

**ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОКРУЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ
ЛИЦЕЙ 1501 (СП 1275)**

ТЕМА:

«Представление чисел в компьютере»

**Логунова Наталия Борисовна
учитель информатики и ИКТ
высшей категории**

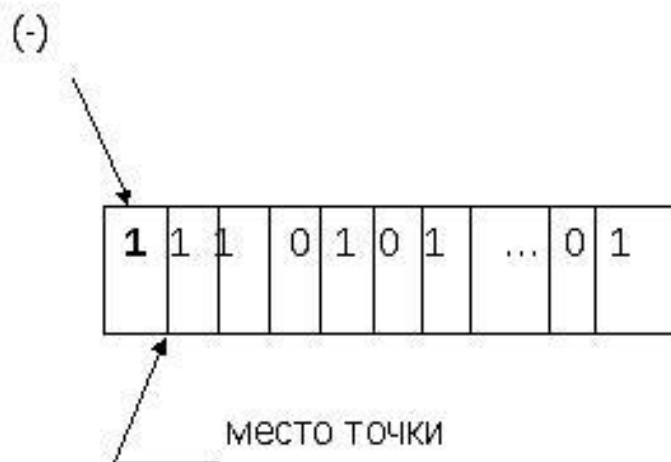
МОСКВА, 2015

Представление чисел в памяти компьютера имеет специфическую особенность, связанную с тем, что в памяти компьютера числа должны располагаться в байтах — минимальных по размеру адресуемых ячейках памяти. Адресом числа считают адрес первого байта. В байте может содержаться произвольный код из восьми двоичных разрядов.

1. Целые числа представляются в памяти компьютера с фиксированной запятой. В этом случае каждому разряду ячейки памяти компьютера соответствует один и тот же разряд числа, запятая находится справа после младшего разряда (то есть вне разрядной сетки).

Кодирование чисел. Прямой, обратный и дополнительные коды

Код отрицательной мантиссы



Код положительного порядка



8 бит

Десятичное число	Двоичный код
0	0000 0000
1	0000 0001
2	0000 0010
...	...
254	1111 1110
255	1111 1111

16 бит

Для кодирования целых чисел от 0 до 65 535 требуется шестнадцать бит; 24 бита позволяют закодировать более 16,5 миллионов разных значений.

Если для представления целого числа в памяти компьютера отведено N бит, то количество различных значений будет равно 2^N .

$$2^N - 1$$

Максимальное значение целого неотрицательного числа достигается в случае, когда во всех ячейках стоят единицы. Если под представление целого положительного числа отведено N бит, то максимальное значение будет равно $2^N - 1$.

Прямой код

Прямой код целого числа может быть получен следующим образом: число переводится в двоичную систему счисления, а затем его двоичную запись слева дополняют необходимым количеством незначащих нулей, соответствующим количеству незаполненных разрядов, отведённых для хранения числа.

Очень часто в вычислениях должны использоваться не только положительные, но и отрицательные числа.

Число со знаком в вычислительной технике представляется путем представления старшего разряда числа в качестве **знакового**.

Знак в числе

2. Для представления целых чисел со знаком старший (левый) разряд отводится под знак числа. Если число положительное, то в знаковый разряд записывается 0, если число отрицательное, то 1.

Числа со знаком

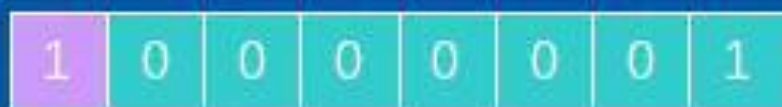
Максимальное значение целого числа со знаком достигается в случае, когда в старшем разряде стоит 0, а во всех остальных ячейках стоят единицы. Если под представление целого числа со знаком отведено N бит, то максимальное значение будет равно $2^{N-1} - 1$. Поскольку количество возможных значений в N битах равно $2^N - 1$, то в случае представления целых чисел со знаком количество отрицательных значений на единицу больше количества положительных значений. Такая ситуация связана с тем, что для представления нуля во всех ячейках стоят нули. Если же в знаковом разряде стоит единица, а во всех остальных разрядах — нули, то это представление соответствует отрицательному (как правило, наименьшему) числу.

Прямой код числа.

В знаковый разряд помещается цифра 1, а в разряды цифровой части – двоичный код его абсолютной величины.

Пример

Прямой код числа -1:



↑
Знак числа «-»

Десятичное число	Двоичное число в прямом коде (в 8-битном представлении)
0	0000 0000
10	0000 1010
100	0110 0100
255	1111 1111

Дополнительный код двоичного числа

Для *отрицательного* числа *дополнительный код* образуется путем получения *обратного кода* и *добавлением* к младшему разряду *единицы*.

-1101

Прямой код	Обратный код	Дополнительный код
10001101	11110010	11110011

Получение дополнительного кода отрицательного числа

Десятичное число	Двоичное число в прямом коде	Инвертирование значения (обратный код)	Прибавляем к инверсии единицу	Двоичное число в дополнительном коде
127	0111 1111	Положительные значения не меняются		0111 1111
10	0000 1010			0000 1010
0	0000 0000			0000 0000
- 0	1000 0000	-----	-----	-----
- 5	1000 0101	1111 1010	+1	1111 1011
- 10	1000 1010	1111 0101	+1	1111 0110
- 127	1111 1111	1000 0000	+1	1000 0001
- 128	-----			1000 0000

Определить прямой, обратный и дополнительный коды следующих двоичных чисел:

а) 100100; б) -100011; в) -100100.

