



ИНСТИТУТ  
МАТЕМАТИКИ  
МЕХАНИКИ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ  
НАУК

имени И.И. Воровича —

---

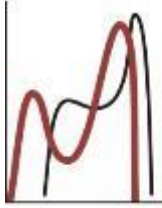
# Архитектура компьютера и операционные системы

---

## Лекция 2. Развитие вычислительной техники и разнообразие компьютеров

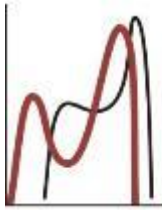
Андреева Евгения Михайловна

доцент кафедры информатики и вычислительного эксперимента



# Развитие вычислительной техники

- Нулевое поколение — механические компьютеры (1642–1945).
- Первое поколение — электронные лампы (1945–1955)
- Второе поколение — транзисторы (1955–1965)
- Третье поколение — интегральные схемы (1965–1980)
- Четвертое поколение — СБИС (1980-...)
- Пятое поколение ??? — компьютеры небольшой мощности, невидимые компьютеры

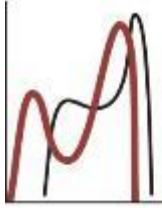


# Нулевое поколение (1642–1945)

- Блез Паскаль (1623–1662)



- Паскалина (1642)  
сложение, вычитание

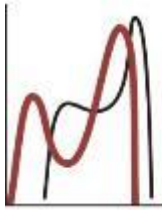


# Нулевое поколение (1642–1945)

- Готфрид Вильгельм фон Лейбниц (1646–1716)

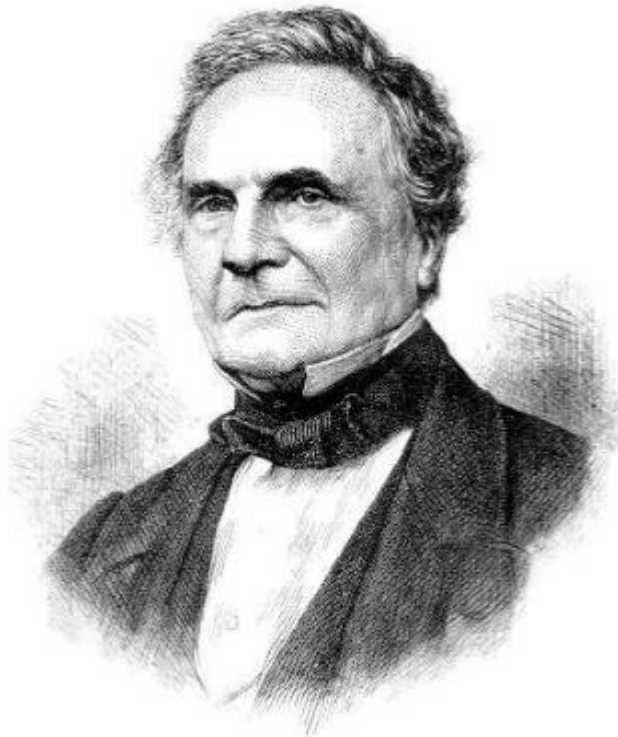


- Механический калькулятор (1673) – арифмометр Лейбница



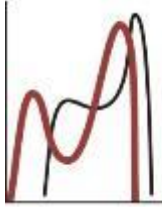
# Нулевое поколение (1642–1945)

- Чарльз Бэббидж (1791–1871)

