

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

Разработка алгоритмов операций сложения чисел с плавающей запятой в ассоциативных решающих полях

Автор работы:
Студент группы КЭ-452
Захаров Д.И.

Научный руководитель:
Доцент каф. ЭВМ
к.т.н. Кафтаников И.Л.

Рецензент:
Доцент каф. ПриМиП
к.т.н. Брагина А.А.

Введение

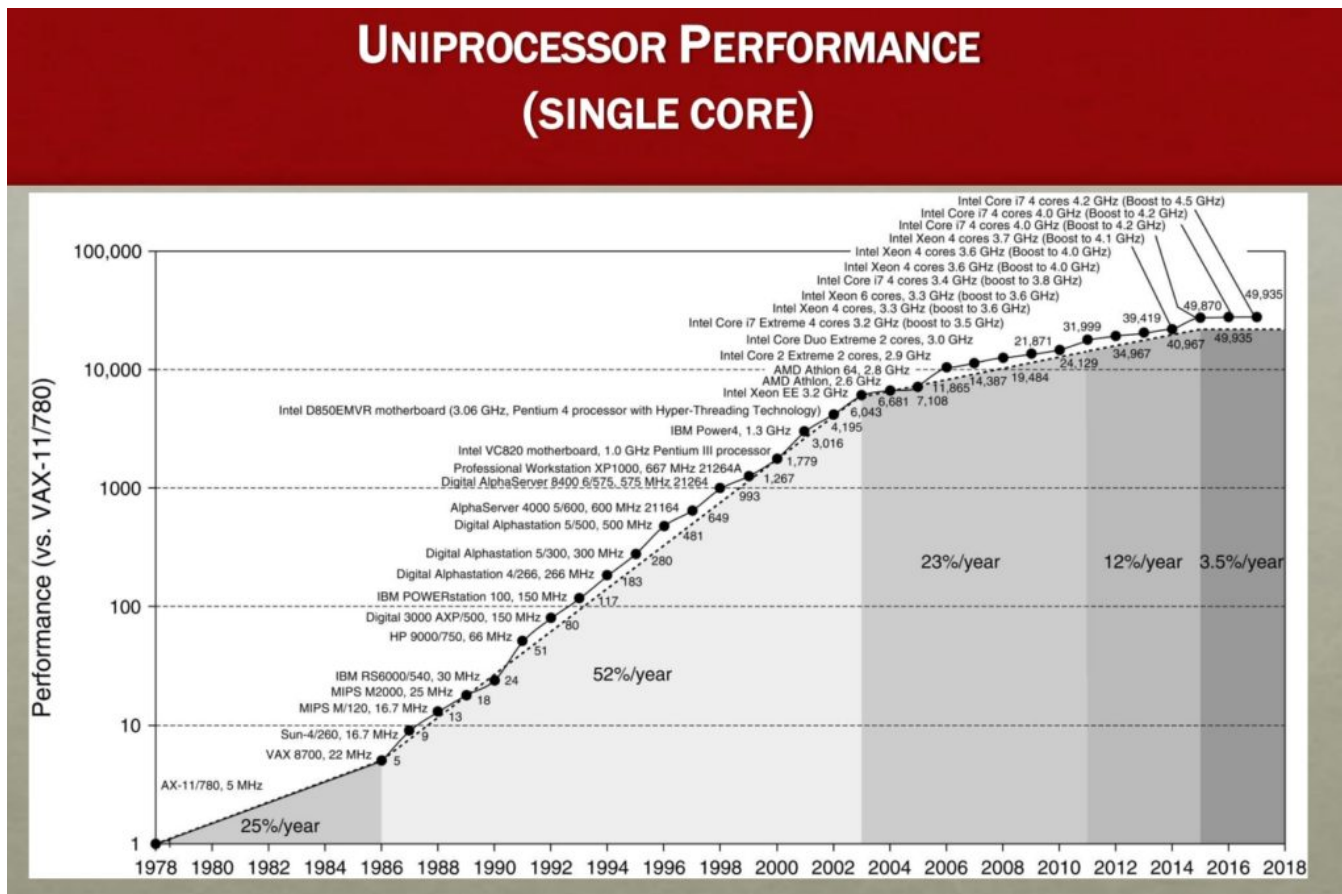
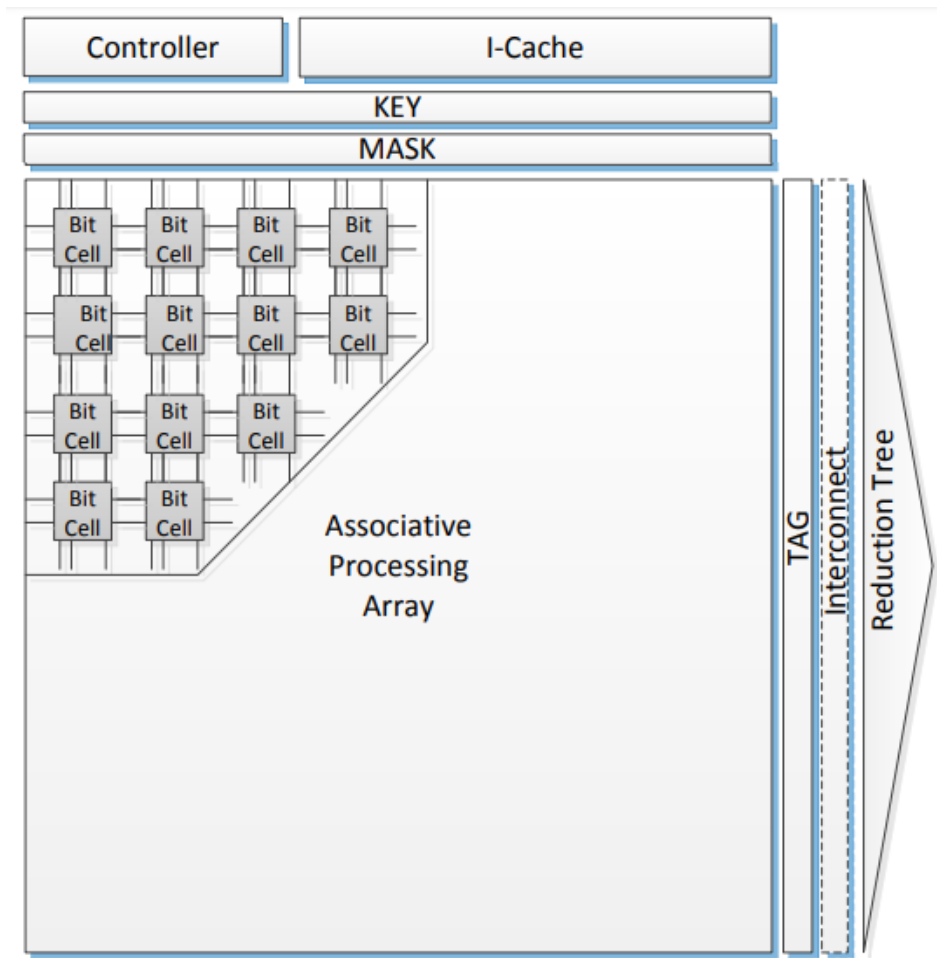


