

# Программирование (C++)

§ 19. Символьные строки

§ 20. Обработка массивов

§ 21. Матрицы (двумерные массивы)

§ 22. Сложность алгоритмов

§ 23. Как разрабатывают программы?§

23. Как разрабатывают  
программы?

§ 24. Процедуры

§ 25. Функции

# Программирование (C++)

## § 19. Символьные строки

# Что такое символьная строка?

**Символьная строка** – это последовательность СИМВОЛОВ.

**Хочется:**

- строка – единый объект
- длина строки может меняться во время работы программы

```
string s; // символьная строка
```

строковый тип

```
string s = "Ура!"; // начальное значение
```

```
string s(5, '*'); // "*****"
```

# Символьные строки

Присваивание:

```
s = "Вася пошёл гулять";
```

`string s;`

Ввод с клавиатуры:

```
cin >> s;
```

до конца слова (до пробела)

```
getline( cin, s );
```

до конца строки

Вывод на экран:

```
cout << s;
```

Длина строки:

```
int n;
```

метод для строк

```
n = s.size();
```

точечная запись

# Сравнение строк

```
string s;  
...  
cout << "Введите пароль: ";  
cin >> s;  
if( s == "sEzAm" )  
    cout << "Слушаюсь и повинуюсь!";  
else  
    cout << "Пароль неправильный";
```



Какой правильный пароль?



Как одна строка может быть меньше другой?

стоит раньше в отсортированном списке

# Сравнение строк

```

string s1, s2;
...
s1 = "паровоз";
s2 = "пароход";
if( s1 < s2 )
    cout << s1 << "<" << s2;
else
    if( s1 == s2 )
        cout << s1 << "=" << s2;
    else
        cout << s1 << ">" << s2;

```



Что выведет?

паровоз < пароход

первые отличающиеся  
буквы

Сравниваем с начала:

паровоз	
пароход	



В < Х!

«В»: КОД **1074**    «Х»: КОД **1093**

# Посимвольная обработка строк

```
s[4] = 'a'; // нумерация символов с 0!
```

Задача. Ввести строку и заменить в ней все буквы «э» на буквы «е».

нумерация с 0!

для каждого символа строки

```
for( int i=0; i<s.size(); i++ )  
    if( s[i] == 'э' )  
        s[i] = 'е';
```

C++11:

```
for( auto& sym: s )  
    if( sym == 'э' )  
        sym = 'е';
```

# Задачи

---

«А»: Напишите программу, которая вводит строку, состоящую только из точек и букв X, и заменяет в ней все точки на нули и все буквы X на единицы.

**Пример:**

Введите строку: **..X.XX.**

Двоичный код: 0010110

«В»: Напишите программу, которая в символьной строке заменяет все нули на единицы и наоборот. Остальные символы не должны измениться.

**Пример:**

Введите строку: **10a01Vx1010c**

Инверсия: 01a10Vx0101c



# Задачи

---

«С»: Введите битовую строку и дополните её последним битом, который должен быть равен 0, если в исходной строке чётное число единиц, и равен 1, если нечётное (в получившейся строке должно всегда быть чётное число единиц).

## Пример:

Введите битовую строку: **01101010110**

Результат: 011010101100

# Операции со строками

Объединение (конкатенация) :

```
s1 = "Привет" ;  
s2 = "Вася" ;  
s = s1 + ", " + s2 + "!" ;
```

"Привет, Вася!"

Срез (выделение части строки = подстроки):

```
s = "0123456789" ;  
s1 = s.substr(3, 5) ; // "34567"
```

С КАКОГО  
СИМВОЛА

СКОЛЬКО  
СИМВОЛОВ

```
s1 = s.substr(3) ; // "3456789"
```

ДО КОНЦА

# Операции со строками

---

## Удаление:

```
s = "0123456789";  
s.erase(3, 6); // "0129"
```

С КАКОГО  
СИМВОЛА

СКОЛЬКО  
СИМВОЛОВ

## Вставка:

```
s = "0123456789";  
s.insert(3, "ABC"); // "012ABC3456789"
```

С КАКОГО  
СИМВОЛА

ЧТО

# Поиск в строках

```
s = "Здесь был Вася.";
      где          что
int n = s.find('с');
if( n != string::npos )
    cout << "Номер символа " << n;
else
    cout << "Символ не найден.";
      no position
```



Находит первое слева вхождение подстроки!

