

Устройство компьютера

Принципы устройства компьютеров

Магистрально-модульная организация
компьютера

Процессор

Память

Устройства ввода

Устройства вывода

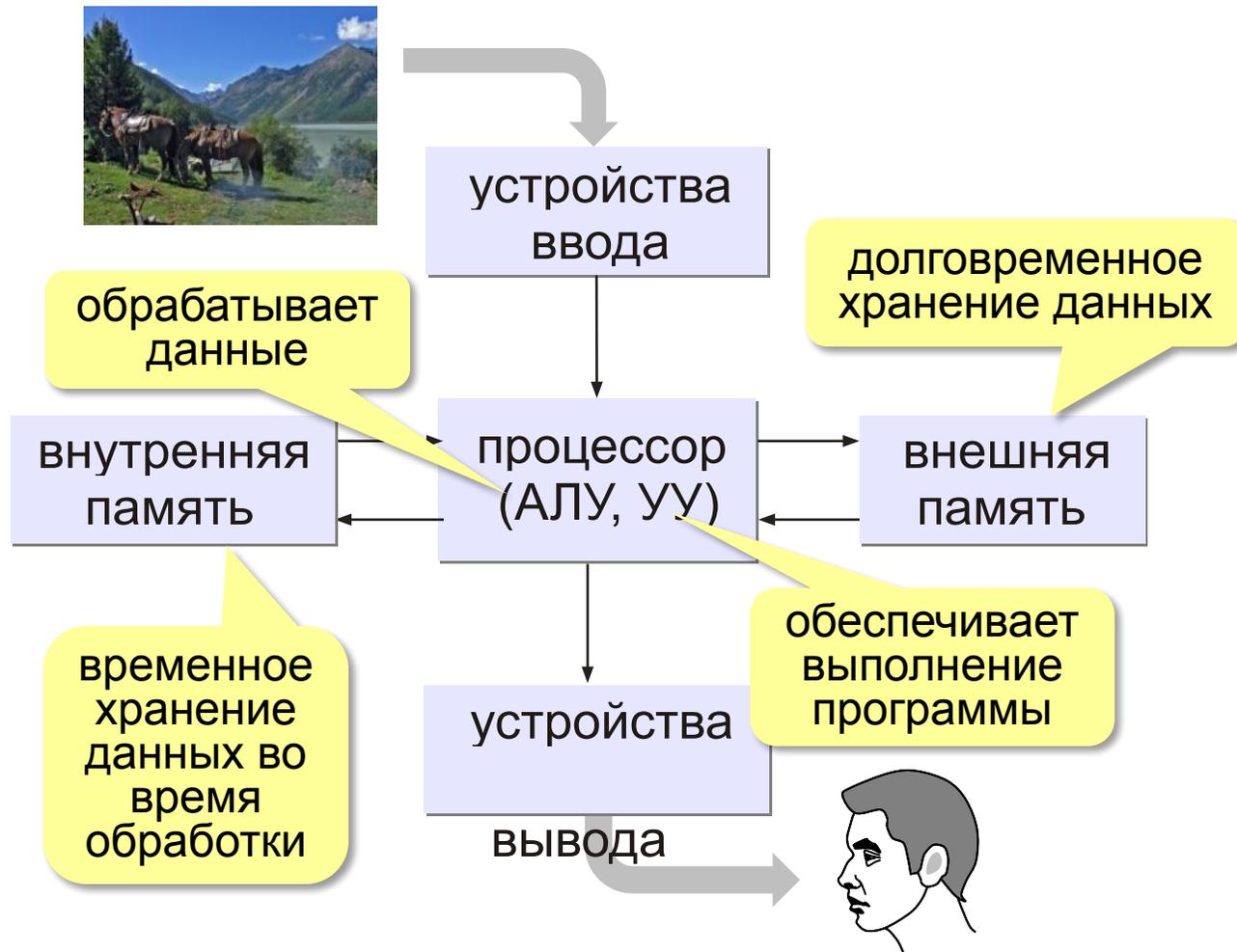
Принципы устройства компьютеров

А. Беркс, Т. 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

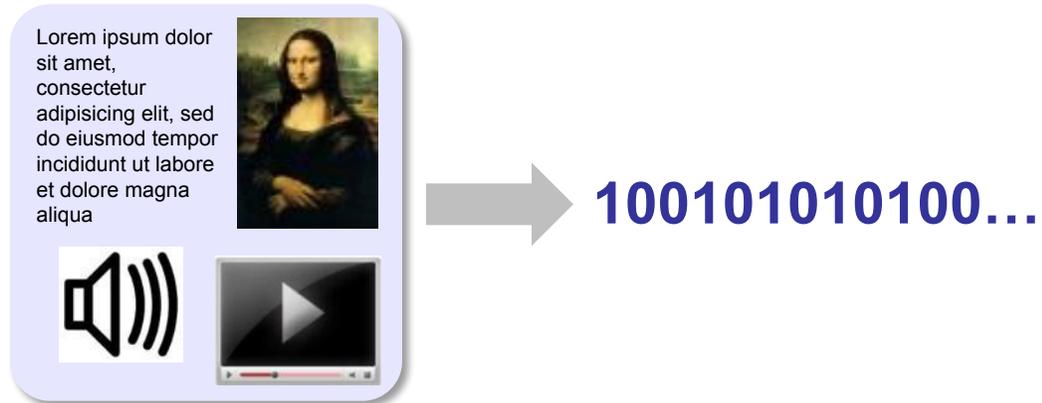
Архитектура фон Неймана



Джон фон Нейман
(1903-1957)

Принцип двоичного кодирования

Все данные хранятся в двоичном коде.



⊕ проще устройства для хранения и обработки данных

Троицкая 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

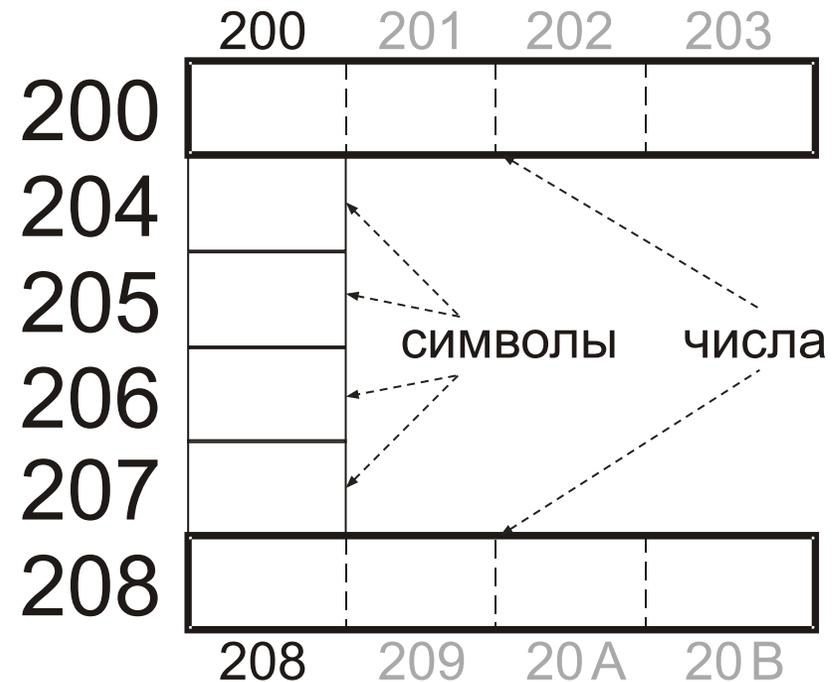
Принцип адресности памяти

- 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



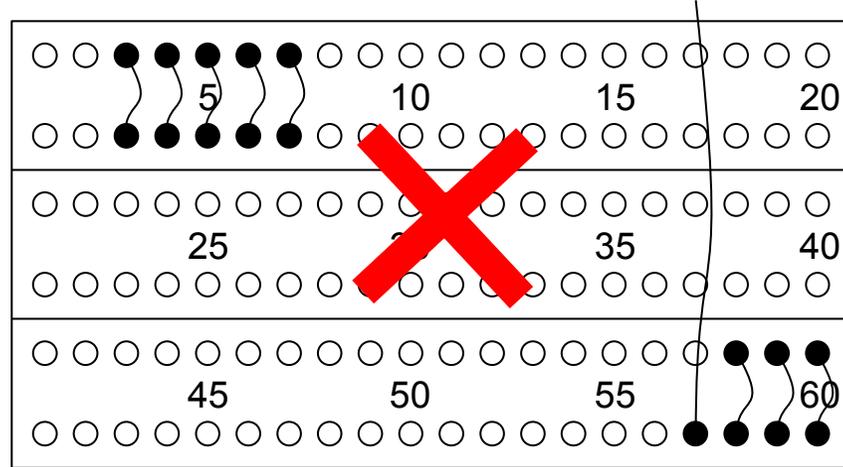
Эти требования противоречивы!

