

Введение в Архитектуру ЭВМ

Берленко Т.А. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, ФКТИ, МОЭВМ

Позиционные системы счисления

- Десятичная система счисления

$$56789_{10} = 5 * 10^4 + 6 * 10^3 + 7 * 10^2 + 8 * 10^1 + 9 * 10^0$$

- Двоичная система счисления

$$10011_2 = 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0$$

Позиционные системы счисления

- Восьмеричная система счисления

$$567_8 = 5 * 8^2 + 6 * 8^1 + 7 * 8^0$$

- Шестнадцатеричная система счисления

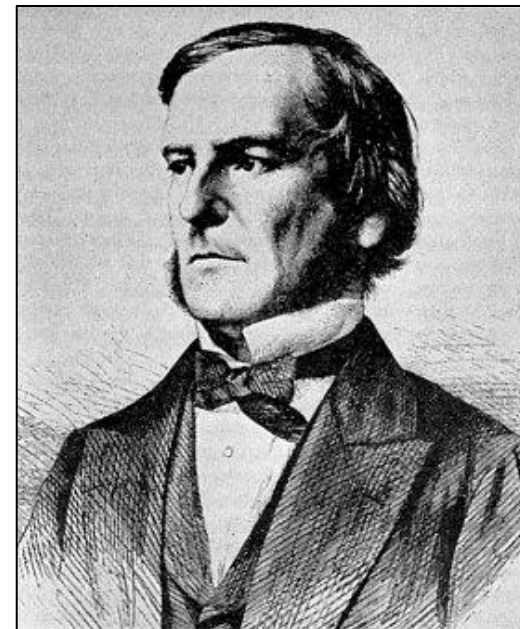
$$56A8C_{16} = 5 * 16^4 + 6 * 16^3 + A * 16^2 + 8 * 16^1 + C * 16^0$$

Булева Алгебра

a	$\neg a$
0	1
1	0

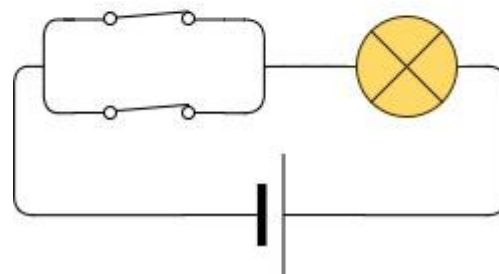
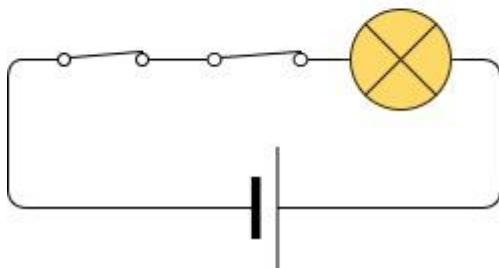
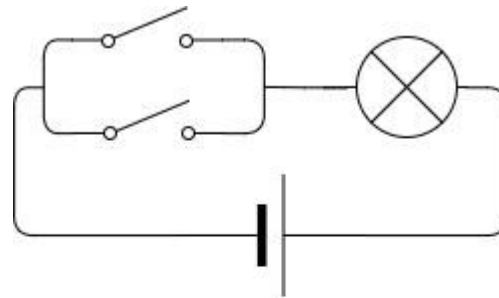
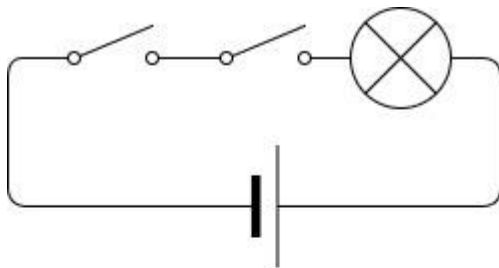
a	b	$a \& b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