Будем считать, что число размещается в двух байтах. Старший бит – знак разряда. Незначащие нули добавляются слева от числа. Результат представим в виде таблицы:

Число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код
100100	0000000000100100	0000000000100100	0000000000100100
-100011	1000000000100011	1111111111011100	1111111111011101
-100100	1000000000100100	1111111111011011	1111111111011100

Десятичное число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код	Смещенный код
+0,7	0,111	0,111	0,111	1,111
+0,6	0,110	0,110	0,110	1,110
+0,5	0,101	0,101	0,101	1,101
+0,4	0,100	0,100	0,100	1,100
+0,3	0,011	0,011	0,011	0,011
+0,2	0,010	0,010	0,010	0,010
+0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
+0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
-0,0	1,000	1,111	0,000	1,000
-0,1	1,001	1,110	1,111	0,111
-0,2	1,010	1,101	1,110	0,110
-0,3	1,011	1,100	1,101	0,101
-0,4	1,100	1,011	1,100	0,100
-0,5	1,101	1,010	1,011	0,011
-0,6	1,110	1,001	1,010	1,010
-0,7	1,111	1,000	1,001	0,001
-0,8	-	-	1,000	0,000

- Принято считать, что 0 в знаковом разряде означает знак «плюс» для данного числа, а 1 – знак «минус».

Выполнение арифметических операций над числами с разными знаками представляется для аппаратной части довольно сложной процедурой. В этом случае нужно определить большее по модулю число, произвести вычитание и присвоить разности знак большего по модулю числа.

- Применение дополнительного кода позволяет выполнить операцию алгебраического суммирования и вычитания на обычном сумматоре. При этом не требуется определения модуля и знака числа.

- ***Прямой код*** представляет собой одинаковое представление значимой части числа для положительных и отрицательных чисел и отличается только знаковым битом. В прямом коде число 0 имеет два представления

- **Обратный код** для положительных чисел имеет тот же вид, что и прямой код, а для отрицательных чисел образуется из прямого кода положительного числа путем инвертирования всех значащих разрядов прямого кода. В обратном коде число 0 также имеет два представления «+0» и

- **Дополнительный код** для положительных чисел имеет тот же вид, что и прямой код, а для отрицательных чисел образуется путем прибавления 1 к обратному коду. Добавление 1 к обратному коду числа 0 дает единое представление числа 0 в дополнительном коде. Однако это приводит к асимметрии диапазонов представления чисел относительно нуля. Так, в восьмиразрядном представлении диапазон изменения чисел с учетом знака.
- **$-128 \leq x \leq 127$.**
-

Таблица прямого, обратного и дополнительного кода 4-битных чисел.

Число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код
-8	-	-	1000
-7	1111	1000	1001
-6	1110	1001	1010
-5	1101	1010	1011
-4	1100	1011	1100
-3	1011	1100	1101
-2	1010	1101	1110
-1	1001	1110	1111
00	10000000	11110000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0010
3	0011	0011	0011
4	0100	0100	0100
5	0101	0101	0101
6	0110	0110	0110
7	0111	0111	0111


Если оба числа имеют n -разрядное представление, то алгебраическая сумма будет получена по правилам двоичного сложения (включая знаковый разряд), если отбросить возможный перенос из старшего разряда. Если числа принадлежат диапазону представимых данных и имеют разные знаки, то сумма всегда будет лежать в этом диапазоне. Переполнение может иметь место,

• **Пример 1:** $6 - 4 = ?$

6 – положительное число с кодом 0110

-4 – отрицательное число с дополнительным кодом 1100

• 0110

•  1100

• 10010

•

(перенос игнорируется): $6 - 4 = 2$.

• **Пример 2:** $-5 + 2 = ?$

2 – положительное число с кодом 0010

-5 – отрицательное число с
дополнительным кодом 1011

• 0010

•  1011

• 1101

•

Число с кодом 1101 является

отрицательным, модуль этого числа

имеет код $0011_2 = 3_{10}$.

- Изобретение обратного и дополнительного кода возникло из-за желания сэкономить деньги при построении арифметико-логических устройств (АЛУ) вычислительных машин. В те далекие времена, когда даже самый слабенький компьютер занимал помещение в несколько комнат, каждый логический элемент, а тем более узел стоил существенных денег. Для того чтобы выполнить арифметическую операцию сложения, в АЛУ компьютера имеется специальный узел - **сумматор**, а для того чтобы выполнить вычитание, казалось бы, требуется "вычитатель", что влечет за собой дополнительные деньги. И тогда создатели первых компьютеров нашли способ производить операцию вычитания с помощью сумматора, используя для этого дополнительный код числа. То есть операция вычитания была заменена операцией сложения, где вычитаемое представлялось в дополнительном коде.