

# Устройство компьютера

Принципы устройства компьютеров  
Магистрально-модульная организация  
компьютера  
Процессор  
Память  
Устройства ввода  
Устройства вывода

# Устройство компьютера

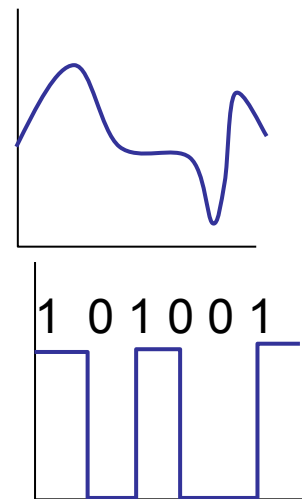
## Принципы устройства компьютеров

## Определения

---

**Компьютер** (*computer*) – это программируемое электронное устройство для обработки данных.

- **аналоговые** компьютеры – складывают и умножают аналоговые (непрерывные) сигналы
- **цифровые** компьютеры – работают с цифровыми (дискретными) данными.



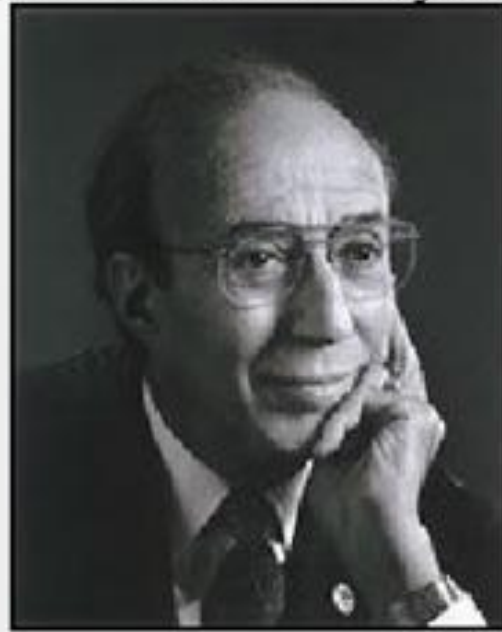
**Hardware** – аппаратное обеспечение, «железо».

