

Машинные коды

Все операции в ЭВМ выполняются над числами, представленными специальными машинными кодами. Их использование позволяет обрабатывать знаковые разряды чисел так же, как и значащие разряды, а также заменять операцию вычитания операцией сложения.

Различают следующие коды двоичных чисел:

**прямой код (П),
обратный код (ОК),
дополнительный код (ДК) .**

Прямой код

Прямой код двоичного числа образуется из абсолютного значения этого числа и кода знака (0 или 1) перед его старшим числовым разрядом.

Пример.

$$A_{10} = +10; A_2 = +1010; [A_2]_n = 0|1010$$

$$B_{10} = -15; B_2 = -1111; [B_2]_n = 1|1111$$

Обратный код

Обратный код двоичного числа образуется по следующему правилу. Обратный код положительных чисел совпадает с их прямым кодом. Обратный код отрицательного числа содержит единицу в знаковом разряде числа, а значащие разряды числа заменяются на инверсные, т.е. нули заменяются единицами, а единицы нулями.

Пример.

$$A_{10} = +10; A_2 = +1010; [A_2]_{\text{ок}} = [A_2]_{\text{п}} = 0|1010$$

$$B_{10} = -15; B_2 = -1111; [B_2]_{\text{ок}} = 1|0000$$

Свое название обратный код получил потому, что коды цифр отрицательного числа заменены на инверсные. Наиболее важные свойства обратного кода чисел: сложение положительного числа S с его отрицательным значением в обратном коде дает т.н. машинную единицу $ME_{ок} = 1|11\dots 11$, состоящую из единиц в знаковом и в значащих разрядах числа; нуль в обратном коде имеет двойное значение. Он может быть как положительным числом – $0|00\dots 00$, так и отрицательным $1|11\dots 11$. Значение отрицательного числа совпадает с $ME_{ок}$. Двойственное представление 0 явилось причиной того, что в современных ЭВМ все числа представляются не обратным, а дополнительным кодом.

Дополнительный код

Дополнительный код положительных чисел совпадает с их прямым кодом. Дополнительный код отрицательного числа представляет собой результат суммирования обратного кода числа с единицей младшего разряда (20 – для целых чисел, 2-л – для дробных)

Пример.

$$\begin{aligned} A_{10} &= +10; A_2 = +1010; [A_2]_{\text{дк}} = [A_2]_{\text{ок}} = [A_2]_{\text{п}} = 0|1010 \\ B_{10} &= -15; B_2 = -1111; [B_2]_{\text{дк}} = [B_2]_{\text{ок}} + 20 = 1|0000+1 = \\ &1|0001 \end{aligned}$$

Основные свойства дополнительного кода:

- сложение дополнительных кодов положительного числа S с его отрицательным значением дает т.н. машинную единицу дополнительного кода:

$$ME_{dk} = ME_{ok} + 20 = 10|00\dots00,$$

т.е. число 10 (два) в знаковых разрядах числа;

- дополнительный код называется так потому, что представление отрицательных чисел является дополнением прямого кода чисел до машинной единицы

ME_{dk} .

Модифицированные обратные и дополнительные коды

Модифицированные обратные и дополнительные коды двоичных чисел отличаются соответственно от обратных и дополнительных кодов удвоением значений знаковых разрядов. Знак «+» в этих кодах кодируется двумя нулевыми знаковыми разрядами, а знак «-» – двумя единичными разрядами.

Пример.

$$A_{10} = +10; A_2 = +1010; [A_2]_{\text{дк}} = [A_2]_{\text{ок}} = [A_2]_{\text{п}} = 0|1010$$

$$[A_2]_{\text{мок}} = [A_2]_{\text{мдк}} = 00|1010$$

$$B_{10} = -15; B_2 = -1111; [B_2]_{\text{дк}} = [B_2]_{\text{ок}+20} = 1|0000+1 = 1|0001$$

$$[B_2]_{\text{мок}} = [B_2]_{\text{мдк}} = 11:0001$$

Целью введения модифицированных кодов являются фиксация и обнаружение случаев получения неправильного результата, когда значение результата превышает максимально возможный результат в отведенной разрядной сетке машины. В этом случае перенос из значащего разряда может исказить значение младшего знакового разряда. Значение знаковых разрядов «01» свидетельствует о положительном переполнении разрядной сетки, а «10» - об отрицательном переполнении. В настоящее время практически во всех компьютерах роль сдвоенных разрядов для фиксации переполнения разрядной сетки играют переносы, идущие в знаковый и из знакового разряда.

Арифметические действия в машинных кодах.

Сложение (вычитание). Операция вычитания приводится к операции сложения путем преобразования чисел в обратный или дополнительный код согласно таблице.

