

# Как устроен КОМПЬЮТЕР

- § 29. Современные компьютерные системы
- § 30. Принципы устройства компьютеров
- § 31. Магистрально-модульная организация компьютера
- § 32. Процессор
- § 33. Память
- § 34. Устройства ввода и вывода

# Как устроен компьютер

## § 29. Современные компьютерные системы

# Стационарные компьютеры

настольный



моноблок



моноблок с сенсорным экраном



промышленный компьютер



суперкомпьютер



# Мобильные компьютеры

---

ноутбук



планшетные компьютеры



смартфоны



GPS-навигатор



# Встроенные компьютеры

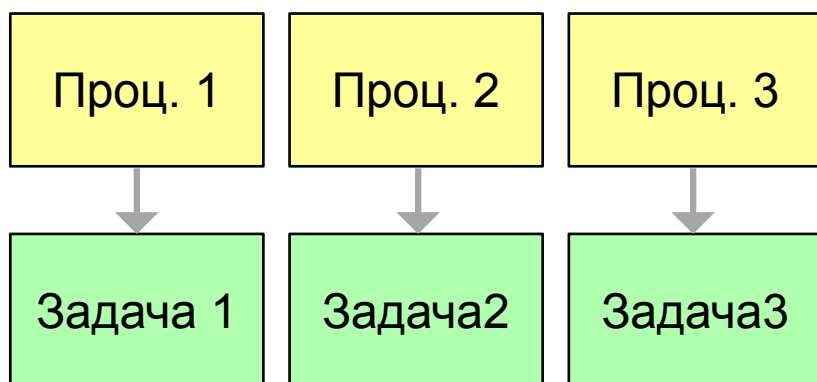




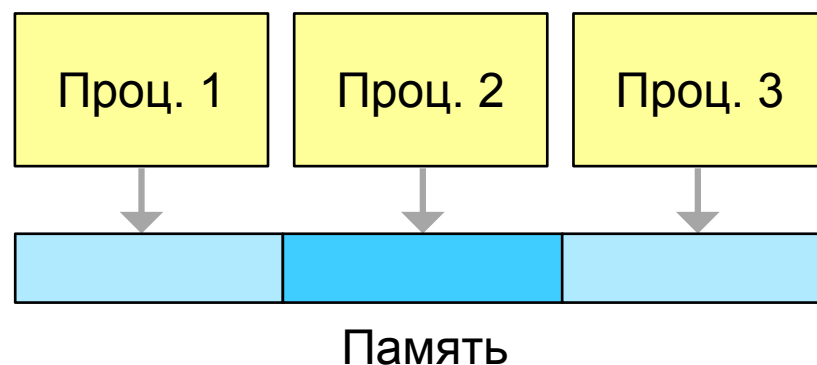
# Параллельные вычисления

**Параллельные вычисления** — это вычисления на многопроцессорных системах, при которых одновременно выполняются многие действия, необходимые для решения одной или нескольких задач.

Параллельное выполнение задач



Параллельная работа с данными



# Суперкомпьютеры

---

- исследование климата
- создание математических моделей молекул
- синтез новых материалов и лекарств
- расчёт процессов горения и взрыва
- моделирование обтекания летательных аппаратов
- моделирование ситуаций в экономике
- расчёты процессов нефте- и газодобычи
- проектирование новых электронных устройств

# Суперкомпьютеры

## 1976. Cray-1 (США)

- 166 млн. оп/с
- память 8 Мб
- векторные вычисления



## 2009. «Ломоносов» (Россия)



## 2018. «Summit» (IBM)

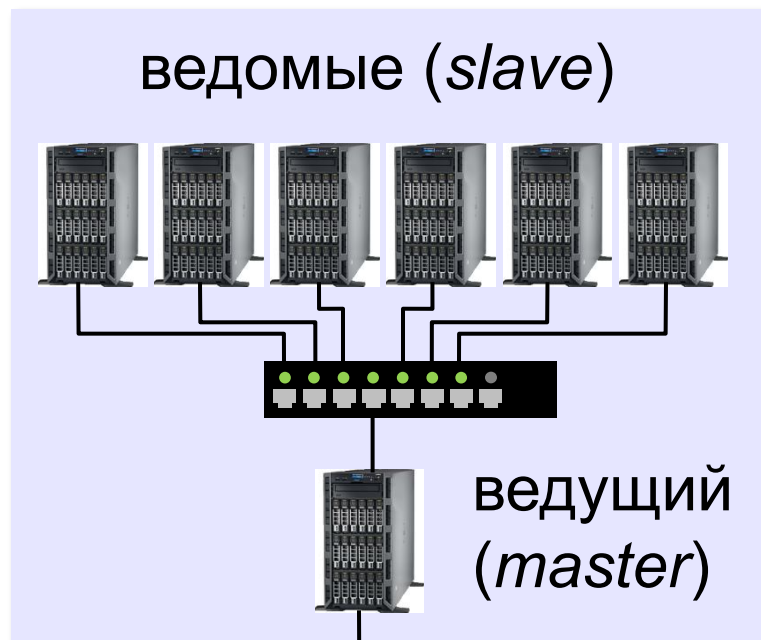
- 2 282 544 ядер
- 122 Пфлопс
- 1-е место в рейтинге TOP-500 (2018 г.)





# Распределённые вычисления

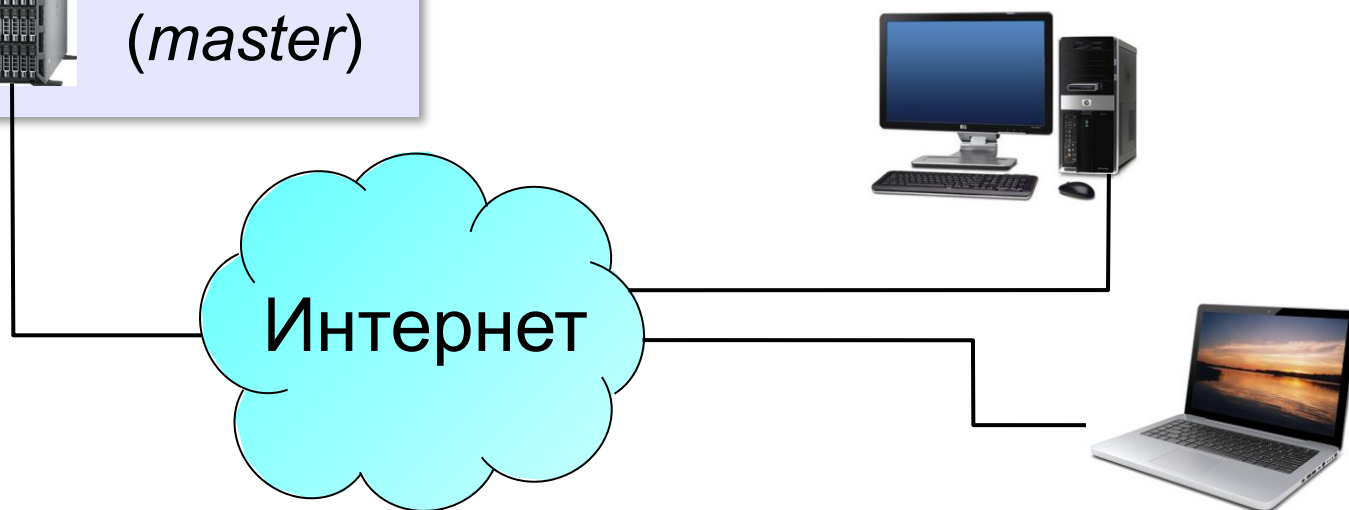
## Кластер



Специальное ПО  
«под задачу»!

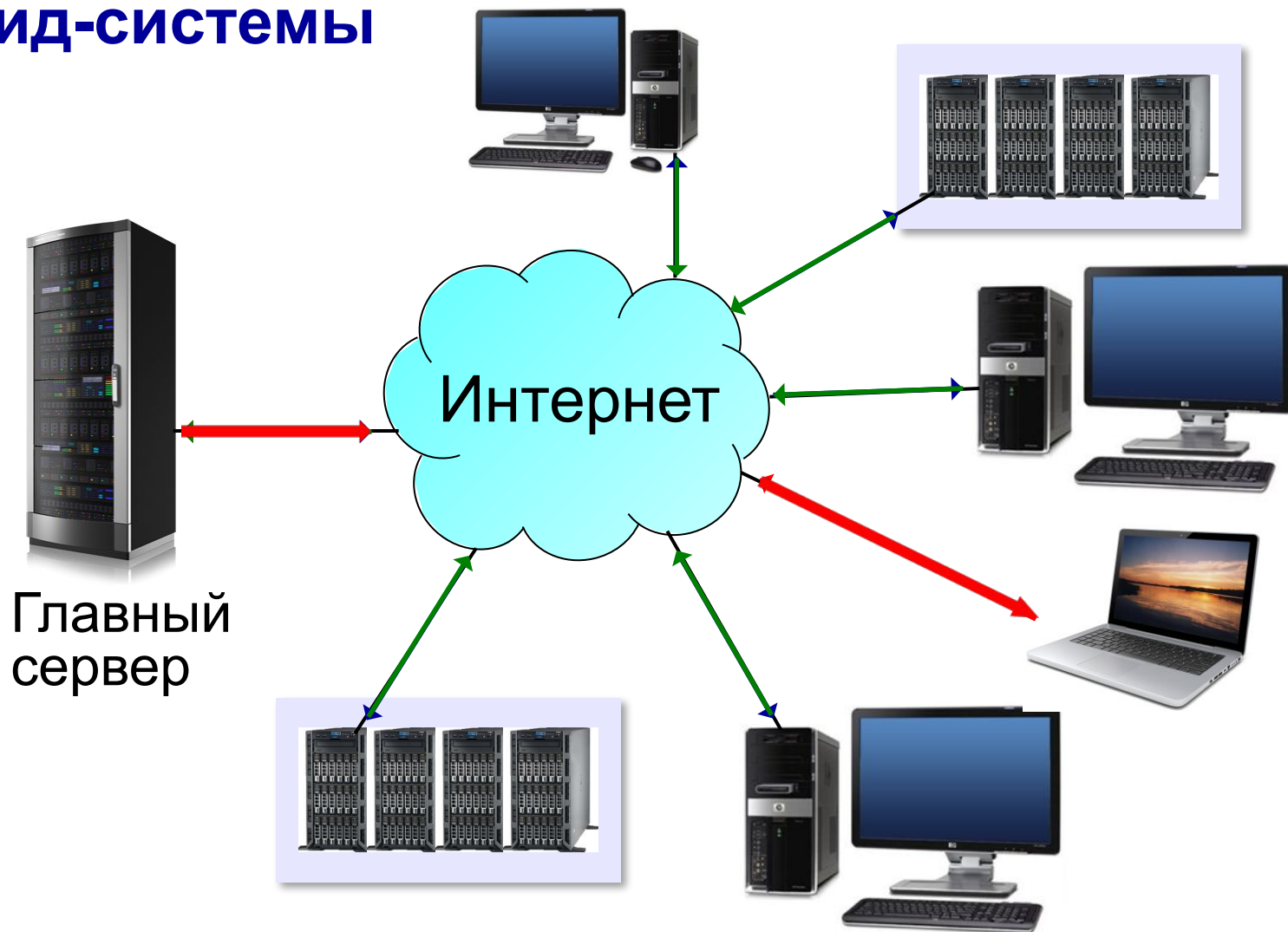
ОС *Linux*

- параллельные вычисления
- много маленьких задач



# Распределённые вычисления

## Грид-системы



# Распределённые вычисления

---

У 90% пользователей процессор загружен **менее, чем на 40%**.

