

# Докомпьютерные вычислители, архитектуры Эйкена и фон Неймана



Луцив Дмитрий Вадимович

Кафедра системного программирования СПбГУ



- 1 Краткая история цифровой вычислительной техники
  - История вычислительной техники до XX века
- 2 XX век, программируемые вычислительные машины
  - Специализированные вычислительные устройства
  - Универсальные вычислительные устройства
- 3 Поколения ЭВМ
- 4 Закон Мура
- 5 Отечественные ЭВМ

## XVII век

- **Сумматор Паскаля**  — складывал; вычитал при помощи дополнительного кода
- **Арифмометр Лейбница**  — складывал, вычитал, сдвигал; при помощи этого позволял умножать и делить

# История вычислительной техники до XIX века

## XVII век

- **Сумматор Паскаля** [↗](#) — складывал; вычитал при помощи дополнительного кода
- **Арифмометр Лейбница** [↗](#) — складывал, вычитал, сдвигал; при помощи этого позволял умножать и делить

## XIX век


- **Машины Беббиджа** [↗](#)
- **Арифмометр Однера** [↗](#) — изобретён в Санкт-Петербурге шведом Однером. Умеет то же, что и арифмометр Лейбница, но компактный и дешёвый



## Табуляторы [↗](#)

- Hollerith
- IBM
  - **IBM 407** [↗](#) выпускался до 1976 г.!



Табуляторы могли обрабатывать (сортировать, фильтровать) массивы данных, но они не программировались.

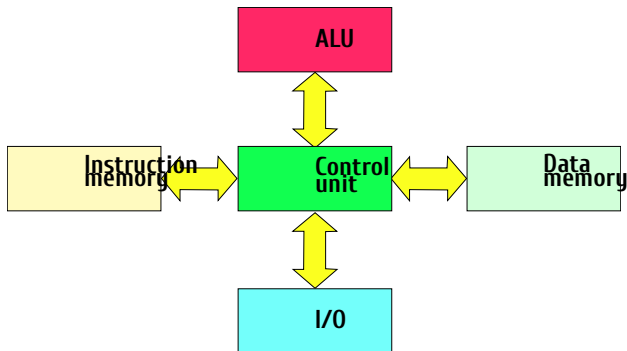
1940-е Colossus  — машина для взлома шифра Лоренца (продолжение Энигмы). Ламповая ЭВМ, по производительности универсальные микропроцессоры обогнали её только в конце 1980-х. Рассекречена в 2000 г.

# 1930-е – 1940-е, «Гарвардская» (Эйкена) архитектура





# 1930-е – 1940-е, «Гарвардская» (Эйкена) архитектура

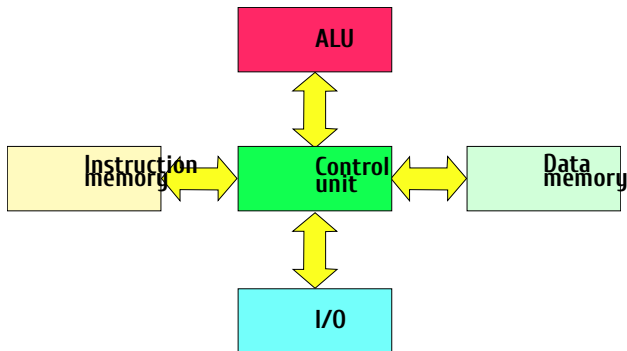
- [ZI](#) 
- [Harvard Mark I](#)  . Говард Эйкен. Фактически, вычислитель, управляемый перфолентой.





## 1930-е – 1940-е, «Гарвардская» (Эйкена) архитектура

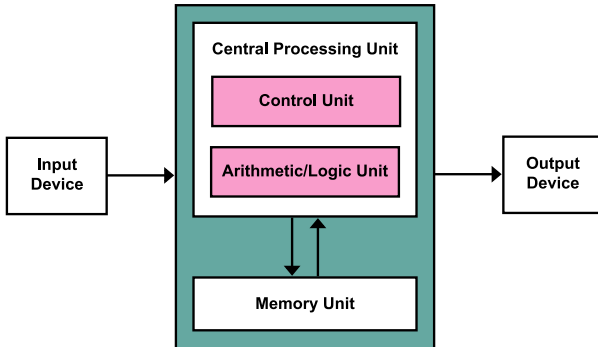
- [ZI](#) 
- [Harvard Mark I](#)  . Говард Эйкен. Фактически, вычислитель, управляемый перфолентой.