**Software** – программное обеспечение, «софт».

# Принципы устройства компьютеров



Джон фон Нейман



Герман Голдстайн



Артур Беркс

# Принципы устройства компьютеров

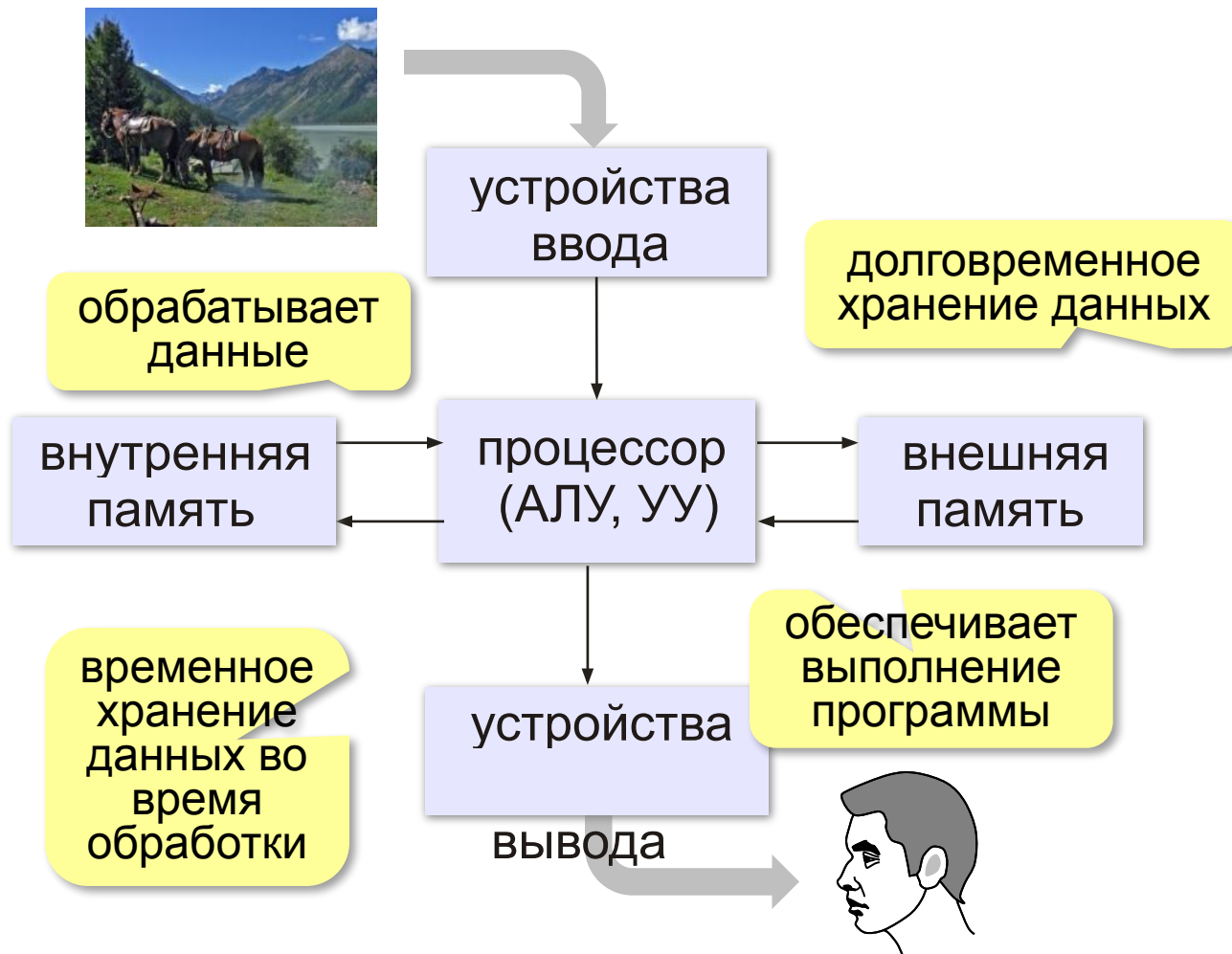
---

*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



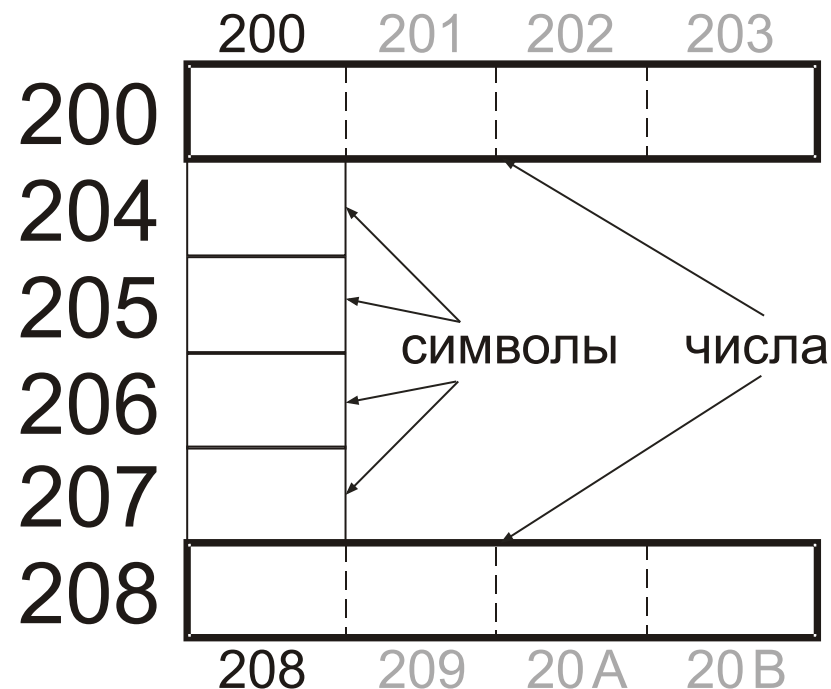
# Принцип адресности памяти

- 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



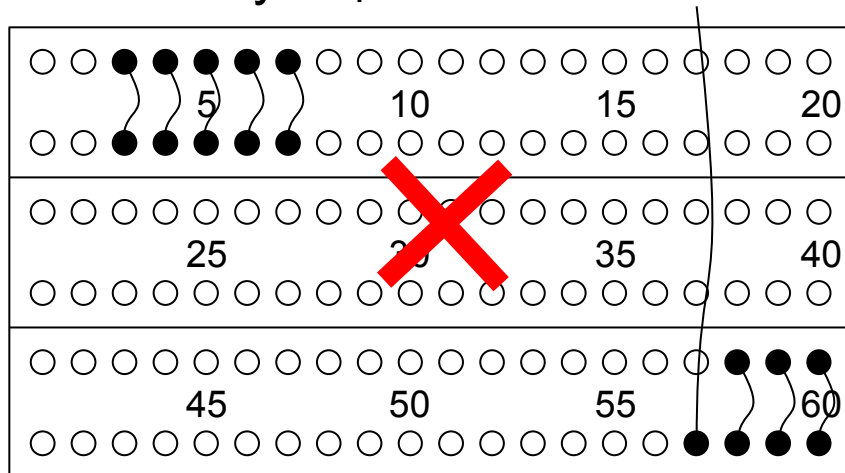
Эти требования противоречивы!

## 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)

## Выполнение программы

**Счетчик команд** ( $IP = Instruction Pointer$ ) – регистр, в котором хранится адрес следующей команды.



1. **Команда**, расположенная по этому адресу, **передается в УУ**. Если это не команда перехода, регистр **IP** увеличивается на длину команды.
2. УУ расшифровывает **адреса операндов**.
3. Операнды загружаются **в АЛУ**.
4. УУ дает команду АЛУ на **выполнение операции**.
5. **Результат** записывается по нужному адресу.
6. Шаги 1-5 повторяются до получения команды «**стоп**».

# 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.



# Устройство компьютера

**Магистрально-модульная  
организация компьютера**

# Типы компьютеров

---

- настольные (*desktop*)



МОНОБЛОК

- переносные (ноутбуки)



- нетбуки (нет привода DVD)



# Типы компьютеров

---

- планшетные



- смартфоны и карманные персональные компьютеры (КПК)



# Типы компьютеров

---

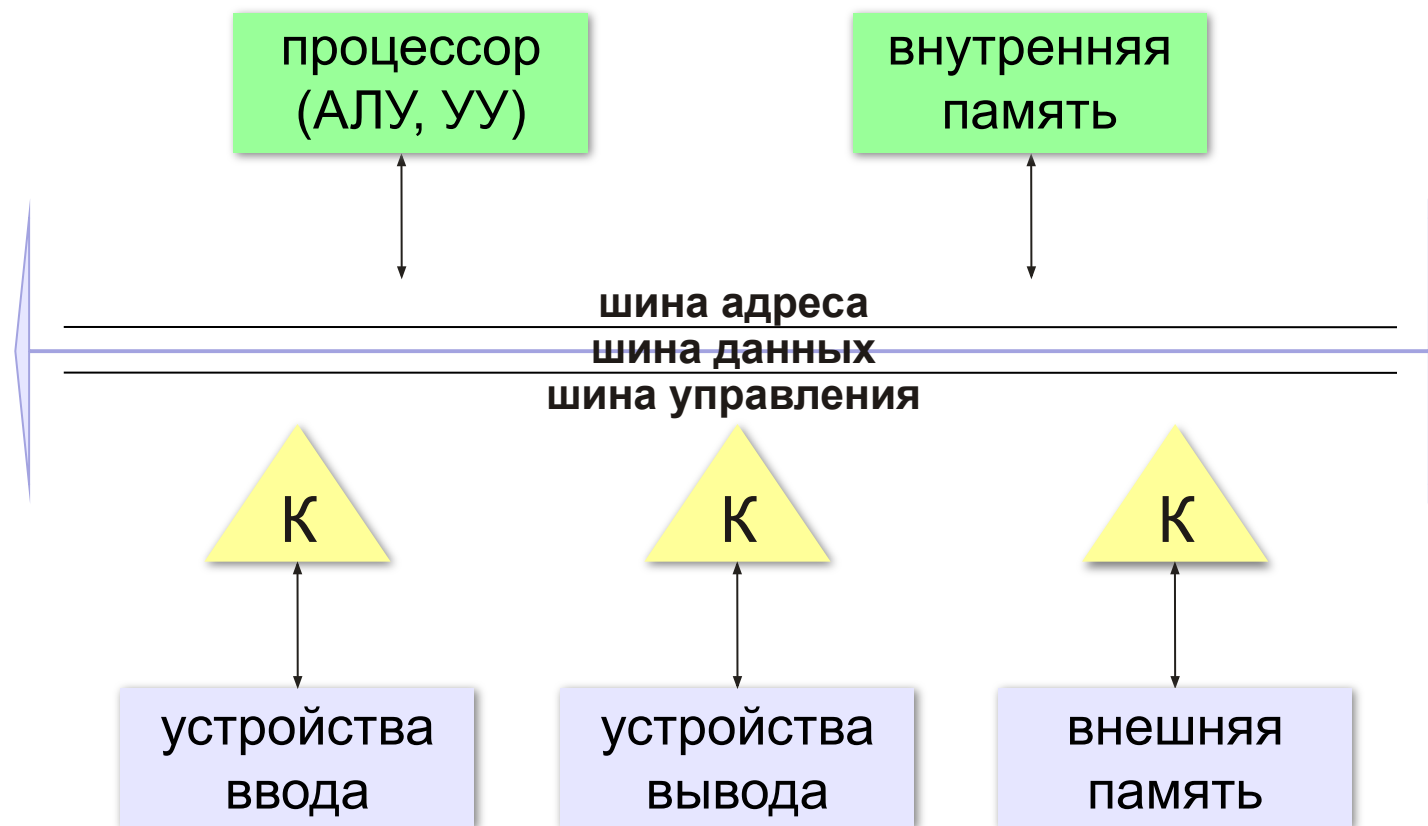
- суперкомпьютеры



«ЛОМОНОСОВ»