BOINC (*Berkeley Open Infrastructure for Network Computing*) – открытая инфраструктура для сетевых вычислений

<https://boinc.berkeley.edu> <https://boinc.berkeley.edu>,

<http://www.boinc.ru>

- математика (простые числа)
- биология (модели мозга)
- медицина (борьба с малярией,)
- материалы (свойства сплавов)
- изменение климата
- поиск внеземных цивилизаций

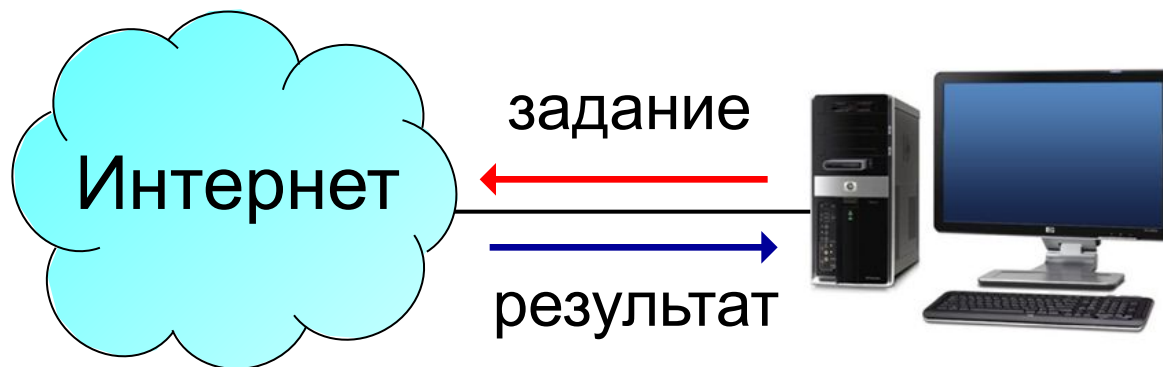


Каждый может участвовать!

# Облачные вычисления

**Облачные вычисления** (англ. *cloud computing*) — технология обработки данных, при которой компьютерные ресурсы предоставляются пользователю как Интернет-сервис.

«облако», «облачные вычисления» —  
Эрик Шмидт, глава компании Google (2006)



# Облачные вычисления

---

- программное обеспечение как услуга (англ. **SaaS** – *Software as a Service*):
  - ✓ программное обеспечение Adobe Photoshop  
Microsoft Office 365
- платформа как услуга (англ. **PaaS** – *Platform as a Service*)
  - ✓ средства разработки программ
- инфраструктура как услуга (англ. **IaaS** – *Infrastructure as a Service*)
  - ✓ операционные системы
  - ✓ средства для установки и выполнения любых нужных программ



# Облачные вычисления

---



- данные доступны везде, где есть Интернет
- данные надёжно хранятся в центрах обработки данных (ЦОД) крупных компаний
- большие вычислительные мощности для хранения и обработки данных
- уменьшаются затраты



- потеря контроля над данными

# Компьютеры V поколения

---

## Япония, 1982-1992

**Цель – создание суперкомпьютера с функциями искусственного интеллекта**

- обработка *знаний* с помощью логических средств
- сверхбольшие базы данных
- использование параллельных вычислений
- распределенные вычисления
- голосовое общение с компьютером
- постепенная замена программных средств на аппаратные

## **Проблемы:**

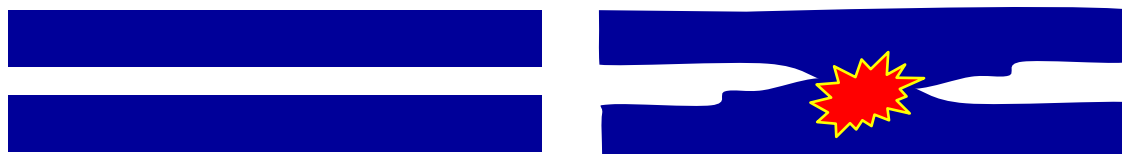
- идея саморазвития системы провалилась
- неверная оценка баланса программных и аппаратных средств
- традиционные компьютеры достигли большего
- ненадежность технологий
- израсходовано 50 млрд. йен

# Проблемы



Чтобы увеличить быстродействие, нужно уменьшать размеры!

- чем мельче детали, тем сложнее изготовит
- чем мельче детали, тем труднее охладить
- чем меньше зазор, тем больше шансов на короткое замыкание



## Многоядерные процессоры:

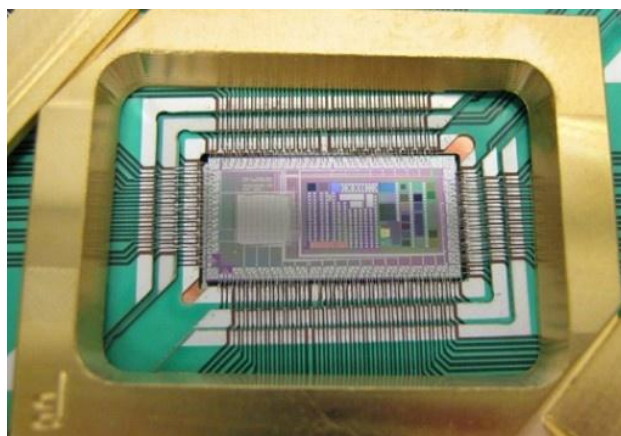
- задачи сложно распараллеливать
- пересылка данных между ядрами – замедление

# Перспективы развития компьютеров

---

## Квантовые компьютеры

- эффекты квантовой механики
- биты → «**кубиты**» (квантовые биты)
- параллельность вычислений
- 2013 – компьютер *D-Wave Two*, 512 кубит, в 3600 раз быстрее обычных компьютеров



**D-Wave Two (2013)**

# Перспективы развития компьютеров

## Оптические компьютеры

- источники света – лазеры, свет проходит через линзы
- параллельная обработка (все пиксели изображения одновременно)
- военная техника и обработка видео
- *Enlight256* (2003) – 8 Тфлопс



***Enlight256*** (2003)

## Биокомпьютеры

- ячейки памяти – молекулы сложного строения (например, ДНК)
- обработка = химическая реакция с участием ферментов
- 330 трлн. операций в секунду





# Как устроен компьютер

## § 30. Принципы устройства компьютеров

# Принципы устройства компьютеров

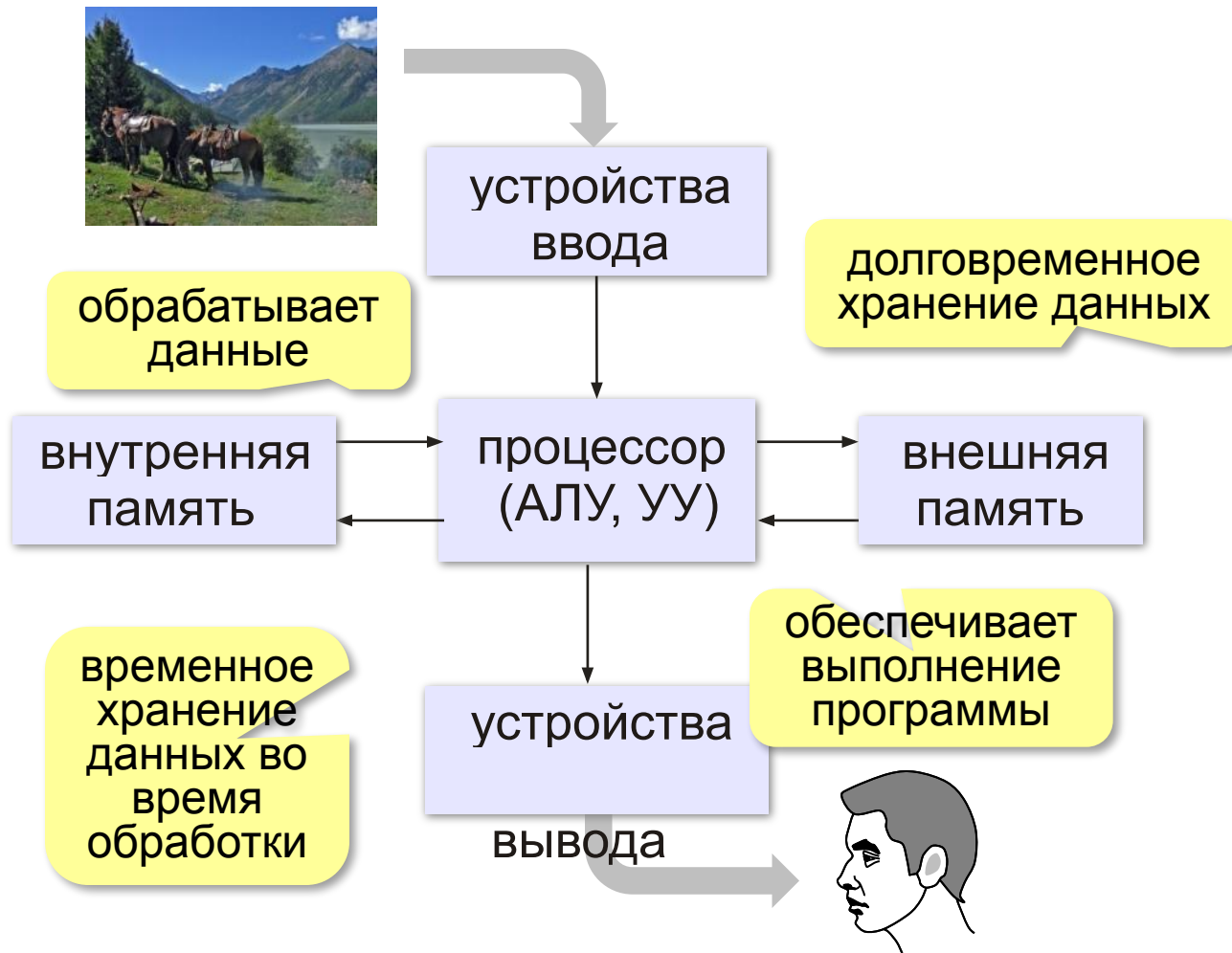
---

*А. Беркс, Г. Голдстайн и Дж. фон Нейман:*

«Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства» (1946)

- СОСТАВ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ
- принцип двоичного кодирования
- принцип адресности памяти
- принцип иерархической (многоуровневой) организации памяти
- принцип хранимой программы
- принцип программного управления

# Архитектура фон Неймана



**Джон фон Нейман**  
(1903-1957)

# Принцип двоичного кодирования

Все данные хранятся в двоичном коде.

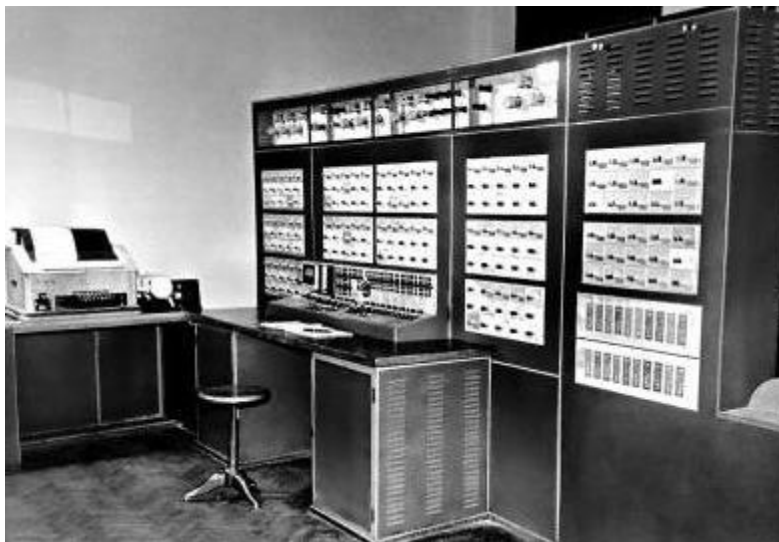


→ 1001010100...



