

- Основные термины и определения.
- История развития ЦЭВМ и МП.  
Структуры ЭВМ с каналами ввода-вывода.
- ЭВМ с магистрально-модульной структурой.  
Понятие системной шины.  
Классификация ЭВМ и МП.  
Архитектурная совместимость моделей ЭВМ и МП.  
Уровни описания ЭВМ.

## Основная литература

1. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. СПб, 2000.
2. Мальцева Л.А. и др. Основы цифровой техники. М.: Радио и связь, 1987.
3. Мячев А.А., Степанов В.Н. Персональные ЭВМ и микроЭВМ. Основы организации. М.: Радио и связь, 1991.
4. Ровдо А.И. Микропроцессоры от 8086 до Pentium III Xeon и AMD-K6-3. МДКМ, 2000.
5. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия, 3-е изд.– СПб.: ПИТЕР КОМ, 2006.
6. Пятибратов А.П., Беляев С.Н., Козырева Г.М. и др. Вычислительные машины, системы и сети. - М.: Финансы и статистика, 2001.
7. Под ред. Д.В. Пузанкова. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ: Учебное пособие для вузов. - СПб.: Политехника, 2002. - 935 с.: ил.
8. Э. Таненбаум. АРХИТЕКТУРА КОМПЬЮТЕРА. 4-е издание. Изд. ПИТЕР, 2003. - 976 с.: ил.

Основные направления развития современной схемотехники представлены на рис. 1.

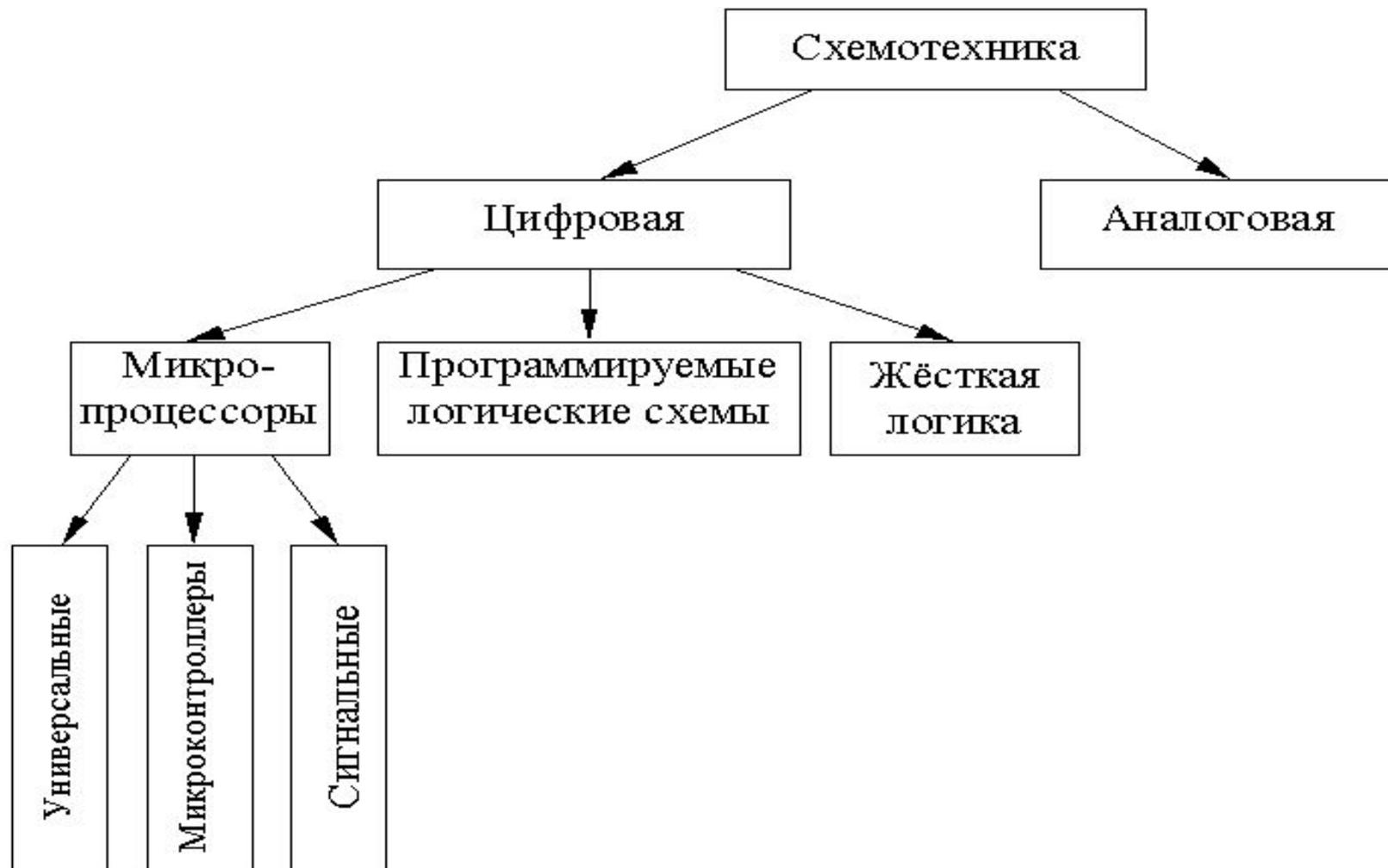
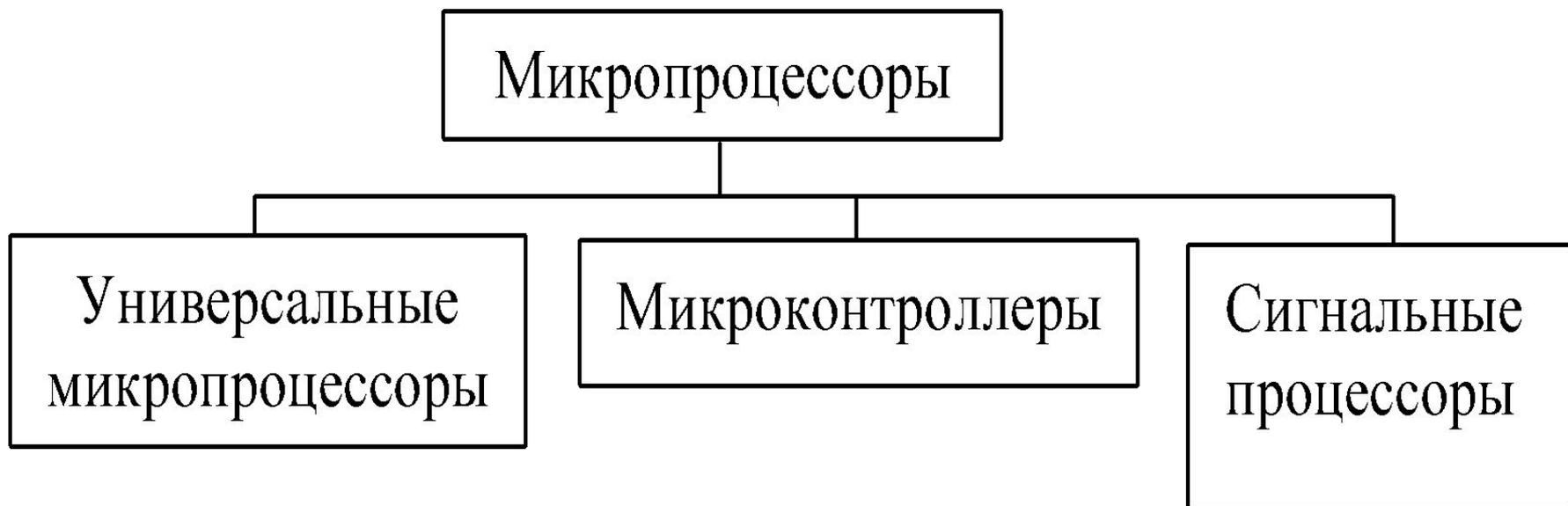


Рисунок 1. Классификация микропроцессоров

**Микропроцессором (МП)** называется программно-управляемое устройство, осуществляющее прием, обработку и выдачу цифровой информации, построенное на основе одной или нескольких больших интегральных схем (БИС). МП нельзя рассматривать как результат революционного открытия. Это скорее естественный этап в эволюции микроэлектронной технологии.

В процессе более чем 30-летнего развития произошла дифференциация микропроцессоров по функционально-структурным особенностям и областям применения. В настоящее время имеются следующие основные классы микропроцессоров (рис. 2): универсальные микропроцессоры; микроконтроллеры; сигнальные процессоры.



*Рис. 2.* Основные классы микропроцессоров

# Универсальные микропроцессоры

предназначаются для применения во всех типах вычислительных устройств: персональных ЭВМ, рабочих станциях, а в последнее время и в массово-параллельных суперЭВМ. Кроме того, универсальные микропроцессоры используются в телекоммуникационном оборудовании, системах автоматического управления и встроенной промышленной автоматике. Основной характеристикой этих микропроцессоров является наличие развитых устройств для эффективной реализации операций с плавающей точкой над 32- и 64-разрядными и более длинными операндами. В последнее время в состав этих микропроцессоров включаются функциональные блоки для обработки мультимедийной информации.

**Универсальными микропроцессорами** являются МП общего назначения, которые решают широкий класс задач вычисления, обработки и управления.

**Специализированные микропроцессоры** предназначены для решения задач лишь определенного класса. К специализированным МП относят микроконтроллеры и цифровые процессоры обработки сигналов

**Микроконтроллер (МК, MCU – MicroController Unit)** – это микропроцессорное устройство, специализированное на выполнение определенных функций управления, регулирования, идентификации. От обычного микропроцессора он отличается наличием встроенных таймеров, счетчиков, ПЗУ, ОЗУ, схем сравнения, аналого-цифрового преобразования, последовательной связи и т. д. Общее число типов кристаллов МК с различными системами команд превышает 500, и все они, в силу существования изделий с их использованием, занимают свою устойчивую долю рынка. В числе ведущих производителей микроконтроллеров находятся фирмы NEC, Mitsubishi, Hitachi, Intel, Texas Instruments, Motorola Philips, Atmel, ST – Microelektronics, Microchip.

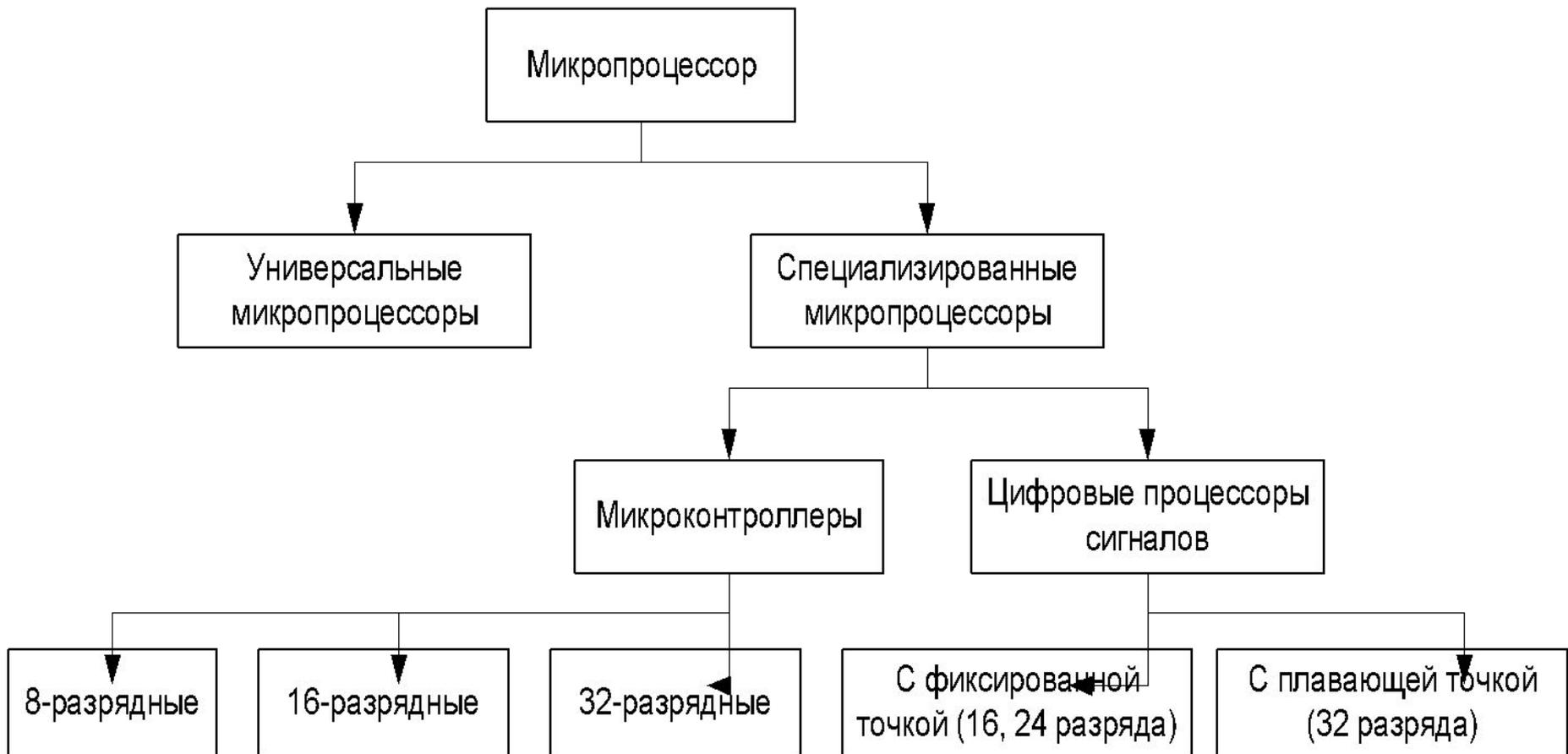
**Сигнальные процессоры (Digital Signal Processor (DSP), цифровой процессор обработки сигналов (ЦПОС))**– относятся к классу специализированных микропроцессоров, ориентированных на выполнение алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС) в реальном времени. Это обуславливает их сравнительно малую разрядность и преимущественно целочисленную обработку. Однако современные сигнальные процессоры способны проводить вычисления с плавающей точкой над 40-разрядными операндами.

Основными производителями DSP являются фирмы Texas Instruments, Analog Devices, Motorola, NEC.

# Классификация МП по назначению и областям применения

В процессе более чем 30-летнего развития произошла дифференциация микропроцессоров по назначению и областям применения. В настоящее время имеются следующие основные классы микропроцессоров

- универсальные микропроцессоры;
- микроконтроллеры;
- сигнальные процессоры



**В зависимости от типа организации системы команд мп делятся на**

- RISC – Reduced Instruction Set Computer.**
- (CISC – Complicated Instruction Set Computer) с полным набором команд.**

**По числу больших интегральных схем (БИС) в микропроцессорном комплекте различают микропроцессоры:**

- однокристальные,**
- многокристальные**
- многокристальные секционные**

И микропроцессор и микроконтроллер предназначены для выполнения некоторых операций — они извлекают команды из памяти и выполняют эти инструкции (представляющие собой арифметические или логические операции) и результат используется для обслуживания выходных устройств. И микроконтроллер и микропроцессор способны непрерывно производить выборку команд из памяти и выполнять эти инструкции, пока на устройство подается питание. Инструкции представляют из себя наборы битов. Эти инструкции всегда извлекаются из места их хранения, которое называется памятью.

# Что такое микропроцессор

Микропроцессор (в англоязычной литературе MPU — Micro Processor Unit) содержит функционал компьютерного центрального процессора, или ЦП (CPU — Central Processing Unit) на одном полупроводниковом кристалле (ИМС — интегральная микросхема или на западный манер — Integrated Circuit).



По своей сути — это микрокомпьютер, который используется для выполнения арифметических и логических операций, управления системами, хранения данных и прочих.

Микропроцессор обрабатывает данные, поступающие с входных периферийных устройств и передает обработанные данные на выходные периферийные устройства.

Существует четыре основных типа процессоров, различающихся своей архитектурой.

Микропроцессоры с полным набором команд (Complex Instruction Set Computer, **CISC**-архитектура). Характеризуются нефиксированным значением длины команды, кодированием арифметических действий одной командой, небольшим числом регистров, выполняющих строго определённые функции. Примером такого типа процессоров служит семейство x86.

Микропроцессоры с сокращенным набором команд (Reduced Instruction Set Computer, **RISC**-архитектура). Обладают, как правило, повышенным быстродействием за счёт упрощения инструкций, что позволяет упростить процесс декодирования и, соответственно, сократить время их выполнения. Большинство графических процессоров разрабатываются, используя этот тип архитектуры.

Микропроцессоры с минимальным набором команд (Minimal Instruction Set Computer, MISC-архитектура). В отличие от RISC-архитектуры, в них используются длинные командные слова, что позволяет выполнять достаточно сложные действия за один цикл работы устройства. Формирование длинных «командных слов» стало возможным благодаря увеличению разрядности микропроцессорных устройств.

В суперскалярных процессорах (Superscalar Processors) используются несколько декодеров команд, которые загружают работой множество исполнительных блоков. Планирование исполнения потока команд происходит динамически и осуществляется самим вычислительным ядром. Примером процессора с таким типом архитектуры является, например Cortex A8.

