

C++

Лекция 2

Fundamentals

Тип

- свойство сущностей (функции, объектов, выражений)
- определяет множество операций над сущностями
- задает семантику последовательности битов

Фундаментальные типы

- `void`
- `std::nullptr_t`
- `sizeof`
- арифметические типы

Boolean

- Тип: `bool`
- Значения: `true` | `false`
- `sizeof(bool) >= 1`

Integer types

- Тип: `int`
- Модификаторы:
 - Знаковость: `signed`, `unsigned`
 - Размер: `short`, `long`, `long long`

*при использовании модификатора `int`
может быть опущен*

`signed` используется по умолчанию

Integer types

```
// Width in bytes by C++ standard:  
sizeof(short int) == sizeof(short) >= 2  
  
sizeof(int) >= 2  
  
sizeof(long int) == sizeof(long) >= 4  
  
sizeof(long long int) == sizeof(long long) >= 8
```

- Знаковость не влияет на размер
- Связь с моделью данных: LP32, ILP32, LLP64, LP64

Fixed width integer types

```
// Требуется гарантия размера типа
#include <stdint.h>

// signed
int8_t i8;    // -128..127
int16_t i16;  // -32768..32767
int32_t i32;
int64_t i64;

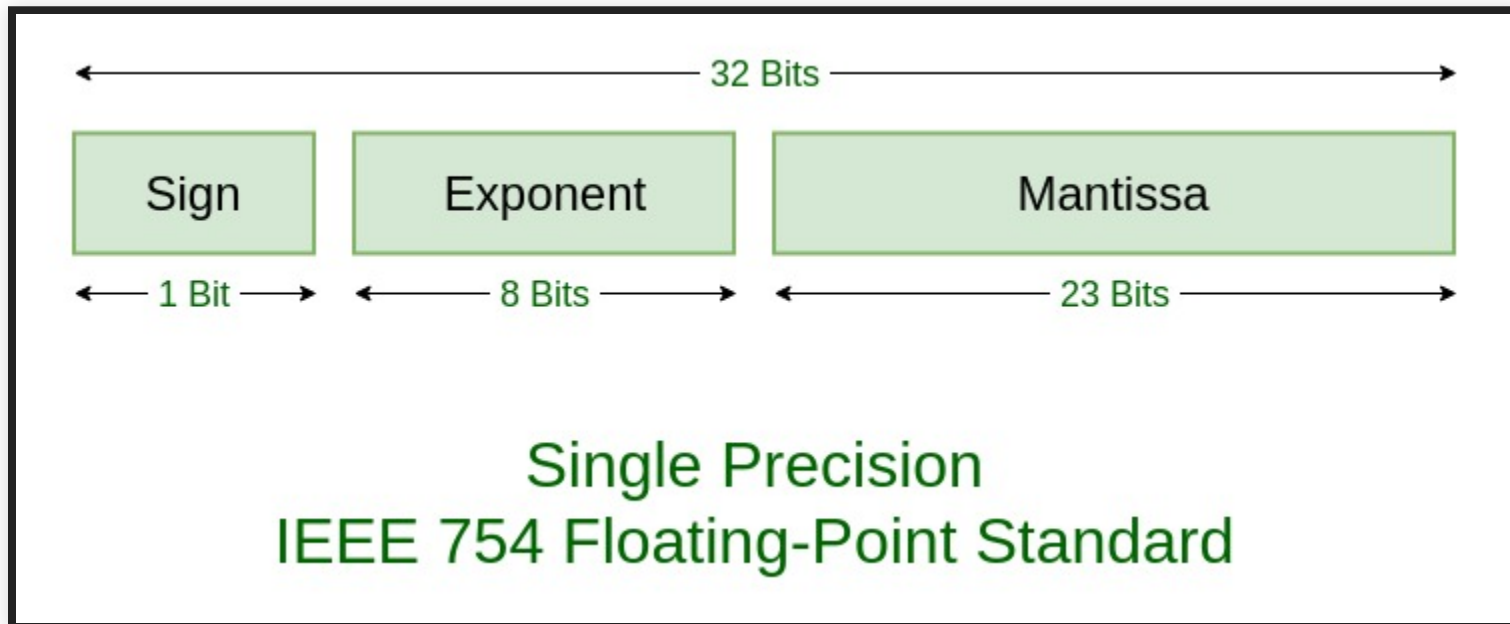
// unsigned
uint8_t ui8;  // 0..255
uint16_t ui16; // 0..65535
uint32_t ui32;
uint64_t ui64;
```