проще устройства для хранения и обработки данных

Троичная ЭВМ «Сетунь» (1959)



Н.П. Брусенцов

# Принцип адресности памяти

---

- оперативная память состоит из отдельных битов
- группы соседних битов объединяются в ячейки
- каждая ячейка имеет свой адрес (номер)
- нумерация ячеек начинается с нуля
- за один раз можно прочитать или записать только целую ячейку



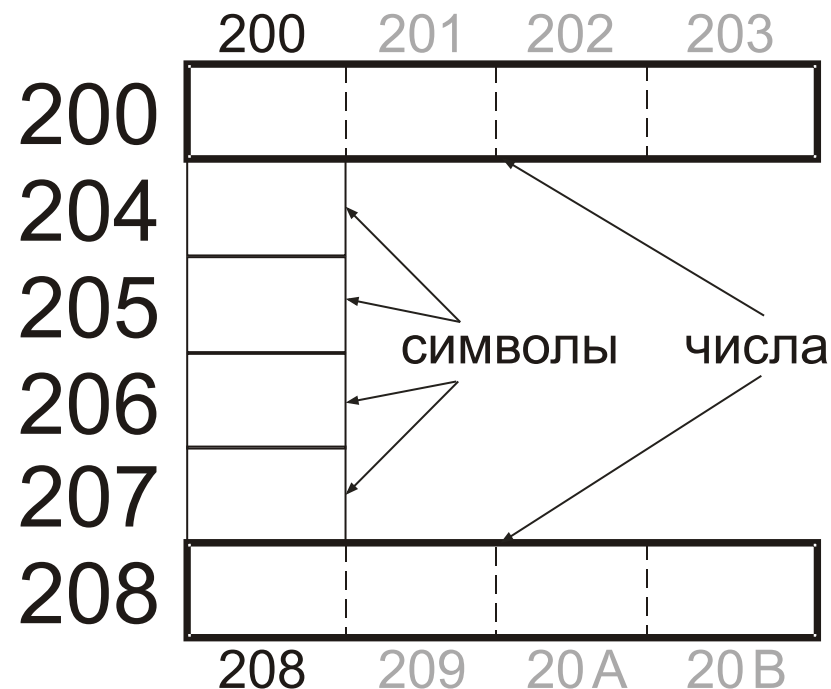
# Принцип адресности памяти

- размеры ячеек:  
у первых ЭВМ – 36, 48, 60 битов  
сейчас – **8 битов**

## Первые ЭВМ (I и II поколения)



## III и IV поколения



# Память с произвольным доступом

---

**RAM** = *Random Access Memory*

чтение данных из ячеек и запись в них в произвольном порядке

• **ОЗУ** – оперативное запоминающее устройство  
(оперативная память)

• **ПЗУ** – постоянное запоминающее устройство

**ROM** = *Read Only Memory*

- содержит программное обеспечение для загрузки и тестирования компьютера
- запись запрещена

# Иерархическая организация памяти

---

## Требования к памяти:

- большой объём
- высокая скорость доступа



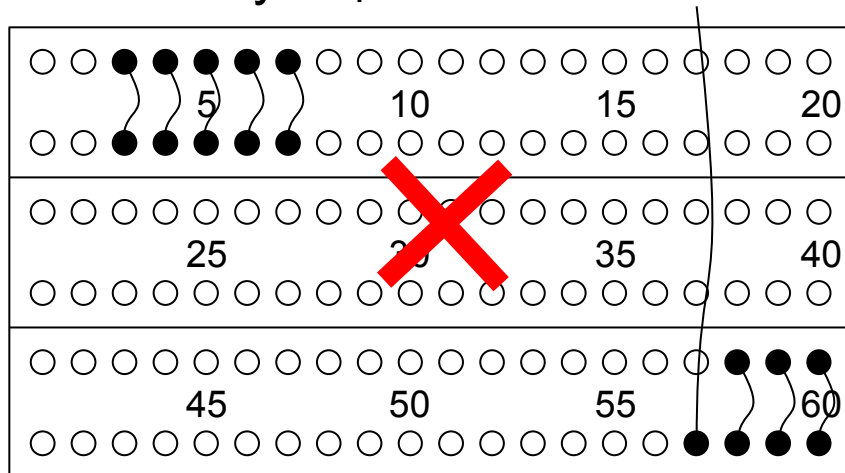
Эти требования противоречивы!

## Использование нескольких уровней памяти:

- **внутренняя** память (небольшой объём, высокое быстродействие)
- **внешняя память** (большой объём, низкое быстродействие)
- ...

# Принцип хранимой программы

Фрагмент коммутационной панели IBM-557



Код программы хранится в ПЗУ или во внешней памяти и загружается в ОЗУ для решения задач.



Программа хранится в единой памяти вместе с данными!

В гарвардской архитектуре есть отдельные области памяти для программ и данных!

# Принцип программного управления

---

- программа – это набор команд
- команды выполняются процессором автоматически в определённом порядке



**Счётчик адреса команд** – это регистр процессора, в котором хранится адрес следующей команды.

**IP** (*Instruction Pointer*) в процессорах *Intel*

# Основной алгоритм работы процессора

---

- 1) выбрать команду
- 2) записать в счётчик команд адрес следующей команды
- 3) выполнить команду
- 4) перейти к п. 1



Что будет при включении компьютера?

**Начальный адрес** может заноситься

- **вручную** (в первых ЭВМ)
- **из ПЗУ**, аппаратно (тестирование, потом передача управления загрузчику операционной системы)

# Что такое архитектура?

**Архитектура компьютера** – это общие принципы построения конкретного семейства компьютеров (PDP, ЕС ЭВМ, Apple, IBM PC, ...).

- принципы построения системы команд и их кодирования
- форматы данных и особенности их машинного представления
- алгоритм выполнения команд программы
- способы доступа к памяти и внешним устройствам
- возможности изменения конфигурации оборудования

**К архитектуре НЕ относятся особенности конкретного компьютера:** набор микросхем, тип жёсткого диска, ёмкость памяти, тактовая частота и т.д.

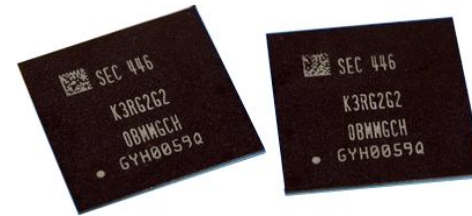
# Особенности мобильных компьютеров



процессор



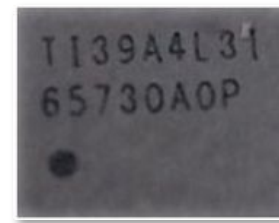
память



аккумулятор



контроллер  
дисплея



SIM-карта (*Subscriber  
Identification Module*)



Адаптер Bluetooth



→ беспроводные  
наушники  
и микрофон



# Особенности мобильных устройств

---

## Требования:

- уменьшенные размеры и вес
- специальные функции (приём и передача речи)
- экономия заряда аккумулятора
- геолокация (GPS)

# Особенности мобильных устройств

---

**Архитектура ARM** = *Advanced RISC Machine* – усовершенствованная RISC-машина

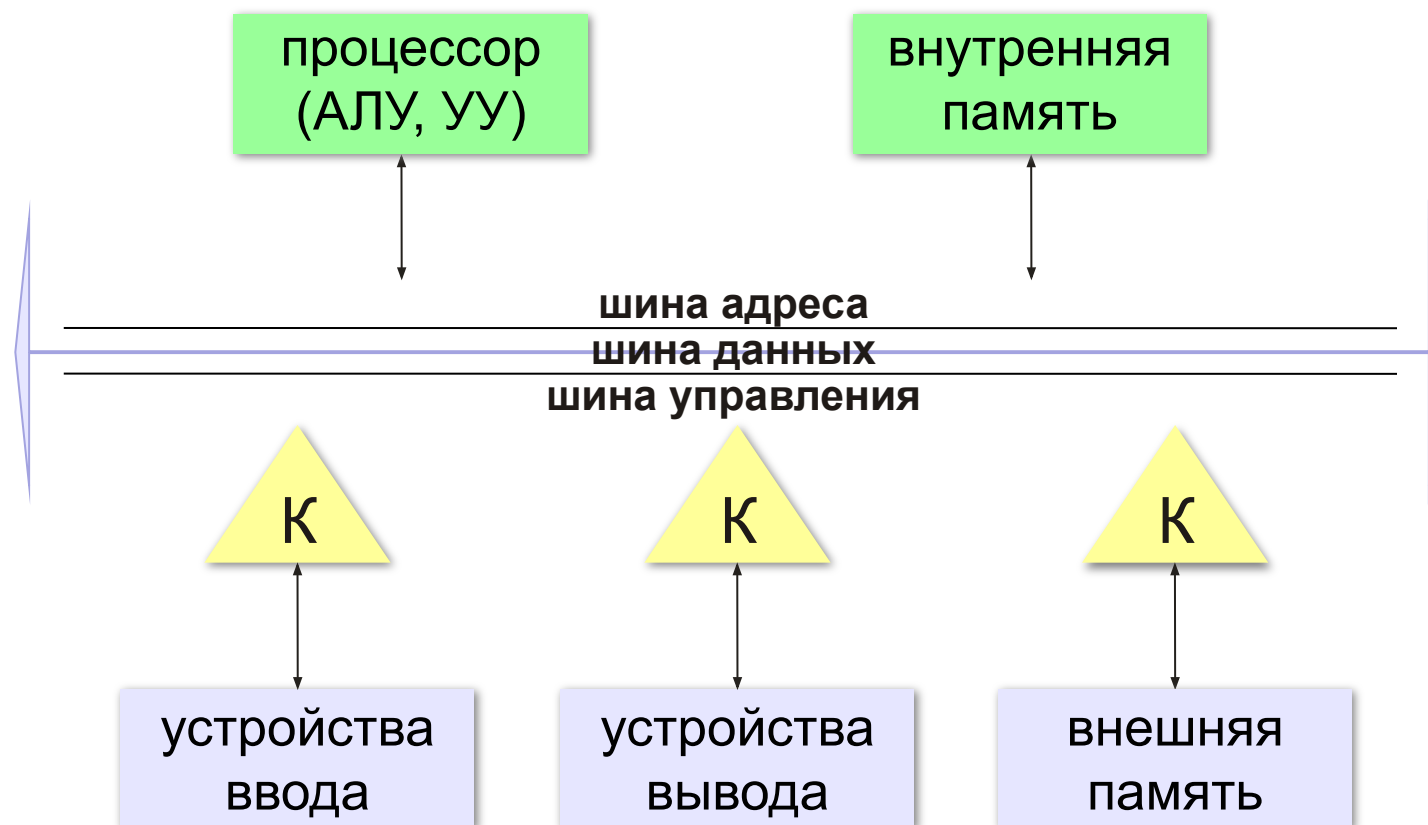
- процессор + ОЗУ + модули беспроводной связи на одном кристалле
- уменьшенное потребление энергии
- экономичные («спящие») режимы
- команды для цифровой обработки звука

# Как устроен компьютер

## **§ 31. Магистрально-модульная организация компьютера**

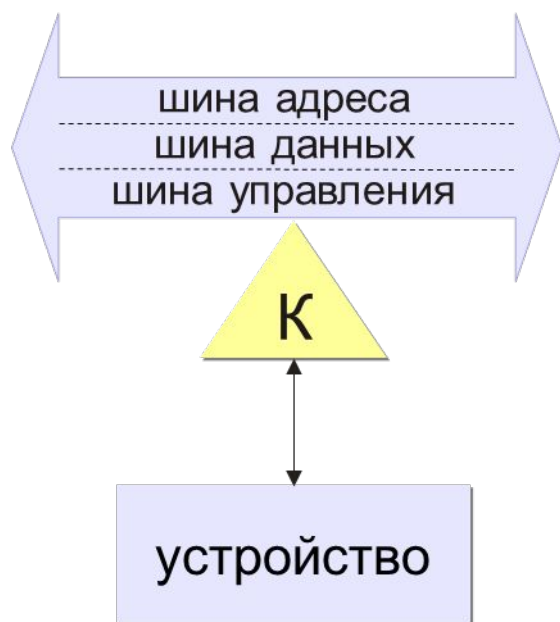
# Взаимодействие устройств

**Шина** (или магистраль) – это группа линий связи для обмена данными между несколькими устройствами компьютера.



# Контроллеры

**Контроллер** — это электронная схема для управления внешним устройством и простейшей предварительной обработки данных.



контроллер клавиатуры



контроллер диска



сетевая карта



видеокарта

# Архитектура современных компьютеров

---



**Магистрально-модульная архитектура:** набор устройств (**модулей**) легко расширяется путём подключения к шине (**магистрала**).