# Задачи

---

**«А»:** Ввести с клавиатуры в одну строку фамилию и имя, разделив их пробелом. Вывести первую букву имени с точкой и потом фамилию.

**Пример:**

**Введите фамилию и имя:**

**Иванов Петр**

**П. Иванов**

**«В»:** Ввести с клавиатуры в одну строку фамилию, имя и отчество, разделив их пробелом. Вывести фамилию и инициалы.

**Пример:**

**Введите фамилию, имя и отчество:**

**Иванов Петр Семёнович**

**П.С. Иванов**

# Задачи

---

**«С»:** Ввести адрес файла и «разобрать» его на части, разделенные знаком " / ". Каждую часть вывести в отдельной строке.

## Пример:

Введите адрес файла:

**C: /фото/2015/Байкал/shaman.jpg**

C:

фото

2015

Байкал

shaman.jpg

## Преобразования «строка» → «число»

Целое число:

```
string s = "12.3456e-6e-6e6789";  
int n = stoi( s ); // n = 12
```

до первой ошибки

Вещественное число:

```
string s = "12.3456e-6e-6e6789";  
float x = stof( s ); // x = 123.456
```

## Преобразования «число» → «строка»

---

```
int N = 123;  
string sN = to_string( N ); // "123"  
double X = 123.45;  
string sX = to_string( X ); // "123.450000"
```



# Задачи

---

**«А»:** Напишите программу, которая вычисляет сумму двух чисел, введенную в форме символьной строки. Все числа целые.

**Пример:**

**Введите выражение :**

**12+3**

**Ответ: 15**

**«В»:** Напишите программу, которая вычисляет сумму трёх чисел, введенную в форме символьной строки. Все числа целые.

**Пример:**

**Введите выражение :**

**12+3+45**

**Ответ: 60**

# Задачи

---

«С»: Напишите программу, которая вычисляет сумму произвольного количества чисел, введенную в форме символьной строки. Все числа целые.

**Пример:**

**Введите выражение :**

**12+3+45+10**

**Ответ: 70**

«D»: Напишите программу, которая вычисляет выражение, содержащее целые числа и знаки сложения и вычитания.

**Пример:**

**Введите выражение :**

**12+134-45-17**

**Ответ: 84**

# Программирование (C++)

## § 20. Обработка массивов

# Обработка потока данных

**Задача.** С клавиатуры вводятся числа, ввод завершается числом 0. Определить, сколько было введено положительных чисел.

- 1) нужен счётчик
- 2) счётчик увеличивается
- 3) нужен цикл
- 4) это цикл с условием (число шагов неизвестно)

 Когда увеличивать счётчик? Какой цикл?

```
счётчик = 0 ;
```

```
пока не введён 0 :
```

```
    если введено число > 0 то
```

```
        счётчик = счётчик + 1
```

# Обработка потока данных

```
int x, count = 0;  
cin >> x;  
while( x != 0 ) {  
    if( x > 0 )  
        count++;  
    cin >> x;  
}  
cout << count;
```

откуда взять x?



Что плохо?

# Найди ошибку!

---

```
int x, count = 0;
cin >> x;
while( x != 0 )
    if( x > 0 )
        count++;
    cin >> x;
cout << count;
```

# Найди ошибку!

```
int x, count = 0;  
cin >> x;  
while( x != 0 ) {  
    if( x > 0 )  
        count++;  
    cin >> x;  
}  
cout << count;
```

# Обработка потока данных

**Задача.** С клавиатуры вводятся числа, ввод завершается числом 0. Найти сумму введённых чисел, оканчивающихся на цифру "5".

- 1) нужна переменная для суммы
- 2) число добавляется к сумме, если оно заканчивается на "5"
- 3) нужен цикл с условием

```
сумма = 0;
```

```
пока не введён 0
```

```
если число оканчивается на "5" то
```

```
сумма += число
```



Как это записать?

```
if ( x % 10 == 5 )
```



# Обработка потока данных

**Задача.** С клавиатуры вводятся числа, ввод завершается числом 0. Найти сумму введённых чисел, оканчивающихся на цифру "5".

```
int x, sum = 0;
cin >> x;
while( x != 0 ) {
    if( x % 10 == 5 )
        sum += x;
    cin >> x;
}
cout << sum;
```



Чего не хватает?

