

# Представление целых чисел в двоичном коде



Выполнила студентка 4 курса  
группы МСО-404с  
Петрова Анастасия

г. Жуковский  
2021 г.



# Оглавление:

1. Целые числа.

2. Ограничение, связанное с разрядностью архитектуры.

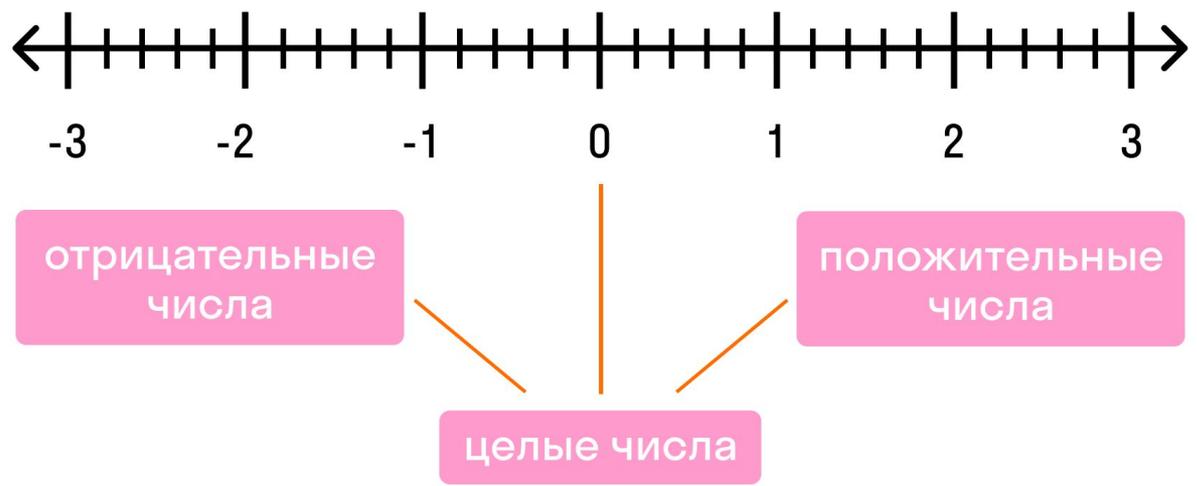
3. Представление целых чисел со знаком .

4. Операции «+» и «\*».



# Целые числа

- Целые числа – это натуральные числа, число ноль, а также числа, противоположные натуральным.