## Принцип открытой архитектуры (IBM):

- **спецификация** на шину (детальное описание всех параметров) опубликована
- производители могут выпускать **новые** совместимые устройства
- на материнской плате есть стандартные **разъёмы**
- нужны **драйвера** (программы управления) для каждого устройства

# Обмен данными с внешними устройствами

**Программно-управляемый обмен** – все операции ввода и вывода предусмотрены в программе, их полностью выполняет процессор.

-  ▪ простота
- не нужно дополнительное оборудование
-  ▪ процессор долго ждёт медленные устройства



**Идея:** пусть устройство само сообщит, что данные готовы (или оно готово к приёму данных)!

# Обмен данными с внешними устройствами

**Обмен по прерываниям** – внешнее устройство передаёт процессору запрос на обслуживание (*прерывание*).

- процессор прерывает выполнение программы и ...
- переходит на программу обработки прерывания и ...
- возвращается к прерванной программе

**Контроллер прерываний** – использует приоритет различных типов прерываний



▪ процессор не ждёт устройства



▪ всю работу выполняет процессор



# Обмен данными с внешними устройствами

---

## Прямой доступ к памяти (ПДП)

DMA = *Direct Memory Access*

обмен данными выполняет внешнее устройство по команде центрального процессора.

- процессор готовит обмен:  
программирует **контроллер ПДП**
- **контроллер ПДП** пересылает данные



- процессор загружен минимально



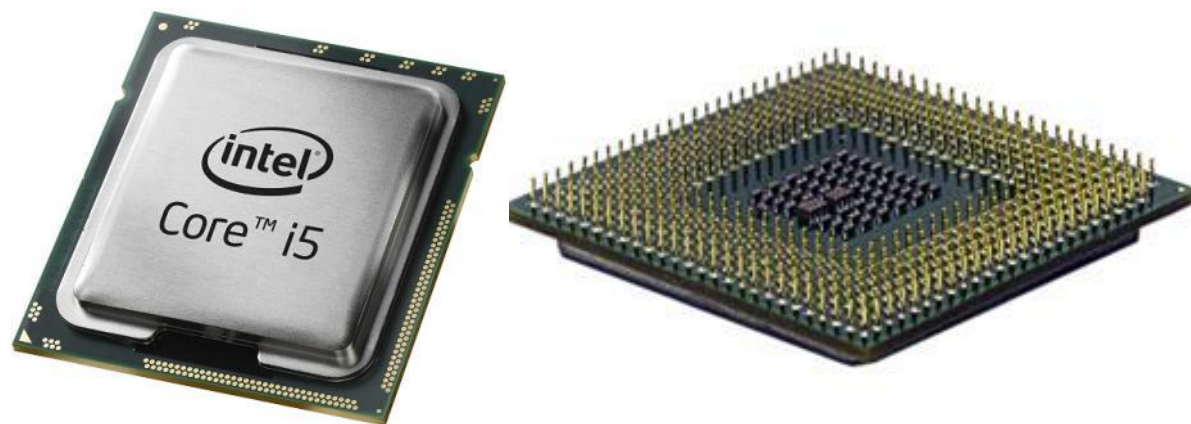
- сложность (нужен контроллер ПДП)

# Как устроен компьютер

## § 32. Процессор

# Что такое процессор?

**Процессор** – это устройство, предназначенное для автоматического считывания команд программы, их расшифровки и выполнения.



- **АЛУ** = арифметико-логическое устройство, выполняет обработку данных
- **УУ** = устройство управления, которое управляет выполнением программы и обеспечивает согласованную работу всех узлов компьютера

# АЛУ

---

- 2 регистра
- сумматор
- схема управления операциями

**Регистр состояния процессора** – биты

устанавливаются по результату **R** последней операции

бит **Z** (zero) – установлен, если **R = 0**

бит **N** (negative) – установлен, если **R < 0**

бит **C** (carry) – установлен, если произошел перенос

**R ≤ 0:**

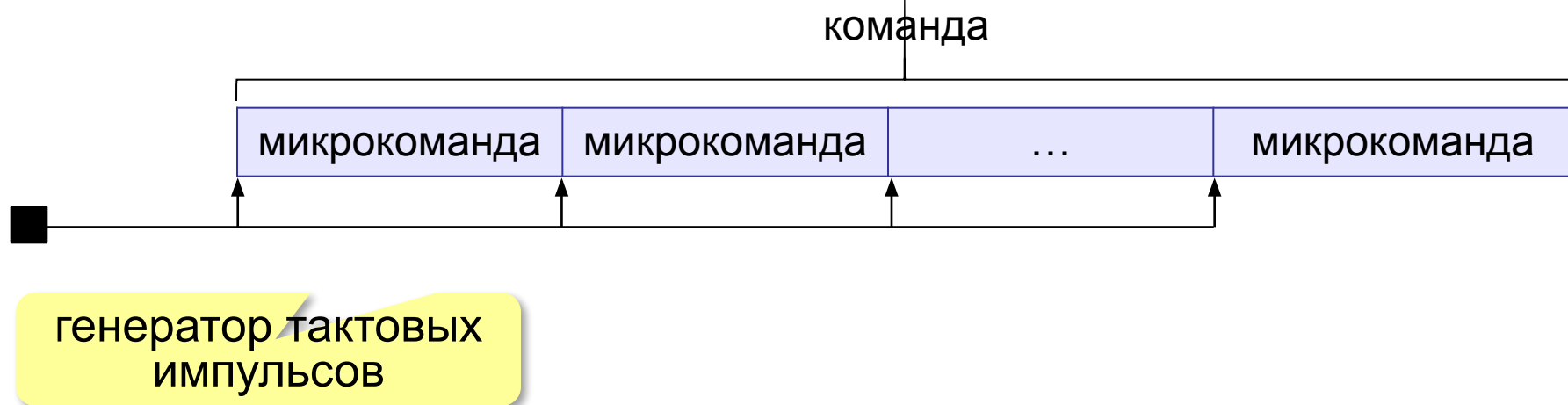
**R ≥ 0:**



АЛУ работает с целыми числами, **математический сопроцессор** – с вещественными!

# Устройство управления

- извлечение из памяти очередной команды
- расшифровка команды, определение необходимых действий
- определение адресов ячеек памяти, где находятся исходные данные
- занесение в АЛУ исходных данных
- управление выполнением операции
- сохранение результата

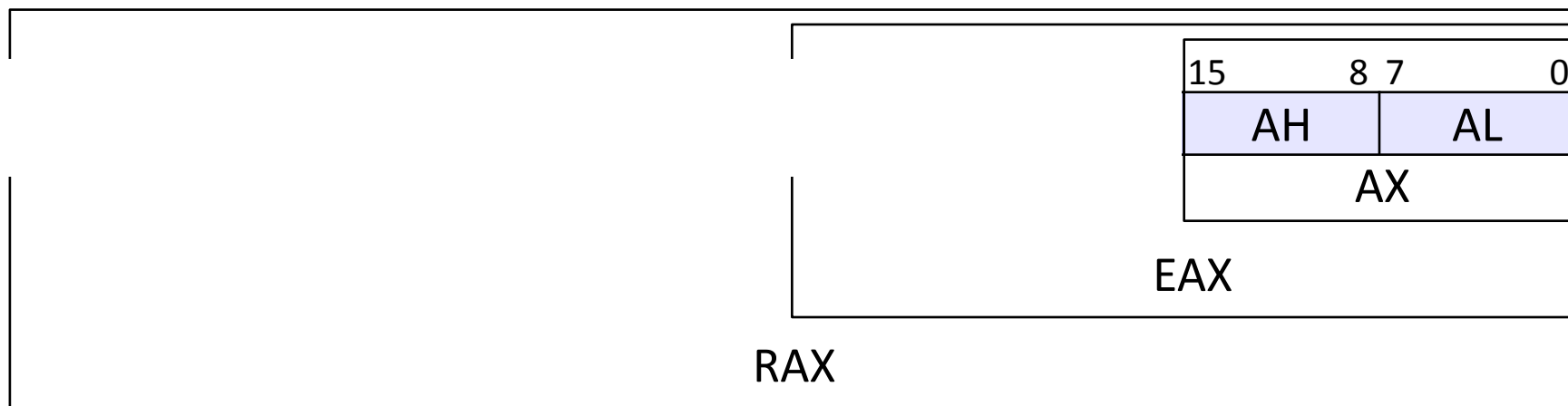


# Регистры общего назначения (РОН)

Для процессоров *Intel*:

**H** = High  
(старший  
байт)

**L** = Low  
(младший  
байт)



Обработка 8-, 16-, 32- и 64-битовых данных.

Есть **RBX**, **RCX**, **RDX** и др...

# Основные характеристики процессора

**Тактовая частота** — количество тактовых импульсов в секунду.

1 ГГц (гигагерц) = 1 млрд герц



Недостаточно для сравнения быстродействия!

**Разрядность** — это максимальное количество двоичных разрядов, которые процессор способен обработать за одну команду.

- разрядность **регистров**
- разрядность **шины данных**
- разрядность **шины адреса R**

Величина адресного пространства  $2^R$  байтов

# Система команд процессора

---

- команды **передачи** (копирования) данных
- **арифметические** операции
- **логические** операции, например «НЕ», «И», «ИЛИ», «исключающее ИЛИ»
- команды **ввода и вывода**
- команды **переходов** (условного, безусловного)



**Совместимость:** новые модели поддерживают все команды предыдущих!

**Intel 8080 → Pentium III → Core i7**



# Система команд процессора

81 C2 01 01

число  $101_{16}$

код операции  
**ADD** (сложить  
регистр и число)

код регистра **DX**

на языке  
ассемблера

**ADD DX, 101h**

**операнды** – данные, с  
которыми выполняется  
операция

**DX := DX +  $101_{16}$**

# Система команд процессора

---

**CISC** = *Complex Instruction Set Computer*, компьютер с набором сложных команд

- команды разной длины
- есть сложные команды (умножение, деление, ...)
- команды выполняются за разное число тактов
- есть операции с данными в памяти
- мало регистров



▪ удобство программирования




- сложно проектировать процессор
- ниже быстродействие



Многие сложные команды используются редко!