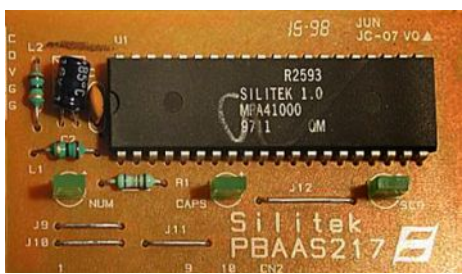
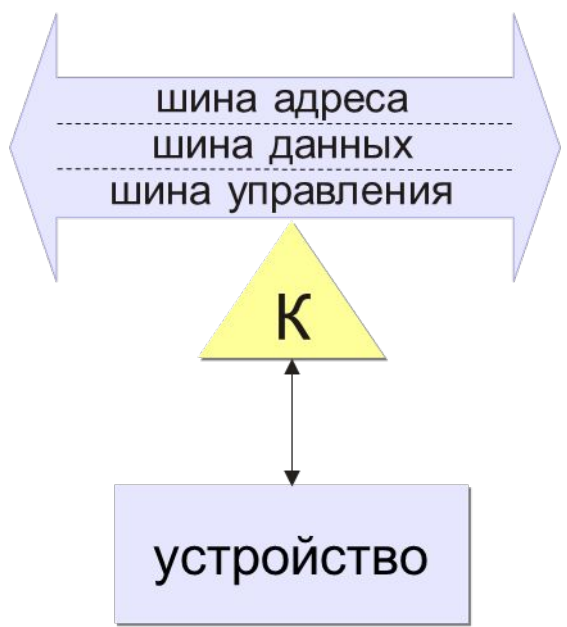
# Взаимодействие устройств

**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



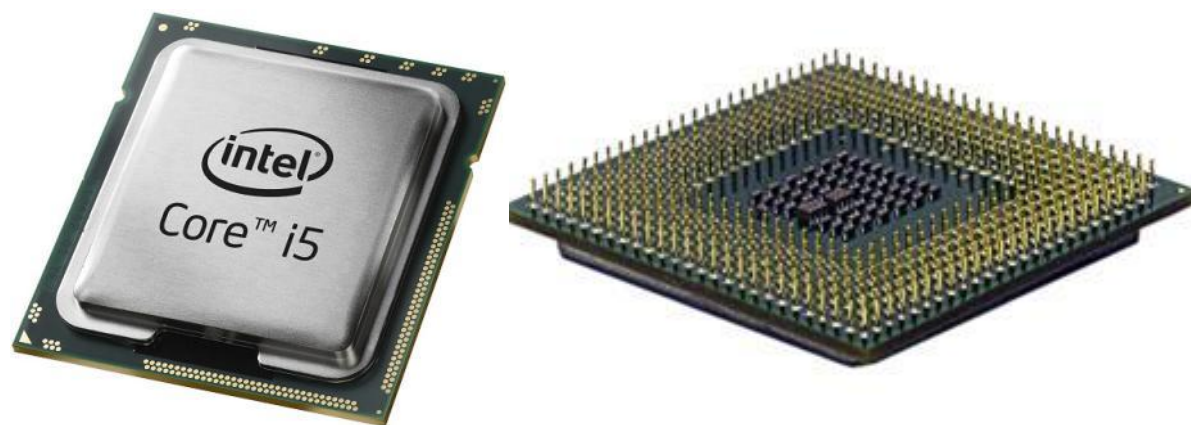
▪ сложность (нужен контроллер ПДП)

# Устройство компьютера

## 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:**

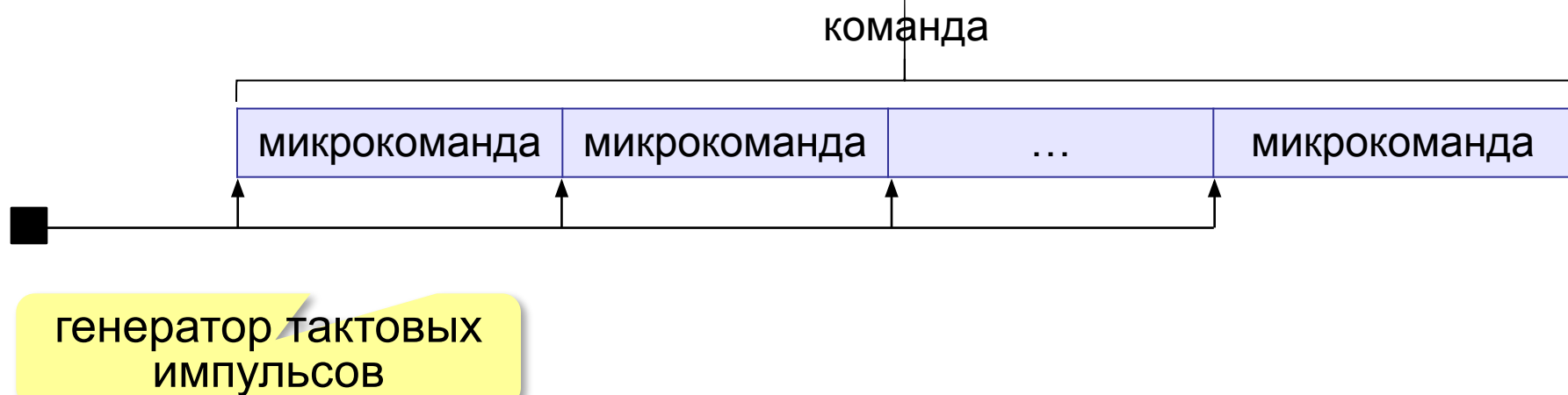
**R ≥ 0:**



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

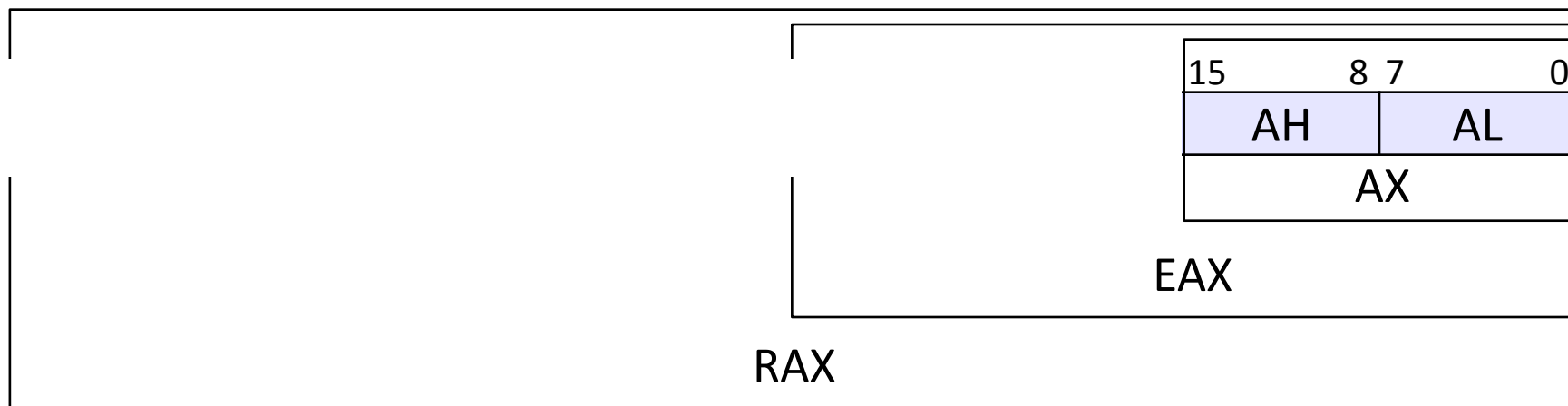


# Регистры общего назначения (РОН)

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!

