лекция 3

ПРОСТЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ ЯЗЫКА С

План лекции

- Простые типы данных
  - Ограничения на простые типы данных
- Машинное представление простых типов данных
- Общая структура программы на Си
- Объявление переменных простых типов

Простые типы данных

- *Тип данных* – это пара, состоящая из множества значений и набора операций над ними
- Языки программирования позволяют строить одни типы данных из других типов данных
- *Простые* типы данных – это типы данных, которые нельзя построить из других типов данных
- *Составные* типы данных – это типы данных, которые строятся из других типов данных

Простые типы данных Си

- Символы, 8-битовые целые
- Целые
- Числа с плавающей точкой
- Перечислимые типы

Простые типы данных -- символы

- C89
  - спецификатор-символьного-типа ::= [signed|unsigned] char
  - Символы и 8-битовые целые со знаком (signed) или без знака (unsigned)
- CHAR_MIN, CHAR_MAX, UCHAR_MAX и др. в limits.h
- Стандарт не определяет, есть ли знак у значений типа char

Простые типы данных -- целые

- C89
  - спецификатор-целого-типа ::=
    [signed|unsigned] [short|long] int
- C99, C11 (поддержка есть в gcc 4.6)
  - спецификатор-целого-типа ::=
    [signed|unsigned] [short|long [long]] int
- C89/C99/C11 не определяют, есть ли знак у int
  - Все известные компиляторы считают int = singed int
- Нестандартные целые типы
  - __int16, __int32, __int64, __int128
  - Наличие и смысл зависят от компилятора

Простые типы данных -- целые

Варианты имени	Диапазон значений в limits.h
[signed] short [int]	SHRT_MIN … SHRT_MAX
unsigned short [int]	0 … USHRT_MAX
int|signed [int]	INT_MIN … INT_MAX
unsigned [int]	0 … UINT_MAX
[signed] long [int]	LONG_MIN … LONG_MAX
unsigned long [int]	0 … ULONG_MAX
[signed] long long [int]	LLONG_MIN … LLONG_MAX
unsigned long long [int]	0 … ULLONG_MAX

sizeof(char) == sizeof(unsigned char) <=

<= sizeof(short) == sizeof(unsigned short) <=

<= sizeof(int) == sizeof(unsigned) <=

<= sizeof(long) == sizeof(unsigned long) <=

<= sizeof(long long) == sizeof(unsigned long long)

Простые типы данных – числа с плавающей точкой

- C89/C99/C11
  - спецификатор-типа-с-плавающей ::=
    float | [long] double
- sizeof(float) <= sizeof(double) <= sizeof(long double)
- FLT_MIN, FLT_MAX, DBL_MIN, DBL_MAX, LDBL_MIN, LDBL_MAX и др. в файле float.h

Простые типы данных – перечислимые типы

- C89/C99/C11
  - enum-спецификатор ::=
    'enum' [имя] '{' список-перечислителей '}'
    | 'enum' [имя] '{' список-перечислителей ',' '}'
    | 'enum' имя
  - список-перечислителей ::= перечислитель
    | список-перечислителей ',' перечислитель
  - перечислитель ::= перечислимая-константа
    | перечислимая-константа '='
    константное-выражение
  - перечислимая-константа ::= имя
  - *константное-выражение на след. лекции*
- Тип, диапазон значений и размер в памяти такие же, как у int

Простые типы данных – перечислимые типы

- Примеры
  - enum my_boolean_t { my_false = 0, my_true = 1 }
  - enum my_boolean_t { my_false, my_true }
    - my_false = 0
    - my_true = my_false+1 = 1
  - enum my_boolean_t { my_false = 0, my_true = 0 }
    - my_false = my_true = 0
  - enum my_day_t { mon, tue, wed, thu, fri, sat, sun }