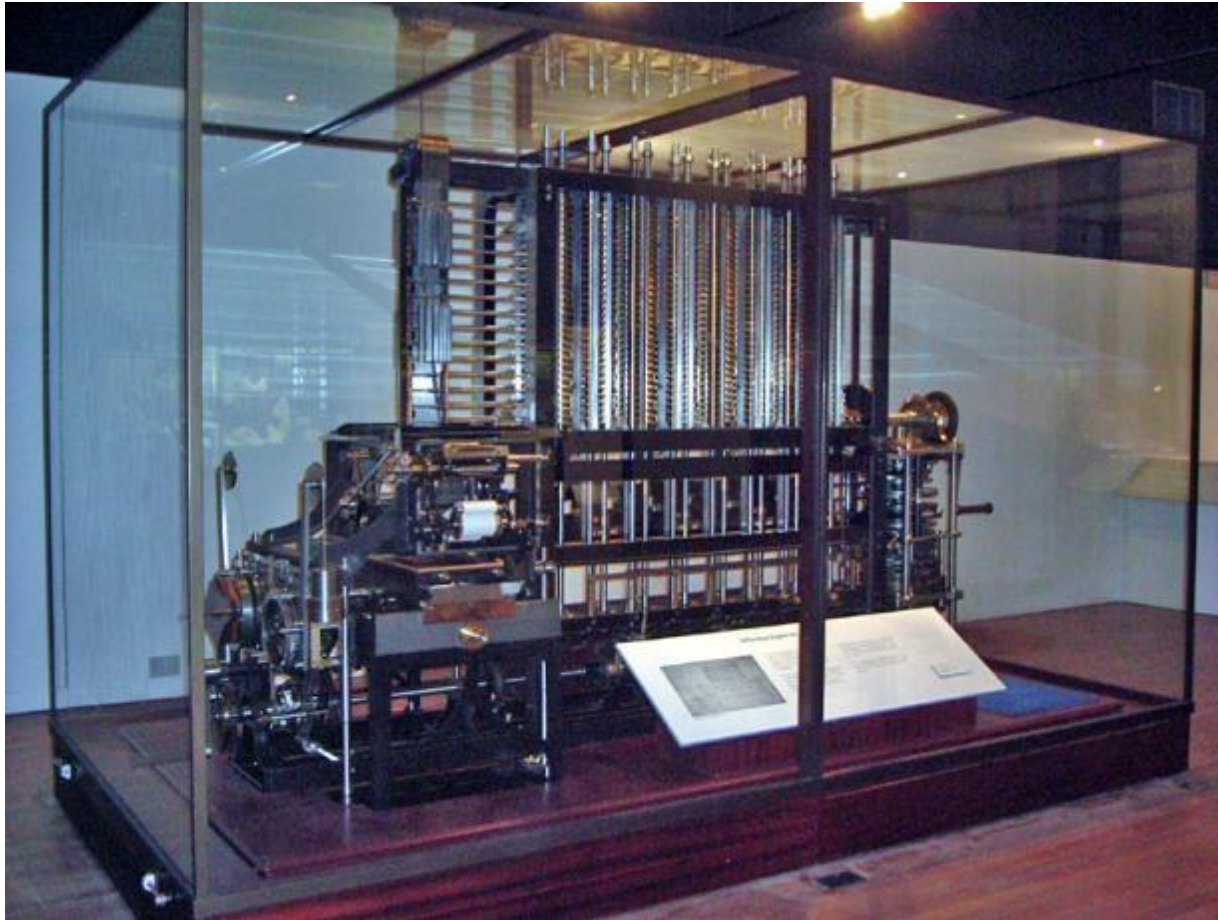


- Разностная машина (1822) для морской навигации. 1 алгоритм

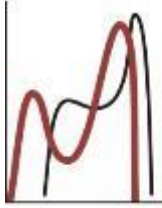




# Нулевое поколение (1642–1945)



- Аналитическая машина
  - ЗУ(память)
  - ВУ (АЛУ)
  - Ввод/вывод

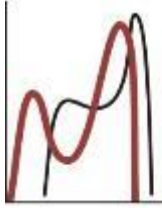


# Нулевое поколение (1642–1945)

- Ада Лавлейс (1815–1852)



- Аналитическая машина  
Бэббиджа



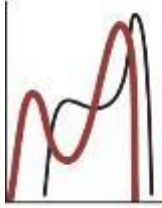
# Нулевое поколение (1642–1945)

- Конрад Цузе (Зус) (Konrad Zuse) (1910-1995)



- Z1 (1938)
- Z2 (1940)
- Z3 (1942) – первый действующий эл.– механический программируемый компьютер, вещ. числа, двоичная арифметика, булева алгебра, без ветвлений



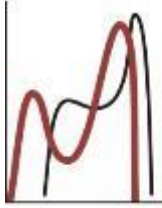


# Нулевое поколение (1642–1945)

- Джон Винсент Атанасов (1903-1995)

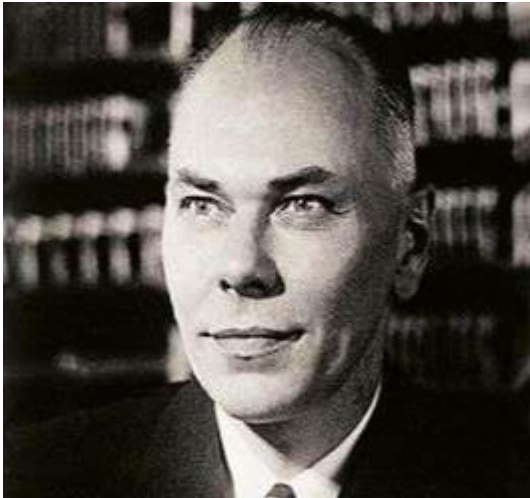


- Компьютер Атанасова — Берри (англ. Atanasoff-Berry Computer - ABC) (1942) - первый цифровой электронный компьютер для решения СЛАУ, двоичный, конденсаторы для памяти.

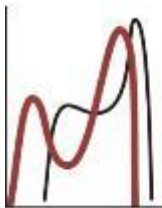


# Нулевое поколение (1642–1945)

- Говард Хатауэй Эйкен (Howard Hathaway Aiken) (1900-1973)



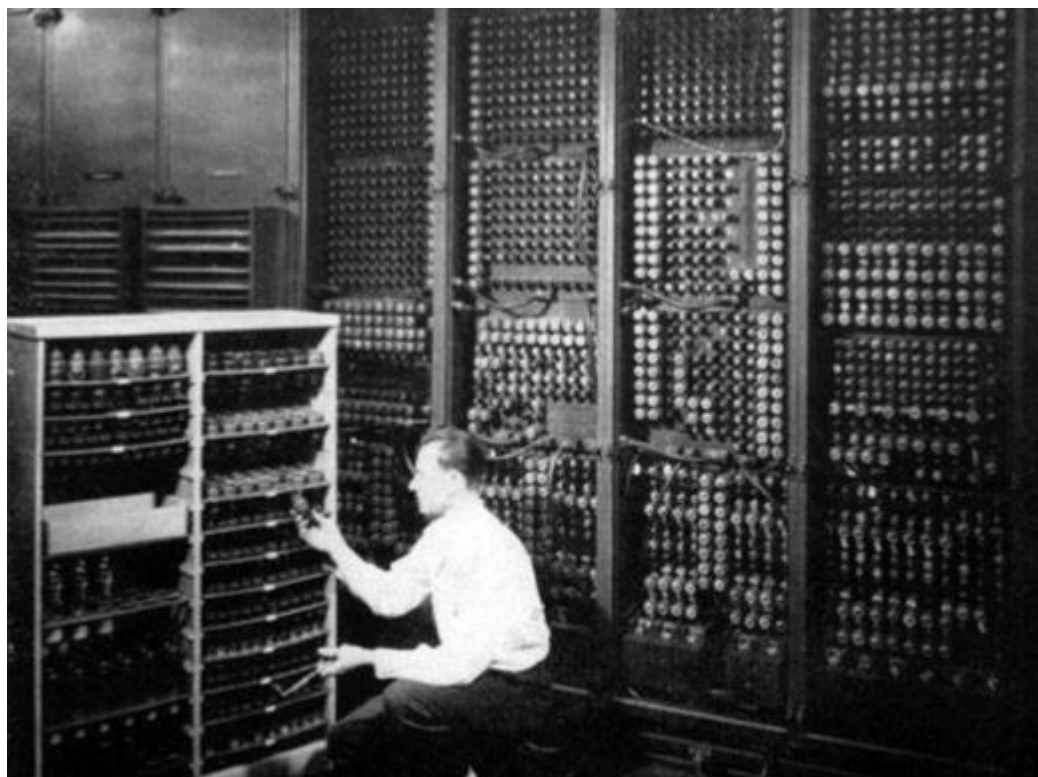
- Mark I (Гарвард, 1944)  
компьютер по заказу IBM, на  
основе реле, десятичная  
арифметика, циклы,  
перфоленты
- Гарвардская архитектура  
программа и данные хранятся  
отдельно и передаются по  
разным каналам (программа на  
перфоленте, данные в  
регистрах)

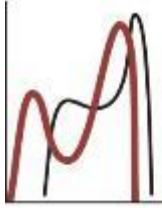


ИНСТИТУТ  
МАТЕМАТИКИ  
МЕХАНИКИ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ  
НАУК

— имени И.И. Воровича —

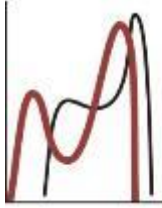
# Первое поколение — электронные лампы (1945–1955)