Использование несколько 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.

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

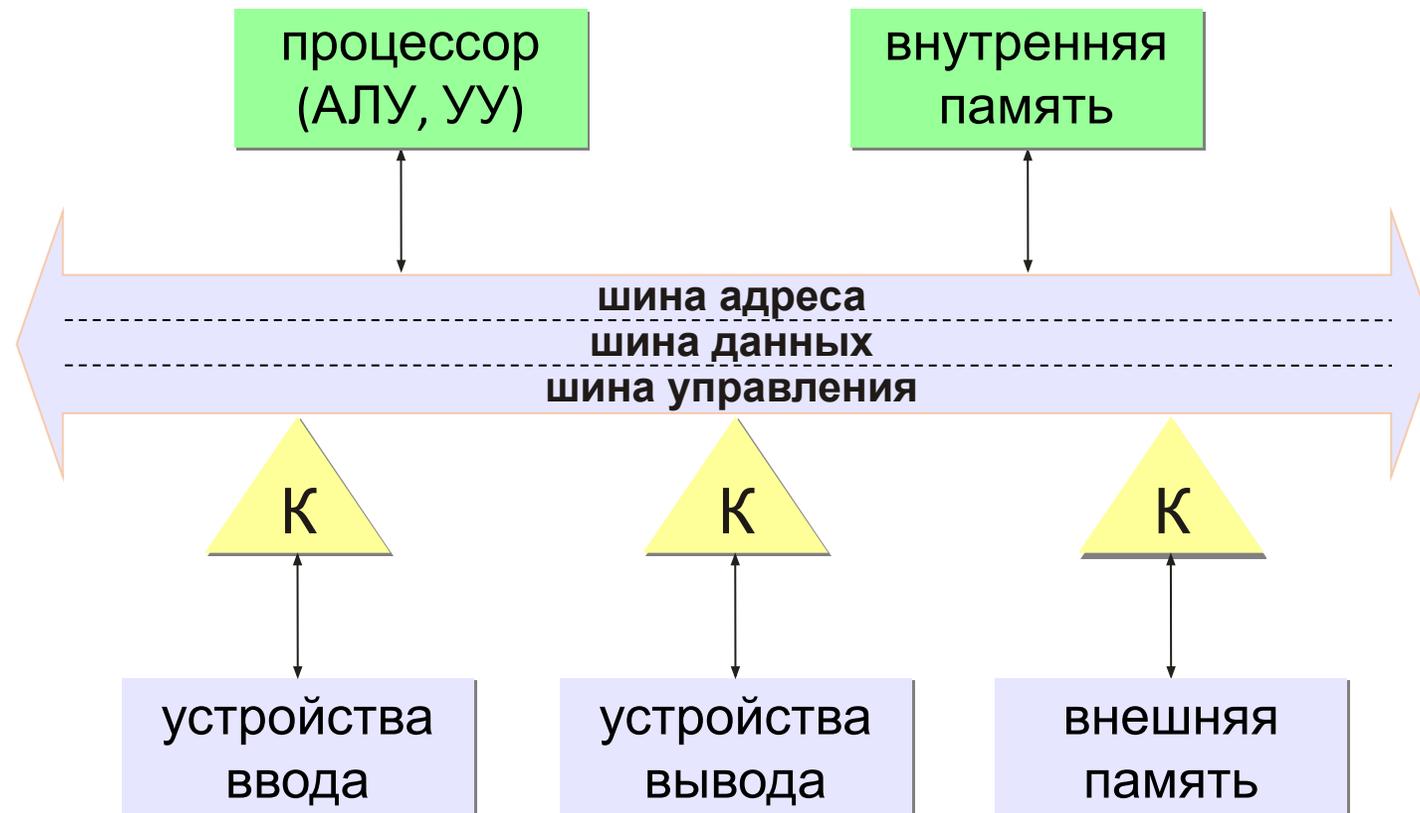
- суперкомпьютеры



«ЛОМОНОСОВ»

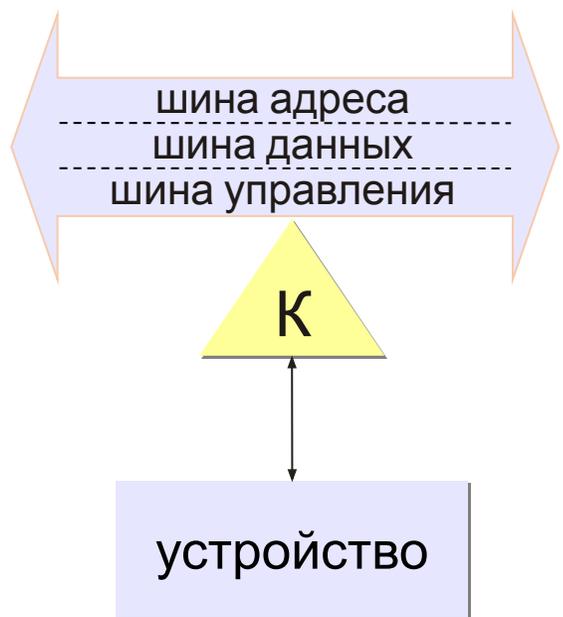
Взаимодействие устройств

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



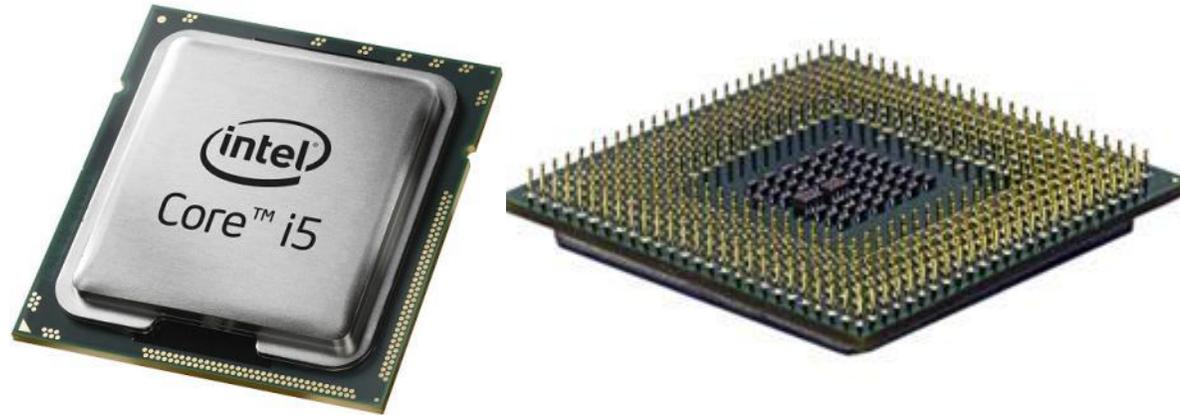
▪ сложность (нужен контроллер ПДП)

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

$R \leq 0$:

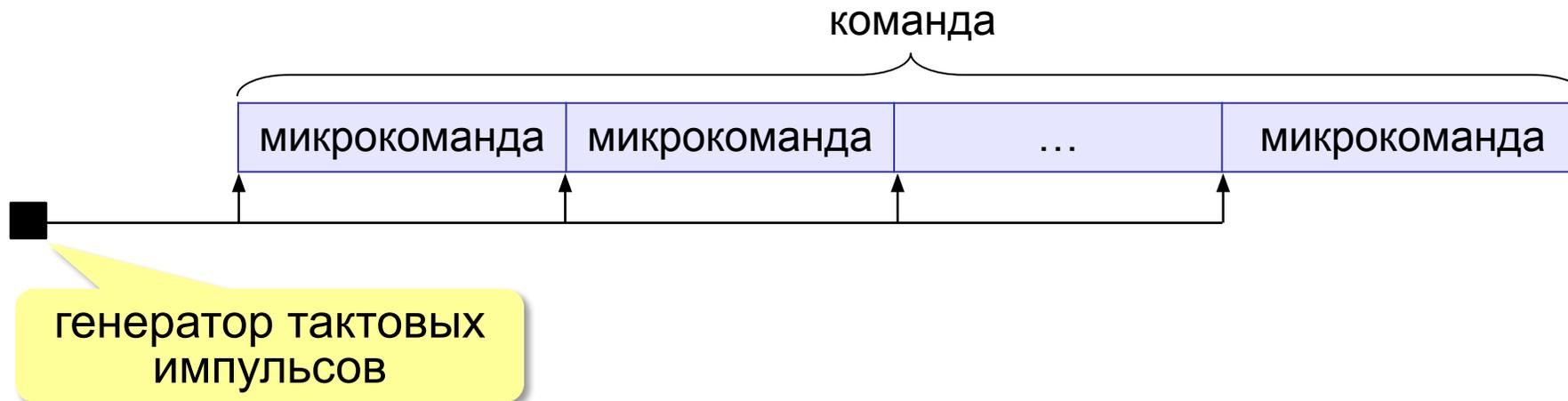
$R \geq 0$:



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

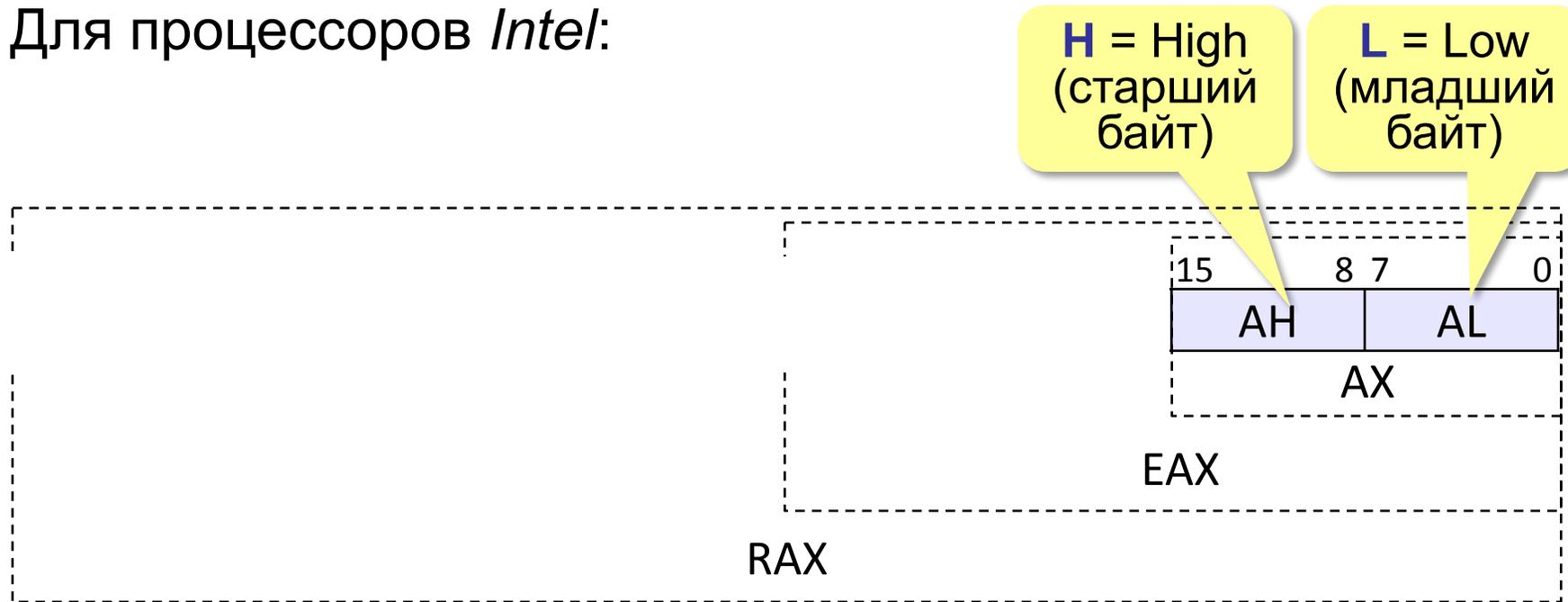
Устройство управления

- 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*:



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

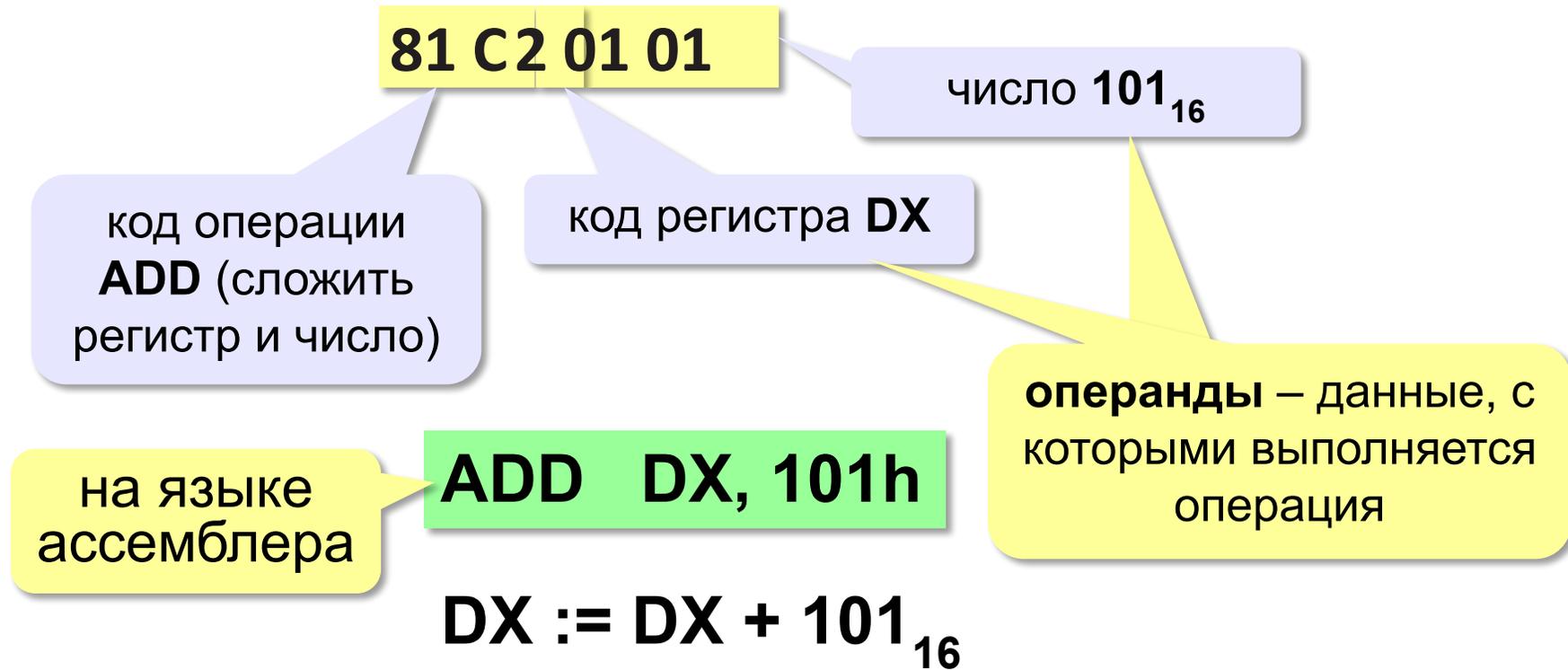
- команды **передачи** (копирования) данных
- **арифметические** операции
- **логические** операции, например «НЕ», «И», «ИЛИ», «исключающее ИЛИ»
- команды **ввода и вывода**
- команды **переходов** (условного, безусловного)



Совместимость: новые модели поддерживают все команды предыдущих!