# Найди ошибку!

---

```
int x, sum = 0;
cin >> x; = 0 ) {
    if( x % 10 == 5 )
        sum += x;
    cin >> x;
}
cout << sum;
```

# Задачи

---

- «А»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Определить, сколько получено чисел, которые делятся на 3.
- «В»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Определить, сколько получено двузначных чисел, которые заканчиваются на 3.

# Задачи

---

- «C»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Найти среднее арифметическое всех двузначных чисел, которые делятся на 7.
- «D»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Найти максимальное из введённых чётных чисел.

# Перестановка элементов массива

**?** Как поменять местами значения двух переменных *a* и *b*?

вспомогательная  
переменная

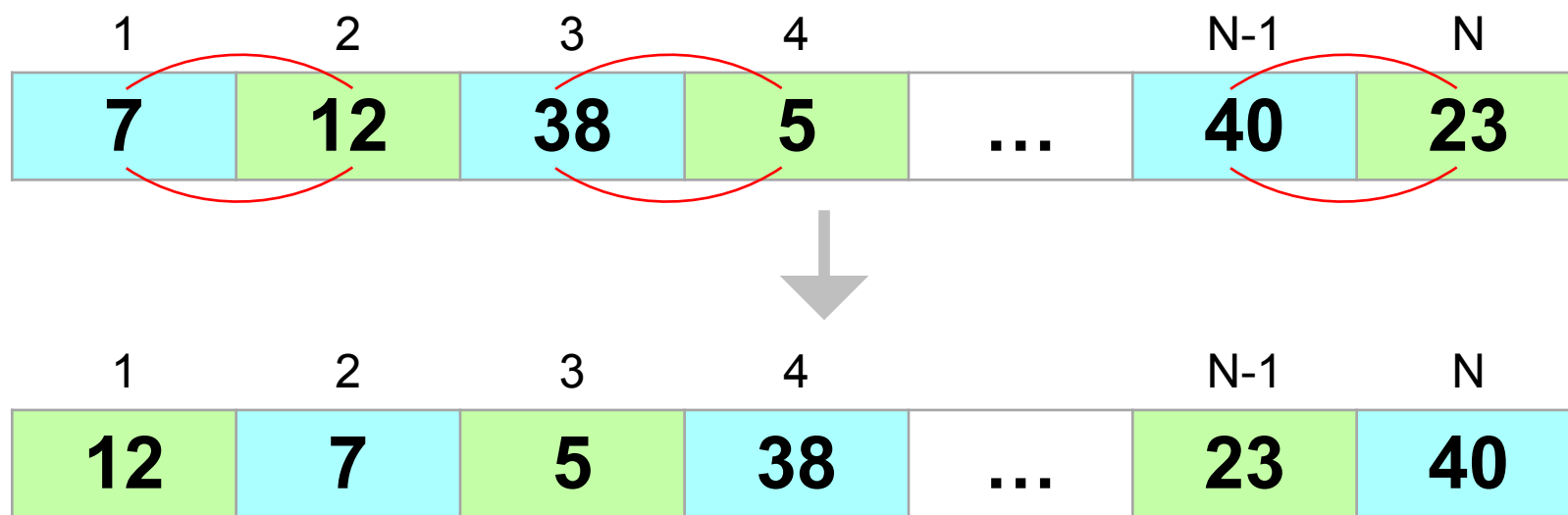
```
c = a;  
a = b;  
b = c;
```

элементы массива:

```
c = A[i];  
A[i] = A[k];  
A[k] = c;
```

# Перестановка пар соседних элементов

**Задача.** Массив  $A$  содержит чётное количество элементов  $N$ . Нужно поменять местами пары соседних элементов: первый со вторым, третий — с четвёртым и т. д.



# Перестановка пар соседних элементов

```
for (int i=0; i<N; i++) {
    поменять местами A[i] и A[i+1]
}
```

?

Что плохо?

0	1	2	3	4	5
7	12	38	5	40	23
12	7	38	5	40	23
12	38	7	5	40	
12	38	5	7	40	23
12	38	5	40	7	23
12	38	5	40	23	7

выход за границы массива

?