Отдельно можно выделить микропроцессоры специального назначения (ASIC — Application Specific Integrated Circuit). Как следует из названия, предназначены для решения конкретной задачи. В отличие от микропроцессоров общего назначения, применяются в конкретном устройстве и выполняют определенные функции, характерные только для данного устройства. Специализация на выполнении узкого класса функций приводит к увеличению скорости работы устройства и, как правило, позволяет снизить стоимость такой интегральной схемы.

Примерами таких микропроцессоров может быть микросхема, разработанная исключительно для управления мобильным телефоном, микросхемы аппаратного кодирования и декодирования аудио- и видеосигналов - так называемые цифровые сигнальные процессоры (Digital Signal Processing, DSP multiprocessors). Могут быть реализованы в виде ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема). При разработке таких процессоров для описания их функциональности используют языки описания аппаратных устройств (HDL — Hardware Description Language), такие как Verilog и VHDL.

Системы на основе микропроцессоров строят примерно следующим образом.

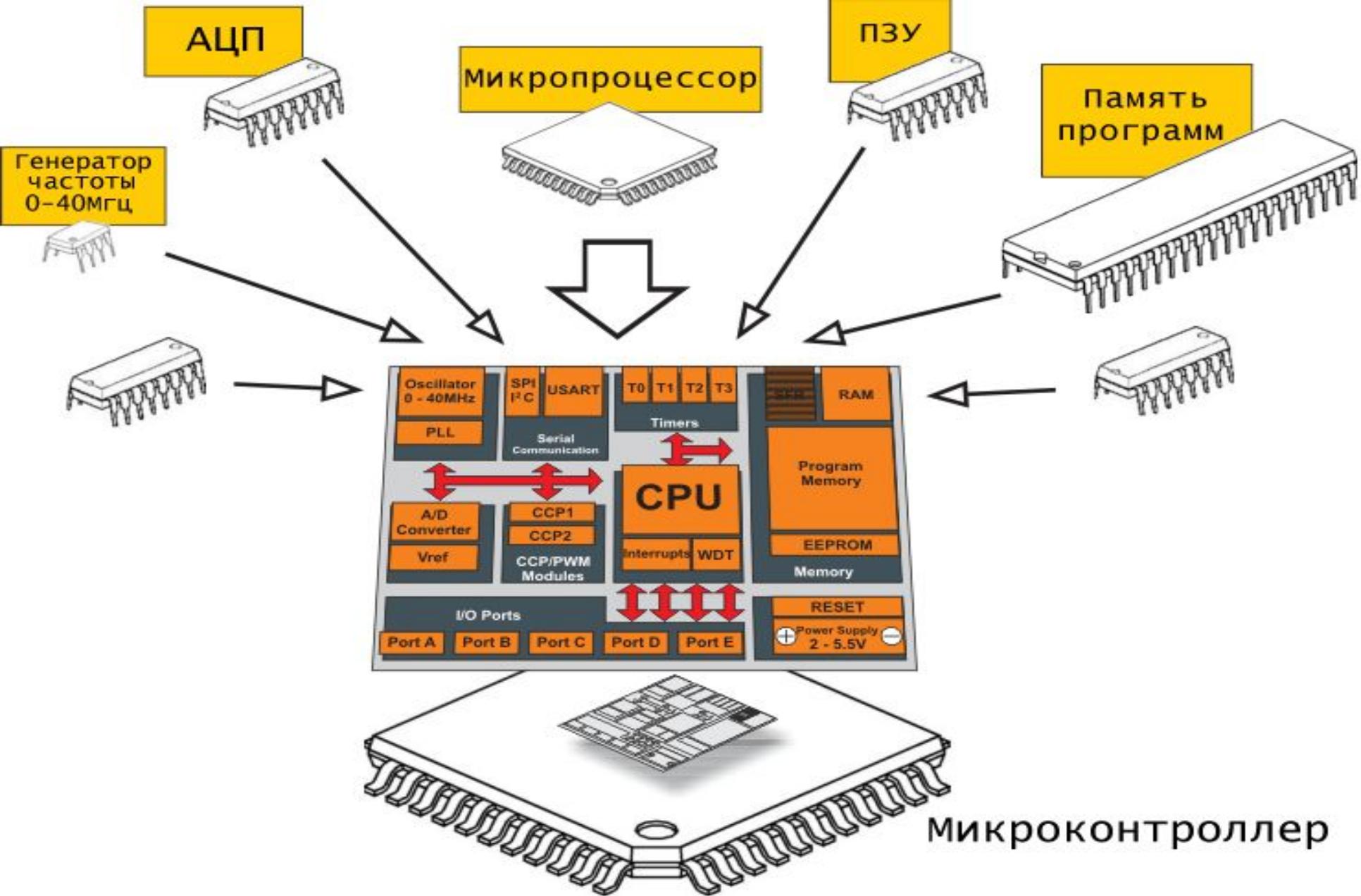


Система, основанная на микропроцессоре.

Как видно, микропроцессор в этой системе имеет множество вспомогательных устройств, таких как постоянное запоминающее устройство, оперативная память, последовательный интерфейс, таймер, порты ввода/вывода и т.д. Все эти устройства обмениваются командами и данными с микропроцессором через системную шину. Все вспомогательные устройства в микропроцессорной системе являются внешними. Системная шина, в свою очередь, состоит из адресной шины, шины данных и шины управления.

Что такое микроконтроллер

Ниже представлена блок-схема микроконтроллера. Какого же его основное отличие от микропроцессора? Все опорные устройства, такие как постоянное запоминающее устройство, оперативная память, таймер, последовательный интерфейс, порты ввода/вывода являются встроенными. Поэтому не возникает необходимости создавать интерфейсы с этими вспомогательными устройствами, и это экономит много времени для разработчика системы.



Внутреннее устройство микроконтроллера.

Микроконтроллер не что иное, как микропроцессорная система со всеми опорными устройствами, интегрированными в одном чипе. Если вы хотите создать устройство, взаимодействующее с внешней памятью или блоком ЦАП/АЦП, вам нужно только подключить соответствующий источник питания постоянного напряжения, цепь сброса и кристалл кварца (источник тактовой частоты). Их просто проблематично интегрировать в полупроводниковый кристалл.

Ядро микроконтроллера (центральный процессор), как правило строится на основе RISC-архитектуры.

Программа, записанная в память микроконтроллера может быть защищена от возможности ее последующего чтения/записи, что обеспечивает защиту от ее несанкционированного использования.

# Сравниваем микроконтроллер и микропроцессор

|               | <i>Микропроцессор</i>   | <i>Микроконтроллер</i>   |
|---------------|---|--|
| Использование | Компьютерные системы  | Встраиваемые системы   |
| Устройство    | Содержит центральный процессор, регистры общего назначения, указатели стека, счетчики программы, таймер и цепи прерываний | Содержит схему микропроцессора и имеет встроенные ПЗУ, ОЗУ, устройства ввода/вывода, таймеры и счетчики. |

*Микропроцессор*

*Микроконтроллер*

| Использование      | Компьютерные системы   | Встраиваемые системы  |
|--------------------|--|---|
| Память данных      | Имеет много инструкций для перемещения данных между памятью и процессором. | Имеет одну-две инструкции для перемещения данных между памятью и процессором. |
| Электрические цепи | Высокая сложность  | Достаточно простые  |

|                         | <i>Микропроцессор</i>  | <i>Микроконтроллер</i>  |
|-------------------------|--|---|
| Использование           | Компьютерные системы   | Встраиваемые системы  |
| Затраты                 | Стоимость всей системы увеличивается   | Низкая стоимость системы  |
| Число регистров         | Имеет меньшее количество регистров, операции в основном производятся в памяти.           | Имеет большее число регистров, поэтому проще писать программы                             |
| Запоминающее устройство | Основано на архитектуре фон Неймана. Программа и данные хранятся в том же модуле памяти. | Основано на Гарвардской архитектуре. Программы и данные хранятся в разных модулях памяти. |

*Микропроцессор*

*Микроконтроллер*

Использование

Компьютерные системы

Встраиваемые системы

Время доступа

Время доступа к памяти и устройствам ввода/вывода больше.

Меньшее время доступа для встроенной памяти и устройств ввода/вывода.

Железо

Требует большее количество аппаратного обеспечения.

Требует меньшее количество аппаратного обеспечения.

**Однокристалльный микропроцессор** — это конструктивно законченное изделие в виде одной БИС

**Однокристалльные микропроцессоры** получаются при реализации всех аппаратных средств процессора в виде одной БИС или СБИС (сверхбольшой интегральной схемы). По мере увеличения степени интеграции элементов в кристалле и числа выводов корпуса параметры однокристалльных микропроцессоров улучшаются. Однако возможности однокристалльных микропроцессоров ограничены аппаратными ресурсами кристалла и корпуса. Другое название однокристалльных МП — **микропроцессоры с фиксированной разрядностью** данных.

К этому типу относятся процессоры компаний Intel Pentium (P5, P6, P7), AMD K5, K6, Cyrix — 6x86, Digital Equipment — Alpha 21064, 21164A, Silicon Graphics ■.— MIPS R10000, Motorola — Power PC 603, 604, 620, Hewlett-Packard — PA-8000, Sun Micro-systems — Ultra SPARC II,

# Многоядерные процессоры.

В центре современного центрального микропроцессора находится ядро (core) – кристалл кремния площадью примерно один квадратный сантиметр, на котором посредством микроскопических логических элементов реализована принципиальная схема процессора, так называемая архитектура (chip architecture).

Многоядерный процессор – это центральный микропроцессор, содержащий два и более вычислительных ядра на одном процессорном кристалле или в одном корпусе.

## **Преимущества многоядерных процессоров.**

Возможность распределять работу программ, например, основных задач приложений и фоновых задач операционной системы, по нескольким ядрам;

Увеличение скорости работы программ;

Процессы, требующие интенсивных вычислений, протекают намного быстрее;

Более эффективное использование требовательных к вычислительным ресурсам мультимедийных приложений, например, видео-редакторов;

Снижение энергопотребления;

Работа пользователя ПК становится более комфортной.

# **Недостатки многоядерных процессоров.**

Количество оптимизированного под многоядерность программного обеспечения ничтожно мало (большинство программ рассчитано на работу в классическом одноядерном режиме, поэтому они просто не могут задействовать вычислительную мощность дополнительных ядер).

В настоящее время многоядерные процессоры используются крайне неэффективно. Кроме того, на практике  $n$ -ядерные процессоры не производят вычисления в  $n$  раз быстрее одноядерных.

По сообщению пресс-службы AMD, на сегодня рынок 4-ядерных процессоров составляет не более 2% от общего объема. Очевидно, что для современного покупателя приобретение 4-ядерного процессора для домашних нужд пока почти не имеет смысла по многим причинам.

Во-первых, на сегодня практически нет программ, способных эффективно использовать преимущества 4 одновременно работающих потоков;

Во-вторых, производители ПК позиционируют 4-ядерные процессоры, как Hi-End-решения, добавляя к оснастке ПК самые современные видеокарты и объемные жесткие диски, — а это, в конечном счете, еще больше увеличивает стоимость и без того недешевых ПК.

**Микропроцессорная система** — это вычислительная, контрольно-измерительная или управляющая система, основным устройством обработки информации в которой является МП, Микропроцессорная система строится из набора микропроцессорных БИС, входящих в состав микропроцессорного комплекта (МПК).

**Мультимикропроцессорная (или мультипроцессорная) система** — система, которая образуется объединением некоторого количества универсальных или специализированных МП, благодаря чему обеспечивается параллельная обработка информации и распределенное управление.

***Микропроцессорный комплект (МПК)*** — совокупность интегральных схем, совместимых по электрическим, информационным и конструктивным параметрам и предназначенных для построения электронно-вычислительной аппаратуры и микропроцессорных систем управления. В типичный состав МПК входят:

- БИС МП (один или несколько корпусов интегральных схем);
- БИС оперативных запоминающих устройств (ОЗУ);
- БИС постоянных запоминающих устройств (ПЗУ);
- БИС интерфейсов или контроллеров внешних формирователи, контроллеры шин, арбитры шин).

## **Состав МПК БИС К580**

Тип БИС Наименование

KP580BM80 Микропроцессор

KP580BV55 Программируемый параллельный интерфейс

KP580BV51 Программируемый последовательный интерфейс

KP58GBH59 Программируемый контроллер прерываний

KP580BI53 Программируемый таймер

KF58DBKT8 Системный контроллер

KP580ГФГ\*] Генератор тактовых сигнала

KP580BT57 Контроллер прямого доступа к памяти

KP580BV7? Программируемый интерфейс клавиатуры и индикации

KP580BG72 Контроллер КГМД

KP580BG75 Контроллер видеотерминала

KP580BAV6 Шинный формирователь

**Интерфейс-совокупность** аппаратных, программных и конструктивных средств, обеспечивающих совместную работу блоков аппаратуры. С развитием вычислительной техники расширяется и сфера ее использования, изменяется и терминология.

Термины *«вычислительная машина»*, *«вычислительная система»*, *«вычислительная сеть»* выросли из своего дословного толкования в части прилагательного *«вычислительная»*.

Уже давно названные объекты выполняют не только и не столько вычисления, сколько преобразования информации, а именно накопление, хранение, организацию, толкование информации, то есть представляют собой фактически информационные системы. Тем не менее еще и сейчас в литературе часто используются традиционные, исторически сложившиеся их названия.

Что касается толкования понятия «*вычислительная система*», то имеются различные его определения:

Вычислительная система может содержать лишь один компьютер, ибо начиная с 70-х годов компьютеры стали оснащаться многочисленными внешними устройствами, которые в совокупности действительно составляют систему.

В в нашем курсе мы будем придерживаться следующего определения:

**Вычислительная система** — совокупность

- одного и более компьютеров или процессоров,
- программного обеспечения и
- периферийного оборудования,

организованного для совместного выполнения информационно-вычислительных процессов

Под ресурсом понимается любой логический или физический компонент ЭВМ и предоставляемые им возможности. Основные ресурсы — это процессор (процессорное время), память и доступ к внешним устройствам.

Управление ресурсами состоит в выполнении следующих двух основных функций:

- упрощение доступа к ресурсам;
- распределение ресурсов между конкурирующими за них процессами.

Их реализация позволяет «спрятать» аппаратные особенности ЭВМ и тем самым предоставить в распоряжение пользователей и программистов **«виртуальную машину»** (на самом деле не существующую, воображаемую). Виртуальная машина гораздо проще реальной. В этом смысле ОС может рассматриваться как средство отображения виртуальной машины на реальное аппаратное обеспечение.

Общение с виртуальной машиной может осуществляться через два практически независимых канала: пользовательский интерфейс и программный интерфейс.

- *Пользовательский интерфейс* фактически представляет собой язык команд (в текстовом, графическом или ином представлении), с помощью которого пользователь в режиме диалога через системный терминал задает необходимые действия ОС и получает от нее оперативную информацию в виде сообщений.
- *Программный интерфейс* — это набор приемов и средств, с помощью которых программа в процессе ее исполнения может получить доступ к услугам операционной системы. Имеется несколько уровней доступа через программный интерфейс, в числе которых обычно используются система программных прерываний, запуск внешних утилит и программный доступ к командной строке (т.е. к пользовательскому интерфейсу).

Под *процессом (задачей)* понимается программа со всеми наборами данных, необходимых для ее выполнения (входные данные), а также являющихся продуктом ее деятельности (выходные данные). Процесс — минимальная единица работы, для которой выделяются ресурсы. Управление процессами подразумевает загрузку процессов в вычислительную систему, выделение им ресурсов, осуществление прогона и выдачу результатов. Характер управления процессами во многом определяется режимом работы виртуальной машины (т.е. ЭВМ и ОС). Осуществляться через два практически независимых канала: пользовательский интерфейс и программный интерфейс.

## **Современные многоуровневые машины**

Большинство современных компьютеров состоит из двух и более уровней. Существуют машины даже с шестью уровнями (рис. 1.2). Уровень 0 — это аппаратное обеспечение машины. Электронные схемы на уровне 1 выполняют машинно-зависимые программы. Ради полноты нужно упомянуть о существовании еще одного уровня, который расположен ниже нулевого. Этот уровень не показан на рис. 1.2, так как он попадает в сферу электронной техники и, следовательно, не рассматривается в этой книге. Он называется уровнем физических устройств. На этом уровне находятся транзисторы, которые для разработчиков компьютеров являются примитивами. Объяснить, как работают транзисторы, — задача физики.

На самом нижнем уровне из тех, что мы будем изучать, а именно, на цифровом логическом уровне, объекты называются вентилями. 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 И или ИЛИ. Каждый вентиль формируется из нескольких транзисторов. Несколько вентиляей формируют 1 бит памяти, который может содержать 0 или 1. Биты памяти, объединенные в группы, например, по 16, 32 или 64, формируют регистры. Каждый регистр может содержать одно двоичное число до определенного предела. Из вентиляей также может состоять сам компьютер.



Следующий первый уровень называется уровнем микроархитектуры. На этом уровне находятся совокупности 8 или 32 регистров, которые формируют локальную память и схему, называемую АЛУ (арифметико-логическое устройство). АЛУ выполняет простые арифметические операции. Регистры вместе с АЛУ формируют тракт данных, по которому поступают данные. Тракт данных работает следующим образом. Выбирается один или два регистра, АЛУ производит над ними какую-либо операцию, например сложения, после чего результат вновь помещается в один из этих регистров.