# Устройство компьютера

## Память

# Что такое компьютерная память?

**Память** — это устройство компьютера, 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
- ...

контроллер

К

носитель



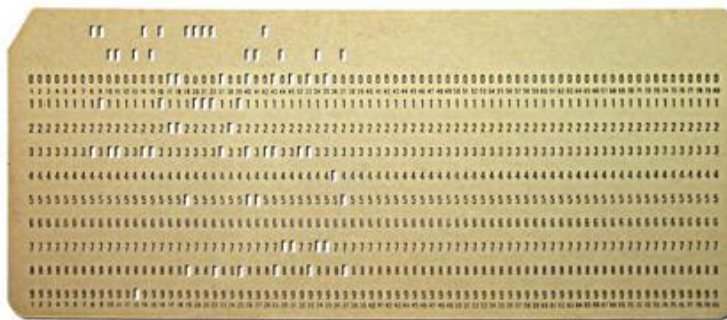
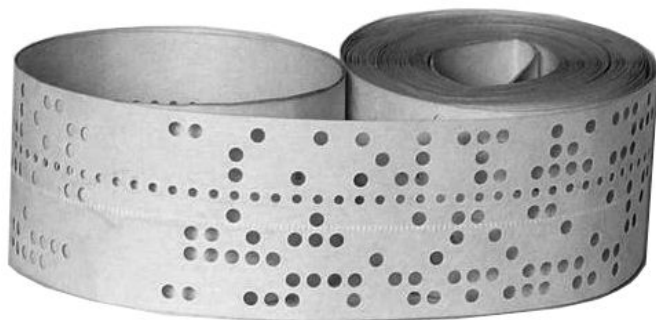
# Внешняя память

---

- 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*)



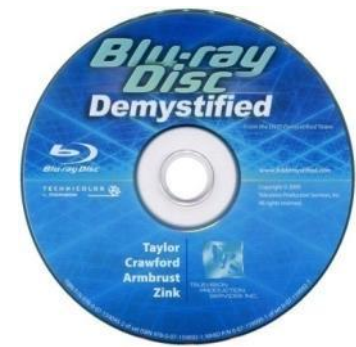
до 700 Мбайт

DVD (*Digital Versatile Disk*)



до 17,1 Гбайт

Blu-ray Disk



до 500 Гбайт

- флэш-память



флэш-карты



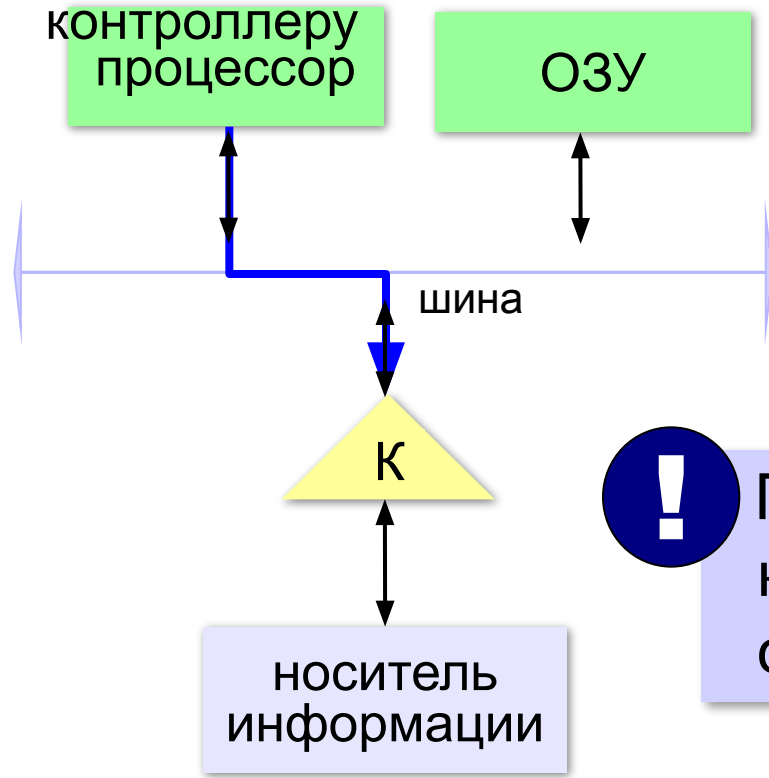
флэш-накопители



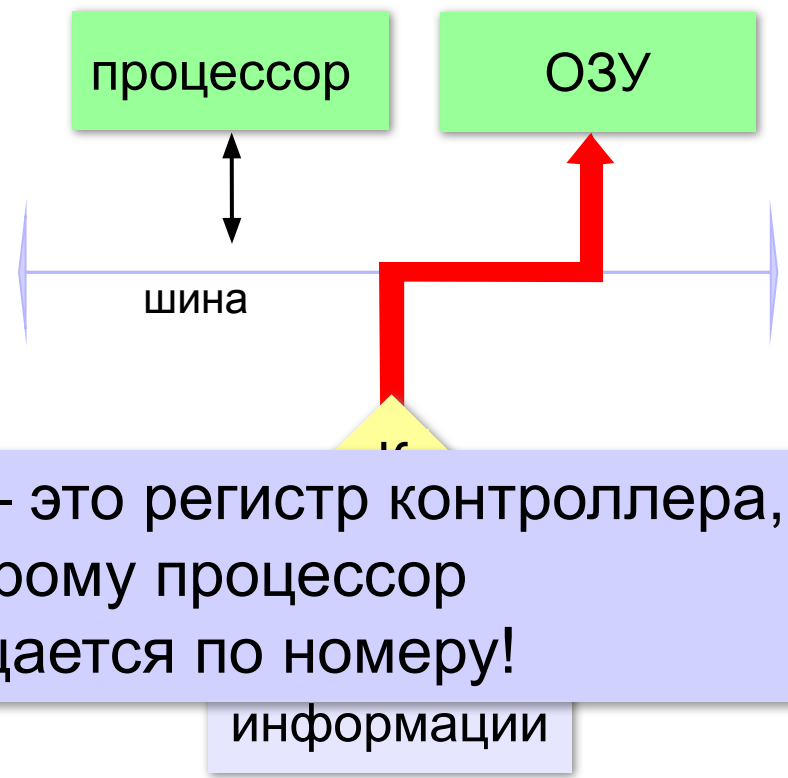
SSD  
(*Solid State Drive*)

