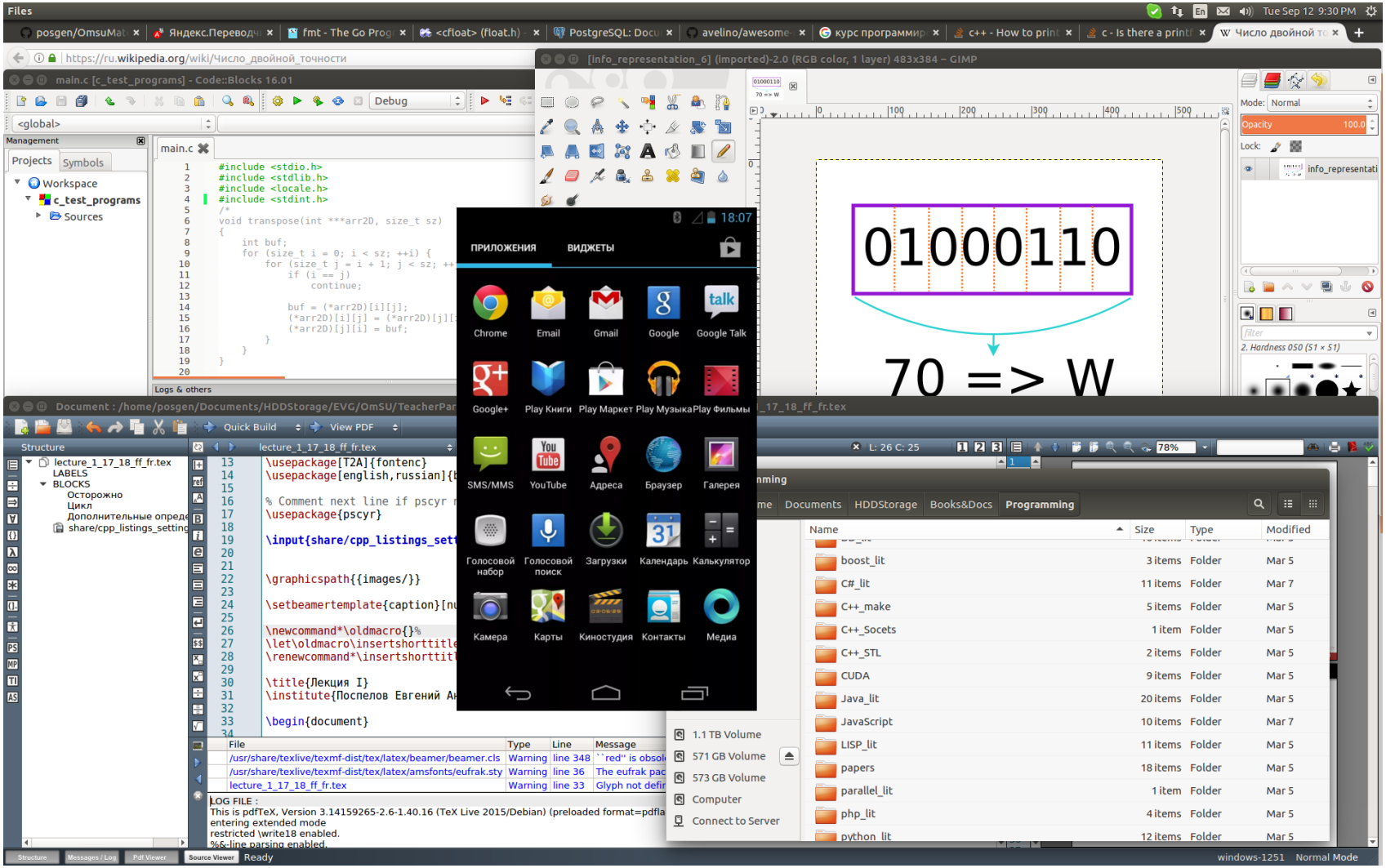
Лекция I

posevg@yandex.ru

7 сентября 2018

До изучения языка программирования: взгляд снизу на типы данных

Работа с информацией: что видим мы?



