a \cdot (a + b) = a \quad (13)$$

5. Законы **склеивания**:

$$a \cdot b + a \cdot \bar{b} = a, \quad (a + b) \cdot (a + \bar{b}) = a, \quad (14)$$

$$F \cdot a + F \cdot \bar{a} = F, \quad (F + a) \cdot (F + \bar{a}) = F. \quad (15)$$

где  $F$  – логическая функция общего вида, не зависящая от переменной  $x$ ;

$$6. \text{ Закон свертки: } a + \bar{a} \cdot F = a + F, \quad (16)$$

$$a \cdot (\bar{b} + F) = a \cdot F. \quad (17)$$

7. *Правило де Моргана:*

$$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}, \quad (18)$$

$$\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}. \quad (19)$$

Убедиться в тождественности приведенных зависимостей можно путем аналитических преобразований выражений или путем построения таблицы истинности для ЛФ, находящихся в левой и правой частях. Используя данные зависимости, можно преобразовывать исходные логические функции (выражения) в более простые (**минимизировать их**). По упрощенным выражениям можно построить техническое устройство, имеющее минимальные аппаратные затраты. Именно по таким логическим выражениям проектируются схемы ЭВМ. При этом надо придерживаться определенной последовательности действий.

1. Словесное описание работы схемы.
2. Формализация словесного описания.
3. Запись функций в дизъюнктивной (конъюнктивной) совершенной нормальной форме по таблицам истинности.
4. Минимизация логических зависимостей с целью их упрощения.
5. Представление полученных выражений в выбранном логически полном базисе элементарных функций.
6. Построение схемы устройства.
7. Проверка работоспособности полученной схемы.

### 1.3.3 Элементная база ЭВМ

Вычислительные устройства, в которых кодирование и обработка информации осуществляются в двоичной системе счисления, называются **цифровыми устройствами**.

Элементы ЭВМ можно классифицировать по различным признакам. Наиболее часто такими признаками являются: тип сигналов, назначение элементов, технология их изготовления и т.д.

В ЭВМ широко применяют два способа физического представления сигналов: импульсный и потенциальный.

При **импульсном** способе представления сигналов единичному значению некоторой двоичной переменной ставится в соответствие наличие импульса (тока или напряжения), нулевому значению — отсутствие импульса (Рис. 4). Импульс характеризуется амплитудой и длительностью, при чём длительность импульсного сигнала не превышает одного временного такта машины (синхроимпульса).

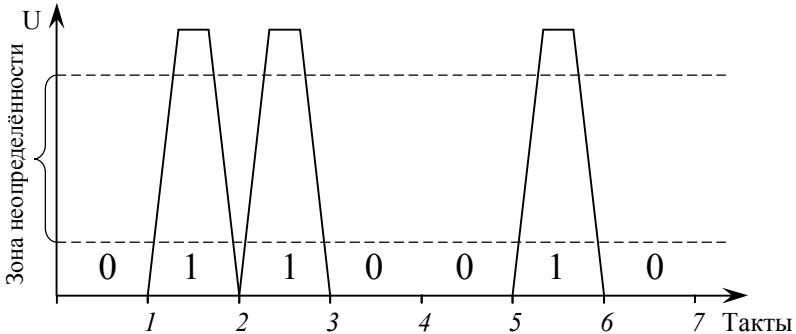


Рис. 4. Представление двоичного сигнала в импульсной форме

При **потенциальном (статическом)** представлении сигналов единичное значение двоичной переменной отображается высоким уровнем напряжения, а нулевое значение — низким уровнем или его полным отсутствием (Рис. 5).

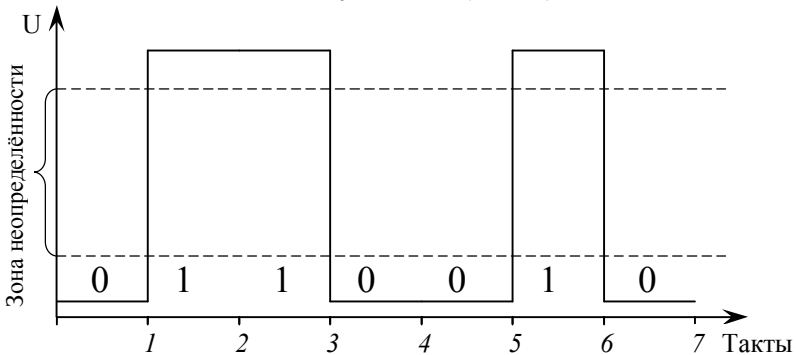


Рис. 5. Представление двоичного сигнала в потенциальной форме

По своему назначению элементы делятся на формирующие, логические и запоминающие.

**К формирующим элементам** относятся различные формирователи, усилители, усилители-формирователи и т.п. Данные элементы служат для выработки определенных электрических сигналов, восстановления их параметров (амплитуды, полярности, мощности, длительности).

В каждой ЭВМ имеются специальные блоки, формирующие сигналы тактовой частоты, серии синхронизирующих и управляющих сигналов, которые координируют работу всех схем ЭВМ. Интервал времени между импульсами основной частоты называется **тактом**. Длительность такта является важной характеристикой ЭВМ, определяющей ее потенциальную производительность. Время выполнения любой операции ЭВМ связано с определенным числом тактов.

**Запоминающим элементом** называется элемент, который способен принимать и хранить код двоичной цифры (единицы или нуля). Элементы памяти могут запоминать и сохранять исходные значения некоторых величин, промежуточные значения обработки и окончательные результаты вычислений. Только запоминающие элементы в схемах ЭВМ позволяют проводить обработку информации с учетом ее развития.

Простейшие **логические элементы** преобразуют входные сигналы в соответствии с элементарными логическими функциями, рассмотренными в п 1.3.2. В свою очередь, полученные сигналы могут формировать следующий уровень сигналов и т. д. Сложные преобразования в соответствии с требуемыми логическими зависимостями могут приводить к построению многоуровневых схем. Каждая такая схема представляет собой композицию простейших логических схем.

### 1.3.4 Способы передачи информации в ЭВМ

Независимо от вида сигналов различают три способа их передачи от одного устройства ЭВМ к другому. Это: последова-

тельный, параллельный и последовательно-параллельный коды передачи и представления информации в ЭВМ.

**При последовательном коде** представления информации используются одиночные шины или линии передачи, в которых сигналы, соответствующие отдельным разрядам данных, разнесены во времени. Обработка такой информации производится последовательно, т. е. разряд за разрядом. Этот вид представления и передачи данных требует весьма экономичных по аппаратным затратам схем обработки данных. Время же обработки определяется числом обрабатываемых сигналов (разрядов).

Таким образом, преимущества последовательного кода: 1) простота реализации; 2) неограниченно количество передаваемых разрядов.

Недостаток один: большое время передачи сигналов.

**Параллельный код** отображения и передачи информации предполагает параллельную и одновременную фиксацию всех разрядов данных на различных шинах, т.е. параллельный код данных развернут в пространстве. Это дает возможность ускорить обработку во времени, но затраты на аппаратные средства при этом возрастают пропорционально числу обрабатываемых разрядов.

Таким образом, преимущество последовательного кода: почти мгновенная передача.

Недостатки: 1) более сложная и менее надёжная реализация; 2) ограничение количества передаваемых разрядов.

Во всех вычислительных машинах используются и **параллельно-последовательные коды** представления информации. При этом информация отображается частями. Части поступают на обработку последовательно, а каждая часть данных представляется параллельным кодом.

Данный способ с одной стороны объединяет преимущества и последовательного и параллельного кодов, но с другой, имеет один недостаток – требует синхронизации сигналов по всем линиям связи при передаче каждой последовательной части.

### 1.3.5 Представление (Кодирование) информации в ЭВМ

Так как ЭВМ является цифровым устройством, то любая информация, обрабатываемая им, должна быть представлена двоичными цифрами {0 или 1}. Но мы знаем, что компьютеры способны также обрабатывать информацию, которая, казалось бы, не имеет ничего общего с числами или логикой. Например, они могут обрабатывать звуки, вводимые через микрофон, воспроизводя их затем через громкоговоритель или записывая на специальный диск. Они могут следить за температурой в лабораториях или манипулировать телевизионными изображениями. Во всех этих случаях компьютер сначала переводит информацию в цифровую форму, т. е. представляет ее в виде двоичных разрядов. Такое представление информации в двоичную форму называют – кодированием

Различные виды информации (числа, тексты, графика, звук) имеют свои правила кодирования. Коды отдельных значений, относящиеся к различным видам информации, могут совпадать. Поэтому расшифровка кодированных данных осуществляется по контексту при выполнении команд программы.

Рассмотрим кодирование различных видов информации в исторической последовательности их использования.

#### Представление (кодирование) числовой информации

Общее правило перевода чисел из одной системы счисления в другую формулируется так: *перевод числа  $X$  из системы счисления с основанием  $P$  в систему счисления с основанием  $K$  выполняется путем нахождения остатков от деления числа  $X$  на основание  $K$ , при этом процесс продолжается до тех пор, пока частное от деления не будет меньше основания  $K$ . Все вычисления выполняются в системе счисления с основанием  $P$ .*

Например, для перевода числа 10 из десятичной системы счисления в двоичную необходимо найти остатки от деления числа 10 на 2. Аналогично выполняются преобразования в восьмеричную и шестнадцатеричную системы счисления.

Для обратного перевода числа из любой системы счисления в десятичную удобнее использовать другое правило: *перевод числа  $X$  из системы счисления основанием  $K$  в систему счисления с основанием  $P$  осуществляется путем представления числа  $X$  по степеням основания  $K$ . Все вычисления выполняются в системе счисления с основанием  $P$ , т. е. основание  $K$  и цифры исходного числа должны также быть выражены в системе счисления с основанием  $P$ .*

Например, перевод двоичного числа 1010 в десятичную систему счисления выполняется представлением числа 1010<sub>2</sub> по степеням с основанием 2, начиная с нулевой степени при младшем (самом правом) разряде двоичного слова.

Если необходимо перевести число из двоичной системы счисления в систему счисления, основанием которой является степень двойки, достаточно объединить цифры двоичного числа в группы по столько цифр, каков показатель степени, такой перевод ещё называют табличным.

В общем, при расчётах в ЭВМ используются три вида чисел:

- 1) числа с фиксированной точкой (запятой);
- 2) числа с плавающей точкой (запятой)
- 3) числа в двоично-десятичное представление.

Точка (запятая) — это подразумеваемая граница целой и дробной частей числа.

У чисел с фиксированной точкой в двоичном формате предполагается строго определенное место точки (запятой). Перед самым старшим из возможных разрядов двоичного числа фиксируется его знак. Положительные числа имеют нулевое значение знакового разряда, отрицательные — единичное.

Другой формой представления чисел является представление их в виде чисел с плавающей точкой (запятой). Числа с плавающей точкой представляются в виде мантиссы  $m_a$  и порядка  $p_a$ , иногда это представление называют полулогарифмической формой числа. Например, число  $A_{10} = 373$  можно представить в виде  $0.373 \cdot 10^3$ , при этом  $m_a = 0.373$ ,  $p_a = 3$ , основание системы счисления подразумевается фиксированным и равным десяти. Для двоичных чисел  $A_2$  в этом представлении также формирует-

ся мантисса  $m_a$  и порядок  $p_a$  при основании системы счисления, равном двум.

Третья форма представления двоичных чисел — двоично-десятичная. Ее появление объясняется следующим. При обработке больших массивов десятичных чисел (например, больших экономических документов) приходится тратить много времени на перевод этих чисел из десятичной системы счисления в двоичную для последующей обработки и обратно — для вывода результатов. Каждый такой перевод требует выполнения двух — четырех десятков машинных команд. С включением в состав отдельных ЭВМ специальных функциональных блоков или спецпроцессоров десятичной арифметики появляется возможность обрабатывать десятичные числа напрямую, без их преобразования, что сокращает время вычислений. При этом каждая цифра десятичного числа представляется двоичной тетрадой. Например,  $A_{10} = 3759$ ,  $A_{2-10} = 001101110101\ 1001$ . Положение десятичной точки (запятой), отделяющей целую часть от дробной, обычно заранее фиксируется. Значение знака числа отмечается кодом, отличным от кодов цифр. Например, знак «+» имеет значение тетрады «1100», а знак «-» — «1101».

**Представление (кодирование) символьной информации** (буквы алфавита и др. символы) заключается в том, что каждому символу ставится в соответствие уникальное число, т.е. каждый символ **нумеруется**.

Наиболее распространенный стандарт кодировки символов **ASCII-код** ("Американский Стандартный Код для Обмена Информацией" — англ. American Standart Code for Information Interchange) был введен в США еще в 1963 г. и после модификации в 1977 г. был принят в качестве всемирного стандарта.

Для хранения двоичного кода одного символа выделен 1 байт = 8 бит, например: А – 01000001, В – 01000010, С – 01000011, D – 01000100 и т.д.

Учитывая, что каждый бит принимает значение 0 или 1, количество их возможных сочетаний в байте равно  $2^8 = 256$ . Значит, с помощью 1 байта можно получить 256 разных двоичных кодовых комбинаций и отобразить с их помощью 256 различных символов. Такое количество символов вполне достаточно

для представления текстовой информации, включая прописные и заглавные буквы русского и латинского алфавита, цифры, знаки, графические символы и т.д.

Для простоты работы все символы были сведены в таблицу, где номер строки определяет первые 4 бита, а номер столбца, вторые 4 бита. Таблица кодирования символов 8-битовыми числами называется **кодовой таблицей символов** (таблица 2).

Таблица 2

Кодовая таблица стандарта ASCII

| [ | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | A   | B   | C   | D   | E   | F   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 |     | ␣   | ␢   | ♥   | ♦   | ♣   | ♠   | ●   | ○   |     |     |     |     |     |     |     |
|   |     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
| 1 | ▶   | ◀   |     | !   |     |     | —   |     | ↑   | ↓   | →   | ←   |     | ↔   | ▲   | ▼   |
|   | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
| 2 |     | !   | !"  | #   | \$  | %   | &   | '   | (   | *   | +   | ,   | -   | .   | /   |     |
|   | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  |
| 3 | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | :   | ;   | <   | =   | >   | ?   |
|   | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  |
| 4 | @   | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   | J   | K   | L   | M   | N   | O   |
|   | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  |
| 5 | P   | Q   | R   | S   | T   | U   | V   | W   | X   | Y   | Z   | [   | \   | ]   | ^   | _   |
|   | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  |
| 6 | '   | a   | b   | c   | d   | e   | f   | g   | h   | i   | j   | k   | l   | m   | n   | o   |
|   | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 |
| 7 | p   | q   | r   | s   | t   | u   | v   | w   | x   | y   | z   | {   |     | }   | ~   | ␣   |
|   | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 |
| 8 | Ѓ   | ѳ   | ѥ   | ѧ   | ѩ   | ѫ   | ѭ   | Ѯ   | Ѱ   | Ѳ   | Ѵ   | Ѷ   | Ѹ   | Ѻ   | Ѽ   | Ѿ   |
|   | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 |
| 9 | Ѣ   | Ѥ   | Ѧ   | Ѩ   | Ѭ   | Ѯ   | Ѱ   | Ѳ   | Ѵ   | Ѷ   | Ѹ   | Ѻ   | Ѽ   | Ѿ   | Ѣ   | Ѥ   |
|   | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 |
| A | і   | ó   | ú   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   | ñ   |
|   | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 |
| B | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   |
|   | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 |
| C | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   |
|   | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 |
| D | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   | ␣   |
|   | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 |
| E | α   | β   | Γ   | π   | Σ   | σ   | μ   | τ   | φ   | θ   | Ω   | δ   | ∞   | φ   | ε   | η   |
|   | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 |
| F | ≡   | ±   | ≥   | ≤   |     | ÷   | ≈   | °   | •   | √   | ∞   | ∞   | ∞   | ∞   | ∞   | ∞   |
|   | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 |

Кодировка символов, предложенная IBM (соответствует ASCII - кодировке)

Символы с кодами от 0 до 127 – составляют постоянную (базовую) часть таблицы. Для их кодирования используется 7

разрядов. Первые 33 кода (с 0 до 32) соответствуют не символам, а операциям (перевод строки, ввод пробела и т. д.). Коды с 33 по 127 являются интернациональными и соответствуют символам латинского алфавита, цифрам, знакам арифметических операций и знакам препинания.

Символы с кодами от 128 до 255 – составляют расширенную (национальную) часть таблицы. Конкретный состав этих символов определяется **кодовой страницей**. В настоящее время существует много различных кодовых страниц для русских букв (КОИ-8, CP1251, CP866, Mac, ISO), поэтому тексты, созданные в одной кодировке, могут не правильно отображаться в другой. В русской версии ОС Windows используется кодовая страница 866 и Windows (CP-1251) (таблица 3).

Таблица 3

Кодовая таблица стандарта Windows (CP-1251)

|   | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | A  | B  | C  | D  | E  | F  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 |    |    |    | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  | Ⓔ  |
| 1 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 2 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
| 3 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | :  | :  | <  | =  | >  | ?  |
| 4 | @  | A  | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  | L  | M  | N  | O  |
| 5 | P  | Q  | R  | S  | T  | U  | V  | W  | X  | Y  | Z  | [  | \  | ]  | ^  | _  |
| 6 | '  | a  | b  | c  | d  | e  | f  | g  | h  | i  | j  | k  | l  | m  | n  | o  |
| 7 | p  | q  | r  | s  | t  | u  | v  | w  | x  | y  | z  | {  |    | }  | ~  | □  |
| 8 | Ђ  | Ѓ  | И  | Ѕ  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  | Ї  |
| 9 | ђ  | ѓ  | и  | ѕ  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  | ї  |
| A | у  | ѳ  | Ј  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  | ѳ  |
| B | °  | ±  | І  | і  | Г  | μ  | ·  | ё  | №  | є  | »  | ј  | Ѕ  | Ѕ  | Ѕ  | Ѕ  |
| C | А  | Б  | В  | Г  | Д  | Е  | Ж  | З  | И  | Й  | К  | Л  | М  | Н  | О  | П  |
| D | Р  | С  | Т  | У  | Ф  | Х  | Ц  | Ч  | Ш  | Щ  | Ъ  | Ы  | Ь  | Э  | Ю  | Я  |
| E | а  | б  | в  | г  | д  | е  | ж  | з  | и  | й  | к  | л  | м  | н  | о  | п  |
| F | р  | с  | т  | у  | ф  | х  | ц  | ч  | ш  | щ  | ъ  | ы  | ь  | э  | ю  | я  |

Физически *кодирование символов* происходит непосредственно при вводе с клавиатуры. При этом при нажатии клавиши, контроллер клавиатуры по принципу мультиплексирования выдает и копирует в буфер сразу 8 бит, соответствующие номеру требуемого символа. Таким образом, каждый введенный в компьютер с клавиатуры или другим образом символ запоминается и хранится на носителе в виде набора из восьми нулей и единиц.

*Декодирование символа* – процесс более сложный, и требует наличие в памяти массива. В случае матричного шрифта - каждому элементу массива соответствует битовая матрица. Нулевые биты будут указывать чёрную точку, а единичные биты – белую точку. Для векторных шрифтов массив содержит угол поворота и длину каждого вектора.

### **Представление (кодирование) графической информации**

Как и любые другие виды данных, графические данные хранятся, обрабатываются и передаются в закодированном двоичном коде, т.е. в виде большого числа бит – нулей и единиц.

Существуют два принципиально разных подхода к представлению (оцифровке) графических данных:

- растровый;
- векторный.

Для оцифровки графических изображений при *растровом представлении* вся область данных разбивается на множество точечных элементов – *пикселей*, каждый из которых имеет свой цвет. **Совокупность пикселей** называется **растром**, а изображения, которые формируются на основе растра, называются растровыми.

Число пикселей по горизонтали и вертикали изображения определяет *разрешение изображения*. Стандартными являются значения 640x480, 800x600, 1024x768, 1280x1024 и др. Каждый пиксель нумеруется, начиная с нуля, слева направо и сверху вниз. Пример представления треугольной области растровым способом показан на рисунке 6.

Очевидно, что чем больше разрешение, тем точнее будут формироваться графические контуры, при этом естественно возрастает количество пикселей. Увеличение разрешения по го-

ризонтالي и вертикали в два раза приводит к увеличению числа пикселей в четыре раза.

При растровом способе представления графических данных под каждый пиксель отводится определенное число бит, называемое *битовой глубиной* и используемой для кодировки цвета пикселя. Каждому цвету соответствует определенный двоичный код (т.е. код из нулей и единиц).

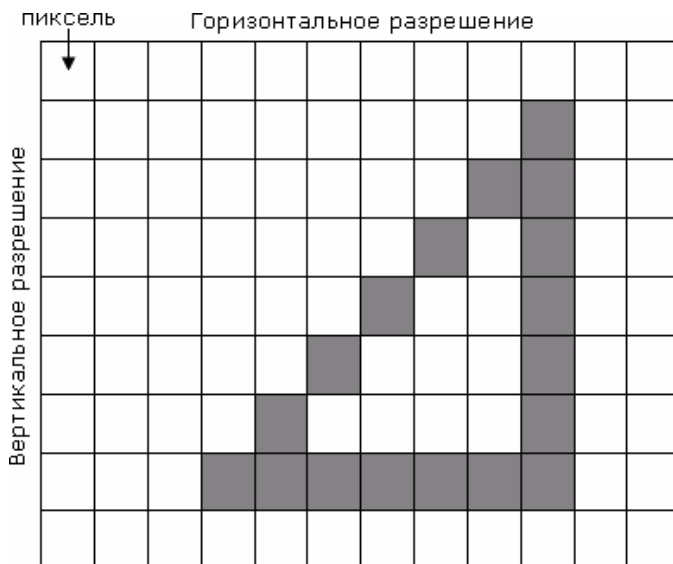


Рис. 6. Представления треугольной области растровым способом

Например, если битовая глубина равна 1, то под каждый пиксель отводится 1 бит. В этом случае 0 соответствует черному цвету, 1 – белому, а изображение может быть только черно-белым. Если битовая глубина равна 4, то каждый пиксель может быть закодирован цветовой гаммой из 16 цветов (2<sup>4</sup>). При битовой глубине 8 каждый пиксель кодируется одним байтом, при этом количество цветов – 256. Вполне естественно, что с увеличением глубины цвета увеличивается объем памяти, необходимой для хранения графических данных.

Основным недостатком растровой графики является большой объем памяти, требуемый для хранения изображения. Это

объясняется тем, что запоминается цвет каждого пикселя, общее число которых определяется заданным разрешением, определяющим качество представления графических данных.

При *векторном представлении* графических данных задается и впоследствии сохраняется математическое описание каждого графического примитива – геометрического объекта (отрезка, окружности, прямоугольника и т.п.), из которых формируется изображение. Например, для воспроизведения окружности достаточно запомнить положение ее центра, радиус, толщину и цвет линии. Благодаря этому, для хранения векторных графических данных требуется значительно меньше памяти.

Основным недостатком векторной графики является невозможность работы с высококачественными художественными изображениями, фотографиями и фильмами, поэтому основной сферой применения векторной графики является представление в электронном виде чертежей, схем, диаграмм и т.п.

### **Представление (кодирование) звуковой информации**

Слуховой аппарат человека способен различать частотные составляющие звука в среднем в пределах от 20 Гц до ~20 КГц, причем верхняя граница может колебаться в зависимости от возраста и других факторов. Звуковая волна, воспринимаемая человеком, представляет собой сложную функцию зависимости амплитуды волны от времени. Сложность этой функции не позволяет задать ее точно математическим выражением или каким-то другим способом для запоминания и обработки в ЭВМ. *Поэтому звуковая волна представляется путем запоминания значений ее амплитуды в дискретные моменты времени.*

Аналоговый (непрерывный) звук представляется в аналоговой аппаратуре непрерывным электрическим сигналом. ЭВМ оперирует с данными в цифровом виде, т.е. звук в компьютере представляется в цифровом виде.

**Цифровой звук** – это способ представления электрического сигнала посредством дискретных численных значений его амплитуды.

Оцифровка сигнала включает в себя два процесса:

– процесс дискретизации (осуществление выборки)

– и процесс квантования.

Процесс *дискретизации* (Рис. 7) – это процесс получения значений величин преобразуемого сигнала в определенные промежутки времени.

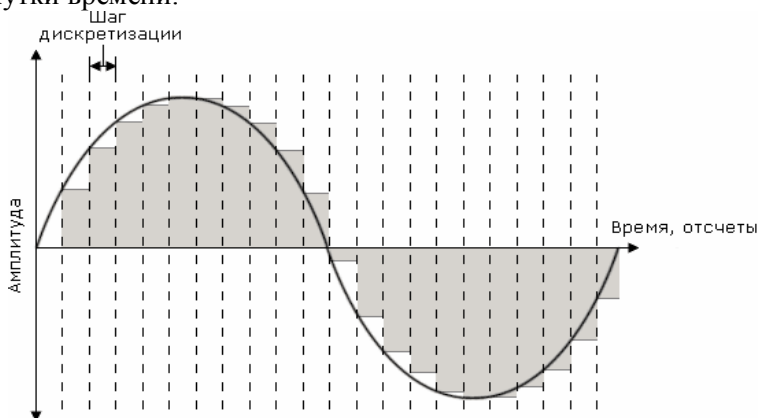


Рис. 7. Дискретизация аналогового сигнала

Процесс *квантование* (Рис. 8) – процесс замены реальных значений сигнала приближенными с определенной точностью.

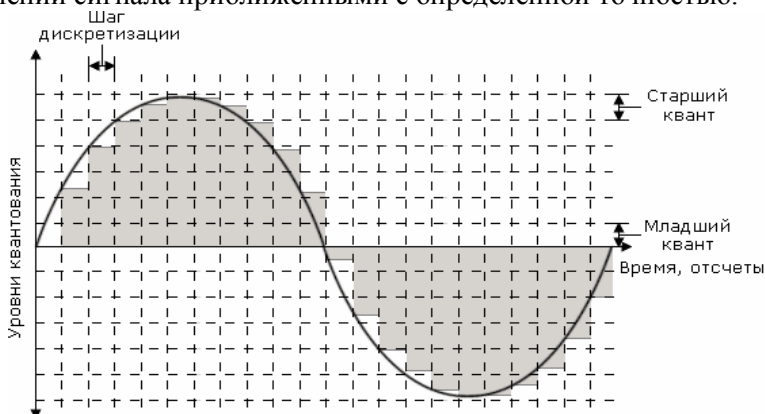


Рис. 8. Квантование аналогового сигнала

Таким образом, оцифровка звука – это фиксация амплитуды сигнала через определенные промежутки времени и регистрация полученных значений амплитуды в виде округленных цифровых

значений (так как значения амплитуды являются величиной непрерывной, нет возможности конечным числом записать точное значение амплитуды сигнала, именно поэтому прибегают к округлению).

Записанные значения амплитуды сигнала называются *отсчетами*. Очевидно, что чем чаще брать отсчеты амплитуды (т.е. чем выше частота дискретизации) и чем меньше округлять полученные значения амплитуды (т.е. чем больше уровней квантования), тем более точным будет представление звукового сигнала. При этом существенно возрастет объем хранимой информации. В связи с этим существует проблема выбора между качеством представления сигнала и занимаемым им объемом в оцифрованном виде.

При решении этой проблемы следует руководствоваться известной теоремой Котельникова, согласно которой частота дискретизации устанавливает верхнюю границу частот оцифрованного сигнала, а именно, максимальная частота спектральных составляющих равна половине частоты дискретизации сигнала. Например, чтобы получить полную информацию о звуке в частотной полосе до 22050 Гц, частота дискретизации должна быть не менее 44.1 КГц.

Именно поэтому с учетом возможностей слухового аппарата человека стандартные параметры записи аудио компакт-дисков следующие: частота дискретизации – 44.1 КГц, уровень квантования – 16 бит. Это соответствует 65536 (2<sup>16</sup>) уровням квантования амплитуды при взятии ее значений 44100 раз в секунду.

Для преобразования дискретного (цифрового) сигнала в аналоговый вид, пригодный для обработки аналоговыми устройствами (усилителями и фильтрами) и последующего воспроизведения через акустические системы, служит цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). Процесс преобразования представляет собой обратный процесс дискретизации: зная информацию о величине отсчетов (амплитуды сигнала) и используя определенное количество отсчетов в единицу времени, путем интерполирования происходит восстановление исходного сигнала (Рис. 9).

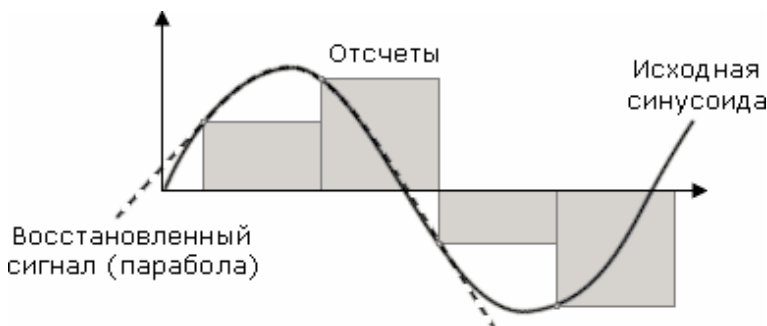


Рис. 9. Восстановление исходного сигнала с помощью интерполирования

Для преобразования звуковой информации в цифровую форму используют аппаратное средство - аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Для вывода оцифрованного звука на аудиоустройства используют аппаратное средство - цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП).

### **Представление (кодирование) видео информации**

В наиболее общем и простом случае видеоданные могут быть представлены в цифровом виде как последовательность сменяющих друг друга с определенной скоростью графических образов, соответствующих содержанию видеоряда. Например, стандарт SIF представляет видеосигнал 30 кадрами в секунду с разрешением каждого кадра 352х240 пикселей, а урезанный формат PAL/SECAM – 25 кадров в секунду с разрешением 35х×288 пикселей (полноценный стандарт PAL/SECAM имеет параметры в 4 раза больше).

Типичный размер кадра для DVD-фильма в видеостандарте PAL/SECAM составляет 720х576 пикселей при 25 кадрах в секунду и 640х480 пикселей при 30 кадрах в секунду в стандарте NTSC.

Очевидно, что представление видеоданных связано с проблемой аналогичной той, которая возникает при представлении звуковых данных – большим объемом хранимой информации.

Для разрешения этой проблемы при оцифровке видео используются алгоритмы сжатия (кодирования) видеоданных. При

кодировании исходного видеоизображения *кодек* (программа сжатия) выявляет и сохраняет ключевые кадры, на которых происходит смена сюжета. А вместо сохранения промежуточных кадров прогнозирует и сохраняет лишь информацию об изменениях в текущем кадре по отношению к предыдущему.

Наиболее известными алгоритмами сжатия является семейство алгоритмов MPEG (MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4)

## 1.4 Программно-технические принципы построения ЭВМ

Современные ЭВМ строятся на одном принципе – принципе программного управления. В основе принципа программного управления лежит представление алгоритма в форме операторной схемы, которая задает правило вычислений, как композицию операторов (операций над информацией) двух типов: операторов, обеспечивающих преобразование информации, и операторов, анализирующих информацию с целью определения порядка выполнения операторов. Реализация этого принципа в различных ЭВМ может быть разной. Используемый в современных компьютерах принцип программного управления был предложен в 1945 году Дж. фон Нейманом, и с тех пор неймановский принцип программного управления используется в качестве основного принципа построения ЭВМ.

### 1.4.1 Принцип программного управления (Принцип Джон фон Неймана)

Янош Лайош Нейман родился 28 декабря 1903 в Будапеште, работал в Германии, а затем по приглашению Принстонского университета выехал в Соединённые Штаты Америки, где он остался навсегда. Позже, после переселения в 1930-х годах в США, его имя на английский манер изменилось на Джон.



Архитектура фон Неймана — широко известный принцип совместного хранения программ и данных в памяти компьюте-

ра. Вычислительные системы такого рода часто обозначают термином «Машина фон Неймана», однако, соответствие этих понятий не всегда однозначно. В общем случае, когда говорят об *архитектуре фон Неймана*, подразумевают *физическое отделение процессорного модуля от устройств хранения программ и данных*.

Наличие жёстко заданного набора исполняемых команд и программ было характерной чертой первых компьютерных систем. Сегодня подобный дизайн применяют с целью упрощения конструкции вычислительного устройства. Так, настольные калькуляторы, в принципе, являются устройствами с фиксированным набором выполняемых программ. Их можно использовать для математических расчётов, но невозможно применить для обработки текста и компьютерных игр, для просмотра графических изображений или видео. Изменение встроенной программы для такого рода устройств требует практически полной их переделки, и в большинстве случаев невозможно. Впрочем, перепрограммирование ранних компьютерных систем всё-таки выполнялось, однако требовало огромного объёма ручной работы по подготовке новой документации, перекоммутации и перестройки блоков и устройств и т. п.

Всё изменила идея хранения компьютерных программ в общей памяти. Ко времени её появления использование архитектур, основанных на наборах исполняемых инструкций, и представление вычислительного процесса как процесса выполнения инструкций, записанных в программе, чрезвычайно увеличило гибкость вычислительных систем в плане обработки данных. Один и тот же подход к рассмотрению данных и инструкций сделал лёгкой задачу изменения самих программ.

### **Принцип Джон фон Неймана включает следующие положения:**

#### **Принцип двоичного кодирования**

Согласно этому принципу, вся информация, поступающая в ЭВМ, кодируется с помощью двоичных сигналов и разделяется на единицы (элементы) информации, называемые словами.

Слово обрабатывается в ЭВМ как одно целое - как машинный элемент информации.

### **Принцип программного управления**

Из него следует, что программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности.

*Программа* - алгоритм, представленный в терминах машинных команд.

*Команда (инструкция)* - управляющие слова, которые определяют наименование операции и слова информации, участвующие в операции.

### **Принцип однородности памяти**

Программы и данные выглядят совершенно одинаково, сами по себе неразличимы и хранятся в одной и той же памяти. Только порядок использования слов в программе вносит в них различия.

Таким образом, ЭВМ не различает, что хранится в данной ячейке памяти - число, текст или команда. И поэтому над командами можно выполнять такие же действия, как и над данными.

### **Принцип адресности**

Структурно основная память состоит из пронумерованных ячеек; процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка.

Согласно фон Нейману, ЭВМ состоит из следующих основных блоков (Рис. 10):

- *арифметическо-логическое устройство (АЛУ)*, выполняющее арифметические и логические операции;
- *устройство управления (УУ)*, которое организует процесс выполнения программ;
- *оперативно-запоминающее устройство (ОЗУ)* или память для хранения программ и данных, которое состоит из пронумерованных ячеек, легко доступных для других устройств компьютера;
- *внешнее устройство (ВУ)* для ввода-вывода информации.

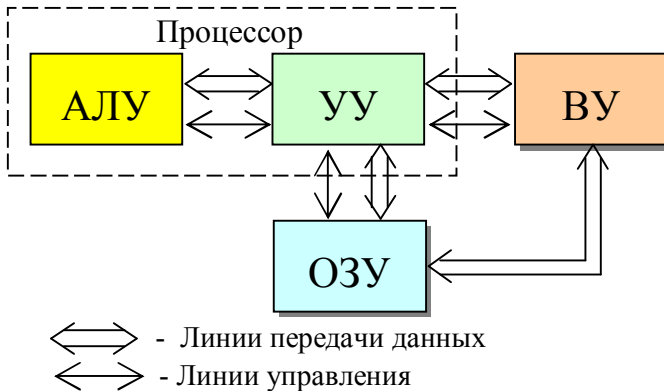


Рис. 10. Структурная схема машина фон Неймана

Последовательность работы устройств при выполнении программы:

- Шаг 1 - Сначала с помощью внешнего устройства в память компьютера вводится программа, адрес первой команды (начала программы) передаётся в УУ;
- Шаг 2 - устройство управления по указанному адресу считывает содержимое ячейки памяти, где находится команда (инструкция) программы и передаёт её АЛУ;
- Шаг 3 - арифметическо-логическое устройство организует выполнение полученной команды (инструкции): *арифметические или логические операции, чтение данных с внешних устройств или из памяти, вывод данных на внешние устройства или запись в память*;
- Шаг 4 - переход на следующую (или заданную) ячейку памяти, т.е. адрес текущей команды увеличивается на длину только что выполненной команды или непосредственно изменяется логической командой;
- Шаг 5 - Если команда не была последней, то происходит повторение предыдущих шагов, начиная со 2-го.

Таким образом может быть организовано автоматическое (без вмешательства человека) выполнение всех команд программы. Затем результаты выполненной программы должны быть выведет на внешние устройства (экран дисплея, листы бу-

маги принтера или внешняя память), и компьютер переходит в режим ожидания сигналов внешних устройств.