# Перестановка пар соседних элементов

не выходим за  
границу

«шагаем» через  
один

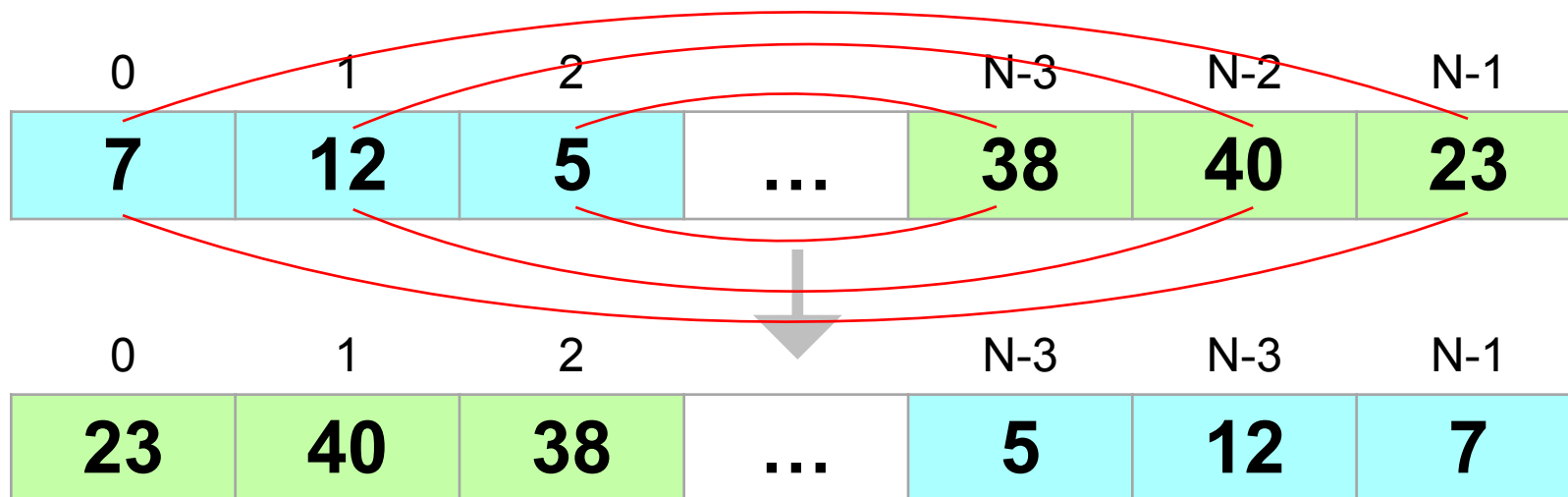
```
for( int i=0; i<N-1; i+=2 ) {  
    // переставляем A[i] и A[i+1]  
    int c = A[i];  
    A[i] = A[i+1];  
    A[i+1] = c;  
}
```

$A[0] \leftrightarrow A[1], A[2] \leftrightarrow A[3], \dots, A[N-2] \leftrightarrow A[N-1]$



# Реверс массива

Задача. Переставить элементы массива в обратном порядке (выполнить *реверс*).



$$A[0] \leftrightarrow A[N-1]$$

$$0 + N - 1 = N - 1$$

$$A[1] \leftrightarrow A[N-2]$$

$$1 + N - 2 = N - 1$$

$$A[i] \leftrightarrow A[N-1-i]$$

$$i + ??? = N - 1$$

$$A[N-1] \leftrightarrow A[0]$$

$$N - 1 + 0 = N - 1$$

# Реверс массива

```
for (int i=0; i < N/2; i++) {
    поменять местами A[i] и A[N+1-i]
}
```

?

Что плохо?

1	2	3	4	
7	12	40	23	$i=0$
23	12	40	7	$i=1$
23	40	12	7	$i=2$
23	12	40	7	$i=3$
7	12	40	23	

?

Как исправить?

# Линейный поиск в массиве

Задача. Найти в массиве элемент, равный X, и его номер.

X = 5

	5					
0	1	2	3	4	5	
7	12	38	5	40	23	

```
int i = 0;
while( A[i] != X )
    i++;
cout << "A[" << i << "]=" << X;
```



Что плохо?