# Система команд процессора

**RISC** = *Reduced Instruction Set Computer*, компьютер с набором упрощённых команд

- команды одинаковой длины (32 бита, ...)
- только простые команды (сложение и т.п.)
- команды в  А умножение?
- только две операции с памятью – чтение (LOAD) в регистр и запись (STORE) из регистра
- много регистров (32, ...)



- проще аппаратура
- выше быстродействие



- сложнее писать программы



Современные процессоры: CISC-команды выполняются RISC-ядром!

# Как устроен компьютер

## § 33. Память

# Что такое компьютерная память?

**Память** — это Как устроен компьютер, которое используется для записи, хранения и выдачи по запросу команд программы и данных.

- **внутренняя** или **основная** (для хранения программ и данных в момент решения задачи), ОЗУ и ПЗУ
- **внешняя** или **долговременная** (... на длительный срок)

# Внутренняя память

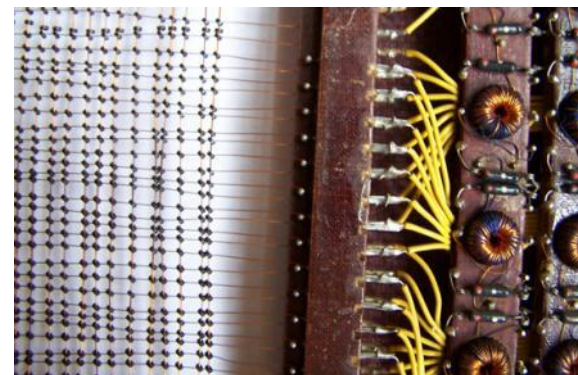
**RAM** = *Random Access Memory*, обращение к ячейкам в любом порядке.

**ОЗУ** = оперативное запоминающее устройство

- 1) на электронно-лучевых трубках
- 2) на магнитных сердечниках

сейчас:

- 3) на триггерах (**статическая**):  
регистры, кэш-память



- 4) на полупроводниковых конденсаторах (**динамическая**):

- большая ёмкость
- меньшая стоимость
- меньшее быстродействие
- потребляет больше электроэнергии



# Внутренняя память – ПЗУ

**ПЗУ** = постоянное запоминающее устройство

первые: информация заносится только **на заводе**

затем **программируемые ПЗУ**

затем **перепрограммируемые ПЗУ** (флэш-память)

**Минимальный набор программ:**

- тестирование компьютера
- программа начальной загрузки
- программы для обмена данными с клавиатурой, монитором, принтером

В компьютерах IBM PC:

**BIOS** = *Basic Input/Output System*



# Внешняя память

**Внешняя память** — часть памяти компьютера, которая используется для долговременного хранения программ и данных.

Устройства внешней памяти = **накопители**:

- на магнитных дисках
- на оптических дисках
- флэш-память
- ...





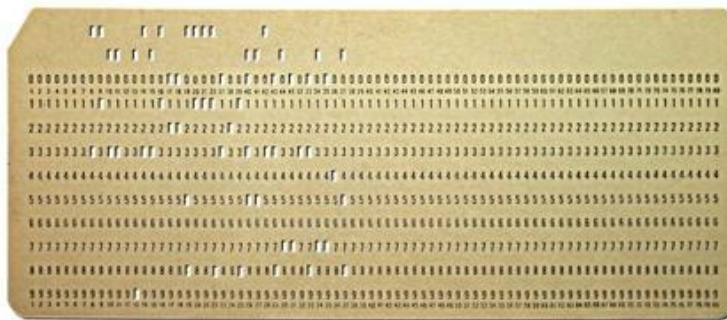
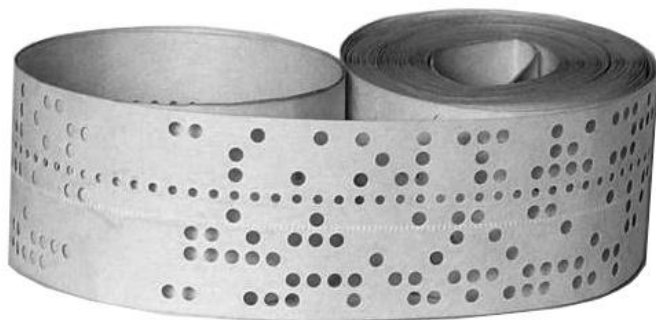
# Внешняя память

---

- данные располагается **блоками** (на дисках – *сектора*)
- блок данных читается и пишется как единое **целое**;  
работать с частью блока невозможно
- прежде чем процессор сможет использовать программу или данные, их нужно **загрузить** из внешней памяти в ОЗУ
- обменом данными управляют **контроллеры**

# Виды внешней памяти

- перфоленты, перфокарты



- магнитные ленты, магнитные диски



Файловые системы!

# Виды внешней памяти

- оптические диски

CD (*Compact Disk*)



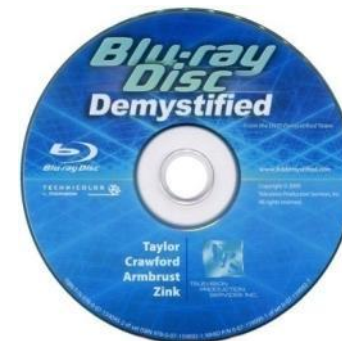
до 700 Мбайт

DVD (*Digital Versatile Disk*)



до 17,1 Гбайт

Blu-ray Disk



до 500 Гбайт

- флэш-память



флэш-карты



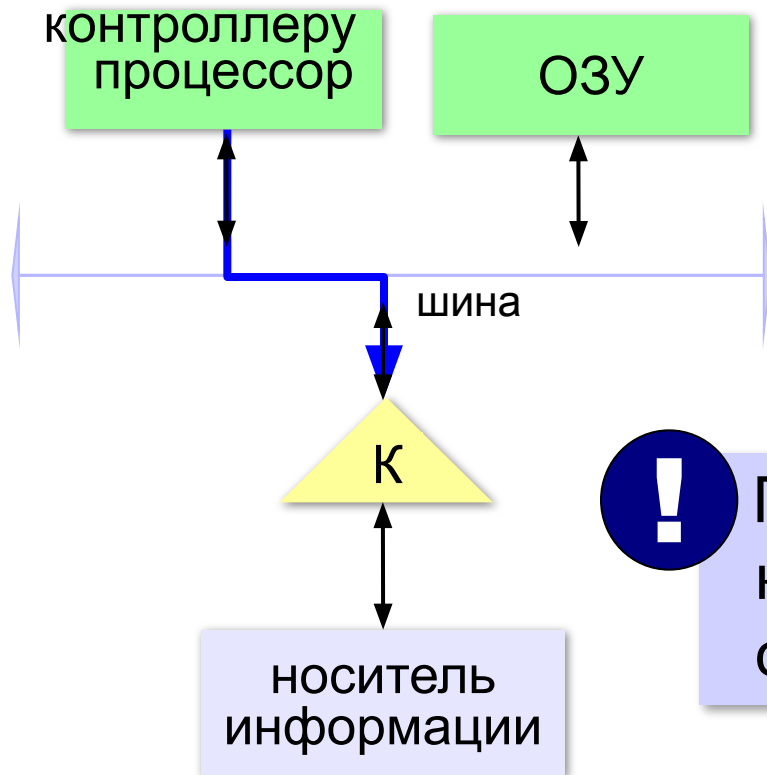
флэш-накопители



SSD  
(*Solid State Drive*)