a	b	$a \mid b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



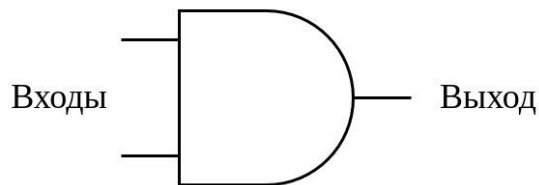
Дж. Буль

Применение. Схемы И и ИЛИ

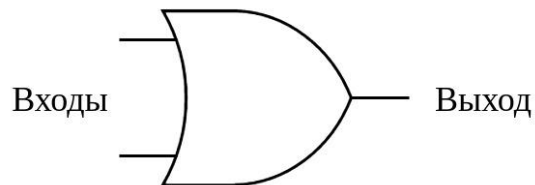


Применение. Вентили и инвертор

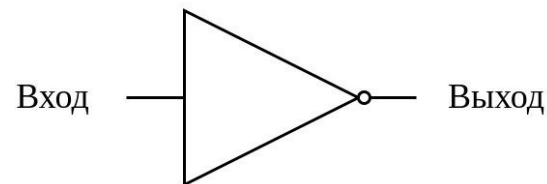
И



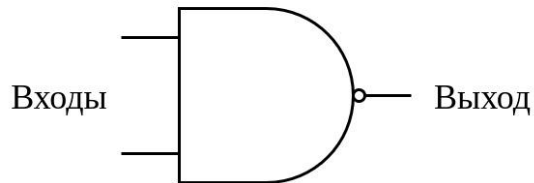
ИЛИ



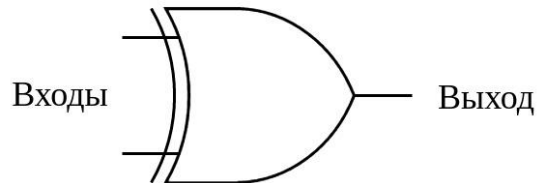
Инвертор



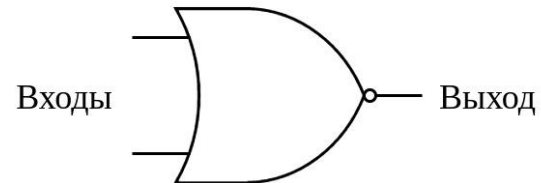
И-НЕ



Исключающее
ИЛИ



ИЛИ-НЕ



Разностная машина (Difference Engine)

Чарлз Бэббидж (26 декабря 1791 - 18 октября 1871) английский математик, изобретатель.

Первое изобретение (незавершенное): Разностная машина (1820 - 1833 гг.)

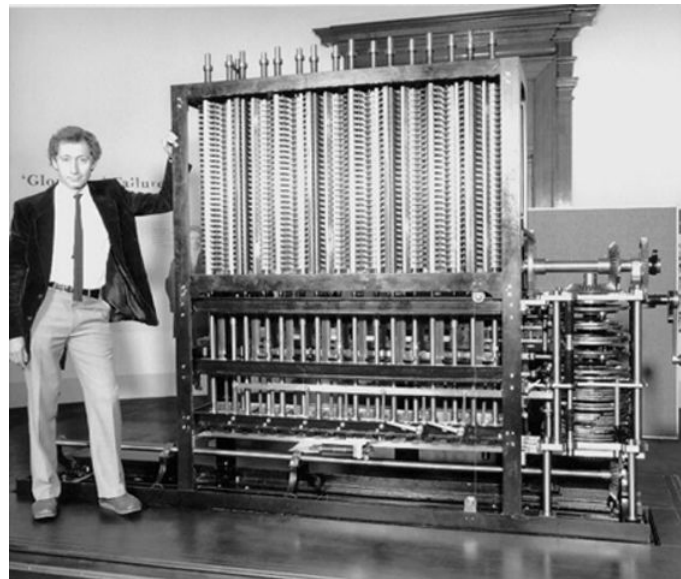
Конструкция разностной машины основывалась на использовании десятичной системы счисления.