Intel 8080 → Pentium III → Core i7

Система команд процессора



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  А умножение? КТ
- только две операции с памятью – чтение (LOAD) в регистр и запись (STORE) из регистра
- много регистров (32, ...)



- проще аппаратра
- 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



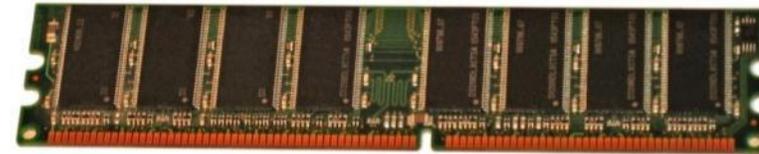
сейчас:

- 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
- ...

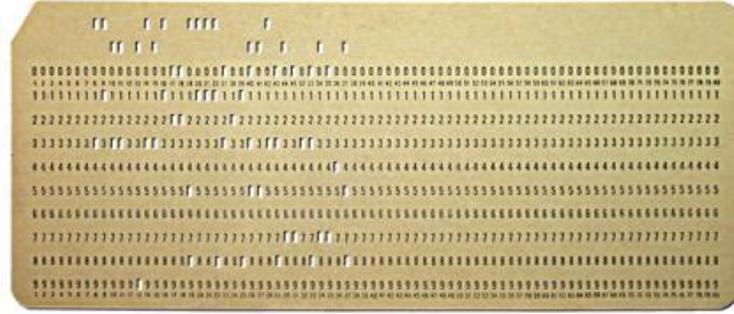
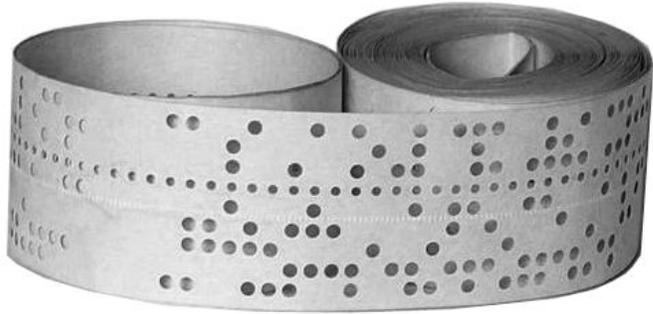


Внешняя память

- 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*)



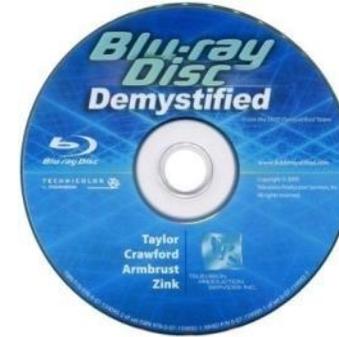
до 700 Мбайт

DVD (*Digital Versatile Disk*)



до 17,1 Гбайт

Blu-ray Disk



до 500 Гбайт

- флэш-память



флэш-карты



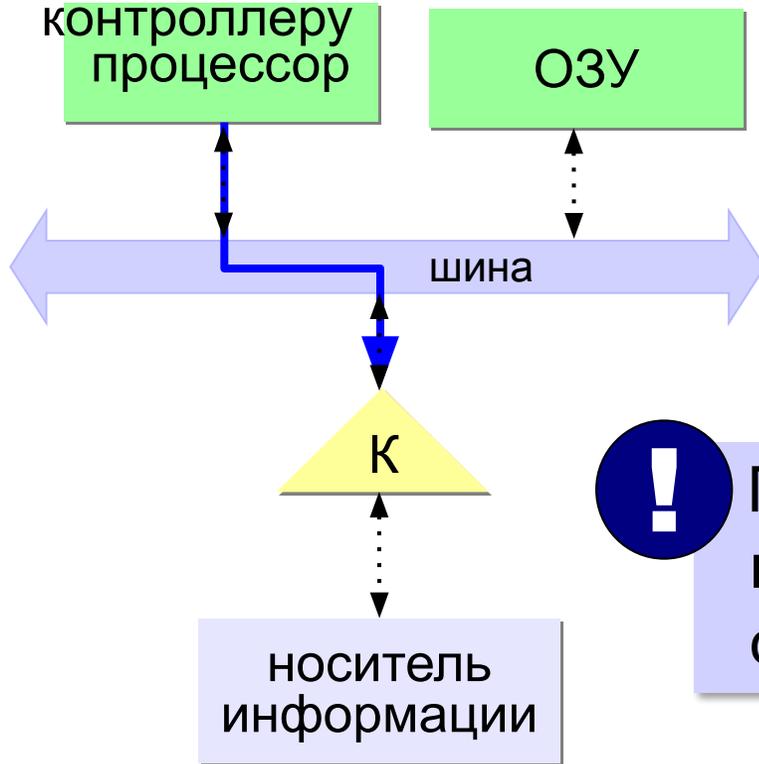
флэш-диски



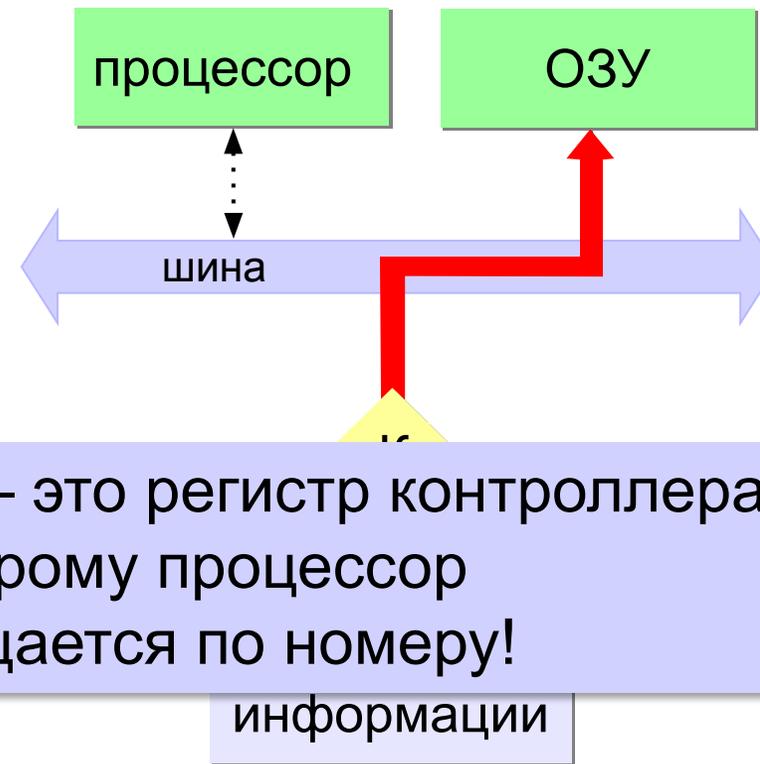
SSD
(*Solid State Drive*)

Чтение данных в ОЗУ

1. Передача «задания»



