Программирование на языке C++

Программирование на языке C++

§ 54. Простейшие программы

Простейшая программа

результат – целое число

это основная программа

```
int main()
{
  // это основная программа
  /* здесь записывают
     операторы  */
}
```

комментарии после // не обрабатываются

это тоже комментарий

? Что делает эта программа?

Вывод на экран

```
int main()
{
    cout << "2+";
    cout << "2=?\n";
    cout << "Ответ: 4";
}
```

character output – **выходной поток** [символов] на консоль

`"\n"` – новая строка

Протокол:

```
2+
Ответ: 4
```

Подключение библиотечных функций

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    cout << "2+";
    cout << "2=?\n";
    cout << "Ответ: 4";
    cin.get();
}
```

стандартные потоки ввода и вывода

стандартное пространство имен

ждать нажатия любой клавиши

character input – **входной поток** [символов] с консоли

Если не подключить пространство имён…

```
#include <iostream>
int main()
{
    std::cout << "2+";
    std::cout << "2=?\n";
    std::cout << "Ответ: 4";
    std::cin.get();
}
```

пространство имен **std**

Вывод в поток

```
cout << "2+" << "2=?" << "\n"
     << "Ответ: 4";
```

```
cout << "2+" << "2=?" << endl
     << "Ответ: 4";
```

end of line – конец строки

Задания

«B»: Вывести на экран текст «лесенкой»

```
Вася
    пошел
        гулять
```

«C»: Вывести на экран рисунок из букв

```
  Ж
 ЖЖЖ
ЖЖЖЖЖ
ЖЖЖЖЖЖЖ
НН  НН
ZZZZZ
```

Сложение чисел

Задача. Ввести с клавиатуры два числа и найти их сумму.

Протокол:

```
Введите два целых числа
25 30
25+30=55
```

компьютер

пользователь

компьютер считает сам!

?

1. Как ввести числа в память?
2. Где хранить введенные числа?
3. Как вычислить?
4. Как вывести результат?

Сумма: псевдокод

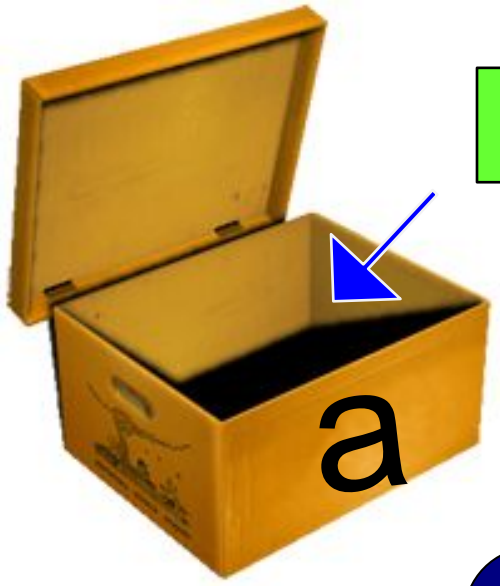
```
int main()
{
   // ввести два числа
   // вычислить их сумму
   // вывести сумму на экран
}
```

Псевдокод – алгоритм на русском языке с элементами языка программирования.

Компьютер не может исполнить псевдокод!

Переменные

Переменная – это величина, имеющая имя, тип и значение. Значение переменной можно изменять во время работы программы.



Имя

Значение

Другой тип данных

? Поместится?

! В переменной хранятся данные определенного типа!

Имена переменных

МОЖНО использовать

- латинские буквы (A-Z, a-z)

заглавные и строчные буквы **различаются**

- цифры

имя не может начинаться с цифры

- знак подчеркивания _

НЕЛЬЗЯ использовать

- ~~русские буквы~~
- ~~скобки~~
- ~~знаки +, =, !, ? и др.~~

Какие имена правильные?

AXby R&B 4Wheel Вася “PesBarbos”
TU154 [QuQu] _ABBA A+B

Объявление переменных

тип – целые

список имен переменных

```
int a, b, c;
```

выделение места в памяти

Начальные значения:

```
int a, b = 1, c = 55;
```

? Что в переменной a?

«мусор»! не использовать!

Типы данных

- `int` `// целое`
- `long int` `// длинное целое`
- `float` `// вещественное`
- `double` `// веществ. двойной точности`
- `bool` `// логические значения`
- `char` `// символ`
- `string` `// символьная строка`
- и др.

Тип переменной

- область допустимых значений
- допустимые операции
- объём памяти
- формат хранения данных
- для предотвращения случайных ошибок

Как записать значение в переменную?

оператор присваивания

```
a = 5;
```

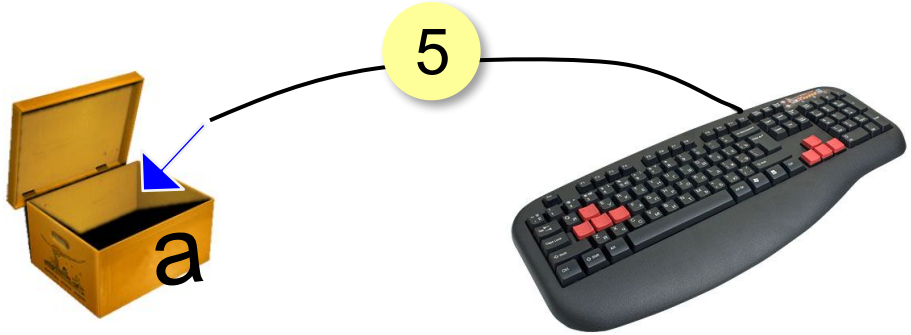
! При записи нового значения старое стирается!

Оператор – это команда языка программирования (инструкция).

Оператор присваивания – это команда для записи нового значения в переменную.

Ввод значения с клавиатуры

ввести значение **a** из входного потока



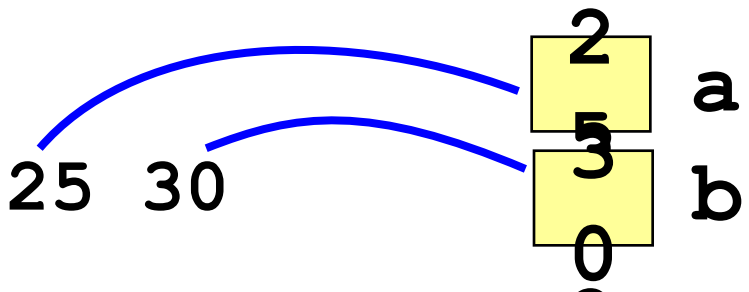

```
cin >> a;
```

1. Программа ждет, пока пользователь введет значение и нажмет *Enter*.
2. Введенное значение записывается в переменную **a**.

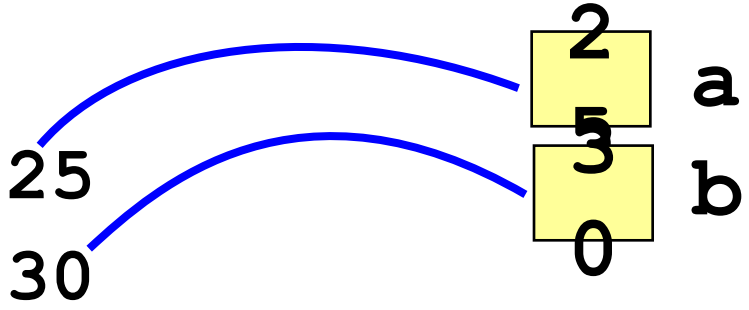
Ввод значений двух переменных

```
cin >> a >> b;
```

через пробел:

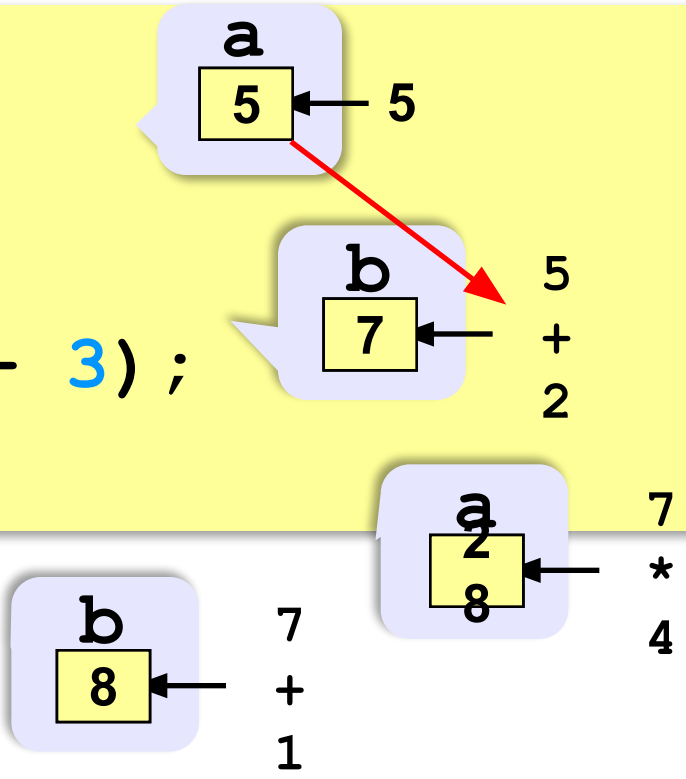


через *Enter*:



Изменение значений переменной

```
int a, b;
a = 5;
b = a + 2;
a = (a + 2)*(b - 3);
b = b + 1;
```



Вывод данных

```
cout << a;                  //вывод значения
                            //переменной a

cout << a << endl;          //...и переход
                            //на новую строку

cout << "Привет!";          //вывод текста

cout << "Ответ: " << c;

//вывод текста и значения переменной c

cout << a << "+" << b << "=" << c;
```

2+3=5

Сложение чисел: простое решение

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a, b, c;
    cin >> a >> b;
    c = a + b;
    cout << c;
}
```

далее эта «шапка» в слайдах не повторяется

? Что плохо?