Floating point types

- float
- double
- long double

Special values: +INF, -INF, -0.0, NaN

Float



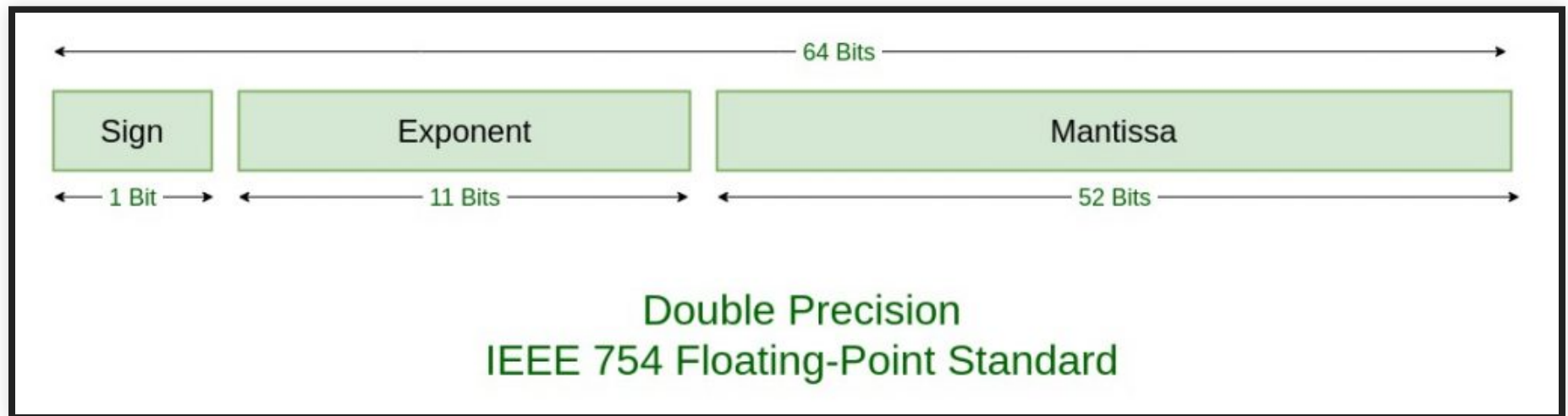
play with bits

Float

```
dec to bin:    4.5 -> 100.1  
normalization: 1.001 * 2^2
```

```
mantissa:                001  
(biased) exponent: 127 + 2 -> 10000001
```

Double



Long double

[Read wiki](#)

Character types

- `char`
- `signed char`
- `unsigned char`
- `wchar_t`
- `char16_t` (C++11)
- `char32_t` (C++11)
- `char8_t` (C++20)

Character types

char, unsigned char, signed char — разные типы

```
#include <iostream>
#include <type_traits>

int main()
{
    std::cout
        << std::is_same_v<char, unsigned char>
        << std::is_same_v<char, signed char>;
}

// Output: 00
```

char

- эффективное представление символа (текста)
- знаковость зависит от платформы:
 - unsigned на ARM, PowerPC
 - signed на x86, x64
- `sizeof(char) == 1`

unsigned char

- используется для побайтового представления объекта в памяти

UTF

- `wchar_t` - UTF-16 on Windows
- `char16_t` - UTF-16
- `char32_t` - UTF-32
- `char8_t` - UTF-8

[wchar_t/char example](#)

Свойства арифметических типов

`std::numeric_limits<T>` из `<limits>`

```
#include <limits>
```

```
char maxChar = std::numeric_limits<char>::max();  
double minDouble = std::numeric_limits<double>::min();
```

References

en.cppreference.com/w/cpp/language/types

en.cppreference.com/w/cpp/types/is_fundamental

en.cppreference.com/w/cpp/types/numeric_limits

Литералы

литерал - запись в исходном коде, представляющая собой фиксированное значение определенного типа.

```
'a'           // char

10            // int
20u   20U     // unsigned int
10L   10l     // long
10UL  10ul    // unsigned long

12.2f         // float
12.2          // double

true false    // bool

"abcd";       // c-строка

nullptr;      // nullptr_t
```

String literals, Integer literals

Пользовательские литералы

```
std::string operator""_x2 (const char* str, std::size_t  
{  
    return std::string{str} + str;  
}  
int main() {  
    std::cout << "abc"_x2 << '\n';  
}
```

Операторы

Сравнение

```
int a = getA();  
int b = getB();
```

`a == b;`

`a != b;`

`a < b; a > b;`

`a <= b; a >= b;`

Арифметика

```
int a = getA();  
int b = getB();
```

```
+a;  
-a;
```

```
a + b; a - b; a * b; a / b; a % b;
```

```
// bitwise
```

```
~a;      // NOT
```

```
a & b;   // AND
```

```
a | b;   // OR
```

```
a ^ b;   // XOR
```

```
a << b; a >> b; // SHIFT
```

Присваивание

```
int a = getA();  
int b = getB();
```

```
a = b;
```

```
a += b; a -= b; a *= b; a /= b; a %= b;
```

```
a &= b; a |= b; a ^= b;
```

```
a <<= b; a >>= b;
```

Инкремент, Декремент

```
int a = 10;
```

```
// prefix
```

```
++a;
```

```
--a;
```

```
// postfix
```

```
a++;
```

```
a--;
```

