II

26 февраль 2020

Выражения и инструкции

Базовые блоки программы на C++:

1. **Операторы** (operators) - символьные конструкции, обозначающие вызов действий и возвращающие некоторое значение в качестве результата.
2. **Выражения** (expressions) - последовательность операторов и их операндов, задающая определённые вычисления (возвращающие конкретное значение).
3. **Инструкции** (statements) - фрагменты программы, выполняющиеся в последовательном порядке.

Терминологическая путаница

Среди русскоязычной литературы вместо *операторов* может быть использован термин *операция*, а вместо *инструкций* — *операторы*.

Операторы

```
1  +   -   *   /
2
3  &  |  ^
4
5  &&  ||
6
7  sizeof
8
9  ?:
10
11 (...)
```

Выражения

```
1 rate = 43
2
3 rate
4
5 2.0 + rate / 4.5
6
7 printf("My call is expression too")
```

Инструкции

```
1  int i1;                          // Инструкция–объявление
2
3  i1 = 10;                         // Инструкция–выражение
4
5  printf("i1 = %d\n", i1);         // Инструкция–выражение
6
7  if (i1 > 50) {                   // Составная инструкция
8    // ...
9  } else {
10   // ...
11 }
12
13 int i2;                          // Инструкция–объявление
14 do {                            // Составная инструкция
15   i1++;
16   i2 = i1 * i2;
17 } while (i1 < 100);
```

Функции в C++. Определение

Функция в C++ - проименованный набор инструкций, который может принимать *произвольное количество* значений, возвращать строго *одно* значение и быть вызван произвольное число раз другим фрагментом программы. Синтаксис определения функции:

```
[...] <тип_возвращаемого_значения>
      <имя_функции> ( <список_параметров> )
{
  [инструкции;]
  return <значение>;
}
```

, где **список_параметров** - это набор пар *тип данных* и *идентификатор* каждого параметра, перечисляемых через запятую. Троеточия - специальные указания компилятору, по необходимости будут рассмотрены далее по курсу.

Функции в C++. Пример

$$n! = 1 * 2 * 3 * 4 ... * n$$

Функции в C++. Пример

$$n! = 1 * 2 * 3 * 4 ... * n$$

```
1  double factorial(unsigned n)
2  {
3    double fact = 1.0;
4
5    for (unsigned i = 2; i <= n; ++i) {
6      fact *= i;
7    }
8
9    return fact;
10 }
11
12 ...
13 double fact8 = factorial(8);
14 printf("Factorial of 8: %f\n", fact8);
```

Функции в C++. Множественный return

Число операторов возврата **return** внутри функции - неограничено.

```
1  double factorial(unsigned n)
2  {
3    if ( n < 2) {
4      return 1.0;
5    }
6
7    double fact = 1.0;
8    for (unsigned i = 2; i <= n; ++i) {
9      fact *= i;
10   }
11
12   return fact;
13 }
```

Функции в C++. Пример

Возведение в степень:

$$\text{number}^n, n - \text{целое}$$

Функции в C++. Пример

Возведение в степень:

$$\text{number}^n, n - \text{целое}$$

```
1  double nth_degree(double num, int n)
2  {
3    double result = 1.0;
4    // Берём модуль от числа n
5    unsigned degree = abs(n);
6
7    while ( degree > 0 ) {
8      result *= num;
9      --degree;
10   }
11
12   return (n < 0) ? (1.0 / result) : result;
13 }
```

Функции в C++. Пример

```
1 double nth_degree(double num, int n)
2 { ... }
3
4 double rate  = 4.5;
5 int    scale = -4;
6
7 double rate_in_sc = nth_degree(rate, scale);
8 printf("rate^scale = %f\n", rate_in_sc);
9 printf("8.85^-3 = %f\n", nth_degree(8.85, -3));
```