### 1.4.2 Развитие структурной схемы ЭВМ по поколениям

Уже в первых ЭВМ для увеличения их производительности широко применялось совмещение операций. При этом последовательные фазы выполнения отдельных команд программы (формирование адресов операндов, выборка операндов, выполнение операции, отсылка результата) выполнялись отдельными функциональными блоками. Но не смотря на это, все же первые ЭВМ имели очень сильную централизацию управления, единые стандарты форматов команд и данных, «жесткое» построение циклов выполнения отдельных операций, что во многом объясняется ограниченными возможностями используемой в них элементной базы. *Центральное УУ обслуживало не только вычислительные операции, но и операции ввода-вывода, пересылку данных между ЗУ и др. Все это позволяло в какой-то степени упростить аппаратуру ЭВМ, но значительно сдерживало рост их производительности.*

В ЭВМ второго поколения произошло усложнение структуры за счет разделения процессов ввода-вывода информации и процесса ее обработки (Рис. 11). Сильно связанные устройства АЛУ и УУ получили название *процессор*. В структуре ЭВМ появились дополнительные устройства, которые стали называться: процессоры ввода-вывода, устройства управления обмена информацией, **каналы ввода-вывода (КВВ)**. Последние получили наибольшее распространение применительно к большим ЭВМ. Здесь наметилась тенденция к децентрализации управления и параллельной работе отдельных устройств, что позволило резко повысить быстродействие ЭВМ в целом.

Среди каналов ввода-вывода выделяли мультиплексные каналы, способные обслуживать большое количество медленно работающих **устройств ввода-вывода (УВВ)**, и селекторные каналы, обслуживающие в монопольных режимах **скоростные внешние запоминающие устройства (ВЗУ)**.

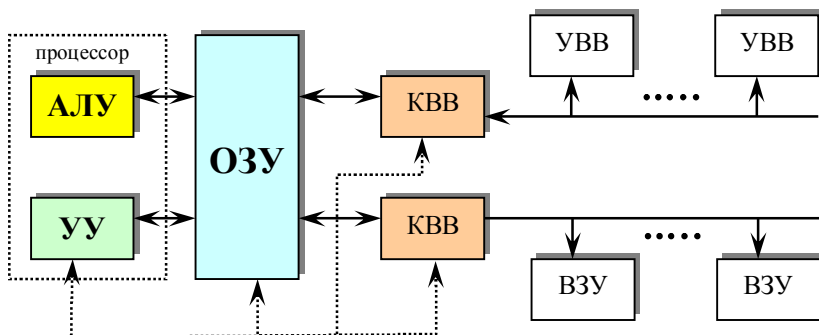


Рис. 11. Структурная схема ЭВМ второго поколения

В машинах третьего и четвертого поколений, произошло дальнейшее изменение структуры (Рис. 12). Данная структура широко применялась при построении мини-ЭВМ.

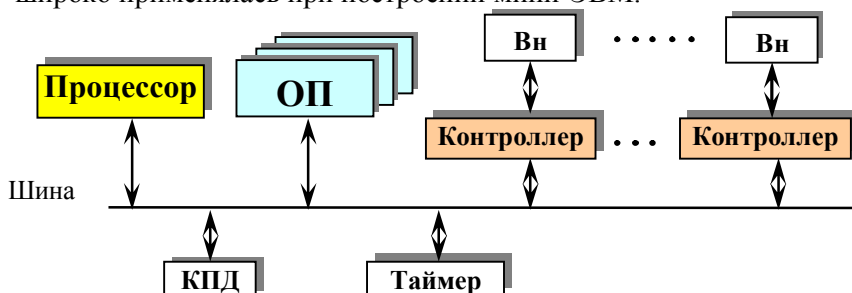


Рис. 12. Структурная схема ЭВМ третьего поколения

Соединение всех устройств в единую машину обеспечивается с помощью общей шины, представляющей собой линии передачи данных, адресов, сигналов управления и питания. Единая система аппаратных соединений значительно упростила структуру, сделав ее еще более **децентрализованной**. Все передачи данных по шине осуществляются под управлением сервисных программ.

Ядро мини- и микро-ЭВМ образуют процессор и основная память (ОП). Подключение всех внешних устройств (ВнУ): дисплея, клавиатуры, внешних ЗУ и др., обеспечивается через соответствующие контроллеры и адаптеры. Контроллеры играют

роль каналов ввода-вывода. В качестве особых устройств следует выделить **таймер** — устройство измерения времени и **контроллер прямого доступа к памяти (КПД)** — устройство, обеспечивающее доступ к ОП, минуя процессор.

### 1.4.3 Элементы структуры современных ЭВМ

*Децентрализация построения и управления* вызвала к жизни такие элементы, которые являются общим стандартом структур современных ЭВМ:

- модульность построения;
- магистральность (шины);
- иерархия управления.

**Модульность построения** предполагает выделение в структуре ЭВМ автономных, функционально и конструктивно законченных устройств (процессор, модуль памяти, накопитель на жестком или гибком магнитном диске).

Модульная конструкция делает ЭВМ открытой системой, способной к адаптации и совершенствованию. К ЭВМ можно подключать дополнительные устройства, улучшая ее технические и экономические показатели. Появляется возможность наращивания вычислительной мощности, улучшения структуры путем замены отдельных устройств на более совершенные, изменения и управления конфигурацией системы, приспособления ее к конкретным условиям применения в соответствии с требованиями пользователей.

В современных ЭВМ принцип децентрализации и параллельной работы распространен как на периферийные устройства, так и на сами ЭВМ (процессоры). Появились вычислительные системы (ВС), содержащие несколько вычислителей (ЭВМ или процессоры), работающие согласованно и параллельно. Внутри самой ЭВМ произошло еще более резкое разделение функций между средствами обработки. Появились отдельные специализированные процессоры, например сопроцессоры, выполняющие обработку чисел с плавающей точкой, матричные процессоры и др.

Все существующие типы ЭВМ выпускаются *семействами*, в которых различают старшие и младшие модели. Всегда имеется возможность замены более слабой модели на более мощную. Это обеспечивается информационной, аппаратной и программной совместимостью. Программная совместимость в семействах устанавливается по принципу «снизу вверх», т.е. программы, разработанные для ранних и младших моделей, могут обрабатываться и на старших, но не обязательно наоборот.

Модульность структуры ЭВМ требует стандартизации и унификации оборудования, номенклатуры технических и программных средств, средств сопряжения — интерфейсов, конструктивных решений, унификации типовых элементов замены, элементной базы и нормативно-технической документации. Все это способствует улучшению технических и эксплуатационных характеристик ЭВМ, росту технологичности их производства.

Децентрализация управления предполагает **иерархическую организацию структуры ЭВМ**. Устройство управления главного, или центрального, процессора определяет лишь последовательность работ подчиненных модулей и их инициализацию, после чего они продолжают работу по собственным программам управления. Результаты выполнения требуемых операций представляются ими «вверх по иерархии» для правильной координации всех работ

Подчиненные модули (контроллеры, адаптеры, каналы ввода-вывода) могут в свою очередь использовать специальные шины или **магистраль** для обмена информацией. Стандартизация и унификация привели к появлению иерархии шин и к их специализации. Из-за различий в скоростях работы отдельных устройств в структурах ПК появились:

- *системная шина* — для взаимодействия основных устройств;
- *внешняя шина (локальная)* — для подключения адаптеров внешних быстродействующих устройств для ввода и вывода информации;
- *периферийная шина* — для подключения «медленных» периферийных устройств.

Иерархический принцип построения и управления характерен не только для структуры ЭВМ в целом, но и для отдельных ее подсистем. Например, по этому же принципу строится система памяти ЭВМ.

С точки зрения пользователя, желательно иметь в ЭВМ оперативную память большой информационной емкости и высокого быстродействия. Однако одноуровневое построение памяти не позволяет одновременно удовлетворять этим двум противоречивым требованиям. Поэтому память современных ЭВМ строится по многоуровневому, пирамидальному принципу (Рис. 13):



Рис. 13. Иерархия многоуровневой организации памяти

1. В составе процессоров может иметься сверхоперативное запоминающее устройство небольшой емкости, образованное несколькими десятками или несколькими сотнями регистров с быстрым временем доступа, составляющим один такт процессора (наносекунды, не). Здесь обычно хранятся данные, непосредственно используемые в обработке. Такую память принято называть микропроцессорной памятью МПП.

2. Следующий уровень образует кэш-память, или память блокнотного типа, представляющая собой буферное запоминающее устройство для хранения активных страниц объемом десятки и сотни Кбайтов. В современных ПК она в свою очередь делится:

- а) - на кэш L1 (Емкость = 16 - 32 Кбайта с временем доступа 1 - 2 такта процессора);
- б) - на кэш L2 (Емкость = 128 - 512 Кбайт с временем доступа 3 - 5 тактов)
- в) - и даже на кэш L3 (Емкость = 2 - 4 Мбайта с временем доступа 8 - 10 тактов).

*Кэш память, как более быстродействующая, предназначена для ускорения выборки команд программы и обрабатываемых данных. Здесь возможна ассоциативная выборка данных.*

3. Основной объем программ пользователей и данных к ним размещается в оперативном запоминающем устройстве (емкость — миллионы машинных слов, время выборки — 10—20 тактов процессора).

4. На более низких уровнях иерархии находятся внешние запоминающие устройства на магнитных носителях: на жестких и гибких магнитных дисках, магнитных лентах, магнитооптических дисках и др. Их отличает низкое быстродействие и очень большая емкость.

Организация заблаговременного обмена информационными потоками между ЗУ различных уровней при децентрализованном управлении ими позволяет рассматривать иерархию памяти как абстрактную единую кажущуюся (виртуальную) память. *Согласованная работа всех уровней обеспечивается под управлением программ операционной системы. Пользователь имеет возможность работы с памятью, намного превышающей емкость ОЗУ.*

Децентрализация управления и структуры ЭВМ позволила перейти к более сложным многопрограммным (мультипрограммным) режимам. При этом в ЭВМ одновременно может обрабатываться несколько программ пользователей. В ЭВМ, имеющих один процессор, многопрограммная обработка является кажущейся. Она предполагает параллельную работу отдельных устройств, задействованных в вычислениях по различным задачам пользователей.

В ЭВМ, имеющих несколько процессоров обработки, многопрограммная работа может быть более глубокой. Автоматическое управление вычислениями предполагает усложнение

структуры за счет включения в ее состав систем и блоков, разделяющих различные вычислительные процессы друг от друга, исключающие возможность возникновения взаимных помех и ошибок (системы прерываний и приоритетов, защиты памяти). Самостоятельного значения в вычислениях они не имеют, но являются необходимым элементом структуры для обеспечения этих вычислений.

Не смотря на все указанные усовершенствования, все приведенные структуры не выходят за пределы классической структуры фон Неймана. Их объединяют следующие традиционные признаки:

- ядро ЭВМ образует процессор — единственный вычислитель в структуре, дополненный каналами обмена информацией и памятью;
- линейная организация ячеек всех видов памяти фиксированного размера;
- одноуровневая адресация ячеек памяти, стирающая различия между всеми типами информации;
- внутренний машинный язык низкого уровня, при котором команды содержат элементарные операции преобразования простых операндов;
- последовательное централизованное управление вычислениями;
- достаточно примитивные возможности устройств ввода-вывода.

#### **1.4.4 Многоуровневая организация вычислительных процессов**

Как мы говорили ранее, ЭВМ может решать задачи, выполняя данные ей команды. Электронные схемы каждого компьютера могут распознавать и выполнять ограниченный набор простых команд.

Существует огромная разница между тем, что удобно людям, и тем, что могут компьютеры. Все программы перед вы-

полнением должны быть превращены в последовательность таких команд, которые обычно не сложнее, чем, например: - сложить 2 числа; - проверить, не является ли число нулем; - скопировать блок данных из одной части памяти компьютера в другую.

Эти примитивные команды в совокупности составляют язык, на котором люди могут общаться с компьютером. Такой язык называется *машинным*. Разработчик при создании нового компьютера должен решить, какие команды включить в машинный язык этого компьютера. Это зависит от назначения компьютера и от задач, которые он должен решать. Обычно стараются сделать машинные команды как можно проще, чтобы избежать сложностей при разработке компьютера и снизить затраты на необходимую электронику. Большинство машинных языков крайне примитивны, из-за чего писать на них и трудно, и утомительно.

Это простое наблюдение с течением времени привело к построению ряда уровней абстракций, каждая из которых надстраивается над абстракцией более низкого уровня. Именно таким образом можно преодолеть сложности при общении с компьютером. Мы называем этот подход многоуровневой компьютерной организацией.

Вышеупомянутую проблему можно решить двумя способами. Оба способа подразумевают разработку новых команд, более удобных для человека, чем встроенные машинные команды. Эти новые команды в совокупности формируют ЯЗЫК, который мы будем называть Я\_1. Встроенные машинные команды тоже формируют язык, и мы будем называть его Я\_0. Компьютер может выполнять только программы, написанные на его машинном языке Я\_0. Два способа решения проблемы различаются тем, каким образом компьютер будет выполнять программы, написанные на языке Я\_1, — ведь в конечном итоге компьютеру доступен только машинный язык Я\_0.

Первый способ выполнения программы, написанной на языке Я\_1, подразумевает замену каждой команды эквивалентным набором команд на языке Я\_0. В этом случае компьютер выполняет новую программу, написанную на языке Я\_0, вместо

старой программы, написанной на Я\_1. Эта технология называется трансляцией.

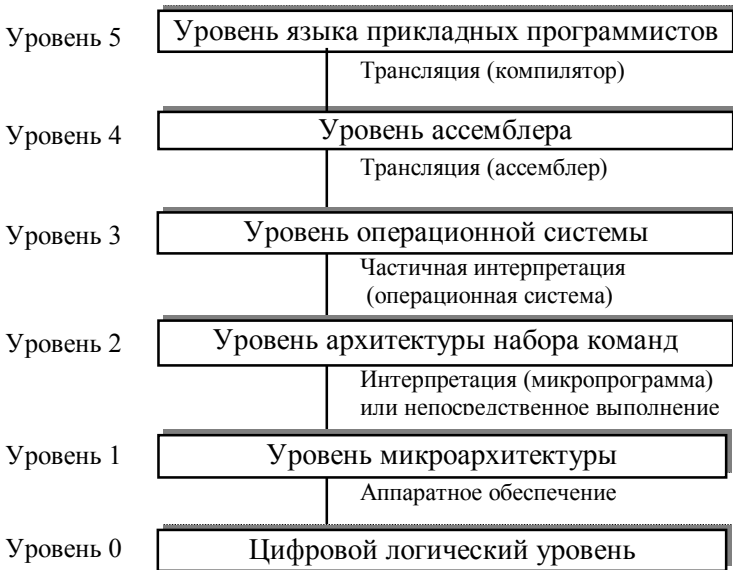
Второй способ означает создание программы на языке Я\_0, получающей в качестве входных данных программы, написанные на языке Я\_1. При этом каждая команда языка Я\_1 обрабатывается поочередно, после чего сразу выполняется эквивалентный ей набор команд языка Я\_0. Эта технология не требует составления новой программы на Я\_0. Она называется интерпретацией, а программа, которая осуществляет интерпретацию, называется интерпретатором.

Между трансляцией и интерпретацией много общего. В обоих подходах компьютер в конечном итоге выполняет набор команд на языке Я\_0, эквивалентных командам Я\_1. Различие лишь в том, что при трансляции вся программа Я\_1 перекладывается в программу Я\_0, программа Я\_1 отбрасывается, а новая программа на Я\_0 загружается в память компьютера и затем выполняется.

При интерпретации каждая команда программы на Я\_1 перекодирована в Я\_0 и сразу же выполняется. В отличие от трансляции, здесь не создается новая программа на Я\_0, а происходит последовательная перекодировка и выполнение команд. С точки зрения интерпретатора, программа на Я\_1 есть не что иное, как «сырые\*» входные данные. Оба подхода широко используются как вместе, так и по отдельности.

Большинство современных компьютеров состоит из двух и более уровней. Пример машины с шестью уровнями показан на рисунке 14.

**Уровень 0 - цифровой логический уровень.** Объекты на этом уровне, называются **вентильями** и реализуют основные логические функции, описанных в п 1.3.2. Хотя вентили состоят из аналоговых компонентов, таких как транзисторы, они могут быть точно смоделированы как цифровые устройства. У каждого вентиля есть один или несколько цифровых входов (сигналов, представляющих 0 или 1). Вентиль вычисляет простые функции этих сигналов, такие как например И или ИЛИ. Каждый вентиль формируется из нескольких транзисторов.



- Способ поддержки каждого уровня указан под ним.

- В скобках дано название соответствующего программного обеспечения

Рис. 14. Структура шестиуровневого компьютера

**Уровень 1 - уровень микроархитектуры.** Электронные схемы, выполняющие машинно-зависимые программы. На этом уровне находятся совокупности регистров, которые формируют локальную память и схему, намываемую АЛУ (арифметико-логическое устройство). АЛУ выполняет простые арифметические операции. Регистры вместе с АЛУ формируют тракт данных, по которому поступают данные.

Па некоторых машинах работа тракта данных контролируется особой программой, которая называется микропрограммой. Па других машинах тракт данных контролируется аппаратными средствами.

Первые два уровня находятся в процессоре и будут рассмотрены в соответствующей главе.

### **Уровень 2 - уровень архитектуры набора команд.**

На машинах, где тракт данных контролируется программным обеспечением, микропрограмма — это интерпретатор для команд на уровне 2. Микропрограмма вызывает команды из памяти и выполняет их одну за другой, используя при этом тракт данных.

На компьютере с аппаратным контролем тракта данных происходит такая же процедура, но при этом нет программы, интерпретирующей команды уровня 2.

Каждый производитель публикует руководство для компьютеров, которые он продает. Подобное руководство содержит информацию именно об этом уровне. Описываемый в нем набор машинных команд в действительности выполняется *микропрограммой-интерпретатором* или *аппаратным обеспечением*.

**Уровень 3 - уровень операционной системы.** Обычно он является гибридным, так как большинство команд в его языке есть также и на уровне архитектуры набора команд. Команды уровня 3, идентичные командам уровня 2, выполняются микропрограммой или аппаратным обеспечением, но не операционной системой. Другими словами, *одна часть команд уровня 3 интерпретируется операционной системой, а другая часть — микропрограммой.*

У этого уровня есть некоторые дополнительные особенности: новый набор команд, другая организация памяти, способность выполнять две и более программы одновременно и некоторые другие. При построении уровня 3 возможно больше вариантов, чем при построении уровней 1 и 2.

**Уровень 4 – уровень ассемблера** представляет собой символическую форму одного из языков более низкого уровня. На этом уровне можно писать программы в приемлемой для человека форме. Эти программы сначала **транслируются** на язык уровня 1, 2 или 3, а затем *интерпретируются* соответствующей виртуальной или фактически существующей машиной.

Программа, которая выполняет трансляцию, называется **ассемблером**.

**Уровень 5** – уровень языка прикладных программистов. Такие языки называются **языками высокого уровня**. Существуют сотни языков высокого уровня. Наиболее известные среди них – C, C++, Pascal, Java. Программы, написанные на этих языках, обычно транслируются на уровень 3 или 4. Трансляторы, которые обрабатывают эти программы, называются **компиляторами**.

*Нижние три уровня задуманы не для того, чтобы с ними работал обычный программист. Они изначально ориентированы на интерпретаторы и трансляторы, поддерживающие более высокие уровни. Эти трансляторы и интерпретаторы составляют так называемыми системными программистами. Уровни с четвертого и выше предназначены для прикладных программистов, решающих конкретные задачи.*

*Машинные языки уровней 1, 2 и 3 — цифровые. Программы, написанные на этих языках, состоят из длинных рядов цифр, которые воспринимаются компьютерами, но малопонятны для людей. Начиная с уровня 4, языки содержат слова и сокращения, понятные человеку.*

## 1.5 Интерфейсы ЭВМ

*Интерфейс (interface) – совокупность средств сопряжения и связи, обеспечивающая эффективное взаимодействие систем или их частей.*

*Внутримашинный интерфейс — система связи и сопряжения узлов и блоков компьютера между собой. Представляет собой совокупность электрических линий связи (проводов), схем сопряжения с компонентами компьютера, протоколов (алгоритмов) передачи и преобразования сигналов.*

В современных интерфейсах для формирования стандарта подключения устройств к системе широко используются наборы микросхем, генерирующих стандартные сигналы. Это существенно усложняет и удорожает не только сам интерфейс, но и компьютер в целом.

### 1.5.1 Классификация интерфейсов

В интерфейсе обычно предусмотрены вопросы сопряжения на *механическом* и *логическом* уровнях.

**Механический** уровень: - число проводов, - элементы связи, - типы соединений, - разъемы, - номера контактов и т. п.

**Логический** уровень: - сигналы, - их длительность, - полярность, - частоты и амплитуда, - протоколы взаимодействия.

Существуют четыре основных признака для классификации интерфейса: - по способу соединения компонентов; - по способу передачи информации; - по принцип обмена информацией; - по режиму передачи информации.

1. При классификации **по способу соединения компонентов** выделяют:

- односвязный (магистральный),
- многосвязный (радиальный),
- цепочечный,
- смешанный;

При *многосвязном интерфейсе* (Рис. 15) каждый блок ПК соединен с прочими блоками своими локальными проводами (линиями связи). При этом, если блоков в системе N, то линий связи потребуется N-1.

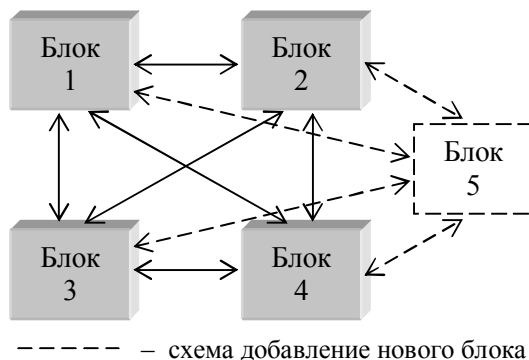


Рис. 15. Схема системы с многосвязным интерфейсом

Многосвязный интерфейс иногда применяется в качестве периферийного интерфейса (для связи с внешними устройствами ПК), дополняющего системный, а в качестве системного – лишь в некоторых простых компьютерах.

Преимущество: возможность параллельной, независимой передачи данных по разным линиям связей.

Недостатки: 1) громоздкость 2) сложность, а порой и невозможность добавления новых элементов.

При *односвязном интерфейсе* (Рис. 16) все блоки ПК связаны друг с другом через общую или системную шину. Односвязный интерфейс в ЭВМ часто используется в качестве основного.

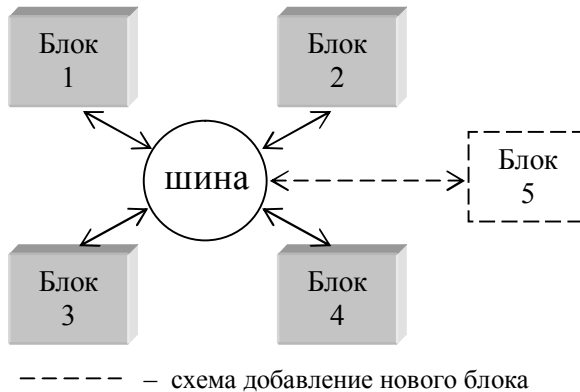


Рис. 16. Схема системы с односвязным интерфейсом

Преимущества: 1) простота реализации; 2) лёгкость добавления новых элементов.

Недостаток: невозможность параллельной передачи данных между различными устройствами. Передача происходит только последовательно.

2. При классификации **по принципу обмена информацией** выделяют:

- синхронный интерфейс,
- асинхронный интерфейс,
- изохорный интерфейс;

*Синхронный интерфейс* содержит линию, которая запускается кварцевым генератором. Сигнал на этой линии представляет собой меандр с частотой обычно от 5 до 100 МГц. Любое действие шины занимает целое число так называемых *циклов шины*.

*Асинхронная шина* не содержит задающего генератора. Циклы шины могут быть произвольными и не обязательно одинаковыми для всех пар устройств.

3. При классификация *по способ передачи информации* выделяют: - параллельный,

- последовательный,

- параллельно-последовательный;

При *параллельном интерфейсе* отдельные биты слова передаются по отдельным линиям.

При *последовательном интерфейсе* отдельные биты слова передаются по единственной линии последовательно во времени.

4. При классификация *по режиму передачи информации* выделяют: - двухстороннее одновременное,

- двухстороннее поочередное,

- одностороннее.

При *двухсторонней одновременной передаче информации* данные пересылаются в обоих направлениях одновременно. Данный режим так же называют - **дуплексная передача** данных.

При *двухсторонней поочередной передаче информации* данные пересылаются в обоих направлениях поочередно. Данный режим так же называют - **полудуплексная передача** данных.

При *односторонней поочередной передаче информации* данные пересылаются в одном предварительно определенном направлении. Данный режим так же называют - **симплексная передача** данных.

## 1.5.2 Шина, назначение и характеристика

В подавляющем большинстве современных ПК в качестве системного интерфейса используется *системная шина*.

**Шина** (bus) — совокупность линий связи, по которым информация передается одновременно. Информационные каналы в шине, используемые совместно несколькими устройствами, так как число связей желательно сводить к минимуму. Они составляют главную часть стоимости устройства.

Все шины характеризуются *разрядностью* и *частотой*. Так же, важнейшими функциональными характеристиками многих шин являются *количество обслуживаемых ею устройств* и ее *пропускная способность*. Рассмотрим их попорядку.

**Разрядность** или **ширина** шины (bus width) — количество линий связи в шине. Для параллельных шин это количество битов, которое может быть передано по шине одновременно. Для последовательных шин это количество пакетов, передаваемых по шине одновременно. Измеряется в [битах].

**Тактовая частота** шины (bus frequency) — частота, с которой передаются последовательные биты информации по линиям связи. Измеряется в [Гц] ( $\text{с}^{-1}$ ).

**Количество обслуживаемых ею устройств** — максимально возможное количество блоков, которые можно подключить, не нарушая общей структуры шины.

**Пропускная способность** — максимально возможная скорость передачи информации. Измеряется в [бит/с]. Пропускная способность шины зависит от ее разрядности (есть шины 8-, 16-, 32- и 64-разрядные) и тактовой частоты, на которой шина работает. Теоретически определяется произведением разрядности на тактовую частоту, но фактически всегда меньше, зачастую даже в два раза.

Пропускную способность шины можно увеличить двумя способами: сократить время цикла шины (увеличить тактовую частоту) или увеличить ширину шины данных (то есть увеличить количество битов, передаваемых за цикл). Реально же повысить скорость работы шины довольно сложно, поскольку сигналы на различных линиях передаются с разной скоростью (это явление называется **перекосом шины**). Чем быстрее работает

шина, тем больше перекося. Мы уже говорили об этом, как недостаток параллельно-последовательного кода представления информации в п. 1.3.4.

При увеличении скорости работы шины возникает еще одна проблема: в этом случае она становится несовместимой с предыдущими версиями. Старые платы, разработанные для более медленной шины, не могут работать с новой. Такая ситуация невыгодна для владельцев и производителей старых плат. Поэтому обычно для увеличения производительности просто добавляются новые линии. В этом тоже есть свои недостатки. Компьютер IBM PC и его последователи, например, начали с 8 информационных линий, затем перешли к 16, потом — к 32 линиям, и все это в одной и той же шине.

Чтобы обойти эту проблему, разработчики иногда отдают предпочтение **мультиплексной шине**. В этой шине нет разделения на адресные и информационные линии. В ней может быть, например, 32 линии и для адресов, и для данных. Сначала эти линии используются для адресов, затем — для данных. Чтобы записать информацию в память, нужно сначала передавать в память адрес, а потом — данные. В случае с отдельными линиями адреса и данные могут передаваться вместе. Объединение линий сокращает ширину и стоимость шины, но система работает при этом медленнее. Поэтому разработчикам приходится взвешивать все за и против, прежде чем сделать выбор.

### 1.5.3 Структура системной шины и последовательность её работы

Под основной, или *системной*, шиной обычно понимается шина между процессором и подсистемами памяти и порт ввода-вывода (ПВВ) внешних устройств.

*Порт ввода-вывода* (Input/Output port - I/O port) - аппаратура сопряжения, позволяющая подключить к микропроцессору другое устройство ПК.

Системная шина включает в себя:

- **кодovou шину данных (КШД)**, содержащую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов числового кода машинного слова (операнда);
- **кодovou шину адреса (КША)**, включающую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов кода адреса ячейки основной памяти или порта ввода-вывода внешнего устройства;
- **кодovou шину инструкций (КШИ)**, содержащую провода и схемы сопряжения для передачи инструкций (управляющих сигналов, импульсов) во все блоки машины;
- **шину питания**, имеющую провода и схемы сопряжения для подключения блоков ПК к системе энергопитания.

Важной характеристикой в системной шине является ширина. При чём для разных составляющих она влияет по разному.

Ширина КША определяет размер **адресного пространства** – т.е. максимальное количество доступных для адресации ячеек памяти.

Ширина КШД определяет **размер одной ячейки памяти**, так как содержимое ячейки должно быть передано за один такт.

Системная шина обеспечивает три направления передачи информации:

- 1) между микропроцессором и основной памятью;
- 2) между микропроцессором и портами ввода-вывода внешних устройств;
- 3) между основной памятью и портами ввода-вывода внешних устройств (в режиме прямого доступа к памяти).

Некоторые устройства, соединенные с шиной, являются активными и могут инициировать передачу информации по шине, тогда как другие являются пассивными и ждут запросов. *Активное устройство называется задающим, пассивное — подчиненным*. Когда центральный процессор требует от контроллера диска считать или записать блок информации, центральный процессор действует как задающее устройство, а контроллер диска - как подчиненное. Контроллер диска может действовать как задающее устройство, когда он командует памяти принять слова, которые считал с диска.

*Память ни при каких обстоятельствах не может быть задающим устройством.*

Рассмотрим последовательность работы составляющих системной шины когда МП выступает в роли задающего устройства, а основная памяти (или портам ввода-вывода) подчинённым:

- 1) Микропроцессор на КША формирует адрес ячейки основной памяти (или порта ввода-вывода внешнего устройства), к которой необходимо обратиться.
- 2) На КШИ параллельно с этим, формируется код операции, которую необходимо выполнить (обычно это запись или чтение)
- 3) Ячейка основной памяти (или порта ввода-вывода внешнего устройства) с указанным на КША адресом активизируется и переходит в режим работы, указанный на КШИ.
- 4) В случае успешности перехода в указанный режим, по КШИ передаётся сигнал о готовности (или не готовности) ячейки памяти (или порта ввода-вывода внешнего устройства) с указанным на КША адресом/
- 5) В случае получения сигнала готовности, МП передаёт данные или получает данные по КШД.

Таким образом, самой первой активизируется КША, чаще всего активизируется КШИ, а самой последней активизируется КШД.

*КША и КШИ всегда работают в параллельном режиме. КШД при обращении к портам ввода-вывода может работать в последовательно-параллельном режиме, так как по шине данных при этом может передаваться большой пакет данных.*

Управление системной шиной осуществляется микропроцессором либо непосредственно, либо через дополнительную микросхему - **контроллер шины**, формирующий основные сигналы управления. Второй способ встречается чаще.

Обмен информацией между внешними устройствами и системной шиной выполняется с использованием ASCII-кодов.

**Способ приема и передачи данных** от МП к внешним устройствам зависит от конструкции ЭВМ и может быть двух типов:

- Устройства ввода-вывода *включаются в общее адресное пространство*. При обращении к определенным адресам памяти вместо обмена с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) происходит аппаратное подключение того или иного внешнего устройства.

- Устройства ввода-вывода имеют *собственное адресное пространство*. При обращении к определенным адресам памяти вместо обмена с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) происходит аппаратное подключение того или иного внешнего устройства.

На одном и том же компьютере могут встречаться оба способа адресации устройств ввода-вывода одновременно.

Так как микросхемы ввода-вывода могут становиться задающими устройствами при считывании информации из памяти и записи информации в память, то возникает вопрос: «Что происходит, когда задающим устройством шины становятся два или более устройства одновременно?» Чтобы предотвратить хаос, который может при этом возникнуть, нужен специальный механизм, называемый **арбитражем шины**.

*Арбитраж может быть централизованным или децентрализованным.*

## 2 ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Архитектура компьютера обычно определяется совокупностью его свойств, существенных для пользователя. Основное внимание при этом уделяется структуре и функциональным возможностям машины, которые можно разделить на основные и дополнительные.

Основные функции определяют назначение ЭВМ:

- обработка и хранение информации,
- обмен информацией с внешними объектами.

Дополнительные функции повышают эффективность выполнения основных функций:

- обеспечивают эффективные режимы ее работы,
- диалог с пользователем,
- высокую надежность и др.

Названные функции ЭВМ реализуются с помощью ее компонентов: *аппаратных* и *программных* средств.

### 2.1 Функциональная и структурная организация ПК

Как говорилось в п. 1.2.3, персональный компьютер - это настольная или переносная ЭВМ, удовлетворяющая требованиям общедоступности и универсальности применения.

Достоинствами ПК являются:

- малая стоимость, находящаяся в пределах доступности для индивидуального покупателя;
- автономность эксплуатации без специальных требований к условиям окружающей среды;
- гибкость архитектуры, обеспечивающая ее адаптивность к разнообразным применениям в сфере управления, науки, образования, в быту;
- "дружелюбность" операционной системы и прочего программного обеспечения, обуславливающая возможность работы с ней пользователя без специальной профессиональной подготовки;
- высокая надежность работы (более 5 тыс. ч наработки на отказ).

Рассмотрим последовательно структуру, функции и конструктивные элементы ПК

### 2.1.1 Общая структура персонального компьютера

Структура компьютера - это некоторая модель, устанавливающая состав, порядок и принципы взаимодействия входящих в нее компонентов.

На рисунке 17 представлена схема персонального компьютера (ПК) с самыми основными устройствами, которые необходимы для его работы.

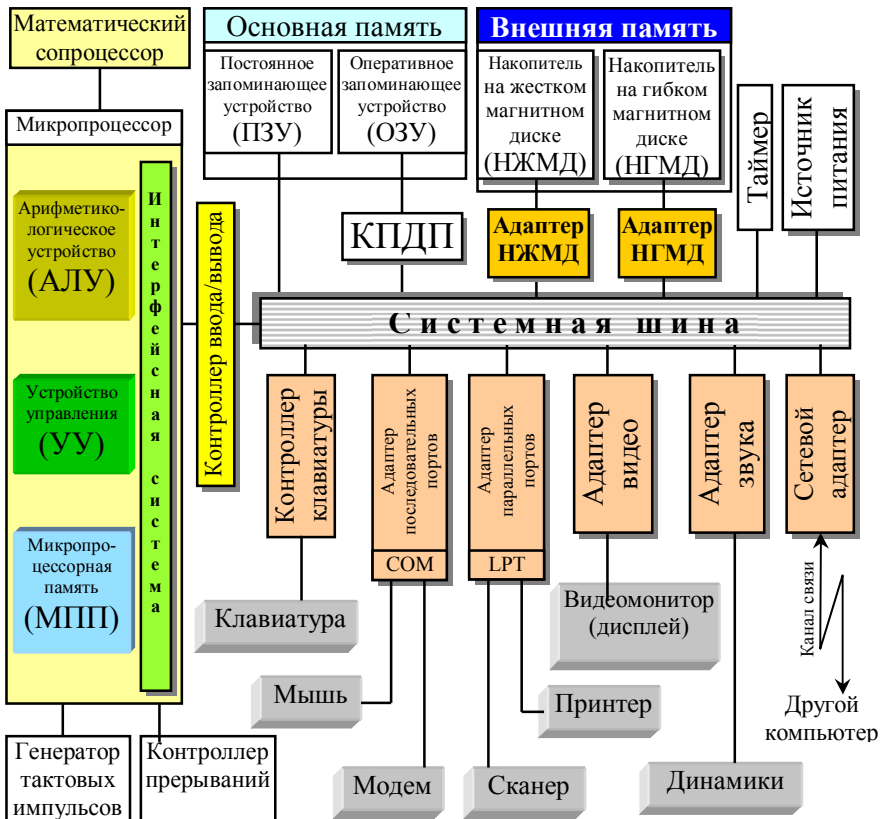


Рис. 17. Структурная схема персонального компьютера

Рассмотрим состав и назначение основных блоков ПК, обозначенных на рисунке 17:

**1) Микропроцессор (МП).** Это центральный блок ПК, предназначенный для управления работой всех блоков машины и для выполнения арифметических и логических операций над информацией.

В состав микропроцессора входят:

- *устройство управления (УУ)* которое: - формирует и подает во все блоки машины в нужные моменты времени определенные сигналы управления (управляющие импульсы), обусловленные спецификой выполняемой операции и результатами предыдущих операций; - формирует адреса ячеек памяти, используемых выполняемой операцией, и передает эти адреса в соответствующие блоки ЭВМ;
- *арифметико-логическое устройство (АЛУ)* - предназначено для выполнения всех арифметических и логических операций над числовой и символьной информацией;
- *микропроцессорная память (МПП)* - служит для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, непосредственно используемой в вычислениях в ближайшие такты работы машины. МПП строится на регистрах и используется для обеспечения высокого быстродействия машины, ибо основная память (ОП) не всегда обеспечивает скорость записи, поиска и считывания информации, необходимую для эффективной работы быстродействующего микропроцессора. Регистры - быстродействующие ячейки памяти различной длины (в отличие от ячеек ОП, имеющих стандартную длину 1 байт и более низкое быстродействие);
- *интерфейсная система микропроцессора (ИС)*- реализует сопряжение и связь с другими устройствами ПК. ИС включает в себя внутренний интерфейс МП, буферные запоминающие регистры и схемы управления портами ввода-вывода (ПВВ) и системной шиной.

