

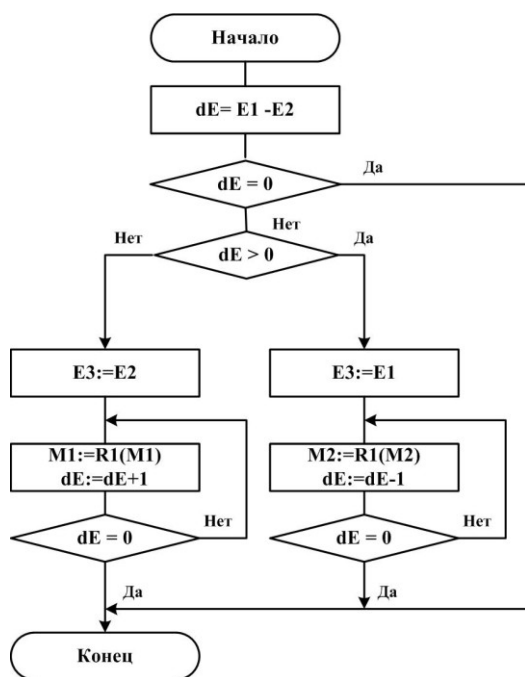
## Операции над числами с ПТ

### Сложение и вычитание

Основные этапы выполнения операций:

- 1) выборка и анализ операндов;
- 2) уравнивание порядков;
- 3) действия над мантиссами. Действие определяется по формуле:
  - $\text{ДЕЙСТВИЕ} = S1 \oplus S2 \oplus \underline{0}$ , при операции сложения;
  - $\text{ДЕЙСТВИЕ} = S1 \oplus S2 \oplus \underline{1}$ , при операции вычитания;
- 4) анализ и преобразование результата:
  - нуль;
  - если результат отрицательный в ДК, то преобразовать в ПК;
  - переполнение и т.д.;
- 5) нормализация результата;
- 6) формирование знака результата;
- 7) запись результата.

Рассмотрим подробнее некоторые этапы.



#### Уравнивание порядков

Прежде чем сделать операцию сложения мантисс, необходимо уравнивать порядки. Порядок результата E3 равен большему из E1 и E2. Для этого вначале находим  $dE = E1 - E2$ . Если  $dE > 0$ , то производится сдвиг M2 на dE вправо (dec dE), если  $dE < 0$ , то сдвигаем M1 на dE вправо (inc dE). Уравнивание заканчивается при  $dE=0$ . Алгоритм уравнивания порядков приведен на рисунке.

#### Сложение мантисс и нормализация результата

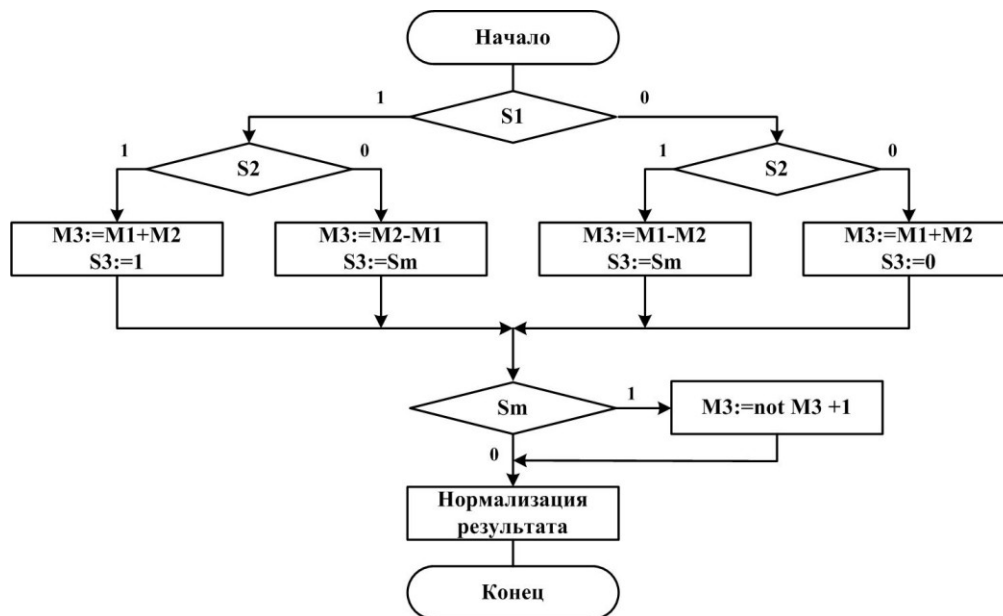
Обработка мантисс зависит от их знаков и происходит в соответствии с таблицей 1, где Sm – знак разности мантисс.