# Чтение данных в ОЗУ

## 1. Передача «задания» контроллеру процессор



## 2. Ввод данных в ОЗУ процессор

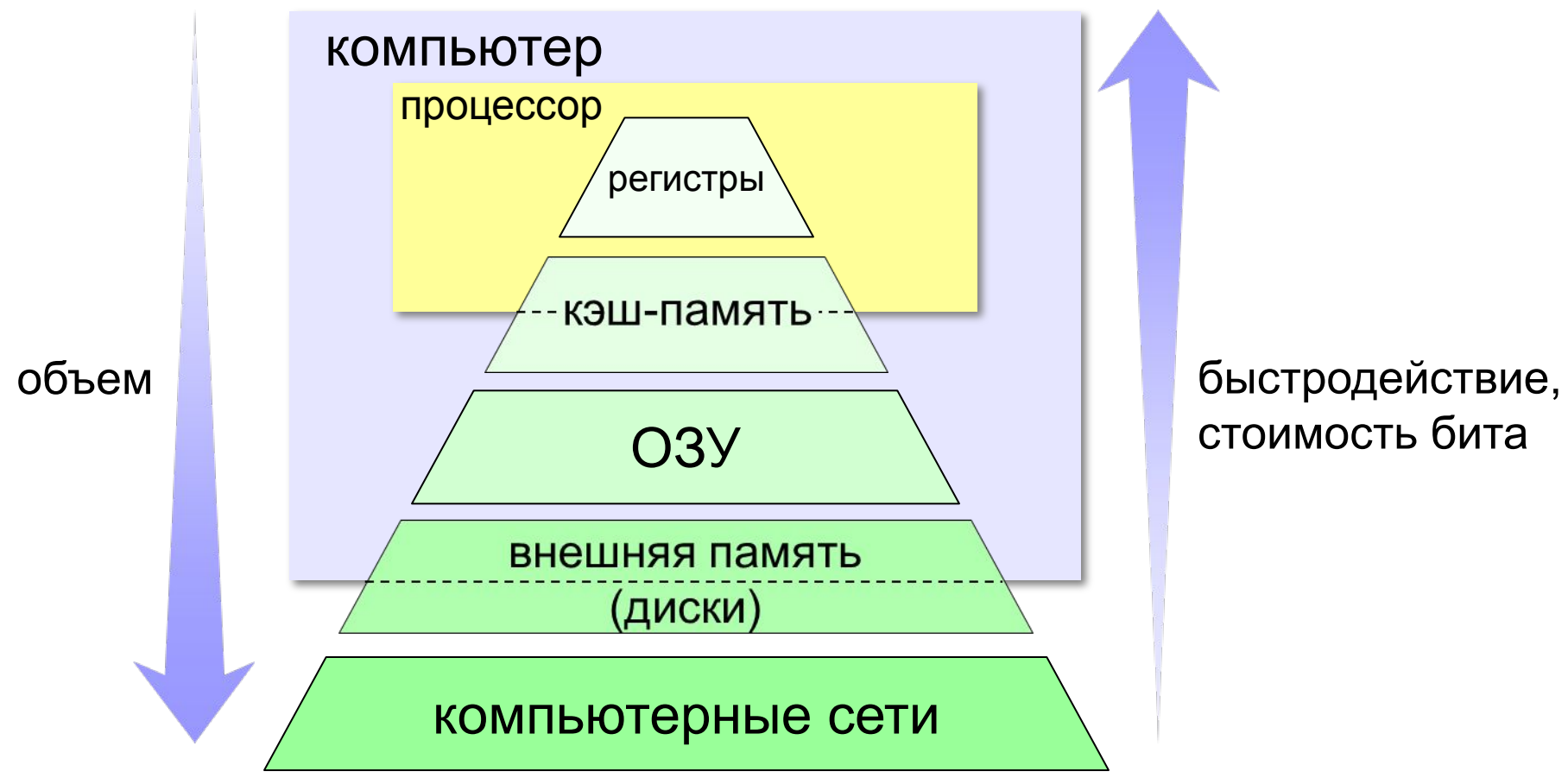


**!** Порт – это регистр контроллера, к которому процессор обращается по номеру!

↔ линия не задействована  
 → линия используется для управления

→ передача данных  
**!** Ещё участвует контроллер ПДП!