Машинное представление данных простых типов

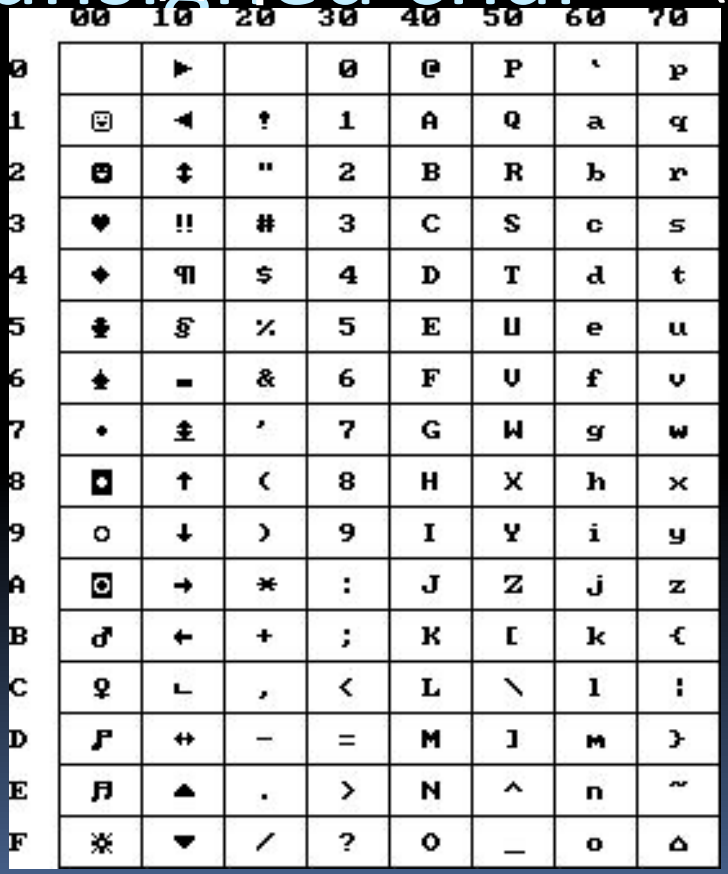
- Символы, 8-битовые целые
- Целые
- Числа с плавающей точкой

Машинное представление значений типа char, signed char, unsigned char

- 1 байт памяти,
  - signed char целые числа от -128 до 127
  - unsigned char целые числа от 0 до 255
- Программы на Си используют значения типов char, signed char, unsigned char для печати текстовых сообщений на экране, бумаге и т.п.
- Соответствие значений и символов определяется кодировкой ОС

Машинное представление значений типа char, signed char, unsigned char

Кодировка CP866 (MS DOS)



	00	10	20	30	40	50	60	70
0		►		0	@	P	`	p
1	☺	◄	!	1	A	Q	a	q
2	☻	↕	"	2	B	R	b	r
3	♥	‼	#	3	C	S	c	s
4	♦	¶	$	4	D	T	d	t
5	♣	§	%	5	E	U	e	u
6	♠	▬	&	6	F	V	f	v
7	•	↨	'	7	G	W	g	w
8	◘	↑	(	8	H	X	h	x
9	○	↓	)	9	I	Y	i	y
A	◙	→	*	:	J	Z	j	z
B	♂	←	+	;	K	[	k	{
C	♀	∟	,	<	L	\	l	|
D	♪	↔	-	=	M	]	m	}
E	♫	▲	.	>	N	^	n	~
F	☼	▼	/	?	O	_	o	⌂

	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0
0	А	Р	а	░	└	╨	р	≡
1	Б	С	б	▒	┴	╤	с	±
2	В	Т	в	▓	┬	╥	т	≥
3	Г	У	г	│	├	╙	у	≤
4	Д	Ф	д	┤	─	╘	ф	⌠
5	Е	Х	е	╡	┼	╒	х	⌡
6	Ж	Ц	ж	╢	╞	╓	ц	÷
7	З	Ч	з	╖	╟	╫	ч	≈
8	И	Ш	и	╕	╚	╪	ш	°
9	Й	Щ	й	╣	╔	┘	щ	∙
A	К	Ъ	к	║	╩	┌	ъ	·
B	Л	Ы	л	╗	╦	█	ы	√
C	М	Ь	м	╝	╠	▄	ь	ⁿ
D	Н	Э	н	╜	═	▌	э	²
E	О	Ю	о	╛	╬	▐	ю	■
F	П	Я	п	┐	╧	▀	я	

Машинное представление значений типа char, signed char, unsigned char

- Linux (КОИ8)

Если в тексте в КОИ-8 убирать восьмой бит каждого символа, то получается текст, подобный транслиту. Например, «Русский Текст» --> «rUSSKIJ tEKST».

Code	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
80 :																
90 :																
A0 :				ё												
B0 :				Ё												
C0 :	ю	а	б	ц	д	е	ф	г	х	и	й	к	л	м	н	о
D0 :	п	я	р	с	т	у	ж	в	ь	ы	з	ш	э	щ	ч	ъ
E0 :	Ю	А	Б	Ц	Д	Е	Ф	Г	Х	И	Й	К	Л	М	Н	О
F0 :	П	Я	Р	С	Т	У	Ж	В	Ь	Ы	З	Ш	Э	Щ	Ч	Ъ

- Win 1251

Code	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
80 :																
90 :																
A0 :									Ё							
B0 :									ё							
C0 :	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
D0 :	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
E0 :	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
F0 :	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я