Позиционные параметры

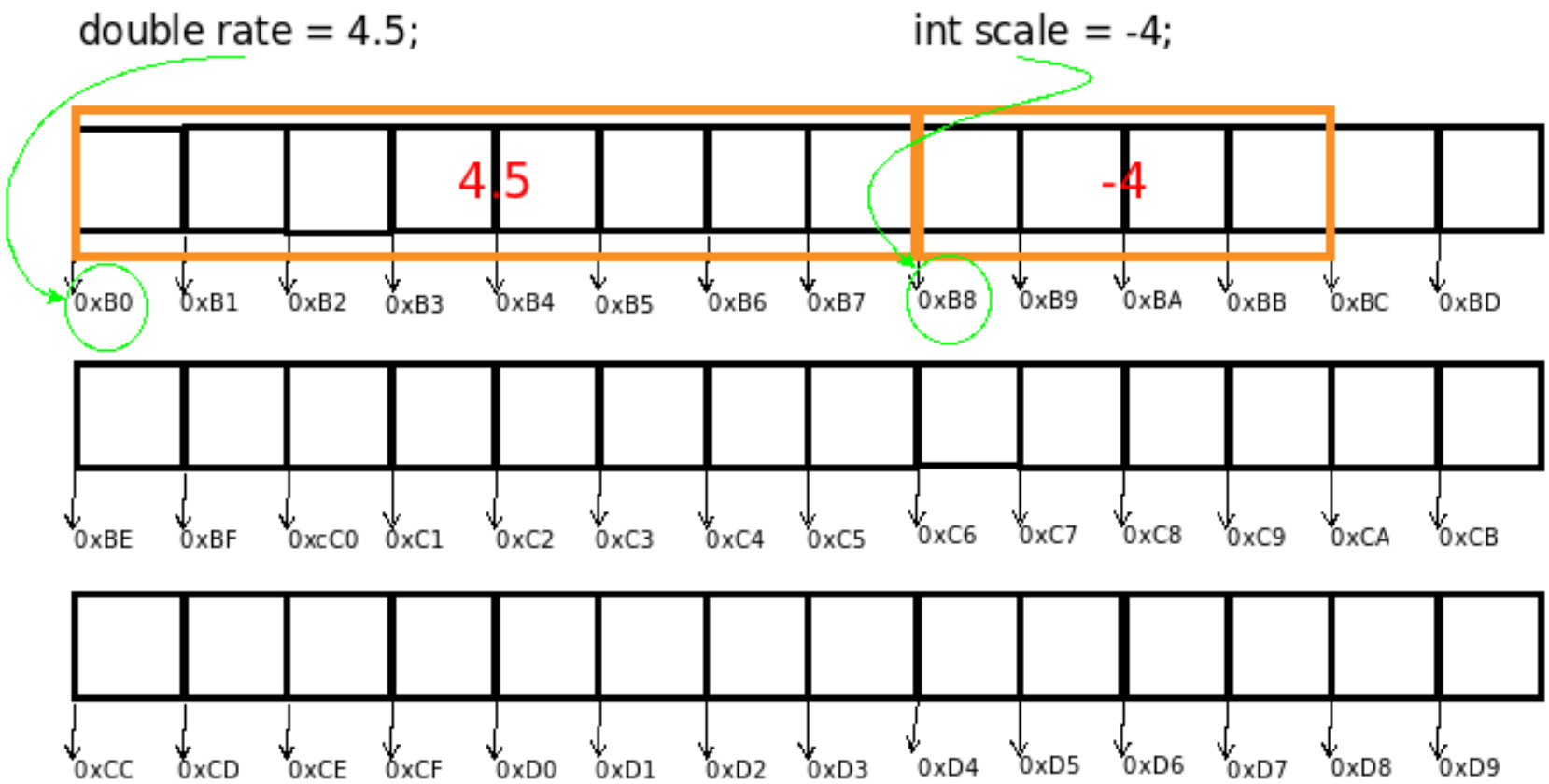
Параметры функций в C++ являются **позиционными** - при вызове функции аргументы подставляются в порядке, определяемом списком параметров.