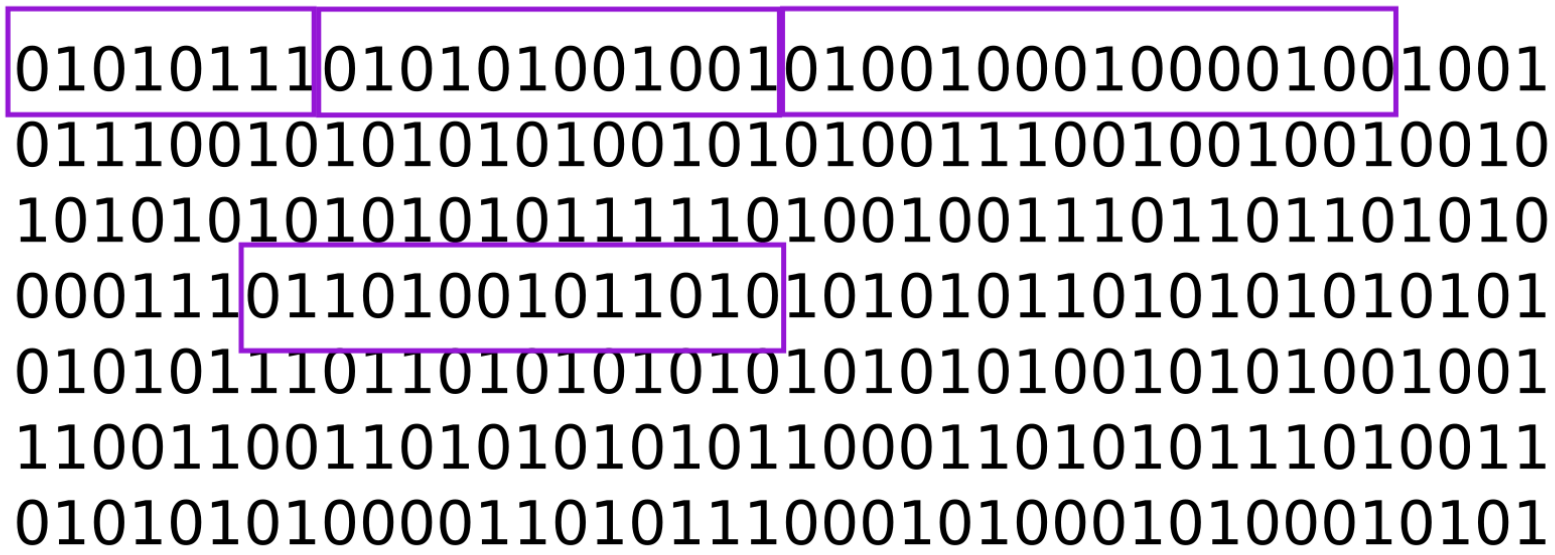
Работа с информацией: что видит компьютер?

Современные процессоры работают с потоком **бит** - элементарных ячеек для хранения информации, принимающих, как правило, только два значения

```
01010111010101001001010010001000010010010
01110010101010100101010011100100100100010
10101010101010111110100100111011011010100
00011101101001011010101010110101010101010
01010111011010101010101010010101001001010
11001100110101010101100011010101110100110
01010101000011010111000101000101000101010
```

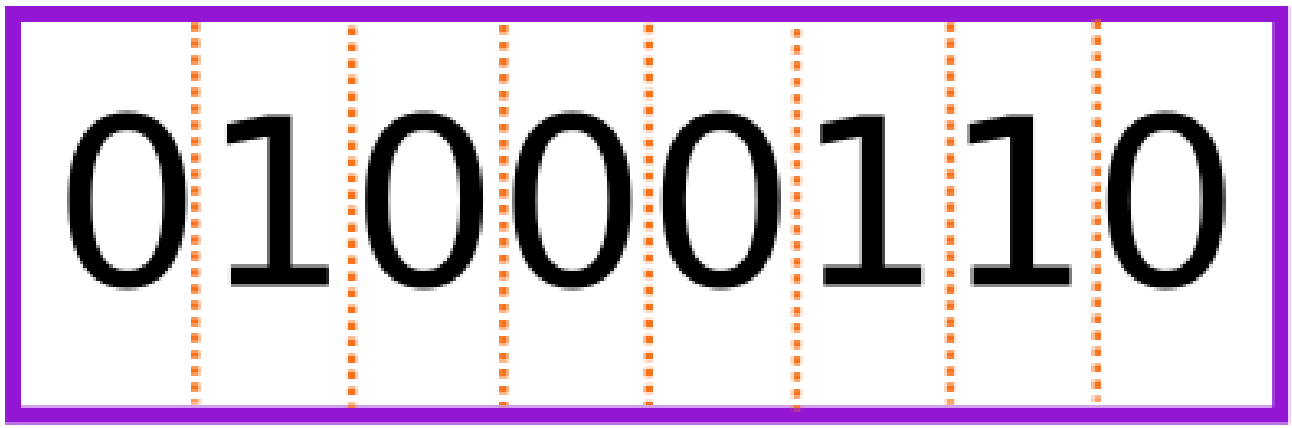
Работа с информацией: что видит компьютер?

Поток бит делятся на блоки различной длины. Учитывая определение бита, каждый блок представляет собой некоторое число в двоичной системе исчисления



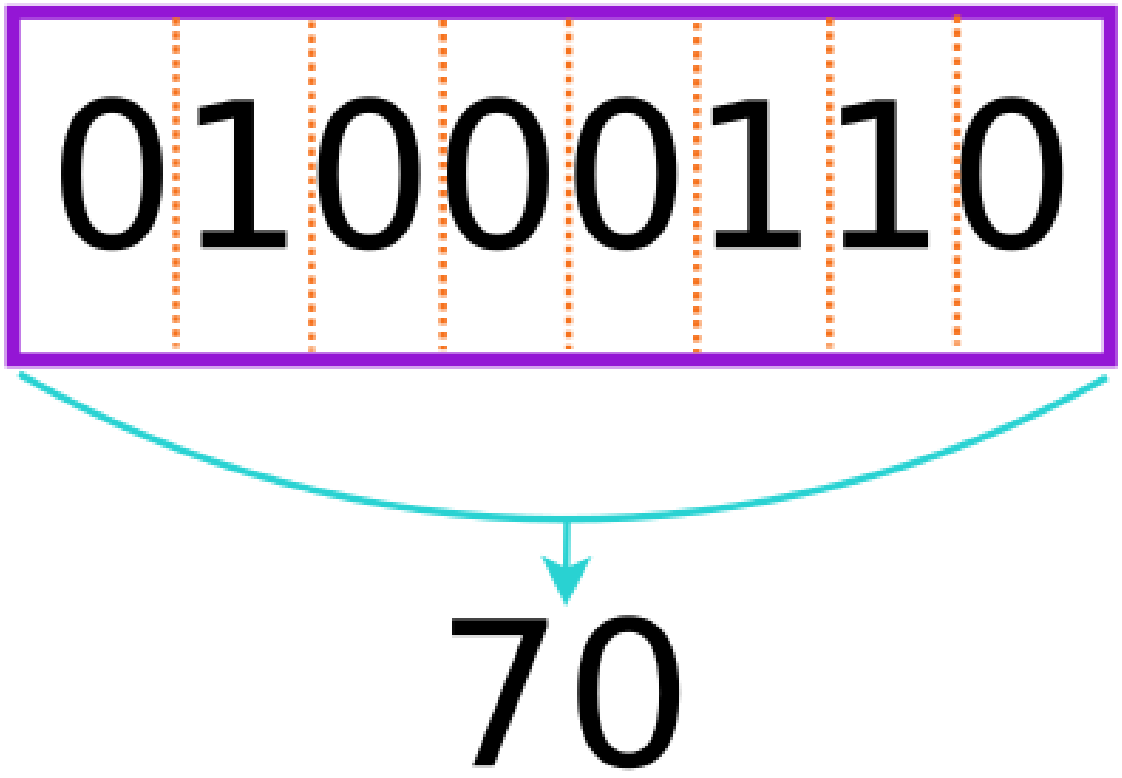
Работа с информацией: что видит компьютер?