В зависимости от знаков операндов производим сложение или вычитание мантисс. Алгоритм сложения мантисс приведен на рисунке.

Обработка мантисс

Таблица 1

S1	S2	Действие над мантиссами	S3
0	0	$M1 + M2$	0
0	1	$M1 - M2$	Sm
1	0	$M2 - M1$	Sm
1	1	$M1 + M2$	1



Операция сложения завершается нормализацией результата:

- если M3 получился в ДК, то M3 преобразуется в прямой код (ПК)  
 $M3 = \text{not } M3 + 1$ ;
- если произошло переполнение мантиссы, то делаем нормализацию вправо:  
 $M3 = R1(M3)$ ,  $E3 = E3 + 1$ ;
- если отсутствует явный бит в M3, то делаем нормализацию влево:  
 $M3 = Lk(M3)$ ,  $E3 = E3 - k$ , где  $k$  – число ведущих нулей.

### Пример № 1

Выполнить сложение  $Z = X + Y$

$X = 30,5$   $Y = 25,25$

Переводим  $X$  в СС=2 и нормализуем

$Y = 30,5 = 1E.8h = 11110.1b = 1.11101 * 2^4$

$\Pi = 4$ ;  $E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$

S1	E1	M1
0	100 0000 0000 0011	1.1110100000.... 0
79	78	64 63 0

Переводим  $Y$  в СС=2 и нормализуем

$Y = 25,25 = 19.4h = 11001.01b = 1.100101 * 2^4$

$\Pi = 4$ ;  $E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$

S2	E2	M2
0	100 0000 0000 0011	1.10010100000.... 0
79	78	64 63 0

Уравнивание порядков не требуется, т.к.  $E3 = E1 = E2$

Складываем мантиссы

1	1	1	1	0	1	0	0	0...0	M1
1	1	0	0	1	0	1	0	0...0	M2
1	0	1	1	1	1	1	0	0...0	M3

Произошло переполнение разрядной сетки, требуется нормализация вправо: содержимое мантиссы сдвигается вправо и  $E3 = E3 + 1$

1	1.	0	1	1	1	1	1	0	0...0	M3 – до сдвига
	1.	1	0	1	1	1	1	1	0...0	M3 – после сдвига вправо

$$E3 = 4003h + 1 = 4004h$$

Результат Z

S3	E3	M3
0	100 0000 0000 0100	1.10111110000.... 0
79	78	64 63 0

Находим десятичный эквивалент

$$P3 = 4004h - 3FFFh = 5$$

$$\text{Результат } Z = 1.1011111 b * 2^5 = 110111.11 b = 37.Ch = 3 * 16 + 7 + 12/16 = \mathbf{55,75}.$$

### Пример № 2

Выполнить вычитание  $Z = X - Y$

$$X = 30,5 \quad Y = 25,25$$

Переводим X в CC=2 и нормализуем

$$Y = 30,5 = 1E.8h = 11110.1b = 1.11101 * 2^4$$

$$П = 4; E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$$

S1	E1	M1
0	100 0000 0000 0011	1.1110100000.... 0
79	78	64 63 0

Переводим Y в CC=2 и нормализуем

$$Y = 25,25 = 19.4h = 11001.01b = 1.100101 * 2^4$$

$$П = 4; E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$$

S2	E2	M2
0	100 0000 0000 0011	1.10010100000.... 0
79	78	64 63 0

Уравнивание порядков не требуется, т.к.  $E3 = E1 = E2$

Вычитаем мантиссы

1.	1	1	1	0	1	0	0	0...0	M1
1.	1	0	0	1	0	1	0	0...0	M2
0.	0	1	0	1	0	1	0	0...0	M3

Старший разряд мантиссы = 0, требуется нормализация влево: содержимое мантиссы сдвигается влево на  $k=2$  разрядов и  $E3 = E3 - 2$ .