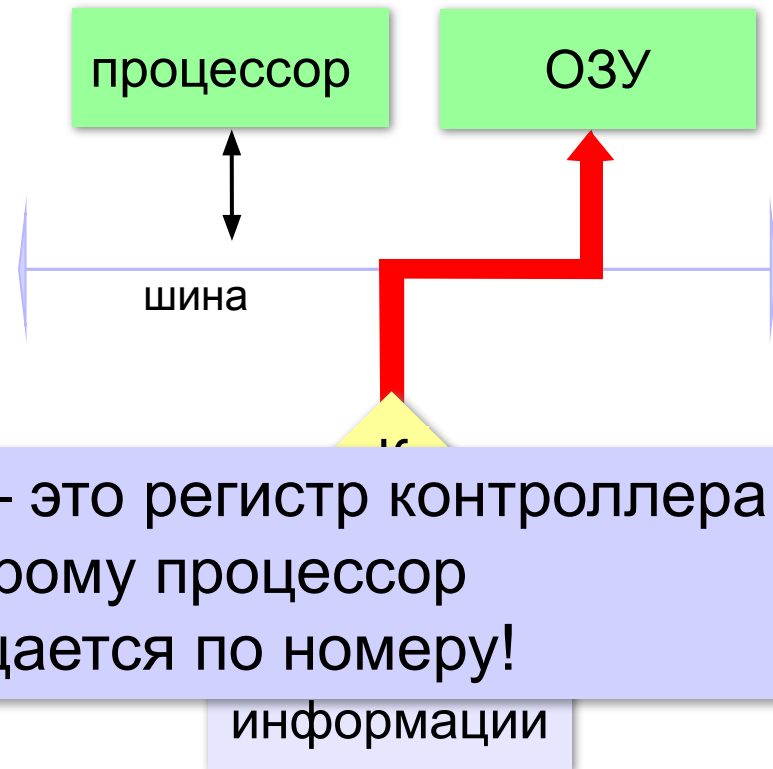
# Чтение данных в ОЗУ

## 1. Передача «задания»



↔ линия не задействована  
 → линия используется для управления

## 2. Ввод данных в ОЗУ



→ передача данных

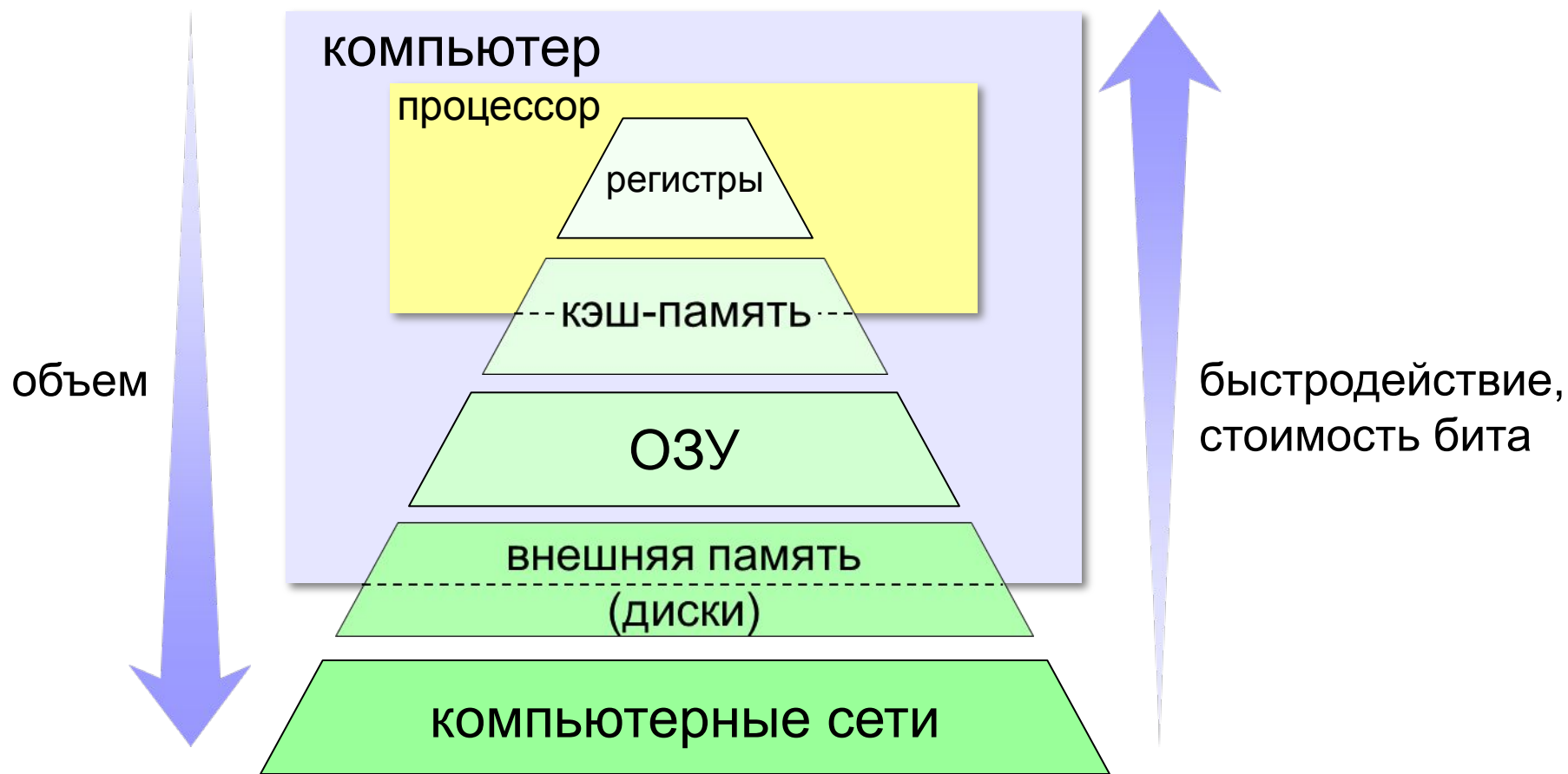


Порт – это регистр контроллера, к которому процессор обращается по номеру!



Ещё участвует контроллер ПДП!

# Иерархия памяти

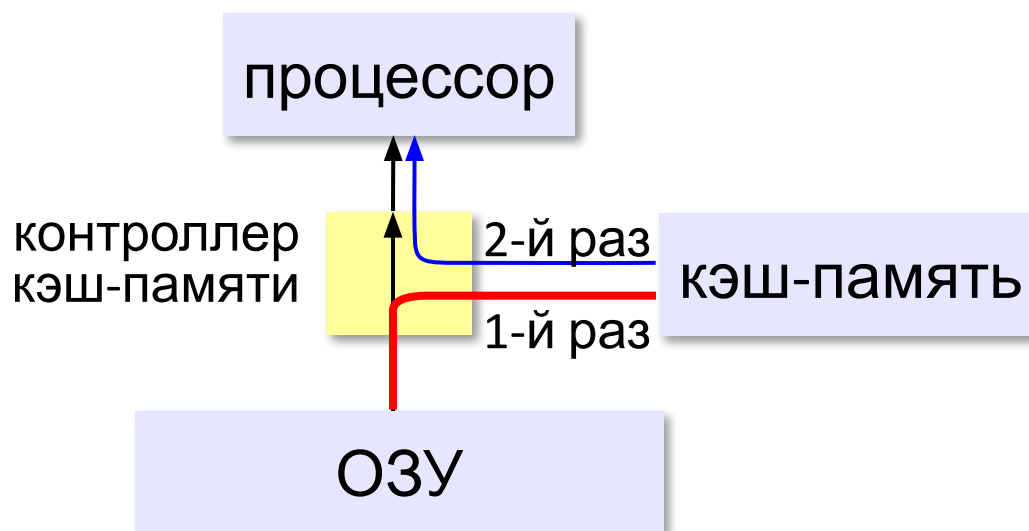


**?** **?** Где расположить ОЗУ? **?** бита?

# Кэш-память

**Кэш-память** — это память, ускоряющая работу другого (более медленного) типа памяти, за счёт сохранения прочитанных данных на случай повторного обращения к ним.

- статическая память (на триггерах)
- нет собственных адресов ячеек
- кэш программ и данных отдельно



# Кэш-память

---

## Проблемы:

- небольшой объём, быстро заполняется
- при изменении данных в регистрах нужно обновлять кэш

Решаются **контроллером кэш-памяти**.

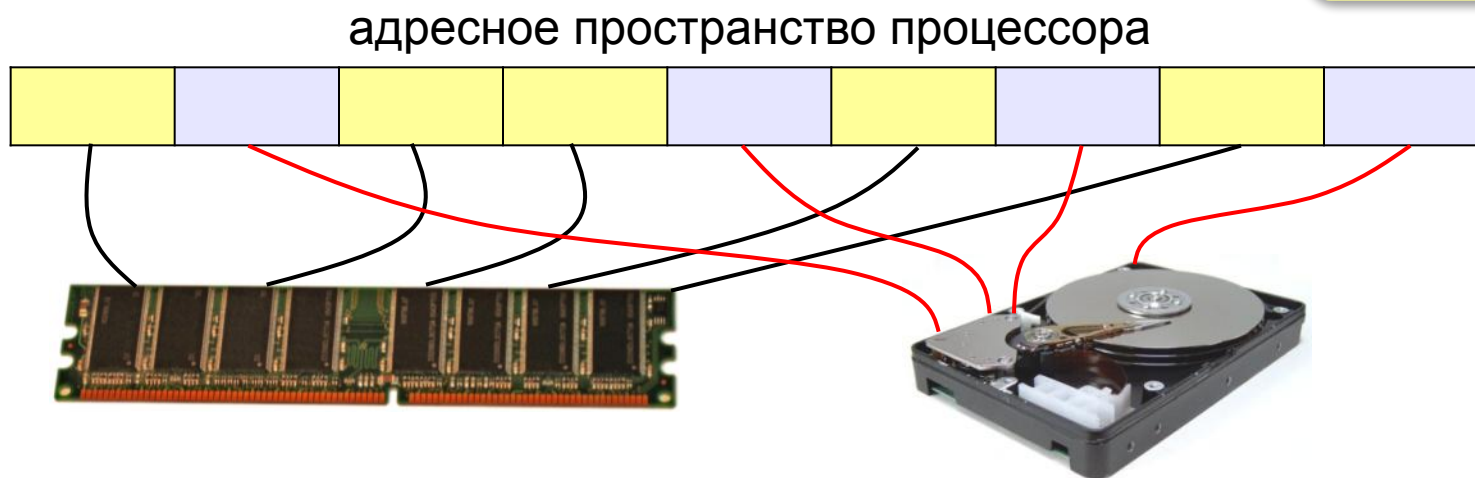
# Виртуальная память

- использование сред быстрой разработки программ (RAD) – увеличение размера программы
- увеличение объема обрабатываемых данных (до Тбайтов)
- запуск нескольких программ одновременно



Требуется больше ОЗУ, чем реально установлено на компьютере!

страницы  
виртуальной  
памяти





# Основные характеристики памяти

**Информационная ёмкость** — это максимально возможный объём данных, который может сохранить данное устройство памяти (Гбайт, Тбайт, ...).

Для **дисков** – форматированная («полезная») ёмкость и неформатированная (+ место для служебной разметки)

**Время доступа** — интервал времени от момента отправки запроса информации до момента получения результата на шине данных.

ОЗУ – наносекунды ( $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$ )

жёсткие диски — миллисекунды ( $1 \text{ мс} = 10^{-3} \text{ с}$ ).

# Основные характеристики памяти

**Средняя скорость передачи данных** — это количество передаваемых за единицу времени данных после непосредственного начала операции чтения (Мбайт/с).

- + для дисков – частота вращения
- + стоимость 1 бита или стоимость 1 Гбайта

# Как устроен компьютер

## § 34. Устройства ввода и вывода

# Что такое устройство ввода?

Устройством ввода называется устройство, которое: позволяет человеку отдавать компьютеру команды и/или выполняет первичное преобразование данных в форму, пригодную для хранения и обработки в компьютере.



Что не относится к устройствам ввода?

сенсорная панель  
(*touchpad*)

сканер

жесткий диск

мышь

датчики

графический планшет

микрофон

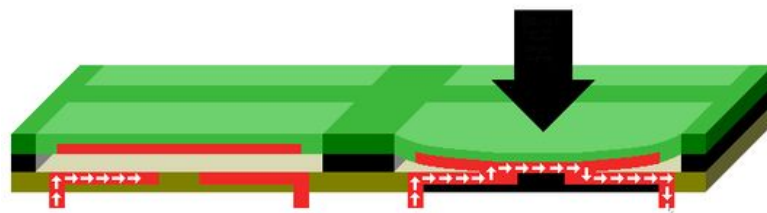
джойстик

флэш-диск

сетевая карта

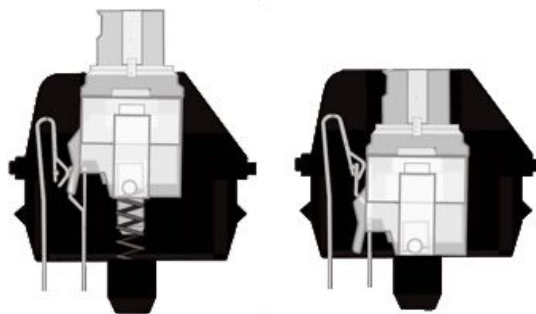
# Клавиатура

## Мембранная



- +
  - простая и дешёвая
- - недолговечна (1-10 млн нажатий)
  - со временем свойства ухудшаются (залипание, нужны бóльшие усилия)

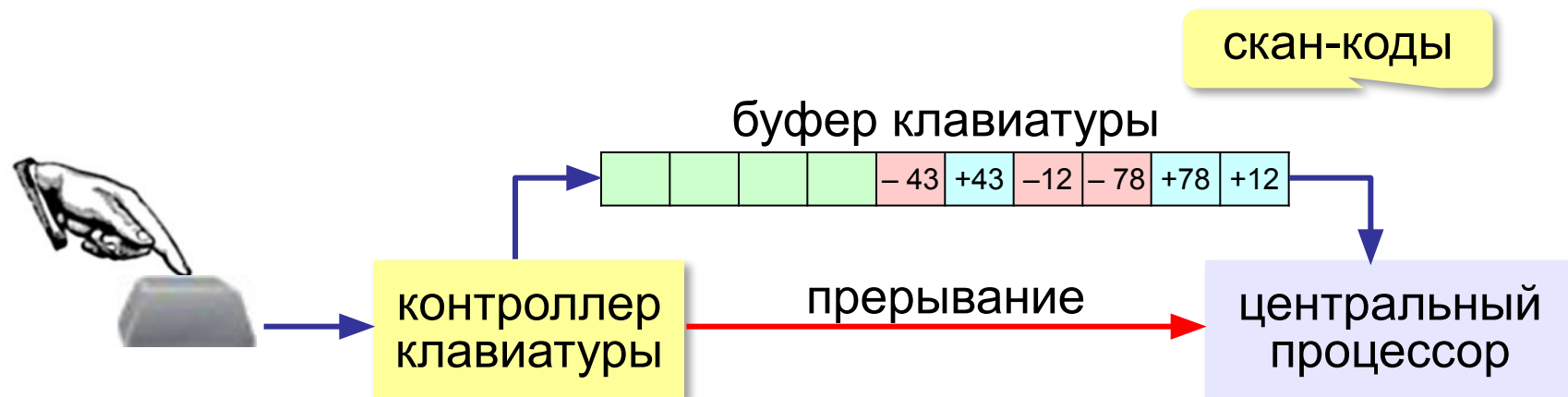
## Механическая



- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> <span style="color: green;">+</span> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ реакция быстрее</li> <li>▪ 20-50 млн нажатий</li> <li>▪ характеристики не меняются</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> <span style="color: red;">-</span> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ дороже</li> <li>▪ тяжелее</li> </ul> </li> </ul> |
|---|--|