Минимальным блоком в современных ЭВМ является **байт**. На всех популярных ОС 1 байт состоит из 8 бит



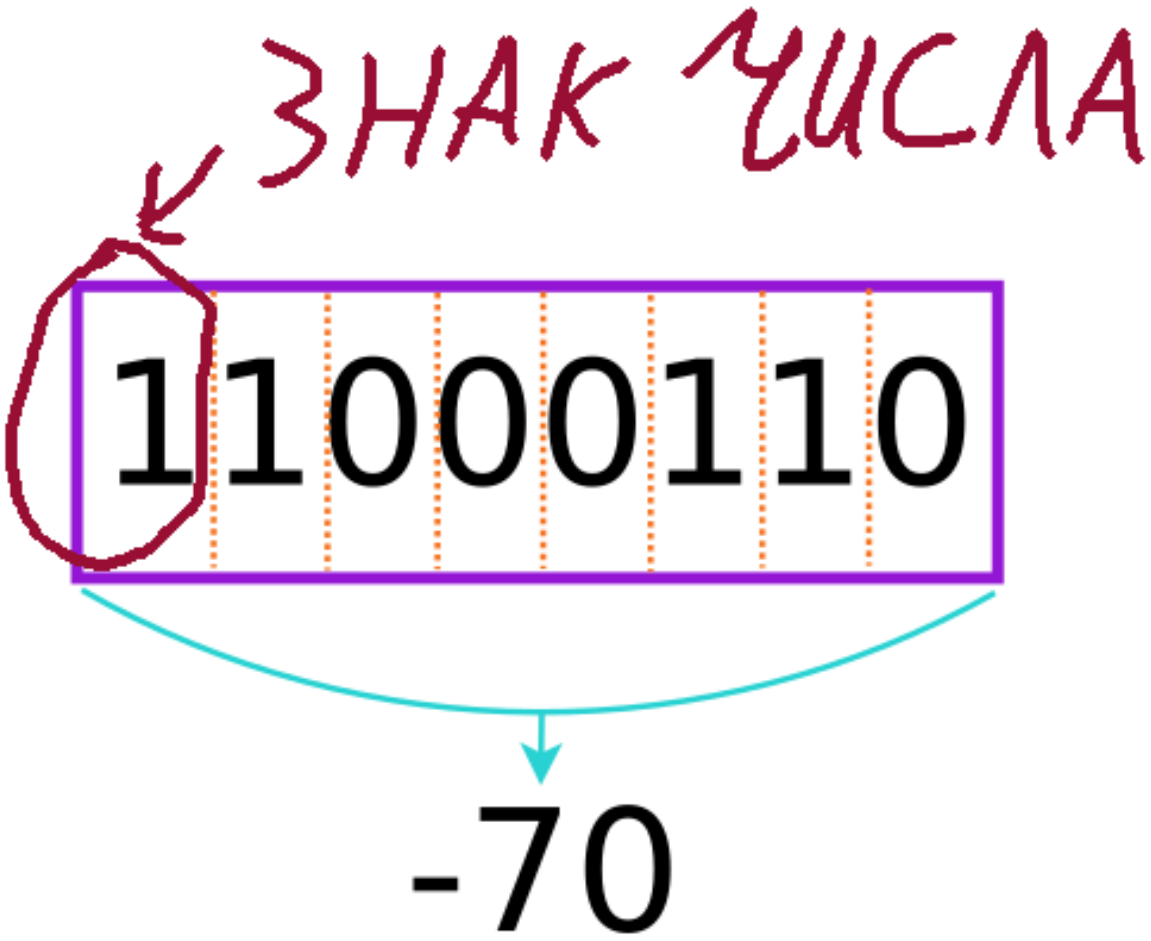
Работа с информацией: интерпретация байта

