

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.

<b>Тип данных</b>	<b>Длина, бит</b>	<b>Диапазон значений (по модулю)</b>
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;
```

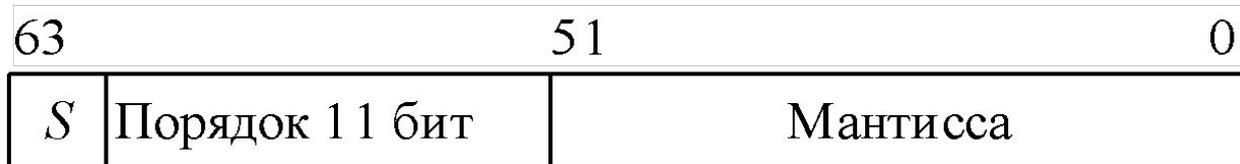
Name	Value	Type
 a	0xFF85	int

# Хранение чисел: вещественные

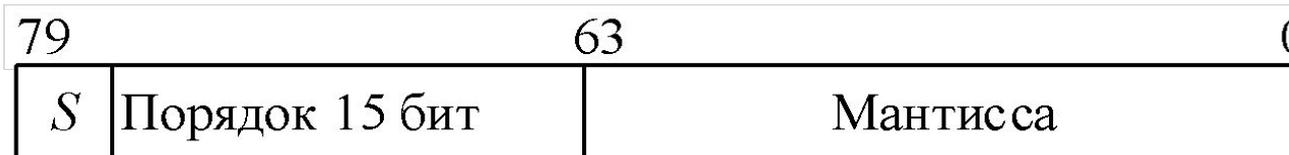
- float – одинарная точность.
- double – двойная точность.
- long double – расширенная точность.



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](mailto:1man@tpu.ru)

[vk.com/andrey.malchukov](https://vk.com/andrey.malchukov)