**2) Системная шина.** Это основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь всех его устройств между собой. Структуру системной шины и последовательность её работы мы рассмотрели в п. 1.5.3.

Все блоки, а точнее их порты ввода-вывода, через соответствующие унифицированные разъемы (стыки) подключаются к шине единообразно:

- непосредственно или - через контроллеры (адаптеры).

**3) Основная память (ОП).** Предназначена для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств:

- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

*ПЗУ (иначе ROM – Read Only Memory)* служит для хранения неизменяемой (постоянной) программной и справочной информации. ПЗУ позволяет оперативно *только считывать* хранящуюся в нем информацию (изменить информацию в ПЗУ нельзя). Информация в ПЗУ сохраняется при отсутствии питания.

*ОЗУ (иначе RAM – Read Access Memory)* предназначено для оперативной *записи*, хранения и считывания информации (программ и данных), непосредственно участвующей в информационно-вычислительном процессе, выполняемом ПК в текущий период времени.

Главными достоинствами оперативной памяти являются ее высокое быстродействие и возможность обращения к каждой ячейке памяти отдельно (прямой адресный доступ к ячейке). В качестве недостатка ОЗУ следует отметить невозможность сохранения информации в ней после выключения питания машины (энергозависимость).

**4) Внешняя память.** Относится к внешним устройствам ПК и используется для долговременного хранения любой информации, которая может когда-либо потребоваться для решения задач. В частности, во внешней памяти хранится все программное обеспечение компьютера.

Внешняя память содержит множество типов запоминающих устройств, которые мы рассмотрим в п. 2.5.2. Но наиболее распространенными, имеющимися практически на любом компьютере, являются *накопители на жестких (НЖМД) и гибких (НГМД) магнитных дисках*.

**5) Источник питания.** Это блок, содержащий системы автономного и сетевого энергопитания ПК.

Различают два типа источников питания:

- *автономные* – батареи и аккумуляторы,
- *сетевые* – от сети переменного тока.

**6) Таймер.** Внутримашинные электронные часы реального времени, обеспечивающие при необходимости автоматический съем текущего момента времени (год, месяц, часы, минуты, секунды и доли секунд).

Основное назначение таймера – выдача сигналов 18 раз в секунду. Таймер подключается к автономному источнику питания - аккумулятору и при отключении машины от сети продолжает работать.

**7) Внешние устройства (ВУ)** или иначе периферия. Это важнейшая составная часть любого вычислительного комплекса. От состава и характеристик ВУ во многом зависят возможность и эффективность применения ПК в системах управления и в народном хозяйстве в целом.

ВУ ПК обеспечивают взаимодействие машины: - с пользователями, - с объектами управления – и с другими ЭВМ.

ВУ весьма разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков. Так, по назначению можно выделить следующие виды ВУ:

- внешние запоминающие устройства (ВЗУ) или внешняя память ПК;
- диалоговые средства пользователя;
- устройства ввода информации;
- устройства вывода информации;
- средства связи и телекоммуникации.

**Диалоговые средства пользователя** включают в свой состав:

- *клавиатуру*, реже пультовые пишущие машинки (принтеры с клавиатурой) - устройство для ручного ввода числовой, текстовой и управляющей информации в ПК;
- *видеомониторы* (дисплей) – устройство для отображения вводимой и выводимой из ПК информации;
- *устройства речевого ввода* - это различные микрофонные акустические системы, "звуковые мыши", например, со сложным программным обеспечением, позволяющим распознавать произносимые человеком буквы и слова, идентифицировать их и закодировать;
- *устройства речевого вывода* - это различные синтезаторы звука, выполняющие преобразование цифровых кодов в буквы и слова, воспроизводимые через громкоговорители (динамики) или звуковые колонки, подсоединенные к компьютеру.

**К устройствам ввода информации** относятся:

- *графические планшеты* (диджитайзеры) - для ручного ввода графической информации, изображений путем перемещения по планшету специального указателя (пера); при перемещении пера автоматически выполняются считывание координат его местоположения и ввод этих координат в ПК;
- *сканеры* (читающие автоматы) - для автоматического считывания с бумажных носителей и ввода в ПК машинописных текстов, графиков, рисунков, чертежей; в устройстве кодирования сканера в текстовом режиме считанные символы после сравнения с эталонными контурами специальными программами преобразуются в коды ASCII, а в графическом режиме считанные графики и чертежи преобразуются в последовательности двухмерных координат (см. подразд. 4.5);
- *манипуляторы* (устройства указания): джойстик - рычаг, мышь, трекбол - шар в оправе, световое перо и др. - для ввода графической информации на экран дисплея путем

управления движением курсора по экрану с последующим кодированием координат курсора и вводом их в ПК;

- *сенсорные экраны* - для ввода отдельных элементов изображения, программ или команд с полиэкрана дисплея в ПК.

**К устройствам вывода информации** относятся:

- *принтеры* - печатающие устройства для регистрации информации на бумажный носитель;
- *графопостроители* (плоттеры) - для вывода графической информации (графиков, чертежей, рисунков) из ПК на бумажный носитель; плоттеры бывают векторные с вычерчиванием изображения с помощью пера и растровые: термографические, электростатические, струйные и лазерные. По конструкции плоттеры подразделяются на планшетные и барабанные. Основные характеристики всех плоттеров примерно одинаковые: скорость вычерчивания - 100 - 1000 мм/с, у лучших моделей возможны цветное изображение и передача полутонов; наибольшая разрешающая способность и четкость изображения у лазерных плоттеров, но они самые дорогие.

**Устройства связи и телекоммуникации** используются для связи с приборами и другими средствами автоматизации и для подключения ПК к каналам связи и к другим ЭВМ и вычислительным сетям.

Для связи с приборами и другими средствами автоматизации используются:

- согласователи интерфейсов,
- адаптеры,
- цифро-аналоговые преобразователи (АЦП)
- аналого-цифровые преобразователи (ЦАП)

Для подключения ПК к каналам связи и к другим ЭВМ и вычислительным сетям используются:

- сетевые интерфейсные платы,
- мультиплексоры передачи данных,
- модемы.

Многие из названных выше устройств относятся к условно выделенной группе - *средствам мультимедиа*.

**Средства мультимедиа** (multimedia - многосредовость) - это комплекс аппаратных и программных средств, позволяющих человеку общаться с компьютером, используя самые разные, естественные для себя среды: звук, видео, графику, тексты, анимацию и др.

К средствам мультимедиа относятся:

- устройства речевого ввода и вывода информации;
- широко распространенные уже сейчас сканеры (поскольку они позволяют автоматически вводить в компьютер печатные тексты и рисунки);
- высококачественные видео- (video-) и звуковые (sound-) платы,
- платы видеозахвата (videograbber), снимающие изображение с видеомagneтофона или видеокамеры и вводящие его в ПК;
- высококачественные акустические и видеовоспроизводящие системы с усилителями, звуковыми колонками, большими видеоэкранами.
- внешние запоминающие устройства большой емкости на оптических дисках, часто используемые для записи звуковой и видеоинформации.

**8) Дополнительные схемы.** К системной шине и к МП ПК наряду с типовым внешними устройствами могут быть подключены и некоторые дополнительные платы с интегральными микросхемами, расширяющие и улучшающие функциональные возможности микропроцессора:

- математический сопроцессор,
- контроллер прямого доступа к памяти (**КПДП**),
- контроллер ввода-вывода,
- генератор тактовых импульсов,
- контроллер прерываний.

- *математический сопроцессор* - используется для ускоренного выполнения операций над двоичными числами с плавающей запятой, над двоично-кодированными десятичными числами, для вычисления некоторых трансцендентных, в том числе тригонометрических, функций. Математический сопроцессор имеет свою систему команд и работает параллельно с основным МП, хотя и под его управлением. Ускорение операций происходит в десятки раз. Последние модели МП, начиная с МП 80486 DX, включают сопроцессор в свою структуру.
- *контроллер прямого доступа к памяти* (DMA – Direct Memory Access) - освобождает МП от прямого управления внешними устройствами при обращении к оперативной памяти. Без этого контроллера обмен данными между ВЗУ и ОЗУ осуществляется через регистр МП, а при его наличии данные непосредственно передаются между ВУ и ОЗУ, минуя МП.
- *контроллер ввода-вывода* за счет параллельной работы с МП значительно ускоряет выполнение процедур ввода-вывода при обслуживании нескольких внешних устройств (дисплей, принтер, НЖМД, НГМД и др.); освобождает МП от обработки процедур ввода-вывода, в том числе реализует и режим прямого доступа к памяти.
- *генератор тактовых импульсов* генерирует последовательность электрических импульсов подаваемых УУ. Частота генерируемых импульсов определяет тактовую частоту машины. Промежуток времени между соседними импульсами определяет время одного такта работы машины или просто такт работы машины. Частота генератора тактовых импульсов является одной из основных характеристик персонального компьютера и во многом определяет скорость его работы, ибо каждая операция в машине выполняется за определенное количество тактов.
- *контроллер прерываний* обслуживает процедуры прерывания и выполняет важнейшую роль в ПК. Он принимает запрос на прерывание от внешних устройств, определяет уровень приоритета этого запроса и выдает сигнал преры-

вания в МП. МП, получив этот сигнал, приостанавливает выполнение текущей программы и переходит к выполнению специальной программы обслуживания того прерывания, которое запросило внешнее устройство. После завершения программы обслуживания, восстанавливается выполнение прерванной программы. Контроллер прерываний является программируемым.

Прерывание - временный останов выполнения одной программы в целях оперативного выполнения другой, в данный момент более важной (приоритетной) программы. Прерывания возникают при работе компьютера постоянно. Достаточно сказать, что все процедуры ввода-вывода информации выполняются по прерываниям, например, прерывания от таймера возникают и обслуживаются контроллером прерываний 18 раз в секунду (естественно, пользователь их не замечает).

### **2.1.2 Функциональные характеристики ПК**

Прежде чем рассмотреть подробно, перечислим основные характеристиками ПК:

1. Быстродействие, производительность, тактовая частота.
2. Разрядность машины и кодовых шин интерфейса.
3. Типы системного и локальных интерфейсов.
4. Виды, производительность и емкость КЭШ-памяти
5. Виды, производительность и емкость оперативной памяти.
6. Виды и емкость накопителя на жестких магнитных дисках.
7. Тип видеоадаптера и ёмкость видеопамати.
8. Тип и размер видеомонитора (дисплея).
9. Наличие и тип накопителей на гибких магнитных или лазерных дисков.
10. Наличие и тип принтера.
11. Наличие и тип модема
12. Наличие и вид мультимедийных аудиоустройств.
13. Возможность работы в вычислительной сети.

14. Имеющееся программное обеспечение и вид операционной системы.
15. Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ.
16. Возможность работы в многозадачном режиме.
17. Надежность.
18. Стоимость.
19. Габариты и масса.

### **Быстродействие, производительность, тактовая частота.**

Единицами измерения быстродействия служат:

- МИПС (MIPS - Mega Instruction Per Second) - миллион операций над числами с фиксированной запятой (точкой);
- МФЛОПС (MFLOPS - Mega FLoating Operations Per Second) - миллион операций над числами с плавающей запятой (точкой);
- КОПС (KOPS - Kilo Operations Per Second) для низкопроизводительных ЭВМ - тысяча неких усредненных операций над числами;
- ГФЛОПС (GFLOPS - Giga FLoating Operations Per Second) - миллиард операций в секунду над числами с плавающей запятой (точкой).

Оценка производительности ЭВМ всегда приближительная, ибо при этом ориентируются на некоторые усредненные или, наоборот, на конкретные виды операций. Реально при решении различных задач используются и различные наборы операций. Поэтому для характеристики ПК вместо производительности обычно указывают тактовую частоту, более объективно определяющую быстродействие машины, так как каждая операция требует для своего выполнения вполне определенного количества тактов. Зная тактовую частоту, можно достаточно точно определить время выполнения любой машинной операции.

### **Разрядность машины и кодовых шин интерфейса.**

*Разрядность* (см. п. 1.5.2) - это максимальное количество разрядов двоичного числа, над которым одновременно может выполняться машинная операция, в том числе и операция пере-

дачи информации. Чем больше разрядность, тем будет больше и производительность ПК. Выделяется разрядность кодовых шин данных и адреса.

### **Типы системного и локальных интерфейсов.**

Разные типы интерфейсов обеспечивают разные скорости передачи информации между узлами машины, позволяют подключать разное количество внешних устройств и различные их виды. Основными тут являются: интерфейс (слот) подключения МП, интерфейс модулей памяти и типы внешних шин для подключения адаптеров.

### **Виды, производительность и емкость КЭШ-памяти.**

*КЭШ-память* - это буферная, не доступная для пользователя быстросействующая память, автоматически используемая компьютером для ускорения операций с информацией, хранящейся в более медленно действующих запоминающих устройствах. Например, для ускорения операций с основной памятью организуется регистровая КЭШ-память внутри микропроцессора (КЭШ-память первого уровня) или вне микропроцессора на материнской плате (КЭШ-память второго уровня); для ускорения операций с дисковой памятью организуется КЭШ-память на ячейках электронной памяти.

**Виды, производительность и емкость оперативной памяти.** О виде и производительности памяти мы поговорим позже (п. 2.5.1).

Емкость оперативной памяти измеряется чаще всего в мегабайтах (Мбайт), реже в килобайтах (Кбайт). Напоминаем:  $1 \text{ Мбайт} = 1024 \text{ Кбайт} = 1024^2 = 1048576 \text{ байт}$ .

Следует иметь в виду, что по закону квадратного корня увеличение емкости основной памяти в 2 раза, помимо всего прочего, дает повышение эффективной производительности ЭВМ при решении сложных задач примерно в 1,7 раза.

**Виды и емкость накопителя на жестких магнитных дисках.**

Емкость накопителя на жестких магнитных дисках (винчестера) измеряется обычно в мегабайтах или гигабайтах ( $1 \text{ Гбайт} = 1024 \text{ Мбайт}$ ) и уже достигает сотен Гбайт.

### **Тип видеоадаптера и ёмкость видеопамати.**

В настоящее время для многих эта характеристика является очень важной, так как совмещает в себе функции игрового 3D ускорителя. При этом, помимо типа графического чипа, стоит обратить внимание на разрядность и скорость внутренней шины памяти. Объём и тип внутренней памяти видеоадаптера определяет качество текстур, и максимальновозможное разрешение экрана.

### **Наличие и тип накопителей на гибких магнитных или лазерных дисках**

Сейчас уже почти не применяются накопителей на гибких магнитных дисках. Но зато быстро развивается индустрия лазерных дисков CD, DVD, HD, Blu-ray Disc (BD).

Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 23,3/25/27 или 33 Гб, двухслойный диск может вместить 46,6/50 или 54 Гб. Также в разработке находятся диски вместимостью 100 Гб и 200 Гб с использованием соответственно четырёх и шести слоёв.

### **Наличие и тип модема.**

Модем необходим для подключения к глобальной сети через телефонные коммутируемые линии. В настоящее время можно классифицировать модемы по типу сигнала и по месту установки.

По месту установки:

- *внутренний* – устанавливаемый внутри корпуса в слоты внешней шины системной платы,
- *внешний* – подключаемый к корпусу через периферийные шины RS-232(COM-port) или USB

по типу сигнала:

- *аналоговый* – подключаемый к телефонной линии вместо телефона и занимающий линию,
- *цифровой* (ADSL-модем) – это технология передачи данных, позволяющая одновременно использовать обычную телефонную линию одновременно для телефона и для скоростного Интернета

**Имеющееся программное обеспечение и вид операционной системы.**

По назначению ПО разделяется на системное, прикладное и инструментальное.

**Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ.**

Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ означает возможность использования на компьютере соответственно тех же технических элементов и программного обеспечения, что и на других типах машин.

**Возможность работы в многозадачном режиме.**

Многозадачный режим позволяет выполнять вычисления одновременно по нескольким программам (многопрограммный режим) или для нескольких пользователей (многопользовательский режим). Совмещение во времени работы нескольких устройств машины, возможное в таком режиме, позволяет значительно увеличить эффективное быстродействие ЭВМ.

**Надежность** - это способность системы выполнять полностью и правильно все заданные ей функции. Надежность ПК измеряется обычно средним временем наработки на отказ.

### 2.1.3 Элементы конструкции ПК

Конструктивно ПК выполнены в виде центрального системного блока, к которому через разъемы подключаются внешние устройства: дисплей, клавиатура, мышь, принтер и др.

Конструктивно выделяется два типа системных блоков:

- с неразборной, т.е. **закрытой архитектурой**. Например, компьютеры фирмы Macintosh, ноутбуки, электронные секретари, телефоны и фотоаппараты.
- с разборной, т.е. **открытой архитектурой**. К этому типу относятся домашние и офисные компьютеры.

Системный блок с открытой архитектурой обычно включает в себя:

- системную плату;
- блок питания;
- накопители на дисках;
- разъемы для дополнительных устройств;
- платы расширения с адаптерами внешних устройств.

## 2.2 Системные платы

Системная плата (СП) – это важнейшая часть компьютера, с помощью которой осуществляется взаимодействие между большинством устройств ПК. Она содержит его основные компоненты.

Другие названия системной платы: - материнская плата, motherboard, m/b

Тип установленной материнской платы определяет общую производительность системы, а также возможности по модернизации РС и подключению дополнительных устройств.

Первоначальное назначение системной платы – это взаимодействие всех устройств с микропроцессором. Поэтому тип системной платы определялся микропроцессором, для которого она создавалась. Помимо этого, на СП располагались: - математический сопроцессор; - генератор тактовых импульсов; - контроллер прерываний; - блоки (микросхемы) ОЗУ и ПЗУ; - адаптеры клавиатуры, НЖМД и НГМД; - таймер и др.

Сама системная плата была центральной частью многосвязного интерфейса. Реализуя открытую архитектуру, она имела стандартные слоты, расширяющие системную шину до возможности подключения адаптеров всех других устройств, требуемых для нормальной работы.

Если первоначально шина была одна и называлась системной, то с развитием компьютерных технологий их количество увеличивается. Для подключения различных устройств выделяются различные шины.

Сейчас системная плата (СП) представляет собой большую многослойную (4 или 6 слоев) печатную плату, на которой размещены:

- *микросхемы системной логики* - чипсет, контроллеры периферийных устройств, не встроенных в чипсет (например, видеоконтроллер, сетевой интерфейс, интерфейсы FireWire и USB),

- *преобразователи напряжений* для питания подключаемых к плате устройств: процессора, памяти, видеоплаты и т. д.,

- *дополнительные аналоговые* и цифровые микросхемы,

- *электротехнические компоненты* - конденсаторы, резисторы, индуктивности, разъемы различных типов, причем часть из них выходит наружу корпуса, остальные предназначены для подключения внутренних устройств.

- *конфигурационные переключики и переключатели*,

- *радиаторы и вентиляторы* охлаждения.

На системной плате так же располагается микросхема постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), содержащая программы **BIOS** (базовая система ввода-вывода), необходимые для управления многими компонентами компьютера. В BIOS есть программа, которая называется *System Setup* – именно с ее помощью пользователь управляет самыми глубокими настройками системы.

В современных материнских платах используются, как правило, микросхемы Flash BIOS, в которые могут перезаписываться при помощи специальных средств, что облегчает модернизацию этих программ при появлении новых устройств, которым нужно обеспечить поддержку (например, новых типов микросхем оперативной памяти).

Важным компонентом, размещенным на системной плате, является микросхема **CMOS-памяти**. Она питается от своего локального аккумулятора (батарейки) и поэтому является энергонезависимой (сохраняет информацию при отключении компьютера от сети). Название CMOS произошло от названия технологии исполнения ее элементов (Complementary-symmetry/metal-oxide semiconductor - комплементарная логика на транзисторах металл-оксид-полупроводник). Память хранит информацию о параметрах многих устройств, входящих в ПК. Информация в ней может изменяться по мере необходимости, то есть память может отслеживать текущую конфигурацию компьютера, чего не может выполнять микросхема BIOS.

## 2.2.1 Развитие системных плат

Так как первоначально системная плата реализовывала взаимодействие всех устройств с микропроцессором, то тип её определяет *базовый микропроцессор*. Поскольку микропроцессоры фирмы Intel и процессоры некоторых других фирм, в частности фирмы AMD, используют электрически разные интерфейсы и геометрически разные разъемы, то следует разделить все материнские платы на две группы по типу микропроцессора: «интеловские» СП и прочие. Поскольку МП фирмы Intel распространены гораздо шире, в дальнейшем основное внимание уделим именно им.

Опираясь на историю развития Intel-микропроцессоров, проследим развитие СП:

- Платы для процессоров i8086, i8088. Базовой является системная шина, которая имеет слоты расширения для подключения плат внешних устройств. Слоты PC/XT bus.
- Платы для процессоров i80286 – по структуре очень похожи на предыдущие, но базовой шиной расширения является PC/AT bus.
- Платы для процессоров i80386. Отличительной особенностью является появление разъема под модули памяти, называемые модулями SIMM. Шина расширения получила название ISA. В полных вариантах (DX) на плате появились чипы кэш-памяти.
- Платы для процессоров i80486 – имели различные модификации. Можно выделить следующие особенности развития: 1) слот под процессор, что позволило совершенствовать системную плату независимо от процессора; 2) новые модули памяти SIMM 72; 3) появление локальных шин VLB, PCI.
- Платы для процессоров Pentium. Понижилось напряжение питания процессора с 5 В до 3.3 В. В качестве базовой внешней шины выступает PCI. Появился новый модуль памяти DIMM. Все основные контроллеры внешних устройств интегрированы на системной плате, тем самым

появились слоты для периферийных шин. Возможно изменение частоты системной шины (FSB): 60, 66, 75 МГц.

- Платы для процессоров Pentium MMX. В отличии от плат для обычных МП Pentium появилось раздельное напряжение питания, 2.8 В и 3.3 В. Немного модифицирован BIOS.
- Платы для процессоров Pentium II (Celeron). Основной особенностью данных плат – это выделения набора системных микросхем, как независимо-развивающегося элемента. Материнская плата строится уже не на базе процессора, а на базе какого-либо стандартного чипсета. Помимо чипсета можно выделить появление отдельной локальной шины для видеоадаптера, AGP. Частота системной шины увеличилась до 100 МГц. Установка процессора претерпела ряд изменений: Slot 1, Socket 370 PGA.
- Платы для процессоров Pentium III – Отличие только в повышении частоты системной шины до 133 (150) МГц. Установка процессора: Slot 2, Socket 370 F PGA и Socket 370 FCPGA
- Платы для процессоров Pentium IV – имеют очень много модификаций. При чём, если во 2 и 3-ем поколении МП Pentium слот под процессор при изменении чипсета не менялся, то материнские платы для Pentium IV пережили несколько кардинальных смен всех составляющих, расположенных на них. Но эти изменения происходили с изменением типа чипсета, поэтому поговорим подробно об этом позже. FSB: 200, 266, 400, 533, 800, 1024 МГц.

## 2.2.2 Основные параметры системных плат

В настоящее время десятки фирм выпускают большое число различных системных плат, отличающихся и конструктивно, по типу поддерживаемых ими микропроцессоров, по тактовой частоте их работы, по величине рабочих напряжений и т. д. Что бы не запутаться во всём этом многообразии конкретизируем основные параметры системных плат:

**1) Частота системной шины (FSB)** – это внутренняя характеристика, определяющая производительность процессора при обмене информацией между основными узлами. Выделялись следующие частоты:

4,7, 8, 12 МГц – СП процессоров i8086 и i80286;  
 16,20,25,33,40,50 МГц – СП процессоров i80386 и i80486;  
 60, 66, 75, 83 МГц – СП процессоров Pentium;  
 100, 133, 150 МГц – СП процессоров Pentium II и III;  
 200, 266, 333 МГц – СП процессоров Pentium IV;  
 400, 533, 800, 1024, 1333 МГц СП процессоров Intel Core.

## **2) Разъём под микропроцессор.**

Спецификация разъёма определяет: - конструктов разъёма, - назначение контактов, - электрические параметры, - порядок взаимодействие с шинами данных, - особенности взаимодействия с оперативной памятью.

Опираясь так же на типы процессоров можно выделить следующие типы разъёмов под МП:

Соответствие типов разъёмов под МП к типам микропроцессоров представлены в таблице 4, 5 и 6.

Таблица 4

Процессорные разъёмы первых системных плат

| Тип разъёма | Количество контактов, напряжение | FSB, МГц     | Типы поддерживаемых микропроцессоров  |
|-------------|----------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Socket 1    | 169, 5 В                         | 16,20, 25,33 | Intel 80486                           |
| Socket 2    | 238, 5 В                         | 25,33, 40,50 | Intel 80486<br>Pentium Overdrive      |
| Socket 3    | 238, 5 В                         | до 100       | Intel486DX 100                        |
| Socket 4    | 273, 5 В                         | 60, 66       | Первые Intel Pentium                  |
| Socket 5    | 320, 3.3 В                       | от 75 до 133 | Intel Pentium, AMD K5, Pentium MMX    |
| Socket 6    | 235, 3.3 В                       | от 75 до 133 | i80486 DX4, AMD K5, Pentium OverDrive |
| Socket 7    | 321, до 2.8 В                    | от 75 до 133 | Pentium 75-200, AMD K5, AMD K6        |
| Socket 8    | 387, до 2.8 В                    | до 133       | Pentium Pro                           |

Таблица 5

## Процессорные разъёмы Intel

| Тип разъёма                | Количество контактов, напряжение | FSB, МГц | Типы поддерживаемых микропроцессоров                                                                      |
|----------------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Slot 1                     | 242, 1.65-2.8В                   |          | Pentium II, Pentium III, Celeron                                                                          |
| Slot 2                     | 330, 2 В                         | 133      | Pentium II Xeon                                                                                           |
| Socket 370 <i>PPGA</i> *   | 370, 2 В                         | 66-133   | Pentium II, Celeron                                                                                       |
| Socket 370 <i>FCPGA</i> *  | 370, 1.5 В                       |          | Pentium III и Celeron 500-850 МГц                                                                         |
| Socket 370 <i>FCPGA2</i> * | 370, 1 – 1.5 В                   |          | Pentium III и Celeron до 1200 МГц                                                                         |
| Socket 423                 | 423                              | 200      | первые Pentium 4, с памятью SDRAM                                                                         |
| Socket 478                 | 478                              | 200      | Pentium 4 (1.4 — 3.4 ГГц)<br>Celeron D (2.13 — 3.2 ГГц)<br>Pentium 4 Extreme Edition<br>Памятью DDR SDRAM |
| Socket J, LGA771*          | 771                              | 800      | Intel Xeon серий 5000 - 5400                                                                              |
| Socket T, LGA775*          | 775                              | 800      | Pentium 4 многоядерные                                                                                    |
| Socket M                   |                                  | 800      | Pentium 4 для Нотебуков                                                                                   |

Таблица 6

## Процессорные разъёмы AMD

| Тип разъёма | Количество контактов | FSB, МГц | Типы поддерживаемых микропроцессоров            |
|-------------|----------------------|----------|-------------------------------------------------|
| Slot A      | 242                  |          | Athlon Slot A                                   |
| Socket A    | 462                  | 133-200  | Duron, Athlon XP                                |
| Socket 563  | 563                  | 200      | Athlon XP-M                                     |
| Socket 754  | 754                  | 400      | Athlon 64                                       |
| Socket 939  | 939                  | 400      | AMD с DDR-памятью                               |
| Socket 940  | 940                  | 400      | AMD Opteron                                     |
| Socket AM2  | 940                  | 800      | Athlon 64 с DDR2<br>Athlon 64 X2 и Athlon 64 FX |
| Socket F    | 1207                 | 800      | Opteron                                         |
| Socket S1   |                      | 800      | Mobile Athlon 64 и Turion 64                    |

\* В некоторых названиях типов разъёма МП присутствует упоминание о типе корпуса процессора (PPGA, FCPGA,

FCPGA2 и LGA). Расшифровку этих понятий рассмотрим в п. 2.4, как одну из характеристик микропроцессора.

### **3) Слоты для установки модулей оперативной памяти**

Модули оперативной памяти отличаются названием и количеством контактов:

- 30 pin SIMM, DRAM - объем от 256 КБайт до 16 МБайт
- 72 pin SIMM, DRAM - объем от 1 МБайт до 128 МБайт
- 168 pin DIMM, SDRAM  
классификация по частоте шины – PC100, PC133
- 184 pin DIMM, DDR SDRAM  
Класс-ия по пропускной способности – PC3200, PC4000
- 240 pin DIMM, DDR2 SDRAM  
Класс-ия по пропускной способности – PC-5300, PC-6400  
классификация по частоте шины – DDR2 667, DDR2 800
- 240 pin DIMM, DDR3 SDRAM  
частоте шины до 1333 МГц
- RIMM RDRAM, Rambus RAM,  
скорость передачи до 800 MHz

Расшифровка используемых понятий:

SIMM (Single In-line Memory Module) - односторонний модуль памяти

DIMM (Dual In-line Memory Module) - двухсторонний модуль памяти

RIMM (Rambus In-line Memory Module)

DRAM (Dynamic Random Access Memory) - памяти с произвольным доступом

SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory - синхронная динамическая память с произвольным доступом

DDR (Double Data Rate) - удвоенная скорость передачи данных

RDRAM (Direct Rambus DRAM) - высокоскоростную замкнутую систему функционирования

#### 4) Типоразмер системной платы (форм-фактор).

Форм-фактор определяет не только внешние размеры материнской платы, но и ряд специфических параметров, характеризующих функциональные и эксплуатационные свойства. Выделяются два основных форм-фактора, АТ и АТХ.

У старого стандарта АТ на системной плате не установлены разъемы интерфейсов. Его блок питания не предназначен для дистанционного включения и выключения питания, в нем также отсутствует напряжение 3,3 В. Разъём питания имел 12 контактов (2 x 6)

Стандарт АТХ разработан с учетом нововведений, которые позволяют повысить потребительское качество компьютера:

- возможность включения и выключения компьютера по командам операционной системы или запросам из локальной сети;
- уменьшено напряжение питания 1,2 - 3,3 В. (20 контактов)
- интеграция на материнской плате стандартных периферийных устройств: контроллеров дисководов и винчестеров, параллельных и последовательных портов, а также (по мере необходимости) видео- и звуковых адаптеров, модемов и интерфейсов локальных сетей;
- наличие встроенной двойной панели разъемов ввода/вывода размером 15,9x4,4 см, находящейся на тыльной стороне материнской платы;
- изменение местоположения МП и модулей памяти на материнской плате. Теперь они не мешают картам расширения, их легко заменить; МП и модули памяти располагаются около вентилятора блока питания;
- перемещение разъемов контроллеров ввода/вывода, интегрированных в материнской плате, ближе к накопителям. Это означает, что длину внутренних кабелей данных можно уменьшить.

Размеры системных плат нормированы. Так же стандартизированы и отверстия внутри платы, которые соединяют её с

корпусом. Именно поэтому говорят не о размерах, а о типоразмерах системных плат, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7

Типоразмеры системных плат

| АТ           |               | АТХ         |               |
|--------------|---------------|-------------|---------------|
| Обозначение  | Размер, дюймы | Обозначение | Размер, дюймы |
| Full-size АТ | 12 x 13,8     | АТХ         | 9,6 x 12      |
| Baby АТ      | 8 x 13,8      | Mini АТХ    | 8 x 10,8      |
| Mini АТ      | 8,57 x 9,85   | Micro АТХ   | 9,6 x 9,6     |
| LPX          | 9 x 13        | Flex АТХ    | 9 x 7,4       |
| Mini LPX     | 8,2 x 10,4    |             |               |

### 5) Тип чипсета

От типа используемого на СП набора **системных микросхем** (*чипсета*) зависят многие важные характеристики ПК. Чипсеты определяют во многом тактовую частоту шин СП, обеспечивают надлежащую работу микропроцессора, системной шины, интерфейсов взаимодействия с оперативной памятью и другими компонентами ПК.

Начиная с процессоров Pentium II новые чипсеты начали производиться чаще, чем новые разъемы под микропроцессор. Поэтому тип чипсета стал главным параметром СП.

В состав микросхем наборов для интегрированных плат стали включаться и контроллеры внешних устройств.

### 6) Интерфейсы системной платы

Системные платы поддерживают разные виды интерфейсных системных, локальных и периферийных шин. От состава поддерживаемых шин, количества слотов для этих шин, имеющих на СП, существенно зависит эффективность работы ПК в целом.

### 2.2.3 Чипсет. Назначение, структура и разновидности

Важнейшей характеристикой материнской платы является используемый в нём набор микросхем, или чипсет (от англ. Chip-микросхема, чип и Set-набор).

Для старых типов процессоров разнообразие чипсетов не было слишком большим, и их параметры не особенно различались. Сегодня, с ростом частоты системной шины, частоты работы ядра процессора и многообразия типов оперативной памяти ситуация несколько изменилась. Не каждый чипсет будет поддерживать всевозможные конфигурации вашего компьютера, а при неудачной комплектации производительность компьютера может быть весьма далекой от желаемой. Набор микросхем может замедлять работу процессора по причине задержки сигнала готовности, возникающей в том случае, когда данные не могут быть достаточно быстро переданы процессору и приняты в него.

Современный чипсет состоит из двух основных компонентов, называемых мостами. Эти два моста имеют свои названия, которые они получили в связи с расположением на материнской плате. Если расположить материнскую плату в рабочем положении т.е в положении, в котором она находится в собранном системном блоке, то один из мостов будет на севере, а другой на юге. В связи с этим положением они так и называются – северный мост и южный мост.

- **Северный мост** является основным и имеет прямой доступ к процессору. В его распоряжении находятся самые высокоскоростные устройства компьютера. Это оперативная память, графический порт и процессорная шина, обеспечивающая высокоскоростной доступ к процессору. *Название чипсета совпадает с названием северного моста,*
- **Южный мост** включает в себя все низкоскоростные устройства. Он соединяется с северным мостом посредством специальной шины и обращается к процессору только через северный мост. В его состав входят:

- 1) контроллеры жестких и гибких дисков;

- 2) адаптеры портов USB, LPT и COM(если таковые присутствуют);
- 3) слоты шины PCI и PCI-E, встроенный звуковой и сетевой адаптер;
- 4) встроенные звуковой и сетевой адаптер.

На рынке чипсетов доминирующие позиции занимают три игрока: *Intel* - микропроцессорный гигант из США и два тайваньских разработчика - *VIA Technologies* и *Silicon Integrated Systems (SIS)*. Intel выпускает чипсеты только для своих процессоров (платформы Socket 370 и Socket 478). SIS сильна на рынке чипсетов для Socket 478 (особенно в области недорогих интегрированных решений). Эта компания также выпускает чипсеты для Socket 370 и Socket A, но они не особенно популярны. VIA лидирует среди производителей чипсетов для Socket A, имеет некоторую долю в сегменте Socket 370 и неудачно выступает на рынке Socket 478.

Не так давно на рынок чипсетов вышли два производителя видеокарт - *nVidia* и *ATI*. Первой удалось серьезно потеснить VIA на рынке чипсетов Socket A, а вторая до сих пор не смогла выпустить в этой области удачный продукт. Тайваньская фирма *ALi*, бывшее подразделение *Acer*, тоже выпускает несколько чипсетов, но они не пользуются успехом у изготовителей системных плат.

Каждый чипсет жестко привязан к определенной процессорной платформе. Различается две паралельно развивающиеся платформы: *Intel* и *AMD*.

### **Рассмотрим кратко историю развития чипсетов Intel:**

#### **Группа чипсетов i440**

**Чипсет i440LX** явился первым чипсетом фирмы Intel, обеспечивающим поддержку технологии AGP (Advanced Graphics Port) и архитектуры DIB (Dual Independent Bus), расширяющими полосу пропускания канала связи между процессором и графическим контроллером.

Чипсет ориентирован на процессоры Pentium II, работающие на частоте шины Host Bus (GTL+) 66 МГц.

Встроенный контроллер памяти поддерживает 64/72 бит интерфейс, память EDO DRAM или SDRAM, до 512 Мбайт SDRAM (PC66) или до 1 Гбайт EDO (50 нс, 60 нс); 8 RAS;

Встроенные средства AGP и PCI поддерживают: PCI Rev.2.1 33 МГц; 5 PCI (external); AGP Rev. 1.0 с режимами 1X/2X, 66/133 МГц, 3,3В; 2 порта USB, 2 порта IDE с UltraDMA/33 и другие функции и устройства.

Благодаря своим функциональным возможностям этот чипсет нашел широкое распространение. Однако, несмотря на использование в архитектуре передовых технологий и достаточно высокие параметры, чипсет i440LX был сравнительно быстро вытеснен более совершенным набором i440 BX.