2. Ввод данных в ОЗУ



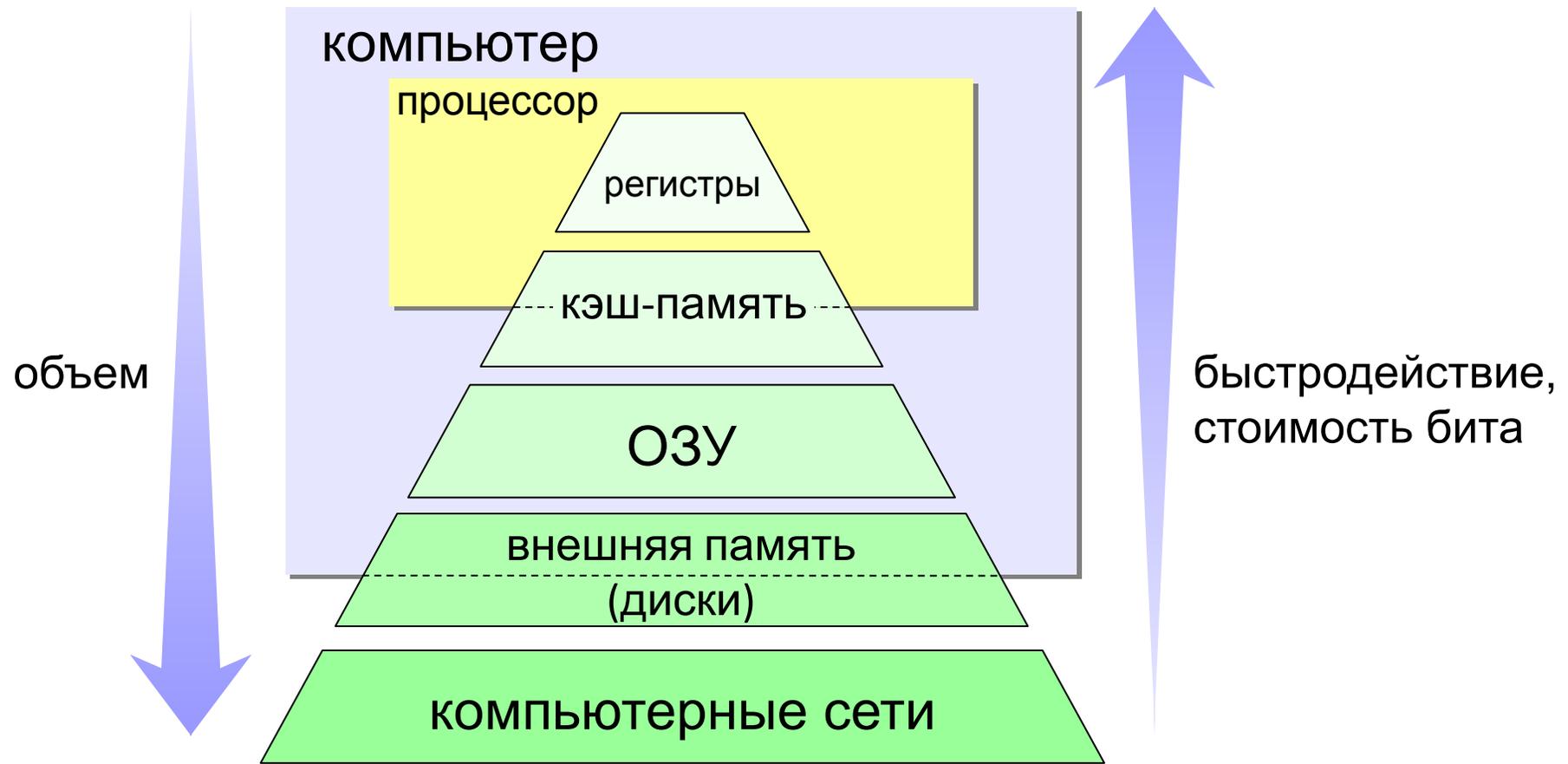
! Порт – это регистр контроллера, к которому процессор обращается по номеру!

←.....→ линия не задействована
→ линия используется для управления

→ передача данных

! Ещё участвует контроллер ПДП!

Иерархия памяти

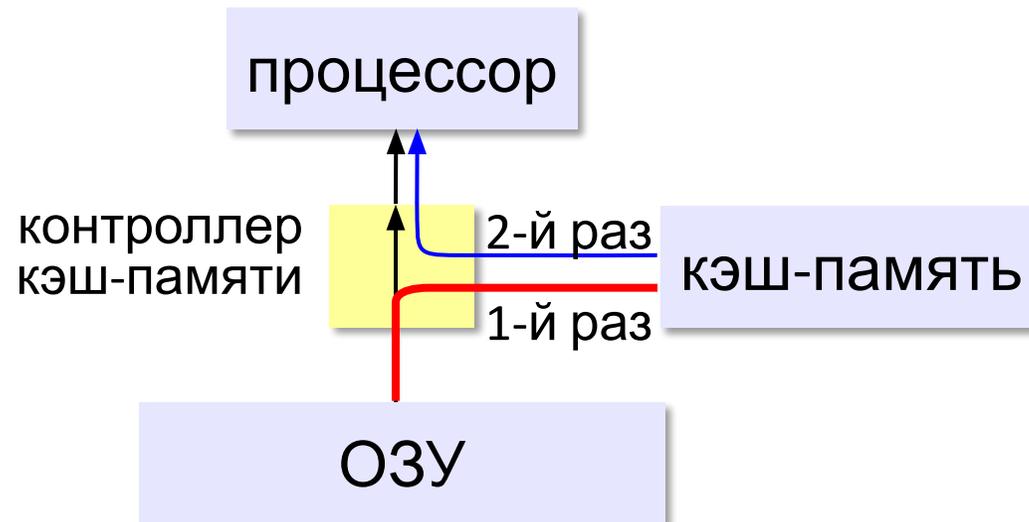


?? Где расположить ОЗУ? Бра?

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

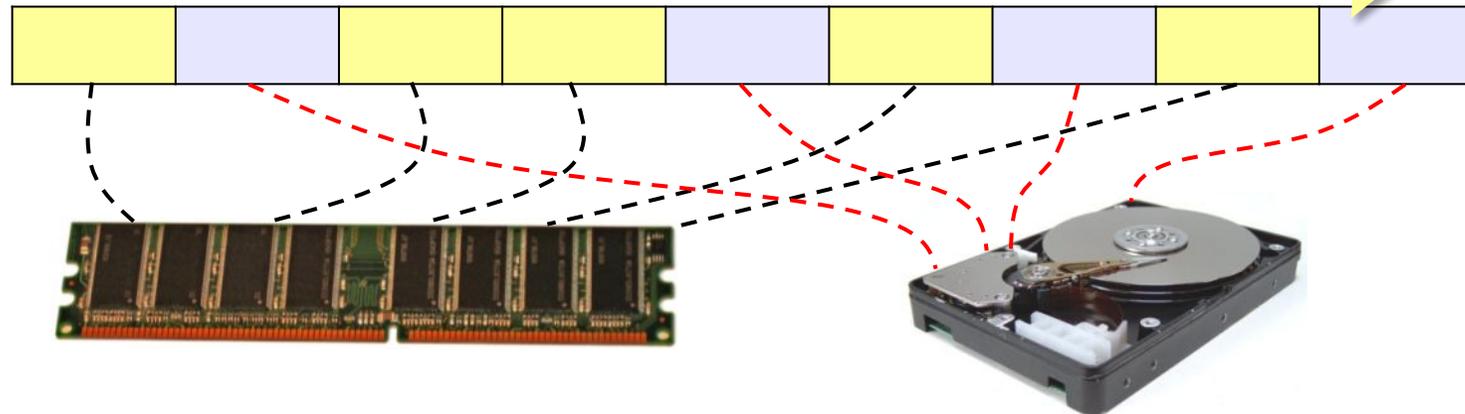
- использование сред быстрой разработки программ (RAD) – увеличение размера программы
- увеличение объема обрабатываемых данных (до Тбайтов)
- запуск нескольких программ одновременно



Требуется больше ОЗУ, чем реально установлено на компьютере!

страницы виртуальной памяти

адресное пространство процессора



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.

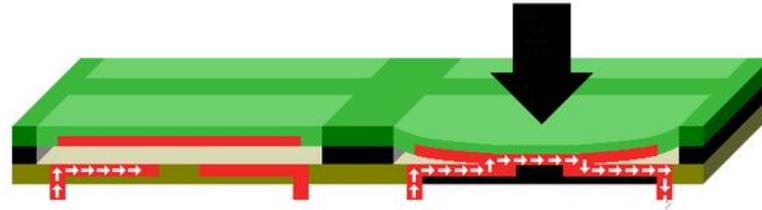


Что не относится к устройствам ввода?