Сложение чисел: полное решение

подсказка

```
int a, b, c;
cout << "Введите два целых числа\n";
cin >> a >> b;
c = a + b;
cout << a << "+" << b << "=" << c;
```

компьютер

Протокол:

```
Введите два целых числа
25 30
25+30=55
```

пользователь

Снова про оператор вывода

Вычисление выражений:

```
cout << a << "+" << b << "=" << a+b;
```

Форматный вывод:

```
#include <iomanip>
...
a = 123;
cout << setw(5) << a;
```

манипуляторы для управления потоками

␣␣123

5 знаков

set width – установить ширину поля

Программирование на языке C++

§ 55. Вычисления

Арифметическое выражения

```
          3   1 2   4       5    6
a = (c + b*5*3 - 1) / 2 * d;
```

Приоритет (*старшинство*):

1)скобки
2)умножение и деление
3)сложение и вычитание

$$a = \frac{c + b \cdot 5 \cdot 3 - 1}{2} \cdot d$$

Деление

Результат деления целого на целое – **целое** число (остаток отбрасывается):

Что запишется в **x**?

```
int a = 3, b = 4;
float x;
x = 3 / 4;
x = 3. / 4;
x = 3 / 4.;
x = a / 4;
x = a / 4.;
x = a / b;
x = float(a) / 4;
x = a / float(b);
```

Остаток от деления

`%` – остаток от деления

```
int a, b, d;
d = 85;
b = d / 10;
a = d % 10;
d = a % b;
d = b % a;
```

Для отрицательных чисел:

```
int a = -7;
b = a / 2;
d = a % 2;
```

В математике не так!

остаток ≥ 0

$-7 = (-4)*2 + 1$

Сокращенная запись операций

```
int a, b;
...
a ++;     // a = a + 1;
a --;     // a = a - 1;
a += b;   // a = a + b;
a -= b;   // a = a - b;
a *= b;   // a = a * b;
a /= b;   // a = a / b;
a %= b;   // a = a % b;
```

Вещественные числа

Целая и дробная части числа разделяются **точкой**!

Форматы вывода:

```
float x = 123.456;
cout.width(10);
cout.precision(5);
cout << x << endl;
```

5 значащих цифр

␣␣␣␣123.46

```
cout.width(10);
cout.precision(2);
cout << x << endl;
```

всего 10 знаков

␣␣␣1.2e+002

$1{,}2 \cdot 10^2$

Вещественные числа

Формат с фиксированной точкой:

```
#include <iomanip>
...
float x = 123.4567890123;
cout << fixed << setprecision(3)
     << x;
```

в дробной части

фиксированный

123.456

Вещественные числа

Экспоненциальный (научный) формат:

```
float x;
x = 1./30000;
cout << x;
x = 12345678.;
cout << x;
```

$3{,}33333 \cdot 10^{-5}$

```
3.33333e-005
```

```
1.23457e+007
```

$1{,}23457 \cdot 10^{7}$

```
float x = 123.456;
cout.width(10);
cout.precision(2);
cout << scientific << x;
```

в дробной части

```
␣1.23e+002
```

научный

Стандартные функции

```
#include <cmath>
```

подключить математическую библиотеку

abs(x) – модуль целого числа
fabs(x) – модуль вещественного числа
sqrt(x) – квадратный корень
sin(x) – синус угла, заданного **в радианах**
cos(x) – косинус угла, заданного **в радианах**
exp(x) – экспонента e^x
ln(x) – натуральный логарифм
pow(x,y) – x^y: возведение числа x в степень y
floor(x) – округление «вниз»
ceil(x) – округление «вверх»

```
float x;
x = floor(1.6);// 1
x = ceil(1.6); // 2
```

```
x = floor(-1.6);//-2
x = ceil(-1.6); //-1
```

Случайные числа

Случайно…

- встретить друга на улице
- разбить тарелку
- найти 10 рублей
- выиграть в лотерею

Случайный выбор:

- жеребьевка на соревнованиях
- выигравшие номера в лотерее

Как получить случайность?

Случайные числа на компьютере

Электронный генератор

- нужно специальное устройство
- нельзя воспроизвести результаты

Псевдослучайные числа – обладают свойствами случайных чисел, но каждое следующее число вычисляется по заданной формуле.

Метод середины квадрата (Дж. фон Нейман)

зерно **564321**

в квадрате

318458191041

209938992481

- малый период (последовательность повторяется через 10^6 чисел)

Линейный конгруэнтный генератор

```
X = (a*X+b) % c | интервал от 0 до c-1
```

```
X = (X+3) % 10 | интервал от 0 до 9
```

X = 0 → 3 → 6 → 9 → 2 → 5 → 8

8 → 1 → 4 → 7 → 0

зерно

зацикливание

! Важен правильный выбор параметров a, b и c!

Компилятор GCC:

a = 1103515245

b = 12345

c = 2^{31}

Генератор случайных чисел

```
#include <random>
```

англ. *random – случайный*

Генератор на отрезке [0,RAND_MAX]:

```
int X, Y;
X = rand(); // псевдослучайное число
Y = rand()  // это уже другое число!
```

Целые числа на отрезке [a,b]:

```
int X, Y;
X = a + rand() % (b - a + 1);
Y = a + rand() % (b - a + 1);
```

? Почему так?

[0,b-a]

Задачи

«A»: Ввести с клавиатуры три целых числа, найти их сумму, произведение и среднее арифметическое.

Пример:

```
Введите три целых числа:
5 7 8
5+7+8=20
5*7*8=280
(5+7+8)/3=6.667
```

«B»: Ввести с клавиатуры координаты двух точек (A и B) на плоскости (вещественные числа). Вычислить длину отрезка AB.

Пример:

```
Введите координаты точки A:
5.5 3.5
Введите координаты точки B:
1.5 2
Длина отрезка AB = 4.272
```

Задачи

«С»: Получить случайное трехзначное число и вывести через запятую его отдельные цифры.

Пример:

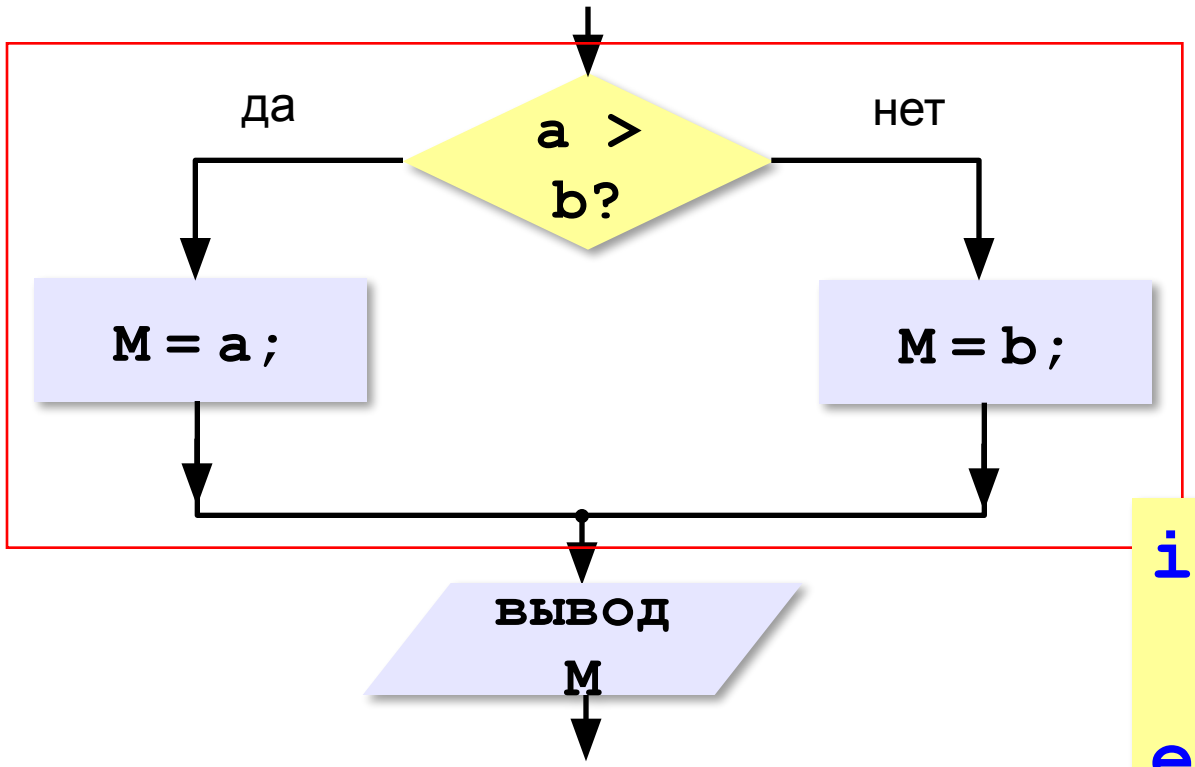
```
Получено число 123.
Его цифры 1, 2, 3.
```

Программирование на языке C++

§ 56. Ветвления

Условный оператор

Задача: **изменить порядок действий** в зависимости от выполнения некоторого условия.