На некоторых машинах работа тракта данных контролируется особой программой, которая называется микропрограммой. На других машинах тракт данных контролируется аппаратными средствами.. Поскольку сейчас тракт данных обычно контролируется аппаратным обеспечением, мы изменили название, чтобы точнее отразить смысл.

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. Например, при выполнении команды ADD она вызывается из памяти, ее операнды помещаются в регистры. АЛУ вычисляет сумму, а затем результат переправляется обратно. На компьютере с аппаратным контролем тракта данных происходит такая же процедура, но при этом нет программы, интерпретирующей команды уровня 2.

Уровень 2 мы будем называть уровнем архитектуры набора команд. Каждый производитель публикует руководство для компьютеров, которые он продает, под названием «Руководство по машинному языку X», «Принципы работы компьютера Y» и т. п. Подобное руководство содержит информацию именно об этом уровне. Описываемый в нем набор машинных команд в действительности выполняло) микропрограммой-интерпретатором или аппаратным обеспечением. Если производитель поставляет два интерпретатора для одной машины, он должен издать два руководства по машинному языку, отдельно для каждого интерпретатора.

Следующий 3 уровень обычно является гибридным. Большинство команд в его языке есть также и на уровне архитектуры набора команд (команды, имеющиеся на одном из уровней, вполне могут быть представлены и на других уровнях). 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.

Новые средства, появившиеся на уровне 3, выполняются интерпретатором, который работает на втором уровне. Этот интерпретатор был когда-то назван операционной системой. 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. Вот почему этот уровень считается гибридным. Мы будем называть этот уровень уровнем операционной системы

Между уровнями 3 и 4 есть существенная разница. 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, которые специализируются на разработке новых виртуальных машин. Уровни с четвертого и выше предназначены для прикладных программистов, решающих конкретные задачи.

Еще одно изменение, появившееся на уровне 4, — механизм поддержки более высоких уровней. Уровни 2 и 3 обычно интерпретируются, а уровни 4, 5 и выше обычно, хотя и не всегда, транслируются.

Другое различие между уровнями 1, 2, 3 и уровнями 4, 5 и выше - особенность языка. 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.

Уровень 4 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 обычно состоит из языков, разработанных для прикладных программистов. Такие языки называются языками высокого уровня. Существуют сотни языков высокого уровня. Наиболее известные среди них — C, C++, Java, LISP и Prolog. Программы, написанные на этих языках, обычно транслируются на уровень 3 или 4. Трансляторы, которые обрабатывают эти программы, называются компиляторами. Отметим, что иногда также имеет место интерпретация. Например, программы на языке Java сначала транслируются на язык, напоминающий ISA и называемый байт-кодом Java, который затем интерпретируется.

В некоторых случаях уровень 5 состоит из интерпретатора для конкретной прикладной области, например символической логики. Он предусматривает данные и операции для решения задач в этой области, выраженные при помощи специальной терминологии.

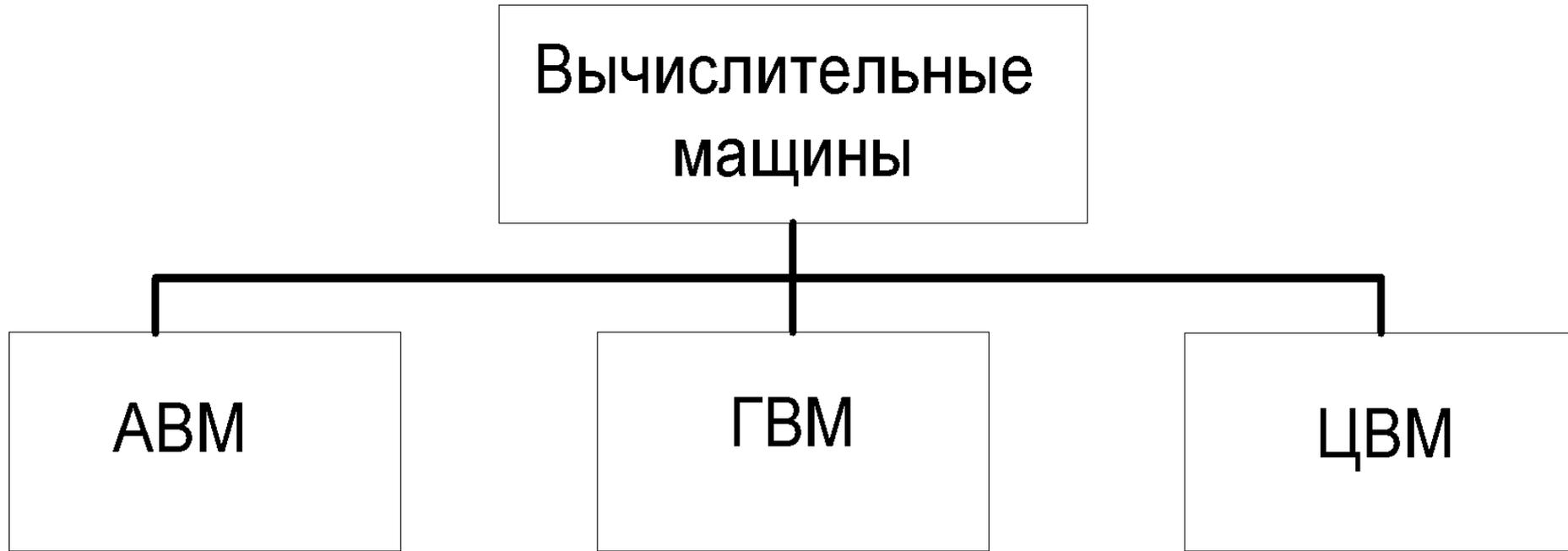
Таким образом, компьютер проектируется как иерархическая структура уровней, которые надстраиваются друг над другом. Каждый уровень представляет собой определенную абстракцию различных объектов и операций. Рассматривая компьютер подобным образом, мы можем не принимать во внимание ненужные нам детали и, таким образом, сделать сложный предмет более простым для понимания.

## **ЭВМ можно классифицировать по ряду признаков**

- 1. По принципу действия .
- 2. По поколениям (этапам создания и элементной базе).
- 3. По характеру взаимодействия его составляющих частей.
- 4. По взаимодействию потока команд и потока данных
- 5. По назначению.
- 6. По размерам и вычислительной мощности.
- 7. По сферам применения и методам использования.

В данной лекции будет рассмотрена классификация по четырем первым признакам

# 1. Классификация вычислительных машин по принципу действия



Здесь выделяют

- аналоговые (непрерывного действия АВМ )- АВМ;
- цифровые (дискретного действия) - ЦВМ;
- гибридные (на отдельных этапах обработки используются различные способы физического представления данных)- ГВМ .

• АВМ — аналоговые вычислительные машины, или вычислительные машины непрерывного действия, работают с информацией, представленной в непрерывной (аналоговой) форме, т. е. в виде непрерывного ряда значений какой-либо физической величины (чаще - всего электрического напряжения):

ЦВМ — цифровые вычислительные машины, или вычислительные машины дискретного действия, работают с информацией, представленной в дискретной, а точнее, цифровой форме. В силу универсальности цифровой формы представления информации ЭВМ является более универсальным средством обработки данных.

• ГВМ — гибридные вычислительные машины, или вычислительные машины комбинированного действия, работают с информацией, представленной и в цифровой, и в аналоговой форме. Они совмещают в себе достоинства АВМ и ЦВМ. ГВМ целесообразно использовать для решения задач управления сложными быстродействующими техническими комплексами.

### **3 По характеру взаимодействия его составляющих частей.**

Многообразие ПЭВМ в зависимости от характера связей процессора, памяти и устройств ввода-вывода можно свести к двум структурам:

- С использованием каналов ввода-вывода.
- Магистральная структура.

Особенность первого варианта – непосредственная связь ЦП и ОЗУ. Связь же с внешними устройствами осуществляется посредством специальных процессоров ввода-вывода, называемых часто каналами ввода-вывода (рис. 4). Использование нескольких каналов обеспечивает параллельное выполнение операций ввода-вывода с несколькими устройствами ввода-вывода.

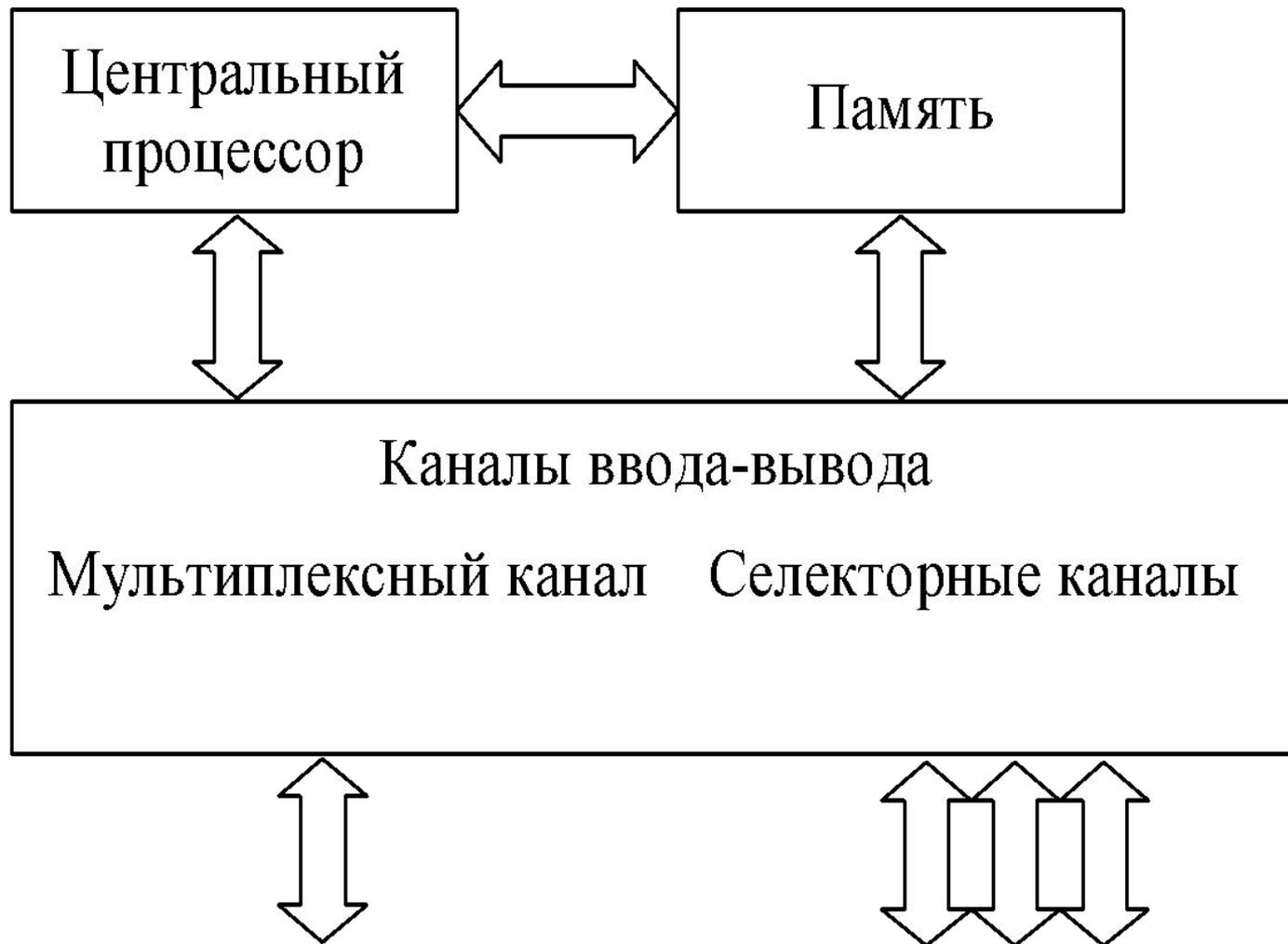
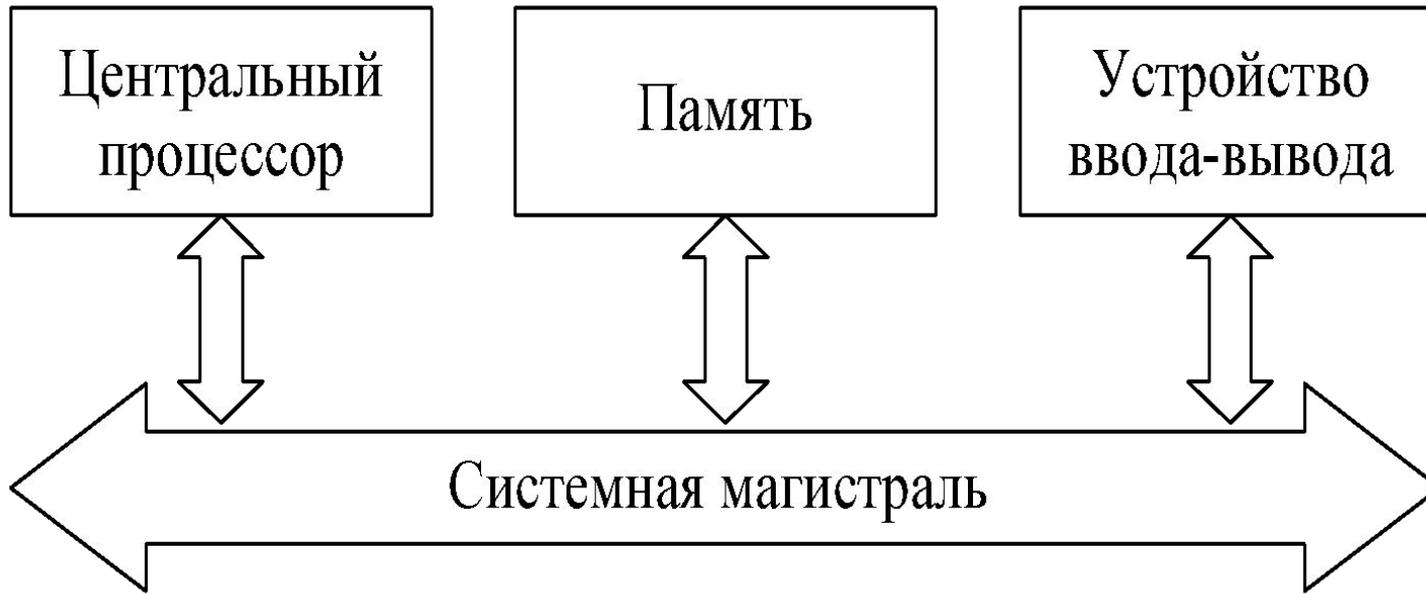


Рис. 4. Структура ЭВМ с каналами ввода-вывода

Концепция магистральной структуры представлена на рис. 5.



*Рис. 5.* Магистральная структура ЭВМ

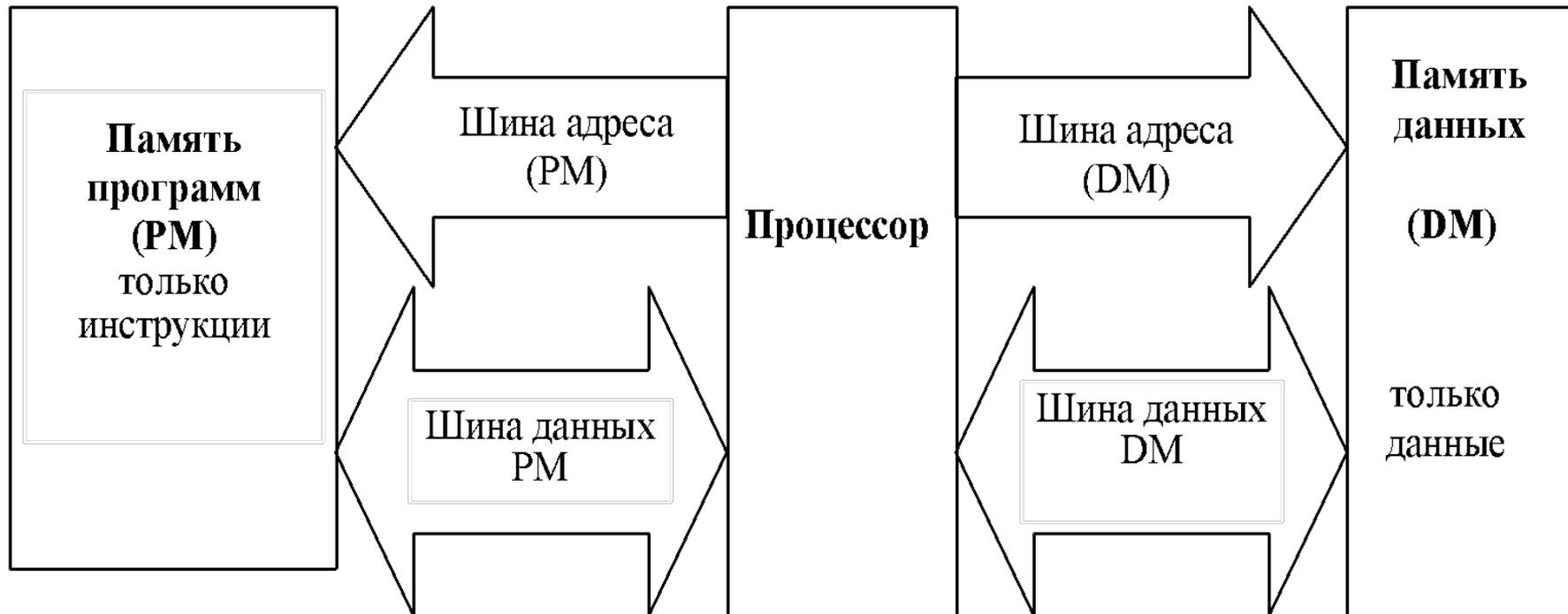
**Гарвардская и принстонская архитектуры.** Много лет назад правительство Соединенных Штатов дало задание Гарвардскому и Принстонскому университетам разработать архитектуру компьютера для военноморской артиллерии. Принстонский университет разработал компьютер, который имел общую память для хранения программ и данных. Такая архитектура компьютеров больше известна как архитектура фон Неймана по имени научного руководителя этой разработки (рис. 6).



