

## Тема урока: «Прямой, обратный и дополнительный код»

### Цель урока:

Ознакомление учащихся с кодированием числовой информации.

### План урока:

1. Новая тема: Кодирование чисел
2. Пример кодирования чисел

### Самостоятельная работа.

Заполнить таблицу, в каждой строке которой одно и то же целое число должно быть записано в различных системах счисления. Написать решение для каждого числа.

Двоичная	Восьмеричная	Десятичная	Шестнадцатеричная
101010			
	127		
		269	
			9B

### Числа со знаком. Прямой, обратный и дополнительный код числа.

Целые числа могут представляться в компьютере со знаком или без знака.

Целые числа без знака обычно занимают в памяти один или два байта и принимают в однобайтовом формате значения от  $00000000_{10}$  до  $11111111_{10}$ , а в двухбайтовом формате - от  $00000000_{10}$  до  $11111111_{10}$ .

Таким образом, множество целых чисел, которые могут быть представлены в памяти компьютера, ограничено. Диапазон значений зависит от размера области памяти, используемой для размещения чисел. Если для хранения целых неотрицательного числа отводится одна ячейка памяти длиной 8 битов, то, например, двоичное число 10010011 будет храниться в такой ячейке памяти следующим образом:

1 0 0 1 0 0 1 1

Минимальное число соответствует 8 нулям и численно равно 0. Максимальное же значение целого неотрицательного числа получается в том случае, когда во всех разрядах будут стоять единицы, что соответствует десятичному числу 255.

Таким образом, диапазон изменения целых неотрицательных чисел при хранении в однобайтовой ячейке памяти - от 0 до 255.

Чтобы получить внутреннее представление целого положительного числа  $N$ , хранящегося в  $k$ -разрядной ячейке памяти, необходимо:

- перевести число  $N$  в двоичную систему счисления;
- полученный результат дополнить слева незначащими нулями до  $k$  разрядов.

Получим, например внутреннее представление целого числа 1607 в 2-х байтовой ячейке. Для этого сначала переведем число в двоичную систему:  $1607_{10} = 11001000111_{10}$ . Внутреннее представление этого числа в ячейке будет следующим:

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

Диапазон изменения целых неотрицательных чисел при хранении в двухбайтовой ячейке памяти - от 0 до 65535.

Для хранения целых чисел со знаком отводится две ячейки памяти (16 битов), при этом старший (крайний левый) разряд отводится под знак числа. Если число положительное, то в этот разряд записывается 0, если отрицательное, - то 1. Например, десятичное число 2356 будет представляться в двоичном виде как 1001001101002, тогда в 16-разрядной сетке оно будет представлено следующим образом:

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

Представление положительных чисел с учетом знака называется прямым кодом числа.

Для представления отрицательных чисел используется так называемый дополнительный код. Он позволяет заменить арифметическую операцию вычитания операцией сложения (как известно все математические операции в процессоре сводятся к сложению).

Для получения дополнительного кода отрицательного числа можно использовать следующий алгоритм:

1. Модуль числа (число без знака) записывают в прямом коде в  $n$  двоичных разрядах.
2. Значения всех битов прямого кода инвертируют; т. е. все единицы заменяют на нули, а все нули - на единицы. Таким образом, получают обратный код числа.
3. К полученному обратному коду прибавляют единицу.

Получим, например, внутреннее представление целого отрицательного числа -1607. Воспользуемся результатом предыдущего примера и запишем внутреннее представление положительного числа 1607:

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

Инвертированием получим обратный код:

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

Добавим единицу:

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

Это и есть внутреннее двоичное представление числа -1607.

**Положительные числа** в прямом, обратном и дополнительном кодах изображаются одинаково - двоичными кодами с цифрой 0 в знаковом разряде. Например:

Число  $1_{10}=1_2$   

0	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

  
Знак числа "+"

Число  $127_{10}=1111111_2$   

0	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

  
Знак числа "+"

**Отрицательные числа** в прямом, обратном и дополнительном кодах имеют разное изображение.

1. **Прямой код.** В знаковый разряд помещается цифра 1, а в разряды цифровой части числа - двоичный код его абсолютной величины. Например:

Прямой код числа - 1

1 0 0 0 0 0 0 1

Знак числа "-"

Прямой код числа - 127

1 1 1 1 1 1 1 1

Знак числа "-"

2. **Обратный код.** Получается инвертированием всех цифр двоичного кода абсолютной величины числа, включая разряд знака: нули заменяются единицами, а единицы - нулями. Например:

Число: -1

Код модуля числа: 0 000001

Обратный код числа: 1 111110

1 1 1 1 1 1 1 0

Число: -127

Код модуля числа: 0 111111

Обратный код числа: 1 000000

1 0 0 0 0 0 0 0

3. **Дополнительный код.** Получается образованием обратного кода с последующим прибавлением единицы к его младшему разряду. Например:

Дополнительный код числа - 1

1 1 1 1 1 1 1 1

Дополнительный код числа - 127

1 0 0 0 0 0 0 1

Обычно *отрицательные десятичные числа* при вводе в машину *автоматически* преобразуются в *обратный* или *дополнительный* двоичный код и в таком виде хранятся, перемещаются и участвуют в операциях. При выводе таких чисел из машины происходит *обратное преобразование* в отрицательные десятичные числа. Для хранения целых чисел используется также формат длинных целых со знаком. Для хранения таких чисел отводится 4 ячейки памяти (32 бита).