

Основы разработки программ на языке Си

Лекция №1.

**Типы данных, система счисления, прямой и
дополнительный коды числа**

Мальчуков Андрей Николаевич

Структура курса

- 92 б. лабораторные работы (8 шт.).
- 8 б. за посещение всех лекций (8 шт.).

Основная литература

- Язык программирования Си, Керниган, Ритчи, 2003 г.
- Язык программирования Си, Болски, 1988 г.

Оценка

- от 55 – зачёт.

С чего начинается программа на языке Си?

I

```
main () {  
...  
}
```

II

```
main () {  
int a, b, c;  
...  
}
```

III

```
main () {  
int a, b, c;  
a = -5;  
b = 77;  
c = b + a;  
...  
}
```

Базовые типы данных

- `char` – содержит один символ из таблицы кодировки.
- `int` – целое число (integer).
- `float` – число с плавающей точкой (запятой) одинарной точности.
- `double` – число с плавающей точкой (запятой) двойной точности.

Квалификаторы типов данных

- `short` – в 64-х разрядной системе `short int` – 16 разрядов.
- `long` – в 64-х разрядной системе `long int` – 64 разряда.

Эти квалификаторы могут упоминаться без типа данных `int`, подразумевая его по умолчанию.

```
short a;
```

```
long b;
```

- `long double` – число с плавающей точкой (запятой) расширенной точности 80 разрядов.
- `signed` – обозначает тип данных со знаком (занимает старший разряд).
- `unsigned` – явно обозначает положительный тип данных.

Знаковые квалификаторы применяются к типу данных `char` и любому целочисленному типу данных.

```
signed char;      unsigned int;
```

```
unsigned char;   unsigned short int;
```

Размерность типов данных: целочисленные

- char – 8 бит.
- int в 64/32-х разрядных системах 32 разряда.
- int в остальных системах – 16 разрядов.

Тип данных	Длина, бит	Диапазон значений	
		Со знаком	Без знака
char	8	от -128 до 127 (от -2^7 до 2^7)	от 0 до 255 (от 0 до 2^8-1)
int / short int	16	от -32768 до 32767 (от -2^{15} до 2^{15})	от 0 до 65535 (от 0 до $2^{16}-1$)
int / long int	32	от -2^{31} до $2^{31}-1$	от 0 до $2^{32}-1$
long int	64	от -2^{63} до $2^{63}-1$	от 0 до $2^{64}-1$

Размерность типов данных: вещественные

- float – 32 бита.
- double – 64 бита.
- long double – 80 бит.

В зависимости от аппаратной платформы 64 и 80 бит могут отсутствовать и все указанные типы могут быть 32 бита.

Тип данных	Длина, бит	Диапазон значений (по модулю)
float	32	от $1,175494351 * 10^{-38}$ до $3,402823466 * 10^{38}$
double	64	от $2,2250738585072014 * 10^{-308}$ до $1,7976931348623158 * 10^{308}$

Константы

Вещественные

- 123.4 – тип double.
- 123.4F – тип float.
- 123.4L – тип long double.

Целочисленные

- 123 – int в десятичной системе счисления (E=10).
- 0173 – int в восьмеричной системе счисления (E=8).
- 0x7B – int в шестнадцатеричной системе счисления (E=16).
- 123U – unsigned int (E=10).
- 123UL – unsigned long int (E=10).
- 123L – long int (E=10).

Тоже самое с другими системами счисления: 0173U(L), 0x7BU(L).

Константы с экспонентой

Вещественные

- $1.234e2 = 123.4$.
- $12340.0e-2 = 123.4$.

Целочисленные

- $1e2 = 100$.
- $100e-2 = 1$.

Числа и позиционные системы счисления

В позиционной системе счисления с основанием b любое число может быть представлено в виде:

$$A_q = \pm(a_{n-1} \times b^{n-1} + a_{n-2} \times b^{n-2} + \dots + a_0 \times b^0 + a_{-1} \times b^{-1} + \dots + a_{-m} \times b^{-m}),$$

где

A — число;

b — основание системы счисления;

a_i — цифры, принадлежащие алфавиту данной системы счисления;

n — количество целых разрядов числа;

m — количество дробных разрядов числа;

b^i — «вес» i -го разряда.

Такая запись числа называется **развёрнутой формой записи**.

Из 2ой в 10ую СС

Двоичной системой счисления называется позиционная система счисления с основанием 2.