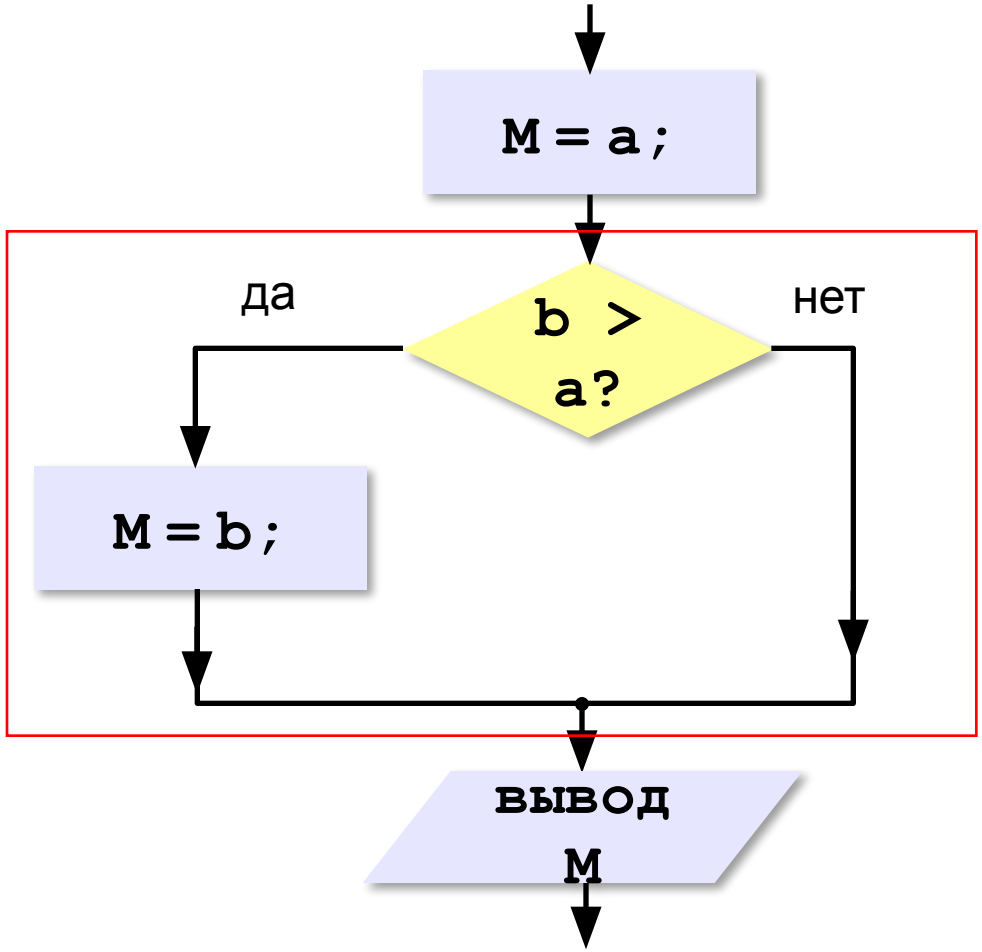


полная форма ветвления

? Если a = b?

```
if ( a > b )
   M = a;
else
   M = b;
```

Условный оператор: неполная форма




```
M = a;
if ( b > a )
  M = b;
```

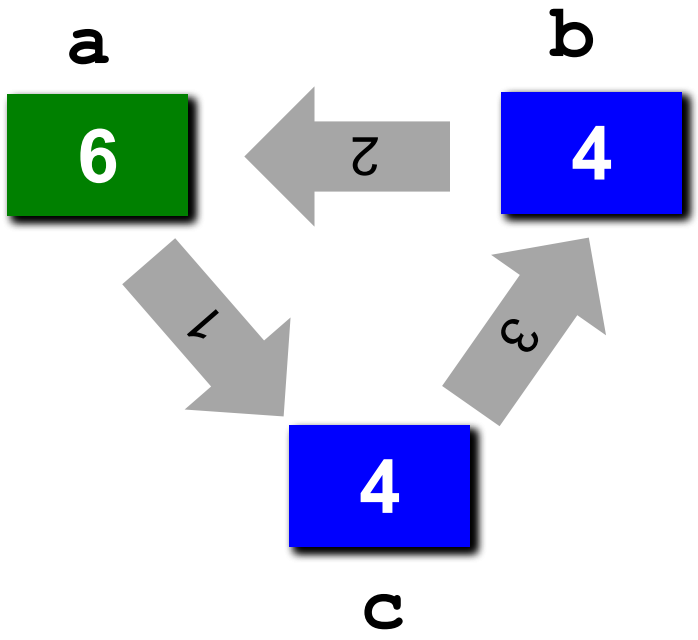
неполная форма ветвления

Условный оператор

```
if ( a < b )
  {
  c = a;
  a = b;
  b = c;
  }
```

блок (составной оператор)

? Что делает?



? Можно ли обойтись без переменной **c**?

Знаки отношений

> <	больше, меньше
>=	больше или равно
<=	меньше или равно
==	равно
!=	не равно

Вложенные условные операторы

Задача: в переменных **a** и **b** записаны возрасты Андрея и Бориса. Кто из них старше?

Сколько вариантов?

```
if ( a == b )
   cout << "Одного возраста";
else
   if ( a > b )
      cout << "Андрей старше";
   else
      cout << "Борис старше";
```

Зачем нужен?

вложенный условный оператор

Задачи

«A»: Ввести три целых числа, найти максимальное из них.

Пример:

```
Введите три целых числа:
1 5 4
Максимальное число 5
```

«B»: Ввести пять целых чисел, найти максимальное из них.

Пример:

```
Введите пять целых чисел:
1 5 4 3 2
Максимальное число 5
```

Задачи

«С»: Ввести последовательно возраст Антона, Бориса и Виктора. Определить, кто из них старше.

Пример:

```
Возраст Антона: 15
Возраст Бориса: 17
Возраст Виктора: 16
Ответ: Борис старше всех.
```

Пример:

```
Возраст Антона: 17
Возраст Бориса: 17
Возраст Виктора: 16
Ответ: Антон и Борис старше Виктора.
```

Сложные условия

Задача: набор сотрудников в возрасте **25-40 лет** (включительно).

сложное условие

```
if ( v >= 25 && v <= 40 )
   cout << "подходит";
else
   cout << "не подходит";
```

`&&` «И»

`||` «ИЛИ»

`!` «НЕ»

Приоритет :

1)отношения (<, >, <=, >=, ==, !=)

2) `!` («НЕ»)

3) `&&` («И»)

4) `||` («ИЛИ»)

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает три числа и выводит количество одинаковых чисел в этой цепочке.

Пример:

```
Введите три числа:
5 5 5
Все числа одинаковые.
```

Пример:

```
Введите три числа:
5 7 5
Два числа одинаковые.
```

Пример:

```
Введите три числа:
5 7 8
Нет одинаковых чисел.
```

Задачи

«B»: Напишите программу, которая получает номер месяца и выводит соответствующее ему время года или сообщение об ошибке.

Пример:

```
Введите номер месяца:
5
Весна.
```

Пример:

```
Введите номер месяца:
15
Неверный номер месяца.
```

Задачи

«С»: Напишите программу, которая получает возраст человека (целое число, не превышающее 120) и выводит этот возраст со словом «год», «года» или «лет». Например, «21 год», «22 года», «25 лет».

Пример:

```
Введите возраст: 18
Вам 18 лет.
```

Пример:

```
Введите возраст: 21
Вам 21 год.
```

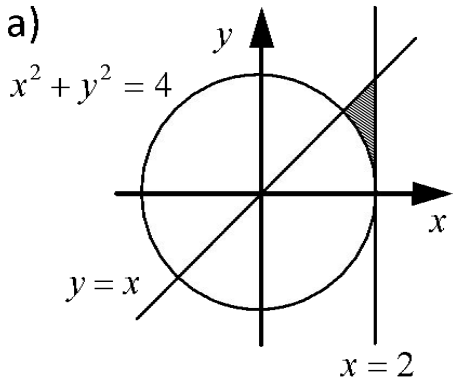
Пример:

```
Введите возраст: 22
Вам 22 года.
```

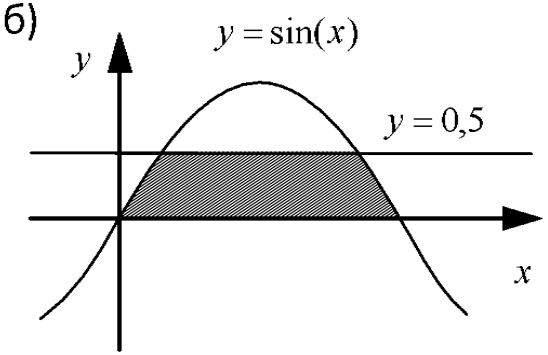
Задачи

«A»: Напишите условие, которое определяет заштрихованную область.

а)

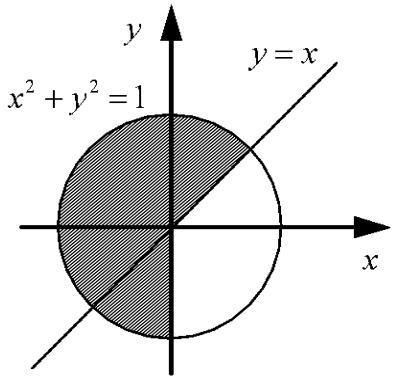


б)

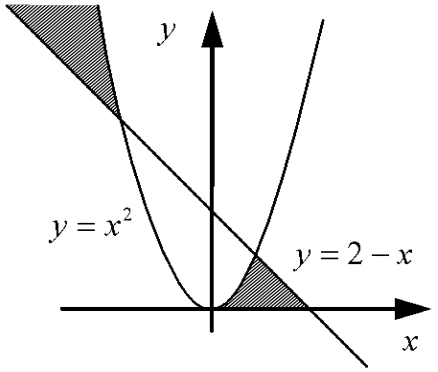


«B»: Напишите условие, которое определяет заштрихованную область.

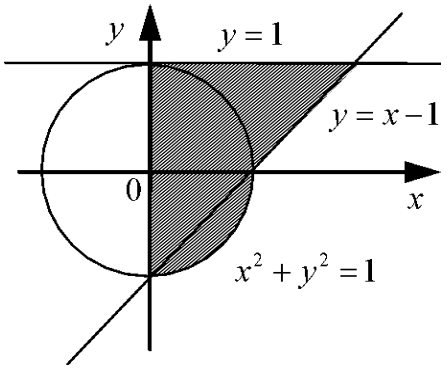
а)



б)