- Mac OS

Code	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
80 :	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
90 :	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
A0 :																
B0 :																
C0 :																
D0 :														Ё	ё	я
E0 :	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
F0 :	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	

Машинное представление беззнаковых (unsigned) целых

- *Двоичная запись* числа Ч -- набор $b_n \ldots b_1 b_0$ такой, что $Ч = b_0 \cdot 2^0 + b_1 \cdot 2^1 + \ldots + b_n \cdot 2^n$

- М.П. unsigned числа x – это *двоичная запись* числа $x \bmod 2^{8 \cdot sizeof(T)}$

Машинное представление целых со знаком (signed)

- М.П. signed числа x
  - двоичная запись x mod $2^{8 \cdot sizeof(T)}$, если x >= 0
  - *дополнительный код* |x| -- двоичная запись $2^{8 \cdot sizeof(T)} - |x| \bmod 2^{8 \cdot sizeof(T)}$, если x < 0

- Свойство дополнительного кода
  - Вычисление на компьютере М.П.(x) + М.П.(-x) дает М.П.(0)

Машинное представление целых со знаком (signed)

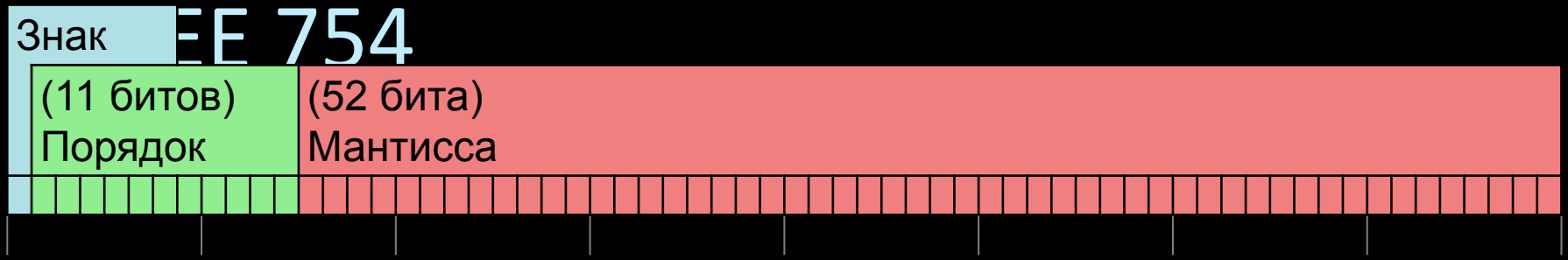
- Построение дополнительного кода |x|
- b[n] – двоичная запись |x|
- d[n] – дополнительный код |x|
- Алгоритм

```
for (i = 0; i < n; i = i+1) d[i] = 1-b[i];
for (i = 0; i < n && d[i] == 1; i = i+1) d[i] = 0;
if (i < n) d[i] = 1;
```

Машинное представление чисел с плавающей точкой

- Числа вида $S \cdot M \cdot 2^P$
- S – знак +1 или -1, 1 бит
- M – *мантисса*, $x/2^{mb}$ от 0 до 1
  - mb – число битов в мантиссе
    - Intel, AMD, ARM -- 23 для float, 52 для double
  - x – целое от 0 до $2^{mb}-1$
- P – порядок
  - Intel, AMD, ARM – 8 битов для float, 11 битов для double
- float занимает 1+8+23 = 32 бита
- double занимает 1+11+52 = 64 бита
- long double обычно совпадает с double или эмулируется

Машинное представление значений типа double – стандарт IEEE 754



Порядок	Мантисса 0	Мантисса != 0	Формула
0x000	0 и -0	Денормализов. числа	$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-1022} \cdot (0.\text{мантисса})_{(2)}$
0x001 … 0x7fe	Нормализованные числа		$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-1023} \cdot (1.\text{мантисса})_{(2)}$
0x7ff	+∞ или -∞	NaN	