**i440EX** – ориентирован на работу с процессором Celeron.

**i440ZX** – ориентирован на работу с процессором Celeron но с Socket 370.

**i440BX** – ориентирован на работу с процессорами Pentium II и Pentium III. Slot 1 и Socket 370.

### **Группа чипсетов i810 - i820**

**i810** – глобально отличается от 440-х. Он не имеет слот AGP, а видеоадаптер интегрирован на СП. Структура i810 аналогична i440EX, но FSB До 133 МГц и 2 порта IDE с UltraDMA/66.

**i815** – включает в себя северный мост (GMCH -- Graphics and Memory Controller Hub) со встроенным видео (графическое ядро i752), но без дисплейного кэша (который может быть установлен в слот AGP -- в виде так называемого Graphics Performance Accelerator). Южный мост Intel® 82801AA (переименованный Intel в ICH -- Input/Output Controller Hub) поддерживает режимы ATA33/66 и два порта USB.

i815E – единственное его отличие от i815 состоит в наличии ICH2 (82801BA), поддерживающего режимы вплоть до ATA/100 и четыре USB-порта.

i815EP – первый вариант чипсета без встроенного видео. Также содержит ICH2.

i815P – тоже отсутствует встроенное видео, однако в отличие от i815EP построен с использованием ICH (ATA/66 и два USB-порта).

**i820** – В качестве современной замены i440BX Intel предложил новый i820, построенный по совершенно другим принципам. В основе i820 лежит хэбовая архитектура, благодаря которой северный (MCH) и южный (ICH) мосты соединяются не шиной PCI, как в i440BX, а специальной внутренней шиной, обладающей вдвое большей пропускной способностью - 266 Мбайт/с.

При разработке i820 основной акцент был сделан на принципиально новую архитектуру памяти - RDRAM. В результате - память в i820 работает на частоте 400 МГц, данные передаются по обоим фронтам сигнала (следовательно, частота передачи данных составляет 800 МГц)

### **Группа чипсетов i845 - i875**

Все чипсеты этой группы изготовлены под процессор Intel Pentium 4 с 478-контактным FCPGA интерфейсом подключения.

**i845** – Поддерживает процессоры Intel Pentium 4, изготовленные по 0.13 или 0.18-микронным технологиям. Частота процессорной системной шины (FSB) - 400-МГц. Северный мост: контроллер-концентратор памяти Intel® 82845 MCH ( - поддержка памяти типа DDR200/266 или PC133 SDRAM; - 1.5-вольтовой шины AGP 4X) Южный мост (ICH3).

i845PE – системной шины до 533-МГц, возможность использования памяти типа DDR333 и поддержка технологии Hyper-Threading.

i845GE – предыдущий, но со встроенным графическим ядром изготовленный по технологии Intel Extreme Graphics.

**i865** – Поддержка процессоров Intel Pentium 4, с технологией Hyper-Threading. FSB до 533-МГц. Северный мост: контроллер-концентратор памяти и графической подсистемы Intel® 82865P (- поддержка памяти типа DDR266/333; - графическая шина AGP 8X). Южный мост (ICH4): контроллер-концентратор Intel® 82801EB (- поддержка протокола ATA/100 и Serial ATA; - технологии RAID; - до 8-ми портов USB2.0; - спецификации AC'97 с поддержкой объемного звука 5.1)

i865PE – поддержка частоты системной шины 800МГц. Поддержка встроенного сетевого адаптера с передачей данных по стандарту Gigabit Ethernet.

- i865GV – предыдущий, но со встроенным графическим ядром изготовленный по технологии Intel Extreme Graphics (без слота AGP).

**i875P** – Не существенно отличается от набора i865PE. Поддерживает память с функцией контроля ECC и технологию Intel® Performance Acceleration, которая повышает производительность памяти благодаря оптимизации каналов памяти.

### **Группа чипсетов i915 – i925**

Днем рождения принципиально новой платформы следует считать 19 июня 2004 года. Поддерживает процессоры Intel Pentium 4 в корпусах FC-PGA2 и LGA775.

**i915** – Частота процессорной системной шины (FSB) - 800-МГц (Реальная частота 200-МГц, но за один такт происходит передача четырех сигналов данных). **Северный мост:** оснащен **двухканальным универсальным контроллером памяти** (работающим как с DDR2-533, так и с обычной памятью DDR400; - интерфейс PCI Express не только для графических адаптеров, но и для плат расширения).

- i915G – имеет графическое ядро GMA (Graphics Media Accelerator) 900.
- i915PL – не поддерживает память типа DDR2.
- i915GV – имеет графическое ядро GMA 900, но отсутствует графический порт PCI-E x16.
- i915 GL – имеет графическое ядро GMA 900, отсутствует графический порт PCI-E x16, частота системной шины уменьшена до 533 МГц, не поддерживает память типа DDR2.

**i925X** – Северный мост как и в i915, но поддерживается только DDR2. Южный мост соединяется с северным посредством двунаправленной полнодуплексной шины DMI (Direct Media Interface), являющейся электрически измененной версией PCI Express x4 и обеспечивающей пропускную способность до 2048 Мбит/с. **Южный мост ICH6:** - появилась поддержка 4-х портов PCI Express x1; - аудиоконтроллер нового поколения Intel HDA, поддерживающий 24-разрядный 8-канальный звук; - двухдисковый RAID-массив объединяющий преимущества RAID 0 и RAID 1; - отсутствует поддержка интерфейса Gigabit Ethernet.

- i925XE – поддержка частоты системной шины 1066 МГц.
- поддержка памяти DDR2-667 работать только с процессорами под Socket 775. Южный мост ICH6R. Блок-схема данного чипсета показана на рис. 18.

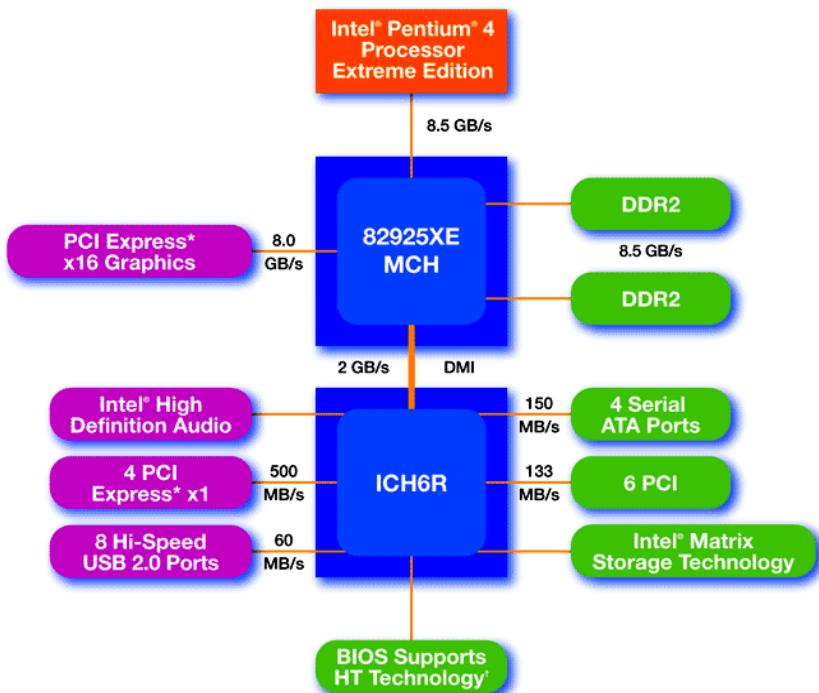


Рис. 18. Блок-схема чипсета Intel 925XE

### Группа чипсетов i945 – i955

Главная же задача новинок - обеспечивать поддержку для новейших двухъядерных процессоров Intel. Небольшие улучшения позволили поддерживать более скоростные шины.

**i945** – обеспечивает поддержку процессоров Intel Celeron D, Pentium 4, Pentium 4 Extreme Edition, Pentium D с частотой системной шины 533/800/1066 МГц. Северный мост: двухканальный контроллер памяти может работать с DDR2-400/533/667 суммарным объемом до 4 Гбайт; - полностью отсутствует поддержка памяти DDR. Южный мост ICH7.

- i945G – имеет графическое ядро GMA 950, представляющее собой несколько разогнанное ядро GMA 900 предыдущего поколения.
- i945GV – имеет графическое ядро GMA 950, но отсутствует графический порт PCI-E x16.

**i955X** – лишен поддержки "низкоскоростных" процессоров (с шиной 533 МГц) и памяти (DDR2-400). Может работать с большим объемом (до 8 Гбайт) памяти и оснащен фирменной системой повышения производительности подсистемы памяти Memory Pipeline. Южных мост ICH7: - поддержка Serial ATA II со скоростью до 300 Мбайт/с; - поддержку RAID уровней 0+1 (10) и 5 для SATA-винчестеров; - количество портов PCI-E x1 увеличено до 6 что позволяет объединить две видеокарты PCI-E в режиме SLI.

### **Группа чипсетов i965 – i975**

Измененна схема наименования чипсетов, с постановкой буквенного индекса перед цифровым. Поддержка процессоров Core 2 Duo/Extrem. Добавлена частота памяти 400(800) МГц и технология Fast Memory Access, а также поднята планка максимального объема памяти. Возможность организовать работу двух видеокарт в паре.

**i965** – Поддерживает процессоры на ядре Conroe. Частота системной шины 533/800/1066 МГц. Двухканальный контроллер памяти DDR2-533/667/800 с поддержкой до 4 модулей DIMM суммарным объемом до 8 ГБ (без ECC) и технологиями Fast Memory Access и Flex Memory. Южный мост ICH8: - 10 устройств USB 2.0 на двух хост-контроллерах EHCI с возможностью индивидуального отключения; - MAC-контроллер (media access control) Gigabit Ethernet и специальный интерфейс LCI/GLCI для подключения PHY-контроллера Fast Ethernet; - High Definition Audio 7.1.

- iG965 – интегрированное графическое ядро GMA X3000 (только G965) с поддержкой технологии Clear Video.

**i975** – Поддерживает процессоры на ядре Crossfire. Возможность ECC памяти (память проходит больший контроль ошибок при работе, применяется в основном в серверах). Эж-

ный мост ICH8/R: (- встроенный в чипсет а не отдельный чип ATA разъём, - можно построить два рейд-массива)

### **Группа чипсетов Intel 3x – 4x**

Новое поколение чипсетов, наряду с радикальной сменой нумерации, обновляет архитектурные характеристик системы: *шина общего назначения и тип памяти.*

**Intel X38** – топовая модель, которую теперь легко отличить по префиксу X который у Intel отвечает за любые улучшения общего характера. Северный мост: - поддержка «новых» процессоров семейств Celeron и Pentium, а также всех процессоров семейства Core 2 (Duo/Quad/Extreme) с частотой системной шины 800/1066 МГц, включая будущие модели с частотой системной шины 1333 МГц; - двухканальный контроллер памяти DDR2-533/667/800 или DDR3-800/1066/1333 с поддержкой до 4 модулей DIMM суммарным объемом до 8 ГБ (с ECC) и технологиями Fast Memory Access и Flex Memory; - 2 графических интерфейса PCI Express 2.0 x16; - шина DMI (с пропускной способностью ~2 ГБ/с) до нового южного моста ICH9/R/DH/DO. Южный мост Intel ICH9: - до 6 портов PCIe x1; - 4/6 (4 у ICH9, 6 у ICH9R) портов Serial ATA II; - 12 устройств USB 2.0; - High Definition Audio (7.1); - MAC-контроллер Gigabit Ethernet и PHY-контроллера Fast Ethernet

- Intel P35 – предполагается упрощенный дизайн FMB, лишен поддержки памяти DDR3-1333, Вместо PCI Express 2.0 применен являющийся на сегодня стандартным графический интерфейс PCI Express x16. Блок-схема данного чипсета показана на рисунке 19.
- Intel G33 – вариантом P35 с интегрированным графическим ядром. Южный мост старый ICH8/R/DH.
- Intel G35 – предыдущий, но с переработанным графическим движком с поддержкой DirectX 10.

**Intel X45** – Северный мост: - поддержка всех современных процессоров семейств Celeron/Dual-Core, Pentium Dual-Core и Core 2 Duo/Quad/Extreme (включая модели, производимые по 45-нанометровой технологии (Penryn)) с частотой системной шины 800/1066/1333 МГц;

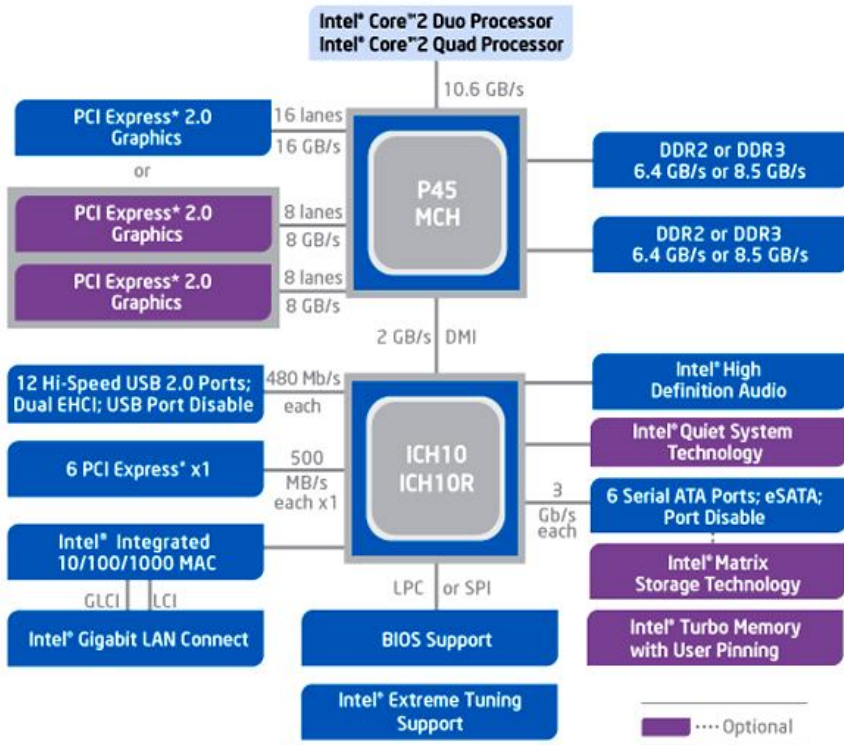


Рис. 19. Блок-схема чипсета Intel P45

- двухканальный контроллер памяти DDR2-667/800 или DDR3-800/1066 с поддержкой до 4 модулей DIMM без ECC суммарным объемом до 16/8 ГБ (DDR2/DDR3) и технологиями Fast Memory Access и Flex Memory; - графический интерфейс PCI Express 2.0 x16 с возможностью разбить его на два графических интерфейса с половинной скоростью. **Южный мост ICH10:** - до 6 портов PCIEx1 (PCI-E 1.1); - 6 портов Serial ATA II на 6 устройств SATA-II; - возможность организации RAID-массива уровней 0, 1, 0+1 (10) и 5 с функцией Matrix RAID (один набор дисков может использоваться сразу в нескольких режимах RAID — например, на двух дисках можно организовать RAID 0 и RAID 1, под каждый массив будет выделена своя часть диска).

- Intel P43 – графический интерфейс PCI Express 2.0 x16, без возможности разбиения на два порта для организации CrossFire.
- Intel X48 – это Intel X38 за вычетом поддержки DDR2 и с прибавлением официальной поддержки частоты FSB 1600 МГц. Южный мост старый ICH9R.

### **Некоторые представители чипсетов других фирм:**

**Чипсеты NVIDIA.** Первоначально чипсеты этой фирмы были передовыми для платформы AMD64, но в 2006 году была допущена к архитектуре Intel.

Группа nForce4 600i – уровень i965 и i975X

Серия nForce4 780i SLI – уровень Intel X38/P35

Серия nForce4 790i SLI – уровень Intel P45/P43

Для сравнения с группой X38/P35, рассмотрим чипсет nForce4 780i SLI. Очень долго фирма NVIDIA развивала идею реализации всей системы на одном чипсете, что существенно повышало производительность периферийных контроллеров. Но теперь мы видим противоположный рекорд: впервые за очень долгое время в состав настольного чипсета входит не две микросхемы (традиционно, «северный» и «южный мост»), а три (рис. 20). Дополнительный мост nForce 200 служит для организации интерфейса PCI Express 2.0

Характеристики чипсета nForce4 780i SLI: - поддержка всех процессоров Intel семейств Celeron 400, Pentium Dual-Core и Core 2; - частота системной шины может официально составлять до 1333 МГц; - двухканальный контроллер памяти DDR2-533/667/800 с поддержкой до 4 модулей DIMM суммарным объемом до 8 ГБ (без ECC); - есть поддержка «SLI-Ready»-памяти; - интегрированный блок DASP 4.0 предназначен для аппаратной предвыборки и кэширования данных; - три графических интерфейса PCIEx16 (два — от северного моста через мост nForce 200, еще один — от южного моста) с возможностью организации 3-way SLI (x16+x16+x16).

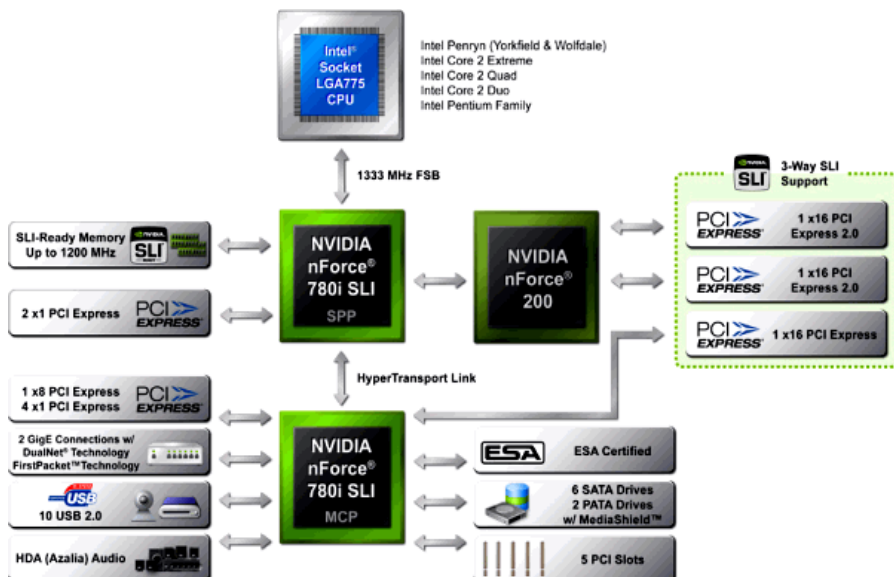


Рис. 20. Блок-схема чипсета nForce4 780i SLI

**Чипсеты SiS.** Компания SiS, выпустив на заре истории Pentium 4 очень удачный чипсет SiS 645 и, чуть позже, его двухканальный вариант SiS 655(TX), который по своим возможностям не уступал i875P при гораздо меньшей цене, а по поддерживаемым частотам даже превосходявшем. Последними представителями данной фирмы являются:

SiS 656FX – для процессоров Intel уровня i915 и i925XE.

SiS 673 – для процессоров Intel уровня i965 и i975X.

680SCE и 680SCH – для процессоров уровня Intel X38/P35.

SiS 772 – последний чипсет для процессоров AMD.

В настоящее время развитие получили чипсеты только для процессоров AMD. Так как мы подробнее останавливаемся на линейке Intel, то для сравнения с группой чипсетов i915-i925XE, рассмотрим чипсет SiS656 FX по своим характеристикам не уступающий соответствующим продуктам Intel. В частности, они обладают поддержкой шины PCI Express, работают с процессорами Intel Pentium D и с Pentium 4 Extreme Edition (с 1066 МГц

шиной). Также они поддерживают память DDR2 с частотами 400, 533 и 667 МГц и недорогую память DDR.

По своей функциональности южные мосты SiS 965(L)/966(L) заметно уступают не только ICH7(R) но и ICH6, не говоря уж об абсолютном чемпионе - чипсете nForce4 SLI Intel Edition. В первую очередь, это касается возможностям дискового интерфейса Serial ATA (2 или 4 канала SATA150 против 4 каналов SATA300 у ICH7), а также поддержки шины PCI Express (2 линии против 4 или даже 6 у ICH). По числу портов USB2.0, на первый взгляд, наблюдается паритет - по 8 у каждого, но и здесь имеется разница: у ICH все порты - полноценные High-Speed USB2.0, а у всех южных мостов SiS полноценный High-Speed USB2.0 контроллер только один (4 порта), а остальные 2 контроллера (тоже 4 порта) - только Full-Speed USB2.0 (т.е. обычный USB 1.1). Блок-схема чипсета SiS656FX представлена на рисунке 21.

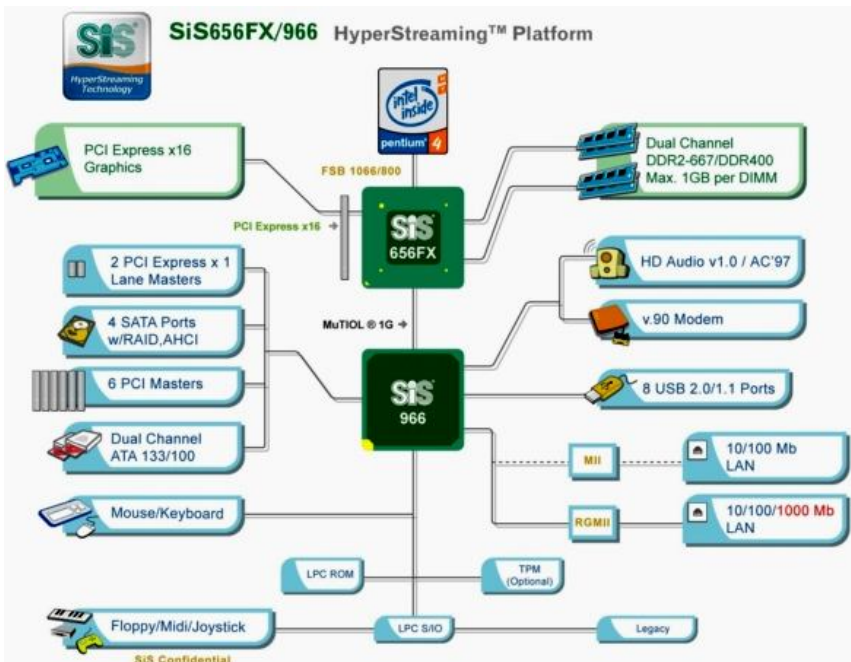


Рис. 21. Блок-схема чипсета SiS656FX

**Чипсеты VIA.** Как и у SiS, золотые дни компании VIA, когда ее чипсеты могли на равных конкурировать с аналогичной продукцией Intel, давно миновали. Более менее удачный чипсет, так же как и SiS, аналогичен группе чипсетов i915-i925XE. Это чипсеты PT880 Pro и PT894 Pro (Рис. 22).

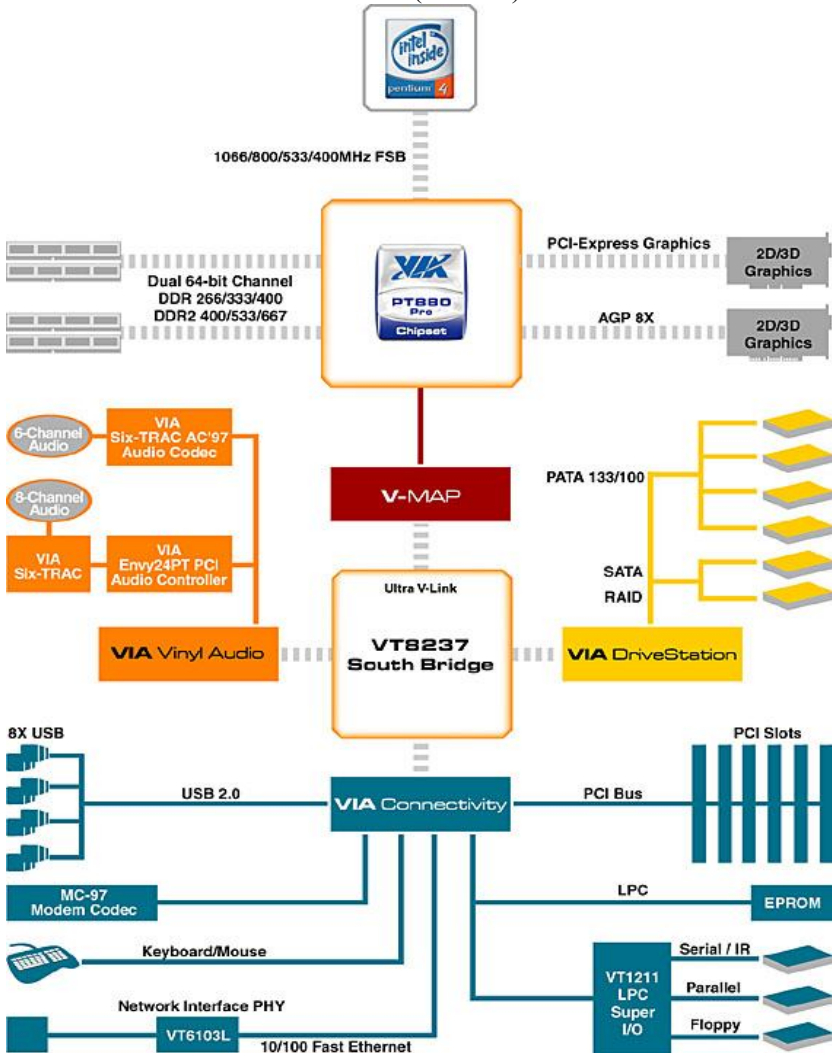


Рис. 22. Блок-схема чипсета VIA PT880 Pro

Чипсет VIA PT880 Pro: - обеспечивает поддержку процессоров Intel Pentium 4, Pentium 4 XE и Celeron D с частотой шины от 400 до 1066 МГц; - двухканальный контроллер памяти (до 4 Гбайт), поддерживает как DDR400, так и DDR2-667, причем, в отличие от Intel, предусмотрена одновременная работа модулей памяти разных типов. Но главная его "изюминка" заключается в поддержке одновременно двух разных графических интерфейсов - AGP8X и PCI Express (правда, не полноценная PCI-E x16, а только скромная PCI-E x4). Данная технология была названа DualGFX и, без сомнения, может понравиться всем тем, кто не в восторге от слишком высокого темпа смены компьютерных платформ, заданным Intel. Ведь, в случае покупки системной платы на чипсете PT880 Pro, у пользователя появляется возможность продолжать использовать не только старую память типа DDR, но и видеокарту AGP, которые, конечно, тоже придется менять, но сделать это можно будет гораздо позже.

### **2.3 Интерфейсы системной платы**

Кроме системной шины на материнской плате есть еще шины ввода/вывода (внешние шины), в которые вставляются платы расширения. Именно они занимают больше всего места на системной плате.

Первые персональные компьютеры имели одну внешнюю шину, которая называлась системной. Поэтому до сих пор слоты внешней шины называют системной шиной. Первоначально такая внешняя (системная) шина состояла из нескольких медных проводов (от 50 до 100), которые встраивались в материнскую плату. На материнской плате на одинаковых расстояниях друг от друга находились разъемы для микросхем памяти и устройств ввода-вывода. Современные персональные компьютеры обычно содержат специальную шину между центральным процессором и памятью и по крайней мере еще одну шину для устройств ввода-вывода.

Что бы понять, зачем же всё-таки появилась шина ввода/вывода надо вернуться в 70-года. Тогда, после изобретения первого микропроцессора и создания первого персонального

компьютера, встал вопрос о возможностях расширения компьютера без замены материнской платы. Было решено использовать гнезда расширения, расположенные непосредственно на материнской плате, в которые подключались платы расширения. Первым компьютером, обладавшим гнездами расширения, был Apple II. Он получил большую популярность именно благодаря наличию в нем этих гнезд. Архитектура этого компьютера с незначительными изменениями легла в основу IBM PC. Такое устройство ПК, с возможностью вставлять в системный блок дополнительные платы, получило название "открытая архитектура". Благодаря открытой архитектуре сейчас мы можем выбирать видеокарту какого производителя нам покупать, через какой модем выходить в Интернет и каким звуком наслаждаться. А из-за того, что инженеры IBM подробно документировали спецификацию шины расширений и открыли свободный доступ к документации, заинтересованные фирмы получили возможность создавать собственные платы расширения, увеличивая популярность и возможности персонального компьютера.

Таким образом под **открытостью архитектуры** понимается во первых – открытость стандарта подключения плат расширения, а во-вторых – это возможность менять перечень устанавливаемых плат расширения, меняя тем самым назначение и мощность ПК.

Нам, как пользователям, понятно и известно второе определение, но суть всё-таки в первом.

Открытая архитектура, разделила все устройства ПК на **внутренние и внешние**. При чём скорость развития всех этих устройств различна, как различны и требования к их производительности.

- Внутренние устройства располагаются на материнской плате (процессор, память и т.д.), хотя и для них, как мы уже говорили, стали устанавливаться стандартизированные интерфейсы.

- Внешние устройства это как раз те самые устройства (адаптеры и контроллеры), которые подключаются к системной плате через слоты шин ввода/вывода. Данные устройства делятся на две основных категории - *bus masters* и *bus slaves*:

***Bus masters*** - это устройства, способные управлять работой шины, т.е инициировать запись/чтение и т.д.

***Bus slaves*** - соответственно, устройства, которые могут только отвечать на запросы.

Сейчас можно видеть, что шины ввода/вывода (внешние шины) отличаются друг от друга по архитектуре и среди них можно выделить уже три поколения. Условно поколения шин ввода/вывода можно обозначить следующим образом:

Первое поколение – *шины расширений*, шины общего назначения, позволяющие подключать большое число самых разнообразных устройств;

Второе поколение – *локальные шины*, часто специализирующиеся на обслуживании небольшого количества устройств определенного класса, преимущественно видеосистем.

Первое поколение – *последовательные шины* ввода/вывода.

Так же, помимо внешних шин ввода/вывода, компьютерах широко используются также *периферийные шины* — интерфейсы для внешних запоминающих и многочисленных периферийных медленно действующих устройств.

Давайте рассмотрим все шины по порядку.

### 2.3.1 Шины расширения

Первоначально шина расширения использовалась для подключения только адаптеров периферийных устройств. При этом, характеристика такой шины ничем не отличалась от характеристики внутренней системной шины.

В названии «Шина расширения» можно различить два смысловых значения. Всем понятно, что шина расширения необходима для РАСШИРЕНИЯ функций персонального устройства. Ведь не зря платы адаптеров, которые устанавливаются в слоты шины расширения, называются платами расширения. Но оказывается, смысл названия у IBM шёл от архитектурной особенности данной шины, а именно, **шина расширения** – это расширение системной шины до возможности подключения адаптеров внешних устройств.

Это определение чётко просматривается на первом варианте шины расширения, используемой в ПК IBM PC. Все внешние характеристики процессора, а, следовательно, и системной шины, совпадали с характеристиками этой шины.

Рассмотрим все шины расширения в исторической последовательности:

Интерфейсы шин расширения компьютеров фирмы IBM PC/XT ведут историю с 8-битной шины **PC/XT bus** (рис. 24). Шина была крайне проста по дизайну, содержала 53 сигнальных линии и 8 линий питания и представляла собой синхронную 8-битную шину с контролем четности и двухуровневыми прерываниями.

62-контактный слот включал 8 линий данных, 20 линий адреса (A0-A19), 6 линий запроса прерываний (IRQ2-IRQ7). Таким образом, объем адресуемой памяти составлял 1 Мбайт, и при частоте шины 4.77 МГц пропускная способность достигала 1.2 Мбайта/сек.

Открытость данной шины обеспечила появление широкого спектра плат расширений, позволивших использовать PC в различных сферах.

С появлением персонального компьютера IBM PC/AT-286 была представлена новая версия шины **PC/AT bus**, впоследствии названной ISA. Сохраняя совместимость со старыми 8-битными платами расширения, новая версия шины обладала рядом существенных преимуществ:

- добавление 8 линий данных позволило вести 16-битный обмен данными;
- добавление 4 линий адреса позволило увеличить максимальный размер адресуемой памяти до 16 МВ;
- были добавлены 5 дополнительных линий прерываний (trigger-edged IRQ);
- была реализована частичная поддержка *bus masters* (дополнительных);
- частота шины была увеличена до 8,33 МГц;
- пропускная способность достигла 5.3 МВ/сек.

**Шина ISA** (Industry Standard Architecture – архитектура промышленного стандарта) внешне идентична шине PC/AT bus (рис. 24), но в отличие от последней увеличено количество линий аппаратных прерываний с 7 до 15 и каналов прямого доступа к памяти DMA с 7 до 11.

Несмотря на отсутствие официального стандарта и технических "изюминок" шина ISA превосходила потребности среднего пользователя образца 1984 года, а "засилье" IBM AT на рынке массовых компьютеров привело к тому, что производители плат расширения и клонов AT приняли ISA за стандарт. Такая популярность шины привела к тому, что слоты ISA очень долго присутствовали на всех системных.

В 1987 году компания IBM прекратила выпуск серии PC/AT и начала производство линии PS/2. Одним из главных отличий нового поколения персональных компьютеров была новая системная шина - **MCA** (Micro Channel Architecture). Эта шина не обладала обратной совместимостью с ISA.

**Шина MCA** – 32-разрядная шина, с пропускная способность 76 Мбайт/с, рабочая частота 10-20 МГц. Поскольку компьютеры PS/2 не получили широкого распространения, в первую очередь ввиду отсутствия наработанного обилия прикладных программ, шина MCA также используется не очень широко.

Так как шина MCA не получила развития, а шина ISA уже не удовлетворяла пользователя, то несколько компаний, объединившись представили 32-разрядное расширение шины ISA с полной обратной совместимостью.

Шина **EISA** (Extended ISA) явилась "асимметричным ответом" производителей клонов PC на попытку IBM поставить рынок под свой контроль.

Основные характеристики новой шины были следующими:

- 32-разрядная передача данных;
- максимальная пропускная способность - 33 МБ/сек;
- 32-разрядная адресация памяти позволяла адресовать до 4 Гбайт;
- поддержка multiply bus master;
- возможность задания уровня двухуровневого (edge-triggered) прерывания (что позволяло нескольким устрой-

- ствам использовать одно прерывание, как и в случае многоуровневого (level-triggered) прерывания);
- авто-настройка плат расширения.

Сразу же после выхода шины EISA началась "шинная война", причем это была не столько война между архитектурами, сколько война за контроль IBM над рынком персональных компьютеров. И эту войну корпорация с треском проиграла. Да, архитектура MCA по заложенным техническим решениям и перспективам развития выглядела предпочтительнее. Но, как ни странно, именно это оказалось вторым фактором, который ее сгубил.

*На данный момент ссылки на архитектуру MCA практически не встречаются даже на сайте IBM. Очень долго архитектура MCA использовалась IBM только в некоторых линейках серверов (RISC-системы построенные на базе шины MCA с пропускной способностью 160 МВ/сек).*

На рисунке 23 представлена общая архитектура компьютера, у которого в качестве базовой используется шина расширения. Как видно, все элементы равнозначны по подключению. Различие в быстродействии определяется только приоритетом, который у процессора и памяти всегда больше.

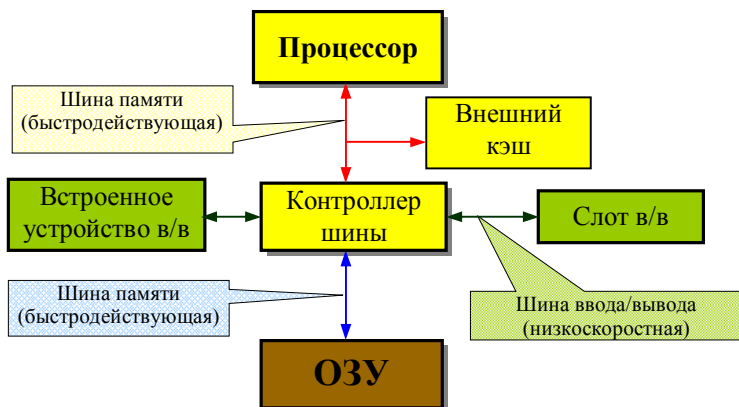


Рис. 23. Конфигурация системы с шиной расширения

### 2.3.2 Локальные шины

В дальнейшем быстродействие процессора возрастало, а характеристики шин улучшались в основном за счет добавления новых линий. Препятствием для повышения частоты шины являлось огромное количество выпущенных плат, которые не могли работать на больших скоростях обмена.

В то же время в начале 90-х годов в мире персональных компьютеров произошли изменения, потребовавшие резкого увеличения скорости обмена с устройствами:

- создание нового поколения процессоров типа Intel 80486, работающих на частотах до 66 MHz;
- увеличение емкости жестких дисков и создание более быстрых контроллеров;
- разработка и активное продвижение на рынок графических интерфейсов пользователя (типа Windows или OS/2) привели к созданию новых графических адаптеров, поддерживающих более высокое разрешение и большее количество цветов (VGA и SVGA).

