

Деление в цифровых устройствах сводится к выполнению последовательности вычитаний делителя сначала из делимого, а затем из образующихся в процессе деления частичных остатков и сдвига частичных остатков. Реализовать деление можно двумя основными способами:

1. Деление со сдвигом делителя вправо.
2. Деление со сдвигом остатков от деления влево.

При этом отличают метод деления с восстановлением остатков и без восстановления остатков. Второй подход проще и, что очень важно, обеспечивает большее быстродействие вычислительного устройства при делении. Поэтому, практическое применение получило деление без восстановления остатков.

С учетом вышеизложенного возможны 4 основные схемы выполнения деления:

1. Деление с восстановлением остатков со сдвигом остатков влево
2. Деление с восстановлением остатков со сдвигом делителя вправо.
3. Деление без восстановления остатков со сдвигом остатков влево
4. Деление без восстановления остатков со сдвигом делителя вправо.

Деление двоичных чисел в прямом коде

В отличие от умножения двух чисел, где не может возникнуть переполнение разрядной сетки, при делении такое переполнение возможно. Признаком переполнения является появление единицы в знаковом разряде частного.

Частное определяется путем деления модулей исходных чисел. При этом должно соблюдаться условие: $|X| < |Y|$, где X – делимое и Y – делитель. В противном случае возникнет переполнение.

Этапы деления в прямом коде.

1. Определение знака частного путем сложения по модулю 2 знаковых цифр делимого и делителя.
2. Получение модулей делимого и делителя. Так как вычитание делителя заменяется алгебраическим сложением в дополнительном коде, представляем $-|Y|$ в ДК.
3. Выполнение деления по одному из алгоритмов.
4. Представление частного в прямом коде (дополнительном коде) с присвоением ему знака, полученного на первом шаге.

Деление чисел в прямом коде по схеме с восстановлением остатков со сдвигом остатков влево включает следующие шаги:

1. Выполнение так называемого пробного вычитания делителя из делимого. Если получаемый остаток положительный, то в псевдознаковом разряде частного проставляется 1, при появлении которой формируется признак переполнения разрядной сетки и операция деления прекращается. Если полученный остаток отрицательный, то в псевдознаковый разряд частного записывается 0 и деление возможно, так как $|X| < |Y|$. Результатом пробного вычитания является первый текущий остаток.
2. Производится восстановление делимого путем добавления к остатку делителя.
3. Восстановленное делимое сдвигается на 1 разряд влево.
4. Выполняется вычитание делителя. Знак полученного остатка определяет текущую цифру частного. Если знак остатка равен 0, то в частном пишем 1, а если знак остатка равен 1, то в частном пишем 0.
5. Далее:

Если остаток положительный, то:

- а) остаток сдвигается влево на 1 разряд
- б) из сдвинутого остатка вычитается делитель. Вычитание делителя заменяется алгебраическим сложением в дополнительном коде.

Если остаток отрицательный, то:

- а) выполняется восстановление остатка путем добавления к остатку делителя.
- б) восстановленный остаток сдвигается влево на 1 разряд.
- в) из сдвинутого остатка вычитается делитель.

6. Выполнение пунктов 4 и 5 до получения требуемого количества цифр частного.

Пример

$$X = 0.101011 \quad Y_{\text{дк}} = 1.001011$$

1. $SgZ = SgX \oplus SgY = 0 \oplus 1 = 1$

2. $|X| = 0.101011$

$|Y| = 0.110101$

$-|Y|_{\text{дк}} = 1.001011$

3.

	0.101011	делимое X
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
0.	1.110110	отрицательный остаток, цифра частного = 0
	<u>0.110101</u>	восстановление остатка (+ Y)
	0.101011	восстановленный остаток
	1.010110	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.100001	положительный остаток, цифра частного = 1
	1.000010	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.001101	положительный остаток, цифра частного = 1
	0.011010	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
0	1.100101	отрицательный остаток, цифра частного = 0
	<u>0.110101</u>	восстановление остатка (+ Y)
	0.011010	восстановленный остаток
	0.110100	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
0	1.111111	отрицательный остаток, цифра частного = 0
	<u>0.110101</u>	восстановление остатка (+ Y)
	0.110100	valoarea restabilită a restului
	1.101000	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.110011	положительный остаток, цифра частного = 1
	1.100110	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y, (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.110001	положительный остаток, цифра частного = 1.

4. $Z_{\text{пк}} = 1.110011$

$Z_{\text{дк}} = 1.001101$

При получении отрицательного остатка:

В 1-ом алгоритме		В 3-ем алгоритме	
Вычитание Y	$X-Y$	Вычитание Y	$X-Y$
Восстановление	$X-Y+Y=X$		
Сдвиг остатка	$2X$	Сдвиг остатка	$2(X-Y)=2X-2Y$
Вычитание Y	$2X-Y$	Сложение Y	$2X-2Y+Y=2X-Y$

Деление чисел в прямом коде по схеме **без восстановления остатков со сдвигом остатков влево** включает следующие шаги:

1. Выполнение так называемого пробного вычитания делителя из делимого. Если получаемый остаток положительный, то в псевдознаковом разряде частного проставляется 1, при появлении которой формируется признак переполнения разрядной сетки и операция деления прекращается. Если полученный остаток отрицательный, то в псевдознаковый разряд частного записывается 0 и деление возможно, так как $|X| < |Y|$. Результатом пробного вычитания является первый текущий остаток.
2. Анализ знака текущего остатка: при отрицательном знаке выполнить сдвиг текущего остатка влево, к которому прибавить делитель; при положительном знаке выполнить сдвиг текущего остатка, из которого затем вычесть делитель. Вычитание делителя заменяется алгебраическим сложением в дополнительном коде.
3. Знак очередного текущего остатка определяет очередную цифру частного: при положительном остатке цифра частного равна 1, при отрицательном остатке цифра частного равна 0. Другими словами, очередная цифра частного является инверсией знаковой цифры очередного текущего остатка.
4. Выполнение пунктов 2 и 3 до получения требуемого количества цифр частного.

	0.101011	делимое X
	<u>1.001011</u>	вычитание Y , (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
0	1.110110	отрицательный остаток, цифра частного =0
	1.101100	сдвиг остатка влево
	<u>0.110101</u>	сложение остатка + Y
1	0.100001	положительный остаток, цифра частного =1
	1.000010	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y , (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.001101	положительный остаток, цифра частного =1
	0.011010	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y , (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
0	1.100101	отрицательный остаток, цифра частного =0
	1.001010	сдвиг остатка влево
	<u>0.110101</u>	сложение остатка + Y
0	1.111111	отрицательный остаток, цифра частного =0
	1.111110	сдвиг остатка влево
	<u>0.110101</u>	сложение остатка + Y
1	0.110011	положительный остаток, цифра частного =1
	1.100110	сдвиг остатка влево
	<u>1.001011</u>	вычитание Y , (сложение $- Y _{\text{дк}}$)
1	0.110001	положительный остаток, цифра частного =1.