# Контроллер клавиатуры

- **опрашивает** клавиши; фиксирует их нажатие или отпускание;
- **хранит *скан-коды*** нескольких последних нажатых или отпущенных клавиш;
- посылает требование **прерывания** центральному процессору, передаёт ему скан-коды;
- управляет **индикаторами** клавиатуры;
- диагностика **неисправностей** клавиатуры



# Манипуляторы

## Мышь (оптическая)

приемное устройство  
(адаптер, USB)



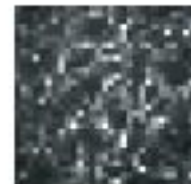
### Характеристики:

- разрешение  $\approx 1000$  dpi
- количество кадров в секунду (до 10000)
- размер кадра (16×16, 32×32)



### Лазерные мыши:

- подсветка лазером
- более контрастное изображение
- точность выше



# Манипуляторы

## Трекбол



## Сенсорная панель (тачпад)



**мультикас** – реакция на касание в нескольких местах одновременно

## Трекпоинт



## Джойстик



## Игровые манипуляторы





# Сканеры

**Сканер** – устройство для ввода изображений.

ручные



планшетные



барабанные



со слайд-модулем



рулонные



# Сканеры

на бумаге

1 дюйм = 2,54 см

в компьютере

пиксель

**Разрешающая способность** — это максимальное количество точек на единицу длины, которые способен различить сканер.

**ppi** = *pixels per inch*, пиксели на дюйм

150-300 ppi – низкое разрешение

**300 ppi** – сканирование любительских фото

до 5400 ppi – сканирование фотопленки

*планшетные* – до 5400 ppi      *рулонные* – до 800 ppi

*барабанные* – до 14400 ppi

# Сканеры

---

## Ввод текста



Сканер вводит текст как изображение!

Для редактирования в текстовом редакторе, нужно **распознать символы** с помощью специальной программы (**> 300 ppi!**):

OCR = *Optical Character Recognition*, оптическое распознавание символов

***ABBYY FineReader, CuneiForm***

# Сканирование

|   | Разрешение, ppi |
|---|-----------------|
| <b>Сканирование в отраженном свете:</b>       |                 |
| иллюстрации для веб-страниц                   | 75-150          |
| сканирование текста без распознавания         | 150-200         |
| сканирование текста для распознавания         | 300-400         |
| цветное фото для печати на струйном принтере  | 200             |
| цветное фото для типографской печати          | не менее 300    |
| <b>Сканирование в проходящем свете:</b>       |                 |
| 35-мм пленка, для веб-страниц                 | 200-600         |
| 35-мм пленка, для печати на струйном принтере | 600-2000        |

# Устройства ввода

## Микрофоны



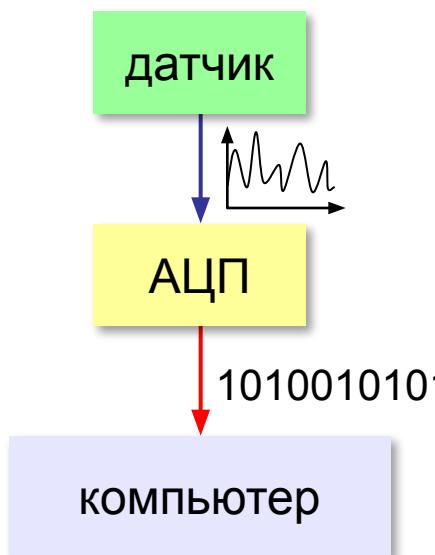
## Веб-камера



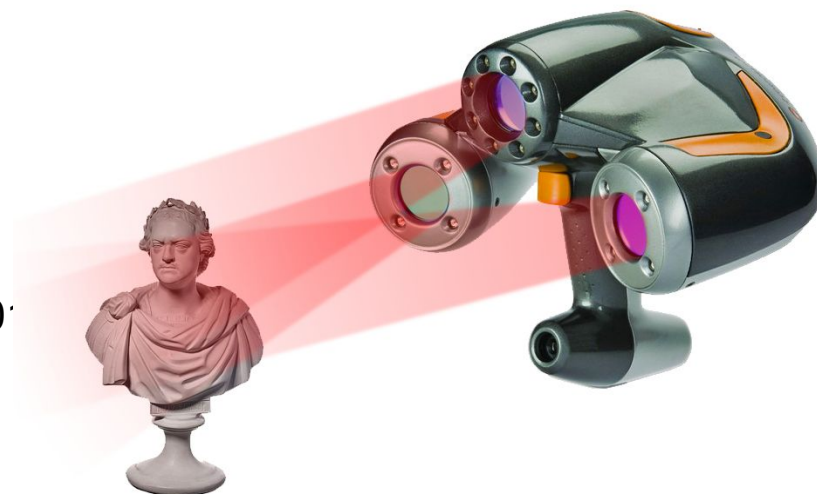
## Графический планшет



## Датчики



## 3D-сканер



# Что такое устройства вывода?

**Устройства вывода** — это устройства, которые представляют компьютерные данные в форме, доступной для восприятия человеком.

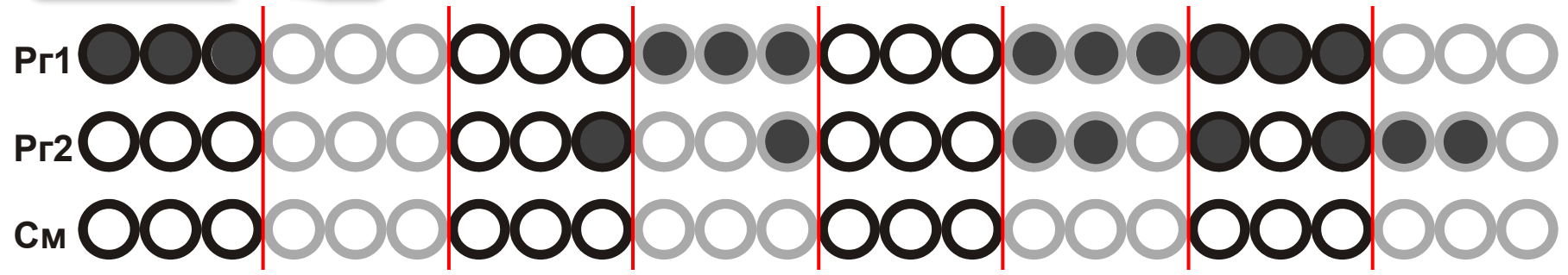
**?** Что не относится к устройствам вывода?

сенсорный экран      флэш-диск  
принтер      колонки  
жесткий диск      МФУ  
монитор      плоттер  
датчики      сетевая карта



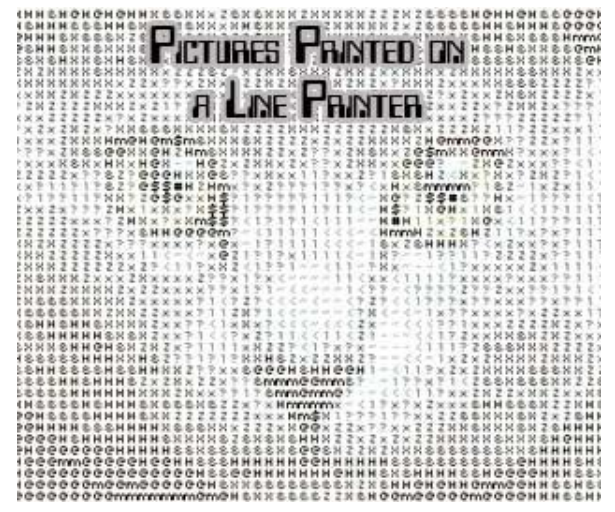
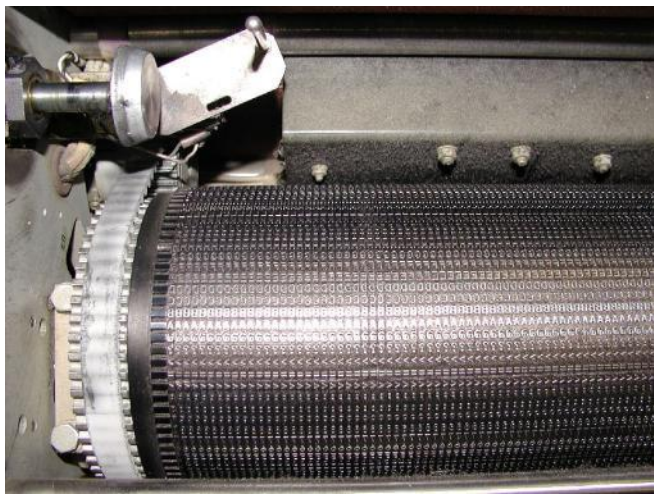
# Первые устройства вывода

70070770<sub>8</sub>

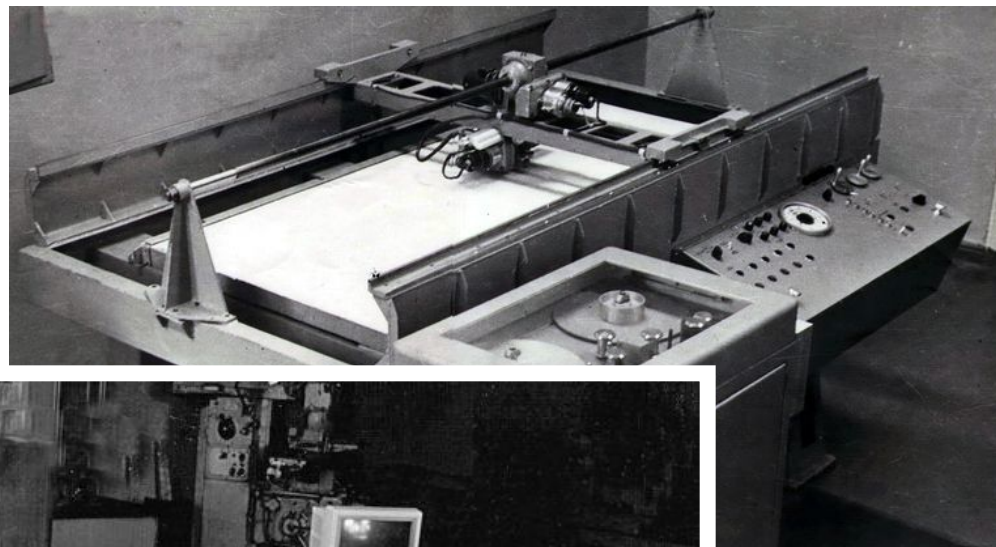
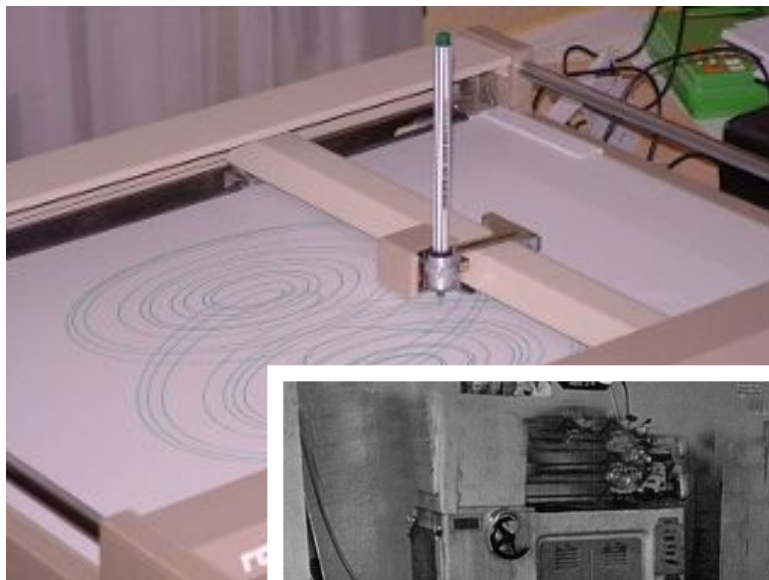


Pr2 = ?