# Первое поколение (1945–1955)

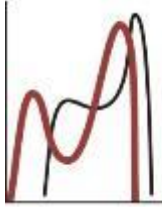
- COLOSSUS. Великобритания.  
1943, расшифровка
- ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer),  
США. Джон Преспер Эккерт, Джон Уильям Мокли с  
участием Джона фон Неймана.  
1946, расчет баллистических траекторий, десятичный



# Дополнительные видеоматериалы

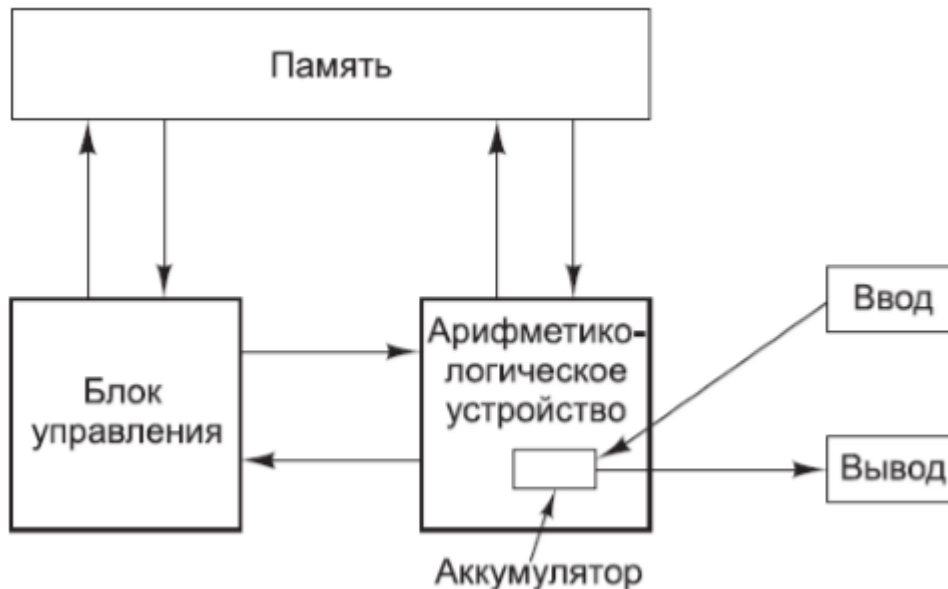
- Видео Кембриджского университета
  - [часть первая](#) (12 мин, есть русские субтитры) - устройство немецкой шифровальной машины Энигма;
  - [часть вторая](#) (11 мин) о том, как был “взломан” код Энигмы.
- Худ. фильм «Игра в имитацию», 2014.





# Первое поколение (1945–1955)

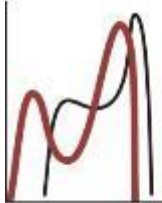
- Фон-неймановская вычислительная машина (программа вместе с данными)



- EDVAC
- EDSAC
- IAS
- MANIAC
- AVIDAC
- ...

Машина IAS:

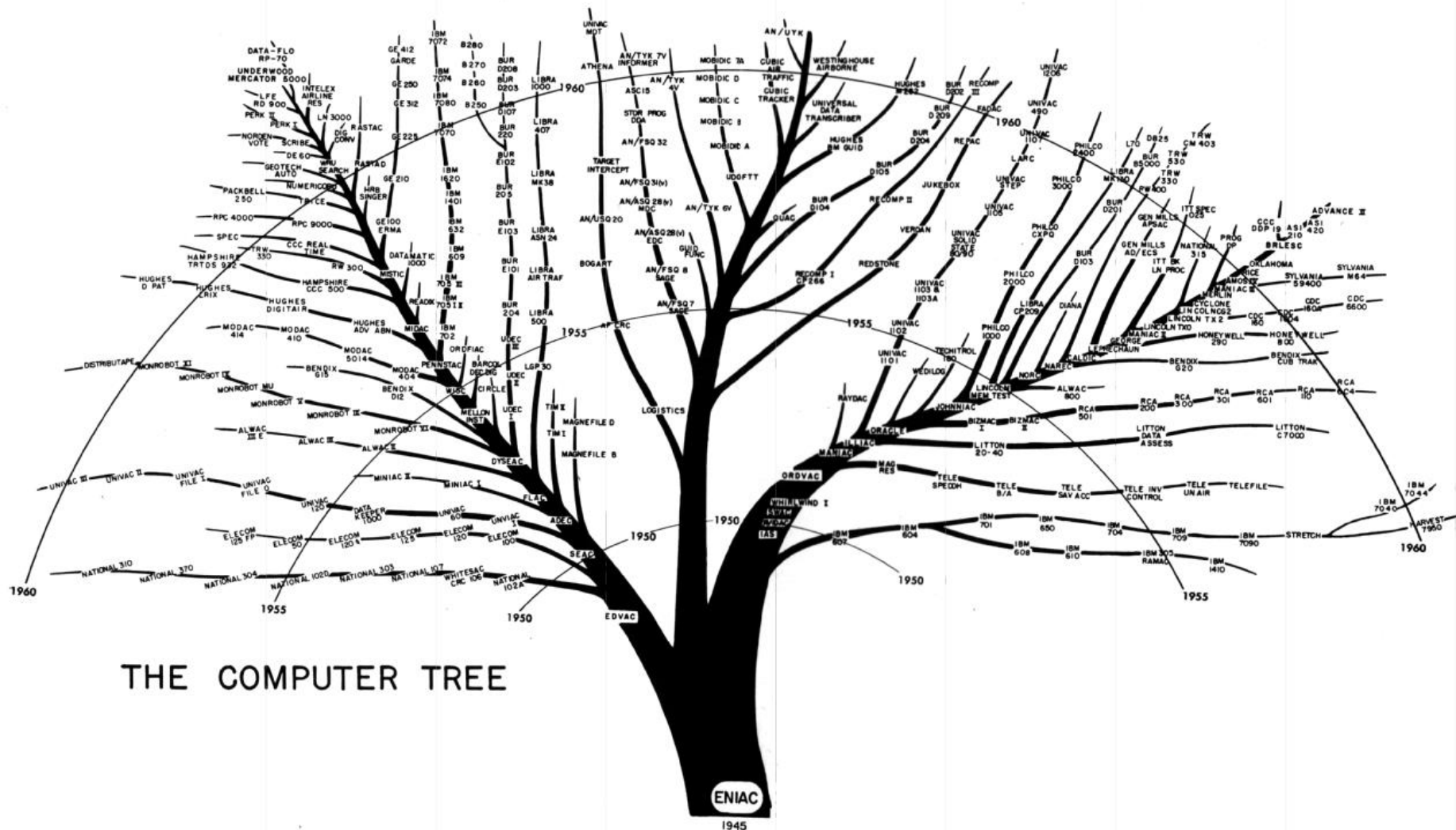
- Память – 4096 слов по 40 бит
- Слово – две команды по 20 бит или целое со знаком на 40 бит
- Команда – 8 бит тип команды + 12 бит адрес памяти