Функции в C++. Передача аргументов по значению

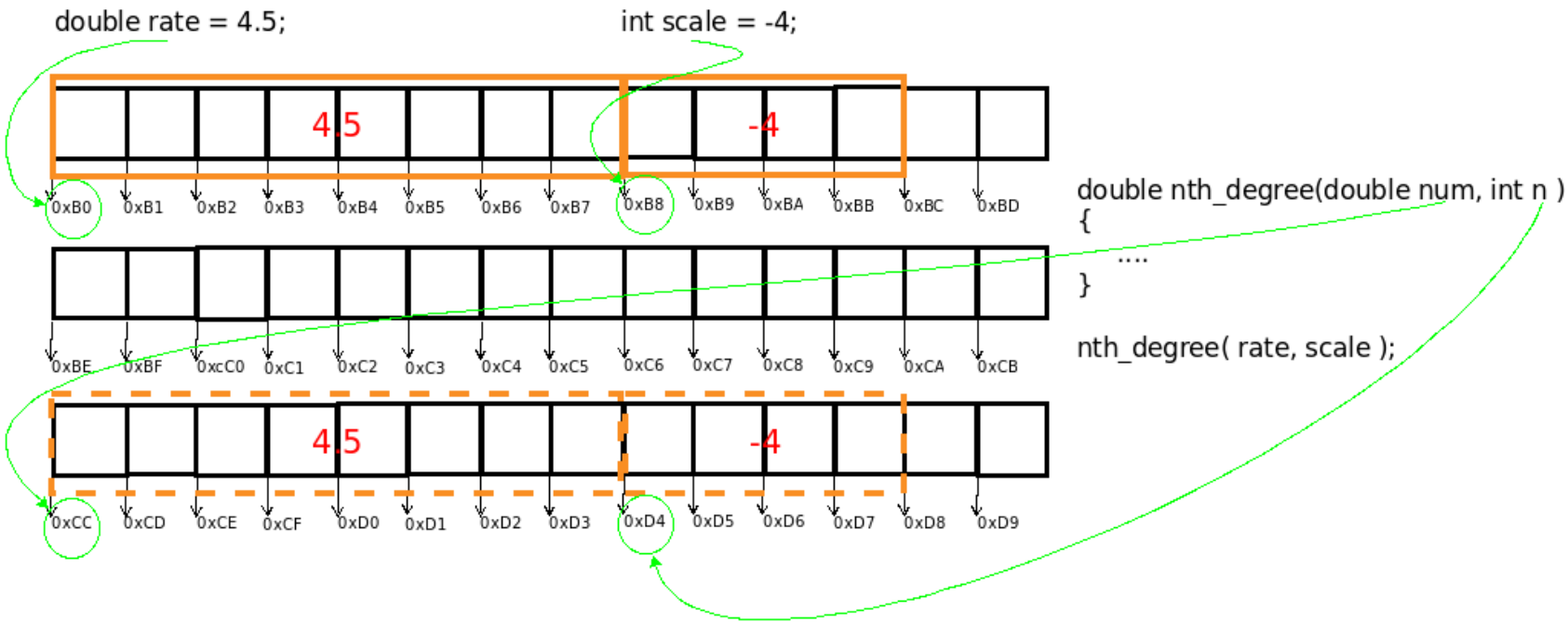
```
1 double nth_degree(double num, int n)
2 { ... }
3
4 double rate  = 4.5;
5 int    scale = -4;
6
7 double rate_in_sc = nth_degree(rate, scale);
```

Значения переменных **rate** и **scale** при вызове функции **degree_nth** называют её **аргументами**. В примере эти аргументы передаются в тело функции **по значению**.