Аналитическая машина

Конструкция:

- хранилище (память)
- «мельница» (арифметическое устройство)
- устройство ввода-вывода



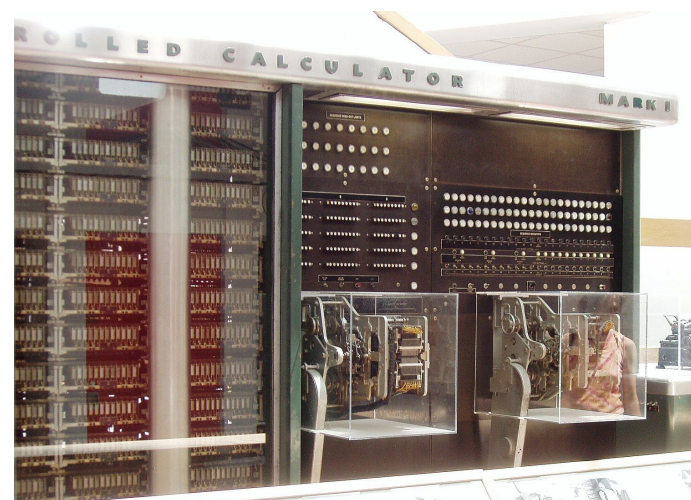
Реле

Марк I

1943 г., первый цифровой компьютер:

«Automated Sequence Controlled Calculator»,
позже получивший имя «Марк I».

Компьютер оперировал 72 числами,
состоящими из 23 десятичных разрядов,
делая по 3 операции сложения или вычитания
в секунду. Умножение выполнялось в течение
6 секунд, деление — 15,3 секунды.



ENIAC

ЭНИАК (1945) - первый **электронный** цифровой вычислитель.

Построен на 18000 радиолампах.

Самый большой компьютер в истории (30т).

Домашние компьютеры обогнали его по быстродействию в 1977 г.

Вычисления производились в десятичной с.с.



EDVAC. Архитектура фон Неймана

Использовалась двоичная с.с., использовались условные переходы.

Время операции сложения - 864 микросекунды, умножения - 2900 микросекунд (2,9 миллисекунды).

Первый компьютер на базе архитектуры фон Неймана.