Для повышения скорости очевидным является осуществлять часть операций обмена данными, требующих высоких скоростей, не через шину ввода/вывода, а через шину процессора, примерно так же, как подключается внешний кэш. Такая конструкция получила название локальной шины (Local Bus).

На рисунке 24 наглядно видно различие между обычной архитектурой и архитектурой с локальной шиной.

Локальная шина не заменяла собой прежние стандарты, а дополняла их. Основными шинами в компьютере по-прежнему оставались ISA или EISA, но к ним добавлялись один или несколько слотов локальной шины.

Первоначально эти слоты использовались почти исключительно для установки видеоадаптеров, при этом к 1992 году было разработано несколько несовместимых между собой вариантов локальных шин, исключительные права на которые принадлежали фирмам-изготовителям.

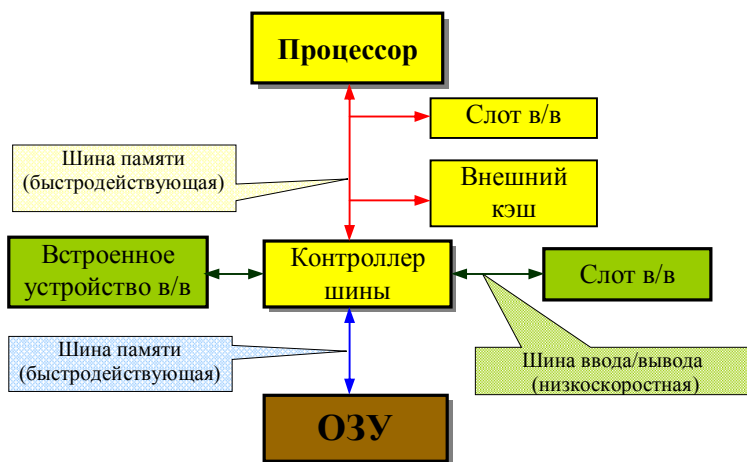


Рис. 24. Конфигурация системы с локальной шиной

Естественно, такая неразбериха сдерживала распространение локальных шин, поэтому VESA (Video Electronic Standard Association) - ассоциация, представляющая более 100 компаний - предложила в августе 1992 года свою спецификацию локальной шины VLB (VESA Local Bus).

Шина **VLB**, по существу, является расширением внутренней шины МП для связи с видеоадаптером и реже с винчестером, платами Multimedia, сетевым адаптером. Разрядность шины – 32 бита, реальная скорость передачи данных по 80 Мбайт/с (теоретически достижимая – 132 Мбайт/с). На рисунке 25 можно видеть совмещение расположения слотов трёх шин, используемых совместно PC/AT bus, ISA и VLB.

Наряду с указанными плюсами, шина VLB имела ряд существенных минусов:

- VL-bus жестко привязана к шине процессора 80486
- Ограниченное быстродействие. Как уже было сказано, реальная частота VL-bus - не больше 50 MHz.
- Ограничение количества плат. Это ограничение вытекает также из необходимости соблюдения ограничений на нагрузку каждой линии.



Рис. 25. Вид слотов шин PC/XT bus, ISA и VLB

С появлением новых процессоров, из-за жёсткой привязки шины VLB к старым, появилась необходимость создания новой локальной шины. При этом фирма Intel пошла дальше, и начала разработку с нуля, не базируясь ни на чём ранее созданном. При этом разработчики отказались от использования шины процессора и создали ещё одну, «*антресольную*» шину (mezzanine bus), назвав её Шина PCI (Peripheral Component Interconnect – соединение внешних компонентов)

Будучи локальной, эта шина занимает особое место в современной архитектуре PC, являясь мостом между системной шиной процессора и шиной ввода/вывода ISA/EISA или MCA, и обладает двумя приятными особенностями.

- во-первых, шина получилась процессоро-независимой;
- во-вторых, шина могла работать параллельно с шиной процессора, не обращаясь к ней за запросами (Например, процессор работает себе с кэшем или системной памятью, а в это время по сети на винчестер пишется информация. На самом деле это конечно не так просто, но загрузка шины процессора существенно снизилась).

Именно из-за последней возможности вытекает название шины - *взаимосвязь периферийных компонентов*.

Основные возможности шины следующие:

- Синхронный 32-х или 64-х разрядный обмен данными. При этом для уменьшения числа контактов (и стоимости)

используется *мультиплексирование*, то есть адрес и данные передаются по одним и тем же линиям.

- Поддержка напряжения 5V и 3.3V.
- Частота работы шины 33MHz или 66MHz (в версии 2.1) позволяет обеспечить широкий диапазон пропускных способностей (с использованием пакетного режима).
- Полная поддержка multiply bus master (например, несколько контроллеров жестких дисков могут одновременно работать на шине)
- Автоматическое конфигурирование карт расширения при включении питания. Plug and Play (PnP).
- Спецификация шины позволяет комбинировать до восьми функций на одной карте (например, видео + звук и т.д.).

Схема архитектуры компьютера с антресольной шиной PCI показана на рисунке 26. Как видно на схеме, для подключения шин ISA/EISA используются специальные мосты, входящие в чипсеты системных плат.

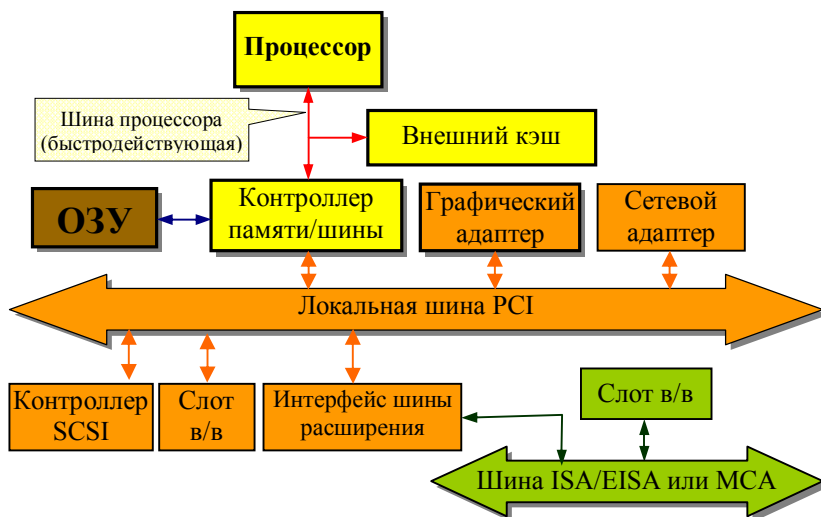


Рис. 26. Конфигурация системы с антресольной шиной PCI

Несмотря на все преимущества новой архитектуры используемой с внедрением шины PCI, устаревшая шина ISA ещё дол-

гие годы преследовала пользователей и производителей. Интел и Микрософт сочинили целую стратегию ухода от власти шины ISA:

1 - На первом этапе все машины должны были содержать PCI-слоты.

2 - На втором этапе вынудили фирмы-производители компьютеров не ставить в них какую-либо ISA-периферию, кроме встроенной на материнскую плату. Это приведет к резкому снижению спроса на ISA-карты и к практическому исчезновению их в продаже.

3 - Далее оказался возможным полный отказ от ISA-разъемов на материнских платах (P IV).

4 - Последний рубеж - встроенные на системную плату ISA-устройства. К ним относится: - *последовательный порт*; - *параллельный порт*; - *ПЗУ BIOS-a*; - *флоппи-контроллер и прочая мелочь*. Традиционно все это подключается к ISA или ISA-подобной внутренней шине, что вынуждает производителя разводить по материнской плате кучу проводов. Все эти интерфейсы были продублированы на периферийных устройствах новыми интерфейсами USB. При этом Intel рекомендует забыть о старом флоппи-интерфейсе, и подключать флоппи-накопители, как взрослых, к IDE, SCSI, IEEE 1394 или USB.

Позже у шины PCI появляются следующие ключевые модификации:

**PCI 2.2** – допускается 64-бит ширина шины и/или тактовая частота 66 МГц, т.е. пиковая пропускная способность до 533 МБ/сек.;

**PCI-X**, 64-бит версия PCI 2.2 с увеличенной до 133 МГц частотой (пиковая пропускная полоса 1066 МБ/сек.);

**PCI-X 266** (PCI-X DDR), DDR версия PCI-X (эффективная частота 266 МГц, реальная 133 МГц с передачей по обоим фронтам тактового сигнала, пиковая пропускная полоса 2.1 ГБ/сек);

**PCI-X 533** (PCI-X QDR), QDR версия PCI-X (эффективная частота 533 МГц, пиковая пропускная полоса 4.3 ГБ/сек.);

**Mini PCI** – PCI с разъемом в стиле SO-DIMM, применяется преимущественно для миниатюрных сетевых, модемных и прочих карточек в ноутбуках;

**Compact PCI** – стандарт на форм-фактор (модули вставляются с торца в шкаф с общей шиной на задней плоскости) и разъем, предназначенные в первую очередь для промышленных компьютеров и других критических применений;

**Accelerated Graphics Port (AGP)** – высокоскоростная версия PCI оптимизированная для графических ускорителей. Отсутствует арбитраж шины (т.е. допустимо только одно устройство, за исключением последней, 3.0 версии стандарта AGP, где устройств и слотов может быть два). Передачи в сторону ускорителя оптимизированы, есть набор специальных дополнительных возможностей специфических для графики.

Отличия конструктива некоторых из представленных шин показаны на рисунке 27.

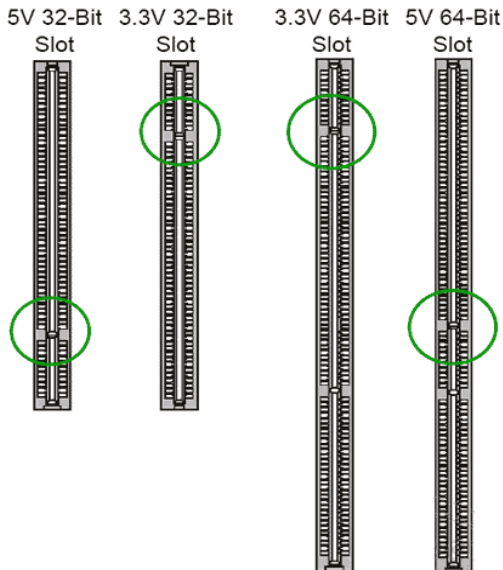


Рис. 27. Отличие конструктива шин PCI

Как бы не хороша была шина PCI, но все хорошее когда-нибудь кончается. Одним из главных потребителей пропускной способности шины является графический адаптер. По мере увеличения разрешения и глубины цвета требования к пропускной способности шины, связывающей дисплейный адаптер с памятью и центральным процессором компьютера, повышаются. Одно из решений состоит в уменьшении потока графических данных, передаваемых по шине. Для этого графические платы снабжают акселераторами и увеличивают объем видеопамати, которой пользуется акселератор при выполнении построений. В результате поток данных в основном циркулирует внутри графической карты, слабо нагружая внешнюю шину. Однако при трехмерных построениях акселератору становится тесно в ограниченном объеме видеопамати, и его поток данных снова выходит на внешнюю шину.

Поэтому приходится увеличивать количество дорогой памяти непосредственно на видеокарте, и хранить часть информации в дешевой системной памяти, но при этом каким-нибудь образом организовать к ней быстрый доступ.

Пойдя по второму пути, в 1998 году фирма Intel на базе шины PCI 2.1 разработала новый стандарт подключения графических адаптеров - **AGP** (Accelerated Graphic Port – ускоренный графический порт).

Этот порт представляет собой 32-разрядную шину с тактовой частотой 66 МГц, по составу сигналов напоминающую шину PCI. Чипсет системной платы связывает шину AGP с памятью и системной шиной процессора, не пересекаясь с "узким местом" - шиной PCI. "Ускоренность" порта обеспечивается следующими факторами:

- конвейеризацией обращений к памяти. В PCI во время реакции памяти на запрос шина простаивает. Конвейерный доступ AGP позволяет в это время передавать следующие запросы, а потом получить поток ответов;
- сдвоенной передачей данных (2х), обеспечивает при частоте 66 МГц пропускную способность до 532 Мбайт/с;
- демультиплексированием шин адреса и данных.

Впервые данная шина появилась вместе с первыми системными наборами для процессора Pentium II. Существует три базовых версии протокола AGP, дополнительная спецификация на питание (AGP Pro) и 4 скорости передачи данных – от 1x (266 МБ/сек) до 8x (2ГБ/сек), в том числе допустим сигнальные уровни 1.5, 1.0 и 0.8 вольт.

- В режиме *DMA* акселератор при вычислениях рассматривает видеопамять как первичную, а когда ее недостаточно, подкачивает данные из основной памяти. При этом для трафика порта характерны длительные блочные передачи.
- В режиме *Executive* (DIME - Direct Memory Execute) видеопамять и основная память для акселератора равнозначны и располагаются в едином адресном пространстве. Трафик порта при этом будет насыщен короткими произвольными запросами.

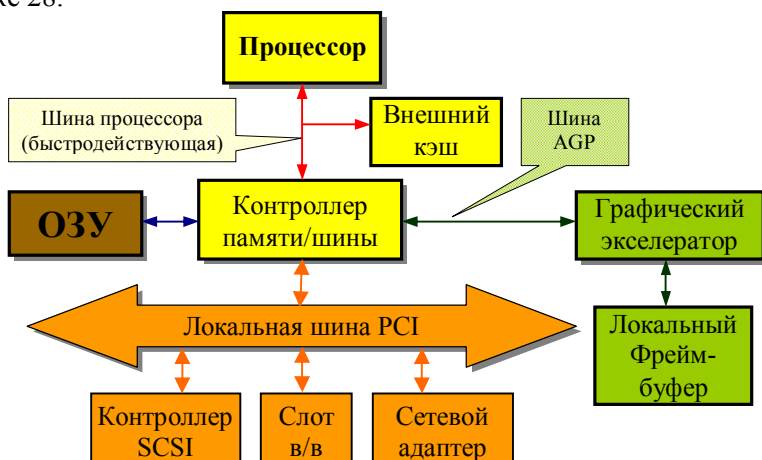


Рис. 28. Конфигурация системы с шиной AGP

На рисунке 29 показаны два слота 32 битная шина PCI 2.1 и слот шины AGP x2.

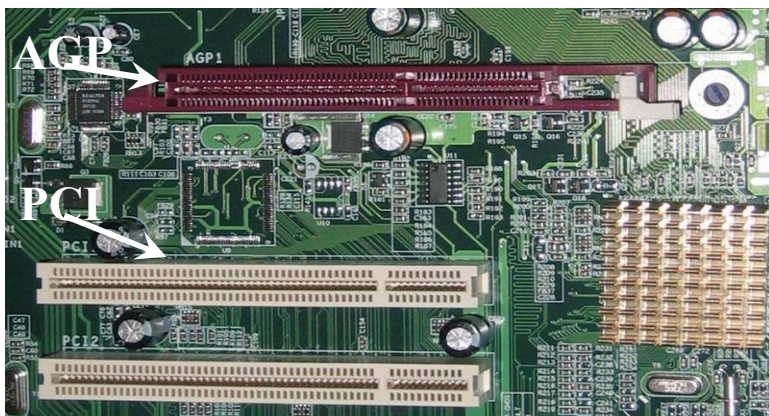


Рис. 29. Вид слотов шин PCI 2.1 и AGP x2

### 2.3.3 Последовательные шины ввода/вывода

Как и любая другая технология, шинная технология имеет свои разумные границы масштабирования, при приближении к которым увеличение пропускной полосы дается все большей и большей ценою.

Возросшая тактовая частота требует более дорогостоящей разводки и накладывает существенные ограничения на длину сигнальных линий, увеличение разрядности или использование DDR решений также влечет за собою множество проблем, которые в итоге банально выливаются в рост стоимости.

Очевидно, что в идеале пропускная способность шин должна расти синхронно с ростом производительности процессора, при этом цена реализации должна не только сохраняться прежней, но и в идеале снижаться. На данный момент это возможно только при использовании новой шинной технологии, а именно, переход от параллельной архитектуры к последовательной.

#### Преимущества последовательных шин и интерфейсов:

- Выгодный перенос все большей части практической реализации шины на кремний, что облегчает отладку, повышает гибкость и сокращает время разработки;

- Перспектива использовать в будущем *иные носители сигнала*, например оптические;
- *Экономия пространства* (не бьющая по карману миниатюризация) и снижение сложности монтажа;
- Проще реализовывать *горячие подключения* и динамическую конфигурацию в любом смысле;
- Возможность выделять гарантированные и изохронные каналы;
- Переход от разделяемых шин с арбитражем и непредсказуемыми прерываниями, неудобными для надежных/критических систем к более предсказуемым соединениям точка-точка;
- *Лучшая* с точки зрения затрат и более гибкая с точки зрения топологии *масштабируемость*.

Первым представителем нового класса шин стала шина **PCI Express** (сокращённо **PCI-E**). Базовая спецификация протокола и сигнального уровня, а также базовая спецификация на форм-фактор и энергопотребление карт и разъемы были опубликованы фирмой Intel 22 июля 2002 года. На стадии проектирования это шина была также известна как **3GIO** ( 3rd Generation I/O – Ввод-вывод третьего поколения). Отличие от локальных шин PCI и AGP действительно такое большое, что такое название реально оправдано. Шина PCI-E действительно открыла новую эру интерфейсов для плат расширения, так как является последовательной.

В отличие от шины PCI, использовавшей для передачи данных общую шину, PCI-E, в общем случае, является пакетной сетью с *топологией типа звезда*. Устройства PCI-E взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами, при этом каждое устройство напрямую связано соединением типа точка-точка с коммутатором. Статическое сравнение архитектур PCI и PCI-E показано на рисунке 30.

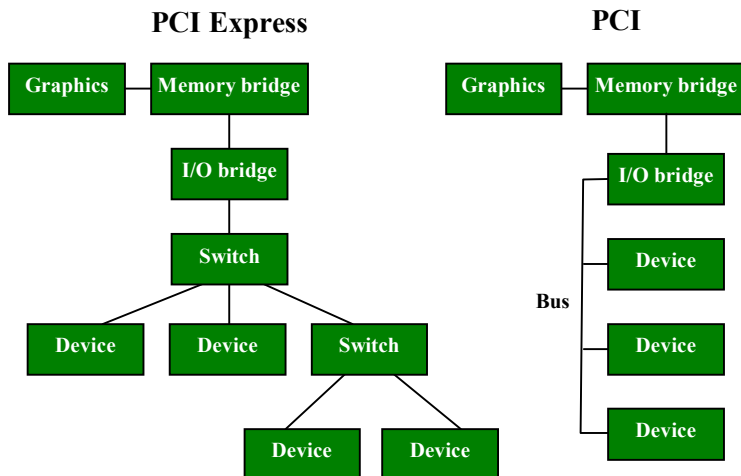


Рис. 30. Отличие последовательной шины от параллельной

#### Описание протокола шины PCI-E:

- Соединение между двумя устройствами PCI-E называется *link*, и состоит из одного (называемого 1x) или нескольких (2x, 4x, 8x, 12x, 16x и 32x) двунаправленных последовательных соединений *lane*. Каждое устройство должно поддерживать соединение 1x и фактически шина PCI-E *представляет совокупность независимых самостоятельных последовательных каналов* передачи данных
- На электрическом уровне каждое соединение использует низковольтную дифференциальную передачу сигнала (0.8 вольт LVDS). Каждый канал состоит из двух дифференциальных сигнальных пар (необходимо только 4 контакта).
- Использование подобного подхода позволяет картам PCI-E помещаться и корректно работает в любом слоте той же или большей пропускной способности (например, карта x1 будет работать в слотах x4 и x16).
- Вся контрольная и управляющая информация, включая прерывания, передается по тем же линиям что и данные.

На рисунке 31 показаны слоты шины PCI-E с одним, 4-мя и 16-ю двуправленными последовательными соединениями.

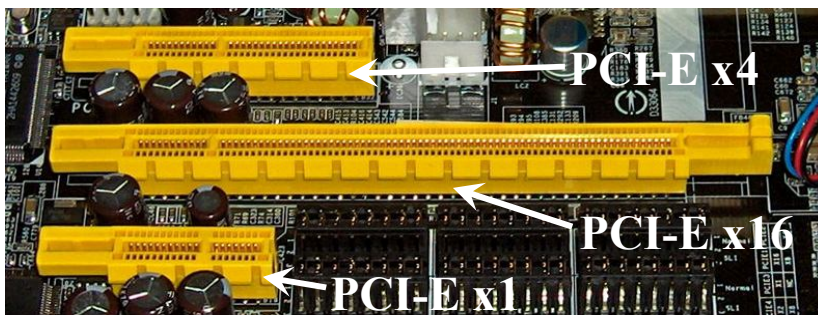


Рис. 31. Вид слотов шин PCI-E

Кроме того, шиной PCI-E поддерживается:

- горячая замена карт с возможностью динамической конфигурации устройств;
- гарантированная полоса пропускания;
- управление энергопотреблением;
- контроль целостности передаваемых данных.

15 января 2007 года группа PCI-SIG выпустила спецификацию **PCI Express 2.0**. Основные нововведения в PCI Express 2.0:

- *Увеличенная пропускная способность* – спецификация PCI Express 2.0 определяет максимальную пропускную способность одного соединения lane как 5 Гбит/с, при этом сохранена совместимость с PCI Express 1.1 таким образом, что плата расширения, поддерживающая стандарт PCI-E 1.1 может работать, будучи установленной в слот PCI-E 2.0. Внесены усовершенствования в протокол передачи между устройствами и программную модель.
- *Динамическое управление скоростью* – для управления скоростью работы связи.
- *Оповещение о пропускной способности* – для оповещения ПО (операционной системы, драйверов устройств и т.п.) об изменениях скорости и ширины шины.

- *Расширения структуры возможностей* – расширение управляющих регистров для лучшего управления устройствами, слотами и интерконнектом.
- *Службы управления доступом* – опциональные возможности управления транзакциями точка-точка.
- *Управление таймаутом выполнения.*
- *Сброс на уровне функций* – опциональный механизм для сброса функций внутри устройства.
- *Переопределение предела по мощности* – для переопределения лимита мощности слота при присоединении устройств, потребляющих большую мощность.

В настоящее время ведётся работа над **PCI-Express 3.0**, который будет обладать пропускной способностью в 8 Гбит/с. Планы на PCI-Express 3.0: утверждение в 2009 году, а первые продукты на основе нового интерфейса — в 2010 году.

### 2.3.4 Периферийные шины

Периферийные шины обладают большим разнообразием, так как первоначально каждая из них создавалась для узкого класса устройств. Даже сейчас, когда все периферийные интерфейсы стандартизировались, периферийных шин в несколько раз больше, чем внешних шин ввода/вывода. Но начнём по порядку, а именно с шин для подключения жёстких дисков.

**ATA** (AT Attachment — подключаемый к AT) – известная под другим именем **IDE** (Integrated Drive Electronics) была предложена в 1988 году для **подключения для внешних запоминающих устройств**. Надо отметить, что первый персональные компьютеры фирмы IBM не имели жёстких дисков, поэтому именно начиная с IBM PC/AT начался век этих шин. При скорости передачи данных 5—10 Мбайт/с, ёмкость одного накопителя ограничивалось 504 Мбайт. Это ограничение следовало из-за ограничения адресного пространства:

**16 головок x 1024 цилиндра x 63 сектора x 512 байт в секторе = 528 482 304 байт ~ 504 Мбайт**

К достоинствам интерфейса IDE можно отнести легкость подключения жесткого диска IDE к компьютеру, невысокую стоимость контроллеров и самих дисков. На материнских платах реализованы два канала IDE, к каждому из которых возможно подключение до двух устройств (всего 4 устройства).

В дальнейшем появились контроллеры, поддерживающие новую модификацию интерфейса **EIDE** (Enhanced IDE) или иначе **ATA-2**. Интерфейс Enhanced IDE обеспечивает высокую скорость передачи информации – 13 (11,1) Мбайт/с. Так как скорость передачи информации по системной шине ISA значительно меньше, чем 13 Мбайт/с, то контроллер Enhanced IDE должен подключаться к локальной шине процессора. Вы можете использовать контроллеры Enhanced IDE, предназначенные для локальных шин PCI или VLB. EIDE, поддерживает стандарт ATAPI и LBA mode (Logic Block Address – адресацию логических блоков). LBA позволила поддерживать емкость диска до 2500 Мбайт.

***ATAPI** (ATA Packet Interface) – стандарт, созданный с тем, чтобы напрямую подключать к интерфейсу ATA не только жесткие диски, но и CD-ROM, стримеры, сканеры и т. д.*

Дальнейшим развитием интерфейса ATA становится **Ultra ATA** или иначе ATA-3, который позволяет поддерживать диски большой ёмкости и реализовывал технологию **SMART** (Self Monitoring Analysis and Report Technology – технологию самостоятельного следящего анализа и отчета), позволяющую устройствам сообщать о своих неисправностях и ряд других сервисов. У пользователей данный интерфейс известен больше как **UDMA** (Ultra Direct Memory Access - режим прямого доступа к памяти). Обычный метод обмена с IDE-винчестером – это программный ввод-вывод, PIO (Programmed Input/Output), при котором процессор, используя команды ввода-вывода, считывает или записывает данные в буфер винчестера, что отнимает какую-то часть процессорного времени. Ввод-вывод путем прямого доступа к памяти идет под управлением самого винчестера или его контроллера в паузах между обращениями процессора к памяти, что экономит процессорное время, но несколько снижает максимальную скорость обмена. Первый интерфейс UDMA поддерживал скорость обмена до 33 Мбайт/с.

В дальнейшем были разработаны новые версии интерфейса ATA/ATAPI-4, ATA/ATAPI-5 и ATA/ATAPI-6, которые по протоколам UDMA/66 и UDMA/100 обеспечивают пиковую пропускную способность 66, 100 и 133 Мбайт/с соответственно. Все эти протоколы требуют специальных, 80-ти жильных кабелей.

Параллельно с шинами ATA развивался более сложный и мощный интерфейс SCSI (Small Computer System Interface – малый системный интерфейс компьютера). Широкое распространение получил в компьютерах Apple Macintosh, а в компьютерах, совместимых с IBM PC, SCSI не пользовался такой популярностью в связи со своей сложностью и сравнительно высокой стоимостью и применяется преимущественно в серверах.

Фактически SCSI является упрощенным вариантом системной шины компьютера, поддерживающим до восьми устройств и может работать с любым устройством, на котором присутствует данный интерфейс (жесткий диск, сканер). Такая организация требует от устройств наличия определенных контроллеров — например, в винчестерах SCSI все функции кодирования/декодирования, поиска сектора, коррекции ошибок и т.п. возлагаются на встроенную электронику, а внешний SCSI-контроллер выполняет функции обмена данными между устройством и компьютером — часто в автономном режиме, без участия центрального процессора (режимы DMA — прямого доступа к памяти, или Bus Mastering — затчика шины). Интерфейсы SCSI-1 имеют 8-битовую шину; SCSI-2 и SCSI-3 — 16-битовую и рассчитаны на использование в мощных машинах-серверах и рабочих станциях.

Оценив преимущества скоростных последовательных интерфейсов в начале века разработчики жестких дисков начали вести работы по переходу к специализированному последовательному интерфейсу, которому было дано имя SATA (Serial ATA, то есть последовательный ATA). Разработкой стандартов Serial ATA занимается Международная организация Serial ATA (SATA-IO)

В 2002 году появились первые образцы винчестеров с интерфейсом Serial ATA (SATA/150), максимальная пропускная

способность которого составила 150 Мбайт/с (или 1,5 Гбит/с). В 2003 году практически все ведущие производители жестких дисков начали серийное производство SATA-винчестеров, поскольку преимущества нового интерфейса очевидны. Помимо повышения скорости передачи данных, Serial ATA имеет и другие достоинства:

- На смену 80-жильным ленточным шлейфам пришли 7-жильные тонкие кабели, более стойкие к различным помехам, что позволяет увеличить максимальную длину такого кабеля с 46 см до одного метра.
- использование длинных кабелей способно обеспечить более рациональное размещение комплектующих в системном блоке, а отказ от плоских и широких шлейфов, препятствующих распространению воздушных потоков, теоретически дает возможность организовать оптимальное охлаждение компонентов.
- простота подключения - в отличие от параллельного ATA, здесь к каждому разъему контроллера может присоединяться только один диск, а не два, что позволяет отказаться от настроек Master/Slave, а также от перемычек на жестких дисках, так как смысл в их существовании просто пропадает.
- В Serial ATA используется 32-разрядный контроль CRC (Cyclic Redundancy Check) - контроль с помощью циклического избыточного кода (код CRC, записываемый в секторы жестких дисков, служит для обнаружения ошибок), гарантирующий повышенную надежность передачи данных. Помимо всего прочего, SATA обеспечивает типичную для современных последовательных интерфейсов возможность "горячего" подключения винчестеров.

SATA устройства используют два разъёма: 7-контактный (подключение шины данных) и 15-контактный (подключение питания). Оба контакта показаны на рисунке 32.

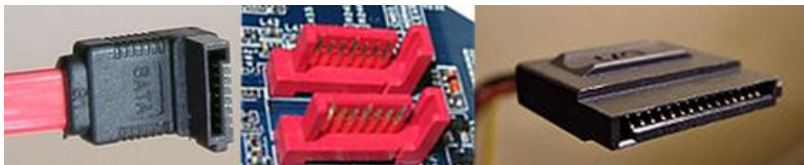


Рис. 32. Разъёмы и штекеры шины SATA

Несколько позже (в середине 2004) был создан интерфейс eSATA (External SATA) – интерфейс подключения внешних устройств, поддерживающий режим «горячей замены» (англ. Hot-plug). Основные особенности eSATA:

- Разъёмы менее хрупкие и конструктивно рассчитаны на большее число подключений (~9000).
- Требуется для подключения два провода: шину данных и кабель питания.
- Ограничен по длине кабеля данных (около 2 м).
- Средняя практическая скорость передачи данных выше, чем у USB или IEEE 1394.
- Существенно меньше нагружается центральный процессор.

Дальнейшее развитие Serial ATA - стандарт **SATA/300** работает на частоте 3 ГГц, обеспечивает пропускную способность до 2,4 Гбит/с (300 МБ/с). Впервые был реализован в контроллере чипсета nForce 4 фирмы «NVIDIA». Часто стандарт SATA/300 называют SATA II или SATA 3.0. Теоретически устройства SATA/150 и SATA/300 совместимы, однако для некоторых устройств и контроллеров требуется ручное выставление режима работы.

Последним вариантом спецификации Serial ATA является стандарт **SATA Revision 3.0** предусматривает возможность передачи данных на скорости до 600 МБ/с (6 ГГц). В числе улучшений SATA Revision 3.0 по сравнению с предыдущей версией спецификации, помимо более высокой скорости, можно отметить улучшенное управление питанием. Также будет сохранена совместимость, как на уровне разъемов и кабелей SATA, так и на уровне протоколов обмена.

Другой линейкой периферийных шин являются интерфейсы для подключения устройств ввода и вывода информации.

Первым представителем является шина **RS-232** – интерфейс обмена данными по последовательному коммуникационному порту (COM-порту или Serial Port). Его иногда называют асинхронным адаптером.

Служит для подключения к компьютеру достаточно "медленных" устройств - мыши, модема, регулирующих контроллеров и т.д. Управление работой COM-портов (число которых ограничено четырьмя) осуществляется специальной микросхемой UART16550A. Разъемы последовательных портов могут быть двух типов: 25-контактные и 9-контактные (Рис. 33 ).



Рис. 33. Разъемы последовательных портов

Следующей шиной общего назначения является **IEEE 1284** (Institute of Electrical and Electronic Engineers 1284 – стандарт Института инженеров по электротехнике и электронике 1284) – стандарт, описывающий спецификации параллельных скоростных интерфейсов SPP (Standard Parallel Port — стандартный параллельный порт), EPP (Enhanced Parallel Port — улучшенный параллельный порт), ECP (Extended Capabilities Port — порт с расширенными возможностями).

Через порт параллельного адаптера к компьютеру подключается печатающее устройство, поэтому его иногда называют принтерным портом (**LPT-порт**). Помимо принтера к нему могут подключаться внешние запоминающие устройства, сканеры, цифровые камеры. Со стороны LPT-порта установлен стандартный разъем DB-25 (Рис.34) имеющий 25 контактов, а со стороны устройства используется разъем типа Centronics.



Рис. 34. Разъем параллельного порта

Описанные периферийные шины ввода/вывода информации разрабатывались для устройств работающих с первыми поколениями персональных компьютеров, поэтому не обеспечивали необходимую скорость для развивающихся устройств. Потому на смену им пришли **универсальные последовательные шины**.

Первым представителем последовательных шин был порт **USB** (*Universal Serial Bus* – универсальная последовательная шина) представленный в 1996 году. Шина USB представляет собой последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств. Все устройства подключаются к одному разъему, который поддерживает технологии Plug & Play. Технология Plug & Play, реализованная в шине USB, позволяет производить «горячую\* замену без необходимости выключения и перезагрузки компьютера. После физического подсоединения устройства правильно опознаются и автоматически конфигурируются.

Для подключения периферийных устройств к шине USB используется четырёхпроводный кабель, при этом два провода (витая пара) в дифференциальном включении используются для приёма и передачи данных, а два провода — для питания периферийного устройства. Благодаря встроенным линиям питания, USB позволяет подключать периферийные устройства без собственного источника питания (максимальная сила тока, потребляемого устройством по линиям питания шины USB, не должна превышать 500 мА).

К шине USB можно одновременно подключить до 127 устройств: мониторы, принтеры, сканеры, клавиатуры и т. д. Каждое устройство, подключенное на первом уровне, может работать в качестве коммутатора – то есть к нему, при наличии соответствующих разъемов, могут подключаться еще несколько устройств. Обмен по интерфейсу – пакетный при скорости обмена — 12 Мбит/с.

Дальнейшим развитием универсальной последовательной шины является USB 2.0, выпущенная в апреле 2000 года.

USB 2.0 отличается от USB 1.1 введением режима Hi-speed (режима повышенной скорости).

Для устройств USB 2.0 регламентировано 3 режима работы:

*Low-speed*, 10—1500 Кбит/с (используется для интерактивных устройств: клавиатуры, мыши, джойстики)

*Full-speed*, 0,5—12 Мбит/с (аудио-, видеоустройства)

*Hi-speed*, 25—480 Мбит/с (видеоустройства, устройства хранения информации)

Хотя пиковая пропускная способность USB 2.0 составляет 480 Мбит/с (60 Мбайт/с), на практике обеспечить пропускную способность, близкую к пиковой не удаётся. Это объясняется достаточно большими задержками шины USB между запросом на передачу данных и собственно началом передачи.

В настоящее время ведётся разработка спецификации USB 3.0. над созданием которого работают компании: Intel, Microsoft, Hewlett-Packard, Texas Instruments, NEC и NXP Semiconductors. В спецификации USB 3.0 разработчики обещают сохранить полную совместимость со всеми предыдущими спецификациями USB. Пиковая пропускная способность USB 3.0 составит 4,8 Гбит/с.

Независимо от шины USB, но с несколько лучшими показателями скорости стоит шина **IEEE 1394** (*Institute of Electrical and Electronic Engineers 1394* — стандарт Института инженеров по электротехнике и электронике 1394). Изобретателем нового высокоскоростного последовательного интерфейса является фирма Apple, которая еще в 1986 году предложила использовать подобный метод при построении системной шины, а также для подключения высокоскоростных периферийных устройств. Фирма Apple как раз и дала название Fire Wire — «огненный провод». После решения Apple открыть стандарт, в сотрудничестве с заинтересованными фирмами, в 1990 году вышло техническое описание этой шины в виде стандарта IEEE1394. Как и USB, шина IEEE1394 обеспечивает внешнее подключение периферийных устройств к компьютеру.

Скорость передачи данных шины IEEE 1394 – 100, 200, 400 Мбит/с, расстояние – до 4.5 м, количество устройств – до 63. В сравнении с USB 2.0, шина FireWire хотя и обладает меньшей пиковой пропускной способностью 400 Мбит/с (что на 80 Мбит/с меньше, чем у USB 2.0), в реальности позволяет обеспечить большую пропускную способность для обмена данными с жёсткими дисками и другими устройствами хранения информации за счёт меньшей задержки между запросом на передачу данных и собственно началом передачи.

Как и USB, шина IEEE 1394 обеспечивает возможность переконфигурации аппаратных средств компьютера без его выключения (Plug&Play). В соответствии с принятым стандартом IEEE1394 существует три варианта разъемов и кабелей (условно говоря «широкий» и «узкий»).