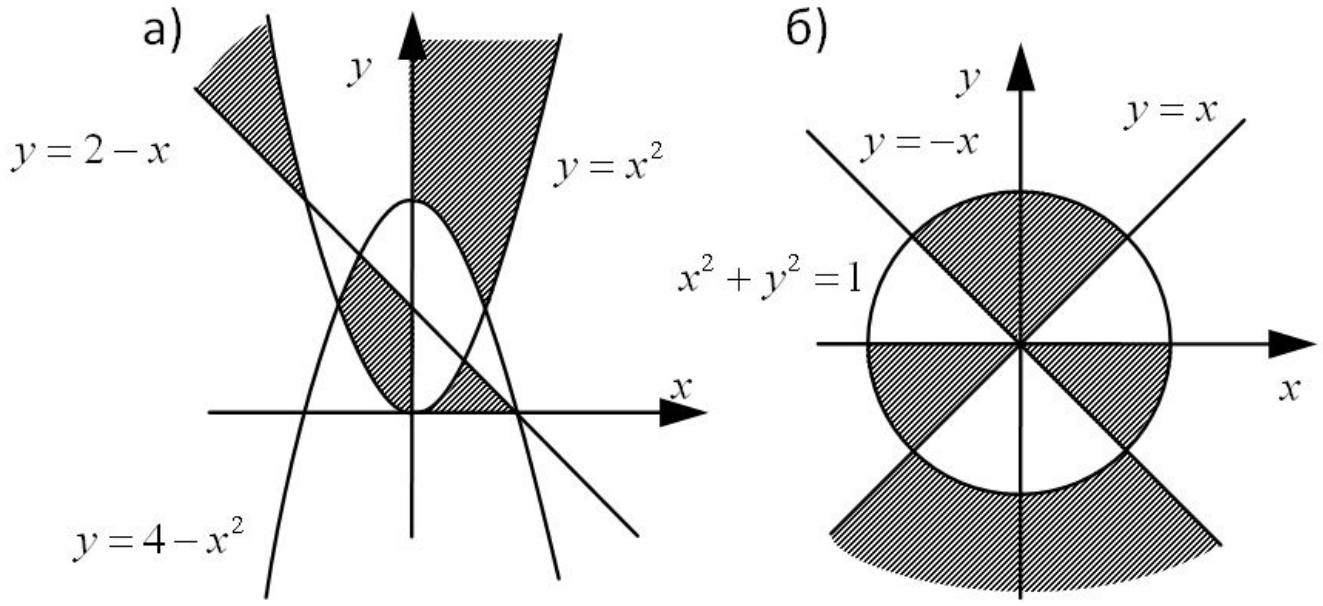


в)



Задачи

«С»: Напишите условие, которое определяет заштрихованную область.



Множественный выбор

```
if (m == 1) cout << "январь";
if (m == 2) cout << "февраль";
...
if (m == 12) cout << "декабрь";
```

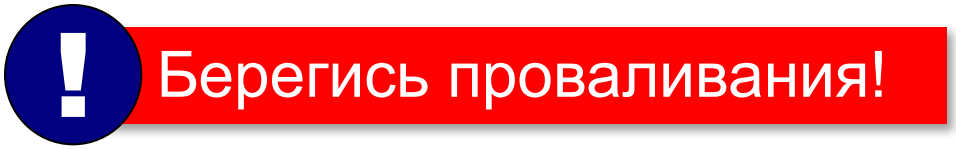
```
switch ( m ) {
   case 1: cout << "январь";
           break;
   case 2: cout << "февраль";
           break;
   ...
   case 12: cout << "декабрь";
            break;
   default: cout << "ошибка";
 }
```

Множественный выбор

Если не ставить `break`:

```
switch ( m ) {
   case 1:   cout << "январь";
   case 2:   cout << "февраль";
   case 3:   cout << "март";
   default:  cout << "ошибка";
 }
```

При `m = 2`: `февральмартошибка`



Множественный выбор

```
char c;
c = getch();
switch(c)
  {
  case 'а':
       cout << "антилопа\n";
       cout << "Анапа\n";
       break;
  ...
  case 'я':
       cout << "ягуар\n";
       cout << "Якутск\n";
       break;
  default: cout << "Ошибка!";
  }
```

ждать нажатия клавиши, получить её код

несколько операторов в блоке

Программирование на языке C++

§ 57. Циклические алгоритмы

Что такое цикл?

Цикл – это многократное выполнение одинаковых действий.

Два вида циклов:

- цикл с **известным** числом шагов (сделать 10 раз)
- цикл с **неизвестным** числом шагов (делать, пока не надоест)

Задача. Вывести на экран 10 раз слово «Привет».

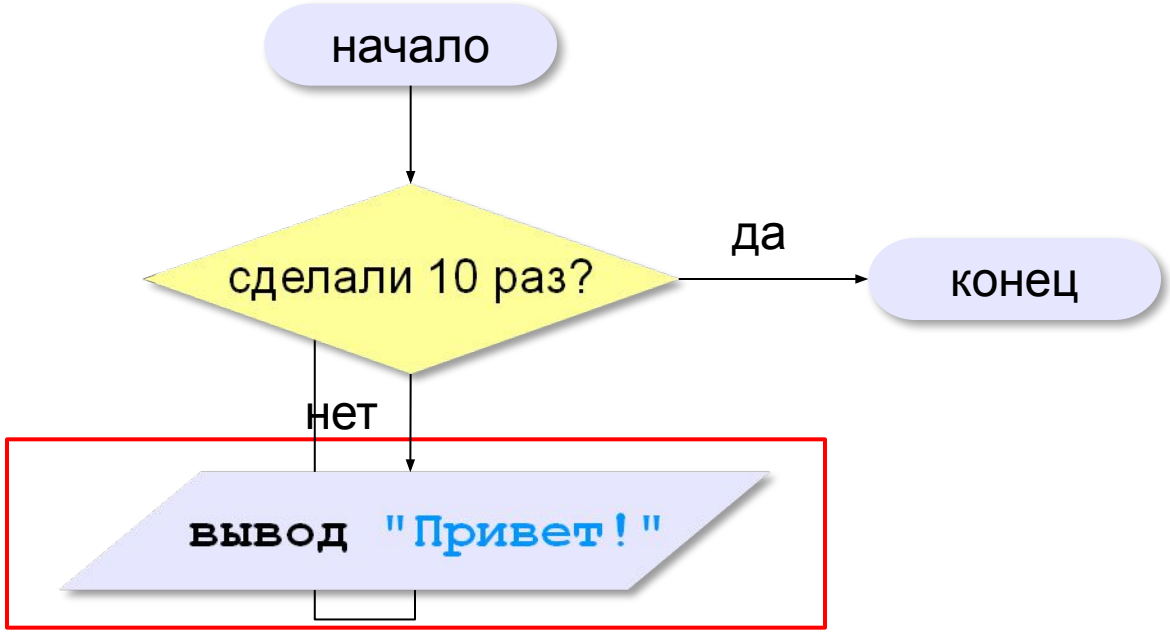
Можно ли решить известными методами?

Повторения в программе

```
cout << "Привет\n";
cout << "Привет\n";
...
cout << "Привет\n";
```

Что плохо?

Блок-схема цикла



тело цикла

Как организовать цикл?

```
счётчик = 0
пока счётчик < 10
   cout << "Привет\n";
   увеличить счётчик на 1
```

результат операции автоматически сравнивается с нулём!

```
счётчик = 10
пока счётчик > 0
   cout << "Привет\n";
   уменьшить счётчик на 1
```

? Какой способ удобнее для процессора?

Цикл с условием

Задача. Определить **количество цифр** в десятичной записи целого положительного числа, записанного в переменную **n**.

```
счётчик = 0
пока n > 0
   отсечь последнюю цифру n
   увеличить счётчик на 1
```

n	счётчик
1234	0

? Как отсечь последнюю цифру?

```
n = n / 10;
```

? Как увеличить счётчик на 1?

```
счётчик = счётчик + 1;
```

```
счётчик ++;
```

Цикл с условием

начальное значение счётчика

условие продолжения

заголовок цикла

```
count = 0;
while ( n > 0 )
   {
   n = n / 10;
   count ++;
   }
```

конец цикла

тело цикла

! Цикл с предусловием – проверка на входе в цикл!

Цикл с условием

При известном количестве шагов:

```
k = 0;
while ( k < 10 )
   {
   cout <<   "привет\n";
   k ++;
   }
```

Зацикливание:

```
k = 0;
while ( k < 10 )
   {
   cout <<   "привет\n";
   }
```

Сколько раз выполняется цикл?

```
a = 4; b = 6;
while ( a < b ) a = a + 1;
```

2 раза
a = 6

```
a = 4; b = 6;
while ( a < b ) a = a + b;
```

1 раз
a = 10

```
a = 4; b = 6;
while ( a > b ) a ++;
```

0 раз
a = 4

```
a = 4; b = 6;
while ( a < b ) b = a - b;
```

1 раз
b = -2

```
a = 4; b = 6;
while ( a < b ) a --;
```

зацикливание

Цикл с постусловием

заголовок цикла

```
do
   {
   cout << "Введите n > 0: ";
   cin >> n;
   }
while ( n <= 0 );
```

тело цикла

условие продолжения

- при входе в цикл условие ***не*** **проверяется**
- цикл всегда выполняется **хотя бы один раз**

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает два целых числа A и B (0 < A < B) и выводит квадраты всех натуральных чисел в интервале от A до B.

Пример:

```
Введите два целых числа:
10 12
10*10=100
11*11=121
12*12=144
```

«B»: Напишите программу, которая получает два целых числа и находит их произведение, не используя операцию умножения. Учтите, что числа могут быть отрицательными.

Пример:

```
Введите два числа:
10 -15
10*(-15)=-150
```

Задачи

«С»: Ввести натуральное число N и вычислить сумму всех чисел Фибоначчи, меньших N. Предусмотрите защиту от ввода отрицательного числа N.

Пример:

```
Введите число N:
10000
Сумма 17710
```

Задачи-2

«A»: Ввести натуральное число и найти сумму его цифр.

Пример:

```
Введите натуральное число:
12345
Сумма цифр 15.
```

«B»: Ввести натуральное число и определить, верно ли, что в его записи есть две одинаковые цифры, стоящие рядом.

Пример:

```
Введите натуральное число:
12342
Нет.
```

Пример:

```
Введите натуральное число:
12245
Да.
```

Задачи-2

«С»: Ввести натуральное число и определить, верно ли, что в его записи есть две одинаковые цифры (не обязательно стоящие рядом).

Пример:

```
Введите натуральное число:
12342
Да.
```

Пример:

```
Введите натуральное число:
12345
Нет.
```

Программирование на языке C++

§ 58. Циклы по переменной

Цикл по переменной

Задача. Вывести все степени двойки от 2^1 до 2^{10}.