$3ff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = 1$

$3ff0\ 0000\ 0000\ 0001_{(16)} \approx 1.0000000000000002$

$0000\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = 0$

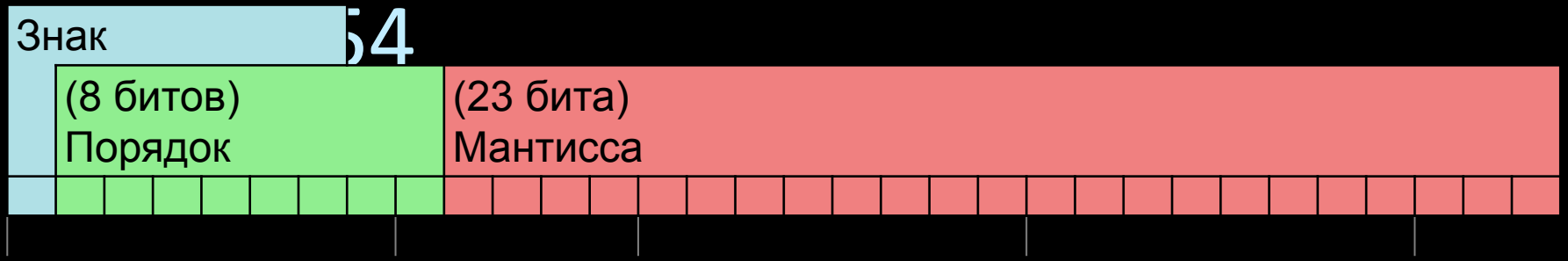
$8000\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = -0$

$7ff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = \infty$

$fff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = -\infty$

$3fd5\ 5555\ 5555\ 5555_{(16)} \approx 1/3$

Машинное представление значений типа float – стандарт 754



Порядок	Мантисса 0	Мантисса != 0	Формула
0x00	0 и -0	Денормализов. числа	$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-126} \cdot (0.мантисса)_{(2)}$
0x01 … 0xfe	Нормализованные числа		$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-127} \cdot (1.мантисса)_{(2)}$
0xff	+∞ или -∞	NaN	

Машинное представление данных простых типов -- разное

- Адрес значения переменной простого типа B *выровнен* (кратен) sizeof(B)

Общая структура программы на Си

Для РБНФ <X> обозначим <X>* РБНФ <список X>, заданную правилом

<список X> ::= <X> | <список X> <X>

Общая структура программы на Си

<единица-трансляции> ::=
    <внешнее-объявление>*

<внешнее-объявление> ::=
    <определение-функции> | <объявление>

<определение-функции> ::=
    [<спецификаторы-объявления>] <объявитель>
[<список-объявлений>] <составная-инструкция>

<объявление> ::=
    <простое-объявление> | <составное-объявление>

Общая структура программы на Си

<инструкция>::=
| <помеченная-инструкция>
| <инструкция-выражение>
| <составная-инструкция>
| <инструкция-выбора>
| <циклическая-инструкция>
| <инструкция-перехода>

<инструкция-выражение>::= [<выражение>] ';'

<составная-инструкция>::=
'{' [<объявление>*] [<инструкция>*] '}'

Объявление и инициализация переменных простых типов

<простое-объявление> ::=
    <спецификаторы-объявления>
    [<простой-объявитель-инициализатор>*]

Объявления переменных встречаются либо вне самого внешнего блока { }, либо сразу же после {

Объявление и инициализация переменных простых типов

<простой-объявитель-инициализатор> ::=
    <простой-объявитель>
| <простой-объявитель> '=' <инициализатор>

<простой-объявитель> ::= <идентификатор>

<инициализатор> ::= <выражение-присваивания>

Объявление и инициализация переменных простых типов

<спецификаторы-объявления> ::=

(

<спецификатор-класса-памяти>

| <спецификатор-простого-типа>

| <квалификатор-типа>

)*

Объявление и инициализация переменных простых типов

<спецификатор-класса-памяти> ::=
| 'auto'
| 'register'
| 'static'
| 'extern'
| 'typedef'

- auto
  - На стеке (по умолчанию)
- register
  - В регистре
- static
  - В статической памяти единицы компиляции
- extern
  - В статической памяти программы
- typedef
  - Вне памяти, объявляемый идентификатор далее обозначает тип

Объявление и инициализация переменных простых типов

<спецификатор-простого-типа> ::=
'void' | 'char' | 'short' | 'int' | 'long' | 'float'
| 'double' | 'signed' | 'unsigned'
| <спецификатор-enum> -- было
| <typedef-имя>

<typedef-имя> ::= <идентификатор>

<квалификатор-типа> ::= 'const' | 'volatile'

- const
  - Неизменяемое значение
- volatile
  - Значение может асинхронно изменяться – например, в многопоточной программе

Примеры объявлений переменных простых типов

- int x;
- auto int x; // то же, что выше
- const int x; // как задать начальное
  // значение?!
- const double x = 1.234567;
- float x = 0, y = x+1;
- static int x = 5;
- extern unsigned long long global_uuid;

Примеры объявлений переменных простых типов

- typedef int my_int; // my_int – синоним int
  my_int x = 0, y = x+1;

Заключение

- Простые типы данных
- Ограничения на простые типы данных
- Машинное представление простых типов данных
  - Представление целых и вещественных чисел
- Объявление и инициализация переменных простых типов