График роста производительности процессоров Intel

Ассоциативный процессор

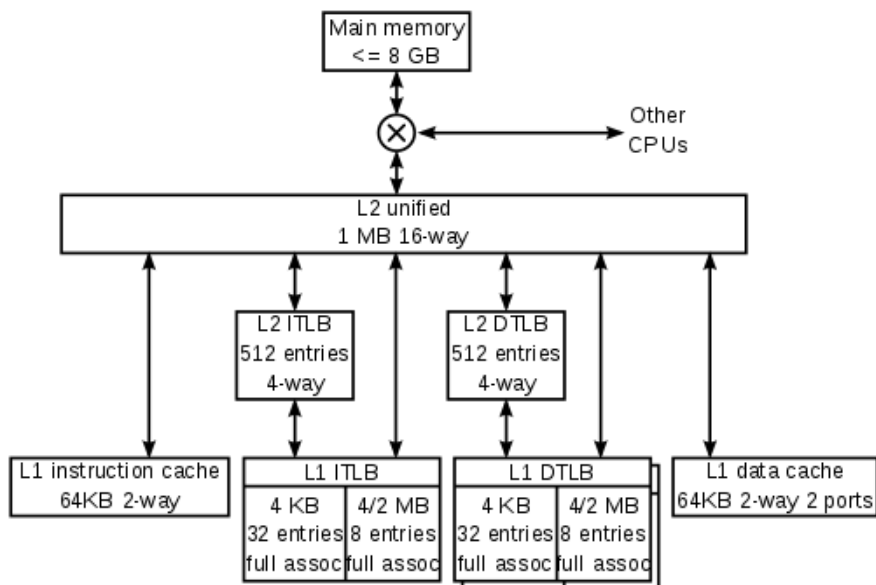


Архитектура ассоциативного процессора

Цели и задачи исследования

- Цель:** Целью представленной выпускной квалификационной работы является разработка алгоритма чисел с плавающей точкой на ассоциативном процессоре.
- Задачи:** Рассмотреть существующие способы вычисления арифметических функций в процессорах.
- Изучить архитектуру ассоциативного процессора.
- Разработать алгоритмы вычисления арифметических функций на ассоциативном процессоре.
- Проанализировать работоспособность и быстродействие разработанных алгоритмов.