ИНСТИТУТ  
МАТЕМАТИКИ  
МЕХАНИКИ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ  
НАУК

имени И.И. Воровича

# Древо родственных связей ранних компьютеров 50-х и 60-х годов XX века

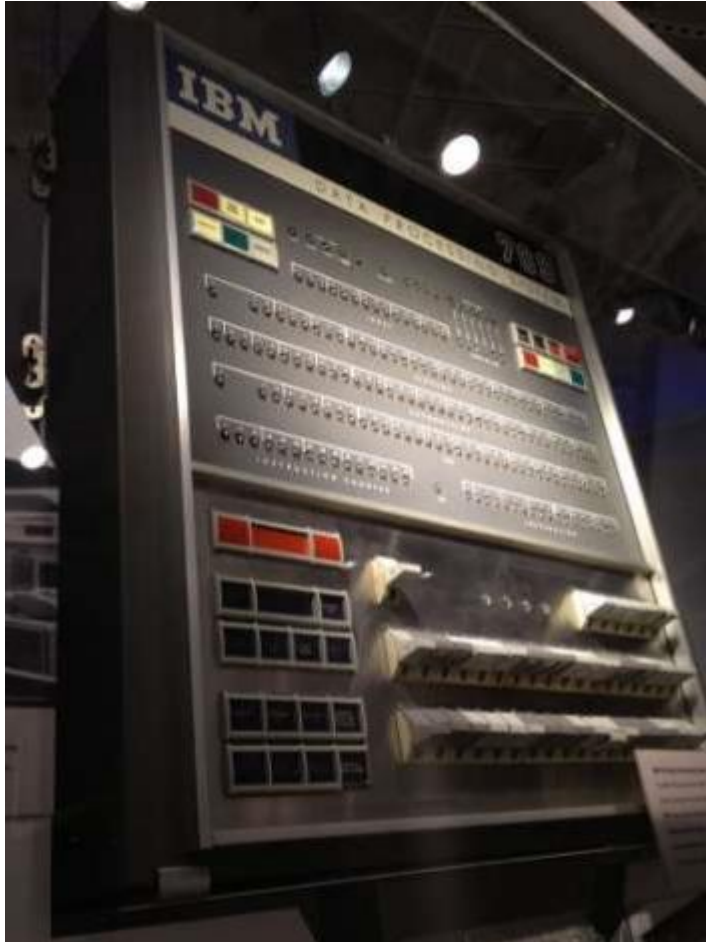




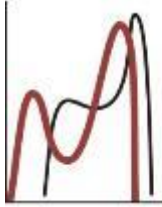
ИНСТИТУТ  
МАТЕМАТИКИ  
МЕХАНИКИ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ  
НАУК

— имени И.И. Воровича —

# Первое поколение (1945–1955)



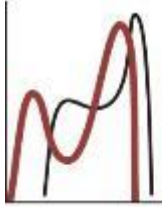
- IBM
  - 701 (1953)
  - 704 (1957)
  - 709 (1958)



# Первое поколение (1945–1955)



- МЭСМ (Малая электронная счётная машина) — первая в СССР и в континентальной Европе электронно-вычислительная машина.  
1950. Киев. Группа С.А. Лебедева



# Первое поколение (1945–1955)

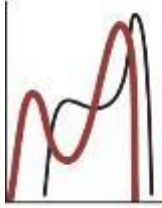
- РГУ – второй после МГУ вуз, получивший ЭВМ



ЭВМ Урал-1

- 4 октября 1958 года был образован Вычислительный центр РГУ
- ЭВМ Урал-1
- ЭВМ Минск-12
- В 1966 г. была запущена ЭВМ Урал-11М - первая машина второго поколения в РГУ.

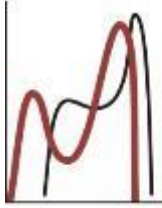




# Второе поколение — транзисторы (1955–1965)

- Транзистор изобретен в 1948 г. в Bell Laboratories.
  - Джон Бардин ( John Bardeen),
  - Уолтер Браттейном (Walter Brattain)
  - Уильямом Шокли (William Shockley)  
(Нобелевская премия по физике, 1956).

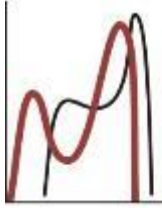




# Второе поколение (1955–1965)

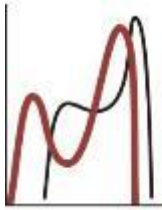
- PDP-1 (DEC- Digital Equipment Corporation), 1961, дисплей, SpaceWar, 120 000\$
- IBM-7090, 7094 – для научных расчетов, двоичная, слово 48 бит
- IBM-1401, для коммерческих расчетов, десятичная, нет фиксированной длины слова
- PDP-8, 1965, общая шина, 16000\$





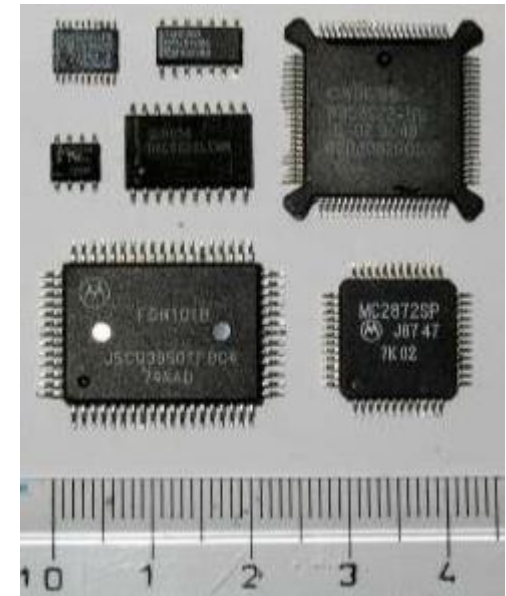
## Второе поколение (1955–1965)

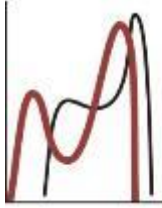
- CDC (Control Data Corporation), машина 6600, в 10 раз быстрее 7094, 1964 г.
  - Разработчик - Сеймур Крей (Seymour Cray) создатель мощных компьютеров, которые сейчас называют суперкомпьютерами.
- Burroughs B5000.
  - Поддерживала вычисления как в десятичных, так и в двоичных кодах, программировалась на Алголе и работала на частоте в 1 МГц