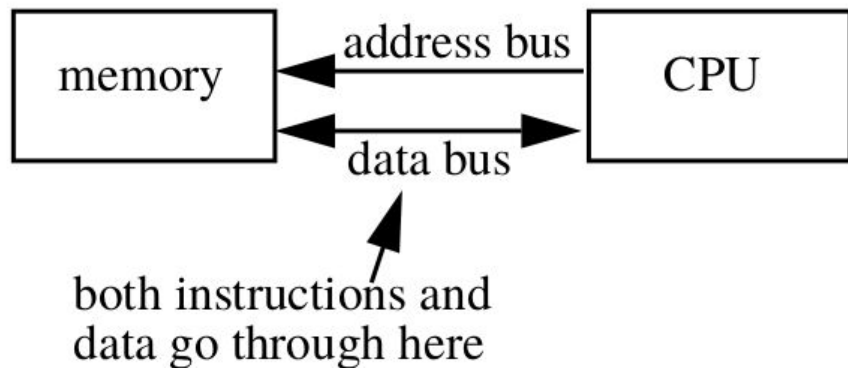
Архитектура Фон-Неймана

1. Адресность
2. Однородность памяти
3. Программное управление

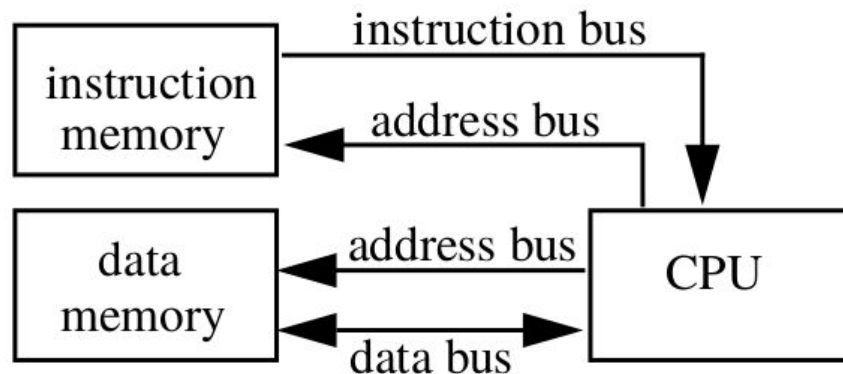


Типы архитектур

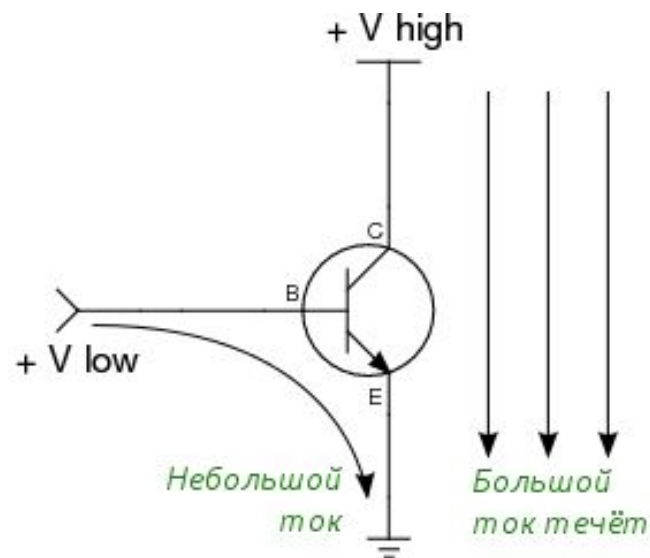
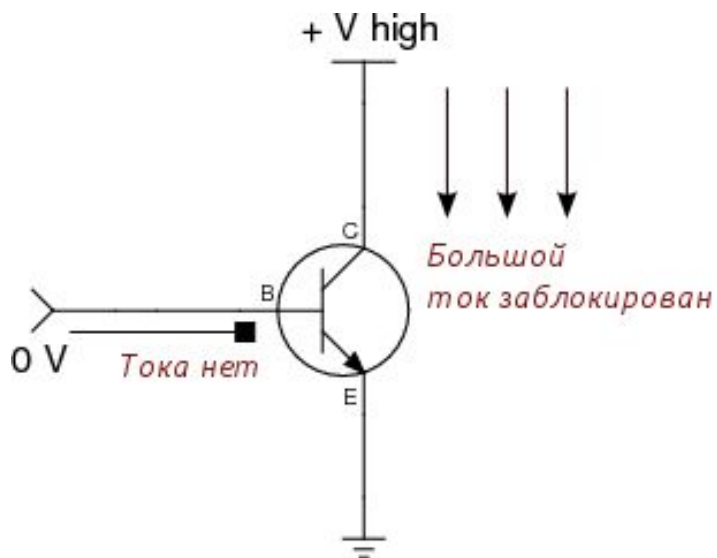
Von Neumann Architecture



Harvard Architecture



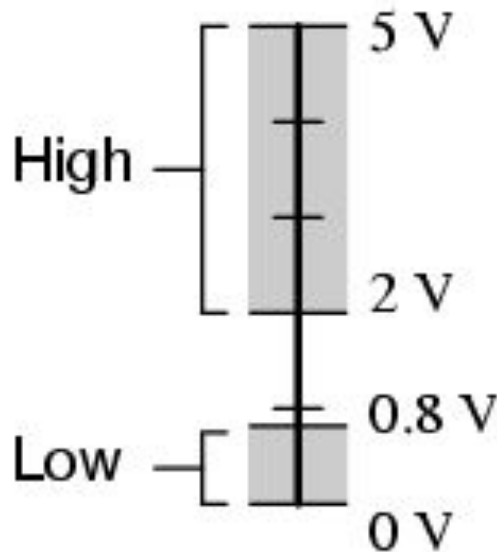
Транзистор



Связь цифрового и аналогового мира

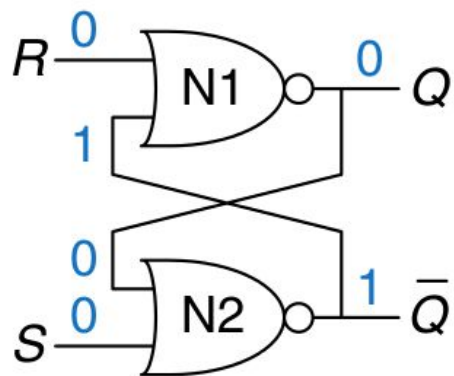
Для микросхемы ТТЛ (транзисторно-транзисторной логики):