0.	0	1	0	1	0	1	0	0...0	M3
1.	0	1	0	1	0	0	0	0...0	M3 после сдвига

$$E3 = 4003h - 2 = 4001h$$

Результат Z

S3	E3	M3
0	100 0000 0000 0001	1.0101000000.... 0
79	78	64 63 0

Находим десятичный эквивалент

$$ПЗ = 4001h - 3FFFh = 2$$

$$\text{Результат } Z = 1.0101 \text{ b} * 2^2 = 101.01 \text{ b} = 5.4 \text{ h} = \mathbf{5,25}.$$

### Пример № 3

Выполнить сложение  $Z = X + Y$

$$X = 30,5 \quad Y = -31,25$$

Переводим X в CC=2 и нормализуем

$$Y = 30,5 = 1E.8h = 11110.1b = 1.11101 * 2^4$$

$$П = 4; E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$$

S1	E1	M1
0	100 0000 0000 0011	1.1110100000.... 0
79	78	64 63 0

Переводим Y в CC=2 и нормализуем

$$Y = -31,25 = -1F.4h = -11111.01b = -1.111101 * 2^4$$

$$П = 4; E = 4 + 16383 = 4 + 3FFFh = 4003h$$

S2	E2	M2
1	100 0000 0000 0011	1.1111010000.... 0
79	78	64 63 0

$E1 = E2$ , уравнивать порядки не требуется.  $E3 = E2 = E1$

$$M3 = M1 + (-M2) = M1 - M2$$

Вычитаем мантиссы

1	1.	1	1	1	0	1	0	0	0...0	M1
	1.	1	1	1	1	0	1	0	0...0	M2
	1.	1	1	1	1	0	1	0	0...0	M3

Мантисса результата M3 получилась в ДК

Переводим в ПК

1	1	1	1	1	0	1	0	0...0	M3 в ДК
0.	0	0	0	0	1	1	0	0...0	M3 в ПК

Старший разряд мантиссы = 0, требуется нормализация влево:

$$\text{содержимое мантиссы сдвигается влево на } k = 5 \text{ разрядов и } E3 = E3 - 5 = 4003h - 5 = 3FFEh$$

0.	0	0	0	0	1	1	0	0...0	M3 до сдвига
1.	1	0	0	0	0	0	0	0...0	M3 после сдвига

Результат Z

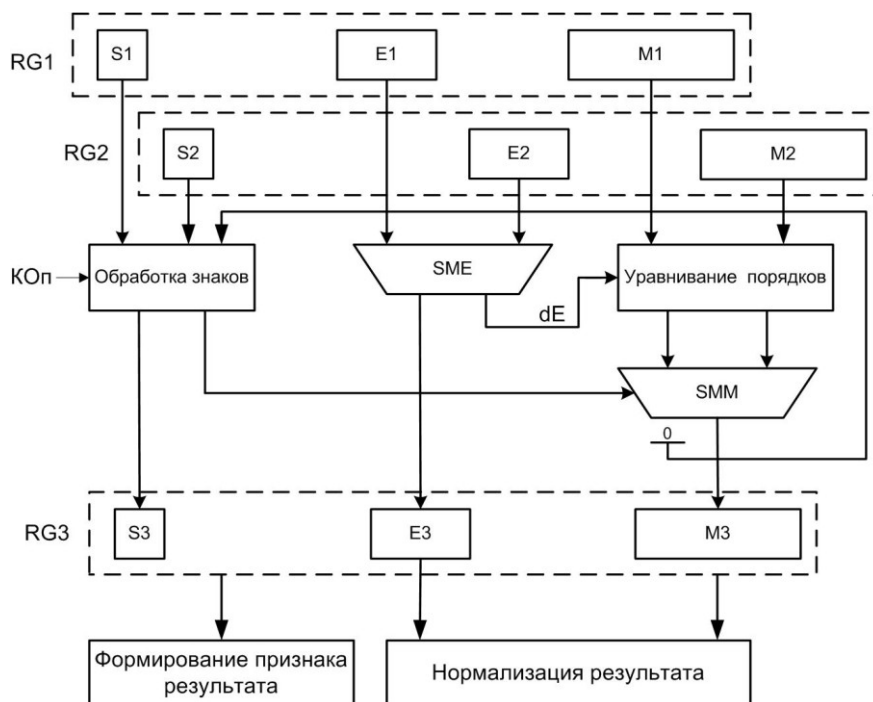
S3	E3	M3
1	011 1111 1111 1110	1.1000000000.... 0
79	78	64 63 0

Находим десятичный эквивалент

$$ПЗ = 3FFE - 3FFF = -1$$

$$\text{Результат } Z = -1.100000 \text{ b} * 2^{-1} = -0.11 \text{ b} = \mathbf{-0,75}.$$