Целое число: восьми бит хватит для хранения 256 чисел в диапазоне $[0; 255]$



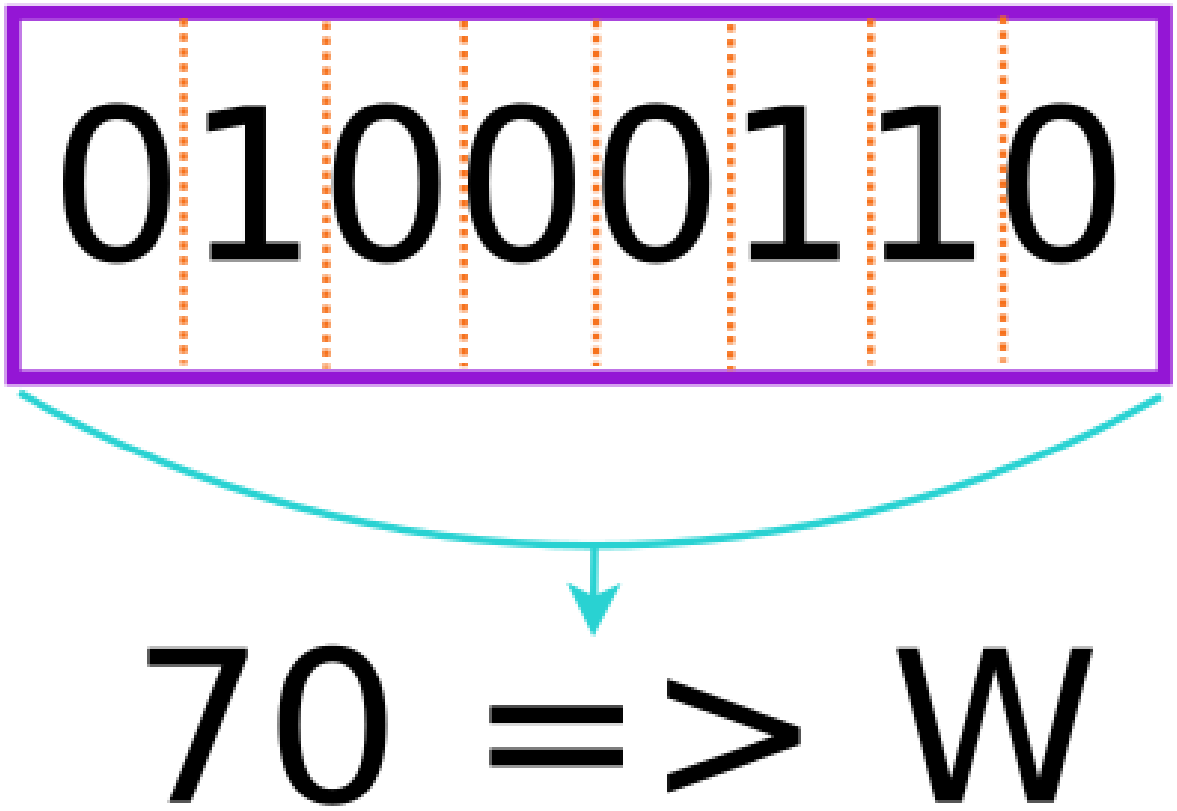
Работа с информацией: интерпретация байта

Целое число со знаком: первый бит отвечает за знак, диапазон теперь - $[-128; 127]$



Работа с информацией: интерпретация байта

Некоторый символ: вводится таблица соответствия между числом и набором текстовых символов



Работа с информацией: формализация "типа данных"

Определение

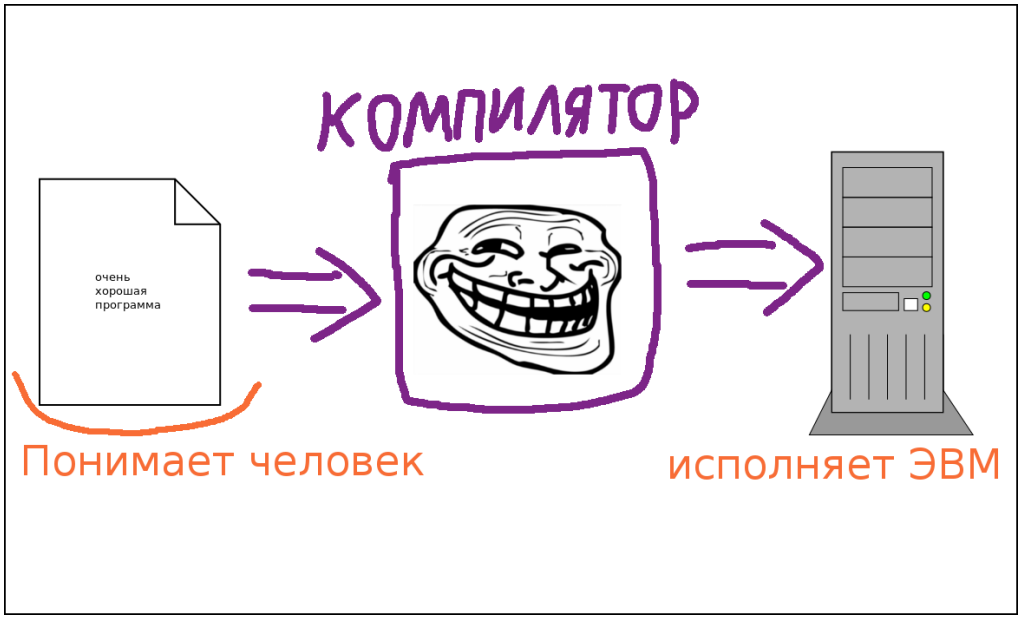
Под **типом данных** в языках программирования понимается абстрактное множество возможных значений и **операций** над этими значениями.