# Третье поколение — интегральные схемы (1965–1980)

- Кремниевая ИС, 1958 г.
  - Джек Килби ( Jack Kilby)
  - Роберт Нойс (Robert Noyce)
- Десятки транзисторов на 1-й микросхеме
- Компьютеры на ИС меньшего размера, быстрее и дешевле





# Третье поколение (1965–1980)

- Семейства компьютеров (IBM System/360)
  - Многозадачность
  - Громадное адресное пространство (16 Мбайт= $2^{24}$ )
  - Единый ассемблер
  - 16 регистров по 32 бита и память по 8 бит
  - Технология разработки ПО и проектов





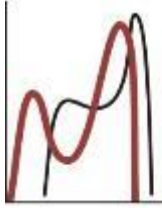
# Третье поколение (1965–1980)

- PDP-11 (DEC)
  - Основное назначение – университеты
  - 16 разрядные регистры
  - Единая шина
  - UNIX



# Четвертое поколение — СБИС (1980–?)

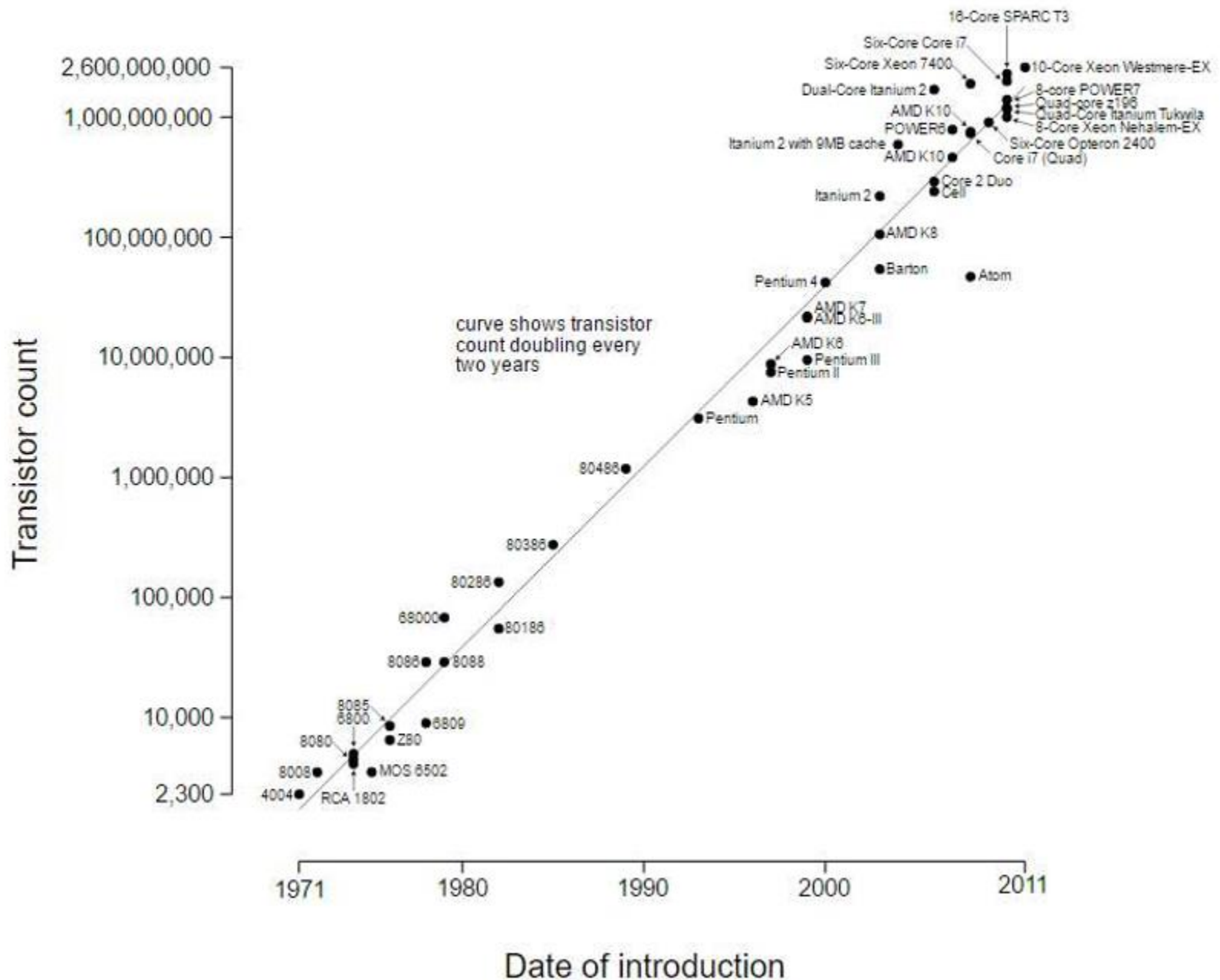
- На одной плате - миллионы транзисторов.
  - Эра персональных компьютеров
    - обработка слов, электронных таблиц, приложения с высоким уровнем интерактивности (игры)
- IBM PC, 1981, - самый покупаемый компьютер в истории.
- Apple Mac, 1984
- Появление портативных компьютеров