Использование ассоциативных полей

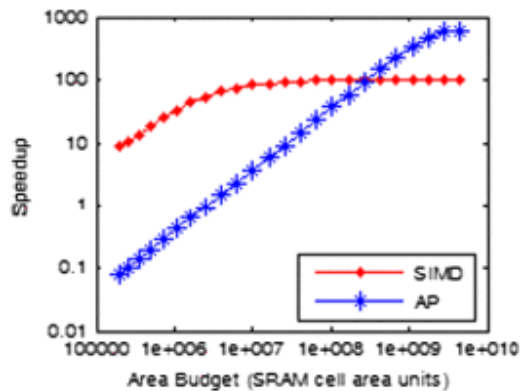


Использование в кэш-памяти 1 уровня

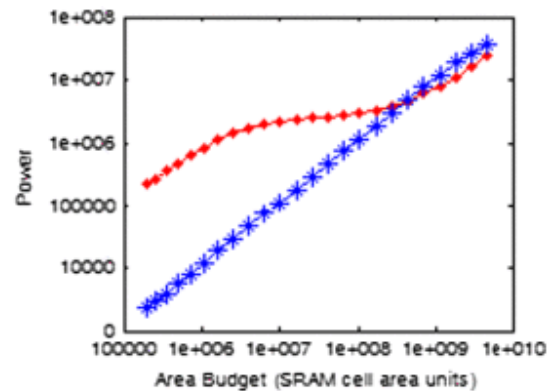


Использование в маршрутизаторах

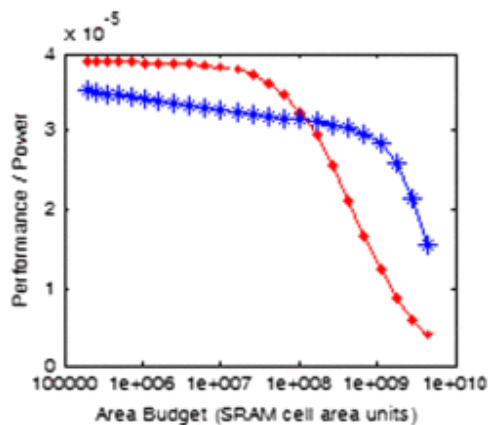
Перспективы развития



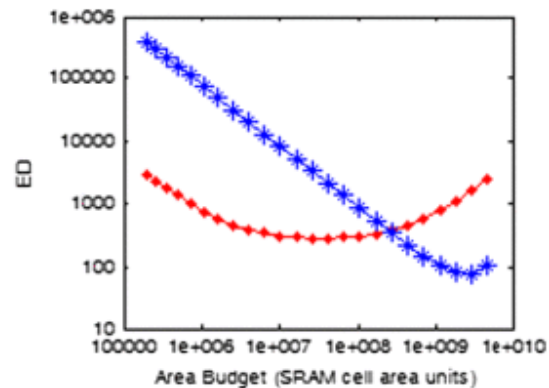
(a)



(b)



(c)



(d)

(a) – прирост скорости; (b) – энергопотребление;