Если искать 4?



Нельзя выходить за границы массива!

# Линейный поиск в массиве

не выходим за  
границу

```
int i = 0;
while ( i < N and A[i] != X )
    i++;
if ( i < N )
    cout << "A[" << i << "]=" << X;
else
    cout << "Не нашли!";
```



Как проверить, нашли  
или нет?

## Досрочный выход из цикла

Задача. Найти в массиве элемент, равный X, и его номер.

```
int nX = -1; // недействительный номер
for( int i=0; i<N; i++ )
    if( A[i] == X ) {
        nX = i; // запомнить номер
        break;
    }
if( nX >= 0 )
    cout << "A[" << nX << "]=" << X;
else
    cout << "Не нашли! " ;
```

нашли!

сразу выйти  
из цикла

# Задачи

---

**«А»:** Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[0,20]$ , выводит его на экран, а затем находит индекс первого элемента, равного введённому числу  $X$ . Программа должна вывести ответ «не найден», если в массиве таких элементов нет.

## Пример:

Массив: 5 16 2 13 3 14 18 13 16 9

Что ищем: 13

$A[3] = 13$

# Задачи

---

«В»: Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[-10, 10]$ , выводит его на экран, а затем находит индекс **последнего** элемента, равного введённому числу  $X$ . Программа должна вывести ответ «не найден», если в массиве таких элементов нет.

## Пример:

Массив: -5 -6 2 3 -3 0 8 -3 0 9

Что ищем: 0

$A[8] = 0$

# Задачи

---

**«С»:** Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[10, 50]$ , выводит его на экран, а затем находит индексы всех элементов, равных введённому числу  $X$ . Программа должна вывести ответ «не найден», если в массиве таких элементов нет.