*Рис. 6.* Структура компьютера с архитектурой фон Неймана (принстонская архитектура)

Машины фон Неймана хранят программу и данные в одной и той же области памяти. В машинах этого типа команды содержат указание, что выполнить, и адрес данных, подлежащих обработке. Может показаться, что блок интерфейса в процессоре в этом случае является наиболее узким местом, так как одновременно с данными требуется выбирать из памяти очередную команду. Однако во многих процессорах с принстонской архитектурой эта проблема решается путем выборки следующей команды во время выполнения предыдущей. Такая операция называется предварительной выборкой (предвыборка), и она реализуется в большинстве процессоров с такой архитектурой. Данная архитектура обладает рядом положительных черт. Она является более дешевой, требует меньшего количества выводов шины.

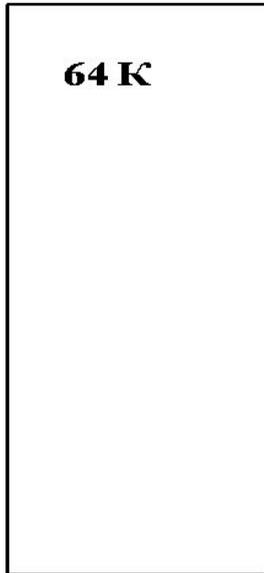
Гарвардский университет представил разработку компьютера, в котором для хранения программ и данных использовались отдельные банки памяти (рис. 7). Гарвардская архитектура имеет две физически разделенные шины данных. Это позволяет осуществить два доступа к памяти одновременно. Подлинная гарвардская архитектура выделяет одну шину для выборки инструкций (шина адреса PM – Program Memory), а другую для выборки операндов (шина данных DM – Data Memory).



*Рис. 7.* Структура компьютера с гарвардской архитектурой

Принстонская архитектура выиграла соревнование, так как она больше соответствовала уровню технологии того времени. Использование общей памяти оказалось более предпочтительным из-за ненадежности ламповой электроники (это было до широкого распространения транзисторов) – при этом возникало меньше отказов. Гарвардская архитектура почти не использовалась до конца 70-х годов, когда производители микропроцессоров поняли, что эта архитектура дает преимущества устройствам, которые они разрабатывали. В архитектуре МК и ЦПОС многих фирм применен именно гарвардский принцип организации памяти, для которого характерно использование отдельной памяти программ и данных со своими шинами адресов и данных (рис. 7, 8).

**Внешняя  
память  
данных**



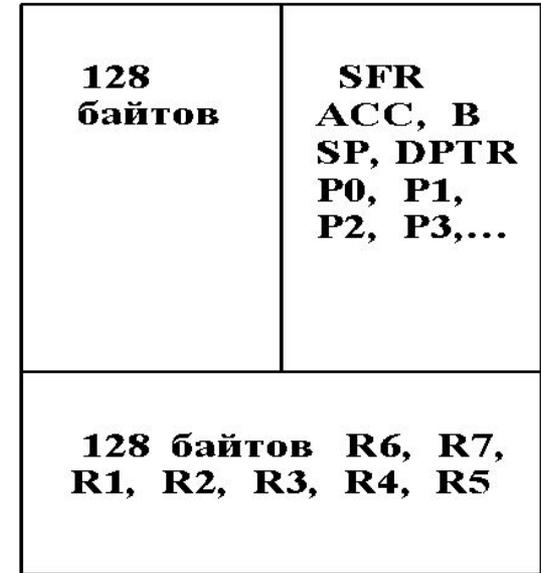
**Память программ**

**внешняя**



**Внутренняя память  
данных**

**косвенная      прямая**



8. Особенности структуры памяти микроконтроллеров с гарвардской архитектурой (структура памяти соответствует МК MCS 51)

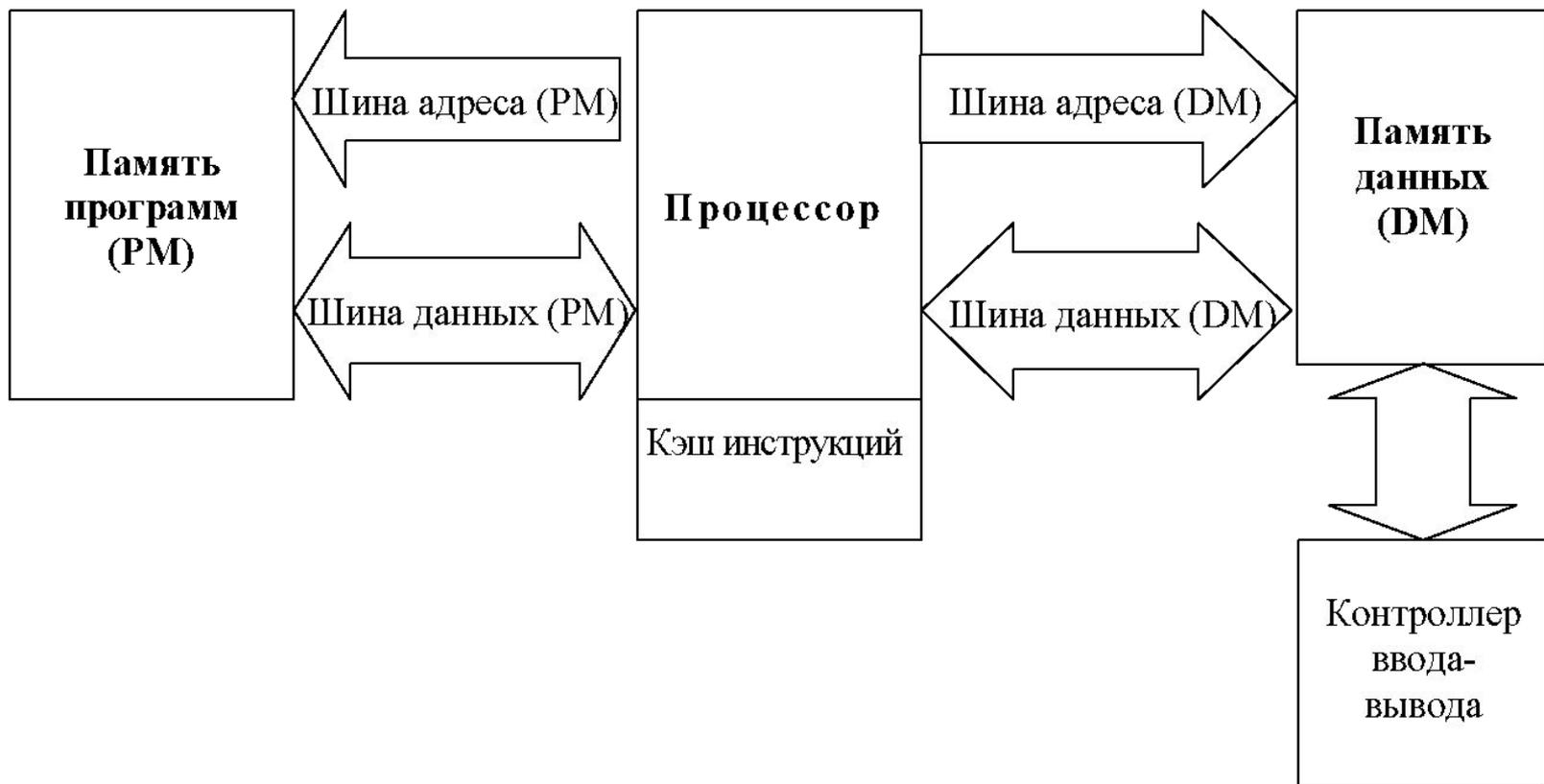
Основным преимуществом архитектуры фон Неймана (принстонской архитектуры) является то, что она упрощает устройство микропроцессора, так как реализует обращение только к одной общей памяти. Для микропроцессоров самым важным является то, что содержимое ОЗУ (RAM – Random Access Memory) может быть использовано как для хранения данных, так и для хранения программ. В некоторых приложениях программе необходимо иметь доступ к содержимому стека.

Все это предоставляет большую гибкость для разработчика программного обеспечения, прежде всего в области операционных систем реального времени.

Гарвардская архитектура выполняет команды за меньшее количество тактов, чем архитектура фон Неймана. Это обусловлено тем, что в гарвардской архитектуре больше возможностей для реализации параллельных операций. Выборка следующей команды может происходить одновременно с выполнением предыдущей команды, и нет необходимости останавливать процессор на время выборки команды. В гарвардской архитектуре, обеспечивающей более высокую степень параллелизма операций, выполнение текущей операции может совмещаться с выборкой следующей команды.

Важно отметить, что часто необходимо произвести выборку трех компонент – инструкции и двух операндов, на что, собственно, гарвардская архитектура не способна. В таком случае данная архитектура включает в себя кэш-память. Она может быть использована для хранения тех инструкций, которые будут использоваться вновь. При использовании кэш-памяти шина адреса (PM) и шина данных (DM) остаются свободными, что делает возможным выборку двух операндов. Такое расширение – гарвардская архитектура плюс кэш – называют расширенной гарвардской архитектурой, или SHARC (Super Harvard ARChitecture).

Эта архитектура предпочтительна для приложений, требующих больших объемов математических вычислений, например, таких, как БПФ и КИХ-фильтрация, используемых при обработке звука и речи и обеспеченных развитыми программными средствами и коммуникационными возможностями при построении параллельных многопроцессорных систем. Расширенная гарвардская архитектура представлена на рис. 9.



*Рис. 9.* Расширенная гарвардская архитектура микропроцессоров (SHARC)

# ВЫВОДЫ

1. Таким образом, в большинстве случаев в ПЭВМ и универсальных МП реализуется **принстонская** магистральная архитектура, т. е. архитектура с общей магистралью данных и магистралью адресов при обращении к командам и данным. При этом архитектурном решении осуществляется последовательная выборка и передача адресов команд и самих команд, адресов данных и самих данных по общей системе информационных магистралей – магистрали адреса, магистрали данных (МА, МД).

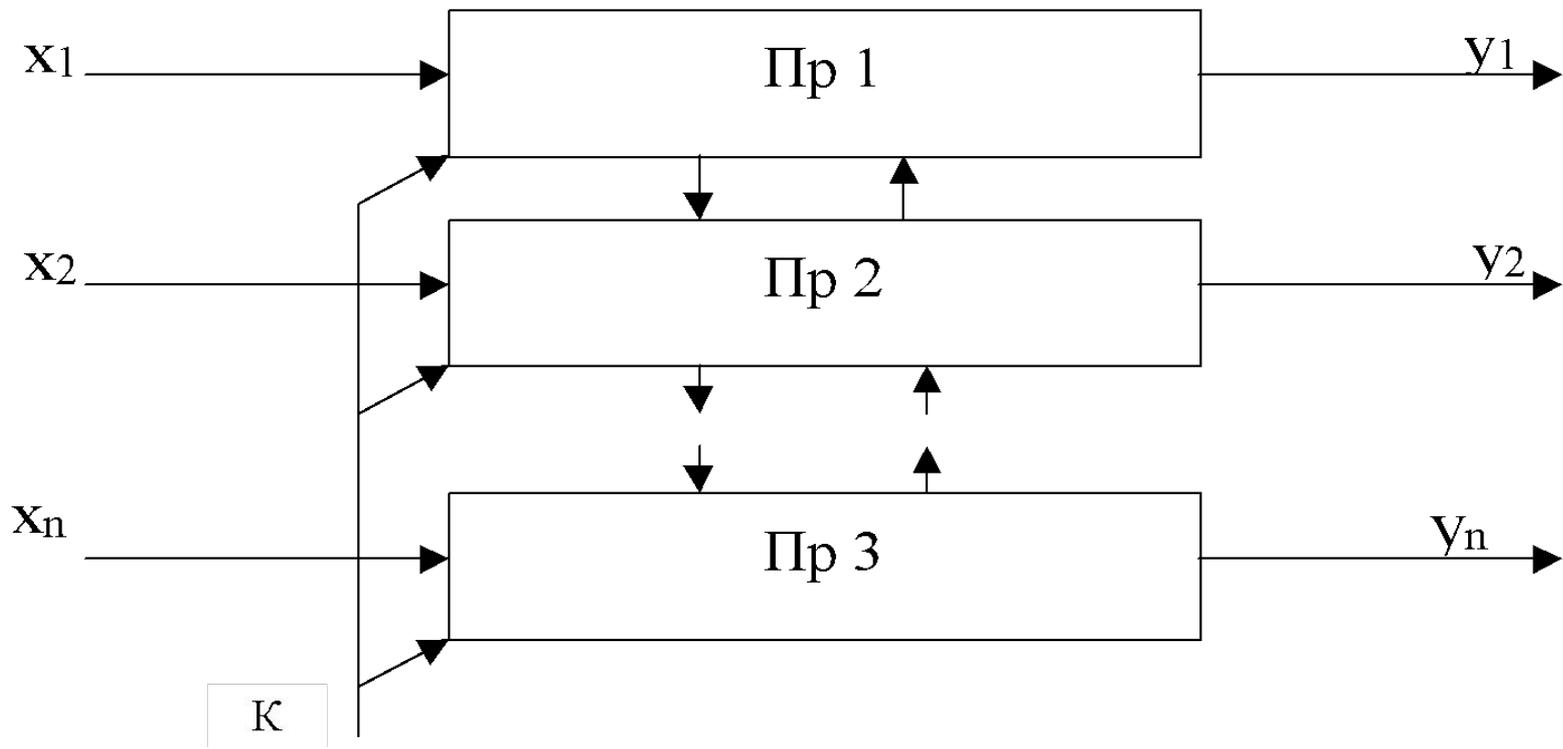
2. В микроконтроллерах (MCU) и цифровых процессорах обработки сигналов (DSP) чаще всего используется другая магистральная архитектура – **гарвардская**, при которой реализуется раздельная память данных и программ, что позволяет увеличить загрузку МП.

3. Расширенная гарвардская архитектура SHARC (Super Harvard Architecture) предпочтительна для приложений, требующих больших объемов математических вычислений, например, таких, как БПФ и КИХ-фильтрация.

## **4. Классификация архитектур по взаимодействию потока команд и потока данных**

Предыдущая классификация охватывала взаимодействие трех основных групп устройств: память, ВУ, процессор.

В 1970 году, анализируя архитектуру ЭВМ, Г. Флинн выбрал основным определяющим архитектурным параметром взаимодействие потока команд и потока данных (операндов). В ЭВМ классической архитектуры ведется последовательная обработка данных. Команды поступают одна за другой (за исключением точек ветвления программы), и для них из ОЗУ или регистров также последовательно поступают операнды. Одной команде (операции) соответствует один необходимый для нее набор операндов (как правило, два для бинарных операций). Архитектура этого типа, как мы уже знаем, называется ОКОД или SISD (рис. 3). Это классический фоннеймановский тип архитектуры.



*Рис. 10.* Структура типа ОКМД (SIMD)

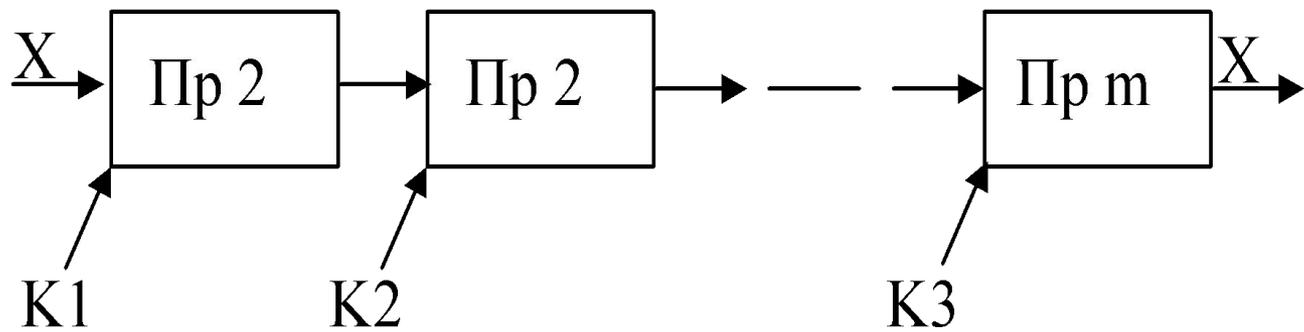
Тип ОКМД или Одиночный поток Команд и Множественный поток Данных (SIMD – Single Instruction – Many Data) охватывает такие системы, в которых одной командой обрабатывается набор из множества данных. Этот тип архитектуры используется, если задача легко делится на слабовзависимые части и следует применять так называемую параллельную обработку, которая выполняется параллельно работающими процессорами. На рис. 10 изображена такая система из  $n$  взаимосвязанных процессоров ( $Pr$ ), обрабатывающих  $n$  потоков данных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , преобразуемых в  $n$  потоков результатов  $y_1, y_2, \dots, y_n$ . Связи между процессорами позволяют им обмениваться необходимой промежуточной информацией. Такую систему обработки обозначают аббревиатурой ОКМД (Одиночный поток Команд и Множественный поток Данных). Одиночным поток команд называют потому, что каждый процессор выполняет одновременно только одну команду  $K$  (рис. 10).