### Структурная схема блока сложения-вычитания



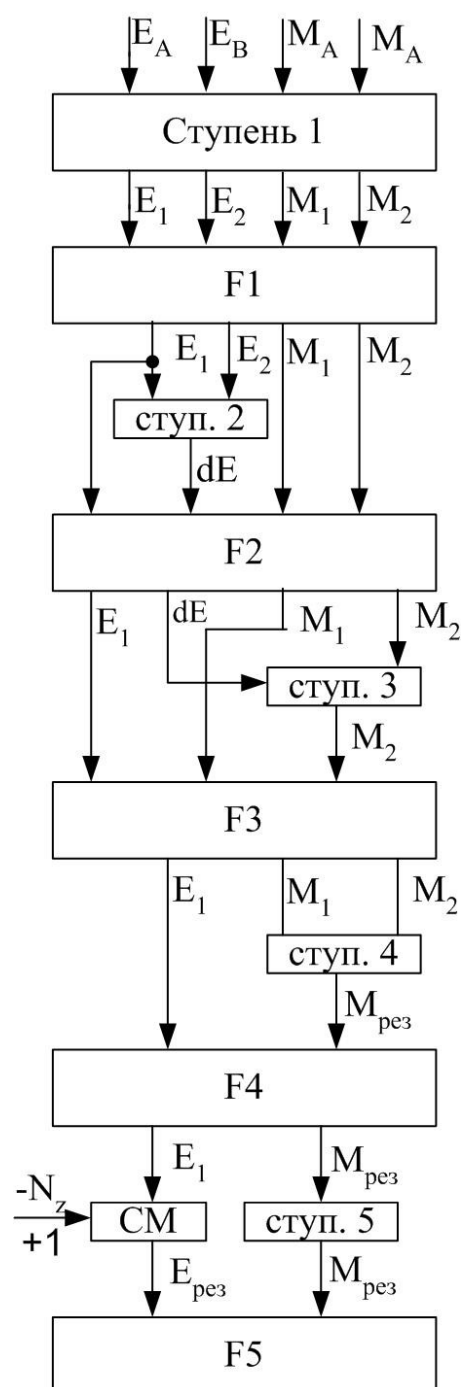
Регистры операндов RG1 и RG2 и регистр суммы RG3 подразделяются на субрегистры знаков (S1, S2, S3), порядков (E1, E2, E3) и мантисс (M1, M2, M3). Сумматор мантисс SME выполняет операции над мантиссами.

Сумматор порядков SME выполняет операции вычитания порядков E1-E2, а также передачу E1 или E2 на выход SME.

Схема обработки знаков определяет действие над мантиссами и знак результата S3 в зависимости от операции, знаков операндов S1, S2 и знака разности мантисс Sm.

## Конвейерный сумматор с ПТ

Конвейерный сумматор представлен на рисунке



$A \rightarrow E_A M_A$

$B \rightarrow E_B M_B$

1 ступень – сравнение и коммутация, так чтобы  $E1 > E2$ .

Фиксация результата ступени 1

2 ступень – вычитание порядков  $dE = E1 - E2$ .

Фиксация результата ступени 2

3 ступень – уравнивание порядков,  
сдвиг  $M_2$  на  $dE$  вправо.

Фиксация результата ступени 3

4 ступень – операция над мантиссами.

Фиксация результата ступени 4

5 ступень – нормализация.  $N_z$  – число ведущих нулей.

Фиксация результата ступени 5

## Умножение и деление чисел плавающей точкой

Основные этапы выполнения операций:

- 1) выборка и анализ операндов;
- 2) при умножении порядки складываются, а при делении – вычитаются. При этом надо учитывать, что порядки смещены, следующим образом:  $E3 = E1 + E2 - 16383$ , при умножении и  $E3 = E1 - E2 + 16383$ ;
- 3) над мантиссами выполняется операция умножения или деления;
- 4) анализ и преобразование результата;
- 5) нормализация результата;
- 6) формирование знака результата по формуле  $S3 = S1 \oplus S2$ ;
- 7) запись результата.

### Структурная схема блока умножения

Схема умножения приведена на рисунке, где RG1, RG2, RG3 - регистры множимого, множителя и произведения соответственно. Схема обработки знаков вычисляет знак произведения  $S3 = S1 \oplus S2$ . Сумматор SME вычисляет порядок произведения  $E3 = E1 + E2 - 16383$ .

MULT умножает мантиссы по одному из известных алгоритмов.