? Можно ли сделать с циклом «пока»?

```
k = 1;
n = 2;
while ( k <= 10 )
   {
   cout << n << endl;
   n *= 2;
   k ++;
   }
```

```
n = 2;
for( k=1; k<=10; k++ )
   {
   cout << n << endl;
   n *= 2;
   }
```

цикл с переменной

Цикл по переменной: другой шаг

это внутренняя переменная цикла

```
for ( int k = 10; k >= 1; k-- )
  cout << k*k << endl;
```

```
100
81
64
49
36
25
16
9
4
1
```

? Что получится?

```
for ( int k = 1; k <= 10; k += 2 )
  cout << k*k << endl;
```

```
1
9
25
49
81
```

Сколько раз выполняется цикл?

```
int a=1;
for( int i=1; i<=3; i++ ) a=a+1;
```

a = 4

```
int a=1;
for( int i=3; i<=1; i++ ) a=a+1;
```

a = 1

```
int a=1;
for( int i=1; i<=3; i-- ) a=a+1;
```

зацикливание

```
int a=1;
for( int i=3; i>=1; i-- ) a=a+1;
```

a = 4

Задачи

«A»: Найдите все пятизначные числа, которые при делении на 133 дают в остатке 125, а при делении на 134 дают в остатке 111.

«B»: Натуральное число называется **числом Армстронга**, если сумма цифр числа, возведенных в N-ную степень (где N – количество цифр в числе) равна самому числу. Например, $153 = 1^3 + 5^3 + 3^3$. Найдите все трёхзначные Армстронга.

Задачи

«C»: Натуральное число называется автоморфным, если оно равно последним цифрам своего квадрата. Например, $25^2 = 625$. Напишите программу, которая получает натуральное число N и выводит на экран все автоморфные числа, не превосходящие N.

Пример:

```
Введите N:
1000
1*1=1
5*5=25
6*6=36
25*25=625
76*76=5776
```

Вложенные циклы

Задача. Вывести все простые числа в диапазоне от 2 до 1000.

```
сделать для n от 2 до 1000
  если число n простое то
    вывод n
```

нет делителей [2.. **n-1**]: проверка в цикле!

? Что значит «простое число»?

Вложенные циклы

```
for ( int n = 2; n <= 1000; n ++ )
  {
  count = 0;
  for ( int k = 2; k < n; k ++ )
      if ( n % k == 0 )
        count ++;
  if ( count == 0 )
    cout << n << endl;
  }
```

вложенный цикл

Вложенные циклы

```
for ( int i = 1; i <= 4; i++ )
   {
   for ( int k = 1; k <= i; k++ )
      {
      cout << i << " " << k
           << endl;
      }
   }
```

```
1 1
2 1
2 2
3 1
3 2
3 3
4 1
4 2
4 3
4 4
```

? Как меняются переменные?

! Переменная внутреннего цикла изменяется быстрее!

Поиск простых чисел – как улучшить?

$$n = k \cdot m, \quad k \le m \quad \Rightarrow k^2 \le n \quad \Rightarrow k \le \sqrt{n}$$

```
while( k <= sqrt(n) )
   {
   ...
   }
```

? Что плохо?

```
int count = 0;
int k = 2;
while ( k*k <= n )
   {
   if ( n % k == 0 ) count ++;
   k ++;
   }
```

? Как ещё улучшить?

```
while ( k*k <= n && (count == 0) ) {
   ...
   }
```

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает натуральные числа A и B (A<B) и выводит все простые числа в интервале от A до B.

Пример:

```
Введите границы диапазона:
10 20
11 13 17 19
```

«B»: В магазине продается мастика в ящиках по 15 кг, 17 кг, 21 кг. Как купить ровно 185 кг мастики, не вскрывая ящики? Сколькими способами можно это сделать?

Задачи

«С»: Ввести натуральное число N и вывести все натуральные числа, не превосходящие N и делящиеся на каждую из своих цифр.

Пример:

```
Введите N:
15
1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 12 15
```

Программирование на языке C++

§ 59. Процедуры

Зачем нужны процедуры?

```
cout <<  "Ошибка программы";
```

много раз!

```
void Error()
{
  cout << "Ошибка программы";
}
```

`void` – пустой, нет результата

```
int main()
{
  int n;
  cin >> n;
  if ( n<0 ) Error();
  ...
}
```

вызов процедуры

Что такое процедура?

Процедура – вспомогательный алгоритм, который выполняет некоторые действия.

- в момент вызова процедура должна уже быть известна (например, расположена до основной программы)
- в программе может быть **много процедур**
- чтобы процедура заработала, нужно **вызвать** её по имени из основной программы или из другой процедуры

Процедура с параметрами

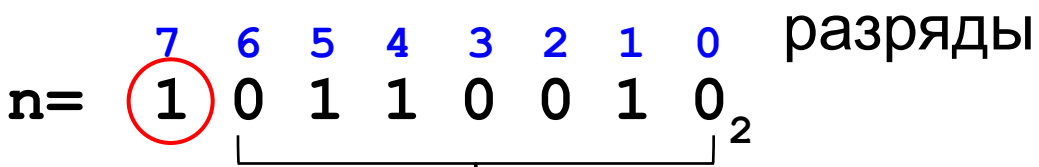
Задача. Вывести на экран запись целого числа (0..255) в 8-битном двоичном коде.

много раз!

Алгоритм:

$178 \Rightarrow 10110010_2$

? Как вывести первую цифру?



`n / 128`

`n % 128`

? Как вывести вторую цифру?

`n1 / 64`

Процедура с параметрами

Задача. Вывести на экран запись целого числа (0..255) в 8-битном двоичном коде.

Решение:

```
int k=128;
while(k > 0)
   {
   cout << n/k;
   n=n%k;
   k=k/2;
   }
```

178 ⇒ 10110010

n	k	вывод
178	128	1

Результат зависит от **n**!

Процедура с параметрами

```
void printBin( int n )
{
   int k;
   k = 128;
   while ( k > 0 )
      {
      cout << n / k;
      n = n % k;
      k = k / 2;
      }
}
```

локальные переменные

Параметры – данные, изменяющие работу процедуры.

```
int main()
{
   printBin( 99 );
}
```

значение параметра (**аргумент**)

Несколько параметров

```
void printSred(int a, int b)
{
  cout << (a+b)/2.;
}
```

Задачи

«A»: Напишите процедуру, которая принимает параметр – натуральное число N – и выводит на экран линию из N символов '–'.

Пример:

```
Введите N:
10
----------
```

«B»: Напишите процедуру, которая выводит на экран в столбик все цифры переданного ей числа, начиная с первой.

Пример:

```
Введите натуральное число:
1234
1
2
3
4
```

Задачи

«С»: Напишите процедуру, которая выводит на экран запись переданного ей числа в римской системе счисления.

Пример:

```
Введите натуральное число:
2013
MMXIII
```

Изменяемые параметры

Задача. Написать процедуру, которая меняет местами значения двух переменных.

```
void Swap ( int a, int b )
{
  int c;
  c=a; a=b; b=c;
}
```

передача по значению

Процедура работает с копиями переданных значений параметров!

```
int main()
{
  int x=2, y=3;
  Swap ( x,y );
  cout << x << " " << y;
}
```

Почему не работает?

```
2 3
```

Изменяемые параметры

переменные могут изменяться

```
void Swap ( int & a, int & b )
{
  int c;
  c=a; a=b; b=c;
}
```

передача по **ссылке**

Вызов:

```
int a, b;
Swap(a, b);    // правильно
Swap(2, 3);    // неправильно
Swap(a, b+3); // неправильно
```

! Здесь не видно, изменяются аргументы или нет!

Задачи

«A»: Напишите процедуру, которая переставляет три переданные ей числа в порядке возрастания.

Пример:

```
Введите три натуральных числа:
10 15 5
5 10 15
```

«B»: Напишите процедуру, которая сокращает дробь вида M/N. Числитель и знаменатель дроби передаются как изменяемые параметры.

Пример:

```
Введите числитель и знаменатель дроби:
25 15
После сокращения: 5/3
```

Задачи

«С»: Напишите процедуру, которая вычисляет наибольший общий делитель и наименьшее общее кратное двух натуральных чисел и возвращает их через изменяемые параметры.

Пример:

```
Введите два натуральных числа:
10 15
НОД(10,15)=5
НОК(10,15)=30
```

Программирование на языке C++

§ 60. Функции

Что такое функция?

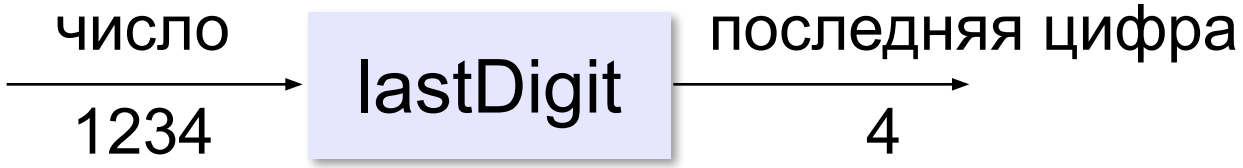
Функция – это вспомогательный алгоритм, который возвращает *значение-результат* (число, символ или объект другого типа).

Примеры:

```
float s = sin(x);
char c = getch();
int v = rand() % 10;
```

Что такое функция?

Задача. Написать функцию, которая вычисляет младшую цифру числа (разряд единиц).




```
int lastDigit( int n ) {
   int d = n % 10;
   return d;
}
```

результат работы функции – значение **d**

передача результата

```
// вызов функции
k = lastDigit( 1234 );
cout << k;
```

Вычисление суммы цифр числа

Задача. Написать функцию, которая вычисляет сумму цифр числа.

Алгоритм:

```
сумма = 0
пока n != 0
   сумма = сумма + n % 10
   n = n / 10
```

Сумма цифр числа

```
int sumDigits( int n )
{
   int sum = 0;
   while ( n != 0 )
      {
      sum += n % 10;
      n /= 10;
      }
   return sum;
}
```

тип результата

передача результата

```
int main()
{
 cout << sumDigits(12345);
}
```

Использование функций

```
x = 2*sumDigits(n+5);
z = sumDigits(k) + sumDigits(m);
if ( sumDigits(n) % 2 == 0 )
   {
   cout << "Сумма цифр чётная\n";
   cout << "Она равна " << sumDigits(n);
   }
```

Функция, возвращающая целое число, может использоваться везде, где и целая величина!

Задачи

«A»: Напишите функцию, которая находит наибольший общий делитель двух натуральных чисел.