## Пример:

Массив: 12 45 30 18 30 15 30 44 32 17

Что ищем: 30

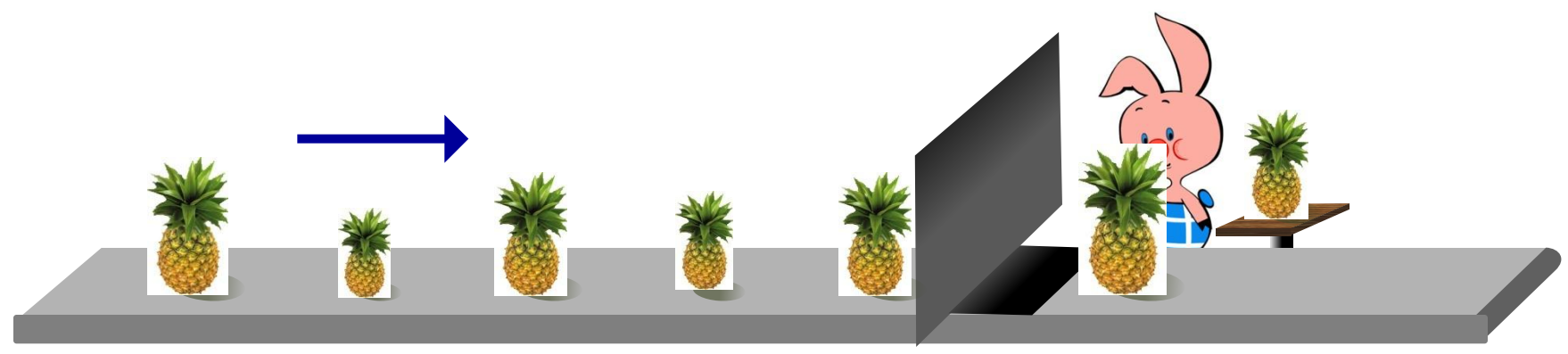
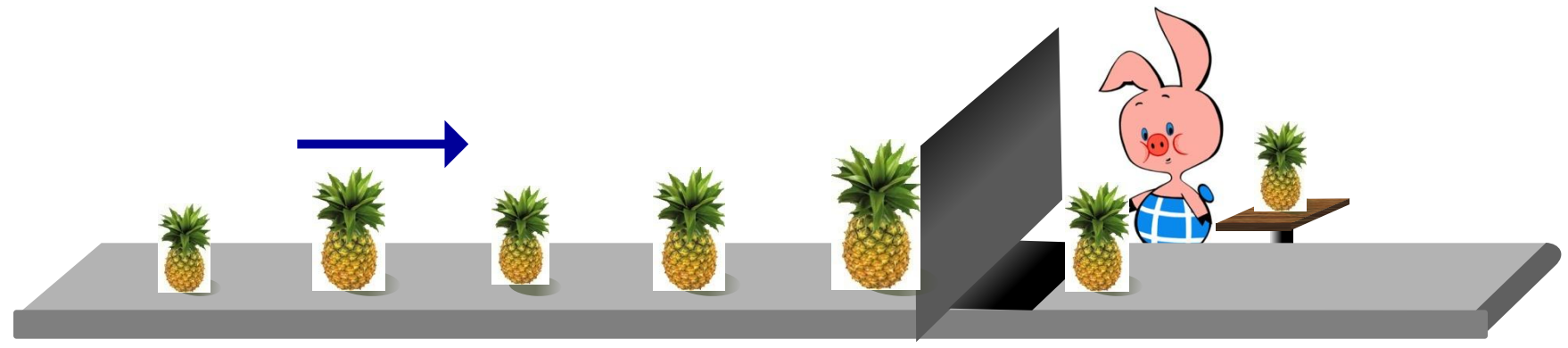
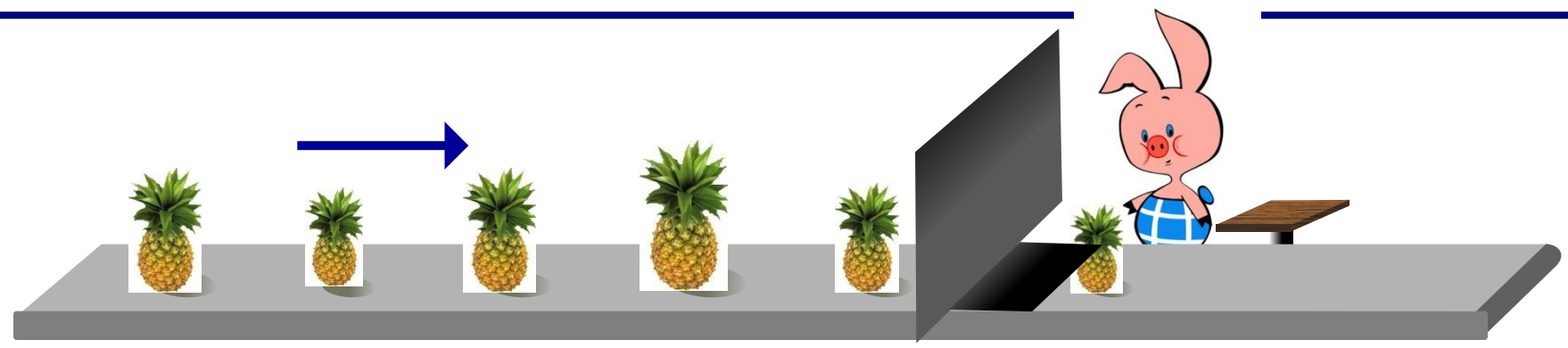
$A[2] = 30$

$A[4] = 30$

$A[6] = 30$



# Поиск максимального элемента



# Поиск максимального элемента

? Какие переменные нужны?

```
for( int i=0; i<N; i++ )  
    if( A[i] > M )  
        M = A[i];  
cout << M;
```

? Чего не хватает?

? Какое начальное значение взять для M?

1) M – значение, которое заведомо меньше всех элементов массива

**или**

2) M = A[0] (или любой другой элемент)

максимальный не меньше, чем A[0]

# Поиск максимального элемента

---

начинаем с  $A[1]$ , так как  $A[0]$  мы уже посмотрели

```
M = A[0];  
for( int i=1; i<N; i++ )  
    if( A[i] > M )  
        M = A[i];  
cout << M;
```




Как найти минимальный?

# Номер максимального элемента

Задача. Найти в массиве максимальный элемент и его номер.

 Какие переменные нужны?

```
int M = A[0];  
int nMax = 0;  
for( int i=1; i<N; i++ )  
    if( A[i] > M ) {  
        M = A[i];  
        nMax = i;  
    }  
cout << "A[" << nMax << "]=" << M;
```

 Можно ли убрать одну переменную?