Функции в C++. Передача аргументов по значению



Функции в C++. Передача аргументов по значению

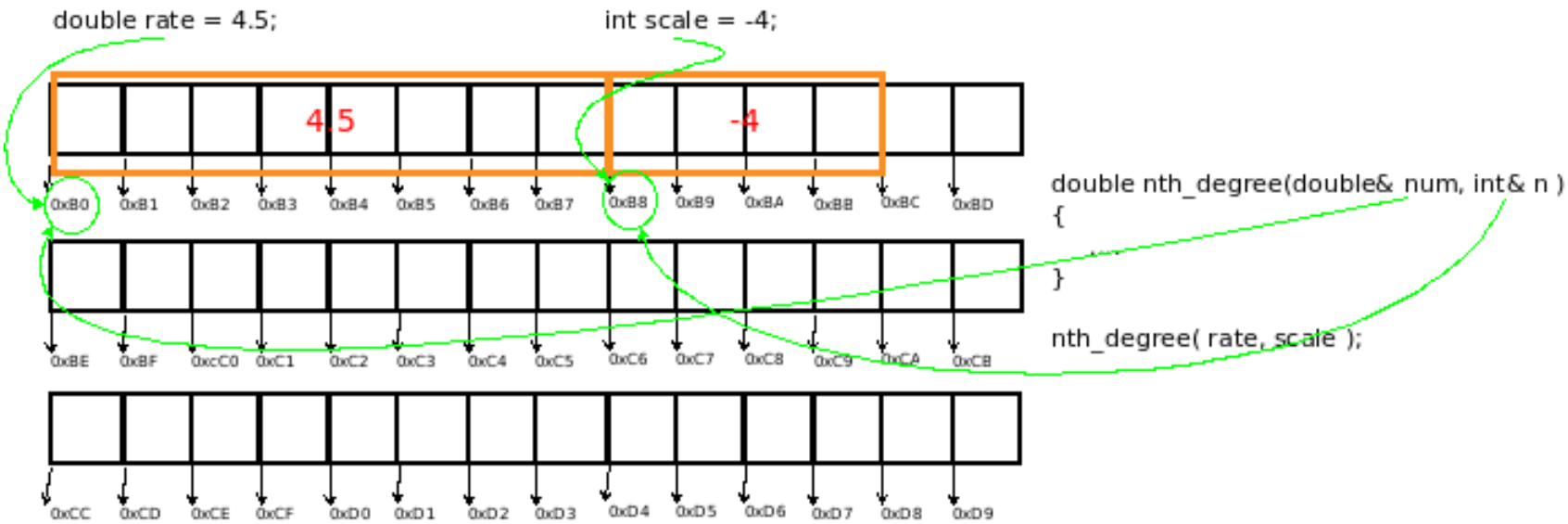


Функции в C++. Передача аргументов по ссылке

Есть второй способ передачи аргументов - **по ссылке**. Для этого в списке параметров *после* типа указывается знак «амперсанда» (**&**)

```
1 double nth_degree(double& num, int& n)
2 { ... }
3 ...
4
5 double rate = 4.5;
6 int scale = -4;
7
8 double rate_in_sc = nth_degree(rate, scale);
```

Функции в C++. Передача аргументов по ссылке



Важный факт. При передаче аргументов по ссылке, невозможно использовать литералы соответствующих типов (временные значения). То есть, невозможен вызов вида:

```
9 nth_degree( 3.5, 5 ); // Ошибка компиляции
```

Функции в C++. Константные параметры

Параметры функции можно сделать **неизменяемыми (константными)**. В случае ссылочных параметров это позволяет передавать в функцию временные значения.

```
1  double degree_nth(const double& num,
2                    const int& n)
3  { ... }
4
5  ...
6
7  double rate = 4.5;
8  int scale = -4;
9
10 double rate_in_scale = degree_nth( rate, scale );
11 // Теперь можно и так:
12 printf("3.3^2 = %f\n", degree_nth(3.3, 2));
```

Функции в C++. Пример

Пример: запросить у пользователя count целых чисел, найти максимальное и каким по счёту оно было введено

```
1  int find_max_with_pos(unsigned count, unsigned& place)
2  {
3      int current, max_num;
4      for (unsigned i = 1; i <= count; ++i) {
5          printf("Input %d number: ", i);
6          scanf("%d", &current);
7
8          if ( (i > 1) and (current > max_num) )
9          { max_num = current; place = i; }
10         else { max_num = current; place = 1; }
11     }
12     return max_num;
13 }
14 ...
15 unsigned position;
16 int max_elem = find_max_with_pos(5, position);
17 printf("Max number %d found at %u position\n",
18        max_elem, position);
```

Функции в C++. Параметры по умолчанию

```
1  double degree_nth(double num, int n = 3)
2  { ... }
3
4  ...
5
6  double rate = 4.5;
7
8  // Внутри функции *degree_nth* n равен 2
9  printf("%f\n", degree_nth( rate, 2 ));
10 // Выведет на экран: 20.25
11
12 // Внутри функции n равен 3
13 printf("%f\n", degree_nth( rate ));
14 // Выведет на экран: 91.125
```

Функции в C++. Параметры по умолчанию

1. Параметры со значением по умолчанию **должны** идти в конце списка.

```
1 double some_fun1(double r1, double r2,
2                   double r3, int n1 = 2,
3                   int n2 = 3)
4 { ... }
```

2. Такие аргументы не могут быть **изменяемыми ссылочными** (константными ссылочными - могут).

```
1 // Ошибка компиляции
2 double some_fun2(int& n1 = 2)
3 { ... }
4
5 // Всё хорошо, компилятор доволен
6 double some_fun3(const int& n1 = 2)
7 { ... }
```

