



Двоичная арифметика. Стандарт IEEE 754

Окладникова С.В.

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Алгоритм алгебраического сложения

1. Выравнивание порядков
2. Сложение мантисс
3. Нормализация результата

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 1: Сложить числа

$$A_{(2)} = +0,10100 * (10)^{+101}$$

$$B_{(2)} = -0,10110 * (10)^{+100}$$

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 1

1. Выравнивание порядков

$$\begin{array}{r} -101_2 \rightarrow \\ +100_2 \rightarrow \end{array} \begin{array}{r} (11011)_{\text{доп}}^M \\ + (00100)_{\text{доп}}^M \\ \hline (11111)_{\text{доп}}^M \end{array} \rightarrow (11001)_{\text{пр}}^M \rightarrow -001_2 = -1_2$$

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 1

2. Сложение мантисс

2.1. Сдвинем мантиссу на 1 разряд вправо

$M_B = -0,10110_2$ исходная мантисса

$M_B = -0,01011_2$ смещенная (выровненная)
мантисса

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 1

2. Сложение мантисс

2.2. Выполним сложение мантисс с модифицированных дополнительных кодах

$$\begin{array}{l} +0,10100_2 \rightarrow (0010100)^M_{\text{доп}} \\ -0,01011_2 \rightarrow + (1110101)^M_{\text{доп}} \\ \hline (10001001)^M_{\text{доп}} \rightarrow (0001001)^M_{\text{пр}} \rightarrow +0,01001_2 \end{array}$$

не учитывается (отбрасывается) ←

↑ нарушение нормализации

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 1

3. Нормализация

$$+ 0,10100 * (10)^{+101} + (-0,10110) * (10)^{+100} = + 0,10010 * (10)^{100}$$

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 2: Сложить числа

$$A_{(2)} = +0,10100 * (10)^{+001}$$

$$B_{(2)} = +0,11100 * (10)^{+101}$$

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 2:

1. Выравнивание порядков

$$\begin{array}{r} -101_2 \rightarrow (11011)_{\text{доп}}^M \\ +011_2 \rightarrow + (00011)_{\text{доп}}^M \\ \hline (11110)_{\text{доп}}^M \rightarrow (11010)_{\text{пр}}^M \rightarrow -010_2 = -2_{10}. \end{array}$$

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 2

2. Сложение мантисс

2.1. Сдвинем мантиссу на 2 разряда вправо

$M_A = +0,10100$ исходная мантисса

$M_A = +0,00101$ смещенная (выровненная)
мантисса

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 2

2. Сложение мантисс

2.2. Выполним сложение мантисс с модифицированных дополнительных кодах

$$\begin{array}{r} +0,00101_2 \rightarrow (0000101)_{\text{доп}}^{\text{M}} \\ +0,11100_2 \rightarrow (0011100)_{\text{доп}}^{\text{M}} \end{array}$$

$$(0100001)_{\text{доп}}^{\text{M}}$$

признак переполнения
разрядной сетки

Алгебраическое сложение чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Пример 2

3. Нормализация

$$+ 0,10100 * (10)^{+011} + 0,11100 * (10)^{+101} = + 0,100001 * (10)^{+110}$$

Умножение двоичных чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Алгоритм алгебраического умножения

1. Определение знака мантиссы произведения путем суммирования знаковых разрядов мантисс сомножителей по модулю
2. Перемножение мантисс сомножителей, как чисел с фиксированной запятой
3. Сложение порядков сомножителей, как целых чисел
4. Нормализация результата

Умножение двоичных чисел в форме с плавающей точкой (запятой)

Алгоритм алгебраического деления

1. Определение знака мантиссы частного путем суммирования знаковых разрядов мантисс делимого и делителя по модулю
2. Деление мантисс, как чисел с фиксированной запятой
3. Вычитание порядков, как целых чисел
4. Нормализация результата