(c) – производительность/мощность; (d) – энергия * задержка

Формат чисел с плавающей точкой

Порядок = $E+127$

$5=1.01e^2$

Мантисса = 01

Порядок = $2+127 = 129=10000001$

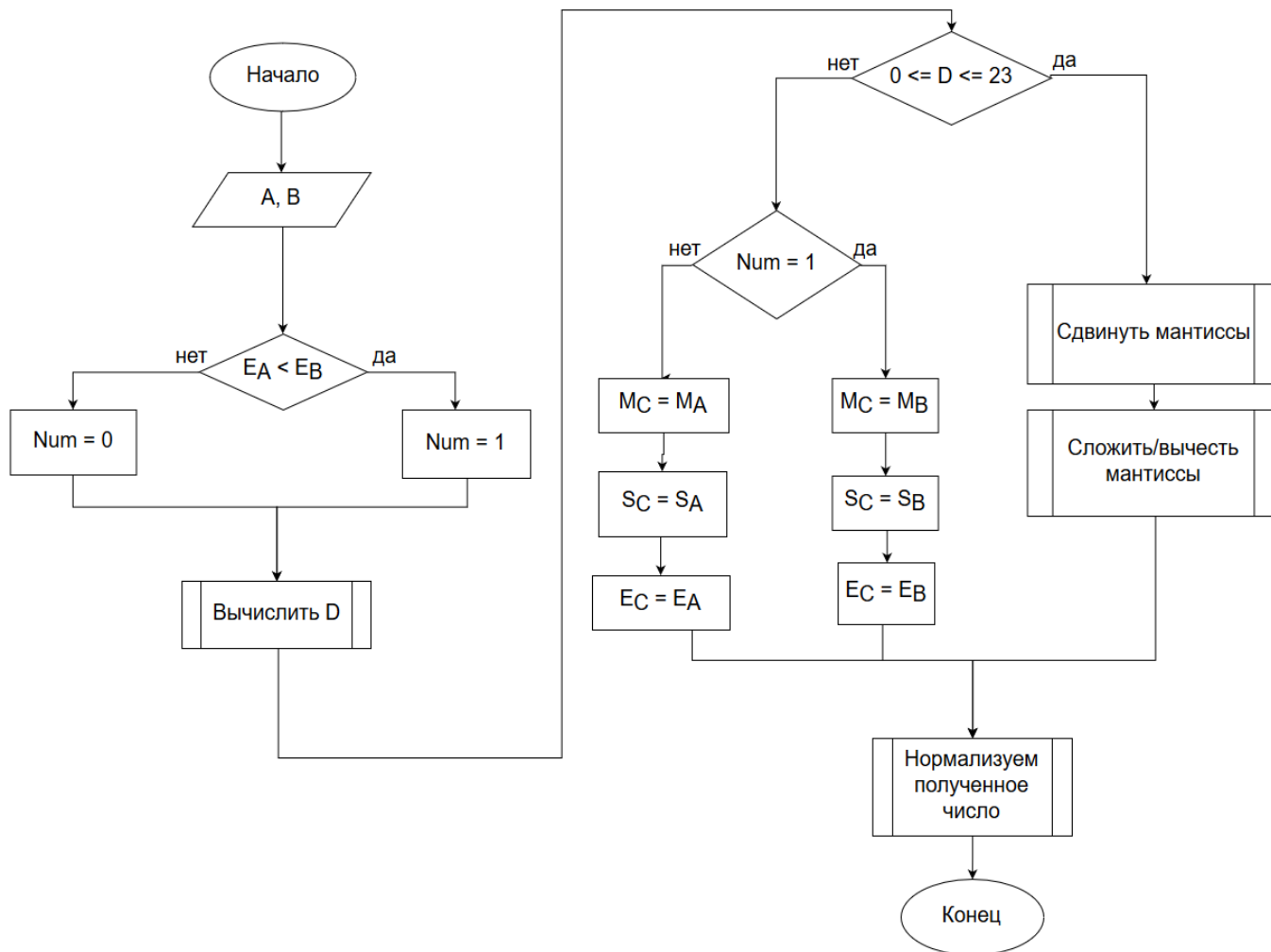


Сложение чисел с плавающей точкой

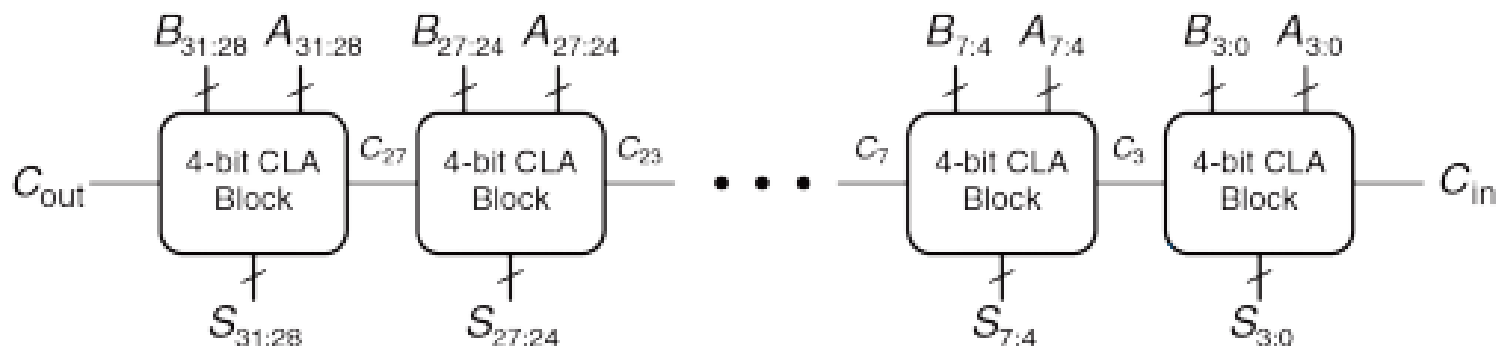
Алгоритм сложения выглядит следующим образом:

1. Представить числа в нормированном виде. Таким образом мы явно представляем скрытую единицу.
2. Для продолжения процесса суммирования нам необходимо, чтобы экспоненты двух чисел были равны, мы делаем это переписывая значение Y . Это денормализует Y , но значение соответствует нормализованному Y . Добавить разность x -у к экспоненте числа Y . Сдвинуть мантиссу числа Y на x -у разрядов для компенсирования изменений в экспоненте.
3. Сложение двух мантисс чисел X и скорректированного Y .
4. Если сумма на предыдущем этапе смещает единицу нормализации, то необходимо сдвинуть экспоненту, и повторить суммирование.
5. Конвертирование в однобайтную форму представления числа с плавающей запятой