Функции в C++. Не хочу ничего возвращать

Возможно определять функции, не требующие возврата значений из них. Для такого случая предусмотрен специальный тип данных - **void**

```
1  void print_only_even_number(const int num)
2  {
3    if ( (num % 2) != 0 ) {
4      return;
5    }
6
7    printf("%d\n", num);
8  }
9  // Переменных типа void создавать нельзя
10 // void var_of_void;
```

Функции в C++. Объявление и определение

Аналогично переменным, для функций существуют понятия **объявления** и **определения**. Определение - это все примеры выше, а под **объявлением** понимается указание *типа возвращаемого значения, названия функции и перечисление типов всех аргументов*. Причём, давать имена аргументам - не обязательно

```
1 double my_rand(unsigned);      // Объявление
2
3 int main()
4 {
5   printf("Случайное число: %f\n", my_rand(5));
6 }
7
8 double my_rand(unsigned seed) // Определение
9 { return 1234.5688 / seed; }
```

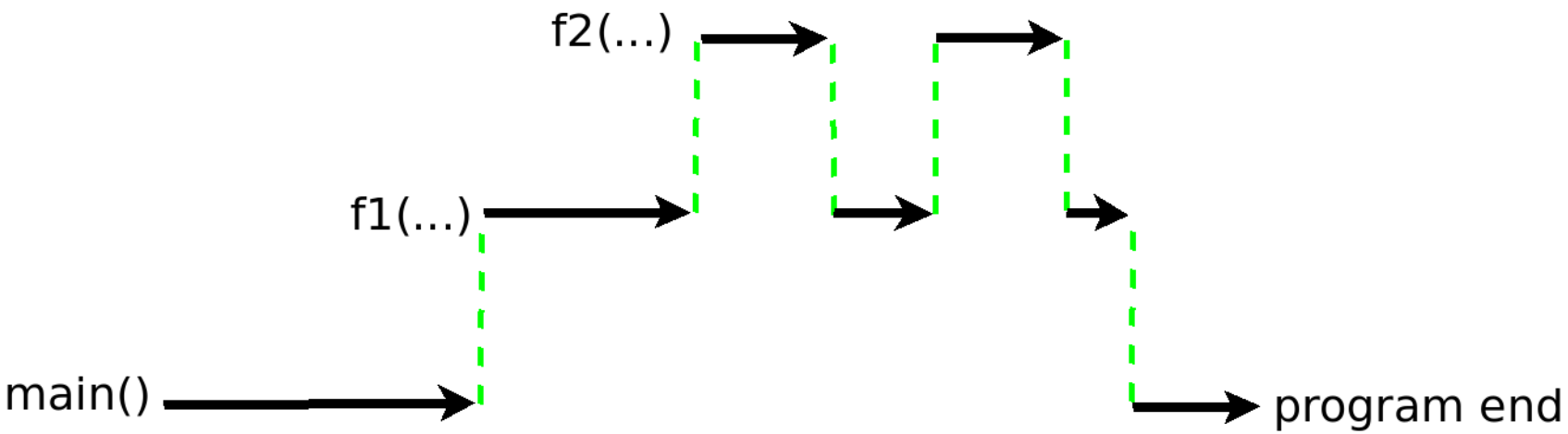
Функции в C++. Поток выполнения

Под *потоком выполнения* будем понимать последовательное исполнение всех инструкций программы.

```
1  int f1(int); void f2(int& item);
2
3  int main()
4  {
5    int i1 = 44, i2 = f1(i1);
6    i2++;
7  }
8
9  int f1(int number)
10 {
11   number *= 10;       f2(number);
12   number /= 8.912;    f2(number);
13   return 42;
14 }
15
16 void f2(int& item) { item++; }
```

Функции в C++. Поток выполнения

Поток выполнения примера выше может быть представлен диаграммой:



Функции в C++. Общая схема работы программы

Жизненный цикл программы на C++:

- текстовый файл с программой обрабатывается компилятором и создаётся *исполняемый файл* для ОС;
- исполняемый файл содержит инструкции для выполнения в двоичном виде (машинные коды);
- когда ОС загружает исполняемый файл — происходит загрузка двоичных инструкций в память ОС;
- инструкции начинают выполняться последовательно;
- каждая отдельная функция на C++ получает «свою» область в памяти ОС. Механизм выполнения функций называется **стеком вызовов**.