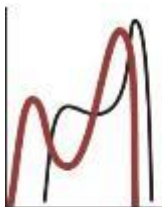


# Пятое поколение

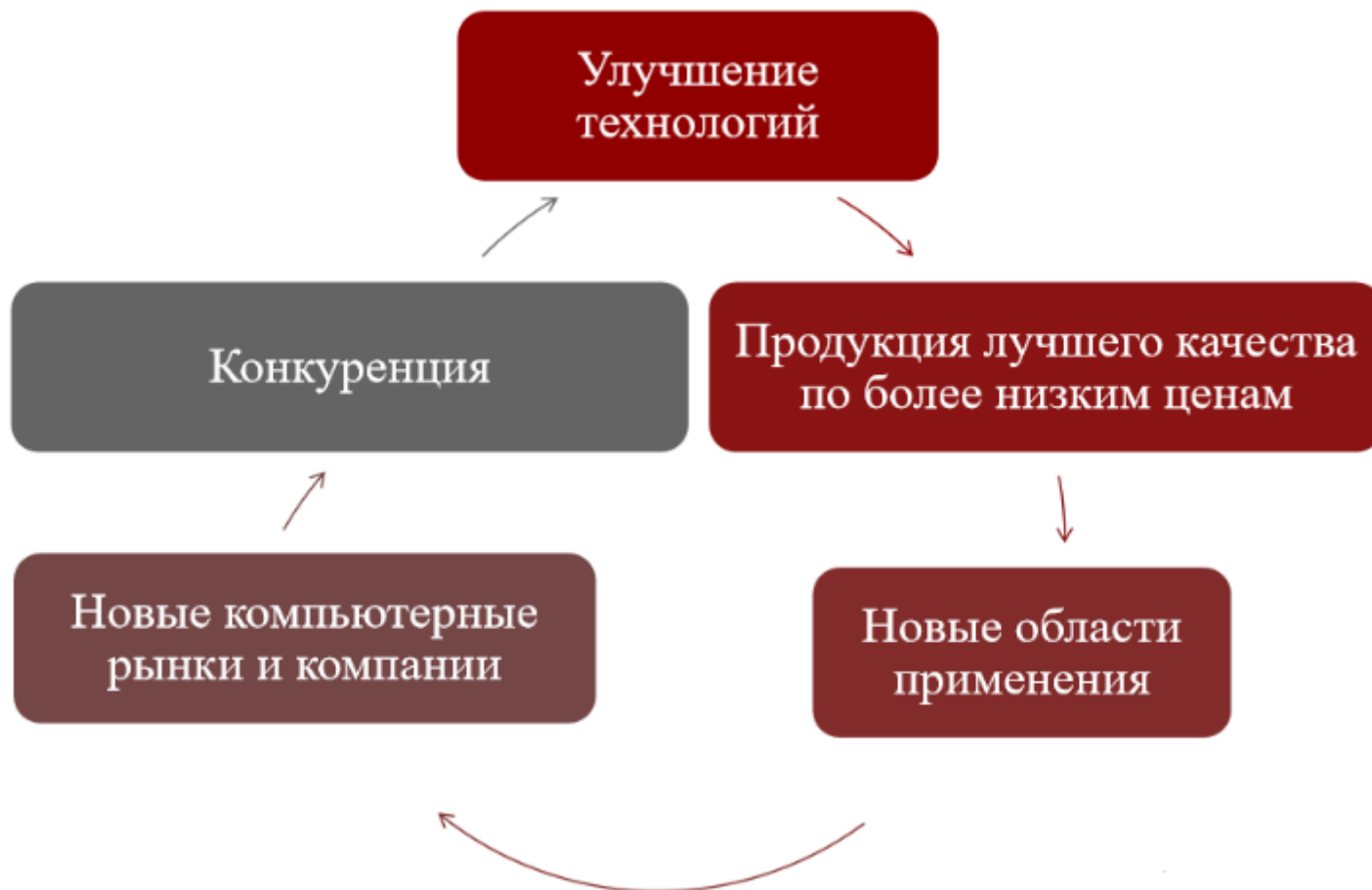
- 1981 – Японская идея создания компьютеров на основе ИИ, провал
- Personal Digital Assistants, PDA – GridPad,
  - Grid Systems, 1989
  - Apple Newton, 1993
  - PalmPilot, 1996
  - BlackBerry, 1984...
- PDA+телефон = смартфоны
- «Невидимые» компьютеры (в бытовой технике, часах, банковские карточки и т.д.)

# Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law





# Эффективный цикл





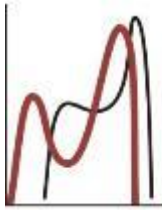
# Факторы, влияющие на развитие КТ

- Эффективный цикл
- Развитие ПО
- Развитие других компонентов компьютера (жесткие диски, флэш-память)
- Развитие сетей

Развивать компьютерные технологии (КТ) можно двумя путями: создавать компьютеры все большей мощности при постоянной цене или выпускать одну и ту же модель с каждым годом за меньшие деньги. КТ идет по обоим путям!

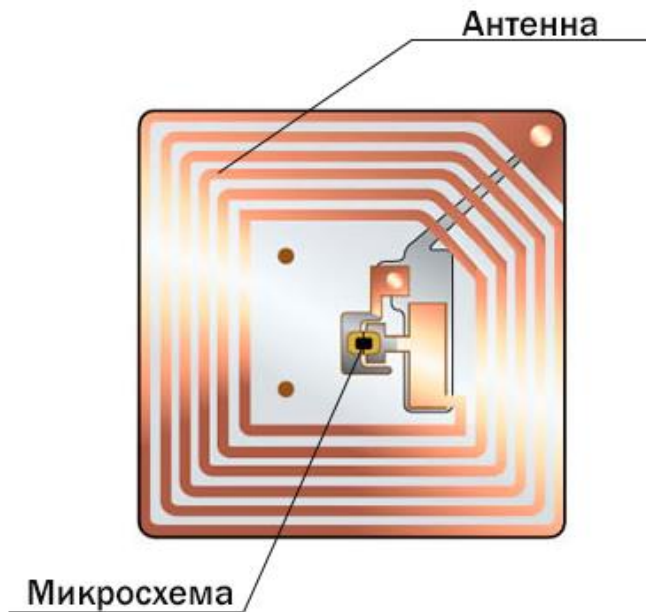
# Разнообразие компьютеров

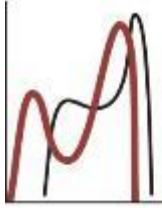
- «Одноразовые» компьютеры (открытки, RFID)
- Микроконтроллеры (часы, машины, приборы)
- Мобильные и игровые компьютеры (приставки, смартфоны, консоли)
- Персональные компьютеры (настольные и портативные)
- Серверы (сетевые серверы)
- Высокопроизводительные системы (серверы банков, моделирование, криптография)



# «Одноразовые» компьютеры

- RFID (Radio Frequency Identification) – технологии радиочастотной идентификации
  - приемопередатчики радиосигналов
  - безбатарейная микросхема
  - толщина меньше 0,5 мм
  - низкая себестоимость
  - уникальный 128-разрядный идентификатор