- сенсорная панель (*touchpad*)
- флэш-диск ~~X~~
- сканер
- жесткий диск ~~X~~
- микрофон
- мышь
- графический планшет
- джойстик
- датчики
- сетевая карта ~~X~~

Клавиатура

Мембранная

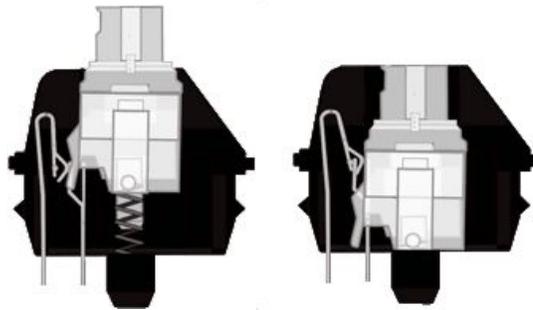


- простая и дешёвая



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

Механическая



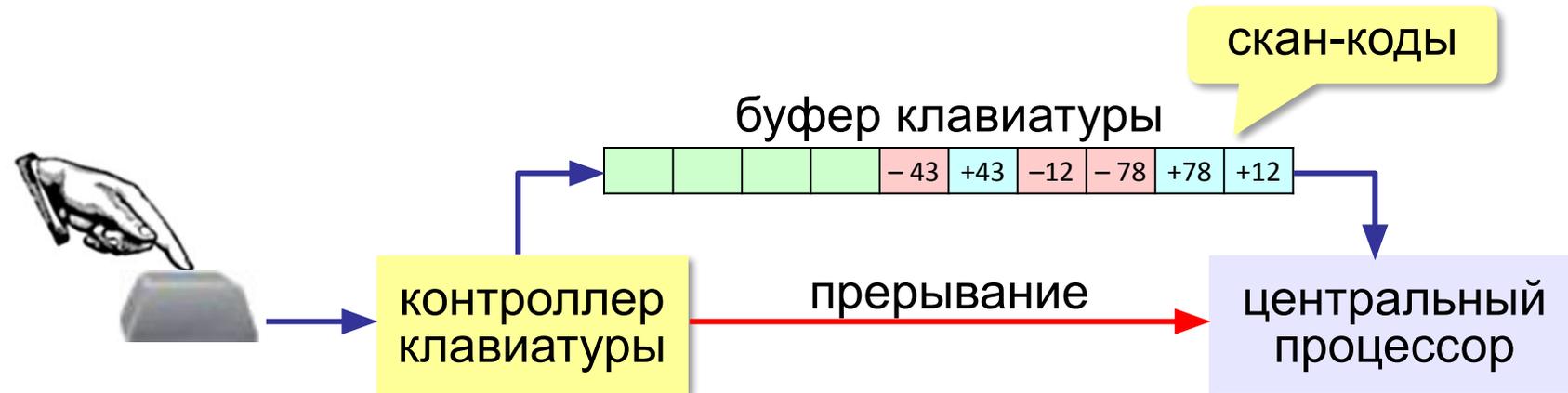
- реакция быстрее
- 20-50 млн нажатий
- характеристики не меняются



- дороже
- тяжелее

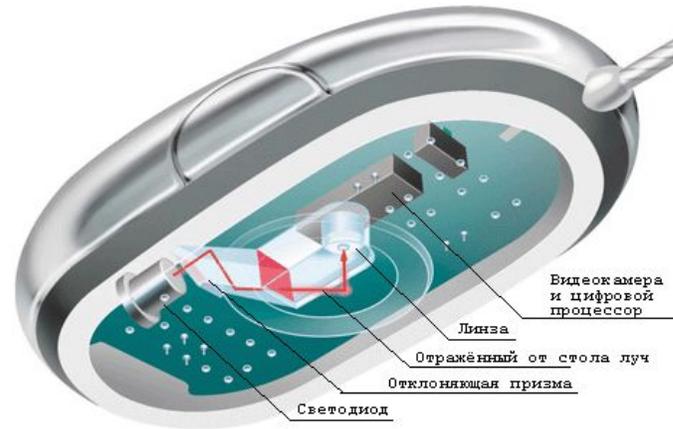
Контроллер клавиатуры

- **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)



Характеристики:

- разрешение ≈ 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)



мультикасание – реакция на касание в нескольких местах одновременно

Трекпоинт



Джойстик



Игровые манипуляторы



Сканеры

Сканер – устройство для ввода изображений.

ручные



планшетные



барабанные



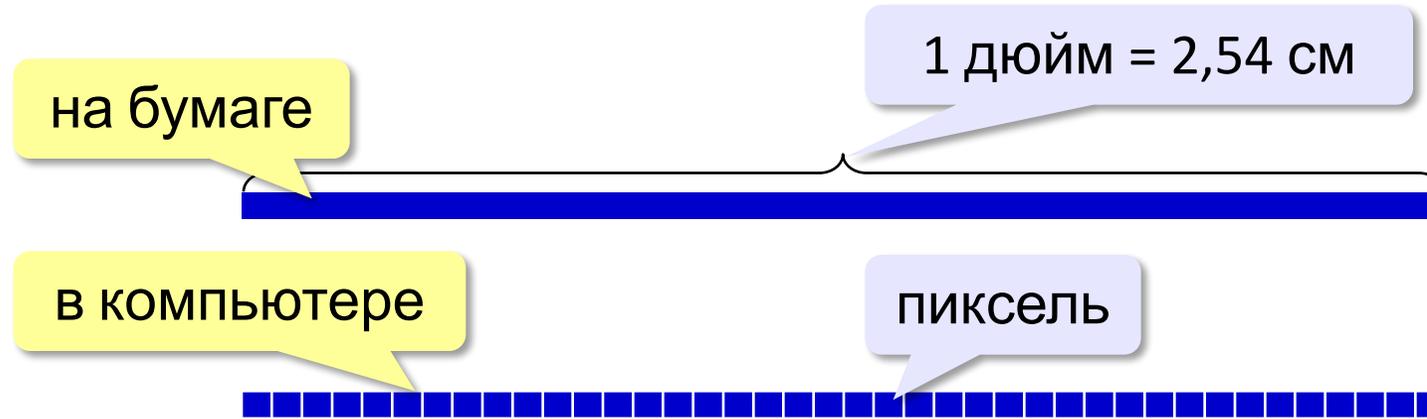
со слайд-модулем



рулонные



Сканеры



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
Сканирование в отраженном свете:	
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
Сканирование в проходящем свете:	
35-мм пленка, для веб-страниц	200-600
35-мм пленка, для печати на струйном принтере	600-2000

Устройства ввода

Микрофоны



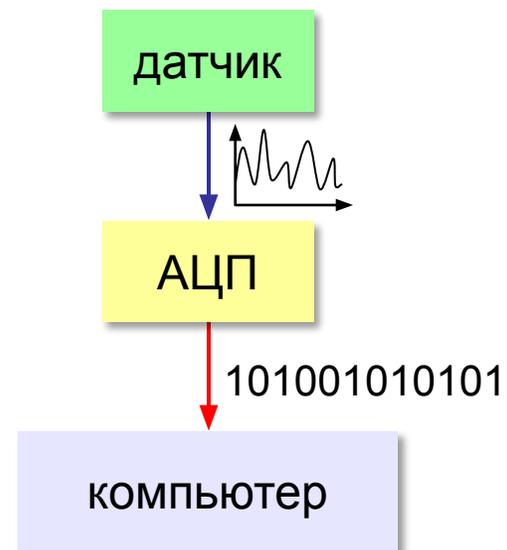
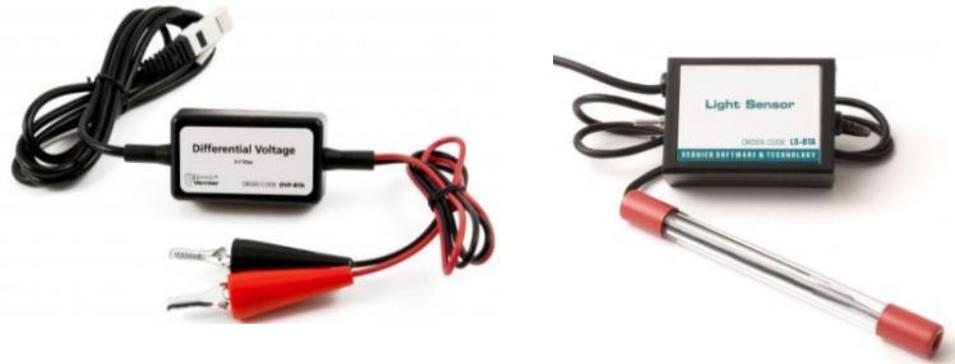
Веб-камера



Графический планшет



Датчики



Устройство компьютера

Устройства вывода

Что такое устройства вывода?