Существуют три вида разъемов для FireWire (рис. 35), и один вариант подключения через сетевой разъем:

- 4pin (IEEE 1394a без питания) стоит на ноутбуках и видеокамерах. Два провода для передачи сигнала (информации) и два для приема. Рассчитан только на передачу данных. В этом случае подключаемые устройства должны иметь автономные источники питания.
- 6pin (IEEE 1394a). Дополнительно два провода для питания. При этом общий ток ограничен величиной 1.5 А. Большинство современных внешних периферийных устройств IEEE 1394 реализуют подключение именно по такому разьему.
- 9pin (IEEE 1394b). Дополнительные провода для приёма и передачи информации.
- Витая пара (IEEE 1394c) - появившийся в 2006 году стандарт 1394c позволяет использовать кабель RJ-45 от Ethernet. Возможно использовать параллельно с Gigabit Ethernet, то есть использовать две логические и друг от друга не зависящие сети на одном кабеле. Максимальная заявленная длина – 100 м, максимальная скорость соответствует S800 — 800 Мбит/с.

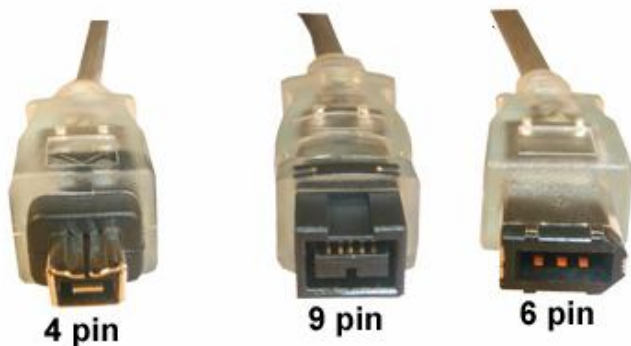


Рис. 35. Разъем кабелей FireWire

## 2.4 Микропроцессоры

*Микропроцессор* (МП), или central processing unit (CPU) — функционально-законченное программно-управляемое устройство обработки информации, выполненное в виде одной или нескольких больших (БИС) или сверхбольших (СБИС) интегральных схем.

Микропроцессор выполняет следующие функции:

- вычисление адресов команд и операндов;
- выборку и дешифрацию команд из основной памяти (ОП);
- выборку данных из оперативной памяти (ОП), регистров микропроцессорной памяти (МПП) и регистров адаптеров внешних устройств (ВУ);
- прием и обработку запросов и команд от адаптеров на обслуживание ВУ;
- обработку данных и их запись в ОП, регистры МПП и регистры адаптеров ВУ;
- выработку управляющих сигналов для всех прочих узлов и блоков ПК;
- переход к следующей команде.

## 2.4.1 Основные параметры микропроцессоров

Основными параметрами микропроцессоров являются:

### 1) Разрядность

а) *разрядность шины данных* МП определяет количество разрядов, над которыми одновременно могут выполняться операции;

б) *разрядность шины адреса* МП определяет его адресное пространство.

в) *адресное пространство* — это максимальное количество ячеек основной памяти, которое может быть непосредственно адресовано микропроцессором.

2) **Рабочая тактовая частота МП** во многом определяет его внутреннее быстродействие, ибо каждая команда выполняется за определенное количество тактов. Быстродействие (производительность) ПК зависит также и от тактовой частоты шины материнской платы, с которой работает (может работать) МП;

3) **Размер кэш-памяти** устанавливаемая на плате МП, имеет два уровня:

L1 — память 1-го уровня, находящаяся внутри основной микросхемы (ядра) МП и работающая всегда на полной частоте МП (впервые кэш L1 был введен в МП486 и у МП386);

L2 — память 2-го уровня, кристалл, размещаемый на плате МП и связанный с ядром внутренней микропроцессорной шиной (впервые введен в МП Pentium II). Память L2 может работать на полной или половинной частоте МП. Эффективность этой кэш-памяти зависит и от пропускной способности микропроцессорной шины.

4) **Рабочее напряжение** также определяет пригодность материнской платы для установки МП. Вирируется напряжение питания от 5 В для первых процессоров до 1 В в современных.

5) **Конструктив** определяет *тип корпуса* МП и те физические разъемные соединения, в которые устанавливается МП. Иногда под конструктивом понимается *форм-фактор* микропро-

цессора (Тип, размеры корпуса, Размеры кристалла, Количество выводов, Форма расположения выводов). Конструктив определяет пригодность материнской платы для установки МП. Разные разъемы имеют разную конструкцию (Slot – щелевой разъем, Socket – разъем-гнездо), разное количество контактов, на которые подаются сигналы и рабочие напряжения.

Выделяют следующие *типы корпусов* микропроцессоров:

**DIP** (Dual Inline Package – Двойной действующий пакет). Корпус с двумя рядами контактов. Представляет собой прямоугольный корпус с расположенными на длинных сторонах контактами. В зависимости от материала корпуса выделяют два варианта исполнения:

**QFP** (Quad Flat Package – плоский квадратный пакет). Такой корпус в настоящее время используется для реализации микросхем чипсетов, которые напаиваются поверх системной платы

**PGA** (Pin Grid Array – матрица штырьковых выводов). Представляет собой квадратный или прямоугольный корпус с расположенными в нижней части штырьковыми контактами. В современных процессорах контакты расположены в шахматном порядке. В зависимости от материала корпуса выделяют три варианта исполнения:

PPGA (Plastic PGA) – имеет пластиковый корпус;

CPGA (Ceramic PGA) – имеет керамический корпус;

OPGA (Organic PGA) – имеет корпус из органического материала.

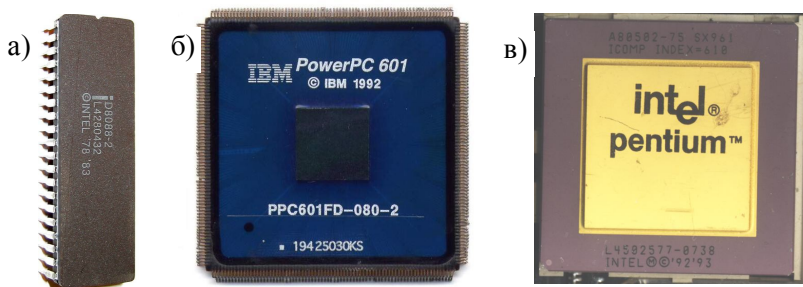


Рис. 36. Корпуса микропроцессоров первых поколений:

а) DIP; б) QFP; в) PPGA.

С дальнейшим развитием микропроцессоров выделяются следующие модификации PGA (рис. 37):

FCPGA (Flip-Chip PGA) в данном корпусе открытый кристалл процессора расположен на верхней части корпуса. Flip Chip – «перевернутый кристалл»

FCPGA2 (Flip-Chip PGA 2) — отличается от FCPGA наличием теплораспределителя, закрывающего кристалл процессора.



Рис. 37. Корпуса микропроцессоров начиная с Pentium II: а) FCPGA; б) FCPGA2; в) низ МП FCPGA и FCPGA2.

При увеличении количества контактов и уменьшении размера ядра ножки процессора становятся настолько тонкими, что не целесообразно их размещать на чипе. Поэтому появился новый тип корпуса **LGA** (Land Grid Array – корпус с матрицей контактных площадок) – представляет собой корпус PGA, в котором штырьковые контакты заменены на контактные площадки (рис.38). Может устанавливаться в специальное гнездо, имеющее пружинные контакты, либо устанавливаться на печатную плату. На рисунке (рис.38а) показана сдвигающаяся крышка LAND Slide Cover (LSC), которая защищает контакты процессора от повреждения и загрязнения; ее следует сохранить и надевать на процессор в том случае, если он извлекается из разъема LGA775

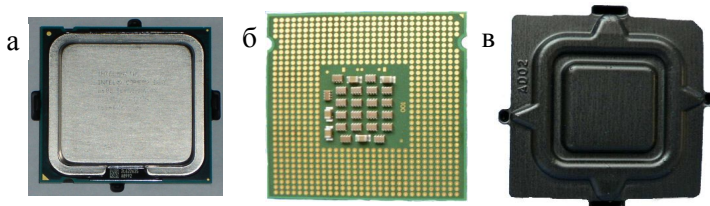


Рис. 38. Корпуса современных микропроцессоров: а) LGA сверху; б) LGA снизу; в) сдвигающаяся крышка МП LGA.

**б) Состав инструкций** – перечень, вид и тип команд автоматически исполняемых МП. От типа команд зависит даже классификационная группа МП (CISC, RISC, VLIW и т. д.). Перечень и вид команд определяют непосредственно те процедуры, которые могут выполняться над данными в МП, и те категории данных, над которыми могут выполняться эти процедуры. Дополнительные инструкции в небольших количествах вводились во многих МП (286, 486, Pentium Pro и т. д.). Но существенное изменение состава инструкций произошло в МП 386 (этот состав далее принят за базовый), Pentium MMX, Pentium III, Pentium 4.

Помимо технических параметров иногда выделяются **предельно эксплуатационные параметры** микропроцессоров, определяющие пределы его нормального функционирования:

1. Пределы напряжение питания микропроцессора – величина питающего напряжения микропроцессоров зависит от технологического процесса и от частоты ядра. Чем меньше кристалл и ниже частота, тем меньше напряжение питания. При разгоне процессора, т.е. при увеличении частоты ядра, требуется повышение напряжения.

2. Потребляемая мощность – зависит от величины питающего напряжения и от частоты ядра. Чем меньше напряжение питания и частота, тем меньше потребляемая мощность. Мощность современных микропроцессоров от 1Вт до 120 Вт. Чаще всего в пределах 40-70 Вт.

3. Максимальная температура нагрева кристалла – максимальная температура кристалла, при которой возможна стабильная работа микропроцессора. У современных микропроцессоров она колеблется в пределах от 60°C до 95°C.

## 2.4.2 Основные типы микропроцессоров

Все микропроцессоры можно разделить на четыре группы:

**1) МП типа CISC** (*Complex Instruction Set Command* – с полный набор системы команд). Большинство современных ПК

типа IBM PC используют МП типа **CISC**, выпускаемые многими фирмами: Intel, AMD, Cyrix, IBM и т. д.

Команды (инструкции) в таких процессорах могут выполняться несколько тактов ядра МП. Среднее количество тактов на одну команду 4 – 5, поэтому соотношение внутренней частоты процессора к частоте системной шины как раз и определяется указанным числом. Некоторые команды могут потребовать для выполнения до 100 и более тактов (обычно тригонометрические), поэтому в процессорах начиная с Pentium, для усреднения времени выполнения команд используется конвейер, который продолжает считывать из оперативной памяти команды, даже когда в МП происходит выполнение сложной команды, требующей на выполнение больше чем 5 тактов. Таким образом после сложной команды в буфере МП накапливается несколько команд, которые он быстро выполняет на своей внутренней частоте.

Архитектура CISC появилась в 1978 году. Тогда процессоры представляли собой скалярные устройства (то есть могли в каждый момент времени выполнять только одну команду), при этом конвейеров практически не было. Процессоры содержали десятки тысяч транзисторов. Базовое количество команд МП типа CISC приблизительно 1000.

**2) МП типа RISC** (*Reduced Instruction Set Command* – усеченный набор системы команд).

В самом начале 80-х годов почти одновременно завершились теоретические исследования в области RISC-архитектуры, проводившиеся в Калифорнийском, Стэнфордском университетах, а также в лабораториях фирмы IBM. Особую значимость имеет проект RISC-1, который возглавили профессор Давид Паттерсон и Карло Секуин. Именно они ввели в употребление термин RISC и сформулировали четыре основных принципа RISC-архитектуры:

- каждая команда независимо от ее типа выполняется за один машинный цикл, длительность которого должна быть максимально короткой;
- все команды должны иметь одинаковую длину и использовать минимум адресных форматов, что резко упрощает логику центрального управления процессором;

- обращение к памяти происходит только при выполнении операций записи и чтения, вся обработка данных осуществляется исключительно в регистровой структуре процессора;
- система команд должна обеспечивать поддержку языка высокого уровня. (Имеется в виду подбор системы команд, наиболее эффективной для различных языков программирования).

Микропроцессоры типа RISC содержат только набор простых, чаще всего встречающихся в программах команд. При необходимости выполнения более сложных команд в микропроцессоре производится их автоматическая сборка из простых.

В RISC-микропроцессорах значительную часть площади кристалла занимает тракт обработки данных, а секции управления и дешифратору отводится очень небольшая его часть.

МП RISC были разработаны в 1986 году, когда технология суперскалярных конвейеров только начала развиваться. Процессоры содержали сотни тысяч транзисторов. Один из первых МП типа RISC – ARM (на его основе был создан ПК IBM PC RT): 32 разрядный МП, имеющий 118 различных команд.

Современные 64-разрядные RISC МП выпускаются многими фирмами: Apple (Power PC), IBM (PPC), DEC (Alpha), HP (PA), Sun (Ultra SPARC) и т. д.

Микропроцессоры типа RISC имеют очень высокое быстродействие, но программно не совместимы с CISC-процессорами: при выполнении программ, разработанных для ПК типа IBM PC, они могут лишь *эмулировать* (моделировать, имитировать) МП типа CISC на программном уровне, что приводит к резкому уменьшению их эффективной производительности.

Простота архитектуры RISC-процессора обеспечивает его компактность, практическое отсутствие проблем с охлаждением кристалла, чего нет в процессорах фирмы Intel, упорно придерживающейся пути развития архитектуры CISC. Формирование стратегии CISC-архитектуры произошло за счет технологической возможности перенесения "центра тяжести" обработки данных с программного уровня системы на аппаратный, так как основной путь повышения эффективности для CISC-компьютера виделся, в пер-

вую очередь, в упрощении компиляторов и минимизации исполняемого модуля. На сегодняшний день CISC-процессоры почти монопольно занимают на компьютерном рынке сектор персональных компьютеров, однако RISC-процессорам нет равных в секторе высокопроизводительных серверов и рабочих станций.

Сравнение основных черт RISC-архитектуры с аналогичными по характеру чертами CISC-архитектуры представлены в таблице 8.

Таблица 8

#### Основные черты архитектуры

| CISC-архитектура                             | RISC-архитектура                         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| Многобайтовые команды                        | Однобайтовые команды                     |
| Малое количество регистров                   | Большое количество регистров             |
| Сложные команды                              | Простые команды                          |
| Одна или менее команд за один цикл процессор | Несколько команд за один цикл процессора |
| Традиционно одно исполнительное устройство   | Несколько исполнительных устройств       |

Одним из важных преимуществ RISC-архитектуры является высокая скорость арифметических вычислений.

Другой особенностью RISC-процессоров является комплекс средств, обеспечивающих безостановочную работу арифметических устройств: механизм динамического прогнозирования ветвлений, большое количество оперативных регистров, многоуровневая встроенная кэш-память.

**3) МП типа VLIW** (*Very Length Instruction Word* – сверх-большое командное слово).

МП типа VLIW вместо сложной схемной логики, обеспечивающей в современных суперскалярных микропроцессорах параллельное исполнение команд, используют программное обеспечение. Упрощение аппаратуры позволило уменьшить габариты МП и потребление энергии (эти МП иногда называют «холодными»).

Это новый и весьма перспективный тип МП. Микропроцессоры типа VLIW выпускают следующие фирмы:

- **Transmeta** – это микропроцессор Crusoe моделей TM3120, TM5400, TM5600 (технология 0,18 мкм, тактовые частоты до 700 МГц),

- **Intel** – модель Merced использующий полный набор 64-битных инструкций (Intel Architecture-64, IA-64; именно эта технология называется **EPIC** – Explicitly Parallel Instruction Computing, вычисления с явной параллельностью инструкций).

- **Hewlett-Packard** – модель McKinley.

Следует заметить, что при более глубоком анализе технология EPIC, которой придерживаются фирмы Intel и HP, незначительно отличается от технологии VLIW, которой придерживается фирма Transmeta. Но эти отличия несущественны, поэтому микропроцессоры *VLIW* и *EPIC* можно отнести к одной группе.

Архитектура IA-64 не является ни 64-разрядным расширением архитектуры CISC, ни переработкой архитектуры RISC. IA-64 представляет собой новую архитектуру, использующую длинные слова команд (LIW), предикаты команд (instruction predication), устранение ветвлений (branch elimination), предварительную загрузку данных (speculative loading) и другие ухищрения для того, чтобы обеспечить больший параллелизм выполнения программ. Но, тем не менее IA-64 – это компромисс между CISC и RISC. Что бы сделать их совместимыми существует два режима декодирования команд – VLIW и старый CISC. Программы автоматически переключаются в необходимый режим исполнения. Для работы с VLIW операционные системы должны содержать и 64-разрядную часть на IA-64, и старую 32-разрядную.

При программировании VLIW процессоров программисты доступа к внутренним VLIW-командам не имеют: все программы (даже операционная система) работают поверх специального низкоуровневого программного обеспечения (Code Morphing), которое ответственно за трансляцию команд CISC микропроцессоров в команды VLIW.

**4) МП типа MISC** (*Minimum Instruction Set Command* – минимальный набор системы команд) с и весьма высоким быстродействием и т. д. Последовательность простых инструкций объединяется в пакет, таким образом, программа преобразуется в небольшое количество длинных команд.

МП данного типа появились в последнее время и чаще всего используются в встраиваемой микропроцессорной технике. Так как обычно такие устройства чётко функционально обозначены, то возникает ряд команд, которые не обязательны, и их можно безнаказанно убрать. По такой схеме разрабатываются, например МП для сотовых телефонов, фотоаппаратов и другой бытовой техники.

### 2.4.3 Функциональная структура микропроцессора

Для того чтобы понять, каким образом микропроцессор производит обработку данных, рассмотрим его функциональную структуру.

Функционально МП можно разделить на две части:

- операционную, содержащую:

- а) устройство управления (УУ),
- б) арифметико-логическое устройство (АЛУ) и
- в) микропроцессорную память (МПП) (за исключением нескольких адресных регистров);

- интерфейсную, содержащую

- а) адресные регистры МПП;
- б) блок регистров команд (БРК) – регистры памяти для хранения кодов команд, выполняемых в ближайшие такты работы машины;
- в) схемы управления шиной и портами.

Обе части МП работают параллельно, причем интерфейсная часть опережает операционную, так что выборка очередной команды из памяти (*ее запись в блок регистров команд и предварительный анализ*) выполняется во время выполнения операционной частью предыдущей команды. Современные микропроцессоры имеют несколько групп регистров в интерфейсной части, работающих с различной степенью опережения, что позволяет выполнять операции в конвейерном режиме.

Такая организация МП позволяет существенно повысить его эффективное быстродействие.

Обобщённая функциональная структура микропроцессора показана на рисунке 39.

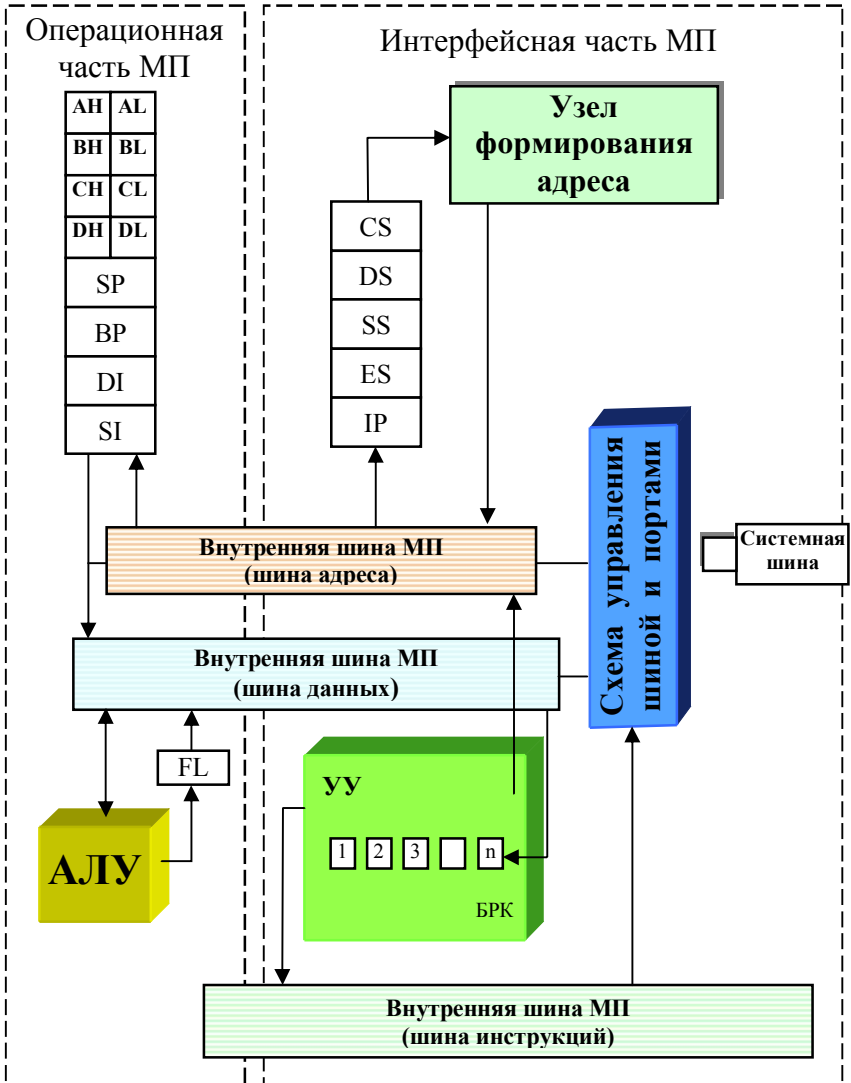


Рис. 39. Обобщённая функциональная структура схема МП

Слева условно можно выделить операционную часть, справа – интерфейсную. Рассмотрим элементы обеих частей последовательно.

### 1) Операционная часть микропроцессора

**Устройство управления (УУ)** является функционально наиболее сложным устройством ПК – оно вырабатывает управляющие сигналы, поступающие по кодовым шинам инструкций (КШИ) во все блоки машины. Упрощенная функциональная схема УУ представлена на рисунке 40.

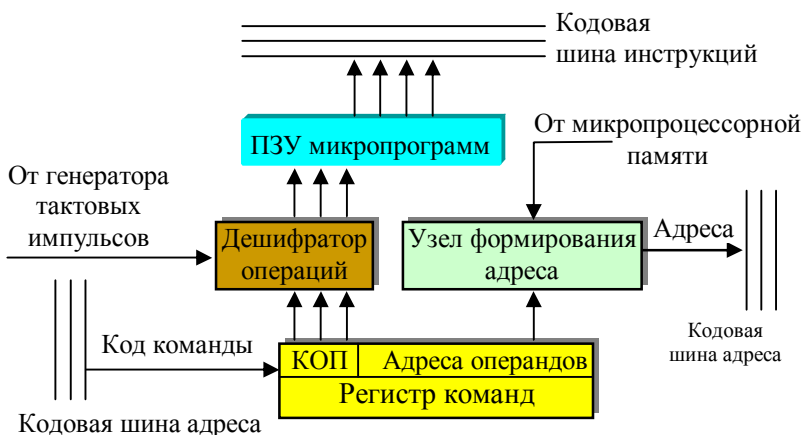


Рис. 40. Укрупнённая функциональная схема УУ

- узел формирования адреса (находится в интерфейсной части МП) — устройство, вычисляющее полный адрес ячейки памяти (регистра) по реквизитам, поступающим из регистра команд и регистров МПП;
- дешифратор операций — логический блок, выбирающий в соответствии с поступающим из регистра команд КОП один из множества имеющихся у него выходов;
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) микропрограмм, хранит в своих ячейках управляющие сигналы (импульсы), необходимые для выполнения в блоках

ПК процедур операций обработки информации; импульсно выбранному дешифратором операций в соответствии с КОП проводу считывает из ПЗУ микропрограмм необходимую последовательность управляющих сигналов;

- кодовые шины данных, адреса и инструкций — часть внутренней интерфейсной шины микропроцессора.

В общем случае УУ формирует управляющие сигналы для выполнения следующих основных процедур:

- 1) Выборки из регистра-«счетчика адреса команды» МПП адреса ячейки ОЗУ, где хранится очередная команда программы;
- 2) Выборки из ячеек ОЗУ кода очередной команды и приема считанной команды в регистр команд;
- 3) Расшифровки КОП и признаков выбранной команды;
- 4) Считывания из соответствующих расшифрованному КОП ячеек ПЗУ микропрограмм управляющих сигналов (импульсов), определяющих во всех блоках машины процедуры выполнения заданной операции, и пересылки управляющих сигналов в эти блоки;
- 5) Считывания из регистра команд и регистров МПП отдельных составляющих адресов операндов (чисел), участвующих в вычислениях, и формирование полных адресов операндов;
- 6) Выборки операндов (по сформированным адресам) и выполнения заданной операции обработки этих операндов;
- 7) Записи результатов операции в память;
- 8) Формирования адреса следующей команды программы.

**Арифметико-логическое устройство (АЛУ)** предназначено для выполнения арифметических и логических операций преобразования информации. Функционально АЛУ состоит обычно из двух регистров, сумматора и схем управления, являющейся местным устройством управления (Рис. 41).

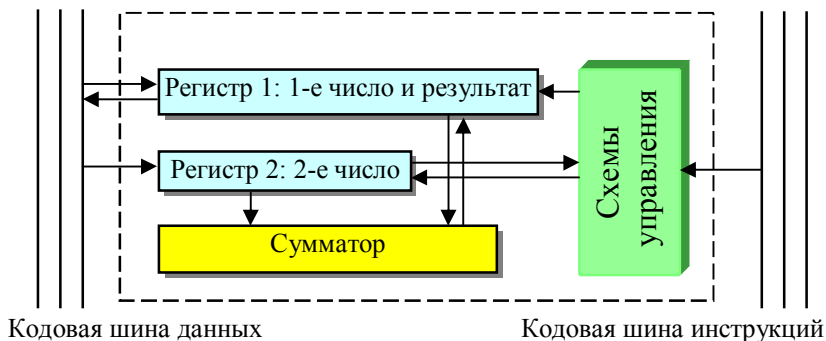


Рис. 41. Функциональная схема арифметико-логического устройства

На рисунке 41 представлены:

- Сумматор — вычислительная схема, выполняющая процедуру сложения поступающих на ее вход двоичных кодов; сумматор имеет разрядность двойного машинного слова.
- Регистры — быстродействующие ячейки памяти различной длины: Регистр 1 (Rg1) имеет разрядность двойного слова, а Регистр 2 (Rg2) — разрядность слова. При выполнении операций в Rg1 помещается первое число, участвующее в операции, а по завершении операции — результат; в Rg2 — второе число, участвующее в операции (по завершении операции информация в нем не изменяется). Регистр 1 может и принимать информацию с кодовых шин данных, и выдавать информацию на них; регистр 2 только получает информацию с этих шин.
- Схемы управления принимают по кодовым шинам инструкций управляющие сигналы от устройства управления и преобразуют их в сигналы для управления работой регистров и сумматора АЛУ.

АЛУ выполняет арифметические операции  $\ll + \gg$ ,  $\ll - \gg$ ,  $\ll \cdot \gg$  и  $\ll \div \gg$  только над двоичной информацией с запятой, фиксированной после последнего разряда, то есть только над целыми двоичными числами. Выполнение операций над двоичными числами

ми с плавающей запятой и над двоично-кодированными десятичными числами осуществляется с привлечением математического сопроцессора или по специально составленным программам.

**Микропроцессорная память (МПП)** базового МП 8088 включает в себя четырнадцать 2-байтовых запоминающих регистров. У МП 80286 и выше имеются дополнительные регистры, например у МП типа VLIW есть 256 регистров, из которых 128 – регистры общего назначения. У МП 80386 и выше некоторые регистры, в том числе и регистры общего назначения, – 4-байтовые (у МП Pentium есть и 8-байтовые регистры). Но в качестве базовой модели, в частности для языка программирования ассемблер и отладчика программ DEBUG, используется 14-регистровая система МПП.

Все регистры можно разделить на четыре группы:

- универсальные регистры: AX, DX, CX, BX;
- сегментные регистры: CS, DS, SS, ES;
- регистры смещения: IP, SP, BP, SI, DI;
- регистр флагов: FL.

**Универсальные регистры AX, DX, CX, BX** часто называют регистрами общего назначения — РОН. Каждый из них может использоваться для временного хранения любых данных, при этом можно работать с каждым регистром целиком, а можно отдельно и с каждой его половиной (регистры AH, BH, CH, DH — старшие (High) байты, а регистры AL, BL, CL, DL — младшие (Low) байты соответствующих 2-байтовых регистров).

В частности, каждый из универсальных регистров может использоваться и как специальный при выполнении некоторых конкретных команд программы:

- *регистр AX* — регистр-аккумулятор, через его порты осуществляется ввод-вывод данных в МП, а при выполнении операций умножения и деления AX используется для хранения первого числа, участвующего в операции (множимого, делимого), и результата операции (произведения, частного) после ее завершения;

- *регистр BX* часто используется для хранения адреса базы о 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.

**Сегментные регистры:** CS, DS, SS, ES используются для хранения начальных адресов полей памяти (сегментов), отведенных и программах для хранения:

- команд программы (сегмент кода — CS);
- данных (сегмент данных — DS);
- стековой области памяти (сегмент стека — SS);
- дополнительной области памяти данных при межсегментных пересылках (расширенный сегмент — ES), поскольку размер сегмента в реальном режиме работы МП ограничен величиной 64 Кбайт.

**Регистры смещения:** IP, SP, BP, SI, DI используются для хранения относительных адресов ячеек памяти внутри сегментов (смещений относительно начала сегментов):

- *регистр IP* (Instruction Pointer) хранит смещение адреса текущей команды программы; а регистр SP (Stack Pointer) — смещение вершины стека (текущего адреса стека);
- *регистр BP* (Base Pointer) — смещение начального адреса поля памяти, непосредственно отведенного под стек;
- *регистры SI, DI* (Source Index и Destination Index соответственно) предназначены для хранения адресов индекса источника и приемника данных при операциях над строками и им подобных.

**Регистр флагов:** FL содержит условные одноразрядные признаки-маски или флаги, управляющие прохождением про-

граммы в ПК. Флаги работают независимо друг от друга и лишь для удобства они помещены в единый регистр.

Всего в регистре содержится 9 флагов: 6 из них *статусные*, отражают результаты операций, выполненных в компьютере (их значения используются, например, при выполнении команд условной передачи управления — команд ветвления программы), а три других — *управляющие*, непосредственно определяют режим исполнения программы.

**Статусные флаги:**

CF (Carry Flag) — флаг переноса. Содержит значение «переносов» (0 или 1) из старшего разряда при арифметических операциях и некоторых операциях сдвига и циклического сдвига;

PF (Parity Flag) — флаг четности. Проверяет младшие 8 битов результатов операций над данными. Нечетное число единичных битов приводит к установке этого флага в 0, а четное — в 1;

AF (Auxiliary Carry Flag) — флаг логического переноса при двоично-десятичной арифметике. Вспомогательный флаг переноса устанавливается в 1, если арифметическая операция приводит к переносу или заему четвертого справа бита однобайтового операнда. Этот флаг используется при арифметических операциях над двоично-десятичными кодами и кодами ASCII;

ZF (Zero Flag) — флаг нуля. Устанавливается в 1, если результат операции равен 0; если результат не равен 0, то ZF обнуляется;

SF (Sign Flag) — флаг знака. Устанавливается в соответствии со знаком результата после арифметических операций: положительный результат устанавливает флаг в 0, отрицательный — в 1;

OF (Overflow Flag) — флаг переполнения. Устанавливается в 1 при арифметическом переполнении: если возник перенос в знаковый разряд при выполнении знаковых арифметических операций,

если частное от деления слишком велико и переполняет регистр результата и т. д.

### **Управляющие флаги:**

TF (Trap Flag) — флаг системного прерывания (трассировки). Единичное состояние этого флага переводит процессор в режим пошагового выполнения программы (режим трассировки);

IF (Interrupt Flag) — флаг прерываний. При нулевом состоянии этого флага прерывания запрещены, при единичном — разрешены;

DF (Direction Flag) — флаг направления. Используется в строковых операциях для задания направления обработки данных. При нулевом состоянии флага команда увеличивает содержимое регистров SI и DI на 1, обуславливая обработку строки «слева направо»; при единичном — «справа налево».

## **2) Интерфейсная часть микропроцессора**

Интерфейсная часть МП предназначена для связи и согласования МП с системной шиной ПК, а также для приема, предварительного анализа команд выполняемой программы и формирования полных адресов операндов и команд.

Интерфейсная часть включает в свой состав:

- адресные регистры МПП;
- узел формирования адреса (функционально в УУ);
- блок регистров команд (БРК), являющийся буфером команд в МП (функционально в УУ);
- внутреннюю интерфейсную шину МП;
- схемы управления шиной и портами ввода-вывода.

Некоторые из названных устройств, такие как узел формирования адреса и регистр команды, непосредственно выполняемой МП, функционально входят в состав устройства управления.

Порты ввода-вывода – это пункты системного интерфейса ПК, через которые МП обменивается информацией с другими устройствами. Всего портов у МП может быть 65 536 (равно количеству разных адресов, которые можно представить числом формата слово). Каждый порт имеет адрес — номер порта; по существу, это адрес ячейки памяти, являющейся частью устройства ввода-вывода, использующего этот порт, а не частью основной памяти компьютера.

Схема управления шиной и портами выполняет следующие функции:

- формирование адреса порта или ячейки ОП и управляющей информации для них (переключение на прием или передачу и т. д.);
- прием управляющей информации от порта или ячейки ОП, информации о их готовности и состоянии;
- организация сквозного канала в системном интерфейсе для передачи данных между портом устройства ввода-вывода или ячейки ОП и МП.

Схема управления шиной и портами для связи с портами и ячейками ОП использует кодовые шины инструкций, адреса и данных системной шины.

При доступе к порту МП посылает сигнал по КШИ, который оповещает все устройства ввода-вывода, что адрес на КША является адресом порта (а не адресом ячейки ОП), а затем посылает и сам адрес порта. Устройство с совпадающим адресом порта дает ответ о готовности. После чего по КШД осуществляется обмен данными.

#### **2.4.4 Архитектурные особенности современных микропроцессоров**

Первый термин, характеризующий архитектуру микропроцессора - «**ядро микропроцессора**» (англ. processor core). Данный термин не имеет чёткого определения и в зависимости от контекста употребления может обозначать:

- часть микропроцессора, содержащая основные функциональные блоки.
- набор параметров, характеризующий микропроцессор.
- кристалл микропроцессора (CPU или GPU), чаще всего, открытый.

Ядро микропроцессора имеет собственное кодовое обозначение (например, K7) или имя (например, Deschutes).

Второй термин – это микроархитектура.

**Микроархитектура** процессора определяет реализацию его внутренней структуры, принципы выполнения поступающих команд, способы размещения и обработки данных.

В данном разделе кратко рассмотрим основные принципы, реализуемые в микроархитектуре процессоров, позволяющие повысить его производительность. Для начала перечислим их:

- два основных архитектурных принципа построения микропроцессоров;
- классификация параллельных архитектур по Флинну;
- конвейерная архитектура;
- предсказание переходов;
- суперскалярная архитектура;
- многоядерность процессора;
- кэширование.

По внутренней структуре существует **два основных принципа построения микропроцессоров**:

#### 1) Архитектура Фон-Неймана

Основной особенностью фон-неймановской архитектуры является использование общей памяти для хранения программ и данных (рис. 42).

Основное преимущество архитектуры Фон-Неймана - упрощение устройства МПС, так как реализуется обращение только к одной общей памяти. Кроме того, использование единой области памяти позволяло оперативно перераспределять ресурсы между областями программ и данных, что существенно повышало гибкость МПС с точки зрения разработчика программного обеспечения. Размещение стека в общей памяти облегчало

доступ к его содержимому. Неслучайно поэтому фон-неймановская архитектура стала основной архитектурой универсальных компьютеров, включая персональные компьютеры.

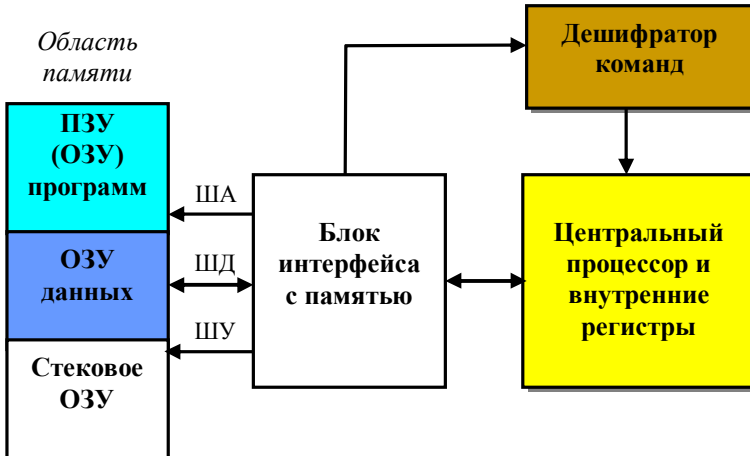


Рис. 42. Схема Фон-неймановской архитектуры МП

## 2) Гарвардская архитектура

Основной особенностью гарвардской архитектуры является использование отдельных адресных пространств для хранения команд и данных (рис 43). Т.е. принципиально различаются два вида памяти: - *Память программ* и - *Память данных*.