# Иерархия памяти

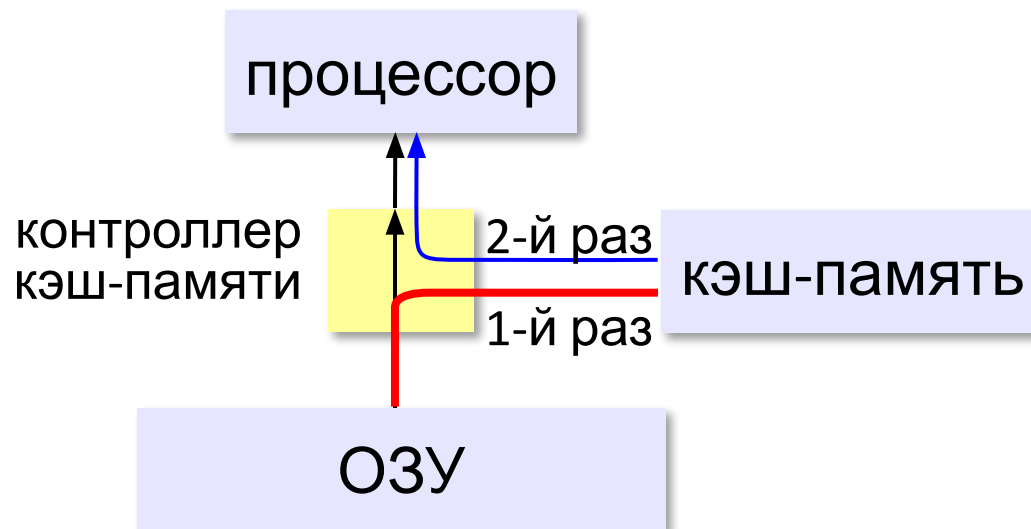


**?** **?** Где расположить ОЗУ? **?** **?**

# 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**.



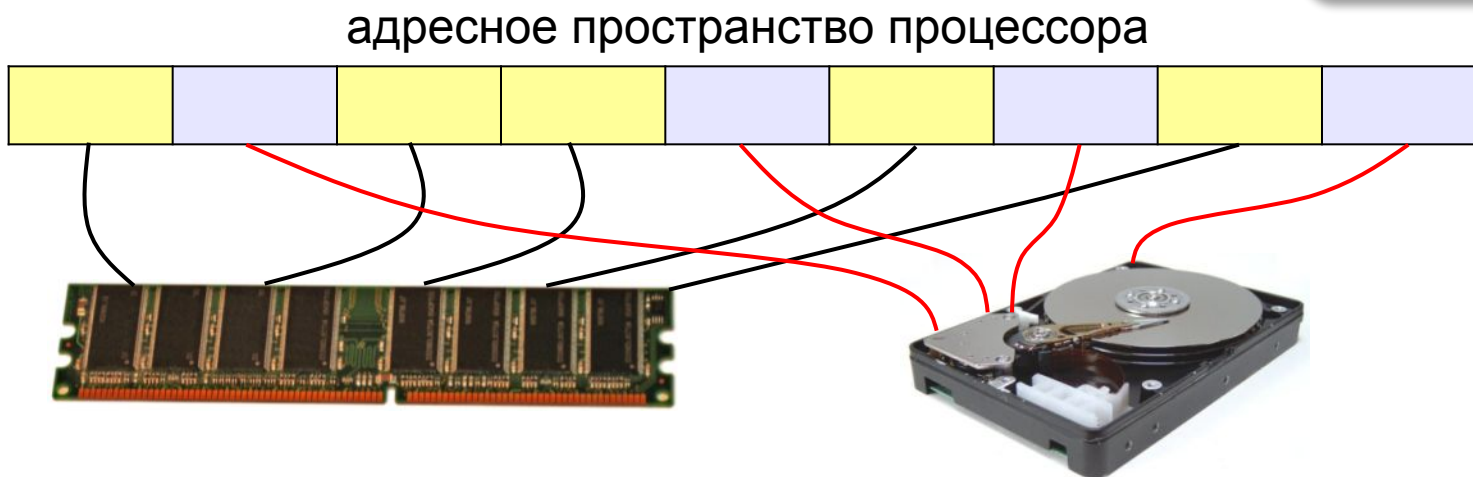
# Виртуальная память

- 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

# Устройство компьютера

## Устройства ввода

# 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

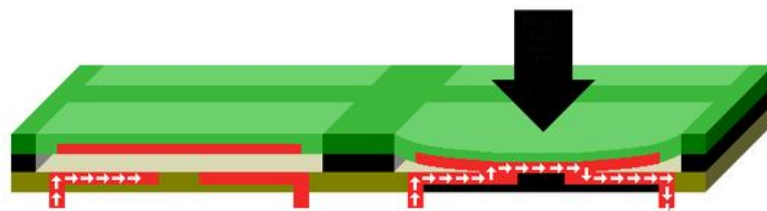
джойстик

флэш-диск

сетевая карта

# Клавиатура

## Мембранная

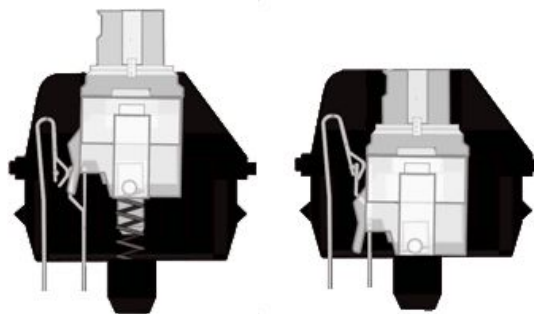


- простая и дешёвая



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

## Механическая



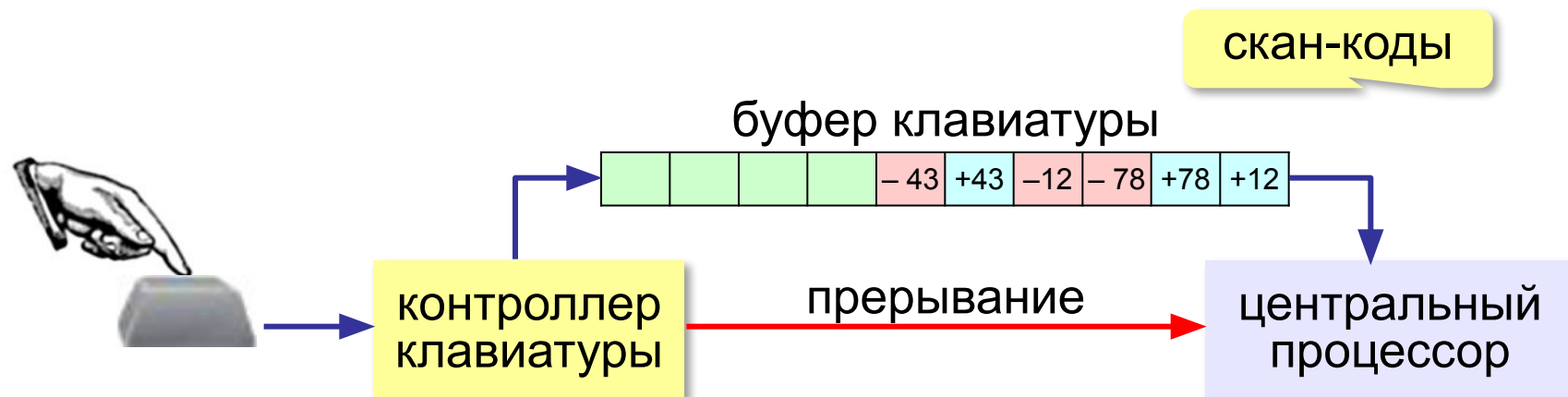
- реакция быстрее
- 20-50 млн нажатий
- характеристики не меняются



- дороже
- тяжелее

# 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)



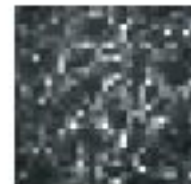
### Характеристики:

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



### 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

***ABBY 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



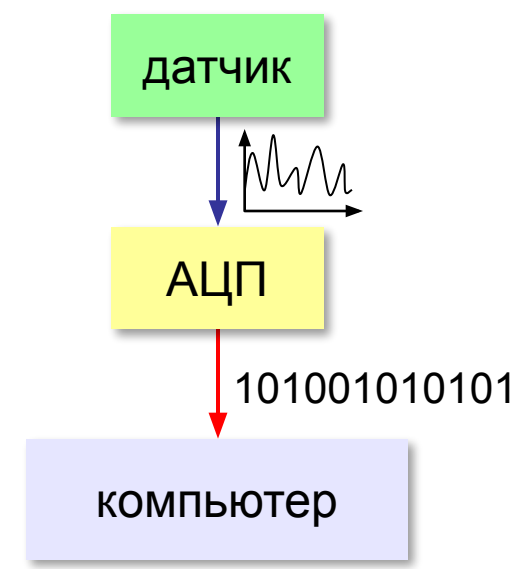
## Веб-камера



## Графический планшет



## Датчики



# Устройство компьютера

## Устройства вывода

# Что такое устройства вывода?

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

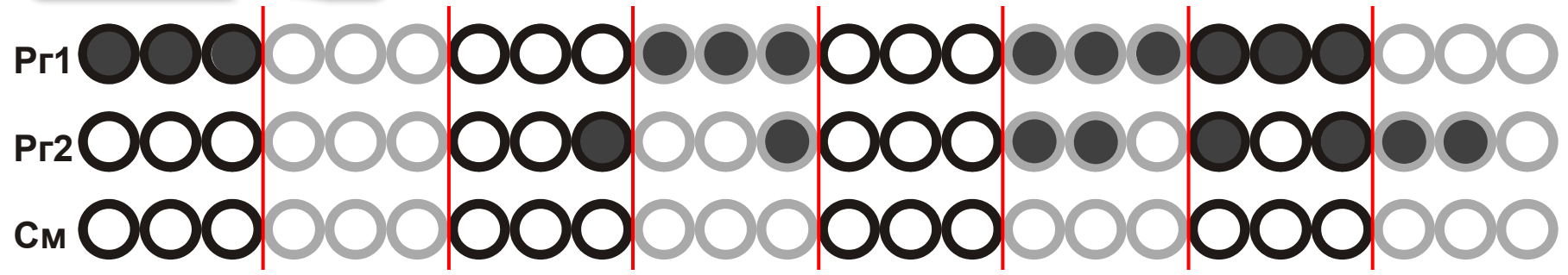
**?** Что не относится к устройствам вывода?