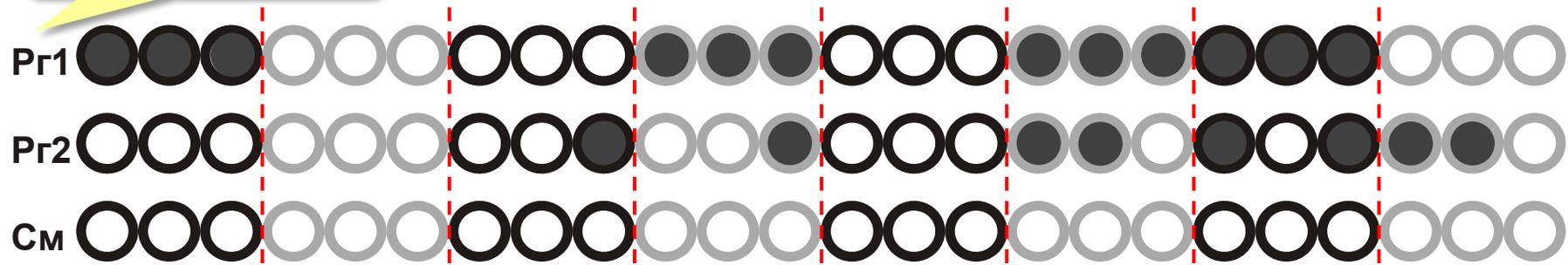
Устройства вывода — это устройства, которые представляют компьютерные данные в форме, доступной для восприятия человеком.

? Что не относится к устройствам вывода?

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

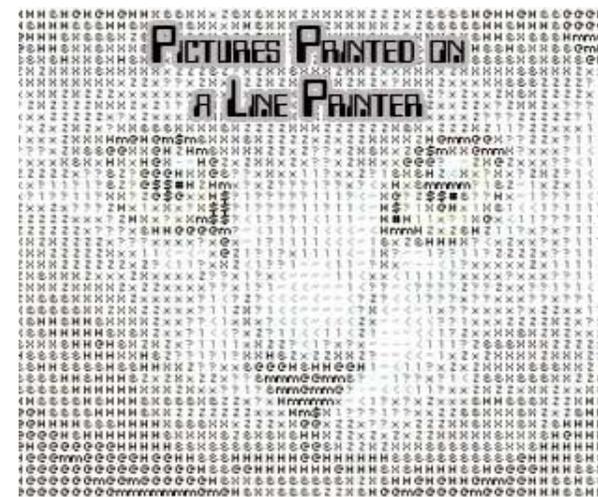
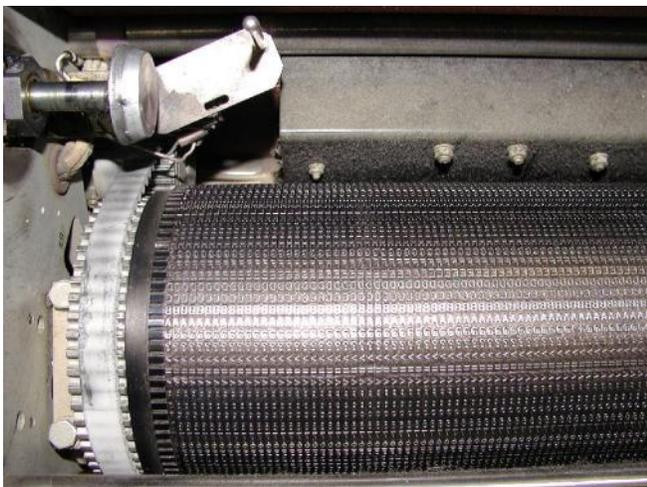
Первые устройства вывода

70070770₈

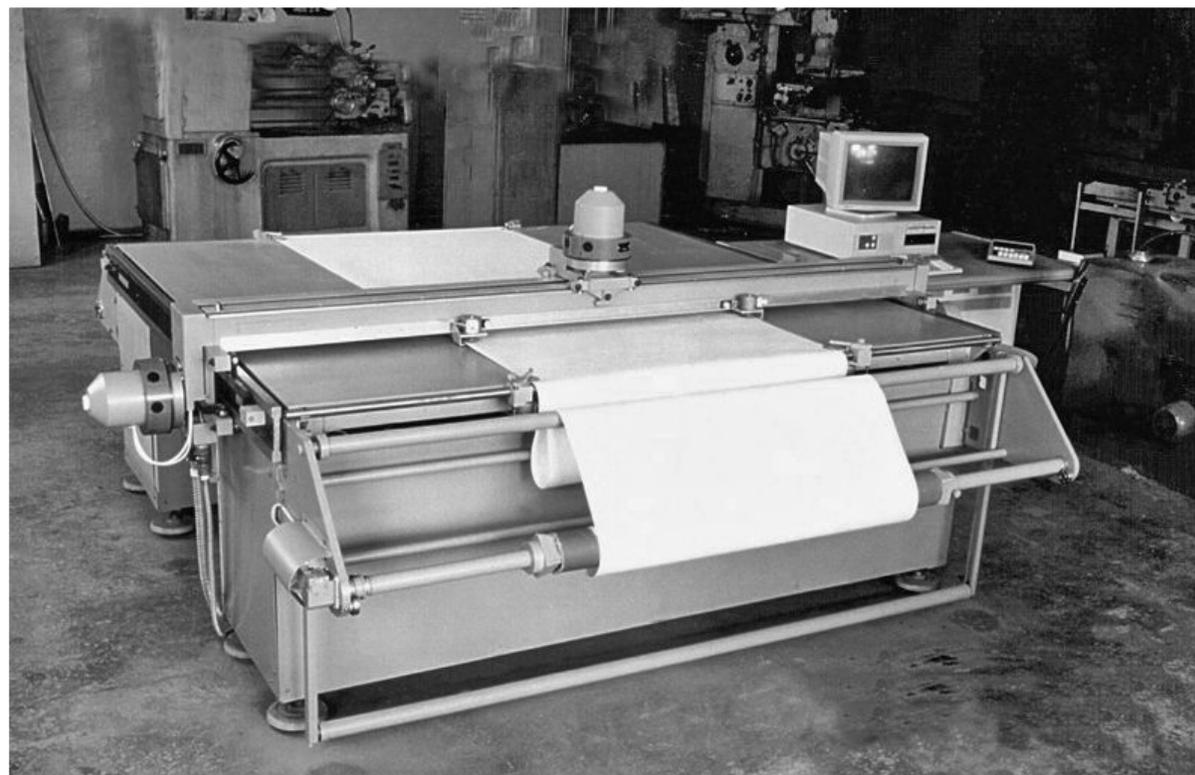
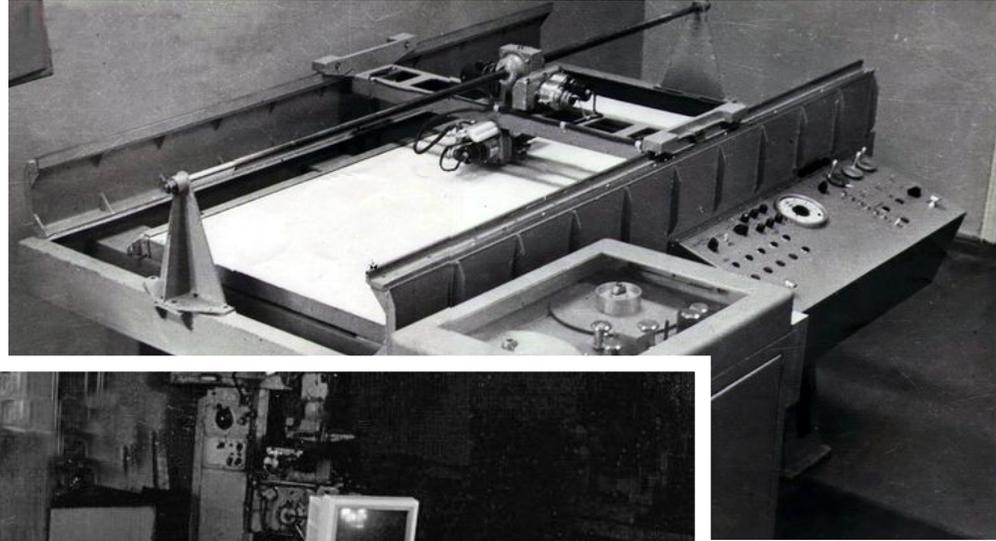


Pr2 = ?