Требуемая операция	Необходимое преобразование
$A+B$	$A+B$
$A-B$	$A+(-B)$
$-A+B$	$(-A)+B$
$-A-B$	$(-A)+(-B)$

Здесь A и B неотрицательные числа. Скобки в представленных выражениях указывают на замену операции вычитания операцией сложения с обратным или дополнительным кодом соответствующего числа. Сложение двоичных чисел осуществляется последовательно, поразрядно в соответствии с таблицей. При выполнении сложения цифр необходимо соблюдать следующие правила:

1. Слагаемые должны иметь одинаковое число разрядов. Для выравнивания разрядной сетки слагаемых можно дописывать незначащие нули слева к целой части числа и незначащие нули справа к дробной части числа.

Знаковые разряды участвуют в сложении так же, как и значащие.

2. Необходимые преобразования кодов производятся с изменением знаков чисел. Приписанные незначащие нули изменяют свое значение при преобразованиях по общему правилу.

3. При преобразовании единицы переноса из старшего знакового разряда, в случае использования ОК, эта единица складывается с младшим числовым разрядом.

4. При использовании ДК единица переноса теряется. Знак результата формируется автоматически, результат представляется в том коде, в котором представлены исходные слагаемые.

Пример 1. Сложить два числа: $A_{10} = 7$, $B_{10} = 16$.

$A_2 = +111 = +0111$; $B_2 = +10000$.

Исходные числа имеют различную разрядность, необходимо провести выравнивание разрядной сетки:

$[A_2]_п = [A_2]_{ок} = [A_2]_{дк} = 0|00111$; $[B_2]_п = [B_2]_{ок} = [B_2]_{дк} = 0|10000$.

Сложение в обратном или дополнительном коде дает один и тот же результат:

0|00111

+0|10000

$C_2 = 0|10111$

$C_{10} = +23$

Пример 2. Сложить два числа: $A_{10} = +16$, $B_{10} = -7$ в ОК и ДК.

По таблице необходимо преобразование $A+(-B)$, в которой второй член преобразуется с учетом знака

$$[A_2]_п = [A_2]_{ок} = [A_2]_{дк} = 0|10000;$$

$$[B_2]_п = 1|111 = 1|00111; [B_2]_{ок} = 1|11000; [B_2]_{дк} = 1|11001$$

Сложение в ОК	Сложение в ДК
$ \begin{array}{r} [A_2]_{\text{ок}} = 0 10000 \\ + [B_2]_{\text{ок}} = 1 11000 \\ \hline 10 01000 \\ + \backslash \text{-----} 1 \\ \hline 0 01001 \\ C_2 = 0 01001 \\ C_{10} = +9 \end{array} $	$ \begin{array}{r} [A_2]_{\text{дк}} = 0 10000 \\ + [B_2]_{\text{дк}} = 1 11001 \\ \hline 10 01001 \\ C_2 = 0 01001 \\ C_{10} = +9 \end{array} $

При сложении чисел в ОК и ДК были получены переносы в знаковый разряд и из знакового разряда. В случае ОК перенос из знакового разряда требует дополнительного прибавления единицы младшего разряда (п.4 правил). В случае ДК этот перенос игнорируется.

Задание:

Взять две пары десятичных двузначных
целых числа: А, В, С, D. (Варианты по
списку)

Вычислить (А-В)ок, (В-А)дк, (С-D)ок, (D-С)
дк.

Варианты

- 1.Вариант — 78, 56, 11, 35;
- 2.Вариант — 67, 36, 45, 22;
- 3.Вариант — 21, 87, 38, 44;
- 4.Вариант — 99, 26, -73, 26,
- 5.Вариант — 28, 33, 42, 54;
- 6.Вариант — 61, 43, 65, 41;
- 7.Вариант — 11, 84, 49, 53;
- 8.Вариант — 85,- 47, 43, 66;
- 9.Вариант — 48, 52, 65, 88;
- 10.Вариант — 26, 58, 63, 77;
- 11.Вариант — 91, 22, 46, -14;
- 12.Вариант — 57, 14, 69, 55;
- 13.Вариант — 77, 98, 25, -88;

- 14.Вариант — 46, 66, 35, 36;
- 15.Вариант — 44, 37, 92, 28;
- 16.Вариант — 63, 46, 83, 71;
- 17.Вариант — 35, -51, 63, 24;
- 18.Вариант — 25, 95, -38, 33;
- 19.Вариант — 32, 29, 86, 27;
- 20.Вариант — 49, 55, -73, 22
- 21.Вариант — 33, -77, 53, 71;
- 22.Вариант — 48, 86, 62, 42;
- 23.Вариант — 69, -48, 11, 20;
- 24.Вариант — 10; 82, 80, 45;
- 25.Вариант — 70, 93, -27, 30;
- 26.Вариант — 88, -40, 16, 83;
- 27.Вариант — 64, 80, -17, 77;
- 28.Вариант — 40, 46, -73, 19;
- 19.Вариант — 14, -60, 11, 27;
- 30.Вариант — 90, 73, -10, 20.