- 0 соответствует Low
- 1 соответствует High

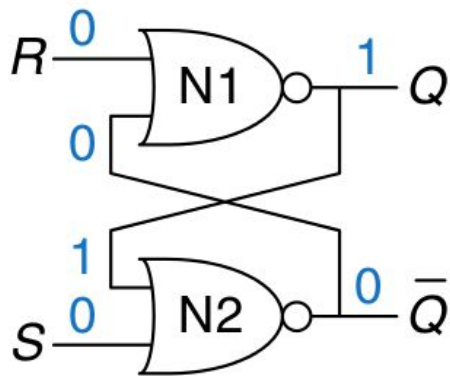


Сумматор

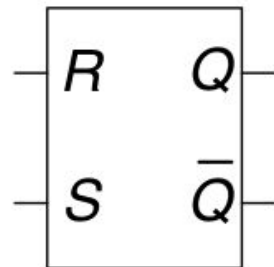
SR(RS)-Защелка



(a)

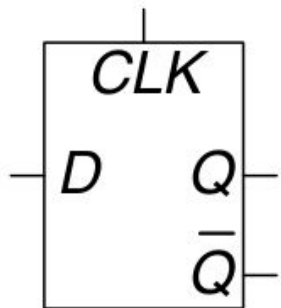
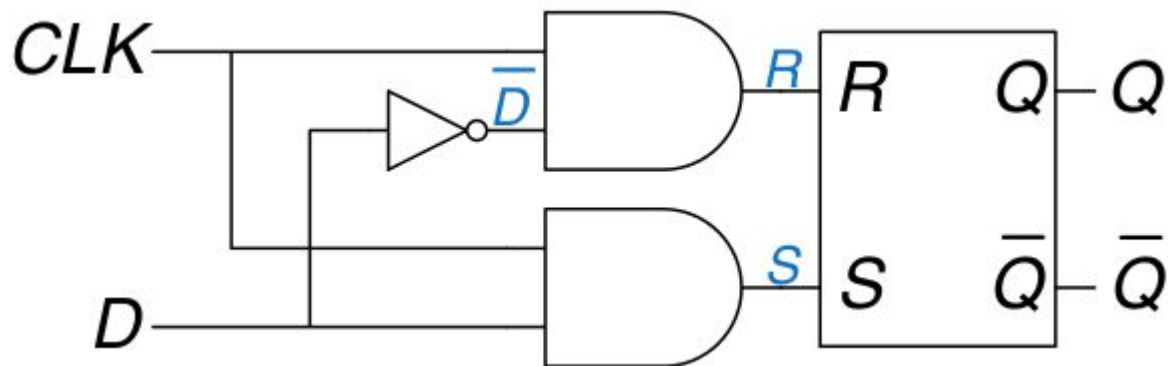


(b)



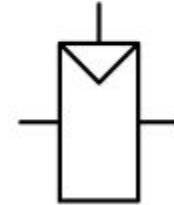
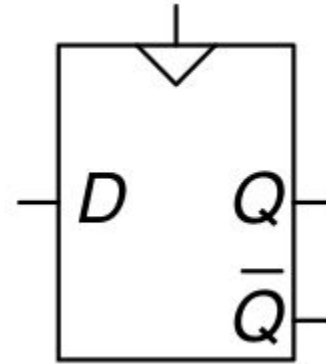
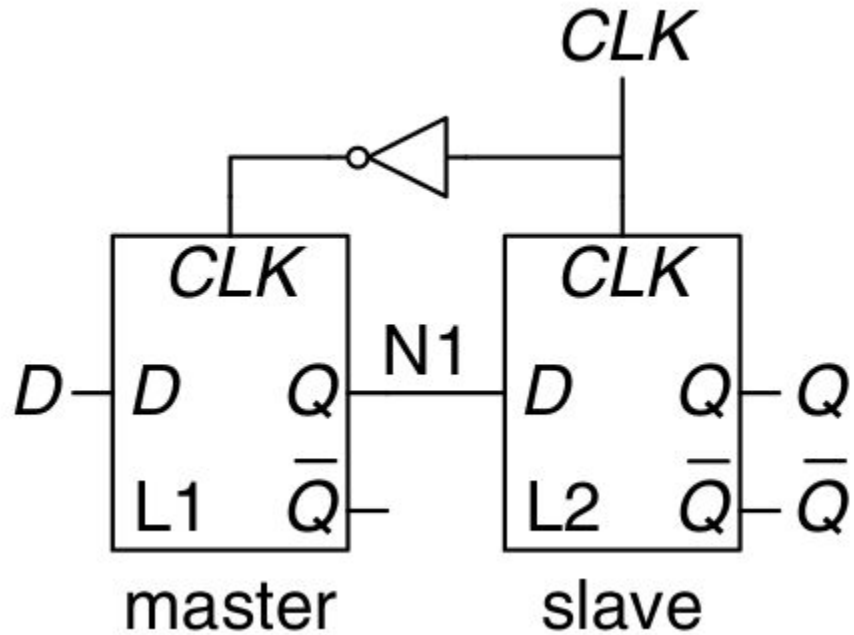
Case	S	R	Q	\bar{Q}
IV	0	0	Q_{prev}	\bar{Q}_{prev}
I	0	1	0	1
II	1	0	1	0