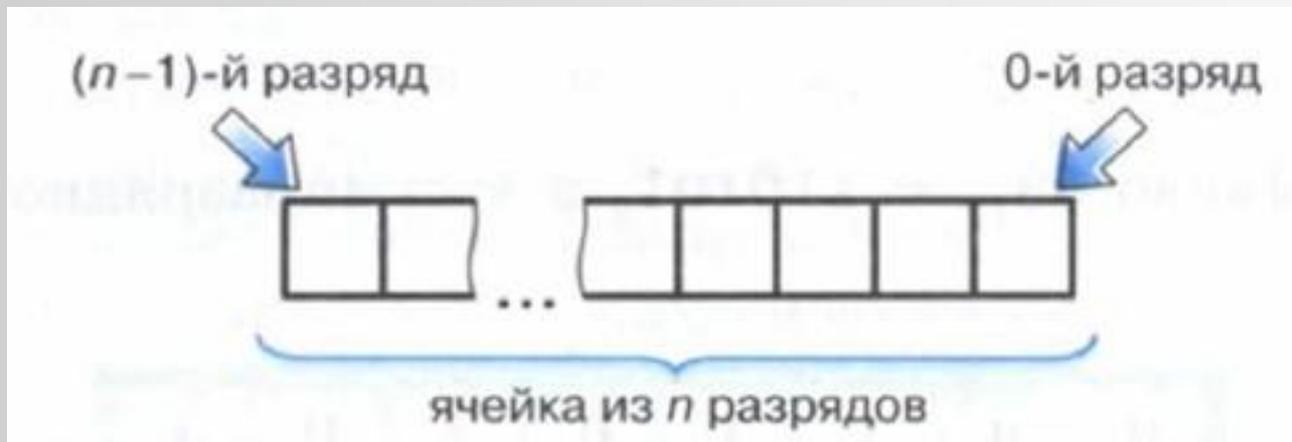


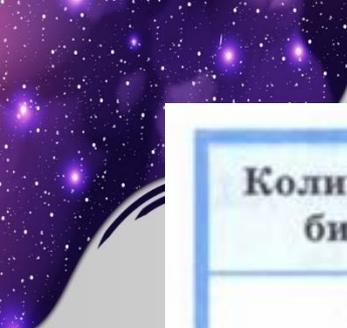
# Ограничение, связанное с разрядностью архитектуры.

7	6	5	4	3	2	1	0
x	x	x	x	x	x	x	x

{0,1}

$$\bar{A}_n^k = n^k = 2^8 = 256$$





Количество битов	Минимальное значение	Максимальное значение
8	0	255 ( $2^8 - 1$ )
16	0	65 535 ( $2^{16} - 1$ )
32	0	4 294 967 295 ( $2^{32} - 1$ )
64	0	18 446 744 073 709 551 615 ( $2^{64} - 1$ )

- **Максимальное** значение целого неотрицательного числа достигается в случае, когда во всех разрядах ячейки хранятся единицы. Для n-разрядного представления оно будет равно  $2^n - 1$ .
- **Минимальное** число соответствует n нулям, хранящимся в n разрядах памяти, и равно нулю.



# Пример:

1. Число  $72_{10} = 1001000_2$  в **однобайтовом** формате

7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0

{0}

2. Это же число в **двубайтовом** формате:

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

{0}

Для получения компьютерного представления беззнакового целого числа достаточно перевести число в двоичную систему счисления и дополнить полученный результат слева нулями до стандартной разрядности.





# Представление целых чисел со знаком.

- Для представления знаковых целых чисел используются три способа:
  - 1) прямой код;
  - 2) обратный код;
  - 3) дополнительный код.

• Все три способа используют самый левый (старший) разряд битового набора длины  $n$  для кодирования знака числа: знак “плюс” кодируется нулем, а “минус” — единицей. Остальные  $n-1$  разрядов (называемые мантиссой или цифровой частью) используются для представления абсолютной величины числа.



# Прямой код.

- При записи числа в **прямом коде** старший разряд является знаковым разрядом. Если его значение равно нулю, то представлено положительное число или положительный ноль, если единице, то представлено отрицательное число или отрицательный ноль. В остальных разрядах (которые называются цифровыми) записывается двоичное представление модуля числа.
- Например, число  $-5$  в восьмибитном типе данных, использующем прямой код, будет выглядеть так:

7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	0	0	1	0	1

Диапазон чисел:

$$[-2^{n-1} + 1; 2^{n-1} - 1].$$



$2^{n-1} - 1$	011...111	
.....	.....	
2	000...010	
1	000...001	
0	000...000	
-0	100...000	
-1	100...001	
-2	100...010	
.....	.....	
$-(2^{n-1} - 1)$	111...111	

- Схематичное представление прямого кода



# Обратный код.

- Обратный код для положительного числа совпадает с прямым кодом. Для отрицательного числа все цифры числа заменяются на противоположные (1 на 0, 0 на 1), а в знаковый разряд заносится единица.
- Например, число  $-5$  в восьмибитном типе данных, использующем обратный код, будет выглядеть так:

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0



# Дополнительный код

- Дополнительный код положительного числа совпадает с прямым кодом. Для отрицательного числа дополнительный код образуется путем получения обратного кода и добавлением к младшему разряду единицы.
- Например, число  $-5$  в восьмибитном типе данных, использующем дополнительный код, будет выглядеть так:

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1



ПК	0	Мод.дв.числа
ОК	0	Мод.дв.числа
ДК	0	Мод.дв.числа

а

1	Мод.дв.числа
1	$\overline{\text{Мод.дв.числа}}$
1	$\text{ОК}+1_{\text{МЗР}}$

б

Рис. 2.4. Представление чисел в ЭВМ:  
а – положительное число; б – отрицательное число



# Операции «+» и «\*»

## Сложение чисел без учёта



$0 + 0 = 0$
$0 + 1 = 1$
$1 + 0 = 1$
$1 + 1 = 10$

$$\begin{array}{r} \phantom{+} 1011 \\ + 1011 \\ \hline 0 \end{array}$$

A blue arrow points from the '1' above the second column to the '1' above the first column, indicating a carry.



## Сложение чисел с учётом знака.

- Операция вычитания приводится к операции сложения путем преобразования чисел в обратный или дополнительный код согласно таблице:

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





## Сложение чисел со знаком в обратном коде.

- Сложение в обратном коде происходит следующим образом: по обычному алгоритму складываются все разряды, включая знаковый.

Если есть единица переноса, то она прибавляется к младшему разряду.

Если получилось число отрицательное, то инвертируем все разряды, кроме знакового.





## Сложение чисел со знаком в дополнительном коде.

- При алгебраическом сложении чисел со знаком результатом также является число со знаком. Суммирование происходит по всем разрядам, включая знаковые, которые при этом рассматриваются как старшие. При переносе из старшего разряда единица переноса отбрасывается и возможны два варианта результата:
  1. знаковый разряд равен нулю:  
результат – положительное число в ПК (прямом коде);
  2. знаковый разряд равен единице:  
результат – отрицательное число в ДК.



## Сложение чисел со знаком в дополнительном коде.

$$6 - 4 = ?$$

6 – положительное число с кодом 0110

-4 – отрицательное число с дополнительным кодом 1100

$$\begin{array}{r} + 0110 \\ + 1100 \\ \hline 10010 \end{array} \quad (\text{перенос игнорируется}): 6 - 4 = 2.$$

$$-5 + 2 = ?$$

2 – положительное число с кодом 0010

-5 – отрицательное число с дополнительным кодом 1011

$$\begin{array}{r} + 1011 \\ + 0010 \\ \hline 1101 \end{array} \quad \text{Число с кодом 1101 является отрицательным, модуль этого числа имеет код } 0011_2 = 3_{10}.$$

### Пример 3 .

$$26 - 34 = -8$$

$$26_{(10)} \rightarrow 0001\ 1010_{(2)} \quad - \text{ П К}$$

$$-34_{(10)} \rightarrow 1010\ 0010_{(2)} \quad - \text{ П К}$$

$$1101\ 1110_{(2)} \quad - \text{ Д К}$$

Быстрый перевод

$$\begin{array}{r} + \quad 0001\ 1010 \\ \quad 1101\ 1110 \\ \hline 0 \leftarrow 1111\ 1000_{(2)} \\ \text{перенос} \end{array}$$

Перенос из знакового разряда отсутствует. Число отрицательное в ДК, так как знаковый разряд равен 1.

Вычислим результат, преобразовав его из ДК в ПК :

$$1111\ 1000_{(2)} \quad (\text{Д К})$$

$$+ \quad 1000\ 0111 \quad \text{Инверсия всех разрядов, кроме знакового}$$

$$\begin{array}{r} \quad \quad \quad \quad \quad 1 \\ \hline 1000\ 1000_{(2)} \quad (\text{П К}) = -8_{(10)} \end{array}$$



- 
- При сложении чисел в дополнительном коде единица переноса из старшего разряда игнорируется (теряется), а в обратном коде эту единицу надо прибавить к младшему разряду результата.





Спасибо за внимание!