Алгоритм сложения чисел с плавающей точкой



Сложение целых чисел



Asm: ADD X, Y

Таблицы опроса-записи

| a_8 | b_8 | S_8 | P_8 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

$$Q_{i8} = (a_{i8} \& \bar{b}_{i8}) | (\bar{a}_{i8} \& b_{i8}) \& m_{i8}$$

$$S_{i8} := m_{i8} * Q_{i8}$$

$$Q'_{i8} = (a_{i8} \& b_{i8}) \& m_{i8}$$

$$P_{i8} := m_{i8} * Q'_{i8}$$

| a_i | b_i | P_{i-1} | S_i | P_i |
|-------|-------|-----------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$Q_{ij} = \left((\bar{a}_{ij} \& \bar{b}_{ij} \& P_{ij-1}) | (a_{ij} \& \bar{b}_{ij} \& \bar{P}_{ij-1}) | (\bar{a}_{ij} \& b_{ij} \& \bar{P}_{ij-1}) \right) \& m_{i0}$$

$$S_{ij} := m_{ij} * Q_{ij}$$

$$Q'_{ij} = \left((\bar{a}_{ij} \& b_{ij} \& P_{ij-1}) | (a_{ij} \& \bar{b}_{ij} \& P_{ij-1}) | (a_{ij} \& b_{ij} \& \bar{P}_{ij-1}) \right) \& m_{ij}$$

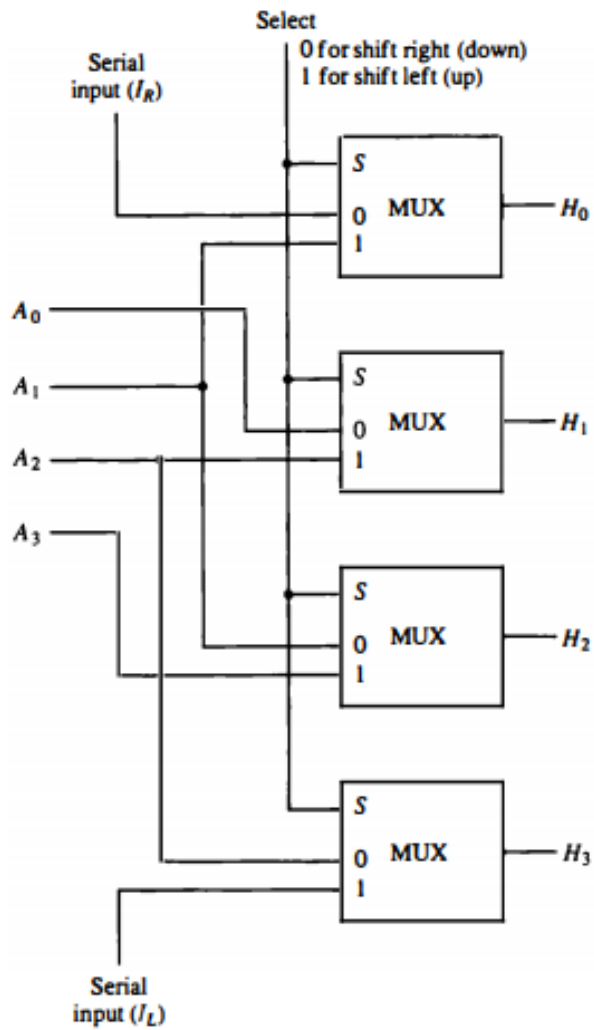
$$P_{ij} := m_{ij} * Q'_{ij}$$

$$Q''_{ij} = \left((a_{ij} \& b_{ij} \& P_{ij-1}) \right) \& m_{i0}$$

$$S'_{ij} := m_{ij} * Q''_{ij}; P_{ij} := m_{ij} * Q''_{ij}$$

СДВИГ

Asm: SHR X, n



Алгоритм сдвига

| A | | | | | | | | B | | | S | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | <u>0</u> | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | <u>0</u> | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | <u>0</u> | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | <u>0</u> | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Шаг 1

| A | | | | | | | | B | | | S | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | <u>1</u> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | <u>1</u> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | <u>1</u> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | <u>1</u> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Шаг 2

Алгоритм сдвига

| B | | | S | | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | <u>1</u> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | <u>1</u> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | <u>1</u> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | <u>1</u> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

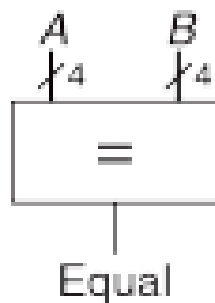
Шаг 3

| B | | | S | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <u>1</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <u>1</u> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <u>1</u> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <u>1</u> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