Пример:

```
Введите два натуральных числа:
7006652 112307574
НОД(7006652,112307574) = 1234.
```

«B»: Напишите функцию, которая определяет сумму цифр переданного ей числа.

Пример:

```
Введите натуральное число:
123
Сумма цифр числа 123 равна 6.
```

Задачи

«С»: Напишите функцию, которая «переворачивает» число, то есть возвращает число, в котором цифры стоят в обратном порядке.

Пример:

```
Введите натуральное число:
1234
После переворота: 4321.
```

Логические функции

Задача. Найти все простые числа в диапазоне от 2 до 100.

```
int main()
{
  for ( int i = 2; i <= 100; i++)
    if ( isPrime(i) )
      cout <<  i << endl;
}
```

функция, возвращающая логическое значение (true/false)

Функция: простое число или нет?

? Какой алгоритм?

```
bool isPrime ( int n )
{
  int count = 0, k = 2;
  while ( k*k <= n && count == 0 )
    {
    if ( n % k == 0 )
       count ++;
    k ++;
    }
  return (count == 0);
}
```

```
if( count == 0 )
      return true;
else return false;
```

Логические функции: использование

Функция, возвращающая логическое значение, может использоваться везде, где и логическая величина!

```
cin >> n;
while ( isPrime(n) )
   {
   cout << "простое число\n";
   cin >> n;
   }
```

Задачи

«A»: Напишите логическую функцию, которая определяет, является ли переданное ей число совершенным, то есть, равно ли оно сумме своих делителей, меньших его самого.

Пример:

```
Введите натуральное число:
28
Число 28 совершенное.
```

Пример:

```
Введите натуральное число:
29
Число 29 не совершенное.
```

Задачи

«B»: Напишите логическую функцию, которая определяет, являются ли два переданные ей числа взаимно простыми, то есть, не имеющими общих делителей, кроме 1.

Пример:

```
Введите два натуральных числа:
28 15
Числа 28 и 15 взаимно простые.
```

Пример:

```
Введите два натуральных числа:
28 16
Числа 28 и 16 не взаимно простые.
```

Задачи

«С»: Простое число называется гиперпростым, если любое число, получающееся из него откидыванием нескольких цифр, тоже является простым. Например, число 733 – гиперпростое, так как и оно само, и числа 73 и 7 – простые. Напишите логическую функцию, которая определяет, верно ли, что переданное ей число – гиперпростое. Используйте уже готовую функцию **`isPrime`**, которая приведена в учебнике.

Пример:

```
Введите натуральное число:
733
Число 733 гиперпростое.
```

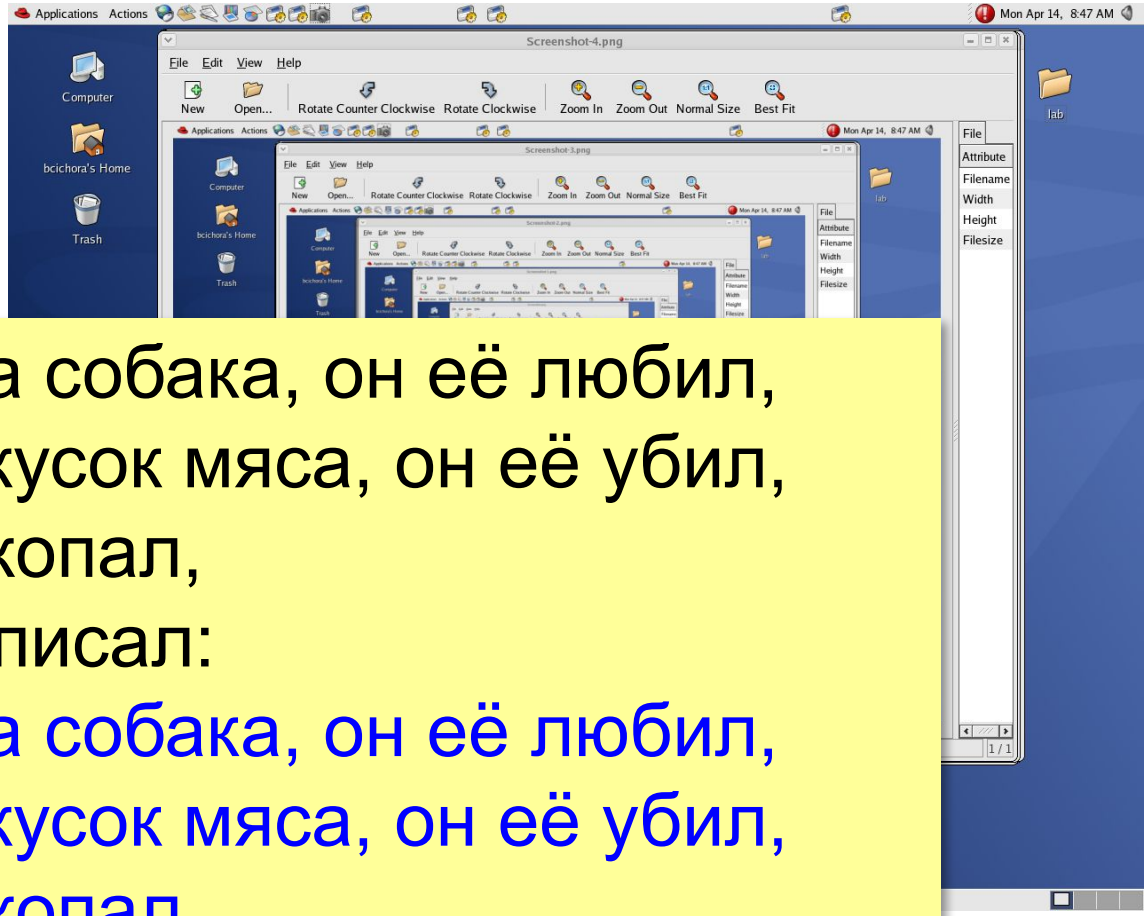
Пример:

```
Введите натуральное число:
19
Число 19 не гиперпростое.
```

Программирование на языке C++

§ 61. Рекурсия

Что такое рекурсия?



У попа была собака, он её любил,
Она съела кусок мяса, он её убил,
В землю закопал,
Надпись написал:
У попа была собака, он её любил,
Она съела кусок мяса, он её убил,
В землю закопал,
Надпись написал:
…

Что такое рекурсия?

Натуральные числа:

- 1 – натуральное число
- если n – натуральное число, то $n+1$ – натуральное число

индуктивное определение

Рекурсия — это способ определения множества объектов через само это множество на основе заданных простых базовых случаев.

Числа Фибоначчи:

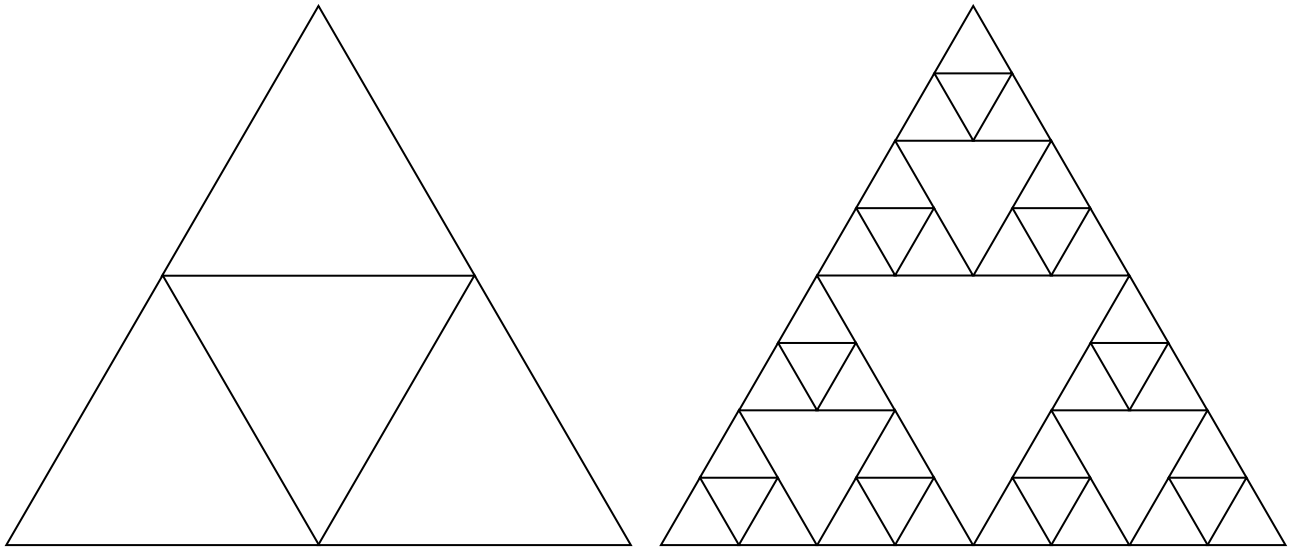
- $F_1 = F_2 = 1$
- $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$ при $n > 2$

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, …

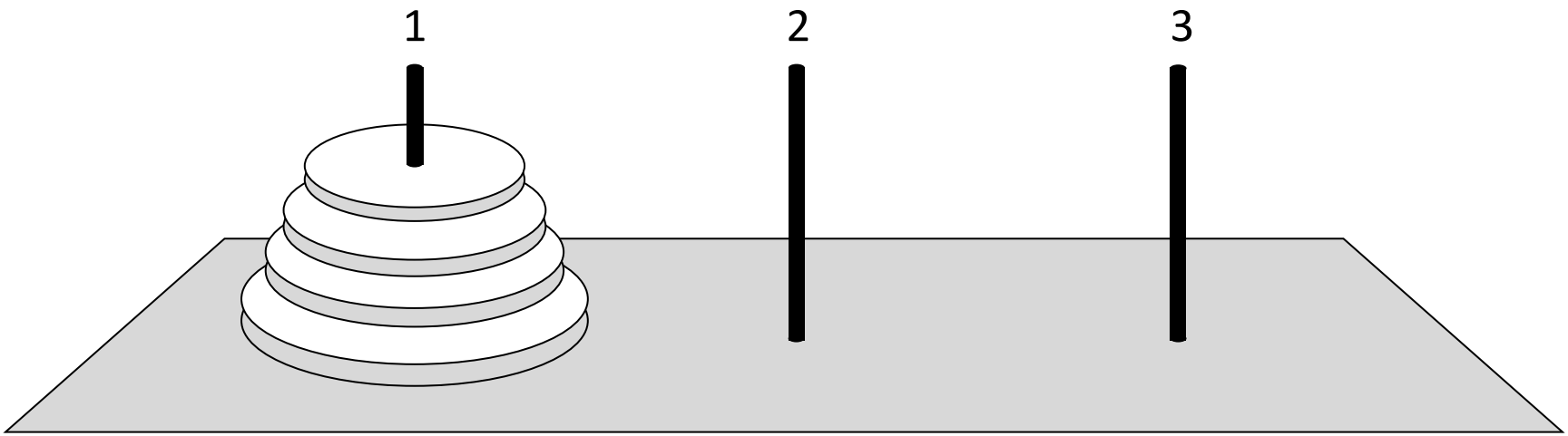
Фракталы

Фракталы – геометрические фигуры, обладающие самоподобием.