Эту схему обработки часто называют векторной, а мультипроцессор – векторным процессором. С его помощью очень удобно обрабатывать  $n$ -мерные векторы, например траекторию движения летательного аппарата (в этом случае  $n = 3$ ).

На этой основе строятся ассоциативные процессоры, специальные процессоры для обработки изображений и др. Число обрабатываемых элементов может быть большим (порядка тысячи), но они работают синхронно над множеством данных.

Структура типа MISD (MISD– Many Instruction – Single Data) предназначена для обработки множественного потока команд и одиночного потока данных (МКОД): при обработке одного потока данных одновременно выполняется сразу несколько команд на разных процессорах. Такая схема получила название конвейерной обработки. Она очень удобна при работе с программами, которые нельзя разбить на полностью независимые части, но можно выделить фрагменты, связанные лишь через данные, которые обрабатывает программа.

Этот вид обработки похож на промышленный конвейер: роль рабочих мест играют процессоры, а заготовок – данные. Как и у промышленного конвейера, производительность конвейерной обработки определяется числом и трудоемкостью операций, выполняемых каждым процессором. Чем она меньше, тем быстрее работает конвейер (рис. 11).



*Рис. 11.* Структура типа МКОД (MISD)

Тип МКМД (MIMD– Many Instruction – Many Data) предусматривает наиболее полное и независимое распараллеливание процесса. Эта формула: МКМД – Множественный поток Команд и Множественный поток Данных – объединяет две предыдущие схемы (рис. 12). Такой мультипроцессор называют матричным, или векторно-конвейерным.

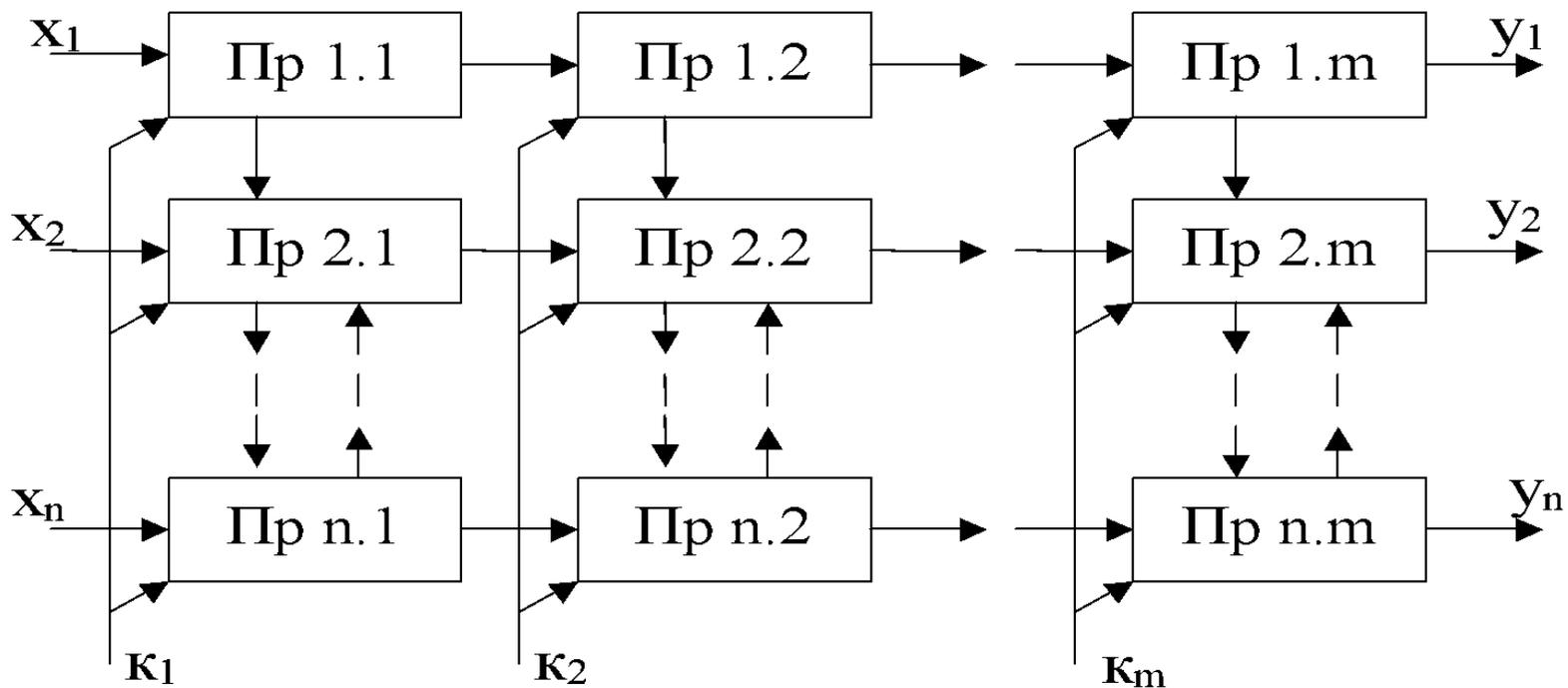


Рис. 12. Структура типа МКМД (MIMD)

## История создания МП

В 1969 г. фирма Intel (год основания фирмы – 1968) объявила о создании микросхемы, содержащей 1 Кбит памяти типа RAM (на тот момент эта память была самой емкой). Тогда еще не существовало других микрокомпьютерных чипов, к которым можно было подключить эту микросхему памяти.

Создание микропроцессора началось с малого: японская компания Busicom попросила Intel разработать микросхемы для мощных программируемых калькуляторов. Первоначально предполагалось, что будет создано двенадцать микросхем, но Тед Хофф из Intel предложил более интересное решение: одну универсальную микросхему, выбирающую команды из полупроводниковой памяти. Таким образом, полученное ядро могло справиться не только с требованиями Busicom, но и с множеством других задач.

Эта разработка оказалась настолько интересна, что Хоффу удалось убедить руководство компании выкупить права на нее у Busicom за \$ 60 тыс. и развить идею. В результате в конце 1971 года была представлена микросхема 4004 стоимостью \$ 200, содержащая 2800 транзисторов и обладающая вычислительной мощностью праотца компьютеров – ENIAC, который занимал целый дом и состоял из 18 000 ламп.

Термин “микроспроцессор” впервые был употреблен в 1972 году, хотя годом рождения этого прибора следует считать 1971 год, когда фирма Intel выпустила микросхему серии 4004 – “интегральное микропрограммируемое вычислительное устройство”.

Начнем обзор с процессоров - корпорации Intel, которая была основана в 1968 г. Первый процессор, разработанный специалистами этой корпорации, был i4040 в 1969 г. Он представлял собой 4-разрядное устройство с 2300 транзисторами (для примера: Pentium 4 имеет около 42 млн. транзисторов). Этот процессор применялся в карманных калькуляторах. В 1972 г. был выпущен 8-разрядный процессор i8008 с адресацией внешней памяти 16 Кбайт. Революцией можно считать 1974 г. – выпуск i8080. С этого момента начинается отсчет современных процессоров.

**Первое поколение процессоров.** Очередной революционный процессор Intel – i8086 – появился в 1978 г. Его основные характеристики – 16-разрядные регистры, 16-разрядная шина данных, сегментная адресация памяти 20 бит – это уже 1 Мбайт. Тактовая частота 4,77–10 МГц. Более дешевый вариант i8086 – это процессор i8088 – имеет 8 разрядную шину данных. Процессоры i8086/88 могли работать с внешним математическим сопроцессором i8087 (устанавливался в специальный разъем на плате). i8086 унаследовал большую часть множества команд 8080 и Z80. Все современные процессоры (в обязательном порядке) поддерживают набор команд процессора i8086, совместимость "снизу-вверх" - любую программу, написанную для i8086, можно запустить на Pentium 4 или Athlon XP.

**Второе поколение процессоров.** Память в 1 Мбайт – была довольно долго большим объемом, но со временем ее оказалось мало. Для доступа к большему объёму памяти нужно было устанавливать драйвера расширенной памяти EMS, с помощью которых через окошко 64 Кбайта можно было получить доступ к 32 Мбайтам. В 1982 г. Intel представляет 80286 с расширенной шиной 24 бита (16 Мбайт памяти) и защищенным режимом работы. До этого в процессорах отсутствовала поддержка на процессорном уровне защиты программ от взаимного влияния, такое нововведение стимулировало производителей программного обеспечения на выпуск многозадачных операционных систем (Windows, OS/2).

**Третье поколение процессоров.** Развитие многозадачности началось после выхода микропроцессора i80386 в 1985 г. Это первый 32-разрядный процессор, который положил начало семейству процессоров IA-32 (32-bit Intel Architecture). Главные отличительные особенности этого процессора: 32-разрядные шины адреса и данных (адресация 4 Гбайт); добавление 32-разрядных регистров; введен новый режим работы процессора – виртуальный 8086 процессор; страничная адресация памяти (стало возможно организовать виртуальную память). Введена концепция параллельного функционирования внутренних устройств процессора: шинный интерфейс, блок предварительной выборки, блок декодирования команд, исполнительный блок, блок сегментации, блок страничной адресации.

**Четвертое поколение процессоров.** Концепция параллельного функционирования внутренних устройств нашла свое дальнейшее развитие в процессоре i80486 (1989 г., модели SX, SX2, DX, DX2, DX4) в виде конвейеризации вычислений (5 ступеней). Основные отличия: наличие встроенного математического сопроцессора (модели DX, DX2, DX4); поддержка многопроцессорного режима работы; два вида кэш-памяти – внутренней 8 Кбайт (L1) и внешней (L2). Начиная с процессора i80486, все последующие модели процессоров Intel поддерживают различные концепции энергосбережения. Вследствие этого по своим возможностям следующие по времени выпуска процессоры i80486 отличались от предыдущих.

**Пятое поколение процессоров.** Первый Pentium 60 (66), знаменитый своей ошибкой блока с плавающей точкой, был представлен в начале 1993 г. К внутреннему кэшу команд добавили 8 Кбайт для данных. Разработана суперскалярная архитектура (с двумя конвейерами  $u$  и  $v$ ) – выполнение двух команд за один такт. Реализована технология предсказания переходов (branch prediction). Внутренние шины стали 128 и 256 бит, внешняя шина данных 64 бит.

**Шестое поколение процессоров.** Линейку процессоров Pentium 75-200 МГц можно охарактеризовать по следующим особенностям: кэш L1 16 Кбайт на кристалле процессора; кэш L2 256/512 Кбайт внешний на материнской плате; технология изготовления 0,35 микрон (для процессоров 120 МГц и ниже 0,6 микрон); содержит около 3,3 миллиона транзисторов.

В это время помимо Intel, можно отметить еще двух производителей процессоров это Cyrix и AMD, которые совместно с IBM разрабатывают стандарт "P-рейтинг" для обозначения производительности процессора.

AMD выпускает процессор K5-PR133 (реально работающий на частоте 116,7 МГц). Этот процессор имеет встроенный кэш 24 Кбайт, технология изготовления 0,35 микрон, около 4,3 миллионов транзисторов. Процессоры CYRIX (и идентичные им с лейблом IBM) имеют официальные названия 6x86 P120+, 6x86 P133+, 6x86 P150+, 6x86 P166+, 6x86 P200+. Дело в том, что при выполнении 32-разрядных тестов процессоры K5 и 6x86 показывают примерно на 11% большую производительность на соответствующем процессоре Pentium. Особенности 6x86: кэш 16 Кбайт, дополнительный кэш для команд 256 б; технология изготовления 0,5 микрон (0,65 для P120+); количество транзисторов около 3 млн.

**Седьмое поколение процессоров.** В конце 1995 г. Intel выпускает Pentium Pro, который до начала 1997 г. остается самым мощным (быстрее 8088 в несколько тысяч раз) и дорогим процессором. С этого процессора начинается архитектура P6. Он выпускался с тактовыми частотами 150-200 МГц, имеет встроенный кэш первого уровня 16 Кбайт, второго 256/512 Кб (на кристалле процессора), технология изготовления 0,35 микрон, внутренняя шина 300 бит, около 5,5 млн. транзисторов. Высокая стоимость самого процессора и системной платы под него, а также заметный прирост производительности только под 32-разрядными операционными системами (Windows NT, OS/2) делают нецелесообразным использование Pentium Pro в компьютерах массового спроса.

Начиная с модели Pentium 133, был введен блок MMX-команд (MultiMedia eXtensions). Цель данного блока увеличить производительность приложений по обработке звука, изображений, архивирования и др. Работа по обработке изображений на процессорах с MMX выполнялась на 50% быстрее (если приложение не оптимизировано под MMX, то на 7-11%). Кроме блока MMX-команд, изменился еще и размер кэш-памяти до 32 Кбайт. Процессоры Pentium MMX выпускались с рабочими частотами 133-233 МГц.

1997 г. - процессоры Pentium MMX снимаются с производства, а в качестве альтернативы Intel выпускает Pentium II и Celeron. Если считать Pentium MMX – обычным Pentium + MMX, Pentium II – это усовершенствованный Pentium Pro с поддержкой MMX. В этом процессоре удвоен объем кэш-памяти 16 Кбайт – для данных, 16 Кбайт – для команд. Кэш второго уровня выполнен не на кристалле (с целью удешевить процессор) и не на материнской плате (заметное снижение быстродействия).

Был разработан новый разъем для процессора Slot 1 и сам процессор теперь представлял собой не отдельную микросхему, а картридж, внутри которого находился процессор и кэш второго уровня 512 Кбайт. При этом частота работы кэш-памяти второго уровня была в 2 раза ниже частоты процессора. Частота системной шины первых Pentium II была 66 МГц, а сами процессоры при этом работали на частотах 233-333 МГц. Позже Intel выпускает модификации Pentium II для частоты системной шины 100 МГц (модельный ряд 350, 400 МГц).

Для дешевых настольных компьютеров выходит модификация Pentium II под названием Celeron (кодовое название ядра Covington). Первые два процессора Celeron 266 и 300 МГц отличались от Pentium II отсутствием внешнего контейнера и кэша второго уровня. Последующая модель выходит с индексом "А", что говорит о наличии кэша второго уровня 128 Кбайт, в исполнении Slot 1. Что бы еще больше удешевить Celeron, корпорация Intel выпускает линейку процессоров, начиная от Celeron 300А заканчивая Celeron 500 (все содержат кэш второго уровня).

На рынке присутствуют 2 идентичных набора процессоров, отличающиеся только разъемом Slot 1 (картридж) и Socket 370 (микросхема с 370 ножками). Еще маленькая деталь из жизни Celerонов, они работают на частоте системной шины 66 МГц. Celeron 300А можно использовать на частоте 100 МГц (небольшой разгон, собственно это Pentium II только с урезанной памятью), при таком изменении он "превращается" в Celeron 450А и работает (в некоторых приложениях) быстрее Pentium II 450, !!! т. к. кэш второго уровня, хоть и обрезанный, но работает на частоте ядра процессора (у Pentium II в 2 раза ниже).

"Настоящий" процессор Pentium III (ядро Coppermine). Intel 25 октября 1999 г. анонсировала сразу 9 (!) процессоров с частотами 500-733 (с индексами E, EB). В последствии к ним добавились еще Pentium III 750, 800, 800EB, 900 МГц и 1,14 ГГц. Характеристики новой линейки процессоров: выполнен в Slot 1 или Socket 370 (FC-PGA) технология 0,18 мкм; 28 млн. транзисторов; L1 кэш – 32 Кб (16+16), L2 кэш – 256 Кб (L2 – работает на частоте ядра и располагается на кристалле процессора), поддерживает ECC-механизм обнаружения и коррекции ошибок при обмене данными с ядром процессора; частота системной шины 100 или 133 МГц, поддерживает ECC.

Новое поколение Celeron (на ядре Coppermine) отличается от своего более дорогого собрата, Pentium III, урезанным L2 кэш – 128 Кб. Этот процессор также поддерживает MMX и SSE (нет поддержки 3DNow!). От более ранних версий Celeron отличается 256-битной внутренней шиной (между кэшем и ядром). Помимо этого избавились от злосчастного серийного номера (образованную общественность насторожила способность отслеживания действий пользователя). Технология изготовления 0,18 мкм (тут пришлось использовать другой разъем Socket 370 FC-PGA (отличается от Socket 370, разводкой пары ножек, напряжением питания и более жестким требованиям к питанию процессора)).

Технология 0,18 мкм с архитектурой P6 исчерпала себя полностью, поэтому для дальнейшего повышения частоты Pentium III, перешел на новые технологии 0,13 мкм. Новое ядро получило название Tualatin, в свет вышли новые модели Pentium III 1,13 и 1,2 ГГц (позже 1.3, 1.4, 1.5 ГГц). С выходом Tualatin, Intel, наконец, смогла осуществить свою давнюю мечту 512 Кб кэша на одном кристалле процессора и работающий на полной частоте процессора. Идя навстречу пользователей, Intel, удалил 96-битный идентификатор процессора. На ядре Tualatin, были выпущены также более легкие процессоры Celeron, мобильный вариант ядра Tualatin-M, серверный – Tualatin-S. Проект ядра Tualatin (так и не исчерпав своих ресурсов) был закрыт, корпорация Intel вместе с ним закрывает историю архитектуры P6.