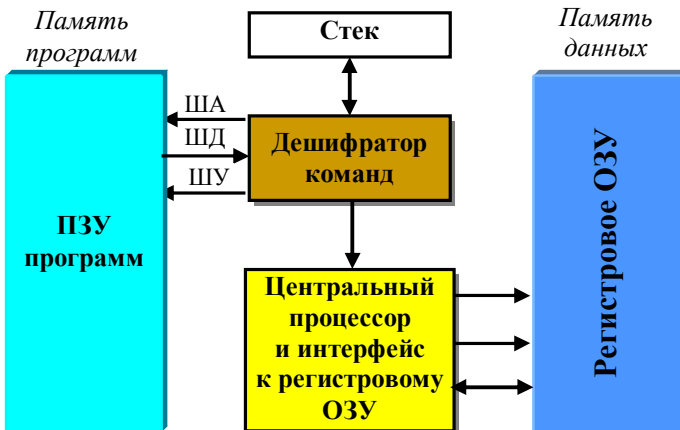


Рис. 43. Схема Гарвардской архитектуры МП

Гарвардская архитектура почти не использовалась до конца 70-х годов, пока производители МК не поняли, что она дает определенные преимущества разработчикам автономных систем управления.

В Гарвардской архитектуре принципиально невозможно производить операцию записи в память программ, что исключает возможность случайного разрушения управляющей программы в случае неправильных действий над данными. Кроме того, в ряде случаев для памяти программ и памяти данных выделяются отдельные шины обмена данными. Эти особенности определили области применения этой архитектуры построения микропроцессоров. Гарвардская архитектура применяется в микроконтроллерах, где требуется обеспечить высокую надежность работы аппаратуры и в сигнальных процессорах, где эта архитектура кроме обеспечения высокой надежности работы устройств позволяет обеспечить высокую скорость выполнения программы, за счет одновременного считывания управляющих команд и обрабатываемых данных, а так же запись полученных результатов в память данных.

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

Для преодоления этого недостатка предлагались и предлагаются архитектуры процессоров, которые называются параллельными. Базируются они на гарвардской архитектуре разделения потока команд и данных. Классификацию параллельных вычислительных систем которую предложил М. Flynn. В соответствии с ***классификация параллельных архитектур по Флинну***, все компьютеры делятся на четыре класса в зависимости от числа потоков команд и данных:

К первому классу (последовательные компьютеры фон Неймана) принадлежат обычные скалярные однопроцессорные системы: одиночный поток команд - одиночный поток данных (**SISD** - Single Instruction, Single Data). Персональные компьюте-

ры (представители 4-го и частично 5-го поколений ЭВМ) имели архитектуру SISD, причем не важно, использовались ли в ПК конвейеры для ускорения выполнения операций.

*Второй класс* характеризуется наличием одиночного потока команд, но множественного потока данных (**SIMD** - Single Instruction, Multiple Data). К этому архитектурному классу принадлежат однопроцессорные векторные или, точнее говоря, векторно-конвейерные компьютеры.

*Третий класс* характеризуется наличием множественного потока команд и одиночного потока данных (**MISD** - Multiple Instruction, Single Data). В последнее время часто используется также термин SPMD (одна программа - множественные данные), но он относится не к архитектуре компьютеров, а к модели распараллеливания программ и не является расширением систематики Флинна.

К *четвёртому классу* - относятся системы, имеющие множественный поток команд и множественный поток данных (**MIMD** Multiple Instruction, Multiple Data). К нему принадлежат не только многопроцессорные векторные ЭВМ, но и вообще все многопроцессорные компьютеры. Подавляющее большинство современных суперЭВМ имеют архитектуру MIMD.

**Конвейерная архитектура** (pipelining) была введена в центральный процессор с целью повышения быстродействия.

**Конвейеризация (или конвейерная обработка)** в общем случае основана на разделении подлежащей исполнению функции на более мелкие части, называемые ступенями, и выделении для каждой из них отдельного блока аппаратуры. Так, обработку любой машинной команды, можно разделить на несколько этапов (несколько ступеней), организовав передачу данных от одного этапа к следующему. При этом конвейерную обработку можно использовать для совмещения этапов выполнения разных команд. Производительность при этом возрастает благодаря тому, что одновременно на различных ступенях конвейера выполняются несколько команд. Конвейерная обработка такого рода широко применяется во всех современных быстродействующих процессорах.

Кратко можно сказать так - **Конвейеризация** - *совмещенный режим выполнения команд, когда они являются независимыми друг от друга*. Это потенциальное совмещение выполнения команд называется параллелизмом на уровне команд.

#### Факторы, снижающие эффективность конвейера:

- *простой конвейера*, когда некоторые ступени не используются (напр., адресация и выборка операнда из ОЗУ не нужны, если команда работает с регистрами). Конвейеризация эффективна только тогда, когда загрузка конвейера близка к полной, а скорость подачи новых команд и операндов соответствует максимальной производительности конвейера. Если произойдет задержка, то параллельно будет выполняться меньше операций и суммарная производительность снизится. Такие задержки могут возникать в результате возникновения конфликтных ситуаций;

- *ожидание*: если следующая команда использует результат предыдущей, то последняя не может начать выполняться до выполнения первой (это преодолевается при использовании внеочередного выполнения команд, out-of-order execution);

- *очистка конвейера* при попадании в него команды перехода (эту проблему удаётся сгладить, используя предсказание переходов).

Некоторые современные процессоры имеют более 30 ступеней в конвейере, что увеличивает производительность процессора, однако приводит к большому времени простоя (например, в случае ошибки в предсказании условного перехода.)

#### **Блок предсказания переходов**

Обычно используется очень простой способ: в процессоре ведется табличка ранее совершенных переходов - для каждого условного перехода подсчитывается, сколько раз он "сработал", а сколько - "был проигнорирован". Поэтому, скажем, когда процессор встречает переход, замыкающий какой-нибудь цикл, то он быстренько начинает считать: раз переход сработал, два сработал, три сработал - ну, значит, наверное, он всегда будет срабатывать, вот так и будем предсказывать, что переход всегда происходит. То, что мы один раз в конце цикла ошибемся, - не беда, зато ценой максимум двух ошибок мы добьемся точного предсказания во всех остальных случаях. На простых циклах

процессор, как правило, ошибается еще реже - не более одного раза: по умолчанию, когда не из чего выбирать, считается, что условный переход всегда происходит.

В архитектуре IA-64 техника предсказания переходов сделала значительный шаг вперед - эти процессоры умеют одновременно вычислять несколько веток программного кода.

**Суперскалярная архитектура** - Способность выполнения нескольких машинных инструкций за один такт процессора. реализуется суперскалярность путём организации исполнительного ядра процессора в виде ряда параллельно работающих блоков. Арифметико-логические блоки (АЛУ) производят обработку целочисленных операндов, которые поступают из заданных блоков регистров замещения (БРЗ). В эти же регистры заносится и результат операции. При этом проверяются также условия ветвления для команд условных переходов и выдаются сигналы перезагрузки конвейера команд в случае неправильно предсказанного ветвления. Исполнительное ядро работает с повышенной скоростью выполнения операций. Появление этой технологии привело к существенному увеличению производительности.

**Многоядерные процессоры** содержат несколько процессорных ядер в одном корпусе (на одном или нескольких кристаллах).

Процессоры, предназначенные для работы одной копии операционной системы на нескольких ядрах, представляют собой высокоинтегрированную реализацию системы «Мультипроцессор».

На данный момент массово доступны процессоры с двумя ядрами, в частности Intel Core 2 Duo на ядре Conroe и Athlon64X2 на базе микроархитектуры K8. В ноябре 2006 года вышел первый четырёхъядерный процессор Intel Core 2 Quad на ядре Kentsfield, представляющий собой сборку из двух кристаллов Conroe в одном корпусе. Двухядерность процессоров включает такие понятия, как наличие логических и физических ядер: например двухъядерный процессор Intel Core Duo состоит из одного физического ядра, которое в свою очередь разделено на два

логических. Процессор Intel Core 2 Duo состоит из двух физических ядер, что существенно влияет на скорость его работы.

27 сентября 2006 года Intel продемонстрировала прототип 80-ядерного процессора. Предполагается, что массовое производство подобных процессоров станет возможно не раньше перехода на 32-нанометровый техпроцесс, а это в свою очередь ожидается к 2010 году.

**Кэширование** – это использование дополнительной быстрой действующей памяти (кэш-памяти) для хранения копий блоков информации из основной (оперативной) памяти, вероятность обращения к которым в ближайшее время велика.

Различают кэши 1-, 2- и 3-го уровней. Кэш 1-го уровня имеет наименьшую латентность (время доступа), но малый размер, кроме того кэши первого уровня часто делаются многопортовыми. Так, процессоры AMD K8 умели производить 64 бит запись+64 бит чтение либо два 64-бит чтения за такт, процессоры Intel Core могут производить 128 бит запись+128 бит чтение за такт. Кэш 2-го уровня обычно имеет значительно большие латентности доступа, но его можно сделать значительно больше по размеру. Кэш 3-го уровня самый большой по объёму и довольно медленный, но всё же он гораздо быстрее, чем оперативная память.

Обобщив, можно выделить ряд устройств, выделяемых в микроархитектуре современных процессоров:

**Core** - ядро МП;

**Execution Unit** – исполняющий модуль;

**Integer ALU** – АЛУ для операций с целыми числами (с фиксированной запятой);

**Registers** – регистры;

**Floating Point Unit** – блок для работы с числами с плавающей запятой;

**Primary Cache** – кэш первого уровня, в том числе кэш данных (Data Cache) и кэш команд (Code Cache);

**Instruction Decode Unit** – блок декодирования инструкций

**Instruction Prefetch Unit** – блок спекулятивного исполнения инструкций

**Branch Predictor Unit** – блок предсказания ветвлений;

**Bus Interface** – интерфейсные шины, в том числе 64-битная (64-bit Bus) и 32-битная (32-bit Bus) шины, и выход на системную шину к оперативной памяти (To RAM).

На описанных технологиях прогресс не останавливается. В настоящее время фирма Intel внедряет пять технологических новшества, которые применяются в следующем поколении процессоров: Wide Dynamic Execution, Advanced Smart Cache, Smart Memory Access, Advanced Digital Media Boost, Intelligent Power Capability, Super Shuffle Engine.

Механизм *Wide Dynamic Execution* обеспечивает выполнение большего числа команд за один тактовый цикл, что увеличивает производительность и помогает добиться повышения энергоэффективности.

Технология *Advanced Smart Cache* нацелена на обеспечение более высокой производительности и эффективности кэш-памяти. В процессорах семейства Penryn компания Intel решила увеличить объем кэша. Так, двухъядерные процессоры будут оснащаться кэшем L2 емкостью до 6 Мб, а отдельные четырехъядерные модели обзаведутся 12-Мб кэш-памятью. О частотных характеристиках пока говорится в ключе преодоления планки 3 ГГц.

Технология *Smart Memory Access* увеличит пропускную способность шины. Подтверждается информация об освоении шины FSB 1600 МГц. Сообщается, что шина FSB 1600 МГц появится в некоторых моделях процессоров для серверов и рабочих станций; когда будут выпущены модели с высокоскоростной шиной для настольных ПК, пока не уточняется.

Технология *Advanced Digital Media Boost* применяется для ускорения обработки видео, изображения и речевых потоков. Для повышения производительности при обработке медиаданных Intel решила добавить к архитектуре ISA набор расширений SSE4 (Streaming SIMD Extensions 4), который станет доступным для большинства массовых секторов рынка ПК с появлением 45-

ним процессоров. Этот новый набор команд включает множество инновационных инструкций (их насчитывается около 50), которые условно можно разделить на две группы:

- Примитивы векторизации для компиляторов и ускорители мультимедийных приложений;
- Ускорители обработки строк и текстовой информации.

Еще одним усовершенствованием является механизм перестановок - ***Super Shuffle Engine***. Новый блок умеет выполнять перестановки значений сразу во всем 128-разрядном регистре за один такт. Это существенно повышает производительность при обработке операций, связанных с перестановкой (упаковка, распаковка, сдвиг упакованных значений, вставка).

#### 2.4.5 Архитектура процессора Pentium 4

В качестве примера рассмотрим микропроцессор Pentium 4, выпущенный в 2002 году. Основные особенности процессора Pentium 4 связаны с его микроархитектурой. Микроархитектура процессора Pentium 4, получившая название NetBurst (пакетно-сетевая), ориентирована на эффективную работу с Интернет-приложениями. Характерными чертами этой микроархитектуры являются:

- внутренняя гарвардская структура с разделением потоков команд и данных;
- суперскалярная архитектура, обеспечивающая одновременное выполнение нескольких команд в параллельно работающих исполнительных устройствах;
- динамическое изменение последовательности команд (выполнение команд с опережением — спекулятивное выполнение);
- конвейерное исполнение команд;
- предсказание направления ветвлений.

Практическая реализация данных принципов в структуре процессора Pentium 4 имеет ряд существенных особенностей (рис. 45).

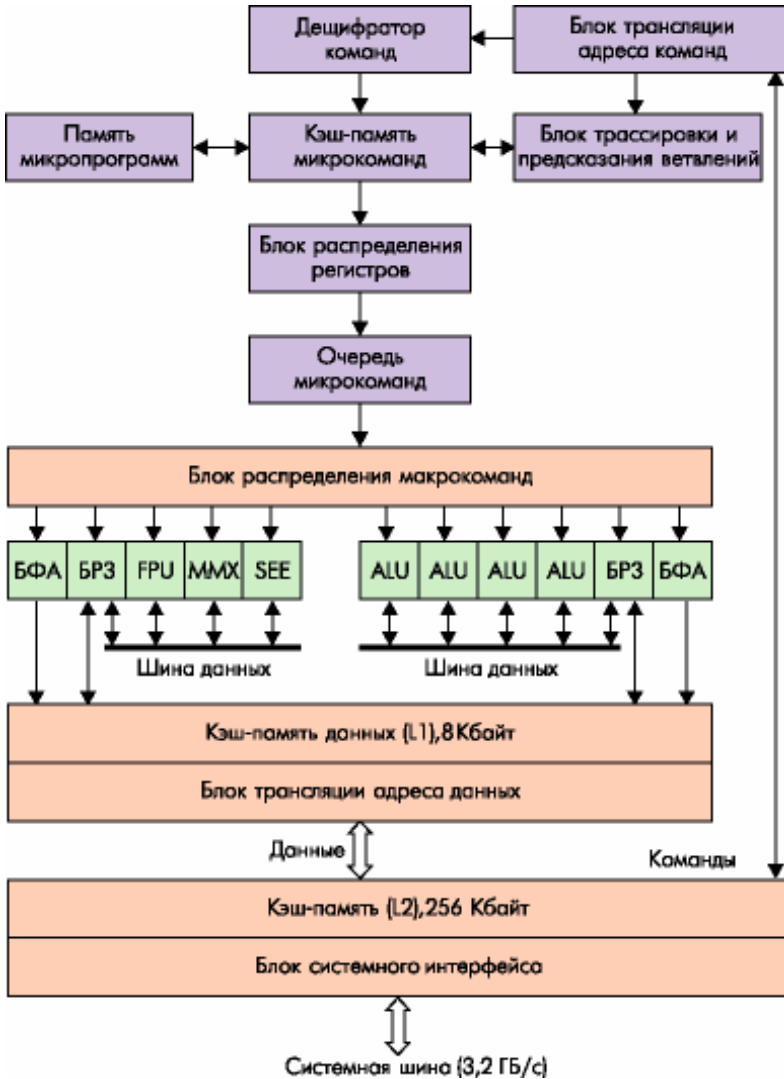


Рис. 45. Структура процессора Pentium 4

Гарвардская внутренняя структура реализуется путём разделения потоков команд и данных, поступающих от системной шины через **блок системного интерфейса** и размещённую на кристалле процессора общую кэш-память 2-го уровня (L2) ёмкостью 256(512) Кбайт. Такое размещение позволяет сократить время выборки команд и данных по сравнению с Pentium III, где эта кэш-память располагается на отдельном кристалле, смонтированном в общем корпусе (картридже) с процессором. Ширина шины к кэш-памяти первого уровня составляет 128 бит.

**Блок системного интерфейса** реализует обмен процессора с системной шиной, к которой подключается память, контроллеры ввода/вывода и другие активные устройства системы. Обмен по системной шине осуществляется с помощью 64-разрядной двунаправленной шины данных, 41-разрядной шины адреса (33 адресных линии A35-3 и 8 линий выбора байтов BE7-0#), обеспечивающей адресацию до 64 Гбайт внешней памяти в широком спектре режимов выборки.

**Дешифратор команд** работает вместе с **памятью микропрограмм**, формируя последовательность микрокоманд, обеспечивающих выполнение поступивших команд. Декодированные команды загружаются в **кэш-память микрокоманд**, откуда они выбираются для исполнения. Кэш-память может хранить до 12000 микрокоманд. Это важное отличие от архитектуры Pentium III, где в этой кэш-памяти хранились не декодированные команды x86. После её заполнения практически любая команда будет храниться в ней в декодированном виде. Поэтому при поступлении очередной команды **блок трассировки** выбирает из этой кэш-памяти необходимые микрокоманды, обеспечивающие её выполнение. Если в потоке команд оказывается команда условного перехода (ветвления программы), то включается механизм **предсказания ветвления**, который формирует адрес следующей выбираемой команды до того, как будет определено условие выполнения перехода.

После формирования потоков микрокоманд производится выделение регистров, необходимых для выполнения декодированных команд. Эта процедура реализуется **блоком распределения регистров**, который выделяет для каждого указанного в команде логического регистра один из 128 физических регистров,

входящих в состав **блоков регистров замещения (БРЗ)**. (В процессоре Pentium II было всего 40 регистров в аналогичном блоке).

Эта процедура позволяет выполнять команды, использующие одни и те же логические регистры, одновременно или с изменением их последовательности.

Выбранные микрокоманды размещаются в очереди микрокоманд. В ней содержатся микрокоманды, реализующие выполнение до 126 поступивших и декодированных команд, которые затем направляются в исполнительные устройства по мере готовности операндов. Отметим, что в процессорах Pentium III в очереди находятся микрокоманды для (до) 40 поступивших команд. Значительное увеличение числа команд, стоящих в очереди, позволяет более эффективно организовать поток их исполнения, изменяя последовательность выполнения команд и выделяя команды, которые могут выполняться параллельно. Эти функции реализует блок распределения микрокоманд. Он выбирает микрокоманды из очереди не в порядке их поступления, а по мере готовности соответствующих операндов и исполнительных устройств. В результате команды, поступившие позже, могут быть выполнены до ранее выбранных команд. При этом реализуется одновременное выполнение нескольких микрокоманд (команд) в параллельно работающих исполнительных устройствах. Таким образом естественный порядок следования команд нарушается, чтобы обеспечить более полную загрузку параллельно включенных исполнительных устройств и повысить производительность процессора.

Суперскалярная архитектура реализуется путём организации исполнительного ядра процессора в виде ряда параллельно работающих блоков. **Арифметико-логические блоки (АЛУ)** производят обработку целочисленных операндов, которые поступают из заданных регистров БРЗ. В эти же регистры заносятся и результат операции. При этом проверяются также условия ветвления для команд условных переходов и выдаются сигналы перезагрузки конвейера команд в случае неправильно предсказанного ветвления. Исполнительное ядро работает с повышенной скоростью выполнения операций. Например, микрокоманда

сложения целочисленных операндов при тактовой частоте процессора 1,5 МГц выполняется всего за 0,36 нс.

Адреса операндов, выбираемых из памяти, вычисляются **блоком формирования адреса** (БФА), который реализует интерфейс с кэш-памятью данных 1-го уровня (L1) ёмкостью 8 Кбайт. В соответствии с заданными в декодированных командах способами адресации формируются 48 адресов для загрузки операндов из памяти в регистр БРЗ и 24 адреса для записи из регистра в память (в Pentium III формируются 16 адресов для загрузки регистров и 12 адресов для записи в память). При этом БФА формирует адреса операндов для команд, которые ещё не поступили на выполнение. При обращении к памяти БФА временно выдаёт адреса двух операндов: один для загрузки операнда в заданный регистр БРЗ, второй — для пересылки результата из БРЗ в память. Таким образом реализуется процедура предварительного чтения данных для последующей их обработки в исполнительных блоках, которая называется спекулятивной выборкой.

Аналогичным образом организуется параллельная работа блоков SSE, FPU, MMX, которые используют отдельный набор регистров и блок формирования адресов операндов.

При выборке операнда из памяти производится обращение к кэш-памяти данных (L1), которая имеет отдельные порты для чтения и записи. За один такт производится выборка операндов для двух команд. Время обращения к этой кэш-памяти составляет 1,42 нс при тактовой частоте 1,5 ГГц, что в 2,1 раза меньше, чем при обращении к кэш-памяти данных в процессоре Pentium III, работающем на частоте 1,0 ГГц. Кэш-память первого уровня работает на частоте процессора.

При формировании адресов обеспечивается обращение к заданному сегменту памяти. Каждый сегмент может делиться на страницы, размещаемые в различных местах адресного пространства. Блоки трансляции адреса обеспечивают формирование физических адресов команд и данных при использовании страничной организации памяти. Для сокращения времени трансляции используется внутренняя буферная память, которая хранит базовые адреса наиболее часто используемых страниц.

В Pentium 4 используется гиперконвейерная технология выполнения команд, при которой число ступеней конвейера достигает 20 (в Pentium — 5 ступеней, в Pentium III — 11). Таким образом одновременно в процессе выполнения может находиться до 20 команд, находящихся на разных стадиях (ступенях) их реализации. (В UltraSPARC-3 Си глубина конвейера в 14 считалась сверхбольшой.)

Эффективность конвейера резко снижается из-за необходимости его перезагрузки при выполнении условных ветвлений, когда требуется произвести очистку всех предыдущих ступеней и выбрать команду из другой ветви программы. Чтобы сократить потери времени, связанные с перезагрузкой конвейера, используется **блок предсказания ветвлений**. Его основной частью является ассоциативная память, называемая **буфером адресов ветвлений** (ВТВ — Branch Target Buffer), в которой хранятся 4092 адреса ранее выполненных переходов. Отметим, что в ВТВ процессора Pentium III хранятся адреса только 512 переходов. Кроме того, ВТВ содержит биты, хранящие предысторию ветвления, которые указывают, выполнялся ли переход при предыдущих выборках данной команды. Биты представляют собой 2-битный счётчик, хранящий число со знаком, которое обозначает, сколько раз сработала команда перехода. При поступлении очередной команды условного перехода указанный в ней адрес сравнивается с содержимым ВТВ. Если этот адрес не содержится в ВТВ, то есть ранее не производились переходы по данному адресу, то предсказывается отсутствие ветвления. В этом случае продолжается выборка и декодирование команд, следующих за командой перехода. При совпадении указанного в команде адреса перехода с каким-либо из адресов, хранящихся в ВТВ, производится анализ предыстории. В процессе анализа определяется чаще всего реализуемое направление ветвления, а также являются чередующиеся переходы. Если предсказывается выполнение ветвления, то выбирается и загружается в конвейер команда, размещённая по предсказанному адресу. Усовершенствованный блок предсказания ветвления, используемый в Pentium 4, обеспечивает 90-% вероятность правильного предсказания. Таким образом резко уменьшается число перезагрузок конвейера при неправильном предсказании ветвления.

### Реализация микроархитектуры

На кристалле процессора располагаются 42 млн. транзисторов (+5% на поддержку HyperThreading) (Pentium III содержал 8,5 млн. транзисторов без учёта кэш-памяти 2-го уровня, размещённой на отдельном кристалле). Выпускаемые модели Pentium 4 имели максимальные тактовые частоты 3,02 и 3,2 ГГц и размещались в 478-выводных корпусах типа PPGA.

## **2.4.6 Проблемы развития элементной базы**

Несомненно, что одним из главных факторов достижения высокого быстродействия, а значит, и высокой производительности ЭВМ является построение их на новейшей элементной базе. Смена поколений ЭВМ в значительной степени связана с переходами на новые поколения элементной базы, знаменующие достижения новых частотных диапазонов работы схем в рамках доступных технологий. Элементная база служит показателем технического уровня развития страны, общества, цивилизации. Успехи в создании новой элементной базы определяются передовыми научными и техническими достижениями целого ряда наук (физики, химии, оптики, механики и др.). Качество элементной базы является показателем технического прогресса.

Все современные ЭВМ строятся на микропроцессорных наборах, основу которых составляют большие (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС). Технологический принцип разработки и производства интегральных схем действует уже более четверти века. Он заключается в послойном изготовлении частей электронных схем по циклу «программа — Рисунок — схема». По программам на напыленный фоторезисторный слой наносится Рисунок будущего слоя микросхемы. Затем Рисунок протравливается, фиксируется, закрепляется и изолируется от новых слоев. На основе этого создается пространственная твердотельная структура. Например, СБИС типа Pentium включает около трех с половиной миллионов транзисторов, размещаемых в пятислойной структуре.

В настоящее время основой построения всех микросхем была и остается КМОП-технология (комплементарные схемы,

т.е. совместно использующие n- и p-переходы в транзисторах со структурой «металл — окисел — полупроводник»).

Степень микроминиатюризации, размер кристалла ИС, производительность и стоимость технологии напрямую определяются типом литографии. До настоящего времени доминирующей оставалась оптическая литография, т.е. послойные рисунки на фоторезисторе микросхем наносились световым лучом. При этом ведущие компании, производящие микросхемы, реализовали кристаллы с размерами примерно  $400\text{--}600\text{ мм}^2$  для процессоров (например, Pentium) и  $200\text{--}400\text{ мм}^2$  — для схем памяти. Минимальный топологический размер (толщина линий) при этом составлял  $0,25\text{--}0,135\text{ мкм}$ . Для сравнения можно привести такой пример. Толщина человеческого волоса составляет примерно  $100\text{ мкм}$ . Значит, при таком разрешении на толщине  $100\text{ мкм}$  требуется вычерчивать более двухсот линий.

Дальнейшие успехи микроэлектроники связаны с электронной (лазерной), ионной и рентгеновской литографией. Это позволило выйти на размеры  $0,1$ ;  $0,08$ ;  $0,08$  и даже  $0,045\text{ мкм}$ . Вместо ранее используемых алюминиевых проводников в микросхемах вначале начали применять медные соединения, а переход на  $45\text{ нм}$  потребовал задействования совершенно новых материалов (high-k диэлектрики и металлические затворы).

Современные, четырехъядерные процессоры Penglun разработанные по технологии  $45\text{ нм}$  включают около  $820\text{ млн.}$  транзисторов, которые размещаются на двух кристаллах площадью  $107\text{ мм}^2$ . Для сравнения, предыдущие четырехъядерные процессоры Intel Kentsfield имели  $582\text{ млн.}$  транзисторов, при этом площади кристаллов четырехъядерных процессоров, выпускающихся по  $65\text{-нм}$  нормам, составляют  $143\text{ мм}^2$ .

Такие высокие технологии порождают целый ряд проблем. Микроскопическая толщина линий, сравнимая с диаметром молекул, требует высокой чистоты используемых и напыляемых материалов, применения вакуумных установок и снижения рабочих температур. Действительно, достаточно попадания мельчайшей пылинки при изготовлении микросхемы — и она попадает в брак. Поэтому новые заводы по производству микросхем представляют собой уникальное оборудование, размещаемое в «чистых помещениях класса 1», микросхемы в которых транс-

портируются от оборудования к оборудованию в замкнутых сверхчистых мини-атмосферах класса 1000. Миниатмосфера создается, например, сверхчистым азотом или другим инертным газом при давлении  $10^{-4}$  Торр.

Уменьшение линейных размеров микросхем и повышение уровня их интеграции заставляют проектировщиков искать средства борьбы с потребляемой  $W_n$  и рассеиваемой  $W_p$  мощностью. При сокращении линейных размеров микросхем в 2 раза, их объемы изменяются в 8 раз. Пропорционально этим цифрам должны меняться и значения  $W_n$  и  $W_p$ , в противном случае схемы будут перегреваться и выходить из строя.

Известно, что  $W=U \cdot I$ . Напряжение питания микросхем ещё недавно составляло 3 - 2 В. Но сейчас появились схемы с напряжением питания, меньше 1В, что выходит за рамки принятых стандартов. Дальнейшее понижение напряжения нежелательно, так как всегда в электронных схемах должно быть обеспечено необходимое соотношение «сигнал-шум», гарантирующее устойчивую работу ЭВМ.

Протекание тока по микроскопическим проводникам сопряжено с выделением большого количества тепла. Поэтому, создавая сверхбольшие интегральные схемы, проектировщики вынуждены снижать тактовую частоту работы микросхем. На рисунке 46 показано, что использование максимальных частот работы возможно только в микросхемах малой и средней интеграции. Максимальная частота  $f_{\max} = 10^{11} - 10^{12}$  [Гц] доступна очень немногим материалам: кремнию (Si), арсениду галлия (GaAs) и некоторым другим. Поэтому они чаще всего и используются в качестве подложек в микросхемах.

Таким образом, переход к конструированию ЭВМ на СБИС и ультраСБИС должен сопровождаться снижением тактовой частоты работы схемы. Пока что это решалось упрощением команд, решаемых процессором, реализованное в микропроцессорах типа RISC и VLIW. Дальнейший прогресс в повышении производительности может быть обеспечен либо за счет архитектурных решений, либо за счет новых принципов построения и работы микросхем.

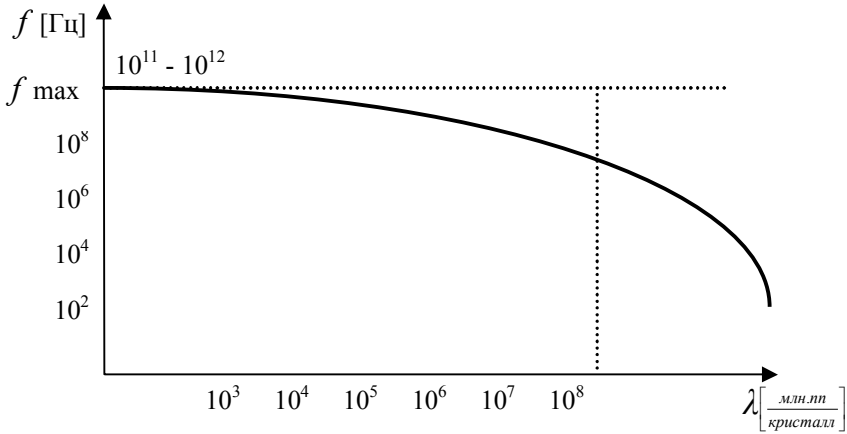


Рис. 46. Зависимость частоты  $f$  от степени интеграции  $\lambda$

Альтернативных путей развития просматривается не очень много. Так как микросхемы СБИС не могут работать с высокой тактовой частотой, то в ЭВМ будущих поколений их целесообразно комплексировать в системы. При этом несколько СБИС должны работать параллельно, а слияние работ в системе должно обеспечивать сверхскоростные ИС (ССИС), которые не могут иметь высокую степень интеграции.

Если диапазон линейных размеров вплоть до 0,1 мкм представлял собой прежде всего технический барьер, который к настоящему времени успешно преодолен за счет использования современных технологических решений, то дальнейшая миниатюризация наталкивается на фундаментальный физический барьер. Практически все свойства твердого тела, включая его электропроводность, резко изменяются и "сопротивляются" дальнейшей миниатюризации. Если до ширины проводника 0,1 мкм еще как-то можно было опираться на принцип пропорциональной миниатюризации, то за этим барьером возрастание сопротивления связей происходит экспоненциально. Потери даже на кратчайших линиях внутренних соединений такого размера "съедают" до 90% сигнала по уровню и мощности.

При минимальном размере деталей внутренней структуры интегральных схем 0,1-0,2 мкм достигается оптимум, ниже которого все характеристики транзистора быстро ухудшаются.

При этом начинают проявляться эффекты квантовой связи, в результате чего твердотельное устройство становится системой, действие которой основано на коллективных электронных процессах. Проектная норма 0,05-0,1 мкм (50-100 нм) – ещё недавно считалась нижним пределом твердотельной микроэлектроники, основанной на классических принципах синтеза схем.

Большие исследования проводятся также в области использования явления сверхпроводимости и туннельного эффекта — эффекта Джозефсона. Работа микросхем при температурах, близких к абсолютному нулю ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), позволяет достигнуть  $f_{\text{max}}$ , при этом  $Wp=Win=0$ . Очень интересны результаты по использованию «теплой сверхпроводимости». Оказывается, что для некоторых материалов, в частности для солей бария, явление сверхпроводимости наступает уже при температурах около  $-150^{\circ}\text{C}$ . Высказывались соображения, что могут быть получены материалы, имеющие сверхпроводимость при температурах, близких к комнатной. Тематика исследовательских работ и их результаты в этом направлении являются закрытыми. Однако с уверенностью можно сказать, что появление таких элементов знаменовало бы революцию в развитии средств вычислительной техники новых поколений.

Внедрение новых технологий производства микропроцессоров испытывает и экономические проблемы. Например, строительство нового завода по производству микросхем с 0,13-микронной технологией обходилось от 2 до 4 млрд долл. Это заставляет искать новые альтернативные пути построения будущих ЭВМ. Интенсивные поиски идут по многим направлениям. Наиболее перспективными из них следует считать:

- создание молекулярных компьютеров;
- создание биокомпьютеров (нейрокомпьютеров);
- разработку квантовых компьютеров;
- разработку оптических компьютеров.

Укажем основные принципы их построения.

**Молекулярные компьютеры.** Во многих странах проводятся опыты по синтезу молекул на основе их стереохимическо-

го генетического кода, способных менять ориентацию и реагировать на воздействия током, светом и т.п. Например, ученые фирмы Hewlett-Packard и Калифорнийского университета (UCLA) доказали принципиальную возможность создания молекулярной памяти ЭВМ на основе молекул роксана. Продолжаются работы по созданию логических схем, узлов и блоков. По оценкам ученых, подобный компьютер в 100 млрд раз будет экономичнее современных микропроцессоров.

**Биокомпьютеры или нейрокомпьютеры.** Идея создания подобных компьютеров базируется на основе теории перцептрона — искусственной нейронной сети, способной обучаться. Автором этих идей был Ф. Розенблат. Он указал, что структуры, обладающие свойствами мозга и нервной системы, позволяют получить целый ряд преимуществ:

- параллельность обработки информационных потоков;
- способность к обучению и настройке;
- способность к автоматической классификации;
- более высокую надежность;
- ассоциативность.

Компьютеры, состоящие из нейроподобных элементов, могут искать нужные решения посредством самопрограммирования, на основе соответствия множеств входных и выходных данных. В настоящее время уже созданы и используются программные нейропакеты, которые доказывают возможность построения подобных машин на СБИС.

**Квантовые компьютеры.** Принцип работы элементов квантового компьютера основан на способности электрона в атоме иметь различные уровни энергии:  $E_0, E_1, \dots, E_n$ . Переход электрона с нижнего энергетического уровня на более высокий связан с поглощением кванта электромагнитной энергии — фотона. При излучении фотона осуществляется обратный переход. Всеми подобными переходами можно управлять, используя действие электромагнитного поля от атомного или молекуляр-

ного генератора. Этим исключаются спонтанные переходы с одного уровня на другой.

Основным же строительным блоком квантового компьютера служит qubit – Quantum Bit, который может иметь большое число состояний. Для таких блоков определен логически полный набор элементарных функций. Известны эксперименты по созданию RISC-процессора на RSFQ-логике (Rapid Single Flux Quantum) и проекты создания петафлопных (1000 триллионов операций/с) компьютеров.

**Оптические компьютеры.** Идея построения оптического компьютера давно волнует исследователей. Многие устройства ЭВМ используют оптику в своем составе: сканеры, дисплеи, лазерные принтеры, оптические диски CD-ROM и DVD-ROM. Появились и успешно работают оптоволоконные линии связи. Остается создать устройство обработки информации с использованием световых потоков. Способность света параллельно распространяться в пространстве дает возможность создавать параллельные устройства обработки. Это позволило бы на много порядков ускорить быстроедействие ЭВМ.

Пока отсутствуют проекты создания чисто оптических процессоров, но уже проводятся эксперименты по проектированию оптоэлектронных и оптонейронных отдельных устройств.

## 2.5 Запоминающие устройства ПК

Как уже говорилось в 1.4.3 память ЭВМ, как и многие подсистемы компьютера, строится по иерархическому принципу. По принципу организации выделяется четыре уровня памяти:

- Микропроцессорная память (МПП) регистрового типа
- Регистровая Кеш-память
- Основная память (ОП)
- Внешняя память (ВЗУ)

При чём ОП, как показано на рисунке 17, можно подразделить на ПЗУ и ОЗУ, а ВЗУ можно подразделить по скорости

доступа и объёму на переносные, закрытые диски (винчестеры) и переносные открытого типа (оптические и магнитные диски). Две важнейшие характеристики (ёмкость памяти и ее быстродействие) указанных типов памяти приведены в таблице 9.