Треугольник Серпинского:



Ханойские башни



- за один раз переносится один диск
- класть только меньший диск на больший
- третий стержень вспомогательный

```
перенести (n, 1, 3)
```

```
перенести (n-1, 1, 2)
1 -> 3
перенести (n-1, 2, 3)
```

Ханойские башни – процедура

сколько

откуда

куда

```
void Hanoi ( int n, int k, int m )
{
  int p;
  p = 6 - k - m;
  Hanoi ( n-1, k, p );
  cout << k << " -> " << m << endl;
  Hanoi ( n-1, p, m );
}
```

номер вспомогательного стержня (1+2+3=6!)

рекурсия

рекурсия

? Что плохо?

! **Рекурсия никогда не остановится!**

Ханойские башни – процедура

Рекурсивная процедура (функция) — это процедура (функция), которая вызывает сама себя напрямую или через другие процедуры и функции.

```
void Hanoi ( int n, int k, int m )
{
  int p;
  if ( n == 0 ) return;
  p = 6 - k - m;
  Hanoi ( n - 1, k, p );
  cout << k << " -> " << m << endl;
  Hanoi ( n - 1, p, m );
}
```

условие выхода из рекурсии

```
int main()
{
  Hanoi(4, 1, 3);
}
```

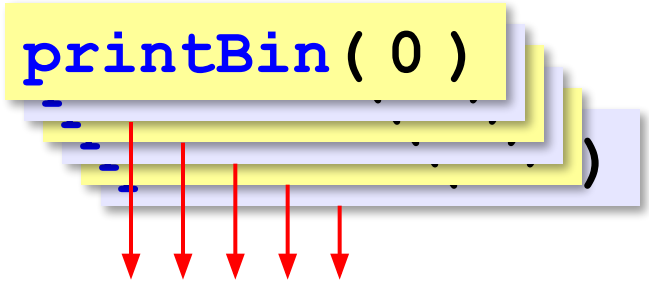
Вывод двоичного кода числа

```
void printBin( int n )
{
  if (n == 0) return;
  printBin(n / 2);
  cout << n % 2;
}
```

условие выхода из рекурсии

напечатать все цифры, кроме последней

вывести последнюю цифру



? Как без рекурсии?

Вычисление суммы цифр числа

Задача. Написать рекурсивную функцию, которая вычисляет сумму цифр числа.

```
s = sumDigits( 1234 );
```

n

```
sumDigits( 123 ) + 4;
```

n // 10

n % 10

```
sumDigits( n )= sumDigits( n / 10 )+(n % 10)
sumDigits( n )= n для n < 10
```

? Это всё?

Вычисление суммы цифр числа

```
int sumDigits( int n )
{
   int sum;
   sum = n %10;
   if ( n >= 10 )
    sum += sumDigits ( n / 10 );
   return sum;
}
```

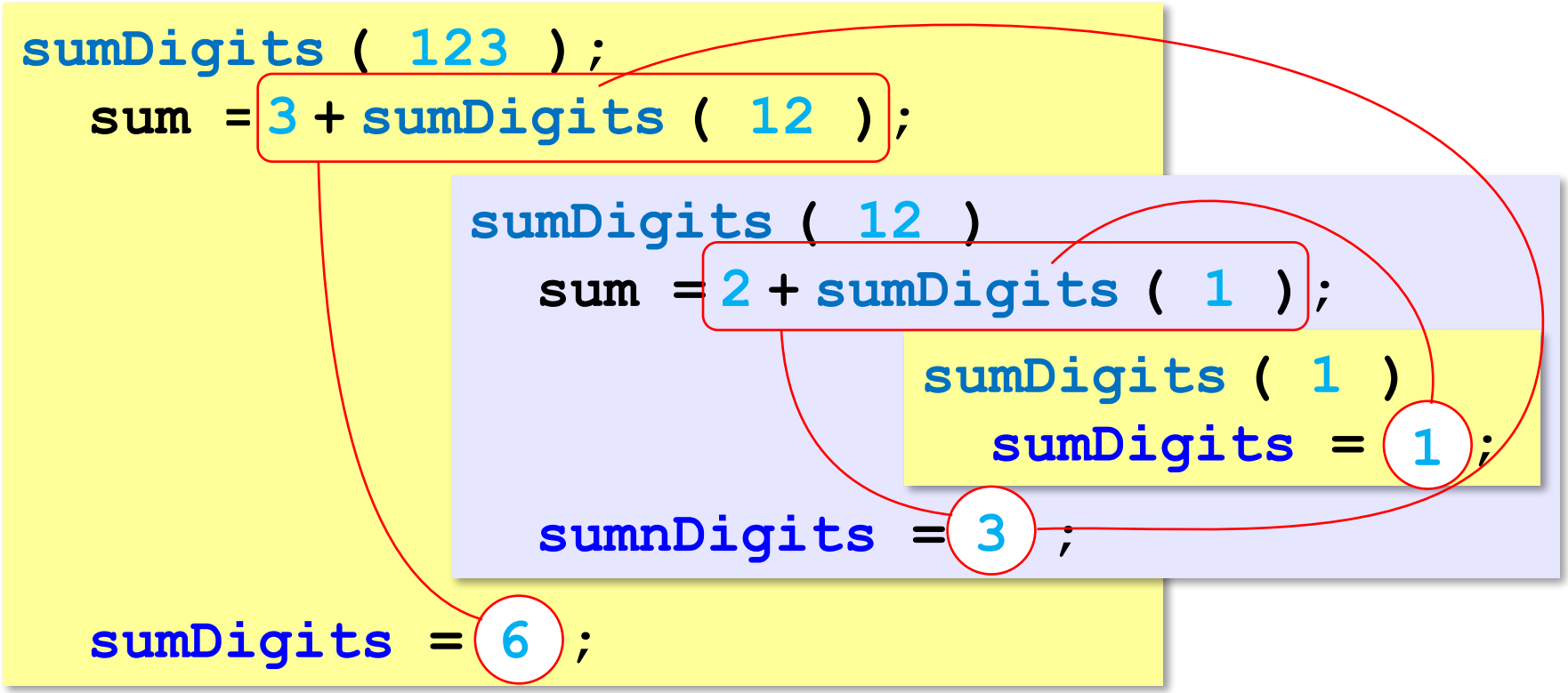
последняя цифра

рекурсивный вызов

? Где условие окончания рекурсии?

```
sumDigits( 1234 )
   4 + sumDigits( 123 )
      4 + 3 + sumDigits( 12 )
         4 + 3 + 2 + sumDigits( 1 )
            4 + 3 + 2 + 1
```

Вычисление суммы цифр числа



Алгоритм Евклида

Алгоритм Евклида. Чтобы найти НОД двух натуральных чисел, нужно вычитать из большего числа меньшее до тех пор, пока меньшее не станет равно нулю. Тогда второе число и есть НОД исходных чисел.

```
int NOD ( int a, int b )
{
  if ( a == 0 || b == 0 )
     return a+b;
  if ( a>b )
        return NOD( a-b, b );
  else return NOD( a, b-a );
}
```

условие окончания рекурсии

рекурсивные вызовы

Задачи

«A»: Напишите рекурсивную функцию, которая вычисляет НОД двух натуральных чисел, используя модифицированный алгоритм Евклида.

Пример:

```
Введите два натуральных числа:
7006652 112307574
НОД(7006652,112307574)=1234.
```

«B»: Напишите рекурсивную функцию, которая раскладывает число на простые сомножители.

Пример:

```
Введите натуральное число:
378
378 = 2*3*3*3*7
```

Задачи

«С»: Дано натуральное число N. Требуется получить и вывести на экран количество всех возможных *различных* способов представления этого числа в виде суммы натуральных чисел (то есть, 1 + 2 и 2 + 1 – это один и тот же способ разложения числа 3). Решите задачу с помощью рекурсивной функции.

Пример:

```
Введите натуральное число:
4
Количество разложений: 4.
```

Как работает рекурсия?