Прежде, чем идти дальше

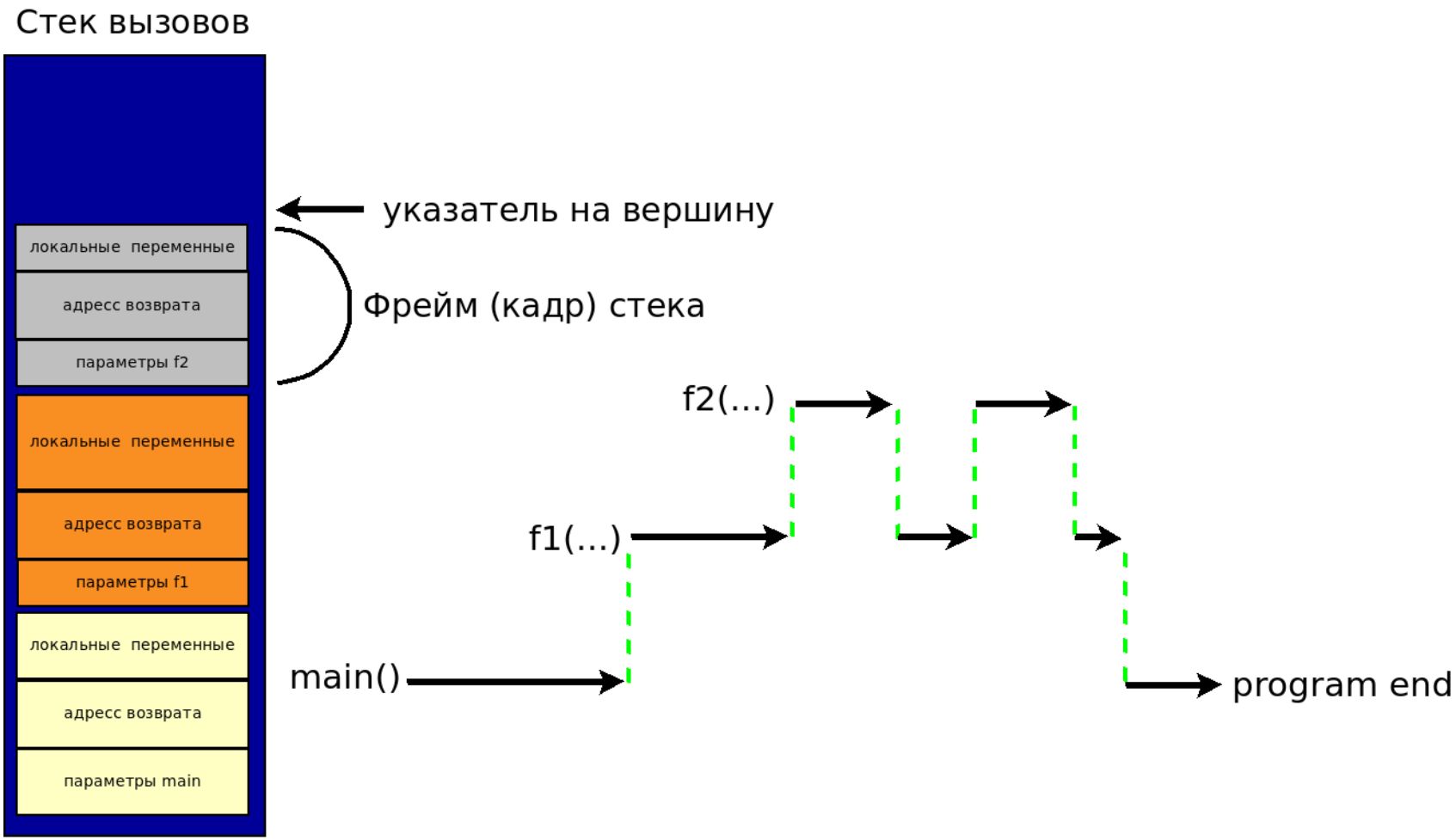
Стек - специальная структура данных.