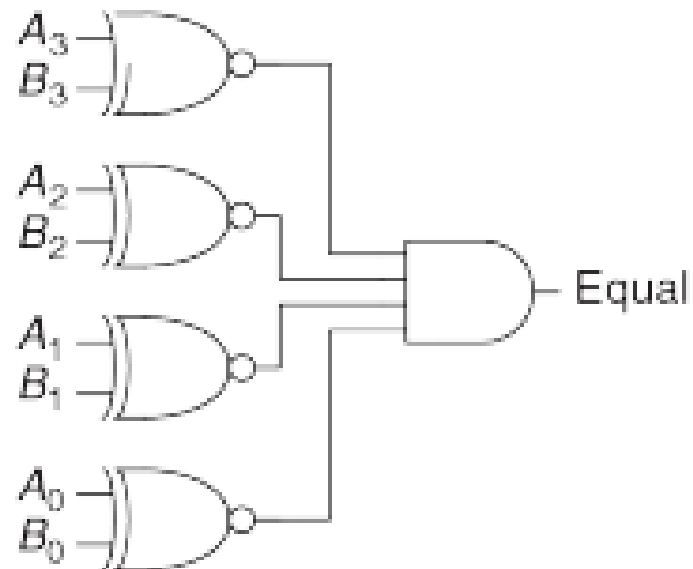
Шаг 4

Сравнение чисел

Asm: CMP X, Y



...



...

Алгоритм сравнения

| A | | | | | | | | B | | | | | | | | E | T | St |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| A | | | | | | | | B | | | | | | | | E | T | St |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>0</u> | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | <u>1</u> | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Шаг 1

| A | | | | | | | | B | | | | | | | | E | T | St |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <u>1</u> | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | <u>0</u> | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Шаг 2

Алгоритм сравнения

| A | | | | | | | | B | | | | | | | | E | T | St |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | <u>0</u> |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Шаг $2n + 1$

| A | | | | | | | | B | | | | | | | | E | T | St |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |





Демонстрационное приложение

Алгоритм сложения целых чисел

Целые
 С плавающей точкой

Сложение

| | A ₁₀ | A | B ₁₀ | B | S ₁₀ | S | P |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| - | 211 | 1 1 0 1 0 0 1 1 | 59 | 0 0 1 1 1 0 1 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 104 | 0 1 1 0 1 0 0 0 | 183 | 1 0 1 1 0 1 1 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 241 | 1 1 1 1 0 0 0 1 | 165 | 1 0 1 0 0 1 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 48 | 0 0 1 1 0 0 0 0 | 241 | 1 1 1 1 0 0 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 31 | 0 0 0 1 1 1 1 1 | 36 | 0 0 1 0 0 1 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 14 | 0 0 0 0 1 1 1 0 | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 176 | 1 0 1 1 0 0 0 0 | 205 | 1 1 0 0 1 1 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 123 | 0 1 1 1 1 0 1 1 | 104 | 0 1 1 0 1 0 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 46 | 0 0 1 0 1 1 1 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 127 | 0 1 1 1 1 1 1 1 | 174 | 1 0 1 0 1 1 1 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 47 | 0 0 1 0 1 1 1 1 | 105 | 0 1 1 0 1 0 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 21 | 0 0 0 1 0 1 0 1 | 88 | 0 1 0 1 1 0 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 170 | 1 0 1 0 1 0 1 0 | 52 | 0 0 1 1 0 1 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 7 | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 145 | 1 0 0 1 0 0 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| + | | | | | | | |

Демонстрация алгоритма сложения

Демонстрационное приложение

Алгоритм сложения целых чисел

Целые
 С плавающей точкой

Сложение

| | A ₁₀ | A | B ₁₀ | B | S ₁₀ | S | P |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| - | 211 | 1 1 0 1 0 0 1 1 | 59 | 0 0 1 1 1 0 1 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 104 | 0 1 1 0 1 0 0 0 | 183 | 1 0 1 1 0 1 1 1 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 241 | 1 1 1 1 0 0 0 1 | 165 | 1 0 1 0 0 1 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 48 | 0 0 1 1 0 0 0 0 | 241 | 1 1 1 1 0 0 0 1 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 31 | 0 0 0 1 1 1 1 1 | 36 | 0 0 1 0 0 1 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 14 | 0 0 0 0 1 1 1 0 | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 176 | 1 0 1 1 0 0 0 0 | 205 | 1 1 0 0 1 1 0 1 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 123 | 0 1 1 1 1 0 1 1 | 104 | 0 1 1 0 1 0 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 46 | 0 0 1 0 1 1 1 0 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 127 | 0 1 1 1 1 1 1 1 | 174 | 1 0 1 0 1 1 1 0 | 1 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 47 | 0 0 1 0 1 1 1 1 | 105 | 0 1 1 0 1 0 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 21 | 0 0 0 1 0 1 0 1 | 88 | 0 1 0 1 1 0 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 170 | 1 0 1 0 1 0 1 0 | 52 | 0 0 1 1 0 1 0 0 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 7 | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 145 | 1 0 0 1 0 0 0 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| + | | | | | | | |