Факториал:

$$N! = \begin{cases} 1, & N = 1 \\ N \cdot (N-1)!, & N > 1 \end{cases}$$

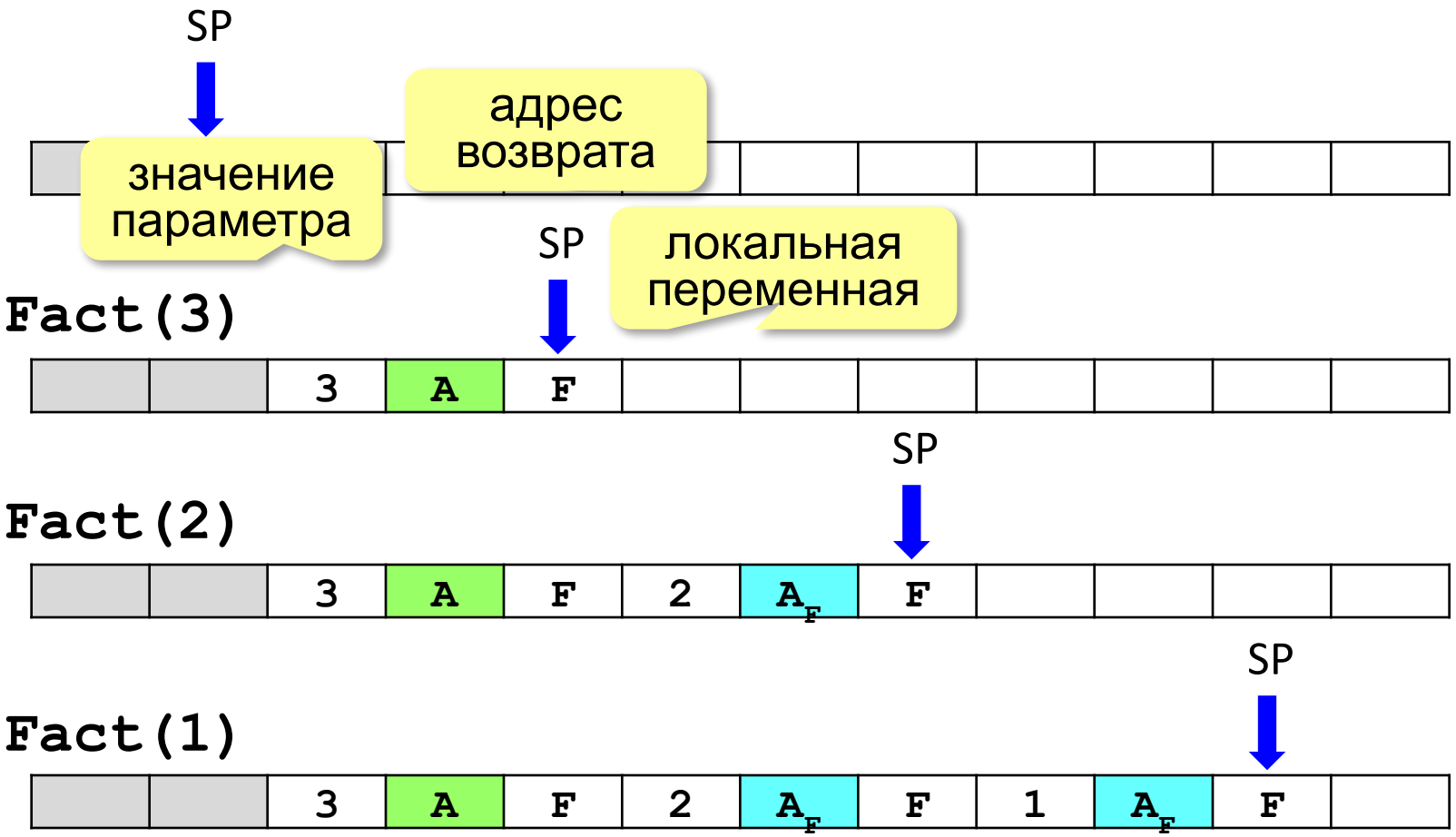
```
int Fact( int N )
{
  int F;
  cout << "-> N=" << N << endl;
  if ( N <= 1 )
        F = 1;
  else F = N * Fact(N - 1);
  cout << "<- N=" << N << endl;
  return F;
}
```

```
-> N = 3
  -> N = 2
    -> N = 1
    <- N = 1
  <- N = 2
<- N = 3
```

? Как сохранить состояние функции перед рекурсивным вызовом?

Стек

Стек – область памяти, в которой хранятся локальные переменные и адреса возврата.



Рекурсия – «за» и «против»

- с каждым новым вызовом расходуется память в стеке (возможно переполнение стека)
- затраты на выполнение служебных операций при рекурсивном вызове

- программа становится более короткой и понятной

- возможно переполнение стека
- замедление работы

Любой рекурсивный алгоритм можно заменить нерекурсивным!

итерационный алгоритм

```
int Fact( int N )
{
 int F;
 F=1;
 for(i=2;i<=N;i++)
   F=F*i;
 return F;
}
```

Анализ рекурсивных функций

Задача. Определите `f(5)`.

```
int f( int x ) {
  if( x < 3 )
    return 1;
  else
    return f( x-1 ) + 2;
}
```

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x < 3 \\ f(x-1) + 2, & x \geq 3 \end{cases}$$

Метод подстановки:

```
f(5) = f(4) + 2 = 5 + 2 = 7
f(4) = f(3) + 2 = 3 + 2 = 5
f(3) = f(2) + 2 = 1 + 2 = 3
f(2) = 1
```

линейная структура

$f(5) \rightarrow f(4) \rightarrow f(3) \rightarrow f(2)$

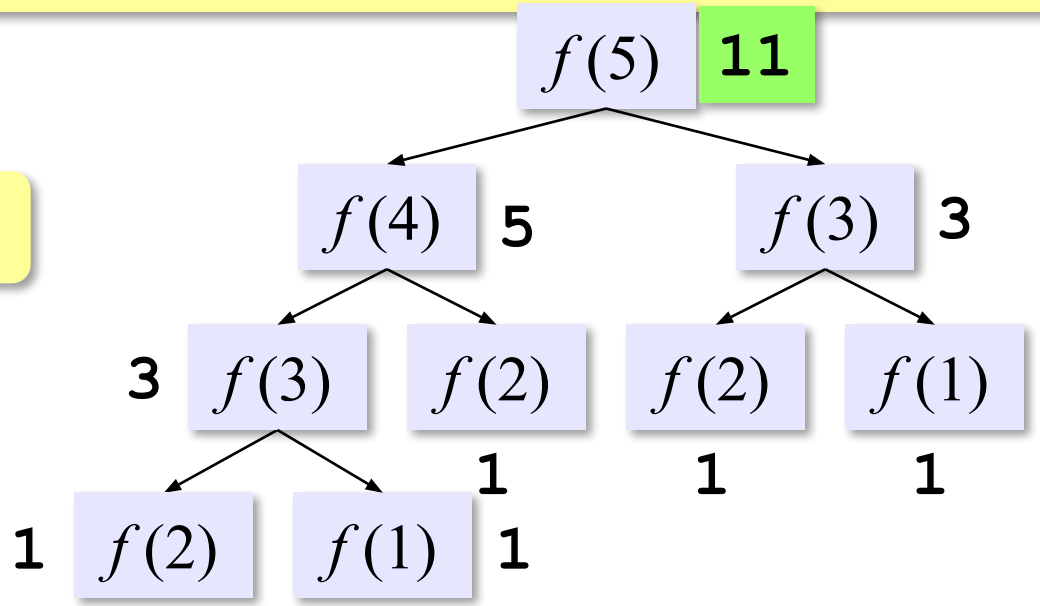
Анализ рекурсивных функций

Задача. Определите `f(5)`.

```
int f( int x ) {
  if( x < 3 )
    return 1;
  else
    return f(x-1) + 2*f(x-2);
}
```

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x < 3 \\ f(x-1) + 2f(x-2), & x \geq 3 \end{cases}$$

дерево



Анализ рекурсивных функций

Чему равно $f(5)$?

$$f(x)=\begin{cases}1, & x<3\\ f(x-1)+2f(x-2), & x\geq 3\end{cases}$$

Табличный метод :

x	1	2	3	4	5
$f(x)$					11

*2 *2 *2

начальные значения

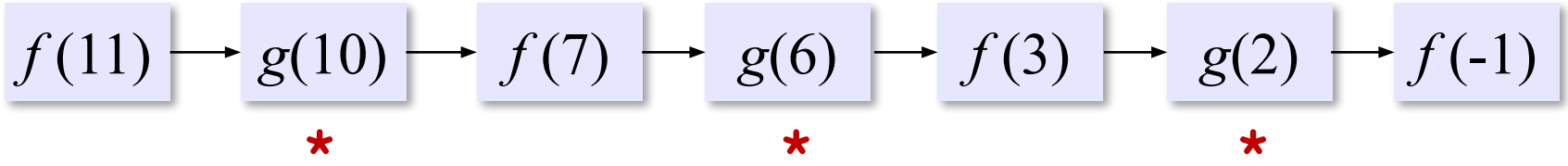
```
f(3) = f(2) + 2*f(1) = 3
f(4) = f(3) + 2*f(2) = 5
f(5) = f(4) + 2*f(3) = 11
```

Анализ рекурсивных функций

Задача. Сколько звёздочек выводится при вызове **f(11)**?

```
void g( int x ); // объявление функции
void f( int x ) {
  if( x > 0 ) g( x-1 );
}
void g( int x ) {
  cout << '*';
  if( x > 1 ) f( x-3 );
}
```

тут **g(x)** должна быть известна!



Ответ: 3

Анализ рекурсивных функций

Задача. Сколько звёздочек выводится при вызове **f(9)**?

```
void g( int x ); // объявление функции
void f( int x ) {
  if( x > 0 ) {
    g( x-1 );
    f( x-2 );
    }
 cout << '*';
}
void g( int x ) {
  cout << '*';
  if( x > 1 ) f( x-3 );
}
```

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \le 0 \\ g(x-1) + f(x-2) + 1, & x > 0 \end{cases}$$

$$g(x) = \begin{cases} 1, & x \le 1 \\ 1 + f(x-3), & x > 1 \end{cases}$$

Анализ рекурсивных функций

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \le 0 \\ g(x-1) + f(x-2) + 1, & x > 0 \end{cases}$$

$$g(x) = \begin{cases} 1, & x \le 1 \\ 1 + f(x-3), & x > 1 \end{cases}$$

x	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f(x)$	**1**	**1**									
$g(x)$	**1**	**1**	**1**								

$f(1) = g(0) + f(-1) + 1 = 3$

$f(2) = g(1) + f(0) + 1 = 3$

$g(2) = 1 + f(-1) = 2$

Ответ: 32

Конец фильма

ПОЛЯКОВ Константин Юрьевич
д.т.н., учитель информатики
ГБОУ СОШ № 163, г. Санкт-Петербург
kpolyakov@mail.ru

ЕРЕМИН Евгений Александрович
к.ф.-м.н., доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО ПГГПУ, г. Пермь
eremin@pspu.ac.ru

Источники иллюстраций

1. old-moneta.ru
2. www.random.org
3. www.allruletka.ru
4. www.lotterypros.com
5. logos.cs.uic.edu
6. ru.wikipedia.org
7. иллюстрации художников издательства «Бином»
8. авторские материалы