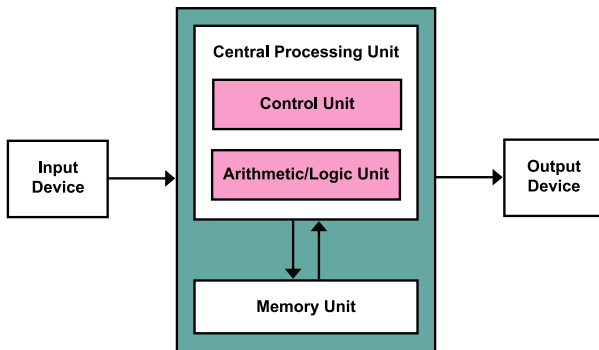
А управляемый ли?.. Переходов нет, циклы — при помощи склеивания перфоленты в кольцо.

- **Центральный процессор** — устройство, выполняющее программу
- **Машинный код** — язык, задающий числовое представление инструкций программы
- **Оперативная память (ОЗУ, RAM)** — память, хранящая данные и/или машинный код

# 1940-е – ...«Принстонская» (фон Неймана) архитектура

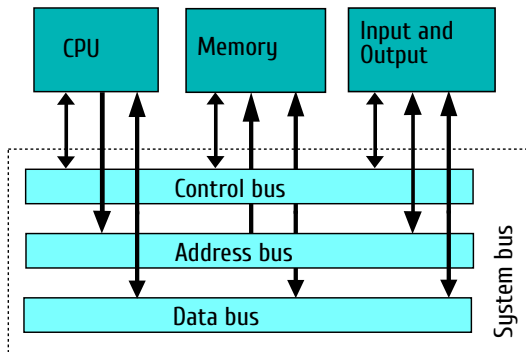


# 1940-е – ...«Принстонская» (фон Неймана) архитектура

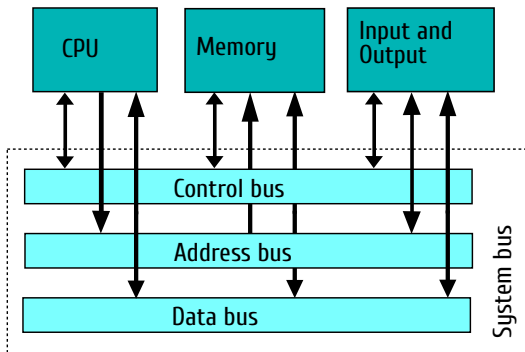


- 1 Программное управление работой ЭВМ
- 2 Принцип хранимой программы
- 3 Использование двоичной системы исчисления
- 4 Иерархичность запоминающих устройств
- 5 Использование условных переходов

# Системная шина фон Неймановских машин



# Системная шина фон Неймановских машин



Системная шина — узкое место с точки зрения производительности. В процессорах современных ЭВМ используются элементы гарвардской архитектуры — отдельные виды кэш-памяти для данных и машинного кода.

- Встраиваемые контроллеры (лифты, стиральные машины, коробки скоростей)
- Специализированные устройства

Т.е. устройства, которые не надо часто перепрограммировать. Для них нет смысла рассматривать программу, как данные. Например, у некоторых микроконтроллеров производства компании Microchip память для кода делится на 12-битные ячейки.

- Встраиваемые контроллеры (лифты, стиральные машины, коробки скоростей)
- Специализированные устройства

Т.е. устройства, которые не надо часто перепрограммировать. Для них нет смысла рассматривать программу, как данные. Например, у некоторых микроконтроллеров производства компании Microchip память для кода делится на 12-битные ячейки.

- Контроллеры (например, Serial ATA) в «традиционных» компьютерах
- Шейдеры в графических адаптерах

Т.е. устройства, от которых требуется высокая производительность на единицу цены, но не требуется возможности «самостоятельно» программироваться.



# I поколение: 1940-е, в основном физические вычисления

## Свойства

- Процессор на ламповых диодах и триодах
- Память на электромагнитных реле

Процессор на реле — слишком медленно, частота срабатывания реле — несколько Гц.

