

“Кое-какие факты, проливающие свет на” то, что такое компьютеры,
их историю и и почему они именно такие, какие они есть.

Борис Муратшин.

Новосибирск, 2025



Человек, стоящий перед бездной непонимания¹.

За какие-то 40 лет компьютеры превратились из удела высоколобых технарей в то, без чего большинство из нас не мыслят свою повседневную жизнь и пользуются, даже не задумываясь.

Далее мы будем заполнять “бездну непонимания”, исследуя не только факты, но и логику развития технологий. Ведь более даже не то, как устроены вещи, а, скорее, почему они устроены так, как они устроены. Начнем, пожалуй.

Благодарность.

Автор выражает признательность Егору Рогову, чей здравый смысл был совершенно незаменим в подготовке материалов. И, конечно, Олегу Бартунову за общую мотивацию.

¹ Сибирские траппы, Красноярский край, плато Путорана. Фото Василия Первозванского.

Содержание.

1.1. История. Механические вычисления.

- Сумматор Леонардо да Винчи (1492)
- Считающие часы Вильгельма Шиккарда (1623)
- Сумматор Паскаля (Паскалина) 1642
- Колесо Лейбница (1673)
- Арифмометр Однера (1874)
- Арифмометр Чебышева (1878)

1.2. История. От арифмометров к электромеханическим компьютерам.

- Разностные машины.
- Аналитическая машина Бэббиджа.
- Табуляторы.
- Электромеханические компьютеры
 - Z1...Z11 Цузе
 - Harvard Mark I
 - Релейные машины Стибиза.
 - PBM-1 Бессонова.
- ЭВМ на электронных компонентах.
 - ENIAC
 - МЭСМ

2.1. Архитектура. Гарвардская vs фон Неймановской.

- Mark-I (1944)
- ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer, 1945)
- EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, 1949)
- Гарвардская vs фон-Неймановская
- Модифицированная Гарвардская архитектура

2.2. Архитектура. CISC vs RISC.

- Предыстория
- Войны CISC vs. RISC

2.3. Архитектура. Superscalar vs VLIW.

- Основные суперскалярные идеи:
 - Несколько специализированных конвейеров
 - Несколько основных конвейеров.
 - внеочередное выполнение инструкций (Out-of-order execution, OoO)
 - Scoreboard
 - Переименование регистров (register renaming).
 - Предсказание переходов

Условные инструкции
Спекулятивное (по предположению) исполнение
VLIW
EPIC

2.4. Архитектура. Регистровые окна.
Вызов функций (регистровые машины)
Berkeley RISC (регистровые окна)
SPARC (1986)
AMD 29K (1988 г.)
Intel i960 (1988).
Intel Itanium (2001)

2.5. Архитектура. Стековые машины vs регистровых.
Компиляция.
Синтаксический анализ.
Упрощение дерева разбора.
Генерация промежуточного кода.
Почему промежуточный код трёхадресный.
Роспись (распределение) регистров (registers allocation).
Оптимизация, кодогенерация.
“Блеск и нищета” суперскалярных архитектур.
Стековые (безадресные) машины.

2.6. Архитектуры с тегированной памятью.
История вопроса
Rice computer
Burroughs Large Systems
Lisp - машины.
Эльбрус советский.
Эльбрус нынешний (три стека - Sic!)
Итак.

3.1. Технология. Полупроводники.
Электроны, орбитали и всё всё всё
Виды проводимости.
Диоды.
Триоды
Биполярные транзисторы.
Полевые транзисторы.
Прочее

3.2. Технология. Физическая память.
Механическая память.

- Память на реле
- Триггеры
- Линии задержки (ртутные).
- Память на конденсаторах.
- Память на CRT (cathode ray tube, кинескоп), трубка Вильямса
- Селектрон или трубка Райхмана.
- Память на магнитных сердечниках (magnetic core memory).
- Магнитные барабаны и диски.
- Flash память
- Самокоррекция (ECC - Error Correcting Code)
- ПЗУ (постоянное запоминающее устройство)

3.3. Технология. Виртуальная память.

- Сегментированная.
- Плоская.
- TLB (translation lookaside buffer)
- Page walk
- THP (transparent huge pages)
- Почему страницы по 4К

3.4. Технология. Иерархия памяти, кэш.

- Устройство кэш-памяти.
 - Поиск.
 - Запись.
 - Статистика.
 - Политика (write policy).
- Кэш и виртуальная память.
- Многопроцессорные системы
 - Поддержка когерентности кэша.
 - Директория(справочник).
 - Протоколы слежения (Snooping).
 - Неоднородная память (NUMA).
 - Транзакционная память.

3.5. Технология. Микросхемы, изготовление.

- Компактроны
 - Микросборки, гибридные схемы.
 - Микросхемы.
 - Обратно-смещённый р-п переход.
 - Полевые транзисторы.
 - Металлизация.

Фотолитография.

Джек Килби

Лев Ремеров и Юрий Осокин

Роберт Нойс

Леонард Колесов.

Эволюция микросхем

Очистка кремния.

Логическая организация микросхем.

Резисторно-транзисторная логика (RTL).

Диодно-транзисторная логика (DTL).

Эмиттерно-связанная логика (ECL).

Транзисторно-транзисторная логика (TTL)

КМОП (CMOS)

Миниатюризация.

Уменьшение длины волны.

RET (Resolution Enhancement Technologies)

Многослойная металлизация.

3.6. Технология. Микросхемы, синтез, топология.

Прямая задача.

Основные идеи.

Оптимизация размещения.

Автоматическая трассировка.

Иерархизация.

Абстракция

Программируемые логические схемы.

ПЗУ, постоянное запоминающее устройство (ROM, Read Only Memory)

ПЛМ, программируемые логические матрицы (PLA, Programmable Logic Array, 1970)

CPLD (Complex Programmable Logic Device, 1984)

FPGA (Field Programmable Gate Array, 1984)

Языки описания аппаратуры (HDL - Hardware Description Languages).

Элементарные ячейки.

Питание и заземление

Синхроимпульс

Ячейки

Итого.

4.1. Теория. Системы счисления.

Системы счисления.

Преобразование между системами счисления.

Представление целых чисел.

4.2. Теория. Вычитание, отрицательные числа.

4.3. Теория. Вычислимость, машина Тьюринга, ...

Entscheidungsproblem

λ -исчисление

Машина Тьюринга

Марковские алгоритмы (нормальные алгоритмы)

Языки программирования

4.4. Теория. Логические выражения, булева алгебра.

Логические функции.

Критерий Поста

Примеры функционально полных наборов:

Булева алгебра.

Таблицы истинности.

Карты Карно

Нормальные (канонические) формы логических функций.

Дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ)

Конъюнктивная нормальная форма (КНФ).

Алгебраическая нормальная форма (полиномы Жегалкина).

Схемотехника.

Базовые элементы.

Произвольные логические схемы.

5.1. Практика. Проба пера.

Помигаем светодиодами.

Таймер / счетчик.

Таймер / PLL.

Hello world.

Работа с памятью.