Переменная конкретного типа данных при её использовании в программе *всегда* занимает ограниченный блок байт в оперативной памяти ЭВМ.

Переходим к конкретному языку программирования

Является

1. **императивным**: для написания программы используются операторы и управляющие конструкции языка программирования;
2. **компилируемым**:



3. **статически типизированным**: типы всех переменных программы известны в момент компиляции.

Язык программирования C++

- Позволяет писать программы в **процедурном**, **объектно-ориентированном** и **обобщённом** стилях.
- На C++ созданы: Chrome, Firefox, Opera, Safari, IE Edge
- Используется для прикладных программ: создания/редактирование изображений, работа с видео, создание графических интерфейсов
- А также в науке: **https://root.cern.ch/** - набор библиотек для расчётов от ЦЕРНа

Язык программирования C++: историческая справка

- Компания Bell Labs, Бьярне Страуструп (Bjarne Straustrup)
- 1985, первый коммерческий релиз языка C++

- 1998 - первый стандарт ISO C++98
- На данный момент выпущены C++03, **C++11**, C++14, C++17

Какие особенности определяют язык программирования?

1. *Фундаментальные* типы данных и операторы для работы с переменными этих типов.
2. Управление ходом выполнения программы (циклы, условные и безусловные переходы).
3. Способ обособления блоков кода, для неоднократного использования (функции).
4. *Специальные* типы данных и способы работы с ними.
5. Конструкции языка для создания *пользовательских* типов данных.

Пример использования C++

Математика:

$$force(x, y) = 2x + 4ysin(x)$$

$$a = 5.5$$
$$b = -8.34$$

$$res = force(a, b)$$

Пример использования C++

Математика:

$$force(x, y) = 2x + 4ysin(x)$$

$$a = 5.5$$
$$b = -8.34$$

$$res = force(a, b)$$

C++:

```
1 double force(double x, double y)
2 { return 2 * x + 4 * y * sin(x); }
3
4 double a = 5.5,
5        b = -8.34;
6
7 double res = force(a, b);
```

Прежде, чем идти дальше

Определение

Идентификатором в языке программирования называется непрерывная последовательность символов, которые используются для именования переменных, функций, пользовательских типов данных.

В языке C++ в состав идентификатора могут входить только **буквы, цифры и символ нижнего подчёркивания** "_". При этом начинаться каждый идентификатор должен только с **буквы или символа подчёркивания**.

Прежде, чем идти дальше

Кроме того, в языках программирования существует определённый набор слов (в широком смысле - символьных последовательностей), которые не могут быть использованы в качестве идентификаторов. Такие слова называются **ключевыми**, вот они:

alignas alignof and and_eq asm auto bitand bitor bool break case catch char char16_t char32_t class compl const constexpr const_cast continue decltype default delete do double dynamic_cast else enum explicit export extern false float for friend goto if inline int long mutable namespace new noexcept not not_eq nullptr operator or or_eq private protected public register reinterpret_cast return short signed sizeof static static_assert static_cast struct switch template this thread_local throw true try typedef typeid typename union unsigned using virtual void volatile wchar_t while xor xor_eq union unsigned using virtual void volatile wchar_t while xor xor_eq

Прежде, чем идти дальше

Коментарии - произвольный текст в файле с исходным кодом, который игнорируется компилятором и никак не влияет на ход программы.

```
1 // Это однострочный комментарий
2
3 /*
4 Пример
5   многострочного
6     комментария
7 */
```

Предупреждение! Многострочные комментарии не могут быть вложенными

Общий вид создания переменной в C++:

```
<тип> <идентификатор>;
```

Эта форма называется **объявлением** переменной.

Первый тип данных для знакомства: **int**

- предназначен для хранения целых чисел *со знаком*;
- диапазон значений (на большинстве современных ЭВМ): $[-2\_147\_483\_648; 2\_147\_483\_647]$
- При объявлении переменной под неё выделяется место в оперативной памяти
- Однако C++ не даёт никаких гарантий относительно того, какое значение (целое число) окажется в объявленной переменной

Рассматриваемый тип данных: **int**

Пример объявляния переменных:

```
1 // Переменные конкретного типа можно объявлять по одной
2 int counter;
3 int velocity;
4
5 // А можно и несколько одновременно, через запятую
6 int width, height, area;
```

Рассматриваемый тип данных: **int**

Пример объявляния переменных:

```
1 // Переменные конкретного типа можно объявлять по одной
2 int counter;
3 int velocity;
4
5 // А можно и несколько одновременно, через запятую
6 int width, height, area;
```

Изменение значений, хранящихся в переменных, происходит с помощью **операторов**.

Определение

Оператором в языках программирования называется символьная конструкция, которая производит действия над одним или более объектом.

Прежде, чем идти дальше

Операторы в C++ делятся на:

1. **унарные** - требуется один объект для совершения действия, ставится после оператора;
2. **бинарные** - два объекта, по одному до и после оператора.

Исключение

Также в языке программирования присутствует **тернарный** оператор - он состоит из двух символов и требует три объекта для своей работы. Будет расмотрен в разделе о ходе выполнения программы.

Тип **int**: присвоение значений с помощью оператора «=»

```
1  int acceleration_rate;
2  // Присвоение переменной начального значения
3  acceleration_rate = -7;
4
5  /*
6    Присвоение можно (и нужно!) делать
7    при объявлениии переменной.
8  */
9  int good_rate = 16, bad_rate = -10, karma;
10 karma = good_rate + bad_rate;
```

Определение

Если присвоение значения переменной происходит в момент её объявляния, то это действие называется **определением** (инициализацией) переменной.

