

§ 1.2

Представление чисел в компьютере

Ключевые слова:

- разряд
- беззнаковое представление целых чисел
- представление целых чисел со знаком
- представление вещественных чисел

1.2.1. Представление целых чисел

Оперативная память компьютера состоит из ячеек, каждая из которых представляет собой физическую систему, состоящую из некоторого числа однородных элементов. Эти элементы обладают двумя устойчивыми состояниями, одно из которых соответствует нулю, а другое — единице. Каждый такой элемент служит для хранения одного из битов — разряда двоичного числа. Именно поэтому каждый элемент ячейки называют битом или разрядом (рис. 1.2).

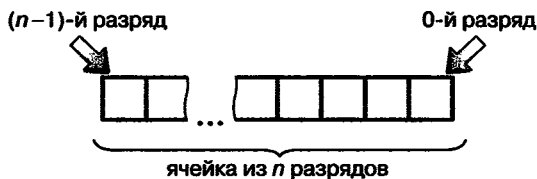


Рис. 1.2. Ячейка памяти

Для компьютерного представления целых чисел используется несколько различных способов, отличающихся друг от друга количеством разрядов (под целые числа обычно отводится 8, 16, 32 или 64 разряда) и наличием или отсутствием знакового разряда. Беззна-

ковое представление можно использовать только для неотрицательных целых чисел, отрицательные числа представляются только в знаковом виде.

Беззнаковое представление используется для таких объектов, как адреса ячеек, всевозможные счётчики (например, число символов в тексте), а также числа, обозначающие дату и время, размеры графических изображений в пикселях и т. д.

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.

Ниже приведены максимальные значения для беззнаковых целых n -разрядных чисел:

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 ($2^{64} - 1$)

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



Пример 1. Число $53_{10} = 110101_2$ в восьмиразрядном представлении имеет вид:

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

Это же число 53 в шестнадцати разрядах будет записано следующим образом:

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

При представлении со знаком самый старший (левый) разряд отводится под знак числа, остальные разряды — под само число. Если число положительное, то в знаковый разряд помещается 0, если число отрицательное — 1. Такое представление чисел называется прямым кодом. В компьютере прямые коды используются для хранения положительных чисел в запоминающих устройствах, для выполнения операций с положительными числами.

На сайте Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>) размещён информационный модуль «Число и его компьютерный код». С помощью этого ресурса вы можете получить дополнительную информацию по изучаемой теме.



Для выполнения операций с отрицательными числами используется **дополнительный код**, позволяющий заменить операцию вычитания сложением. Узнать алгоритм образования дополнительного кода вы можете с помощью информационного модуля «Дополнительный код», размещённого на сайте Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).



1.2.2. Представление вещественных чисел

Любое вещественное число A может быть записано в экспоненциальной форме:

$$A = \pm m \cdot q^p,$$

где:

m — мантисса числа;

q — основание системы счисления;

p — порядок числа.

Например, число 472 000 000 может быть представлено так: $4,72 \cdot 10^8$, $47,2 \cdot 10^7$, $472,0 \cdot 10^6$ и т. д.

С экспоненциальной формой записи чисел вы могли встречаться при выполнении вычислений с помощью калькулятора, когда в качестве ответа получали записи следующего вида: $4.72E+8$.



Здесь знак «Е» обозначает основание десятичной системы счисления и читается как «умножить на десять в степени».

Из приведённого выше примера видно, что положение запятой в записи числа может изменяться.

Для единообразия мантиссу обычно записывают как правильную дробь, имеющую после запятой цифру, отличную от нуля. В этом случае число 472 000 000 будет представлено как $0,472 \cdot 10^9$.