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



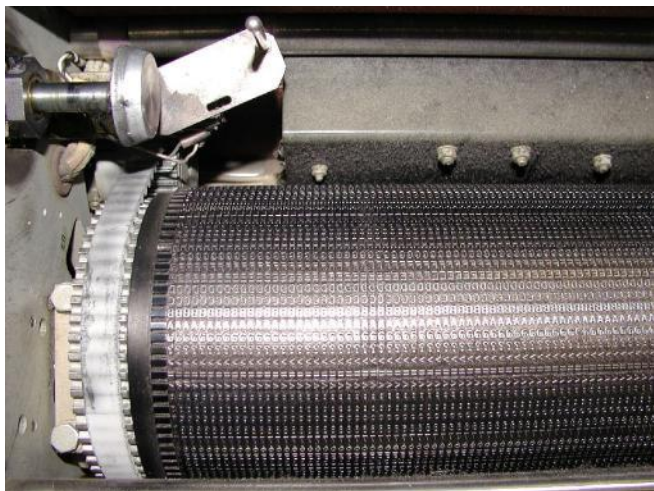
# Первые устройства вывода

70070770<sub>8</sub>

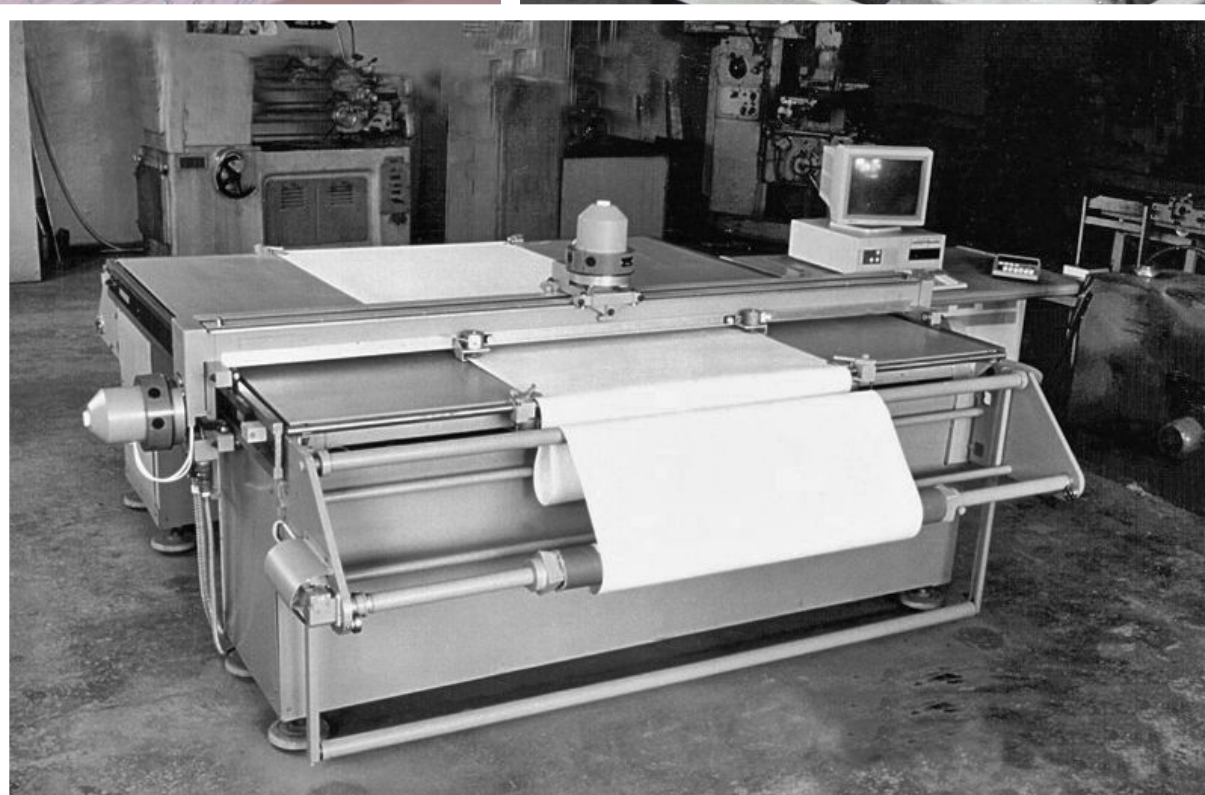
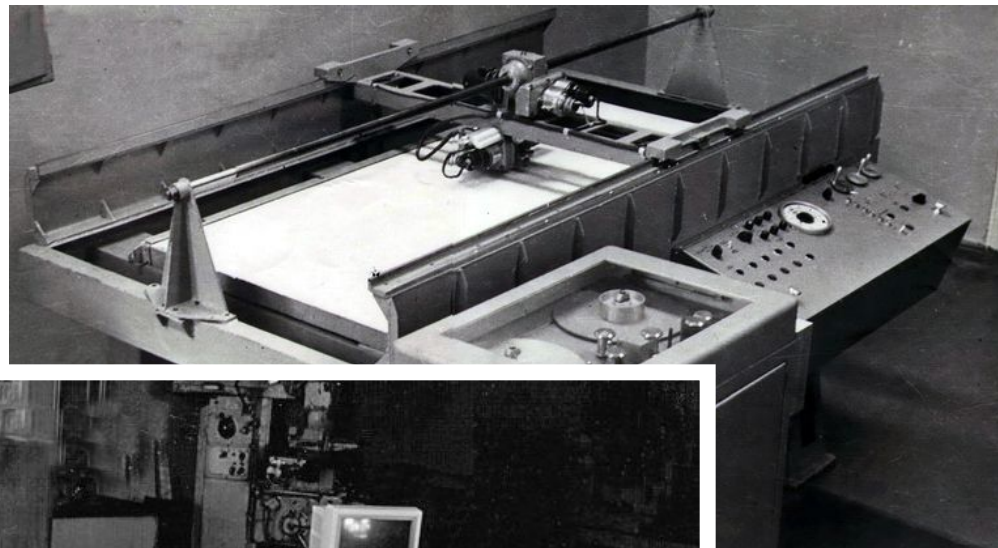
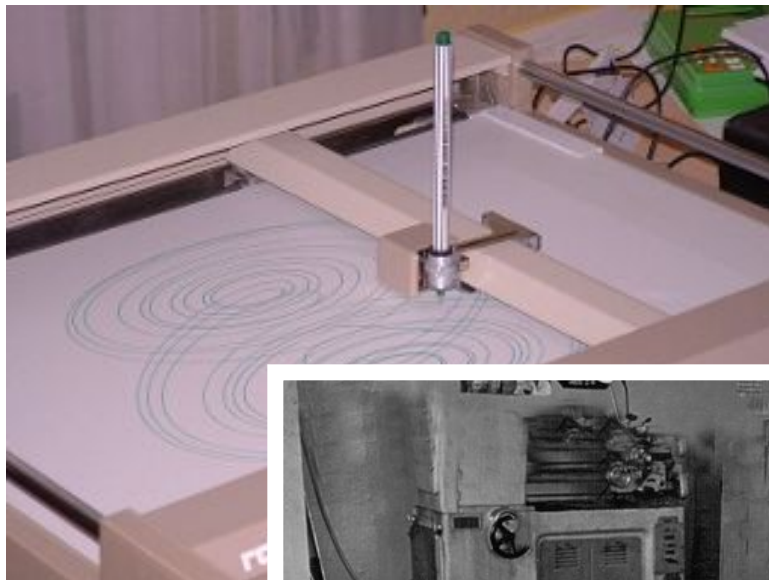


Pr2 = ?