Тип **int**: арифметические операции - «+, -, *, , %»

```
1  int balance = 10, rate, total;
2
3  rate = balance - 8;
4  total = 2 * balance * (6 - rate);
5
6  // Целочисленное деление — дробная часть ↩
       отсекается
7  rate = 7 / 2; // rate равен 3
8
9  // Взятие остатка от деления
10 rate = 7 % 2; // rate равен 1
11
12 // Ошибка времени выполнения:
13 // rate = 11 / 0;
```

Обратите внимание: при работе с целыми числами нельзя допускать деления на нуль, это ошибка, вызывающая немедленную остановку выполнения программы.

Все возможные виды объявления и определений переменной:

```
(1) [...] <тип> <идентификатор> [= <значение>];
(2) [...] <тип> <идентификатор> [{ <значение> }];
(3) [...] <тип> <идентификатор> [( <значение> )];
```

, где треугольные скобки означают обязательные части, квадратные - опциональные, троеточие - дополнительные характеристики переменной или указания компилятору.

Предупреждение! (3) форма не рекомендуется к использованию с простыми типами данных.

Целочисленный тип	Размер на 64-битных ОС
short ~~int~~ **unsigned short ~~int~~**	2 байта
int **unsigned ~~int~~**	4 байта
long ~~int~~ **unsigned long ~~int~~**	8 байт
long long ~~int~~ **unsigned long long ~~int~~**	8 байт
size_t	8 байт, беззнаковый тип

- Перечёркнутый **~~int~~** - может быть пропущен
- Стандарт языка не определяет конкретного размера каждого типа, только соотношение размеров между ними: sizeof(**short**) <= sizeof(**int**) <= sizeof(**long**) <= ...
- **size_t** - размер определяется максимальным числом оперативной памяти на данной архитектуре ЭВМ

Прежде, чем идти дальше

В примерах с присвоением значений переменным были использованы конкретные числа (-7, 16, -10). Поскольку язык C++ является типизированным, то данные числа в момент компиляции должны также получить тип данных. Когда в программе встречается целое число, то компилятор пробует сначало поместить его в тип **int**, затем в **long**, потом в **long long**. А если не получилось - выдаст ошибку компиляции.

Определение

Значения конкретных типов данных, записанные в программе в явном виде, называются **литералами**.

Целочисленные типы: расширенные операторы присваивания, инкремент/декремент

```
1  int balance = 5, rate = 10;
2
3  // Оператор присваивания сначала вычисляет правую часть
4  balance = balance + 1;
5  // Сокращённая запись
6  balance += 1;
7  // Также определены: -=, *=, /=, %=
8
9  // Инкремент/Декремент - увеличение/уменьшение значения переменной на единицу
10 rate++; // rate стал равным 11
11 ++rate; // -//- 12
12 rate--; // снова 11
13 --rate; // теперь 10
```

Целочисленные типы: тонкости инкремента/декремента

```
1  // Разница пре– и пост– инкремента
2  int balance = 5, total = 5;
3
4  print("balance = ", balance++, "\n");
5  // напечатает в консоли "balance = 5"
6  // значение balance равно 6
7
8  print("total = ", ++total, "\n");
9  // напечатает "total = 6"
10 // значение total равно 6
11
12 // Пример унарных операторов
13 int number = -6;
14 +number;
15 -number;
```

Целочисленные типы: побитовые операции (**только для целых чисел без знака!**)

```
1  unsigned number = 4, next_number;
2
3  // Побитовый сдвиг вправо на 2 позиции
4  next_number = number << 2;
5
6  // Побитовый сдвиг влево на 3 позиции
7  next_number = number >> 3;
8
9  // Побитовое "И"
10 next_number = number & 2;
11
12 // Побитовое "ИЛИ"
13 next_number = number | 3;
14
15 // Побитовое исключающее "ИЛИ" (xor)
16 next_number = number ^ 3;
```

Целочисленные типы: оператор **sizeof**

```
1 int i_num = 0b01100010;
2 long l_num = 0345;
3 size_t sz_num = 0xff11c;
4
5 print("Размер int: ", sizeof(int));
6 print("\nРазмер long: ", sizeof(l_num));
7 print("\nРазмер size_t: ", sizeof(size_t));
```

На консоли появятся строки:

```
Размер int: 4
Размер long: 8
Размер size_t: 8
```

bool - логический (булев) тип данных, принимающий только два значения - **true** или **false**

Операция	Оператор
отрицание	!
логическое И	&&, **and**
логическое ИЛИ	||, **or**

```
1  bool truth = true, falsey = false, result;
2
3  // Логическое "И"
4  result = truth && falsey; // result равен false
5  // Логическое "ИЛИ"
6  result = truth || falsey; // result равен true
7  // допустимо и так
8  result = truth or falsey; // result равен true
9
10 // Отрицание:
11 result = !falsey; // result равен true
```

```
1 bool var1, var2;
2 // Переменным присваиваем значения...
```

Таблица истинности

	var1	var2	Результат
&&	true	true	true
&&	true	false	false
&&	false	true	false
&&	false	false	false
||	true	true	true
||	true	false	true
||	false	true	true
||	false	false	false

Логический тип: совместимость с языком C

```
1 bool result;
2
3 result = 0;
4 // result равен false
5
6 result = 1;
7 // result равен true
```

Операторы сравнения

Операция	Оператор
равенство	==
неравенство	!=
больше	>
меньше	<
больше или равно	>=
меньше или равно	<=

Все операторы сравнения в C++ возвращают значения типа **bool**.

```
1 int width = 5, height = 4;
2 bool status = width > height;
3 // status равен true
4
5 status = (width == height);
6 // status равен false
```

Действительные числа или числа с плавающей запятой

float - действительное число одинарной точности ($\approx$ 7-8 знаков после запятой). Максимальное значение - $\approx 10^{38}$, минимальное - $\approx 10^{-38}$.