Опрос-запись последнего разряда

Запись в найденные ячейки

⏮ ⏪ ⏩ ⏭

Прохождение алгоритма сложения

Демонстрационное приложение

Алгоритм сложения целых чисел





Целые
 С плавающей точкой

Сложение

| | A ₁₀ | A | B ₁₀ | B | S ₁₀ | S | P |
|---|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| - | 211 | 1 1 0 1 0 0 1 1 | 59 | 0 0 1 1 1 0 1 1 | 270 | 1 0 0 0 0 1 1 1 0 | 1 1 1 1 0 0 1 1 |
| - | 104 | 0 1 1 1 0 1 0 0 0 | 183 | 1 0 1 1 0 1 1 1 | 287 | 1 0 0 0 1 1 1 1 1 | 1 1 1 0 0 0 0 0 |
| - | 241 | 1 1 1 1 1 0 0 0 1 | 165 | 1 0 1 0 0 1 0 1 | 406 | 1 1 0 0 1 0 1 1 0 | 1 1 1 0 0 0 0 1 |
| - | 48 | 0 0 1 1 0 0 0 0 | 241 | 1 1 1 1 0 0 0 1 | 289 | 1 0 0 1 0 0 0 0 1 | 1 1 1 1 0 0 0 0 |
| - | 31 | 0 0 0 1 1 1 1 1 | 36 | 0 0 1 0 0 1 0 0 | 67 | 0 0 1 0 0 0 0 1 1 | 0 0 1 1 1 1 0 0 |
| - | 14 | 0 0 0 0 1 1 1 0 | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 25 | 0 0 0 0 1 1 0 0 1 | 0 0 0 0 1 1 1 0 |
| - | 176 | 1 0 1 1 0 0 0 0 | 205 | 1 1 0 0 1 1 0 1 | 381 | 1 0 1 1 1 1 0 1 1 | 1 0 0 0 0 0 0 0 |
| - | 123 | 0 1 1 1 1 0 1 1 | 104 | 0 1 1 0 1 0 0 0 | 227 | 0 1 1 1 0 0 0 1 1 | 0 1 1 1 1 0 0 0 |
| - | 11 | 0 0 0 0 1 0 1 1 | 46 | 0 0 1 0 1 1 1 0 | 57 | 0 0 0 1 1 1 0 0 1 | 0 0 0 0 1 1 1 0 |
| - | 127 | 0 1 1 1 1 1 1 1 | 174 | 1 0 1 0 1 1 1 0 | 301 | 1 0 0 1 0 1 1 0 1 | 1 1 1 1 1 1 1 0 |
| - | 47 | 0 0 1 0 1 1 1 1 | 105 | 0 1 1 0 1 0 0 1 | 152 | 0 1 0 0 1 1 0 0 0 | 0 1 1 0 1 1 1 1 |
| - | 21 | 0 0 0 1 0 1 0 1 | 88 | 0 1 0 1 1 0 0 0 | 109 | 0 0 1 1 0 1 1 0 1 | 0 0 0 1 0 0 0 0 |
| - | 170 | 1 0 1 0 1 0 1 0 | 52 | 0 0 1 1 0 1 0 0 | 222 | 0 1 1 0 1 1 1 1 0 | 0 0 1 0 0 0 0 0 |
| - | 7 | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 145 | 1 0 0 1 0 0 0 1 | 152 | 0 1 0 0 1 1 0 0 0 | 0 0 0 0 0 1 1 1 |
| + | | | | | | | |

Заключительный опрос единиц в ячейках переноса

Запись в 0й разряд ячеек суммы

Результат прохождения алгоритма сложения

Демонстрационное приложение

The screenshot shows a web-based calculator interface for adding floating-point numbers. On the left, there are control elements: radio buttons for 'Целые' (integers) and 'С плавающей точкой' (floating point), with the latter selected. A dropdown menu is set to 'Сложение - калькулятор'. The main area displays the following:

- Значение A:** 3,12598. Its 32-bit IEEE 754 binary representation is shown as a row of boxes: 0 (sign), 1 (exponent), 00000000 (exponent bias), 100100000000000000000000 (mantissa).
- Значение B:** -6,5625. Its 32-bit IEEE 754 binary representation is shown as a row of boxes: 1 (sign), 1 (exponent), 10000000 (exponent bias), 110100100100000000000000 (mantissa).
- Результат:** -3,43652. Its 32-bit IEEE 754 binary representation is shown as a row of boxes: 11000000001011011111000000000000.