Июнь 2000 г. положил начало новому витку противостояния AMD и Intel, в этот раз – на рынке недорогих систем. Был выпущен процессор Duron 600, 650, 700 (позже 1.1 ГГц) на ядре Spitfire (переработанное ядро Thunderbird). Этот процессор содержит кэш-память обоих уровней на кристалле процессора L1 кэш – 128 Кб, L2 кэш – 64 Кб. Частота внешней шины 200 МГц (2x100), имеются 3 конвейера для операций с плавающей точкой.

В конце ноября 2000 г. Intel представляет процессор Pentium 4 (кодовое название Willamette), архитектура NetBurst которого коренным образом отличается от своей предшественницы P6. Основным отличием было увеличение конвейера до 20 стадий, что позволило сильно нарастить частоту процессора, причем без перехода на новый технологический процесс. Тактовая частота первых экземпляров составила 1.4 и 1.5 ГГц. Менее дорогая модель 1.3 ГГц появилась в начале 2001 г. Дальше один за другим следовали анонсы более быстрых процессоров. Интересный факт – арифметико-логическое устройство данных процессоров работает на частоте в два раза превышающей (!!!) частоту ядра!

В новом процессоре также обновился блок инструкций SSE, дополнился еще 144 инструкциями и стал именоваться SSE2. Претерпел изменений и кэш первого уровня, его объем сократился до 8 Кб для данных, для хранения инструкций появился новый переработанный кэш (Trace Cache). Изменился также разъем процессора FC-PGA 423. Работая на таких частотах, процессору нужно принимать большой объем данных с обычной памяти, разработчики позаботились и об этом, создав Quad Pumped шину, работающую на частоте 400 МГц (реально она работает на 100 МГц, просто за один такт передается в 4 раза больший объем информации). Хотя Willamette и был значительным шагом в мире процессоров, но популярностью не пользовался.

С выходом 0.13 мкм Pentium 4 Northwood, разрешилась проблема с тепловыделением. Компактные размеры нового процессора FC-PGA 478 (сравним с 80386). Также возрос размер кэша второго уровня до 512 Кб (L1 кэш – 8 Кб), trace cache 12Ktops (кэш команд), сбрасываемая длина конвейера 20, расширение набора инструкций SSE2.

В начале лета 2002 года были объявлены более совершенные Athlon XP 2100+ и 2200+ на 0,13-микронном ядре Thoroughbred (TBred). Мало отличается от Palomino только технологией 0,13 мкм.

В 2003 г. пять новых процессоров Pentium4 с частотами 2.8-3.6 ГГц, а также Pentium4 3.4 ГГц ХЕ (eXtreme Edition) выполненных для Socket Intel LGA775. Теперь вместо указания тактовой частоты, будет использоваться так называемый "процессорный номер" (2.8 ГГц-P4 520; 3.0 ГГц-P4 530; 3.2 ГГц-P4 540; 3.4 ГГц-P4 550; 3.6 ГГц-P4 560; 3.4 ГГц-P4 ХЕ). На новых процессорах LGA775 ножки отсутствуют - вместо них контактные площадки.

2 февраля 2004 г. произошёл массовый анонс целого ряда процессоров. Были анонсированы Pentium4 2800E, 3000E, 3200E, и 3400E, а также новая версия Pentium4 Extreme Edition с частотой 3400 МГц (и кэшем третьего уровня 2 Мб) и ещё зачем-то Pentium 4 Northwood с частотой 3400 МГц. Был представлен также процессор Pentium4 2800A, процессор с ядром Prescott, но на пониженной частоте шины и без поддержки технологии Hyper-Threading. Процессоры имеют поддержку Hyper-Threading и работают на шине 800 МГц. Новые процессоры производятся с соблюдением норм 90-нанометрового технологического процесса. L1 кэш – 16 Кб, trace cache 12Ktops (кэш команд), L2 кэш – 1024 Кб, сбрасываемая длина конвейера 31, расширение набора инструкций SSE3.

Дополнительные улучшения Prescott: улучшенная предвыборка данных; улучшенное предсказание ветвлений; дополнительные буферы комбинированной отложенной записи в память; ускорение некоторых операций с целыми числами, в том числе, умножение. По заявлениям Intel, технология HT претерпела заметные улучшения в новых процессорах. Первое - увеличение количества эксклюзивных ресурсов процессора для каждой нити. Другое улучшение состоит в увеличении размеров кэш-памяти всех уровней, которые призваны обеспечивать нити данными. Так что, в некоторых случаях прирост от использования HT может быть больше на Prescott, чем на аналогичном Northwood, именно по этой причине. Появились новые инструкции в технологии HT.

Sempron 3100+ для Socket 754 ядро Paris, Sempron 2500+ (1750 МГц), 2600+ (1833 МГц), 2800+ (2000 МГц) для Socket A, ядро Barton.

Самым последним процессором Sempron под Socket A будет модель 2800+. Эти процессоры позиционируются, как конкуренты Intel Celeron D. Sempron под процессорный разъем Socket A по техническим характеристикам – практически Thoroughbred с 1,6 В напряжением, единственное отличие – частота шины, увеличенная до 333 МГц. Модели AMD Sempron processors 3100+, 2800+, 2600+, 2500+, 2400+, 2300+ и 2200+ доступны в настоящее время, модели Mobile AMD Sempron 2600+, 2800+, 3000+ для "полноразмерных" ноутбуков и Mobile AMD Sempron 2600+ и 2800+ для субноутбуков.

2004 г. Intel представила процессор Pentium 4 (ядро Tejas) на разъёме Socket T, изготовленного по технологии 0,09 мкм. Способным работать на тактовых частотах 3600-5000 МГц, шина 800 МГц. L1 кэш – 24 Кб, L2 кэш – 1024 Кб. Набор команд x86, MMX, SSE, SSE2. Для любителей цифр, можно сравнить процессоры по таблицам для INTEL, для AMD, все остальные.

Последующие поколения МП от корпорации Intel, представляющие собой 8-, 16-, 32- и 64-разрядные приборы, появились соответственно в 1972, 1978, 1985, 2000 г.

### **3.1. Компоненты архитектуры МП**

Архитектура МП – это совокупность функциональных возможностей, доступных пользователю, работающему на уровне машинных команд. Другими словами, под архитектурой процессора понимается его представление с точки зрения программиста. Понятие архитектуры является комплексным и включает в себя:

- структурную схему МП;
- число и имена программно-доступных регистров (регистрационная модель);
- разрядность машинного слова;
- систему команд;
- формат команд;
- доступный размер памяти  $V$  ( $V=2^n$ , где  $n$  – разрядность шины адреса);
- режимы адресации памяти и внешних устройств;

- организацию стека;
- организацию прерываний (обработку нештатных ситуаций-исключений);
- организацию интерфейса (interface – сопрягать, согласовывать).

Разрабатывая программное обеспечение для МПС, программист должен знать архитектуру и технические характеристики МП.

Архитектура МП – это совокупность функциональных возможностей, доступных пользователю, работающему на уровне машинных команд.

- **Микроархитектура** микропроцессора - это аппаратная организация макроархитектур. Новые микроархитектуры и/или схемотехнические решения вместе с прогрессом в полупроводниковой промышленности, являются тем, что позволяет новым поколениям процессоров достигать более высокой производительности, используя ту же Архитектуру.

**Физическая структура микропроцессора достаточно сложна.**

Ядро процессора содержит главный управляющий модуль и исполняющие модули — блоки выполнения операций над целочисленными данными.

К локальным управляющим схемам относятся блок плавающей запятой, модуль предсказания ветвлений, модуль преобразования CISC-инструкций во внутренний RISC-микрокод, регистры микропроцессорной памяти (в МП типа VLIW до 256 регистров), регистры кэш-памяти 1-го уровня (отдельно для данных и инструкций), шинный интерфейс и многое другое.

## Микропроцессор в составе вычислительной выполняет следующие функции:

- вычисление адресов команд и операндов;
- выборку и дешифрацию команд из основной памяти (ОП);
- выборку данных из ОП, регистров МП 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

# **Основными параметрами микропроцессоров являются:**

- разрядность;
- рабочая тактовая частота;
- виды и размер кэш-памяти;
- состав инструкций;
- конструктив;
- энергопотребление;
- рабочее напряжение и т. д.

*Разрядность шины данных* микропроцессора определяет количество разрядов, над которыми одновременно могут выполняться операции; *Разрядность шины адреса* МП определяет его адресное пространство.

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

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

*Кэш-память*, устанавливаемая на плате МП, имеет два уровня:

L1 — память 1-го уровня, находящаяся внутри основной микросхемы (ядра) и работающая всегда на полной частоте МП (впервые кэш L1 был введен в МП и у МП i386SLC).

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

*Состав инструкций* — перечень, вид и тип команд, автоматически исполняемых МП. От типа команд зависит классификационная группа МП (CISC, RISC, VLIW). Перечень и вид команд определяют непосредственно те процедуры, которые могут выполняться над данными в МП, и те категории данных, над которыми могут быть применены эти процедуры. Дополнительные инструкции в небольших количествах вводились во многих МП (286, 486, Pentium Pro и др. ), но существенное изменение состава инструкций произошло в МП i386 (этот состав далее принят за базовый), Pentium Pentium III, Pentium 4, Pentium D, Core Duo.

*Конструктив* — определяет те физические разъемные соединения, которые используются для установки МП, и которые определяют пригодность материнской платы для установки МП. Разъемы имеют разную конструкцию (Slot щелевой разъем, Socket —разъем-гнездо), разное количество контактов, на которые подаются различные сигналы и рабочие напряжения.

*Рабочее(ие) напряжение(ия)* также является фактором пригодности матери платы для установки МП.

Первый микропроцессор был выпущен в 1971 году компанией Intel (США) — МП В настоящее время разными фирмами (AMD, VIA Apollo, IBM и др.) выпускают много десятков различных микропроцессоров, но наиболее популярными и распространенными являются микропроцессоры компании Intel и Intel-совместимы

Все микропроцессоры можно разделить на группы:

CISC (Complex Instruction Set Command) с набором системы полных команд

RISC (Reduced Instruction Set Command) с набором системы усеченных команд<sup>^</sup>

VLIW (Very Length Instruction Word) со сверхдлинным командным словом

## Логическая структура МП

Логическая структура микропроцессора, т. е. конфигурация составляющих микропроцессор логических схем и связей между ними, определяется функциональным назначением. Именно структура задает состав логических блоков микропроцессора и то, как эти блоки должны быть связаны между собой, чтобы полностью отвечать архитектурным требованиям. Срабатывание электронных блоков микропроцессора в определенной последовательности приводит к выполнению заданных архитектурой микропроцессора функций, т. е. к реализации вычислительных алгоритмов. Одни и те же функции можно выполнить в микропроцессорах со структурой, отличающейся набором, количеством и порядком срабатывания логических блоков. Различные структуры микропроцессоров, как правило, обеспечивают их различные возможности, в том числе и различную скорость обработки данных. При проектировании логической структуры микропроцессоров необходимо рассмотреть:

1) номенклатуру электронных блоков, необходимую и достаточную для реализации архитектурных требований;

2) способы и средства реализации связей между электронными блоками;

3) методы отбора если не оптимальных, то наиболее рациональных вариантов логических структур из возможного числа структур с отличающимся составом блоков и конфигурацией связей между ними.

Логические блоки микропроцессора с развитой архитектурой показаны на рисунке

Современные компьютерные системы (КС) характеризуются большим разнообразием компонентов. Это определяется спецификой решаемых задач, состоянием предложений на рынке СБИС и периферийных устройств. Возможности новых систем неуклонно растут. Однако и ранее выпущенные КС должна сохранять приспособляемость к решению новых, в том числе и более сложных, задач (назовем это гибкостью КС). В ряде случаев необходимо поддерживать в определенной степени и конкурентоспособность снятых с производства КС.

Если учесть то, что жизненный цикл компьютерной системы превышает пять лет, то оптимальное решение такой задачи весьма не просто. Гибкость архитектуры сегодня обеспечивается на уровне унификации интерфейса микроконтроллеров, СБИС специализации, системных интерфейсов, стандартизации электрической части спецификации интерфейса, резервирования адресных областей в протоколах обмена, кодов режимов и т. п.

В истории развития компьютеров можно выделить четыре этапа, каждый из которых ознаменовался появлением компьютеров новых поколений (computer generations). Каждое поколение отличается технологией компонентов, ответственных за обработку данных. Также, на каждом этапе значительно увеличивалась скорость обработки данных и возможности их хранения при одновременном снижении цен (см. [Рис. 1.4](#)).

Например, стоимость выполнения 100000 вычислений снизилась с нескольких долларов в 50-е годы до менее чем \$0.025 в 80-е и примерно \$0.00004 в 1995 году. Эти изменения в поколениях компьютерного аппаратного обеспечения сопровождались изменениями в программном обеспечении, что сделало компьютеры более мощными, недорогими и легкими в использовании.

**Рис. 1.4 Увеличение производительности и падение цен.**

**Увеличение производительности...**

По мере роста числа транзисторов в микросхемах, расходы на обработку снижались.

Внизу - время, слева - количество транзисторов на чипе.



**...и падение цен**

Падение цен на MIPS



MIPS – миллион операций в секунду

## 2. Поколения ЭВМ

Изделия современной техники, особенно вычислительной, традиционно принято делить на поколения. Основными признаками поколения ЭВМ считается ее элементная база, структура, появившиеся новые возможности, области применения и характер использования

| Поколение | Элементная база   | Годы существования | Области применения  |
|-----------|---|--------------------|---|
| Первое    | Электронные лампы, реле   | 40—50              | Научно-технические расчеты  |
| Второе    | Транзисторы, ферритовые сердечники  | 50—60              | Научно-технические расчеты, планово-экономические расчеты                     |
| Третье    | Интегральные схемы (МИС, СИС)   | 60—70              | Научно-технические расчеты, планово-экономические расчеты, системы управления |
| Четвертое | БИС, СБИС и т. д.   | 70-90              | Все сферы деятельности  |
| Пятое     | Многоядерные микропроцессоры с параллельно-векторной структурой   | Настоящее время    | Системы обработки данных и знаний<br><br>Сетевые компьютерные системы         |
| Шестое    | Электронные и оптоэлектронные компьютеры с массовым параллелизмом, нейронной структурой, с распределенной сетью большого числа (тысячи и десятки тысяч) микропроцессоров, моделирующих архитектуру нейронных биологических систем |                    |   |

Компьютеры первого и второго поколений конструировались на основе электровакуумных ламп и транзисторов. Основой третьего и четвертого поколения стали полупроводниковые микросхемы.

## **Первое поколение: Электровакуумные лампы, 1946 – 1956**

В первом поколении компьютеров для хранения и обработки информации применялись электровакуумные лампы. Лампы потребляли много энергии, были недолговечными и выделяли много тепла.

Огромные в размерах, компьютеры первого поколения, имели маленькую память, их вычислительные способности были сильно ограничены. Поэтому применялись они для решения очень узкого круга научных и инженерных задач. Наибольший размер памяти этих компьютеров был 2000 байт (около 2 килобайт), а скорость обработки – 10000 инструкций в секунду. В качестве устройств внутренней памяти использовались вращающиеся магнитные барабаны, а для внешнего хранения данных применяли перфокарты.

## **Второе поколение: Транзисторы, 1957 – 1963**

В компьютерах второго поколения в качестве устройств для хранения и обработки информации на смену вакуумным лампам пришли транзисторы. Транзисторы были более стабильны, чем лампы, они выделяли меньше тепла и потребляли меньше энергии. Однако каждый транзистор представлял собой отдельную деталь, которую нужно было впаять в печатную плату – медленный, трудоемкий процесс. На этом этапе в качестве первичных устройств хранения информации применялась технология памяти на магнитных сердечниках. Она состояла из маленьких (около 1 мм в диаметре) магнитных колец, которые поляризовались в двух направлениях, представляя таким образом бит данных. Эта память собиралась вручную.

Компьютеры второго поколения имели до 32 килобайт оперативной памяти, а скорость вычислений их была от 200000 до 300000 операций в секунду. Увеличение скорости обработки и количества памяти компьютеров второго поколения позволило использовать их для решения более широкого круга научных и бизнес-задач.

## Третье поколение: Интегральные схемы, 1964 – 1979

Третье поколение компьютеров создавалось на основе интегральных схем (ИС), которые состояли из тысяч и тысяч крошечных транзисторов, помещенных внутрь микросхем. Память компьютеров расширилась до двух мегабайт, а скорость обработки возросла до 5MIPS. Программное обеспечение компьютеров третьего поколения позволило использовать эти сложные машины людям, не имевшим специальной подготовки, что привело к усилению роли компьютеров в бизнесе.