Двоичный алфавит: 0 и 1.

Для целых двоичных чисел можно записать:

$$a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0 = a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + a_0 \times 2^0$$

Например:

$$10011_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 2^4 + 2^1 + 2^0 = 19_{10}$$

Правило перевода двоичных чисел в десятичную систему счисления:

Вычислить сумму степеней двойки, соответствующих единицам в свёрнутой форме записи двоичного числа

Из 8ой и 16ой в 10ую СС

Восьмеричной системой счисления называется позиционная система счисления с основанием 8.

Алфавит: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Развёрнутая форма: $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0 = a_{n-1} \times 8^{n-1} + a_{n-2} \times 8^{n-2} + \dots + a_0 \times 8^0$

Пример: $1063_8 = 1 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = 563_{10}$.

Один разряд 8ричной СС представляется ровно 3-мя разрядами 2-ой СС.

Шестнадцатеричная система счисления

Основание: $b = 16$.

Алфавит: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Развёрнутая форма: $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0 = a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + a_0 \times 16^0$

Пример: $3AF_{16} = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = 768 + 160 + 15 = 943_{10}$.

Один разряд 16ричной СС представляется ровно 4-мя разрядами 2-ой СС.

Из 10ой в 2ую СС

Один из способов перевода – вычитание из числа 2^x , где x – номер разряда в двоичном числе и при условии $2^x <$ числа, но самое близкое к нему.

- 123_{10} .
- $128 (2^7)$
- $123 - 1 * 64 (2^6) = 59$.
- $59 - 1 * 32 (2^5) = 27$.
- $27 - 1 * 16 (2^4) = 11$.
- $11 - 1 * 8 (2^3) = 3$.
- $3 - 0 * 4 (2^2) = 3$.
- $3 - 1 * 2 (2^1) = 1$.
- $1 - 1 * 1 (2^0) = 0$.
- $123_{10} = 1111011_2$.

Из 10ой в 8ую и 16ую СС

- 123_{10} .
- $512 (8^3)$.
- $123 - 1 * 64 (8^2) = 59$.
- $59 - 7 * 8 (8^1) = 3$.
- $3 - 3 * 1 (8^0) = 0$.
- $123_{10} = 173_8$.

- $256 (16^2)$.
- $123 - 7 * 16 (16^1) = 11$.
- $11 - 11 * 1 (16^0) = 0$.
- $123_{10} = 7B_8$.

Из 2ой в 8ую и обратно

При переводе из 2ой в 8ую СС, каждые три бита представляют один разряд в 8ой СС.

- 1111011_2 .
- $001_111_011_2$.
- $011_2 = 3_8$.
- $111_2 = 7_8$.
- $001_2 = 1_8$.
- $1111011_2 = 173_8$.

- 173_8 .
- $3_8 = 011_2$.
- $7_8 = 111_2$.
- $1_8 = 001_2$.
- $173_8 = 1111011_2$.

Из 2ой в 16ую и обратно

При переводе из 2ой в 16ую СС, каждые четыре бита представляют один разряд в 16ой СС.

- 1111011_2 .
- 0111_1011_2 .
- $1011_2 = B_{16}$.
- $0111_2 = 7_{16}$.
- $1111011_2 = 7B_{16}$.

- $7B_{16}$.
- $B_{16} = 1011$.
- $7_{16} = 0111$.
- $7B_{16} = 1111011_2$.

Прямой и дополнительные коды числа

Целочисленные типы данных со знаком имеют два представления.

- Прямой код – для положительных чисел.
- Дополнительный код – для отрицательных чисел.
- Дополнительный код или дополнение до двух получается из двоичного числа двумя путями:
 - инверсия всех разрядов и сложение результата с 1.
 - инверсия всех разрядов слева направо до последней единицы, которая не инвертируется.
- Дополнительный код необходим для работы с отрицательными числами.

Прямой код в дополнительный

 Знак числа

1) 1 01100100 – прямой код
 1 10011011 – обратный код
 1
 \hline
 1 10011100 – дополнительный код

 Инверсия до последней 1

2) ↓ 1 01100100 – прямой код
 ↓ 1 10011100 – дополнительный код

Хранение чисел: целочисленные


Любое целочисленное значение хранится в виде двоичного числа.

- `int` – хранится в виде двоичного числа длиной 15 или 31 бита плюс в старшем разряде знак.
- `unsigned int` – хранится в виде двоичного числа длиной 16 или 32 разрядов.