АЦПУ = алфавитно-цифровые печатающие устройства



# Плоттеры (графопостроители)



# Мониторы

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

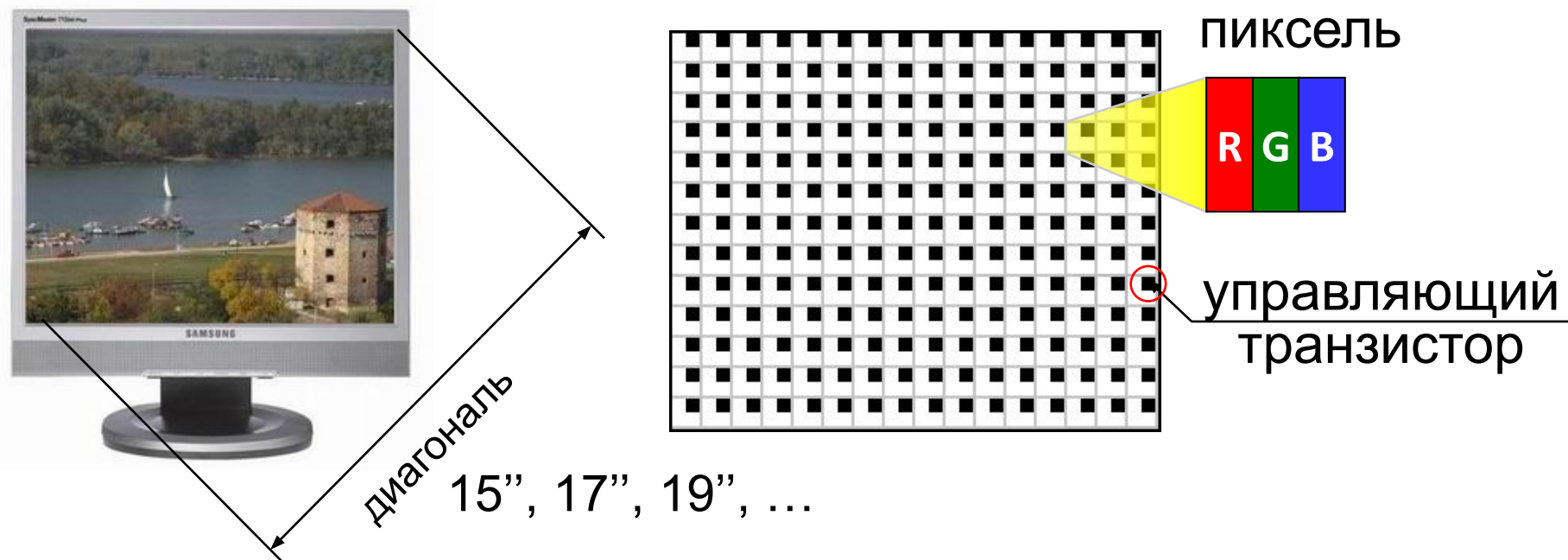


- очень малое излучение
- малые размеры и вес
- потребляют мало электроэнергии (40 Вт)
- нет искажений изображения



- 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.

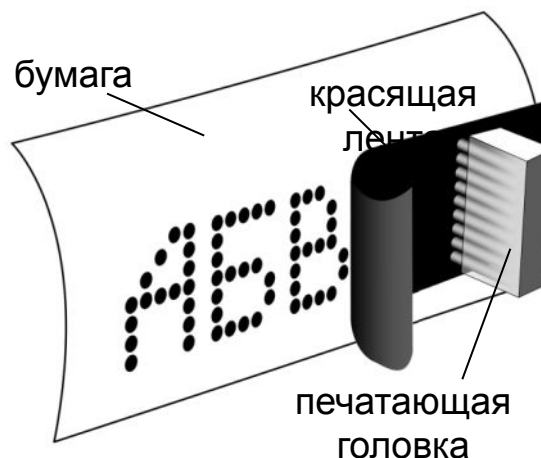
## Разрешающая способность

**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!!!

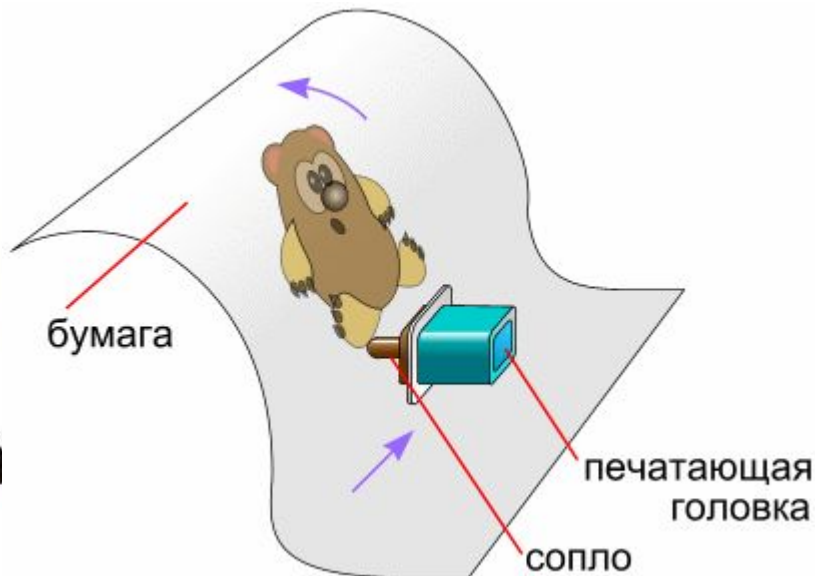


- дешевые принтеры и ленты
- нетребовательны к бумаге



- 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

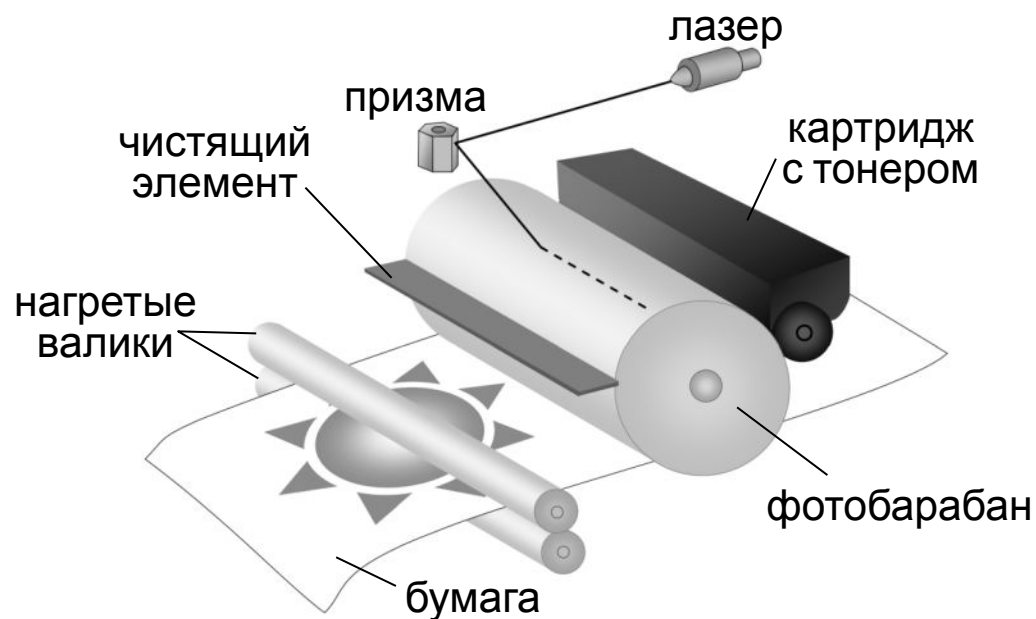


- относительно дешевые
- качественная печать
- мало шумят
- большинство – цветные



- 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

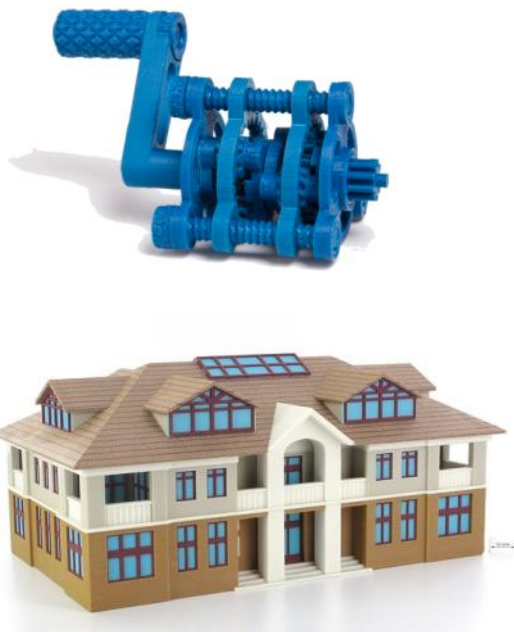


- специальная бумага и пленки с красками

# 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