Прежде, чем идти дальше

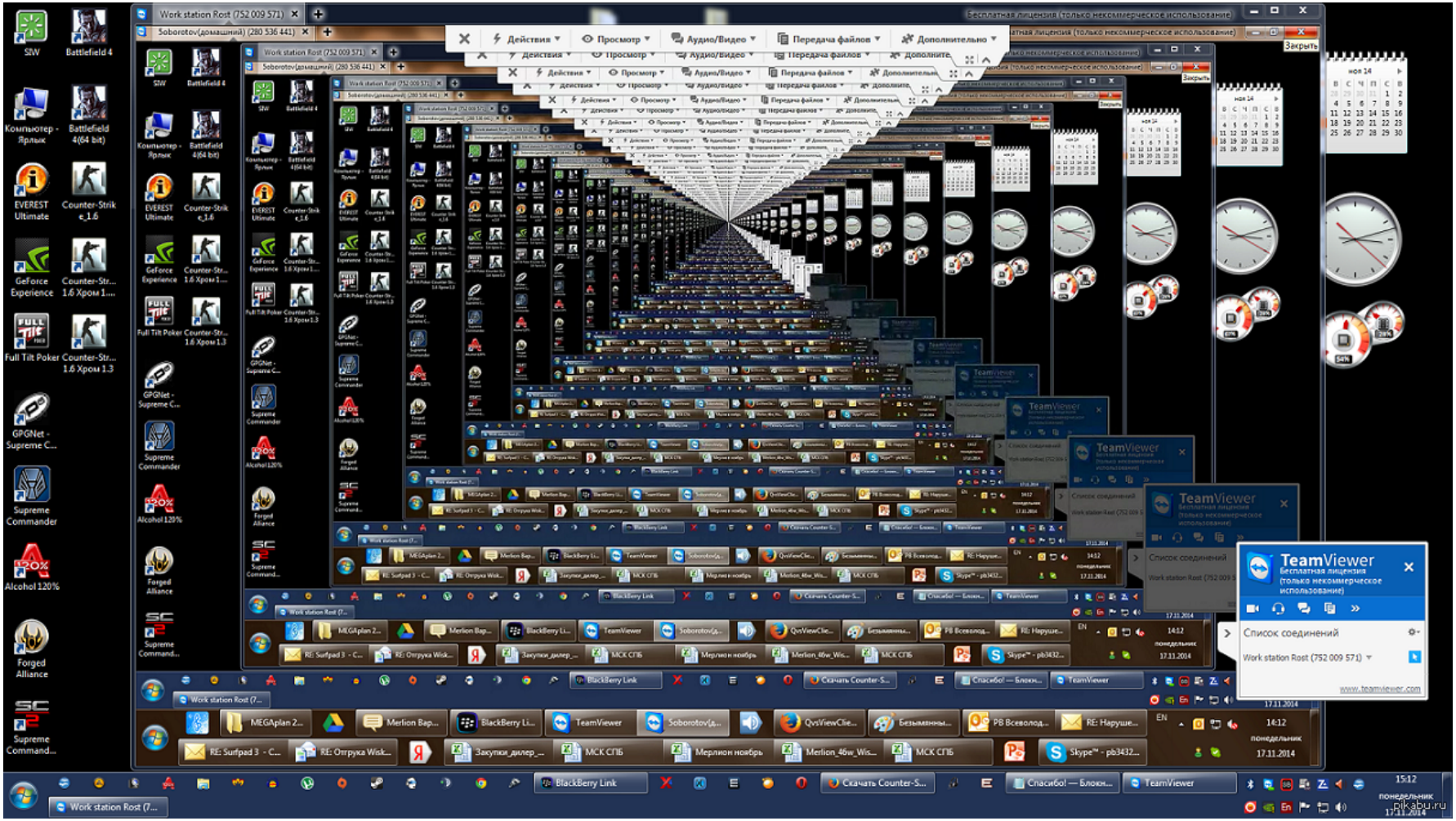
Стек - специальная структура данных.

Пример стека в жизни.

Функции в C++. Стек вызовов



Функции. Рекурсия



Функции. Рекурсия

В информатике под *рекурсией* понимается метод, в котором решение исходной задачи зависит от набора решений частных случаев этой же задачи. C++ для реализации подобных методов предоставляет возможность внутри функции делать вызов самой себя. Такие функции называются **рекурсивными**.

```
1 // Пример бесконечной (и хвостовой) рекурсии
2 int call_self(int num)
3 {
4   printf("Передано число: %d\n", num);
5   return call_self(num);
6 }
```

Различают *прямую* и *косвенную* рекурсивную функцию.