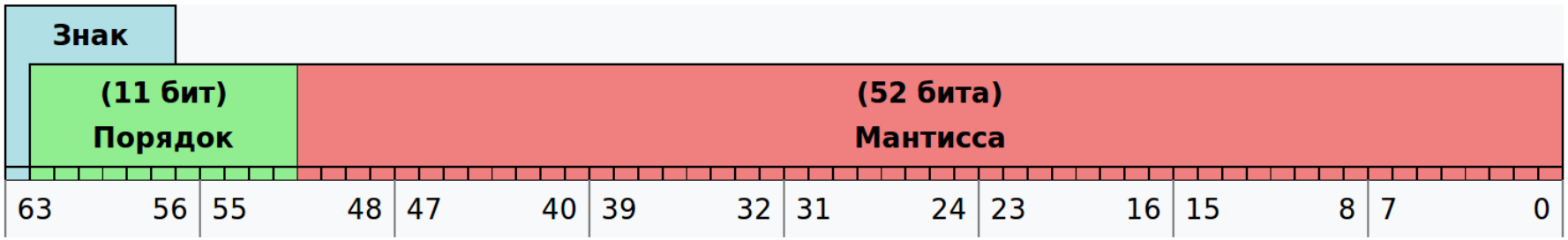
double - действительное число двойной точности ($\approx$ 15-16 знаков после запятой). Максимальное значение - $\approx 10^{308}$, минимальное - $\approx 10^{-308}$.

long double - двойной точности ($\approx$ 15-16 знаков после запятой), расширенный диапазон: 10^{4932}.

Стандартом языка определяется только относительная зависимость размеров: sizeof(**float**) <= sizeof(**double**) <= sizeof(**long double**)

```
1 double speed = 5.5, distance;
2 distance = speed / 3.0;
3
4 speed *= 4.0;
```

Действительные числа: как представлены в памяти



Конкретное число вычисляется как (общая идея):

$$(-1)^{\text{знак}} \times 1.\text{Мантисса} \times 2^{\text{Порядок}}$$

Что интересно, формат чисел с плавающей запятой стандартизирован: IEEE 754.
В точности числа не учитывается десятичная экспонента:
$1184 \rightarrow 1.184 \times 10^3$

Действительные числа: на нуль делить разрешается

```
1 #include <cmath>
2
3 double super_rate = 5.5;
4 super_rate /= 0.0;
5
6 bool is_infinity = isinf(super_rate);
7 // is_infinity равна 1
```

Действительные числа: понятие Not-A-Number (NaN)

```
1 #include <cmath>
2
3 // sqrt – вычисление квадратного корня
4 double super_rate = sqrt(-4.5);
5
6 bool is_nan = isnan(super_rate);
7 // is_nan равна 1
```

Действительные числа: сравнение

Предупреждение

Сравнение действительных чисел неоднозначно

```
1 double first_rate = 0.4, second_rate = 0.4;
2
3 bool is_equal = (first_rate == second_rate);
4 // что будет в is_equal — непонятно
```

Действительные числа: подход в сторону правильного сравнения

```
1  #include <cmath>
2
3  double rate1 = 0.4, rate2 = 0.8 / 2;
4
5  // Определяем для себя приемлемую точность
6  double eps = 0.0000001;
7
8  // abs — вычисляет модуль аргумента
9  bool is_equal = abs(rate1 - rate2) < eps;
10 // есть уверенность в is_equal: равна false
```

Действительные и целые числа: взаимные преобразования.

- При работе с числами язык C++ осуществляет неявные преобразования целых значений в действительные и наоборот.
- Любое действительное число преобразуется в целое путём отбрасывания всей дробной части
- Любое целое значение преобразуется в действительное путём добавления нулей в дробную часть
- Если в арифметическом выражении есть хотя бы одно действительное число, результат выражения будет преобразован к действительному типу

Действительные и целые числа: взаимные преобразования.

```
1 double rate1 = 4.57;
2 int main_part = rate1;
3 // Здесь main_part равна 4
4
5 main_part += 3;
6 rate1 = main_part;
7 // rate1 равен 7.0
```

Далее - управляющие конструкции

Управление ходом выполнения программы

Условный переход: общий синтаксис

```
if ( <логическое выражение> ) {
  <набор инструкций>;
} [else {
  <набор инструкций>;
}]
```

```
1 int max_score = 3, min_score = 5;
2
3 if ( max_score < min_score ) {
4   print("Не должно так быть\n");
5 } else {
6   print("Мы этого и ждали\n");
7 }
```

Условный переход: отсутствие пары фигурных скобок

```
1  int max_score = 8, min_score = 2;
2  // Опасный синтаксис:
3  if ( max_score < min_score )
4    print("Не должно так быть\n");
5    print("Я не отношусь к условному переходу\n");
6
7  int current_score = 4;
8  // Логическое выражение может быть составным
9  if ( (current_score >= min_score) and (↩
       current_score <= max_score) ) {
10   print("Всё ок\n");
11 } else {
12   print("Какая-то аномалия\n");
13 }
```