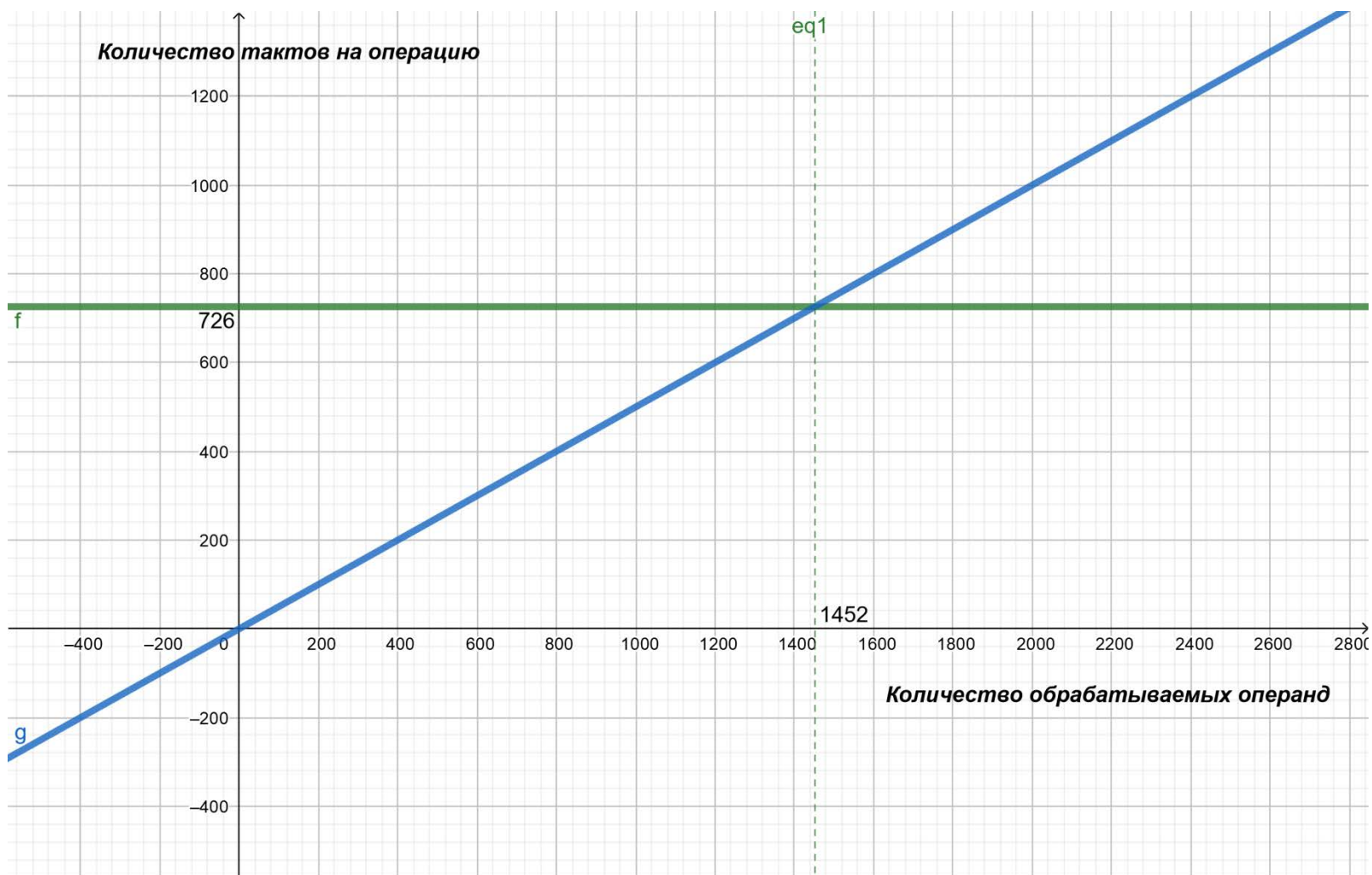
On the right side, there are labels 'Num:' with the value '1' and 'D:' with the value '0'. A 'Сложить' (Add) button is located below the binary representations.

Калькулятор сложения чисел с плавающей точкой

Оценка быстрой реализации алгоритма

| Операция | Количество тактов |
|--|-------------------|
| Сравнение 2 восьмиразрядных чисел | 34 |
| Взятие противоположных чисел для восьмиразрядных чисел | 16 |
| Сдвиг 2 операнд на 1 разряд вправо | 4 |
| Сдвиг мантиссы на разность экспонент (5 разрядов) | 22 |
| Сложение 23-разрядных мантисс | 314 |
| Вычитание мантисс (у операнд с разными знаками) | 314 |
| Нормализация мантисс | 22 |
| Сумма: | 726 |

Оценка быстродействия в СРІ



Синий – выполнение на ЦП, Зеленый – выполнение на АП