## Четвертое поколение: Сверх Большие Интегральные Схемы, 1980 – настоящее время

Четвертое поколение компьютеров зародилось в начале 80-х и существует по наши дни. Основой компьютеров этого поколения стали Сверхбольшие Интегральные Схемы (СБИС), в одном корпусе которых содержатся миллионы транзисторов. Цены снизились настолько, что компьютеры стали недорогими и нашли широкое применение в бизнесе и повседневной жизни. Мощность компьютера, занимавшего недавно большую комнату, переместилась в маленький корпус. Размеры оперативной памяти выросли до 7 и более гигабайт в больших машинах, применяемых для коммерческих расчетов; скорость обработки превысила 200 MIPS. Технологии СБИС сделала возможным *микроминиатюризацию* – распространение компьютеров, которые столь малы, быстры и дешевы, что стали применяться повсеместно.

**Большие универсальные ЭВМ (мэйн-фреймы), миникомпьютеры, микрокомпьютеры и суперкомпьютеры.**

Все компьютеры обрабатывают информацию одними и теми же методами, но при этом по-разному классифицируются. Мы используем такие показатели как физические размеры и скорость обработки данных, для того чтобы подразделить современные компьютеры на большие универсальные ЭВМ, миникомпьютеры, микрокомпьютеры, и суперкомпьютеры.

**Большие универсальные ЭВМ (mainframes) или мэйн-фреймы** – машины размером с комнату, памятью очень большой емкости, обеспечивающие сверхбыструю скорость обработки данных. Они используются для очень крупных коммерческих, научных и военных приложений, где компьютер должен оперировать огромными массивами данных или управлять сложнейшими процессами. С одним мэйнфреймом могут одновременно работать несколько пользователей. Дело в том, что большие универсальные ЭВМ содержат не один, а как бы несколько компьютеров в одном корпусе. Пользователи, работающие с мэйнфреймами, пользуются терминалами для ввода данных и просмотра результатов обработки данных. **Терминал (terminal)** состоит из клавиатуры, монитора и устройства, с помощью которого он подключается к мэйнфрейму.

**Миникомпьютеры (minicomputers), или миниЭВМ** – это компьютеры средних размеров (примерно с письменный стол), обычно используемые в университетах, на заводах или в исследовательских лабораториях. Доступ пользователей к миникомпьютерам осуществляется также, как и к большим ЭВМ, то есть посредством терминалов. Пожалуй, наиболее трудно классифицируются по своим физическим размерам микрокомпьютеры (microcomputers) или микроЭВМ

Когда-то (а точнее, в 80-х годах) любой микрокомпьютер не превышал размеров коробки из-под телевизора, но к 90-м ситуация изменилась: наметилось четкое разделение семейства микроЭВМ на три вида – персональных компьютеров, рабочих станций и серверов.

## **Персональный**

**компьютер, ПК (perso-nal computer, PC)** можно поставить на рабочий стол или переносить из комнаты в комнату. ПК используются в качестве *персональных* ЭВМ (т.е. ЭВМ, предназначенных для одного пользователя). **Рабочая станция**

**(worksta-tion)** также может быть установлена на рабочий стол, но, по сравнению с ПК, является более мощной в скорости обработки информации, а

Рабочие станции применяются для решения инженерных и научных задач, где требуются мощные средства компьютерной графики и математических вычислений. **Серверы (servers)** – мощные микрокомпьютеры, размерами от обычного персонального компьютера до небольшого шкафа для одежды. В серверы устанавливают устройства первичной и вторичной памяти большой емкости, высокопроизводительные устройства телекоммуникаций, а в последнее время – не один, а несколько микропроцессоров. Основное назначение серверов – предоставлять свои вычислительные и дисковые ресурсы в совместное использование пользователям других компьютеров, поэтому в них применяют компоненты повышенной надежности.

## **Суперкомпьютеры или суперЭВМ (supercomputers) –**

очень сложные и мощные машины, которые применяются для решения задач, требующих сверхбыстрых и сложных вычислений с тысячами и тысячами переменных. Традиционно суперкомпьютеры использовались в научной и военной сферах, но сейчас начинают применяться и в бизнесе. Основная проблема в предложенной схеме классификации компьютеров – очень быстрые изменения в мире информационных технологий. Вычислительная мощь сегодняшних серверов сопоставима с мейнфреймами начала 90-х. Мощные персональные компьютеры имеют графические характеристики, сравнимые с рабочими станциями. Микрокомпьютеры пока не могут выполнять сложные задачи, ориентированные на пакетную обработку, как мейнфреймы. В будущем эти различия сгладятся (во всяком случае, между серверами и миниЭВМ уже сгладились). В наступающем десятилетии персональные компьютеры будут мощнее сегодняшних суперЭВМ.

Вообще, можно классифицировать компьютеры по какому-либо одному показателю, например по емкости памяти. Так, на сегодня в мэйнфреймах содержится от 512 мегабайт до 16 гигабайт, в миникомпьютерах – от 256 мегабайт до 4 гигабайт, в микрокомпьютерах – от 64 мегабайт ОЗУ у ПК до 8 и более гигабайт у мощных серверов. Микрокомпьютеры сегодня стали настолько мощными, что используются уже не только как персональные информационные системы. ПК сегодня почти всегда подключены к локальным сетям компаний, что позволяет соединить их гибкость и простоту использования с мощностью миникомпьютеров и мэйнфреймов.

С другой стороны, персональные компьютеры стали выполнять некоторые задачи, для решения которых раньше применялись большие ЭВМ. Микрокомпьютеры могут также подключаться к другим ПК, составляя локальные и глобальные сети компаний с совместно используемыми аппаратными, программными и вычислительными ресурсами. Применение для обработки данных большого количества компьютеров, соединенных в вычислительные сети, называется **распределенной обработкой (distributed processing)**. В отличие от **централизованной обработки (centralized processing)**, когда вся обработка выполняется на одном большом центральном компьютере, при распределенной обработке задача разделяется между множеством мэйнфреймов, миникомпьютеров, персональных компьютеров, серверов и рабочих станций связанных в одну сеть

В некоторых организациях микрокомпьютеры действительно заменили мэйнфреймы и миниЭВМ. Процесс преобразования приложений, работающих на больших машинах, на платформу ПК называется **разукрупнением (downsizing)**. Разукрупнение дает немало преимуществ. Стоимость каждого MIPS у мэйнфрейма почти в 100 раз выше, чем у микрокомпьютера; один мегабайт памяти большой ЭВМ обходится примерно в 10 раз дороже, чем для ПК. Для некоторых приложений микрокомпьютеры предпочтительнее, поскольку они более просты в использовании и обслуживании. Вместе с тем, принятие решения о разукрупнении всегда означает, что потребуются немалые расходы, связанные с перепроектированием приложений, написанных для старой платформы, приобретением нового аппаратного обеспечения, обучением персонала и, возможно, введением новых организационных процессов.

Кроме того, не всегда можно перенести приложения, созданные для мэйнфреймов, на платформу микроЭВМ. Существует еще немало приложений, для которых мэйнфреймы остаются наиболее подходящей платформой. Другой современный подход к осуществлению сложных вычислений – разделение групповых операций обработки данных (транзакций) на части между большими универсальными ЭВМ и микрокомпьютерами. Компьютеру каждой из платформ "поручается" задача, с которой он лучше справляется, и все компьютеры совместно используют вычислительные возможности (и, возможно, данные) друг друга. К примеру, ПК может быть использован для ввода и корректировки данных, а мэйнфрейм будет отвечать за обработку. Такое "разделение труда" называют **коллективной обработкой данных (cooperative processing)**. Схема работы системы с параллельной обработкой показана на [Рис. 1.5](#).

**Рис. 1.5 Коллективная обработка.**



При коллективной обработке данных, приложение разбивается на задачи, которые выполняются на различных компьютерах. Этот пример показывает, какие задачи лучше выполняются мейнфреймом, какие – микрокомпьютером, и те задачи, которые могут выполняться на обоих типах компьютеров

# МИКРОКОМПЬЮТЕРЫ

Каковы различия между сервером, рабочей станцией и персональным компьютером?

**Сервер** – это аппаратное или программное обеспечение, предназначенное для совместного использования другим аппаратным или программным обеспечением – *клиентом (client)*. Как следует из определения, сервером может быть и компьютер, и программа. Это действительно так. Вопросам использования программного обеспечения посвящена другая глава, поэтому сосредоточимся на аппаратном.

Появление серверов связано прежде всего с распространением в организациях локальных сетей. *Локальные сети* или *ЛС* (*Local Area Networks, LAN*) позволяли соединить *стоящие отдельно* (*stand alone*) компьютеры в одну взаимосвязанную систему. А стимулом для создания ЛС стала идея совместного использования принтеров. Как правило, в организациях было несколько недорогих и один высококачественный (а следовательно, дорогой) принтер. После установки сети пользователю, вместо того чтобы бегать с дискетами от своего компьютера к тому, где был установлен высококачественный принтер, требовалось только отправить документ на печать, только не на локальный принтер, а на сетевой. Так появились серверы печати, или *принт-*

Так появились серверы печати, или принт-серверы (print-servers). Потом стали применять серверы для хранения совместно используемых документов и баз данных. Так появились файл-серверы (file-servers). Затем, с возрастанием в организациях роли микрокомпьютеров и одновременным скачком в повышении производительности микропроцессоров для них, появился отдельный класс машин – серверов. Эти компьютеры оснащены как правило несколькими процессорами, что позволяет совместно использовать не только их устройства хранения и передачи данных, но и вычислительные способности. Если сервер предназначен для выполнения операций только одного вида (печать, обработка, хранение, почтовая рассылка данных и т.п.), он называется выделенным. В принципе, сервером может быть и большой универсальный компьютер, и миникомпьютер, но само понятие сервер как правило связано с классом микрокомпьютеров.

*Рабочие станции* – более мощные и надежные компьютеры, предназначенные специально для выполнения каких-либо особых задач. Поэтому рабочие станции оснащены более мощным процессором, большим количеством оперативной памяти, а также специальными графическими акселераторами. В последнее время в мощные рабочие станции устанавливают по два микропроцессора, а также оснащают эти системы емкими и быстрыми устройствами первичной и вторичной памяти. Пользователи рабочих станций – в основном ученые и инженеры. Однако рабочие станции получают все большее распространение и в сфере бизнеса в качестве систем для анализа портфелей, электронной коммерции и прогнозирования.

Традиционная область применения рабочих станций – системы автоматического проектирования (САПР), а также системы моделирования сложных процессов. Эти системы позволяют выполнять чертежи сложных объектов, например, крыла самолета, а затем передвигать их в трехмерном пространстве, просчитывая нагрузки и деформации. Мощные современные персональные компьютеры по своим характеристикам часто не уступают рабочим станциям младших моделей. С постоянным наращиванием графических и вычислительных способностей ПК различия между этими двумя типами систем постепенно стираются. Более того, рабочие станции нового поколения по своим возможностям обработки данных дано уже обогнали миникомпьютеры, и все больше приближаются к мэйнфреймам и суперкомпьютерам.

## СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ И ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

**Суперкомпьютеры** – это особый вид сверхсложных и сверхмощных компьютеров. Такие компьютеры применяются в основном для выполнения сложнейших расчетов с сотнями и тысячами переменных. Суперкомпьютеры обычно использовались для разработки секретных видов оружия, прогнозирования погоды, а также в нефтедобывающей промышленности – везде, где требовалось строить сложные математические модели и симуляторы. Несмотря на огромную стоимость, суперкомпьютеры нашли применение и в бизнесе. Суперкомпьютеры могут выполнять сложнейшие расчеты почти мгновенно – до нескольких тысяч миллиардов операций в секунду. Такая скорость обработки достигается благодаря **параллельной обработке данных (parallel processing)**. В суперЭВМ не один, а несколько процессоров. При выполнении программа делится на несколько менее сложных задач, каждая из которых выполняется отдельным процессором. Таким образом, суперкомпьютеры одновременно выполняют несколько задач, а не одну, как в случае последовательной обработки. В некоторых суперкомпьютерах установлено по 64000 процессоров. Однако сказать "параллельная обработка" проще, чем сделать. Помимо решения чисто аппаратных проблем, требуется еще и специальное программное обеспечение, которое может наиболее эффективно распределять задачи между несколькими процессорами, ведь даже 10 минут простоя такой машины обходятся очень дорого.

Технические средства мультимедиа включают в себя, как правило, звуковую карту (sound card), микрофон, акустические системы и устройство видеозахвата. Еще недавно эти компоненты нужно было приобретать отдельно, но уже сегодня большинство новых компьютеров "умеют" воспроизводить и воспринимать звук. Возможности технологии мультимедиа безграничны. В бизнес-приложениях мультимедиа в основном применяются для обучения и проведения презентаций. Благодаря наличию обратной связи и живой среде общения, системы обучения на базе мультимедиа обладают потрясающей эффективностью и существенно повышают мотивацию обучения. Уже давно появились программы, обучающие пользователя иностранным языкам, которые в интерактивной форме предлагают пользователю пройти несколько уроков, от изучения фонетики и алфавита до пополнения словарного запаса и написания диктанта.

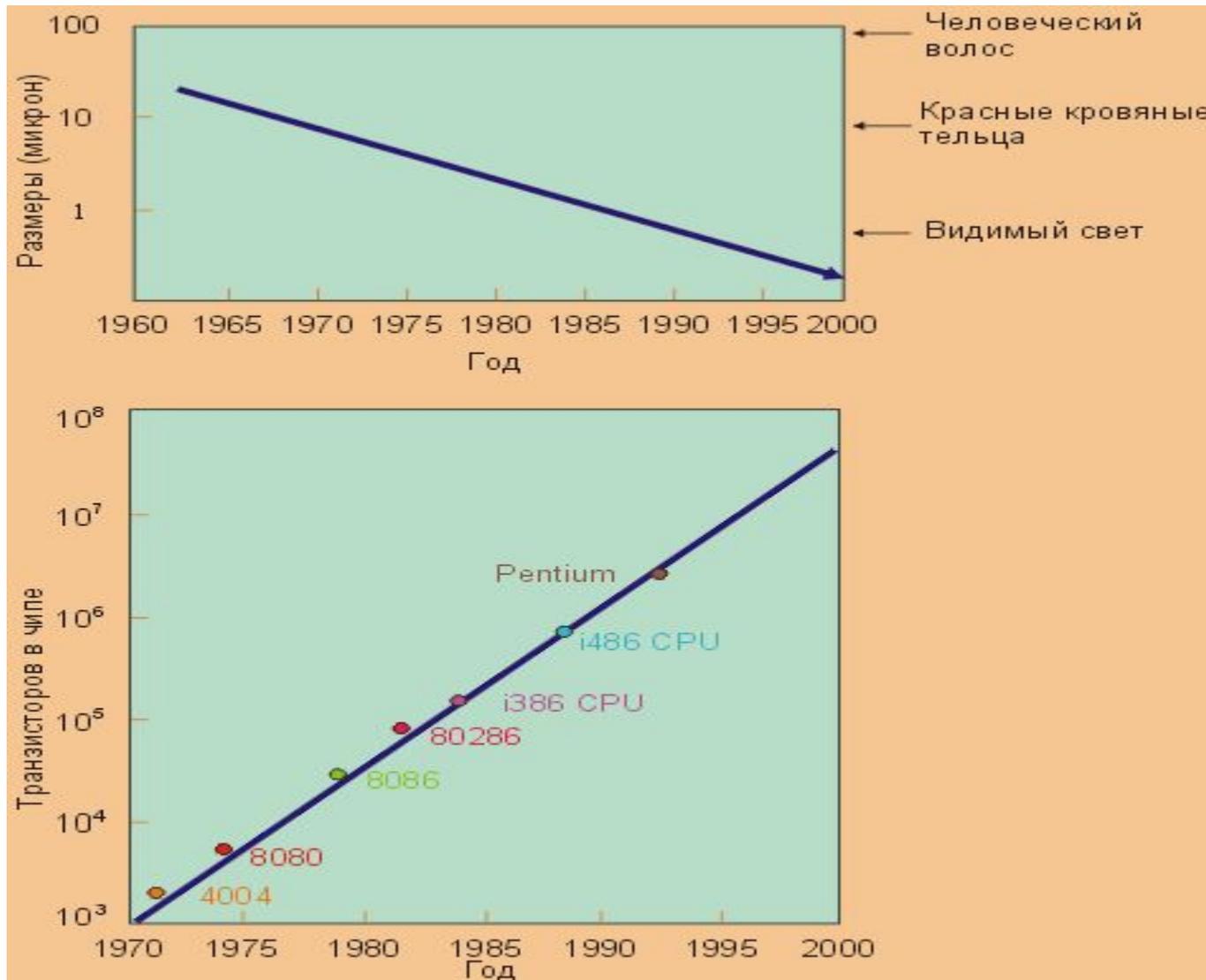
Один из наиболее трудно реализуемых элементов мультимедиа – полноэкранное видео (full-motion video). При работе с видео компьютеру приходится оцифровывать и обрабатывать огромное количество данных. Процесс создания мультимедийных приложений, содержащих видеофрагменты, пока достаточно сложен и требует специального аппаратного и программного обеспечения. Кроме того, видеоинформация занимает много места, поэтому ее сжимают. Сжатие и распаковка видео загружают центральный процессор, что вынуждает применять видеоускорители (video accelerators) – специальные видеокарты с мощными микропроцессорами, ориентированными на обработку видео и графики.