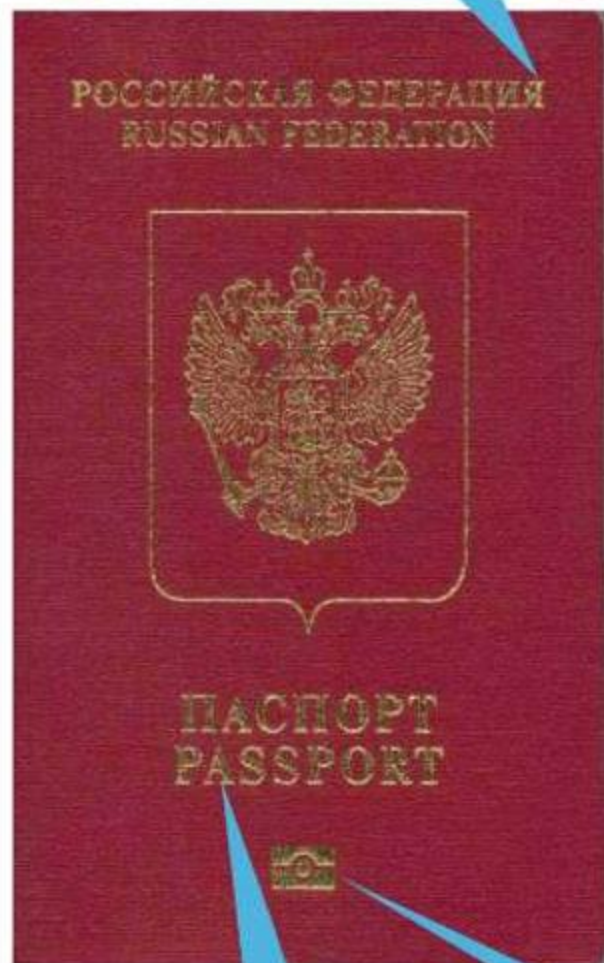


# «Одноразовые» компьютеры

- Области применения
  - защита пластиковых карт
  - идентификация людей и животных
  - идентификация дорогостоящих товаров
  - защита (ключи, домофоны)
  - бесконтактная торговля



## Устройство биометрического паспорта



Надпись "Российская  
Федерация" на двух языках

обозначение RUS в правом нижнем углу

Страница  
сделана из  
пластика

Эмблема  
в правом  
верхнем  
углу

Серия 70

## ЧИП

Информация на микрочипе:

- фамилия, имя, отчество
- номер паспорта
- дата рождения
- пол
- даты выдачи и окончания срока действия паспорта
- цифровая фотография в формате jpg

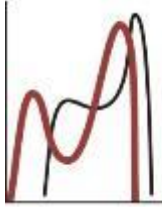
## Надпись “Паспорт” на двух языках

Значок  
в самом  
низу

Фото нанесено лазером

88 MM

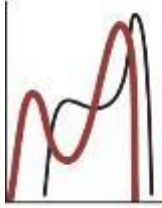




# Микроконтроллеры

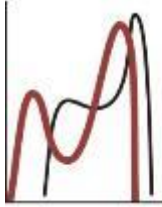
- выполняют управление устройствами и обеспечивают интерфейсы к ним
  - бытовые приборы
  - периферийные устройства (принтеры, сканеры...)
  - развлекательные устройства (телеприставки...)
  - медицинское оборудование (томографы, кардиомониторы, цифровые термометры...)
  - военные комплексы (ракеты, торпеды...)
  - торговое оборудование (торговые автоматы...)
  - игрушки (радиоуправляемые машинки...)





# Микроконтроллеры

- специфика (в отличие от персональных компьютеров)
  - Гарвардская архитектура (раздельная память для команд и для данных)
  - размещение процессора, памяти, ИО на единой схеме
  - работа в режиме реального времени (интерактивность)
  - ограничения по техническим параметрам (размер, напряжение)
  - ограничение по цене



# Микроконтроллеры

## ■ Raspberry Pi

- почти компьютер
- специальная ОС Линукс
- нужно постоянное напряжение 5V
- USB, Ethernet, HDMI



## ■ Arduino

- микроконтроллер
- нет ОС, и она не нужна
- допустимы разные схемы питания
- наличие USB



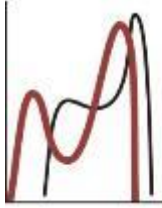
# Микроконтроллеры

- Если основная задача – считывать данные сенсоров, менять значения на индикаторах, если есть требования по электропитанию, нужна простота в обслуживании – **Arduino**.
- Если надо управлять потоком операций в разных ситуациях с доступом к Интернету, воспроизводить медиа или подключаться к внешнему дисплею – **Raspberry Pi**.

# Мобильные и игровые компьютеры (МИК)

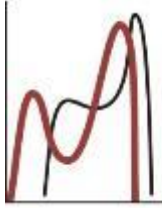
- это обычные компьютеры, в которых расширенные возможности графических и звуковых контроллеров сочетаются с ограничениями по объему ПО и пониженной расширяемостью.





# Процессоры

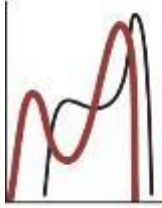
- **RISC** (reduced instruction set computer) - быстродействие увеличивается за счёт упрощения команд. Представители- DEC Alpha, SPARC, AVR, ARM, MIPS, POWER, PowerPC, RISC-V
- **CISC** (complex instruction set computer) – архитектура с полной системой команд. Представители - процессоры на основе x86 (он же IA-32) и x86\_64 (он же AMD64) и др.



# Мобильные и игровые компьютеры (МИК)

- С развитием игровых приставок переход с RISC на CISC – процессоры.
- Многоядерность, параллельные вычисления.
- Отсутствие расширяемости (закрытые системы).
- Многообразие устройств ввода-вывода.
- Мобильные + ограничение по энергопотреблению.





# Персональные компьютеры (настольные и портативные)

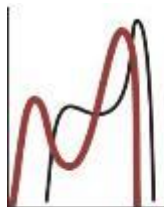
## ■ Комплектуются

- модулями памяти в несколько гигабайт,
- жестким диском на несколько терабайт,
- приводом CD-ROM/DVD/Blu-ray,
- звуковой и видео картами,
- сетевым интерфейсом,
- монитором и другими периферийными устройствами,
- операционной системой и ПО.