АЦПУ = алфавитно-цифровые печатающие устройства



Плоттеры (графопостроители)



Мониторы

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

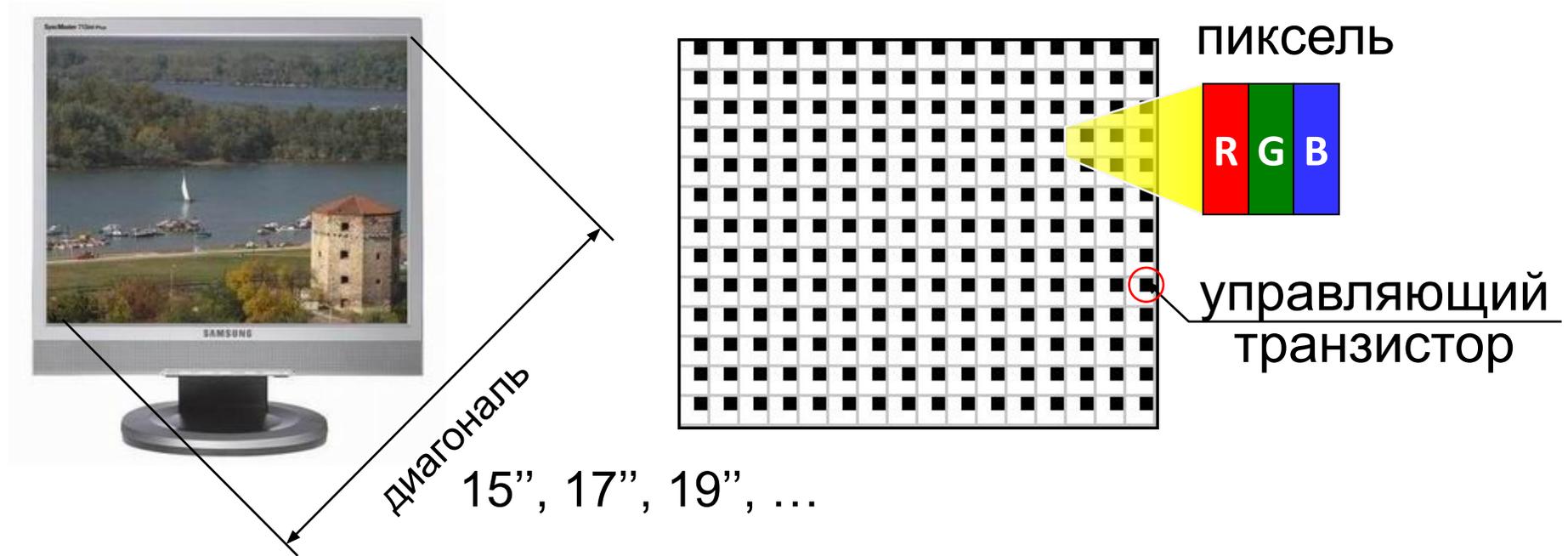


- очень малое излучение
- малые размеры и вес
- потребляют мало электроэнергии (40 Вт)
- нет искажений изображения



- 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.

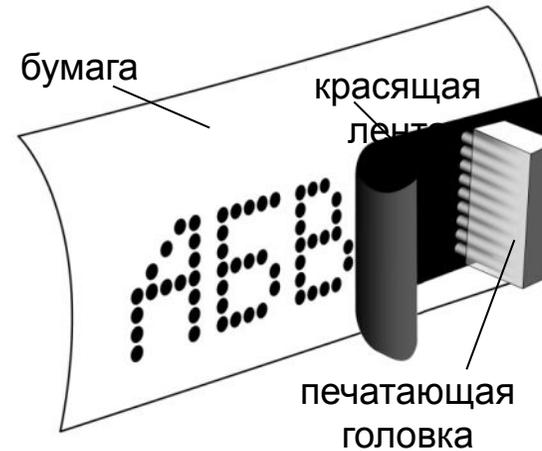
Разрешающая способность

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!!!

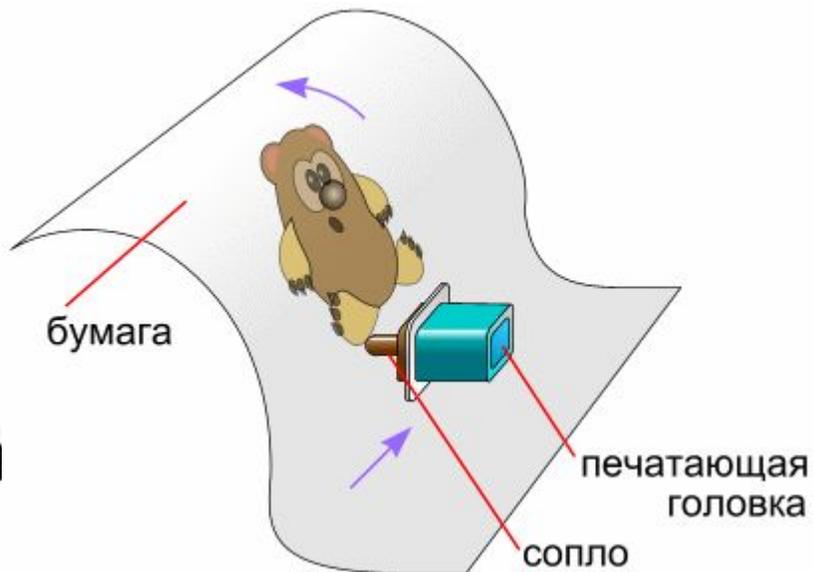


- дешевые принтеры и ленты
- нетребовательны к бумаге



- 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

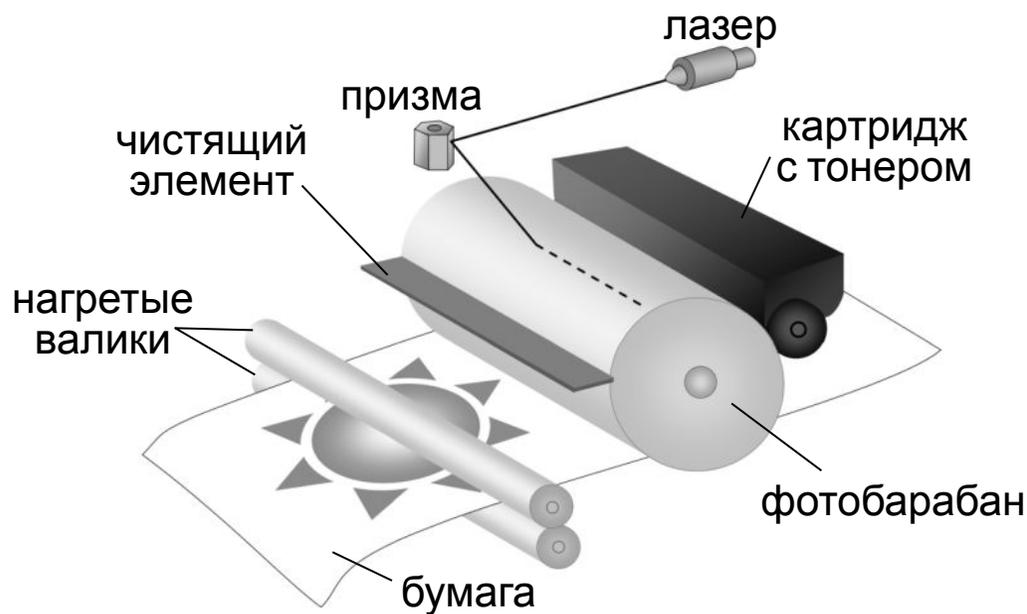


- относительно дешевые
- качественная печать
- мало шумят
- большинство – цветные



- 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:

Сян

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



мультикас – реакция на касание экрана в нескольких местах одновременно