- **прямая рекурсивная функция** - вызывает саму себя непосредственно в своём теле
- **косвенная рекурсивная функция** - вызывает некоторую другую функцию, в теле которой происходит обратный вызов исходной функции

```
1  int start(int);
2
3  int process_number(int num)
4  {
5    return start(num);
6  }
7
8  int start(int n)
9  {
10   return process_number(n - 5);
11 }
```

Для того, чтобы быть полезной, рекурсивная функция должна включать две необходимые особенности реализации:

1. Тело функции должно обязательно содержать **условия остановки рекурсивных вызовов**.
2. Параметры функции при рекурсивном вызове **должны меняться, а не оставаться постоянными**.

Числа Фибоначчи

$$F_1 = 1, F_2 = 1, F_n(n > 2) = F_{n-1} + F_{n-2}$$

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, ...

Числа Фибоначчи

$$F_0 = 0, F_1 = 1, F_2 = 1, F_n(n \geq 2) = F_{n-1} + F_{n-2}$$

```
1  unsigned long long fib_num(unsigned n)
2  {
3    // условие выхода из рекурсии
4    if (n < 2) {
5      return n;
6    }
7
8    return fib_num(n - 1) + fib_num(n - 2);
9  }
10
11 printf("8-ое число Фибоначи: %llu\n",
12         fib_num(8));
```

Функции в C++. Перегрузка

- Каждая функция должна быть уникальна: определена в программе единожды
- Уникальность функции в языках программирования определяется её **сигнатурой** - набором отличительных признаков
- В C++ сигнатура функции определяется:
  1. Именем (идентификатором)
  2. Количеством параметров (термин *арность*)
  3. Типами параметров и их порядком

Функции в C++. Перегрузка

```
1  int max(const int first, const int second)
2  {
3    printf("max(int, int) works\n");
4    return (first > second) ? first : second;
5  }
6
7  double max(const double left, const double right)
8  {
9    printf("max(double, double) works\n");
10   const double EPS = 5e-5; // 5 * 10^(-5)
11
12   if ( (left - right) > EPS ) {
13     return left;
14   } else {
15     return right;
16   }
17 }
18
19 ...
20 printf("%f\n", max(56, 78));
21 printf("%f\n", max(3.4, 3.400007));
```

Пример из стандартной библиотеки C++

```
1  /*
2    Получение модуля целого или
3    действительного числа
4  */
5  #include <cmath>
6  #include <cstdlib>
7
8  ...
9  abs( 56 );
10 abs( -8.888 );
```

Резюме по функциям

- Количество параметров выбираем произвольно, но вернуть можно только одно конкретное значение какого-нибудь типа
- Два способа передачи аргументов - **по значению** и **по ссылке**. В обоих случаях параметры можно сделать *константными*
- Части параметров можно присваивать значения по умолчанию
- Специальный тип **void** - когда из функции не нужно возвращать никакого значения
- Только название функции не уникально - помним о перегрузке
- Определение функции не может быть помещено в тело другой функции

Прежде, чем идти дальше

Область видимости идентификатора

Место в файле с исходным кодом, где идентификатор доступен для операций (использование значения в случае переменной, вызов - в случае функции). В языке C++ различают две области - **глобальная** и **локальная**.

- Все функции имеют **глобальную** область видимости
- Переменная имеет **локальную** область видимости, если её объявление или определение находится внутри пары фигурных скобок {}
- Иначе переменная получает **глобальную** область видимости
- Локальная переменная видна во всех вложенных областях
- Идентификатор локальной переменной скрывает свои предыдущие определения

Прежде, чем идти дальше

Область видимости идентификатора

```
1  // Переменная с глобальной областью видимости
2  const double PI = 3.14159265358;
3
4  void do_something(double x)
5  {
6    // Локальная область видимости
7    double rate = 0.5;
8
9    if (x > 10.0) {
10     // Ещё одна. PI и rate тут доступны
11     double num = PI * x * rate;
12     print("Результат: ", num, "\n");
13   }
14
15   // Доступа к num уже нет:
16   // num += 3.05;
17   rate *= 9.5;
18 }
```

Прежде, чем идти дальше

Время жизни переменной

- Переменные с локальной областью видимости автоматически удаляются по достижении конца области видимости
- Глобальные переменные существуют до тех пор, пока выполняется программа

Инициализация глобальных переменных

В отличие от локальных, глобальные переменные получают *значения по умолчанию* (или *нулевые значения*) в случае, если не сделана их *инициализация*. Для целочисленных типов данных это число «0», для действитиельных - «0.0», для логического - «false».