## Умножение двоичных чисел с фиксированной точкой

Операция умножения является одной из наиболее широко используемых арифметических операций. Умножение выполняется суммированием сдвинутых на один или несколько разрядов частичных произведений, каждое из которых является результатом умножения множимого на соответствующий разряд (разряды) множителя.

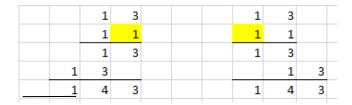
При точном умножении двух чисел количество значащих цифр произведения может в пределе достичь двойного количества значащих цифр сомножителей. Еще сложнее возникает ситуация при умножении нескольких чисел. Поэтому в произведении только в отдельных случаях используют двойное количество разрядов, обычно же ограничиваются количеством разрядов, которое имели сомножители.

Основными способами выполнения операции умножения являются:

- 1) умножение начиная с младших разрядов множителя;
- 2) умножение начиная со старших разрядов множителя.

## Пример.

- 1. Получить произведение A•B путем умножения с младших разрядов множителя B.
- 2. Получить произведение путем умножения со старших разрядов множителя В.



				1	1	0	1		1	1	0	1			
				1	0	1	1		1	0	1	1			
				1	1	0	1		1	1	0	1			
			1	1	0	1				0	0	0	0		
		0	0	0	0						1	1	0	1	
	1	1	0	1								1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1

В обоих случаях операция умножения состоит из ряда последовательных операций сложения частных произведений. Операциями сложения управляют разряды множителя: при единичном разряде множителя к сумме частных произведений прибавляется множимое с соответствующим сдвигом; если разряд множителя нулевой, то множимое не добавляется. При этом полную сумму (произведение) можно получить двумя путями:

- 1) сдвигом множимого на требуемое количество разрядов и добавлением полученного очередного частного произведения к ранее накопленной сумме;
- 2) сдвигом суммы ранее полученных частных произведений на каждом шаге на один разряд и последующим добавлением к сдвинутой сумме неподвижного множимого либо нуля.

Основываясь на вышеизложенном можно предложить четыре алгоритма умножения:

- 1) умножение младшими разрядами множителя со сдвигом множимого влево;
- 2) умножение младшими разрядами множителя со сдвигом накапливаемой суммы частичных произведений вправо;

- 3) умножение старшими разрядами множителя со сдвигом множимого вправо.
- 4) умножение старшими разрядами множителя со сдвигом суммы частичных произведений влево;

Для многих приложений операция умножения является основной. Поэтому естественно стремление к разработке средств и методов ускорения умножения. Известны способы ускорения умножения, направленные на сокращение общего количества и времени выполнения операций сложения, необходимых для образования произведения. Эти способы делятся на логические и аппаратные.

аппаратными понимают такие способы, которые требуют ДЛЯ своей реализации введения дополнительного оборудования арифметические цепи, благодаря чему достигается совмещение во времени отдельных составных частей процесса умножения. Под логическими понимают такие способы ускорения, при реализации которых сохраняется без каких-либо изменений основная структура арифметических цепей умножителя, а ускорение достигается только за счет усложнения схемы управления.

Простейшим логическим способом является пропуск тактов суммирования в тех случаях, когда очередная цифра множителя равна 0. В настоящее время наиболее распространены способы, позволяющие за один шаг умножения обработать несколько разрядов множителя. Например, использование алгоритма Бута, в котором производится одновременный анализ двух разрядов множителя, позволяет вдвое уменьшить количество циклов, требуемых для вычисления произведения.

## Умножение двоичных чисел в прямом коде

Наиболее просто операция умножения в вычислительных устройствах выполняется в прямом коде. При этом на первом этапе определяется знак произведения путем сложения знаковых цифр сомножителей по модулю 2. Затем производится перемножение модулей сомножителей по одному из алгоритмов умножения. Результату присваивается полученный знак.

Пример 1.

X = 50

Y = -43

 $X_{\text{TIK}} = 0.110010$ 

 $Y_{\Pi K} = 1.101011$ 

- 1.  $SgZ = SgX \oplus SgY = 0 \oplus 1 = 1$
- 2. Алгоритм1. умножение младшими разрядами множителя со сдвигом множимого влево;

110010 м	ножимое
<u>101011</u>	множитель
110010	первое частичное произведение
<u>110010</u>	множимое сдвинутое на 1 позицию влево
10010110	частичное произведение
110010	множимое сдвинутое на 3 позиции влево
1000100110	частичное произведение
110010	множимое сдвинутое на 5 позиций влево
100001100110	произведение

3. Представим произведение в прямом коде, результату присваивается полученный знак.

 $Z_{\Pi K}$ =1. 100001100110

Повторим пункт 2, dar, но используя алгоритм 3. умножение старшими разрядами множителя со сдвигом множимого вправо.

110010	множимое
101011	множитель
110010	первое частичное произведение
110010	множимое сдвинутое на 2 позиции вправо
11111010	частичное произведение
110010	множимое сдвинутое на 4 позиции вправо
10000011010	частичное произведение
110010	множимое сдвинутое на 5 позиций вправо
100001100110	произведение