Prefix vs Postfix

```
int a = 10;  
int b = a++; // postfix  
assert(a == 11);  
assert(b == 10);
```

```
int c = 10;  
int d = ++c; // prefix  
assert(c == 11);  
assert(d == 11);
```

Logic

```
bool a = getA();  
bool b = getB();  
  
bool c = !a;  
bool d = getA() && getB(); // Short-circuit evaluation  
bool e = getA() || getB(); // Short-circuit evaluation
```

Pointers

```
int main() {  
    double pi = 3.1415;  
    double* ptrToPi = &pi;  
}
```

Pointer values

- pointer to object/function
- null pointer
- invalid pointer

Pointer to object

Представляет адрес первого байта памяти, в которой расположен объект

```
int object = 3;

int* ptr = &object // address-of operator

*ptr = 4; // indirection operator

assert(object == 4);

// * see also:
// https://en.cppreference.com/w/cpp/memory/addressof
```


Pointer to void

Generic pointer

```
int i = 1;  
int* pi = &i;  
void* vi = pi; // implicit conversion from any type  
int* pi2 = static_cast<int*>(vi); // explicit cast requ
```

Example 1

Null Pointer

- Специальное значение, присущее указателю любого типа
- Используется, чтобы указать на отсутствие объекта
- Разыменовывание ведет к UB

Invalid pointers

Указатель может стать недействительным, если он указывает на локальный объект, который был уничтожен.

```
int* makeInvalidPtr() {  
    int i = 0;  
    return &i;  
}  
  
void f() {  
    int* ptr = makeInvalidPtr(); // invalid pointer  
}
```

Константность

```
const int i = 32;  
i = 10; // error: cannot assign to variable
```

Константность и указатели

```
int i = 32;  
  
int* p = &i; // pointer to int  
  
int j = 1;  
p = &j;      // OK  
*p = 100;    // OK
```

Константность и указатели

```
int i = 32;  
  
const int* p = &i; // pointer to const int  
  
int j = 1;  
p = &j;           // OK  
*p = 100;         // error
```

Константность и указатели

```
int i = 32;  
  
int* const p = &i; // const pointer to int  
  
int j = 1;  
p = &j;           // error  
*p = 100;         // OK
```

Константность и указатели

```
int i = 32;  
  
const int* const p = &i; // const pointer to const int  
  
int j = 1;  
p = &j;           // error  
*p = 100;         // error
```


Константность и указатели

*Все, что слева от * относится к типу*

*Все, что справа от * относится к
указателю*

Массивы

- Непрерывная последовательность объектов определенного типа: $T \ a[N]$
- индексация от 0 до $N-1$ с помощью operator[]

```
int arr1[10]; // not initialized
int arr2[3] = {1, 2, 3};
int arr3[3] = {}; // init with zeros
int arr4[] = {1, 2, 3};

int a = arr[0]; // subscript operator

int mat[3][2] = {{1,1}, {1,1}, {1,1}}; // multidimensional array
int b = mat[0][0]; // subscript operator
```

sizeof

```
int arr3[3] = {};  
assert(sizeof(arr3) == 3 * sizeof(int));  
  
int arr4[] = {1, 2, 3};  
assert(sizeof(arr4) == 3 * sizeof(int));
```

arrays and pointers

Array-to-pointer decay

```
int a[3] = {1, 2, 3};  
int* p = a; // implicit cast
```

С-строки

*const char** - тип строкового литерала

```
const char* hello = "hello"; // immutable string
```

С-строки

```
const char hello[] = "hello";  
std::cout << sizeof(hello); // what is expected?
```

С-строки

```
const char hello[] = "hello";  
  
// lifehack: compilation error to get out the type  
hello = 3;  
// error: cannot assign to variable 'hello'  
// with const-qualified type 'const char [6]'
```

C-строки

```
const char* hello = "hello";
```

C-строки имеют терминирующий ноль \0

*Чтобы найти длину строки, нужно
посчитать количество символов до \0*

С-строки

```
char hello[] = "hello"; // mutable string is legal?
```

Арифметика с указателями

```
int arr[100]{};
int* p = arr;    // p points to arr[0]

// adding an integer
int* q = p + 2;   // q points to arr[2]
int* s = 4 + p;   // s points to arr[4]

// subtract a number
int* a = s - 2;   // a points to arr[2]

// Undefined behavior
int* ub1 = p + 1000; // out of arr
int* ub2 = p - 1;    // out of arr
```

Арифметика с указателями

```
int arr[20]{};
const int I = 3;
const int J = 10;
int* p = arr + I;
int* q = arr + J;

ptrdiff_t diff1 = p - q; // I - J
ptrdiff_t diff2 = q - p; // J - I

// ptrdiff_t - signed integer type (e.g.: long)

/* Undefined behavior:
1. p and q указывают на объекты из разных массивов
2. результат разности не помещается в ptrdiff_t
```