# Номер максимального элемента

**!** Если знаем `nMax`, то `M=A[nMax]`!

```
int M = A[0];  
int nMax = 0;  
for( int i=1; i<N; i++ )  
    if( A[i] > A[nMax] ) {  
        M = A[i];  
        nMax = i;  
    }  
cout << "A[" << nMax << "]=" <<  
      << A[nMax] ;
```

# Максимальный не из всех

Задача. Найти в массиве максимальный из отрицательных элементов.

```
M = A[0];  
for( int i=1; i<N; i++ )  
    if( A[i]<0 and A[i]>M )  
        M = A[i];  
cout << M;
```



Что плохо?



Как исправить?

1	2	3	4	5
5	-2	8	3	-1

M = 5

# Максимальный не из всех

Задача. Найти в массиве максимальный из отрицательных элементов.

```
M = A[0];  
for( int i=1; i<N; i++ )  
    if( A[i]<0 )  
        if( M>=0 or A[i]>M )  
            M = A[i];  
cout << M;
```

сначала записали  
неотрицательный!



Если нет отрицательных?

# Задачи

---

- «**A**»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [50; 150] и находит в нём минимальный и максимальный элементы и их номера.
- «**B**»: Напишите программу, которая заполняет массив следующим образом:  
`int A[N]={10,2,3,10,5,6,7,8,9,10};`  
и выводит количество элементов, имеющих максимальное значение.
- «**C**»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [100; 200] и находит в нём пару соседних элементов, сумма которых минимальна.



# Задачи

---

«D»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке  $[-100; 100]$  и находит в каждой половине массива пару соседних элементов, сумма которых максимальна.

## Задачи-2 (максимум в потоке)

---

- «А»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Напишите программу, которая находит минимальное и максимальное среди полученных чисел.
- «В»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Напишите программу, которая находит минимальное число, делящееся на 3, среди полученных чисел.
- «С»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Напишите программу, которая находит максимальное двузначное число, заканчивающееся на 6, среди полученных чисел.

## Задачи-2 (максимум в потоке)

---

«D»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Напишите программу, которая находит среди полученных чисел пару полученных друг за другом чисел, сумма которых максимальна.

# Сортировка

---

**Сортировка** — это расстановка элементов списка (массива) в заданном порядке.

*Задача.* Отсортировать элементы в порядке **возрастания** (*неубывания* – если есть одинаковые).

**Алгоритмы сортировки:**

- простые, но медленные (при больших  $N$ )
- быстрые, но сложные...

# Сортировка выбором

**?** Где должен стоять минимальный элемент?

- нашли минимальный, поставили его на первое место

```
c = A[nMin];
A[nMin] = A[0];
A[0] = c;
```

**?** Как?

**?** Что дальше?

- из оставшихся нашли минимальный, поставили его на второе место и т.д.

5	-2	8	3	-1
-2	5	8	3	-1
-2	-1	8	3	5

# Сортировка выбором

```
for( int i=0; i<N-1; i++ ) {  
    // ищем минимальный среди A[i]..A[N-1]  
  
    int nMin = i;  
    for( int j=i+1; j<N; j++ )  
        if( A[j] < A[nMin] )  
            nMin = j;  
    // переставляем A[i] и A[nMin]  
    int c = A[i];  
    A[i] = A[nMin];  
    A[nMin] = c;  
}
```

не трогаем те, которые  
уже поставлены



Почему цикл до N-1?

# Задачи

---

**«А»:** Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[0,20]$  и сортирует его в порядке убывания.

**Пример:**

**Массив:** 5 16 2 13 3 14 18 13 16 9

**Сортировка:** 18 16 16 14 13 13 9 5 3 2

**«В»:** Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[10,100]$  и сортирует его по возрастанию последней цифры числа (сначала идут все числа, которые заканчиваются на 0, потом все, которые заканчиваются на 1, и т.д.).

**Пример:**

**Массив:** 12 10 31 40 55 63 28 87 52 92

**Сортировка:** 10 40 31 12 52 92 63 55 87 28

# Задачи

---

**«С»:** Напишите программу, которая заполняет массив из  $N = 10$  элементов случайными числами в диапазоне  $[0,20]$  и сортирует его в порядке возрастания. На каждом шаге цикла выполняется поиск максимального (а не минимального!) элемента.