Современный пример [↗](#)

## Примеры

ENIAC, EDVAC, Z4, МЭСМ, «Урал», «Стрела»

## Масштабы

- ENIAC (1947 г.) — 30 тонн, 200 кВт
- доступны крупным научно-исследовательским институтам, военным и государственным учреждениям

## II поколение: 1950-е – 1960-е, в основном физические и экономические вычисления

### Свойства

- Процессор на транзисторах
- Память на транзисторах или материалах с магнитной памятью ↗

### Примеры

IBM 7094, CDC 1604, CDC 3600, БЭСМ-6

### Масштабы

- Единицы тонн, единицы и десятки кВт
- Доступны университетам, крупным промышленным предприятиям (банки, заводы и т.д.), государственным учреждениям

## III поколение: 1960-е – 1970-е, вычисления, «офисная» работа

### Свойства

- Использование интегральных схем

**Интегральная схема** – неразборная электронная схема на полупроводниковой подложке.

Технология изготовления (упрощённо) – фотолитография

Степень интеграции и количество элементов в кристалле:

- малая интегральная схема (МИС) –  $\leq 10^2$
- средняя интегральная схема (СИС) –  $\leq 10^3$
- большая интегральная схема (БИС) –  $\leq 10^4$
- сверхбольшая интегральная схема (СБИС) –  $> 10^4$

### Примеры

IBM-360, ЕС ЭВМ

### Масштабы

- Десятки и сотни кг, сотни Вт – десятки кВт
- Доступны организациям, предприятиям, крупным подразделениям

## IV поколение: 1970-е – 1980-е – ..., вычисления, «офисная» работа, развлечения

### Свойства

**Микропроцессор** — процессор, реализованный в виде одной интегральной схемы  
*Важно:* переход количества в качество. Цена ЭВМ была принципиально снижена и достигла уровня цены автомобиля, а позже — обычной бытовой техники.


### Примеры

Apple (разные), IBM PC, Commodore, ZX Spectrum


### Масштабы

- Единицы г – единицы кг, единицы – сотни Вт
- Доступны частным лицам

Г. Мур, Intel 1965, эмпирическая закономерность

**Закон Мура** — количество полупроводниковых элементов в интегральных схемах каждые два года удваивается, т.е. **растёт экспоненциально** 

Г. Мур, Intel 1965, эмпирическая закономерность

**Закон Мура** — количество полупроводниковых элементов в интегральных схемах каждые два года удваивается, т.е. **растёт экспоненциально** 

Увеличение схем — не самоцель, оно даёт увеличение производительности. Но в последние годы пределы, установленные физическими законами, всё ближе. Сейчас закон Мура выполняется уже за счёт распараллеливания.

- 1940-е – 1950-е – МЭСМ (I пок), 1960-е – БЭСМ (II пок) – С.А. Лебедев
- 1950-е – 1970-е – Сетунь (троичная) – Н.П. Бруснецов
- 1960-е – 1980-е – копирование ЭВМ III и IV поколений (увы)
- 1980-е – оригинальные стековые архитектура Самсон и Кронос. В 1990-е годы Самсон был базовой ЭВМ ракетных войск стратегического назначения России.
- Сейчас – процессоры двойного назначения Эльбрус (оригинальные разработки, отставание по производительности от лидеров на 5–10 лет, по цене выше), Байкал (семейство MIPS + свои доделки), разработки на основе архитектуры RISC-V

# Упражнения и вопросы

## Упражнения

Найдите информацию об различных исторически значимых ЭВМ, сделайте обзор одной-двух понравившихся вам

## Вопросы

- Перечислите основные принципы архитектуры фон Неймана.
- Расскажите о схеме типовой ЭВМ, созданной на основе архитектуры фон Неймана.
- Назовите узкое место архитектуры фон Неймана.
- Чем архитектура фон Неймана отличается от гарвардской?
- Приведите примеры современных «гарвардских» устройств.
- Назначение и спектр задач ЭВМ I поколения
- Появление каких технологий привело к созданию ЭВМ II поколения?
- Какие технологии легли в основу ЭВМ III поколения?
- Назовите ключевую особенность ЭВМ IV поколения?
- Сформулируйте закон Мура
- За счет чего реализуется закон Мура в настоящее время?



# Вопросы



► [EDU.DLUCIV.NAME](#)