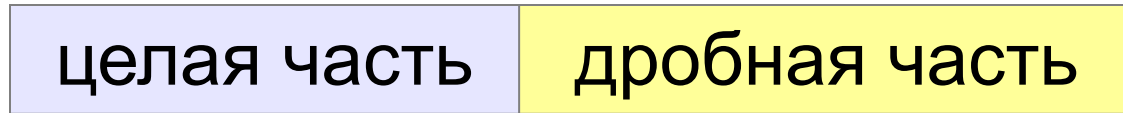


Компьютерная арифметика

§ 27. Хранение в памяти вещественных чисел

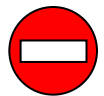
Хранение вещественных чисел

С фиксированной запятой (в первых ЭВМ):



0,000000000000000012345

1234500000000000000,0



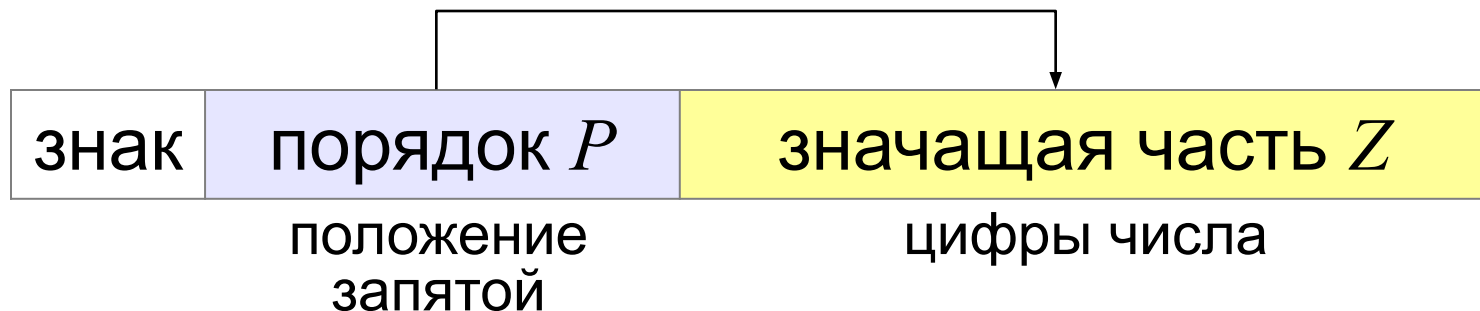
для больших и маленьких чисел нужно масштабирование

С плавающей запятой (автоматическое масштабирование):

$$A = \pm Z \cdot B^P$$

$$1,2345 \cdot 10^{-14}$$

$$1,2345 \cdot 10^{17}$$

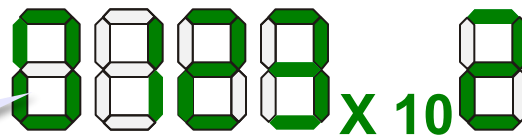


Хранение вещественных чисел

Теоретически оптимальный вариант (целая часть = 0):

$$0,0012345 = 0,12345 \cdot 10^{-2}$$

$$12,345 = 0,12345 \cdot 10^2$$



всегда 0



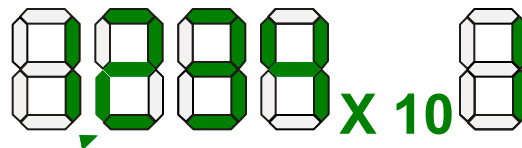
один разряд расходуется впустую!

ОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ
СЧИСЛЕНИЯ

Экономный вариант (целая часть от 1 до B):

$$0,0012345 = 1,2345 \cdot 10^{-3}$$

$$12,345 = 1,2345 \cdot 10^1$$



повышение точности при конечном числе разрядов

Нормализация

Нормализованная форма: значащая часть Z удовлетворяет условию $1 \leq Z < B$, где B – основание системы счисления (стандарт *IEEE 754*).

Пример:

$$17,25 = 10001,01_2 = 1,000101_2 \cdot 2^4$$

$$5,375 =$$

$$7,625 =$$

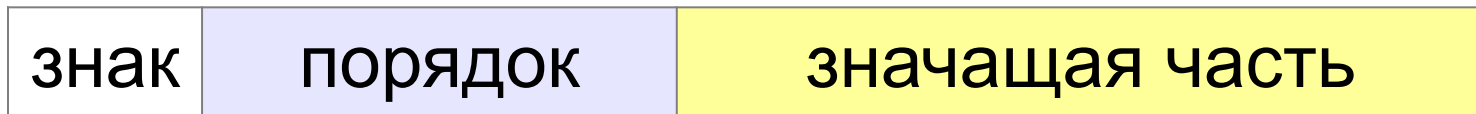
$$27,875 =$$

$$13,5 =$$

$$0,125 =$$

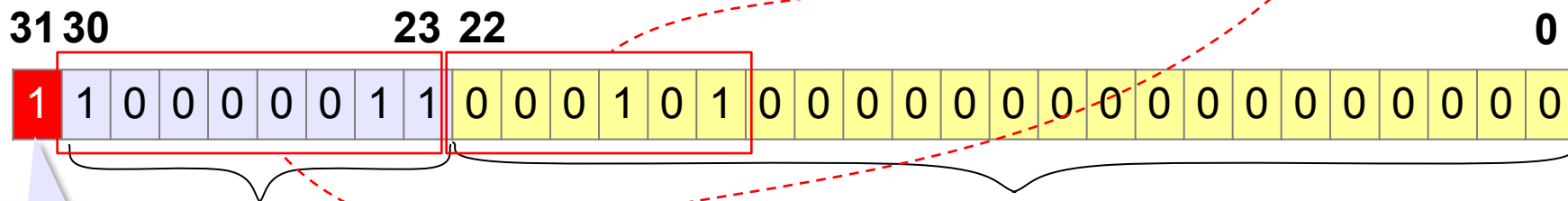
всегда 1, её можно
не хранить в памяти!

Число обычной точности (*single*)



$$-17,25 = -10001,01_2 = -1,000101_2 \cdot 2^4$$

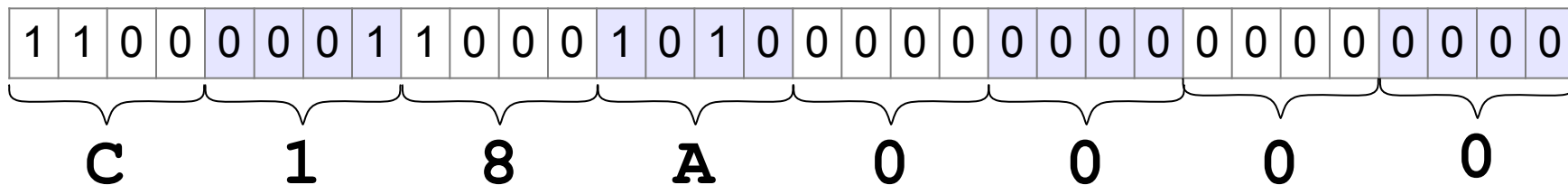
single: 4 байта = 32 бита



знак порядок со
 смещением мантисса = дробная часть Z

$$p = 4 + 127 = 131 = 10000011_2$$

для *single*



Диапазон вещественных чисел

тип	диапазон	число десятичных значащих цифр	размер (байт)
<i>single</i>	$1,4 \cdot 10^{-45} - 3,4 \cdot 10^{38}$	7-8	4
<i>double</i>	$4,9 \cdot 10^{-324} - 1,8 \cdot 10^{308}$	15-16	8
<i>extended</i>	$3,6 \cdot 10^{-4951} - 1,2 \cdot 10^{4932}$	19-20	10

Extended – тип для вычислений в сопроцессоре, единица в значащей части не скрывается.

Single, double – только для хранения.

Компьютерная арифметика

§ 28. Операции с вещественными числами

Сложение и вычитание



Как сложить два числа с плавающей запятой?

$$1,2345 \cdot 10^{-5} + 1,2345 \cdot 10^5 = ?$$

Пример:

$$7,25 = 111,01_2 = 1,1101_2 \cdot 2^2$$

$$1,75 = 1,11_2 = 1,11_2 \cdot 2^0$$

1) порядки выравниваются до большего

$$1,75 = 0,0111_2 \cdot 2^2$$

2) значащие части складываются (или вычитаются)

$$\begin{array}{r} 1,1101_2 \\ + 0,0111_2 \\ \hline 10,0100_2 \end{array}$$

3) результат нормализуется

$$10,01_2 \cdot 2^2 = 1,001_2 \cdot 2^3$$



Почему порядки выравнивают до большего?

Умножение и деление



Как умножить два числа с плавающей запятой?

$$1,2345 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2345 \cdot 10^5 = ?$$

Пример:

$$1,75 = 1,11_2 = 1,11_2 \cdot 2^0$$

$$6 = 110_2 = 1,1_2 \cdot 2^2$$

1) значащие части умножаются (или делятся)

$$1,11_2 \cdot 1,1_2 = 10,101_2$$

2) порядки складываются (или вычитаются)

$$0 + 2 = 2$$

3) результат нормализуется

$$10,101_2 \cdot 2^2 = 1,0101_2 \cdot 2^3$$



Надо ли выравнять порядки?

Правила записи ответа:

$$17,25 = 10001,01_2 = 1,000101_2 \cdot 2^4$$

$$17,25 = 10001,01(2) = 1,000101_2 \cdot 2^4$$