Таблица 9

Сравнительные характеристики запоминающих устройств

| Тип памяти |        | Ёмкость                     | Быстродействие                                                         |
|------------|--------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| МПП        |        | Десятки байт                | $t_{\text{обр}} = 0.001 - 0.002$ мкс                                   |
| Кеш-память |        | Сотни Кбайт                 | $t_{\text{обр}} = 0.002 - 0.01$ мкс                                    |
| ОП         | ПЗУ    | Сотни Кбайт                 | $t_{\text{обр}} = 0.035 - 0.1$ мкс                                     |
|            | ОЗУ    | Еденицы – десятки Мбайт     | $t_{\text{обр}} = 0.005 - 0.02$ мкс                                    |
| ВЗУ        | НГМД   | Еденицы Мбайт               | $t_{\text{дост}} = 65 - 100$ мс<br>$V_{\text{чит}} = 40 - 150$ Кбайт/с |
|            | CD-ROM | Сотни Мбайт – единицы Гбайт | $t_{\text{дост}} = 50 - 300$ мс<br>$V_{\text{чит}} = 0.15 - 5$ Мбайт/с |
|            | НЖМД   | Сотни Мбайт – десятки Гбайт | $t_{\text{дост}} = 5 - 30$ мс<br>$V_{\text{чит}} = 1 - 50$ Мбайт/с     |

Быстродействие МПП, КЭШ-памяти и ОП измеряется временем обращения  $t_{\text{обр}}$  к ним (сумма времени поиска, считывания и записи информации), а быстродействие ВЗУ – двумя параметрами: временем доступа  $t_{\text{дост}}$  (время поиска информации на носителе) и скоростью считывания  $V_{\text{чит}}$  (скорость считывания смежных байтов информации подряд – трансфер).

Первые два уровня памяти расположены в микропроцессоре и были рассмотрены в п. 2.4. Здесь остановимся подробнее на ОП и ВЗУ.

### 2.5.1 Основная память

Упрощенная структурная схема модуля основной памяти при матричной его организации представлена на рисунке 47.

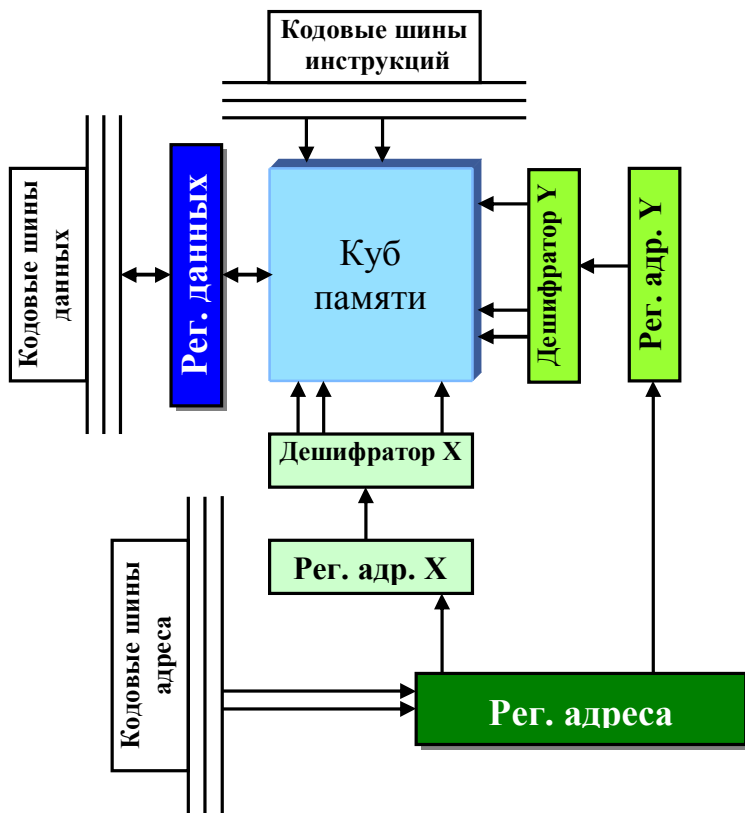


Рис. 47. Структурная схема модуля основной памяти

При матричной организации адрес ячейки, поступающий в регистр адреса, например по 20-разрядным кодовым шинам адреса, делится на две 10-разрядные части, поступающие соответственно в Рег. адр. X и Рег. адр. Y. Из этих регистров коды полуадресов поступают в дешифраторы дешифратор X и дешифратор Y, каждый из которых в соответствии с полученным адресом выбирает одну из 1024 шин. По выбранным шинам подаются сигналы записи-считывания в ячейку памяти, находящуюся на пересечении этих шин. Таким образом адресуется 106 (точнее 10242) ячеек.

Считываемая или записываемая информация поступает в *регистр данных (Рег. данных)*, непосредственно связанный с

кодowymi шинами данных. Управляющие сигналы, определяющие, какую операцию следует выполнить, поступают по кодовым шинам инструкций. *Куб памяти* содержит набор запоминающих элементов — собственно ячеек памяти.

Основная память содержит оперативное (RAM – Random Access Memory – память с произвольным доступом) и постоянное (ROM – Read-Only Memory) запоминающие устройства.

***Оперативное запоминающее устройство*** (ОЗУ) предназначено для хранения информации (программ и данных), непосредственно участвующей в вычислительном процессе на текущем этапе функционирования ПК.

ОЗУ – энергозависимая память, т.е. при отключении напряжения питания информация, хранящаяся в ней, теряется. Основу ОЗУ составляют большие интегральные схемы, содержащие матрицы полупроводниковых запоминающих элементов (триггеров). Запоминающие элементы расположены на пересечении вертикальных и горизонтальных шин матрицы. Запись и считывание информации осуществляются подачей электрических импульсов по тем шинам матрицы, которые соединены с элементами, принадлежащими выбранной ячейке памяти.

В настоящее время существуют следующие типы модулей оперативной памяти: DIP, SIP, SIMM, DIMM, DDR DIMM и RIMM. Некоторые из них показаны на рисунке 48.

**DIP** (Dual In - line Package – двухрядное расположение выводов) или в виде модулей памяти типа **SIP** (Single In - line Package – одnorядное расположение выводов).

В дальнейшем использовались модули типа **SIMM** (Single In - line Memory Module – модуль памяти с одnorазрядным расположением выводов). Модули SIMM имели емкость 256 Кбайт, 1, 4, 8, 16 или 32 Мбайта, с контролем и без контроля четности хранимых битов; могут иметь 30- ("короткие") и 72- ("длинные") контактные разъемы, соответствующие разъемам на материнской плате компьютера. На материнскую плату можно установить несколько (четыре и более) модулей SIMM.

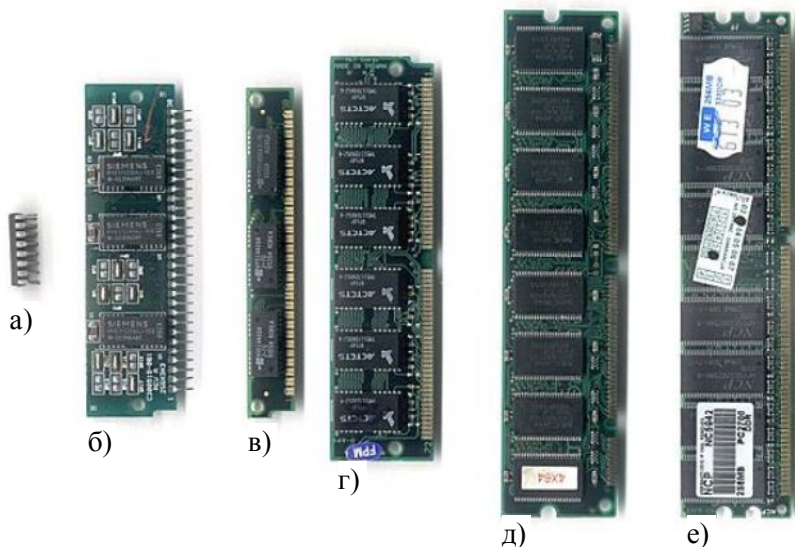


Рис. 48. Варианты конструкции модулей RAM, используемые в качестве ОЗУ компьютеров: а) DIP; б) SIPP; в) SIMM 30 pin; г) SIMM 72 pin; д) DIMM; е) DDR DIMM.

Начиная с процессоров Pentium с 64-битной шиной данных были разработаны модули типа **DIMM** (Dual In-line Memory Module – модуль памяти с двухразрядным расположением выводов). Это более современные модули, имеющие 168-контактные разъемы (длина модуля 130 мм). Необходимое число модулей памяти для заполнения шины называется банком памяти. В случае 64-разрядной шины для этого требуется два 32-битовых 72-контактных модуля SIMM или один 64-битовый модуль DIMM, имеющий 168 контактов. Модуль DIMM может иметь разрядность 64 бита (без контроля четности), 72 бита (с контролем четности) и 80 битов (память ECC). Емкость модулей DIMM: 16, 32, 64, 128, 256 и 512 Мбайт. Время обращения модулей DIMM, работающих на частоте 100 и 133 МГц (модули PC100, PC133), лежит в пределах 6-10 нс.

**RIMM** (Rambus In-line Memory Module) — новейший тип оперативной памяти. Появление технологии Direct Rambus DRAM потребовало нового конструктивного исполнения для модулей памяти. Микросхемы Direct RDRAM собираются в мо-

дули RIMM, внешне подобные стандартным DIMM. На плате модуля RIMM может быть до 16 микросхем памяти Direct RDRAM, установленных по восемь штук с каждой стороны платы. Модули RIMM могут быть использованы на системных платах с форм-фактором ATX, BIOS и чипсеты которых согласованы с данным типом памяти. Среди микросхем фирмы Intel это чипсеты i820, i840, i850 и их модификации. Хотя внешне модули RIMM напоминают модули DIMM, они имеют меньшее число контактов и с обеих сторон закрыты специальными металлическими экранами, которые защищают модули RIMM, работающие на больших частотах, экранируя их чувствительные электронные схемы от внешних электромагнитных наводок. Спецификации определяют три типа модулей, различающихся рабочими частотами и пропускной способностью. Обозначаются они как RIMM PC800, RIMM PC700, RIMM PC600.

**Постоянное запоминающее устройство** (ПЗУ) также строится на основе установленных на материнской плате модулей (кассет) и используется для хранения неизменяемой информации: загрузочных программ операционной системы, программ тестирования устройств компьютера и некоторых драйверов базовой системы ввода-вывода (BIOS – Base Input-Output System) и др. Из ПЗУ можно только считывать информацию, запись информации в ПЗУ выполняется вне ЭВМ в лабораторных условиях. Модули и кассеты ПЗУ имеют емкость, как правило, не превышающую нескольких сот килобайт. ПЗУ – энергонезависимое запоминающее устройство.

В последние годы получили распространение полупостоянные, перепрограммируемые запоминающие устройства – *FLASH-память*. Модули или карты FLASH-памяти могут устанавливаться прямо в разъемы материнской платы и имеют следующие параметры: емкость от 32 Кбайт до 4 Мбайт, время доступа по считыванию 0,06 мкс, время записи одного байта примерно 10 мкс; FLASH -память – энергонезависимое запоминающее устройство.

Для перезаписи информации необходимо подать на специальный вход FLASH-памяти напряжение программирования (12 В), что исключает возможность случайного стирания информации. Перепрограммирование FLASH -памяти может выполнять-

ся непосредственно с дискеты или с клавиатуры ПК при наличии специального контроллера либо с внешнего программатора, подключаемого к ПК.

FLASH-память может быть полезной как для создания весьма быстродействующих, компактных, альтернативных НЖМД запоминающих устройств – "твердотельных дисков", так и для замены ПЗУ, хранящего программы BIOS, позволяя "прямо с дискеты" обновлять и заменять эти программы на более новые версии при модернизации ПК.

Структурно основная память состоит из миллионов отдельных ячеек памяти. Ёмкость ячейки памяти может быть: 1, 2, 4 или 8 байт каждая, в зависимости от разрядности шины данных.. Общая емкость основной памяти современных ПК обычно лежит в пределах от 1 до 4 Гбайт. Емкость ОЗУ на два-три порядка превышает емкость ПЗУ: ПЗУ занимает 128 (реже 256) Кбайт, остальной объем – это ОЗУ.

### 2.5.2 Назначение и классификация внешней памяти

Устройства внешней памяти или, иначе, *внешние запоминающие устройства* весьма разнообразны. Их можно классифицировать по целому ряду признаков: по виду носителя, типу конструкции, по принципу записи и считывания информации, методу доступа и т.д. Один из возможных вариантов классификации ВЗУ приведен на рисунке 49.



Рис.49. Классификация ВЗУ

В зависимости от типа носителя все ВЗУ можно подразделить на накопители на *магнитной ленте*, *дисковые накопители* и *электронные накопители*.

Накопители на магнитной ленте, в свою очередь, бывают двух видов: *накопители на бобинной магнитной ленте (НБМЛ)* и *накопители на кассетной магнитной ленте (НКМЛ - стримеры)*. В ПК используются только стримеры.

Диски (магнитные и электронные) относятся к машинным носителям информации с прямым доступом. Понятие **прямой доступ** означает, что ПК может "обратиться" к дорожке, на которой начинается участок с искомой информацией или куда нужно записать новую информацию, непосредственно, где бы ни находилась головка записи/чтения накопителя.

По принципу записи и считывания информации можно выделить:

**Магнитные диски** - относятся к магнитным машинным носителям информации. В качестве запоминающей среды у них используются магнитные материалы со специальными свойствами (с прямоугольной петлей гистерезиса), позволяющими фиксировать два магнитных состояния — два направления намагниченности. Каждому из этих состояний ставятся в соответствие двоичные цифры: 0 и 1.

Распространение в настоящее время получили два типа магнитных дисков:

- а) накопители на гибких магнитных дисках (НГМД), иначе называемые накопителями на флоппи-дисках или на дискетах;
- б) накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД) типа «винчестер»;

**Оптические диски** - получили в последнее время большое распространение за счет совмещения двух важных качеств, компактный размер и сравнительно большой объем информации.

В настоящее время распространены четыре типа оптических дисков:

- а) накопители на оптических компакт-дисках CD-ROM (Compact Disk ROM);

б) накопители на цифровых видеодисках DVD (Digital Versatile Disk);

в) DVD высокой ёмкости **HD DVD** (High-Density DVD);

г) накопитель с голубым коротковолновым лазером **Blu-ray Disc**, BD (blue ray – голубой луч).

При чем все оптические диски могут быть трех типов:

а) неперезаписываемые CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory);

б) с однократной записью CD-R (Compact Disk Recordable);

в) перезаписываемые CD-RW (Compact Disk Rewritable).

**Смешанные диски** - использующие и магнитный и оптический способы записи информации одновременно. Это **во-первых** позволяет производить многократную запись информации с большой скоростью и **во-вторых** позволяет существенно увеличить плотность записи и следовательно объем информации.

В своё время распространение получили:

а) флоптические диски;

б) магнитооптические диски;

в) ZIP диски;

**Flash-диски** – это электронные диски, не имеющие механических частей, что позволило увеличить скорость чтения в десятки и сотни раз. По сути дела это большое ПЗУ.

Рассматривая организацию данных на внешних носителях, следует различать *физическую* и *логическую* организацию. *Физическая* организация определяет правила размещения данных на внешних носителях, *логическая* – описывает взаимные связи между данными и способы доступа к ним.

Физическая структура у всех носителей информации различна, так как опирается на принцип записи и чтения. Рассматривать её необходимо для каждого носителя отдельно.

Логическая структура любого диска, наоборот, одинакова, так как необходимо единообразие в доступе к файлам. Пользователи, обращаясь к файлам, имеют дело как раз с логической структурой диска.

### 2.5.3 Физическая структура дисков

Информация на *магнитных дисках* (МД) записывается и считывается магнитными головками вдоль концентрических окружностей - дорожек (треков) (рис. 50).

Каждая дорожка МД разбита на сектора. В одном секторе дорожки может быть помещено 128, 256, 512 или 1024 байт, но обычно 512 байт данных. **Сектор** является минимальной единицей информации в физической структуре диска. Как невозможно адресовать меньшее количество информации, чем сектор, так же нельзя и считать (записать) меньше, чем один сектор.

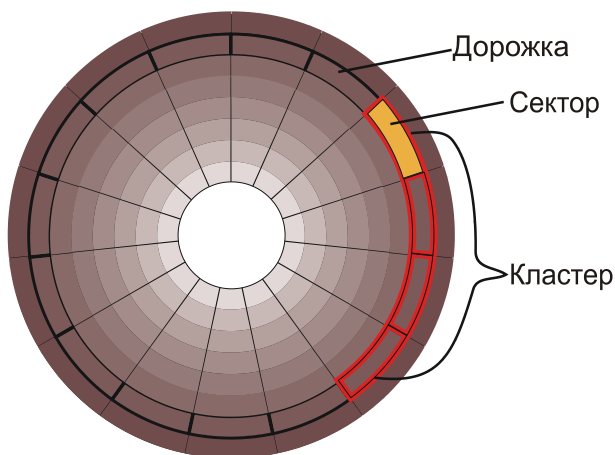


Рис. 50. Структура поверхности магнитного диска

Для адресации сектора необходимо указывать:

- номер поверхности (их в два раза больше чем пластин);
- номер дорожки на поверхности (или цилиндра);
- номер сектора на дорожке.

При записи и чтении информации МД вращается вокруг своей оси, а механизм управления магнитной головкой подводит ее к дорожке, выбранной для записи или чтения информации.

Количество дорожек на МД и их информационная емкость зависят от типа МД, конструкции накопителя на МД, качества магнитных головок и магнитного покрытия.

Для того чтобы при чтении информации с МД можно было бы контролировать достоверность считанной информации на каждую дорожку помимо самой информации записывается служебная информация. Структуру записи данных вдоль дорожки МД можно представить в виде рисунка 51.

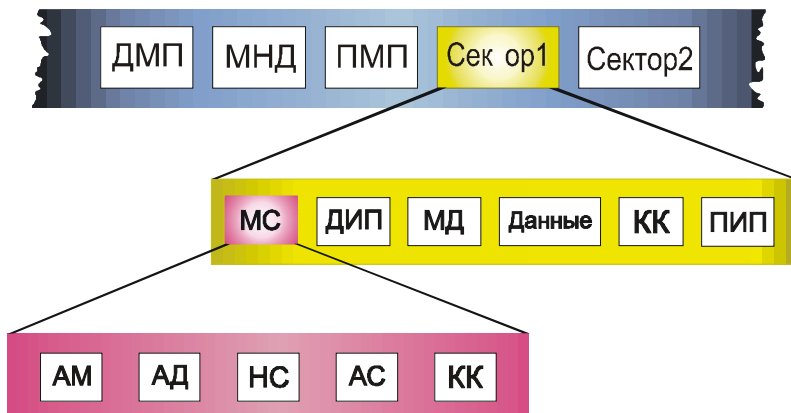


Рис. 51. Структуру записи данных вдоль дорожки МД

На уровне дорожки расположены:

- ДМП - домаркерный промежуток;
- МНД - маркер начала дорожки;
- ПМП - послемаркерный промежуток.

На уровне сектора присутствуют:

- МС - маркер сектора;
- ДИП - доинформационный промежуток;
- МД - маркер данных;
- данные – последовательность нулей и единиц;
- КК - контрольные коды;
- ПИП - послеинформационный промежуток.

Маркер сектора состоит из:

- АМ - адресный маркер;
- АД - адрес дорожки;
- НС - номер стороны дискеты;
- АС - адрес сектора на дорожке;
- КК - контрольные коды.

Для пакетов магнитных дисков (диски установлены на одной оси) и для двухсторонних дисков вводится понятие "цилиндр". Цилиндром называется совокупность дорожек МД, находящихся на одинаковом расстоянии от его центра. Пакеты магнитных дисков, а следовательно, и цилиндры, применяются в *жёстких магнитных дисках*.

Магнитные и магнитооптические *гибкие диски* (дискеты) характеризуются своим диаметром или, иначе, форм-фактором. Наибольшее распространение получили диски с форм-факторами 3,5" (89 мм) и 5,25" (133 мм). Диски с форм-фактором 3,5" при меньших габаритах имеют большую емкость, меньшее время доступа и более высокую скорость чтения данных подряд (трансфер), более высокие надежность и долговечность.

Дискеты позволяют переносить документы и программы с одного компьютера на другой, а также хранить данные, не используемые постоянно на компьютере.

Всего можно выделить пять типов гибких магнитных дисков, их сравнительная характеристика представлена в таблице 10.

Таблица 10

Сравнительная характеристика гибких магнитных дисков

| Параметр                                    | Тип дискеты   |            |             |             |             |
|---------------------------------------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                                             | 133мм (5,25") |            |             | 89мм (3,5") |             |
|                                             | DD            | QD         | HD          | DD          | HD          |
| Полная емкость, Кбайт                       | 500           | 1000       | 1600        | 1000        | 1600        |
| Рабочая емкость после форматирования, Кбайт | <b>360</b>    | <b>720</b> | <b>1200</b> | <b>720</b>  | <b>1440</b> |
| Плотность записи, бит/мм                    | 231           | 233        | 380         | 343         | 558         |
| Плотность дорожек, дорожек/мм               | 1,9           | 3,8        | 3,8         | 5,3         | 5,3         |
| Число дорожек на одной поверхности диска    | <b>40</b>     | <b>80</b>  | <b>80</b>   | <b>80</b>   | <b>80</b>   |
| Число поверхностей, сторон                  | 2             | 2          | 2           | 2           | 2           |
| Среднее время доступа, мс                   | 80            | 100        | 100         | 65          | 65          |
| Скорость передачи, Кбайт/с                  | 50            | 50         | 80          | 80          | 150         |
| Скорость вращения, оборотов/мин             | 300           | 300        | 300         | 360         | 360         |
| Число секторов                              | <b>9</b>      | <b>9</b>   | <b>15</b>   | <b>9</b>    | <b>18</b>   |
| Емкость сектора дорожки, байт               | 512           | 512        | 512         | 512         | 512         |

Физическая структура *оптических дисков* радикально отличается от магнитных жёстких и гибких дисков.

Запись информации на них возможна только лазерным лучом большой мощности, который оставляет на поликарбонатной основе CD след – дорожку с микроскопическими впадинами (питами, pits). Питы имеют ширину около 0,5 микрон и следуют друг за другом, образуя единую спиральную дорожку с шагом 1,6 микрона (для сравнения: тонкий человеческий волос имеет диаметр 75 микрон). Каждый пит, в зависимости от своей длины, может кодировать несколько бит информации. Таким образом, создается первичный «мастер-диск». Процесс массового тиражирования CD-ROM по «мастер-диску» выполняется путем литья под давлением.

Дорожка на CD, в отличие от магнитных дисков, спиральная и очень узкая. Впадины имеют глубину примерно 5 миллиардных долей дюйма и ширину 24 миллиардных долей дюйма; плотность дорожек — 16 000 дорожек на дюйм. Длина всей спиральной дорожки около 5 км.

### 2.5.3 Логическая структура носителей информации

Тройная адресация, которая применяется в физической структуре, не очень удобна для обращения к информации и для отождествления её с файлами, поэтому при переходе к логической структуре диска минимальной информацией становится *кластер*.

**Кластер** - это минимальная единица размещения информации на диске в логической структуре диска, состоящая из одного или нескольких смежных секторов дорожки. Обмен данными между МД и ОП при этом осуществляется последовательно с помощью кластеров. Размер кластера измеряется в количестве секторов.

Количество секторов в кластере всегда равно  $2^n$ , где  $n$ -целое число. Так как адресация кластеров всегда происходит с помощью одного и того же количества бит на каждый номер, то при увеличении размера диска увеличивается не количество адресуемых кластеров, а размер одного кластера. Это приводит к

тому, что размер одного кластера на больших винчестерах может достигать до 32, а иногда и 64 секторов.

Так как кластер называют единицей выделения памяти (allocation unit) и минимальный файл может быть равен одному кластеру, то для записи каждого, даже ничтожно малого файла на диске займётся место, равное одному кластеру.

Логическая структура диска организуется таким образом, чтобы обеспечить удобный доступ к кластерам и отождествлять их файлами. Для этого на диске выделяется две области:

- системная область;
- область данных.

**Системная область** диска начинается с нулевой дорожки нулевой стороны первого сектора и состоит из 3-х участков:

- **Главная загрузочная запись (MBR** – Master Boot Record), самый первый сектор диска, в котором описывается конфигурация диска: какой раздел (логический диск) является системным (из системного раздела возможна загрузка операционной системы), сколько разделов на этом диске, какого они объема.

Так же в загрузочном секторе описываются все элементы физической и все разделы логической структур диска. Это позволяет операционной системе чётко связать указанный кластер с принадлежащими ему секторами.

- **Таблица размещения файлов (FAT** – File Allocation Table), содержит код формата и полную карту принадлежности кластеров файлам. FAT организована в виде списка кластеров (они нумеруются от 2 до  $N + 1$ , где  $N$  – полное число кластеров на диске), для каждого кластера в таблице указывается шестнадцатеричный код:

FFF1-FFF7 – кластер дефектный,

0002-FFF0 – кластеры, используемые файлом (код соответствует номеру кластера, где продолжается текущий файл),

FFF8-FFFF – кластер содержит последнюю часть файла,

0000 – кластер свободен (все коды указаны для FAT16).

- **Корневой каталог диска** – список имён файлов и/или подкаталогов с их параметрами. Параметры файла, содержащиеся в корневом каталоге:

- имя, 8 байт;
- расширение, 3 байта;
- атрибут, 1 байт;
- размер в байтах, 4 байта;
- дата и время создания или изменения, 2 байта;
- номер начального кластера, 2 байта.

Для каждого файла в корневом каталоге указывается номер его начального кластера, а в этом начальном и следующих кластерах в FAT указываются, соответственно, следующие кластеры файла, и так до последнего, где указан код FFFF. Таблица размещения файлов крайне важна, так как без нее становится невозможно последовательно читать файл на диске (особенно если кластеры файла записаны не подряд, а через промежутки, занятые другими файлами). Поэтому для надежности FAT на диске дублируется. Когда файл на диске удаляется, все его кластеры маркируются как свободные, но сами данные файла не удаляются (затираются только после записи на их место других данных) – то есть удаленные файлы можно восстановить (в операционной системе DOS команда UNDELETE, в пакете Norton Utilities утилита UNERASE).

В **области данных** могут располагаться только два типа информации:

- подкаталоги
- файлы.

По структуре расположения подкаталоги ничем не отличаются от файлов и по сути является таким же файлом. Отличие только в их содержимом.

**Файл содержит** полезную информацию, необходимую пользователю или операционной системе.

**Подкаталог содержит** информацию о файлах, находящихся в нём.

Поскольку при работе на компьютере пользователь практически взаимодействует только с *файлами*, необходимо подробнее познакомиться с организацией файловой системы.

#### 2.5.4 Организация файловой системы

Данные на дисках хранятся в файлах, которые обычно отождествляют с участком (областью, полем) памяти на этих носителях информации.

**Файл** - это именованная область диска, выделенная для хранения массива данных.

Поле памяти создаваемому файлу выделяется кратным определенному количеству кластеров. Кластеры, выделяемые одному файлу, могут находиться в любом свободном месте дисковой памяти и необязательно являются смежными. Файлы, хранящиеся в разбросанных по диску кластерах, называются фрагментированными.

Упорядочение файлов, хранящихся в дисковой памяти, называется организацией файловой системы. Для того, что бы обратиться к файлу, первоначально необходимо обратиться к подкаталогу, где он зарегистрирован и считать всю касающуюся его информацию. Поэтому основой организации файловой системы являются каталоги.

**Каталогом** - называется файл специального формата, содержащий записи о файлах и каталогах, которые ему подчинены (т.е. можно сказать, что каталог – это список имён файлов и подкаталогов). В каталоге содержится вся информация, характеризующая входящие в него файлы, и сведения о том, в каком месте диска файл расположен (как и в корневом каталоге п. 2.5.3). Сам же файл хранится как последовательность байтов без каких-либо дополнительных справочных сведений.

Каталог, который входит в другой каталог, называется **подкаталогом**, или дочерним каталогом. В свою очередь каталог, имеющий дочерние каталоги, называется родительским каталогом, или **надкаталогом**. Каталог верхнего уровня, который не является подкаталогом, называется корневым каталогом (Root Directory). Место для корневого каталога резервируется при

форматировании (разметке) диска и имеет стандартный размер – 3584 байта (то есть вмещает не более 112 записей по 32 байта, а если больше, то их предварительно надо объединить в подкаталоги). Корневой каталог не может быть удален средствами операционной системы, он не имеет имени, а для его обозначения используется символ «\». Подкаталоги могут создаваться и уничтожаться пользователем. Правила наименования подкаталогов такие же, как и правила наименования файлов. Каталог, не содержащий никаких файлов, называется пустым.

Каждый диск хранит свою **файловую структуру**, которая формируется по следующим правилам:

- файл или каталог может входить с одним и тем же именем в один и тот же каталог только один раз;
- допускается вхождение в различные каталоги файлов и каталогов с одинаковыми именами;
- на порядок следования файлов и подкаталогов в каталоге никаких ограничений не накладывается;
- глубина вложенности каталогов не ограничивается.

Файловая система обеспечивает формирование иерархической многоуровневой файловой структуры, в корне которой находится корневой каталог, а узлами и листьями являются каталоги и файлы. Такую иерархическую структуру каталогов, вложенных друг в друга, называют **деревом каталогов** (рис. 52).

Объединение файлов в каталоги не означает, что они каким-либо образом сгруппированы в одном месте на диске. Более того, один и тот же файл может быть «разбросан» (фрагментирован) по всему диску. Сведения о местонахождении отдельных частей файла хранятся в таблице размещения файлов (FAT) находящейся на том же диске.

Для того чтобы операционная система могла обратиться к файлу, необходимо указать:

- диск;
- каталог;
- полное имя файла.

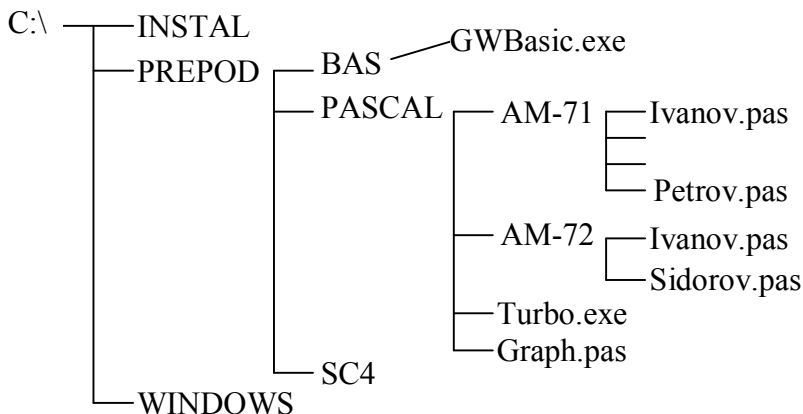


Рис. 52. Пример дерева каталогов

Вся эта информация входит в **спецификацию файла**, которая имеет следующий формат:

[drive:][\][path\]filename[.type],

или в русскоязычном варианте:

[дискковод:][\][путь\]имя файла[.расширение].

Квадратные скобки означают, что элементы, заключенные в них, могут отсутствовать. Сами квадратные скобки являются синтаксическими знаками и в спецификации файла не используются. Между элементами спецификации и внутри них (исключая имя и расширение файла) не должно быть пробелов.

Элемент **drive** (дисквод) обозначает диск, на котором находится файл или куда он записывается, например A:, B:, C:, D: и т. д. Если дисквод не указан, то по умолчанию используется текущий диск. **Текущий диск** — это диск, с которым в настоящий момент работает операционная система (ОС). Текущий диск устанавливается автоматически после загрузки ОС и может быть переустановлен командой операционной системы. При работе с DOS, имя текущего диска всегда выводится в командной строке.

**Path** (путь) — это каталог или последовательность каталогов, которые необходимо пройти по дереву каталогов к тому катало-

гу, где находится файл. Имена в пути записываются в порядке от корневого каталога и разделяются символом «\».

- Путь может начинаться символом «\»: в этом случае поиск файла начинается с корневого каталога.
- Путь может начинаться символами «..»: тогда поиск файла начинается с предшествующего надкаталога.
- Если путь опущен, то по умолчанию подразумевается текущий каталог.

Например,

**C:\PREPOD\BAS\GWBasic.exe** – файл GWBasic.exe находится на диске C: в подкаталоге BAS, находящемся в каталоге PREPOD. Путь состоит:

- из корневого каталога,
- каталога PREPOD
- и подкаталога BAS.
- Если текущий дисковод C:, то можно указать **\PREPOD\BAS\GWBasic.exe**
- Если текущий каталог PREPOD и текущий диск D:, то можно указать **C:BAS\GWBasic.exe**
- Если текущий каталог PASCAL и текущий диск C:, то можно указать **..\BAS\GWBasic.exe**

Для стандартных символьных внешних устройств ПК (они выступают здесь как логические устройства) предусмотрены постоянные имена, позволяющие обращаться к ним как к файлам:

- PRN или LPT1 (2, 3) – принтер;
- CON – консоль (клавиатура при вводе и дисплей при выводе);
- COM1 (2, 3, 4) – дополнительные символьные внешние устройства;
- NUL – фиктивное устройство, обычно используется при отладке программ пользователей.

## **Заключение**

В настоящее время нельзя представить ни одну сферу деятельности человека без вычислительных машин. В каждом конкретном случае требуются машины различной мощности, порой существенно отличающиеся по функциональным особенностям. Но, как было рассмотрено в первой части учебного пособия, основные принципы построения вычислительной машины менялись незначительно. А собственно в персональном компьютере менялась только мощность конструктивных элементов. Это связано с тем, что всегда найдётся задача, реализуемая как раз стандартным по архитектуре персональным компьютером, но это не значит, что не возникает других задач.

К таким задачам с одной стороны относятся приборы, окружающие нас повсеместно и снабжённые встраиваемыми микропроцессорами. С другой стороны это задачи более масштабного характера, выходящие за функциональные способности одного персонального компьютера.

Встраиваемые микропроцессоры выходят за рамки данного курса, и поэтому подробно не рассмотрены. Более масштабные задачи можно подразделить на два класса: - требующие больших информационных ресурсов и - требующие большой вычислительной мощности. В первом случае требуется реализация информационно вычислительной сети, а во втором случае необходимо объединение элементов ЭВМ или нескольких ЭВМ в целом для создания мощных вычислительных систем. Во второй части учебного пособия как раз и будет подробно рассмотрено этих два подхода реализации базы для решения сложных задач.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 703 с: ил
2. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; Под ред. А.П. Пятибратова – М.: Финансы и статистика, 2004. -512 с.: ил.
3. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. 5-е изд. (+CD). – СПб.: Питер, 2007. – 844 с: ил.
4. Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 337 с: ил.
5. Толковый словарь по вычислительным системам./ Под.ред. Иллингурова В.:Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Борисовский А.Б. Англо-русский словарь по программированию и информатике (с толкованием), - М.: Московская международная школа переводчиков, 1992. – 335с.
7. Фомин С. В. Системы счисления. – 5-е изд. –М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 48 с. – (Попул. лекции по мат.)
8. Нешумова К.А. Электронные вычислительные машины и системы. – М.: Высшая школа, 1989.
9. Морозевич А.Н. МикроЭВМ, микропроцессоры и основы микропрограммирования. – М.: Высшая школа, 1990.
10. Яблонский С.В., Гаврилов Г.П., Кудрявцев В.Б. Функции алгебры логики и классы Поста. – М.: Наука, 1966.
11. Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. Краткий курс. – М.: Инфра-М., 1997: – 480с.
12. Левин Александр Самоучитель работы на компьютере 6-е изд., испр. и доп. – М.: НОЛИДЖ, 2000. – 656с.
13. Компьютерные системы и сети: [учеб. пособ.] В.П. Косарев и др.; под ред. В.П. Косарева, Л.В. Еремина. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 463с.
14. Савельев А.Я., Овчиников В.А. Конструирование ЭВМ и систем: учеб. для вузов по спец. “Вычислительные машины, комплексы, системы и сети” – М.: Высшая шк., 1989. – 312с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Пачкин** Сергей Геннадьевич

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СИСТЕМЫ И СЕТИ**

**Часть 1**

Учебное пособие

Для студентов вузов

Зав. редакцией *И.Н. Журина*

Редактор *Н.В. Шишкина*

Технический редактор *Т.В. Васильева*

Художественный редактор *Л.П. Токарева*

ЛР №020524 от 02.06.97.

Подписано в печать \_\_. \_\_. \_\_. Формат 60х84<sup>1/16</sup>

Бумага типографическая. Гарнитура Times.

Уч.-изд.л. 5. Тираж 150 экз.

Заказ № \_\_

Оригинал-макет изготовлен в редакционно-издательском  
отделе

Кемеровского технологического института пищевой про-  
мышленности

650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

ПЛД №44-09 от 10.10.99.

Отпечатано в лаборатории множительной техники  
Кемеровский технологический институт пищевой про-  
мышленности

650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52