D-Защелка (D-Latch)



CLK	D	\bar{D}	S	R	Q	\bar{Q}
0	X	\bar{X}	0	0	Q_{prev}	\bar{Q}_{prev}
1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0

D-Триггер (D-flip-flop)

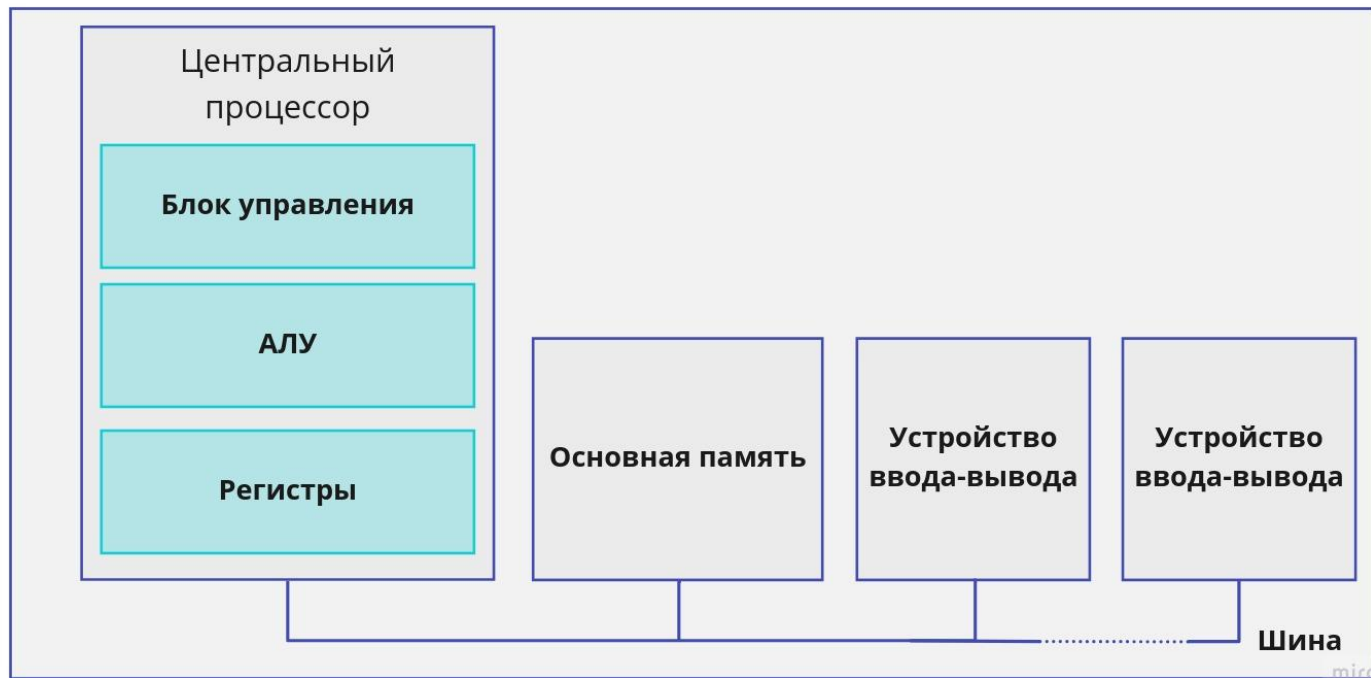


Регистр

Регистр – логическая схема, предназначенная для хранения двоичных чисел заданной разрядности.