# Персональные компьютеры (настольные и портативные)

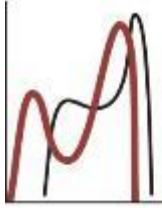
- Ноутбук
- Субноутбук
- Нетбук
- Планшет
- Ультрабук





# Семейства процессоров

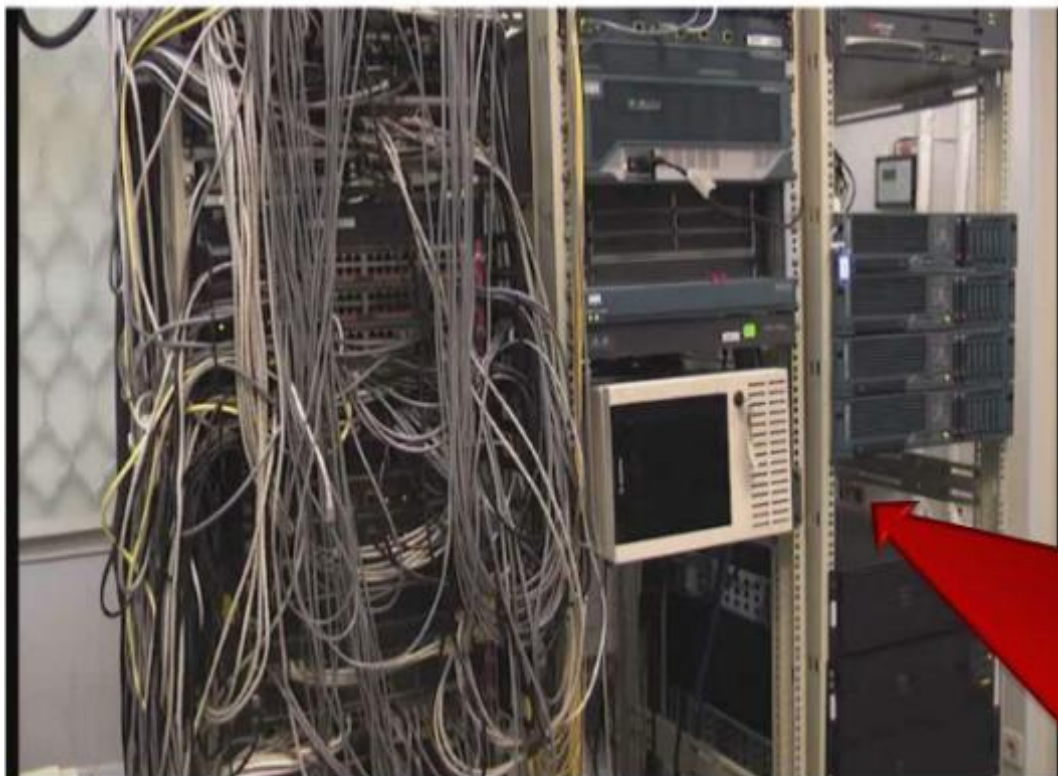
Микро-схема	Дата выпуска	МГц	Количество транзисторов	Объем памяти	Примечание
4004	4/1971	0,108	2 300	640 байт	Первый микропроцессор на микросхеме
8008	4/1972	0,08	3 500	16 Кбайт	Первый 8-разрядный микропроцессор
8080	4/1974	2	6 000	64 Кбайт	Первый многоцелевой процессор на микросхеме
8086	6/1978	5–10	29 000	1 Мбайт	Первый 16-разрядный процессор на микросхеме
8088	6/1979	5–8	29 000	1 Мбайт	Использовался в IBM PC
80286	2/1982	8–12	134 000	16 Мбайт	Появилась защита памяти
80386	10/1985	16–33	275 000	4 Гбайт	Первый 32-разрядный процессор
80486	4/1989	25–100	1 200 000	4 Гбайт	Кэш-память на 8 Кбайт
Pentium	3/1993	60–223	3 100 000	4 Гбайт	Два конвейера, у более поздних моделей — MMX
Pentium Pro	3/1995	150–200	5 500 000	4 Гбайт <sup>1</sup>	Два уровня кэш-памяти
Pentium II	5/1997	233–400	7 500 000	4 Гбайт	Pentium Pro плюс MMX
Pentium III	2/1999	650–1400	9 500 000	4 Гбайт	Появились SSE-команды, ускоряющие обработку трехмерной графики
Pentium 4	11/2000	1300–3800	42 000 000	4 Гбайт	Гиперпоточность, дополнительные SSE-команды
Core Duo	1/2006	1600–3200	152 000 000	2 Гбайт	Два ядра на одной подложке
Core	7/2006	1200–3200	410 000 000	64 Гбайт	64-разрядная 4-ядерная архитектура
Core i7	1/2011	1100–3300	1 160 000 000	24 Гбайт	Интегрированный графический процессор



# Серверы

- Мощные компьютеры, используемые для управления локальными и глобальными сетями.
- Комплектуются:
  - высокоскоростными сетевыми интерфейсами
  - модулями памяти в несколько гигабайт
  - жесткими дисками в несколько терабайт
  - ...
  - операционной системой и ПО.
- Должны удовлетворять повышенным требованиям к надежности и защите данных.

# Серверы ЮФУ (ЦОД-Западный)



Основной  
телекоммуникационный  
узел университета

Бесперебойное  
электропитание

Система охлаждения

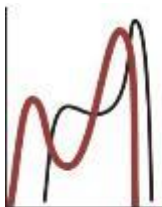
Blade-серверы

Система хранения  
данных

# Высокопроизводительные системы

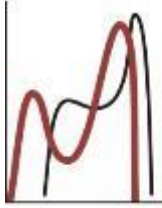
- **Кластер** - группа компьютеров, объединённых высокоскоростными каналами связи, представляющая с точки зрения пользователя единый аппаратный ресурс.
- **Мейнфрейм** - большой универсальный высокопроизводительный отказоустойчивый сервер со значительными ресурсами ввода-вывода, большим объёмом оперативной и внешней памяти, предназначенный для использования в критически важных системах с интенсивной пакетной и оперативной транзакционной обработкой.
- **Суперкомпьютеры** - специализированная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам и скорости вычислений большинство существующих в мире компьютеров.
- **Грид-системы** - «виртуальный суперкомпьютер» представленный в виде кластеров, соединённых с помощью сети, слабосвязанных разнородных компьютеров, работающих вместе для выполнения огромного количества заданий.





# Топ 500 суперкомпьютеров

Rank	System	Cores	Rmax (PFlop/s)	Rpeak (PFlop/s)	Power (kW)
1	<b>Frontier</b> - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	8,699,904	1,194.00	1,679.82	22,703
2	<b>Supercomputer Fugaku</b> - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442.01	537.21	29,899
3	<b>LUMI</b> - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE EuroHPC/CSC Finland	2,220,288	309.10	428.70	6,016
4	<b>Leonardo</b> - BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C 2.6GHz, NVIDIA A100 SXM4 64 GB, Quad-rail NVIDIA HDR100 Infiniband, Atos EuroHPC/CINECA Italy	1,824,768	238.70	304.47	7,404
5	<b>Summit</b> - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148.60	200.79	10,096



# Домашнее задание

- Подготовка к тестированию по материалам лекции
- Читать [Таненбаум Э] стр. 31-59,  
Приложение В стр. 729-789.
- Лабораторная 1
- Лаб. Занятие 3 - подготовка