## СУПЕРЧИПЫ

В настоящее время продолжают исследования в области полупроводников, направленные на уменьшение размеров элементов микросхем. Существующие на сегодня технологии позволяют "упаковывать" в один чип миллионы транзисторов. Микропроцессор P6 компании Intel содержит 5.5 миллионов транзисторов в одном кристалле размером с почтовую марку. Самые мощные современные процессоры, такие как Pentium 4 (Intel), Power PC (Motorola), Alpha (DEC), показывают производительность, сравнимую с мэйнфреймами. Их тактовая частота уже превысила 1ГГц. Микропроцессоры становятся все быстрее также благодаря уменьшению размеров между элементами и самих печатных проводников чипов. Сегодняшние сверхбыстрые микропроцессоры изготавливаются по технологии фотолитографии с толщиной кремниевой подложки 0.018мм. Это позволяет помещать миллионы транзисторов на кристалл размером с человеческий ноготь.

Верхний из представленных на Рис. 1.8 графиков показывает, что толщина проводников микросхем давно уже меньше толщины человеческого волоса (один микрон), и к 2000 году достигла одной пятой микрона. На нижней части рисунка показан рост числа транзисторов в популярных моделях микропроцессоров в период с 1970 по 2000 годы. Как видно, число транзисторов, помещающихся в одном чипе, увеличивается вдвое каждые 18 месяцев, что позволяет предположить, что вскоре микропроцессоры будут содержать 50 и даже 100 миллионов полупроводниковых элементов. Надо сказать, что уже близок физический предел для технологии фотолитографии (0.015 мкм), поэтому в настоящее время ведутся разработки новых методов изготовления полупроводниковых микросхем, а также совершенствования их работы.

# Рис. 1.8 Уменьшение в размерах и увеличение производительности микропроцессоров.



## КОМПЬЮТЕРЫ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

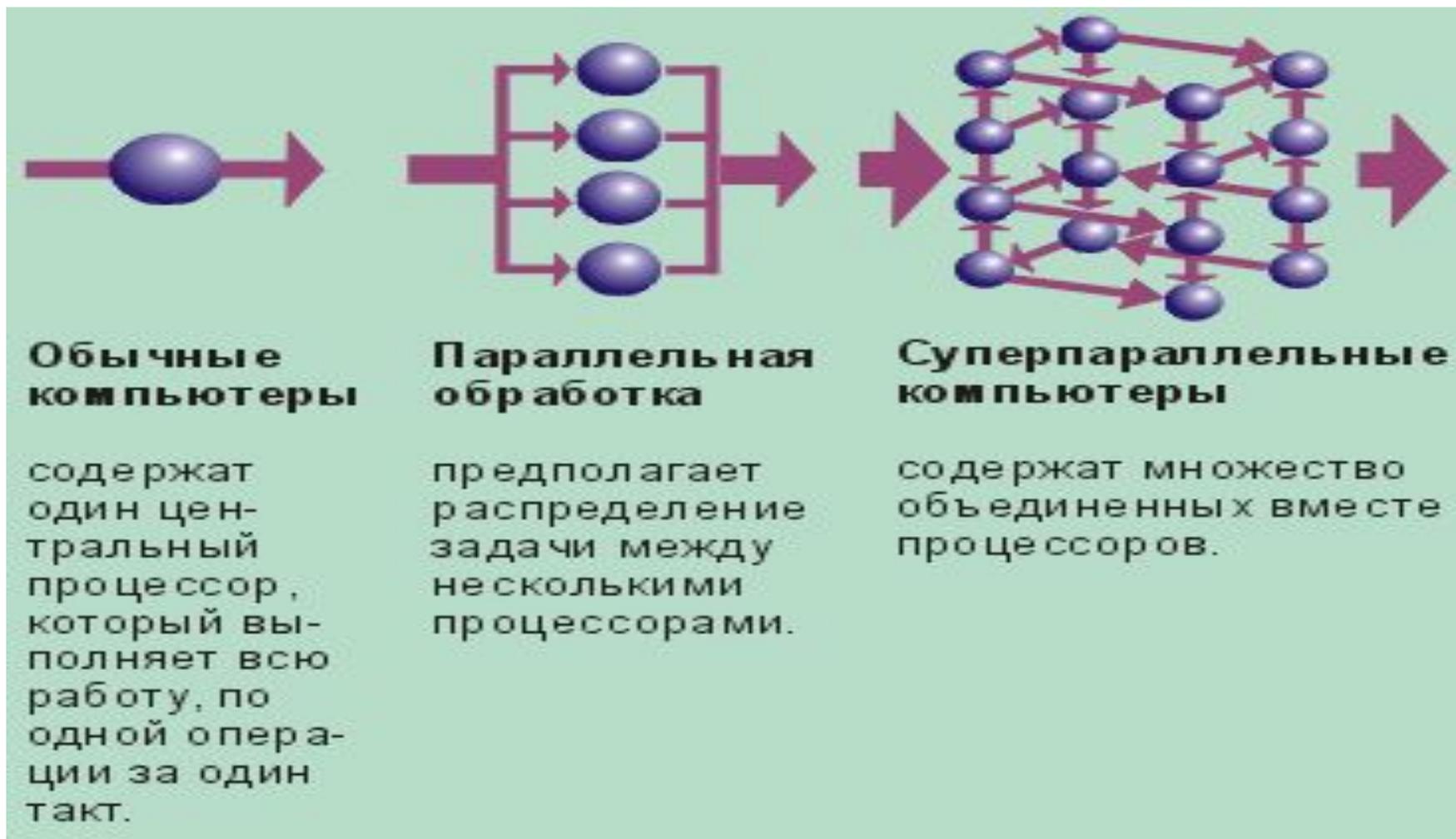
Современные компьютеры спроектированы по принципам архитектуры Фон Неймана (Von Neumann architecture). Они обрабатывают данные последовательно, одну инструкцию за цикл. В будущем, с развитием и повсеместным распространением технологий мультимедиа и с приходом компьютеров во все сферы нашей жизни, компьютерам нужно будет стать еще быстрее. Для этого предполагается использовать параллельную обработку данных (parallel processing). Сегодня эта технология уже применяется для создания систем искусственного интеллекта (artificial intelligence, AI) и построения сложных математических моделей.

Суперкомпьютеры, однако, весьма дороги и далеко не каждая компания может позволить себе такое приобретение. Сегодня существует технология, также использующая суперпараллельную обработку данных, но существенно дешевле и проще – кластеры серверов.

**Суперпараллельные компьютеры** (**massive-ly parallel computers**), схема работы которых показана на [Рис. 1.9](#), включают в себя сложнейшие цепи процессоров. Вместо методов параллельной обработки, где небольшое количество мощных, но дорогих специализированных процессоров связаны между собой, суперпараллельные компьютеры содержат сотни и тысячи недорогих обычных процессоров. Такие ЭВМ достигают производительности суперкомпьютеров. Например, Wal-Mart Stores использует суперпараллельную машину для учета товаров и продаж, обслуживая базу данных размером 1.8 триллионов байт.

Суперпараллельные компьютеры имеют преимущество перед современными ЭВМ еще и благодаря своей сравнительно низкой стоимости: цена одной суперпараллельной ЭВМ составляет одну десятую от стоимости обычного мэйнфрейма или суперкомпьютера.

Современные суперкомпьютеры способны выполнять сотни миллиардов вычислений в секунду. Суперкомпьютеры содержат десятки тысяч микропроцессоров и чипов памяти. Эти машины выполняют более триллиона вычислений в секунду – 1 TFLOPS (произносится терафлопс). Аббревиатура FLOPS обозначает Floating Point Operations per Second (операций с плавающей точкой в секунду). Термин плавающая точка обозначает, что имеются в виду операции с числами, содержащими десятичную запятую (а не целочисленные). В будущем компьютеры с подобной производительностью найдут применение в таких проектах, как сканирование поверхности планет, разработка новых компьютеров, проверка надежности аэродинамических свойств сверхзвуковых самолетов, моделирование ядерных процессов и других.



**Рис. 1.9 Компьютерная архитектура.**

Сравнение последовательной, параллельной и суперпараллельной обработки данных.

В 1976 году Джеймс Трейбиг (James Treybig) основал компанию Tandem. Начальной целью было построение отказоустойчивых компьютеров. Такие машины были нужны компаниям, которые использовали настолько важные приложения, что скольнибудь длительный простой компьютера мог стать причиной разорения компании. Трейбиг решил создать компьютер, который никогда бы не выходил из строя. Для поддержки устойчивости к неисправностям в компьютерах использовались *избыточные компоненты*

Как известно, чтобы брюки не свалились в самый ответственный момент, рекомендуется одновременно надевать ремень и подтяжки. Так и поступили в Tandem – их компьютеры имели пару для каждого компонента: источников питания, процессоров, ОЗУ, дисков и т.д. Причем, все эти компоненты могли при необходимости быть удалены и заменены "в горячем режиме", то есть без прерывания работы всей системы или влияния на работу остальных компонентов.

Позже вопрос встал по-другому: а почему бы не соединить несколько таких компьютеров в одну систему, чтобы они работали вместе как один большой компьютер?

Такие системы называют **кластерами серверов (server clusters)**. Надежность кластеров чрезвычайно высока. Даже в случае выхода из строя одного или нескольких серверов, входящих в кластер, это никак не отразится на работе системы. Более того, оставшиеся работать компьютеры сбалансируют нагрузку и продолжат работать как ни в чем не бывало.

Хотя кластеры серверов создавались прежде всего для обеспечения отказоустойчивости, с применением идей параллельной и суперпараллельной обработки, обнаружился настолько большой прирост производительности, что на сегодня многие организации, ранее использовавшие мэйнфреймы и суперЭВМ, заменяют их на кластеры серверов – последние на порядок (а то и на два) дешевле.

## **Тенденции развития аппаратного обеспечения компьютеров**

На протяжении последних 30 лет цена на компьютеры каждые десять лет падала на порядок, а производительность каждые десять лет увеличивалась на два порядка. Машины, эквивалентные мейнфреймам по производительности, сегодня заменяются микрокомпьютерами, которые запросто помещаются на рабочем столе, в кейсе или кармане брюк. Технологии, традиционно основанные на больших универсальных машинах, медленно но верно вытесняются сетями на базе персональных компьютеров и серверов. Все большее распространение, как когда-то электронные микрокалькуляторы, получают портативные (notebook) и карманные (palmtop) микрокомпьютеры.

Микропроцессоры помогают управлять автомобилями, системами вооружений, роботами и даже домашней техникой. Компьютеры объединяют возможности текста, графики, звука и анимации, делая доступной эту информацию с помощью сетей. В будущем, несомненно, компьютеры проникнут во все сферы нашей жизни, однако, большинство их "способностей" станут незаметными, "невидимыми" для людей. Некоторые из тех свойств компьютеров используются уже сегодня – это мультимедиа, суперчипы и компьютеры пятого поколения.

## МУЛЬТИМЕДИА

**Мультимедиа (multimedia)** – технология, позволяющая интегрировать возможности двух и более типов данных – текста, графики, звука, голоса, видео, анимации – в компьютерных приложениях. С начала 90-х годов средства мультимедиа развивались и совершенствовались, став к началу XXI века основой новых продуктов и услуг, таких как электронные книги и газеты, новые технологии обучения, видеоконференции, средства графического дизайна, голосовой и видеопочты. Применение средств мультимедиа в компьютерных приложениях стало возможным благодаря прогрессу в разработке и производстве новых микропроцессоров и систем хранения данных. Нажатием кнопки пользователь компьютера может заполнить экран текстом; нажав другую, он вызовет связанную с текстовыми данными видеоинформацию; при нажатии следующей кнопки прозвучит музыкальный фрагмент.

# Классификация вычислительных систем.

Рассмотрим «академические» варианты предложенных классификаций.

Майкл Флинн предложил в 1966 году следующую классификацию вычислительных систем, первый слой которой основан на количестве потоков входных данных и количестве потоков команд, которые эти данные обрабатывают:

|                          |                       |                              |
|--------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                          | Один поток инструкций | Несколько потоков инструкций |
| Один поток данных        | SISD                  | MISD                         |
| Несколько потоков данных | SIMD                  | MIMD                         |

**MISD (Multiple Instruction Single Data):** разные потоки инструкций выполняются с одними и теми же данными. Среди процессоров производства Intel, конвейер присутствует, начиная с процессора Pentium.

**SISD (Single Instruction Single Data):** это обычные последовательные компьютеры. Программа принимает один поток данных и выполняет один поток инструкций по обработке этих данных.

**SIMD (Single Instruction Multiple Data):**

один поток инструкций выполняет вычисления одновременно с разными данными.

**MIMD (Multiple Instruction Multiple**

**Data):** разные потоки инструкций оперируют различными данными.

Основное внимание разработчиков процессоров сегодня направлено именно на данный сектор архитектурных решений.

## Компьютерные системы и их классификация.

**Компьютер** (вычислитель, ЭВМ) – это электронный прибор, предназначенный для автоматизации создания, хранения, обработки и передачи информации.

### ***Понятие платформы.***

**Платформа** – это комплекс технических и программных средств, выполненных на интегральном уровне.

Платформа обладает следующими признаками:

- \* программное управление;
- \* совмещение операций;
- \* модульность построения;
- \* иерархическая организация структуры;
- \* децентрализация управления.

Типы платформ:

Локальный комплекс.

Терминальный комплекс.

Многомашинный комплекс.

Сетевой комплекс.

Принципы фон Неймана для структуры компьютера:

- \* ядро компьютера, образующее процессор, является единственным вычислителем в структуре, дополненным каналами обмена информацией и памятью;
- \* линейная организация ячеек всех видов памяти фиксированного размера;
- \* одноуровневая адресация ячеек памяти, стирающая различия между всеми видами 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.

# ***Классификация***

## ***вычислительных систем***

**Компьютерная система** — это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих компьютеров (процессоров), периферийного оборудования и программных средств, предназначенных для подготовки и решения задач пользователя.

**Вычислительные системы классифицируются по:**

**\* *назначению:***

**универсальные, специализированные;**

**\* *типу вычислителя:***

**многопроцессорные, многомашинные;**

**\* *характеру устройств:***

**однородные (гомогенные), неоднородные (гетерогенные);**

**\* *территории:***

**совмещенные, разобщенные;**

**\* *управлению:***

**централизованные, децентрализованные, смешанные;**

**\* *режиму работы:***

**оперативные (реальный масштаб времени),**

**неоперативные;**

**\* *соединению элементов:***

**шинная схема, канальная схема, коммутационная схема.**

# Типы вычислительных систем по характеру параллелизма потока данных и потока команд (заданий):

- 1) **одномашинная система** (локальный компьютер) – одиночные данные, одиночные команды;
- 2) **конвейерная система** – одиночные данные, множественные команды;
- 3) **многозадачные системы** – множественные данные, одиночные команды;
- 4) **матричные системы** – множественные данные, множественные команды.

# **Организация вычислительного процесса**

**Включает следующие этапы:**

1. Анализ предметной области (постановка задачи).
2. Моделирование предметной области (логический, математический, информационный уровни).
3. Алгоритмизация (логическое и графическое описание).
4. Программирование (информационный и проблемный уровни).
5. Отладка и реализация (решение) задач и систем задач.
6. Эксплуатация задач (систем).

Технические компьютерные средства.

## ***Локальные и терминальные комплексы***

**Локальный комплекс** – «Автоматизированное рабочее место».

**Терминальный комплекс** включает интеллектуальный терминал – удаленное автоматизированное рабочее место абонента (рабочая станция): дисплей, память, клавиатура.

**Терминал** – абонентский пункт с устройствами внешней памяти и ввода/вывода.

**Концентратор** – микровычислитель (мультиплексор), способный накапливать информацию и регулировать загрузку канала.

# ***Многомашинные и сетевые комплексы***

**Многомашинный комплекс** – это объединение двух и более вычислителей, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга (порядка тысячи метров) и не имеющих коммуникационной системы.

Обмен информацией осуществляется:

- \* через общую информационную шину;
- \* через адаптер «канал – канал»;
- \* через блок оперативного запоминающего устройства («почтовый ящик» для обмена сообщениями).

**Сетевой комплекс** (информационно-вычислительная сеть) – это комплекс вычислителей, находящихся на значительном расстоянии друг от друга (более тысячи метров) и соединенных коммуникационной системой.

Типы сетей:

1. Локальные (ЛКС, LAN – от local; англ.) с архитектурой шина, луч, кольцо.
2. Региональные (РКС, MAN – от metropolitan; англ).
3. Глобальные (ГВС, WAN – от wide; англ.).

Технологии обработки информации в сети:

- \* маркерная шина;
- \* маркерное кольцо;
- \* Интранет/Интернет (по протоколу объединения глобальных сетей TCP/IP).

# Сетевые устройства

## 1. Вычислители:

серверы, фреймы, хосты.

## 2. Повторители:

пассивные (хабы), активные (концентраторы).

## 3. Маршрутизаторы:

порты, мосты.

## 4. Коммутаторы:

блочные, пакетные, покадровые, побитные).

## 5. Коммуникационные устройства:

кабель (витая пара – 1 Мбайт/с, коаксиальный – 10 Мбайт/с, оптический – 1000 Мбайт/с),

радиосети, спутниковые сети, сетевое оборудование.

## Службы Интернет:

- \* WWW – служба глобальных соединений по протоколу HTTP («мировая паутина»);
- \* FTP – служба передачи файлов по протоколу FTP.
- \* E-mail, Web-mail – почтовые службы по протоколу SMTP.
- \* NetWork News – служба новостей.
- \* Real Audio – радиовещание, телефония.
- \* Telnet – связь удаленных программ.
- \* Телевидение, видеоконференции, компьютерные игры.