Регистр состоит из группы триггеров (например, D-триггеров).

Как устроено простое вычислительное устройство



Формат представления чисел на компьютере

Числа конечной точности - числа, представляемые в фиксированном количестве разрядов.

Арифметические операции с числами конечной точности имеют ограничения и могут вызвать **переполнение**.

Формат представления целых чисел

Беззнаковые:

123:

0	1	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Диапазон значений:

$0 \dots 2^n - 1$, где n - разрядность архитектуры

Формат представления целых чисел

Беззнаковые:

123:

0	1	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Диапазон значений:

$0 \dots 2^n - 1$, где n - разрядность архитектуры

Формат представления целых чисел

Знаковые:

- Прямой код ($-2^{n-1} + 1 \dots 2^{n-1} - 1$)

-123:

1	1	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

- Обратный код ($-2^{n-1} + 1 \dots 2^{n-1} - 1$)

-123:

1	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

- Дополнительный код ($-2^{n-1} \dots 2^{n-1} - 1$)

-123:

1	0	0	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Примеры диапазонов

Число бит	Диапазон беззнаковых чисел	Диапазон знаковых чисел (дополнительный код)
8	От 0 до 255	От -128 до 127
32	От 0 до 4 294 967 295	От -2 147 483 648 до 2 147 483 647
64	От 0 до 18 446 744 073 709 551 615	От -9 223 372 036 854 775 808 до 9 223 372 036 854 775 807

Формат представления чисел с плавающей точкой

Стандарт IEEE 754:

- одинарная точность (single precision) - 4 байта.
Пример: float в C
примерно от 10^{-38} до 10^{38}
- двойная точность (double precision) - 8 байт.
Примеры: double в C, float в Python
примерно от 10^{-308} до 10^{308}

Одинарная точность

- 1 бит - знак (0 - положительные числа, 1 - отрицательные)
- 8 бит - порядок
- 23 бита - дробная значащая часть числа - мантисса
- 127 - смещение

$$111,1101 = 1,111101 * 2^2$$

1,111101 - мантисса, записывается только дробная часть

2 - *истинный* порядок, 129 - *смещенный* порядок

знак	порядок								мантисса									
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	...	0	0	0

Одинарная точность

Специальные случаи:

- Если порядок и мантисса равны 0, число равно 0.
- Если порядок равен 255 и мантисса равна 0, число в зависимости от знака $-\infty$ или $+\infty$.
- Если порядок равен 255 и мантисса не равна 0, значение считается недопустимым числом и является NaN (Not a Number).

знак	порядок								мантисса						
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	...	0	0	0

Двойная точность

- 1 бит - знак (0 - положительные числа, 1 - отрицательные)
- 11 бит - порядок
- 52 бита - дробная значащая часть числа - мантисса
- 1023 - смещение

$$111,1101 = 1,111101 * 2^2$$

1,111101 - мантисса

2 - *истинный* порядок, 1025 - *смещенный* порядок

знак	порядок							мантисса						
0	0	1	0	...	0	0	1	1	1	1	...	0	0	0

Сравнение чисел с плавающей точкой

Пример:

```
a = 0.1 + 0.2
```

```
if a == 0.3:
```

```
    print("Числа равны")
```

```
else:
```

```
    print("Числа не равны")
```

На экран будет выведено:

Числа не равны

Формат представления символов на компьютере

- ASCII — 7-битовая кодировка, доступно 128 символов.
- Unicode — 16-битовая кодировка, доступно 65 536 символа.

Поразрядные операции

Операнд	Описание
	Побитовый OR
^	Побитовый XOR
&	Побитовый AND
<<, >>	Смещения
~x	Побитовый NOT

Источники

- <https://stepik.org/course/253> Курс на Stepik “Введение в Архитектуру ЭВМ”
- Э. Таненбаум “Архитектура Компьютера”
- Ч. Петцольд “Код”