Например, числа 123 и -123 хранятся в памяти (`short int` 16 бит):

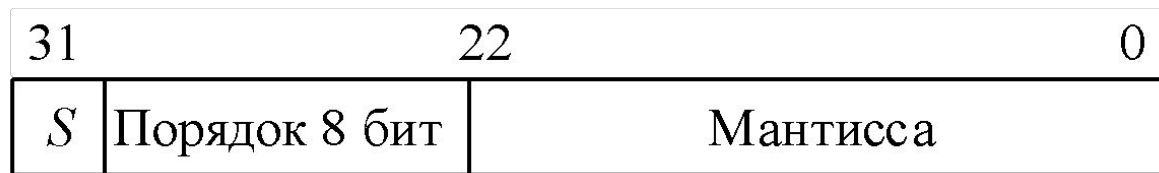
- $123_{10} = 0000_0000_0111_1011_2$ – прямой код.
- $-123_{10} = 1111_1111_1000_0101_2$ – дополнительный код.

```
int a = -123;
```

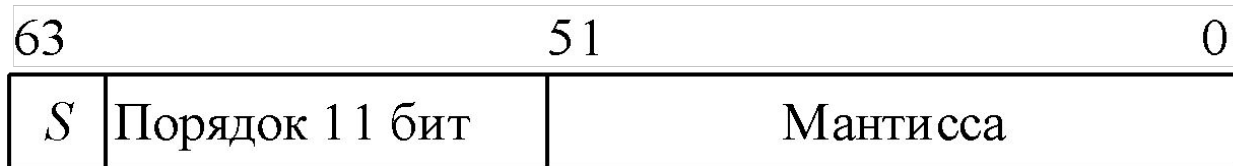
Name	Value	Type
 a	0xFF85	int

Хранение чисел: вещественные

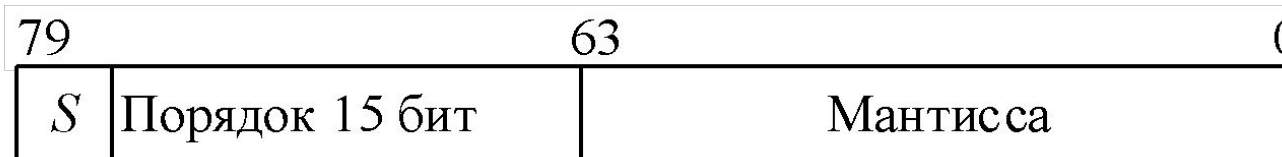
- float – одинарная точность.
- double – двойная точность.
- long double – расширенная точность.



Одинарная
точность



Двойная
точность



Расширенная
(увеличенная)
точность

Хранение чисел: вещественные

- Вещественные числа хранятся в виде двоичного числа дробной части и порядка в виде множителя.

Запись: $(-1)^s \times M \times V^E$

- S – знак; (0 – положительное, 1 – отрицательное).
- M – мантисса.
- V – основание системы счисления.
- E – порядок числа.
- В порядке числа нет разряда под знак, (может быть как положительный, так и отрицательный), поэтому порядок смещается на половину, через прибавку:
 - +127 для float;
 - +1023 для double.

Хранение чисел: вещественные

123.75 тип float

• $S=0$.

• $M =$

- $123 - 64 = 59$.
- $59 - 32 = 27$.
- $27 - 16 = 11$.
- $11 - 8 = 3$.
- $4 > 3$.
- $3 - 2 = 1$.
- $1 - 1 = 0$.
- $0.75 - 0.5 (2^{-1}) = 0.25$.
- $0.25 - 0.25 (2^{-2}) = 0$.
- $123.75_{10} = 1111011.11_2$.
- $1.11101111_2 * 2^6$.

• $M = 11101111_2$.

• $E = 6_{10} + 127_{10} =$
 $110_2 + 1111111_2 =$
 10000101_2 .

Хранение чисел: вещественные

123.75 тип float

2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0 . 2^{-1} 2^{-2}

1 1 1 1 0 1 1 . 1 1 – двоичное число

Хранится в памяти в виде float

порядок

мантисса

0 10000101 0000000000000000000011101111

 Знак числа

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Основы разработки программ на языке Си

доцент

Мальчуков Андрей Николаевич

1man@tpu.ru

vk.com/andrey.malchukov