АЦПУ = алфавитно-цифровые печатающие устройства



# Плоттеры (графопостроители)





# Мониторы

Монитор = дисплей + электронные схемы управления  
жидкокристаллические (ЖК)                      электронно-лучевые

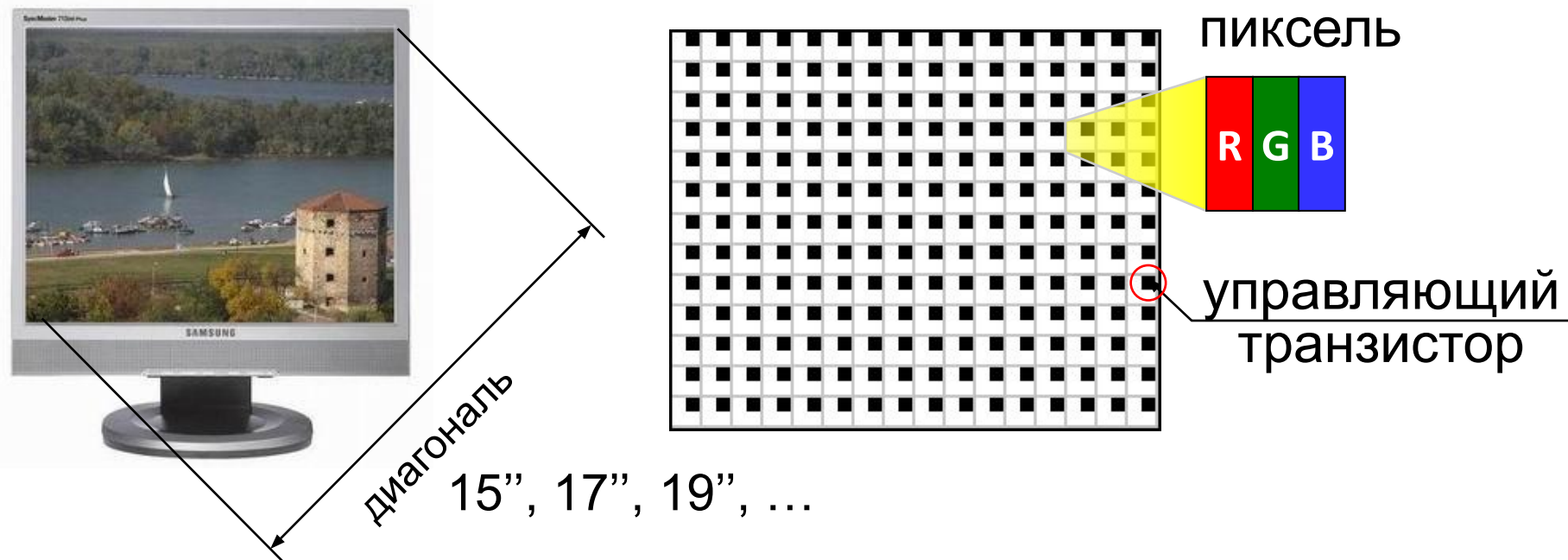


- очень малое излучение
- малые размеры и вес
- потребляют мало электроэнергии (40 Вт)
- нет искажений изображения



- хуже цветопередача (чёрный цвет?)
- изображение зависит от угла зрения
- смазывание изображения
- «битые пиксели»
- только одно разрешение

# Мониторы



**Разрешение** — это количество точек экрана по ширине и по высоте. 1280×1024, 1440×900, 1366×768, ...

**Соотношение сторон** 4:3, 5:4, 16:9

**Углы обзора** 160° ... 178°

**Время отклика** 2...8 мс

# Принтеры

**Принтер** – устройство для вывода информации на бумагу или пленку.

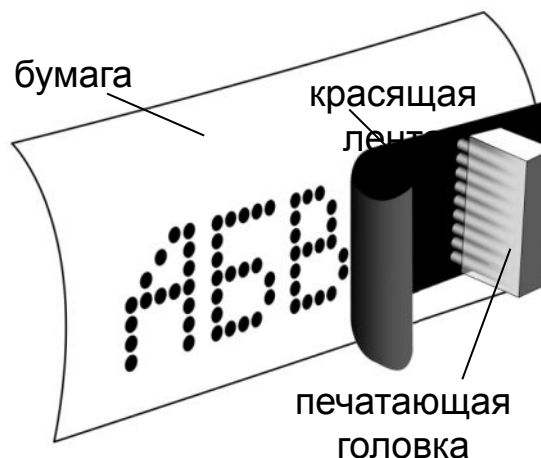
## Разрешающая способность

**dpi** = *dots per inch*, точки на дюйм  
обычно 300 – 600 dpi  
1200 dpi (типографское качество)

## Виды принтеров

- матричные (красящая лента)
- струйные (чернила)
- лазерные (порошок)
- сублимационные (красящая лента)

# Матричные принтеры



Качество печати:  
72...300 dpi

текст: до 337 символов в  
минуту

графика: до 5 мин на  
страницу!!!

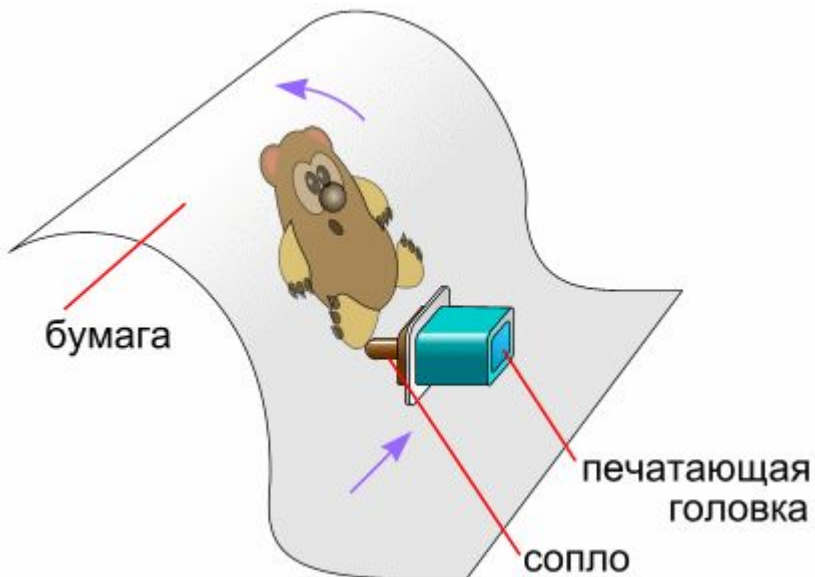


- дешевые принтеры и ленты
- нетребовательны к бумаге



- невысокое качество
- низкая скорость печати графики
- шумят
- черно-белые (почти все)

# Струйные принтеры



вет: CMYK

Cyan

Magenta

Yellow

Key color

Качество печати:

300...4800 dpi

ч/б: до 30 стр/мин

цвет: до 30 стр/мин

фото 10×15:

от 10 сек

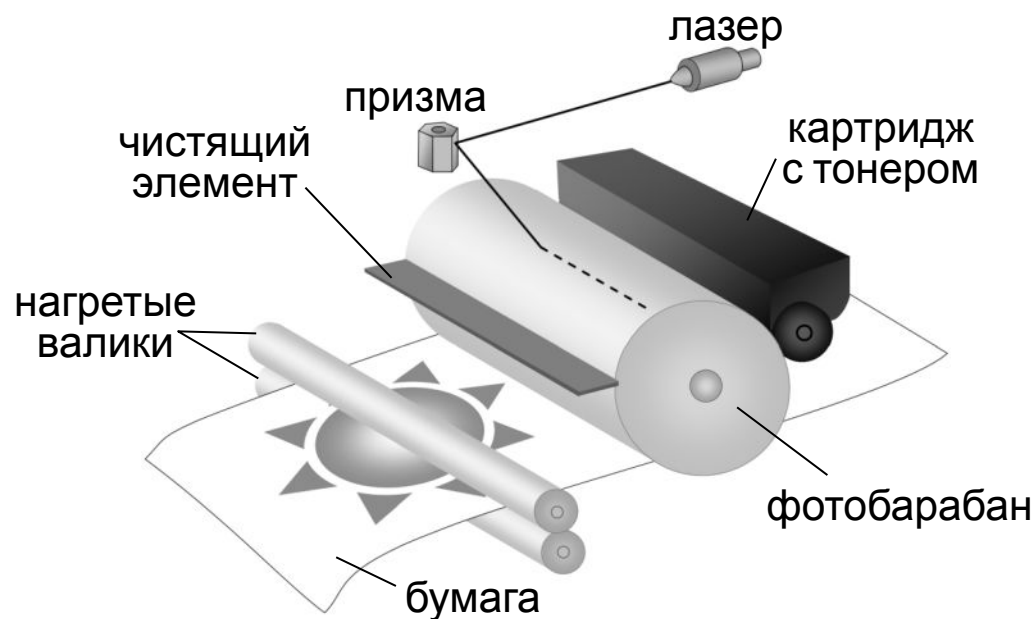


- относительно дешевые
- качественная печать
- мало шумят
- большинство – цветные



- требовательны к бумаге
- дорогие катриджи
- чернила расплываются от воды

# Лазерные принтеры



Качество печати:  
600...1200 dpi

ч/б: до 50 стр/мин

цвет: до 25 стр/мин



- становятся все дешевле
- очень качественная печать
- мало шумят
- есть цветные



- требовательны к бумаге
- дорогие катриджи
- потребляют много электроэнергии
- цветные дорогие

# Сублимационные принтеры

**Сублимация** – быстрый переход вещества из твердого состояния в газообразное.



- твердые красители:

Сюан

Magenta

Yellow

- 256 оттенков каждого цвета, всего 16,7 млн. цветов
- печать при нагреве
- верхний защитный слой

качество печати:

300 dpi  
(= 4800 dpi)

фото 10×15:

около 1 мин



- очень качественная печать фото
- не выцветает 100 лет
- печать прямо с фотоаппарата



- специальная бумага и пленки с красками



# 3D-принтеры

**3D** = *3-dimensions*, трёхмерный

**3D-принтер** — устройство, которое создает физический объект по слоям на основе его цифровой трёхмерной модели.





# Устройства ввода и вывода

## Сенсорный экран



**мультитач** – реакция на касание экрана в нескольких местах одновременно

**<https://onlinetestpad.com/6wmv7lncilty>**

**<https://onlinetestpad.com/tgm2f3x2svhws>**