Условный переход: ещё пример

```
1  int current_score = 7, last_score = 4;
2
3  if ( last_score == 4 ) {
4      current_score += 4;
5  } else if ( last_score == 5 ) {
6      current_score += 1;
7  } else if ( last_score == 6 ) {
8      current_score -= 10;
9  } else {
10     current_score = 0;
11 }
```

Тернарный оператор **?:**

```
<логическое выражение>
    <?> <выражение, когда истинно>
    <:> <выражение, когда ложно>;
```

```
1 int max_score = 13, min_score = 5;
2
3 int result;
4 result = (max_score - min_score) < 5 ) ? ↩
    min_score * 2 : max_score / 2;
```

Конструкция **switch**

```
switch (<выражение>) {
    case <значение_1>:
        [инструкции]
        <break>;
    case <значение_2>:
        [инструкции]
        <break>;
    ...
    case <значение_T>:
        [инструкции]
        <break>;
    [default:
        [инструкции]
    ]
}
```

Управление ходом выполнения программы

```
1  int rate, score;
2  // Вычисляем rate
3
4  switch ( rate ) {
5    case 2:
6      score = 1;
7      break;
8    case 5:
9      score = 2;
10     break;
11   case 8:
12     print("Выпала восьмёрка!\n");
13     score = 3;
14     break;
15   default:
16     score = 5;
17 }
```

Управление ходом выполнения программы

```
1  score = 4;
2
3  switch ( score ) {
4    case 4:
5      print("Вполне неплохо.\n");
6      // не ставим *break*
7    case 5:
8      print("Совсем здорово!\n");
9      break;
10   case 6:
11     print("Недосягаемая высота!\n");
12     break;
13   default:
14     print("Недотянули.");
15 }
```

В примере, когда в переменной **score** будет четвёрка, то будут выполнены строчки **5** и **8**

Управление ходом выполнения программы

- Фактически **switch** производит сопоставления результата выражения с значениями в "ветках"**case**
- Его недостатком, во-первых является то, что результат выражения должен быть приводим к числу
- А во-вторых - необходимость не забыть поставить **break** в каждой ветке **case**

Управление ходом выполнения программы

Цикл

Под **циклом** в программировании понимается обособленный набор повторяющихся N раз инструкций. Причём, $N \geq 0$

Дополнительные определения

- **Тело цикла** - набор повторяющихся инструкций
- **Итерация** (или проход цикла) - однократное выполнение всех инструкций из тела цикла

Циклы **while** и **do ... while**

```
while (<логическое выражение>) {
   [инструкции];
}

do {
   [инструкции];
} while (<логическое выражение>);
```

Управление ходом выполнения программы

Цикл **while**: печать квадратов чисел от 10 до 1 включительно, убывающий порядок

```
1 int counter = 10;
2
3 while ( counter > 0 ) {
4   print(counter * counter, "\n");
5   counter--;
6 }
```

Управление ходом выполнения программы

Цикл **do ... while**: печать квадратов чисел от 0 до 9 включительно, возрастающий порядок

```
1 int counter = 0;
2
3 do {
4   print(counter * counter, "\n");
5   counter++;
6 } while ( counter < 10 );
```

Управление ходом выполнения программы

Бесконечный цикл на примере **while**

```
1 while( true ) {
2   print("*");
3 }
```

Управление ходом выполнения программы

Цикл **for**

```
for (   [инициализация];
        [условие выхода];
        [итеративное изменение]
    ) {
  [инструкции];
}
```

1. **Инициализация**: как правило, задание начальных значений переменных, которые будут использованы внутри цикла. Или определение новых.
2. **Условие выхода**: логическое выражение, проверяемой **до начала** и после каждой итерации.
3. **Итеративное изменение**: задание выражений (изменение счётчика цикла, как пример), которые выполняются **после каждой итерации**. Перечисляются через запятую.

Цикл **for**

```
1  #include <cmath>
2
3  // Бесконечный цикл
4  for (;;) {
5    // что-то полезное
6  }
7
8  // Вывод значений квадратного корня для ↩
       чисел от 0 до 10
9  for (int i = 0; i <= 10; i++) {
10   print(sqrt(i), "\n");
11 }
```

Управление циклами **continue** и **break**

```
1  for (int counter = 0; ; ++counter) {
2    if ( (counter % 2) == 0 ) {
3      print(counter, "\n");
4      continue;
5    }
6
7    if ( (counter > 15) ) {
8      break;
9    }
10
11   print("Итерация закончена\n");
12 }
```

Где получить информацию о C++?

Литература

1. Алекс Эллайн, "C++. От ламера до программера 2015 г., Питер ("Jumping into C++")
2. Татьяна Павловская, "C/C++. Процедурное и объектно-ориентированное программирование 2014 г., Питер
3. Бьярне Страуструп "Программирование. Принципы и практика с использованием C++ 2016 г., Вильямс
4. Питер Готшлинг, "Современный C++ для программистов, инженеров и учёных 2016 г., Вильямс

Альтернатива онлайн

1. github.com/posgen/OmsuMaterials
2. en.cppreference.com/w/cpp (ru.cppreference.com/w/)
3. www.cplusplus.com/reference/
4. https://www.cprogramming.com/tutorial/c++-tutorial.html