**Пример:**

**Массив:** 5 16 2 13 3 14 18 13 16 9

**Сортировка:** 2 3 5 9 13 13 14 16 16 18



# Программирование (C++)

## § 21. Матрицы (двумерные массивы)

# Что такое матрица?

	○	×
	○	×
○	×	

нет знака

НОЛИК

крестик

строка 1,  
столбец 2



Как закодировать?

**Матрица** — это прямоугольная таблица, составленная из элементов одного типа (чисел, строк и т.д.).

Каждый элемент матрицы имеет два индекса — номера строки и столбца.

# Объявление матриц

```
const int N = 3, M = 4;
```

строки

столбцы

```
int A[N][M] = {  
    { 2, 3, 5, 1 },  
    { 4, 8, 3, 12 },  
    { 14, 4, 7, 11 }  
};
```

остальные  
нули

```
float X[4][M] = { { 2, 6, 10 } };
```

```
bool L[N][2] = {};
```

все  
false

# Простые алгоритмы

## Заполнение случайными числами:

```
for( int i=0; i<N; i++ ) {  
    for( int j=0; j<M; j++ ) {  
        A[i][j] = 20 + rand() % 61;  
        cout << A[i][j] << " ";  
    }  
    cout << endl;  
}
```



Вложенный  
цикл!

в одной строке  
через пробел

следующий – с  
НОВОЙ СТРОКИ

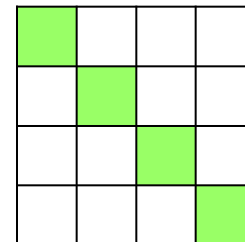
## Суммирование:

```
int sum = 0;  
for( int i=0; i<N; i++ )  
    for( int j=0; j<M; j++ )  
        sum += A[i][j];
```

# Перебор элементов матрицы

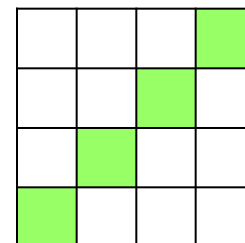
## Главная диагональ:

```
for( int i=0; i<N; i++ ) {  
    // работаем с A[i][i]  
}
```



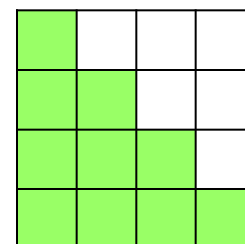
## Побочная диагональ:

```
for( int i=0; i<N; i++ ) {  
    // работаем с A[i][N-1-i]  
}
```



## Главная диагональ и под ней:

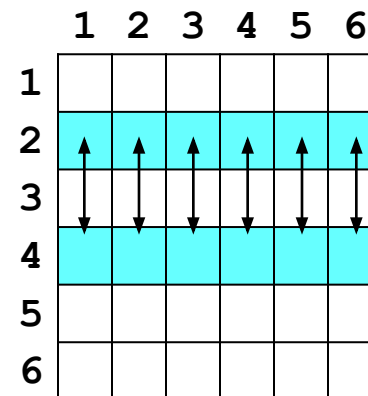
```
for( int i=0; i<N; i++ )  
    for( int j=0; j<N; j++ ) {  
        // работаем с A[i][j]  
    }
```



# Перестановка строк

2-я и 4-я строки:

```
for( int j=0; j<M; j++ ) {  
    int c = A[2][j];  
    A[2][j] = A[4][j];  
    A[4][j] = c;  
}
```



# Задачи

---

**«А»:** Напишите программу, которая заполняет матрицу случайными числами и находит максимальный элемент на главной диагонали квадратной матрицы.

**Пример:**

**Матрица А:**

12 34 14 65

71 88 23 45

87 46 53 39

76 58 24 92

**Результат:**  $A[4,4] = 92$

# Задачи

---

«В»: Напишите программу, которая заполняет матрицу случайными числами и находит максимальный элемент матрицы и его индексы (номера строки и столбца).

**Пример:**

**Матрица A:**

12 34 14 65

71 88 23 98

87 46 53 39

76 58 24 92

**Максимум:  $A[2, 4] = 98$**



# Задачи

---

**«С»:** Напишите программу, которая заполняет матрицу случайными числами и находит минимальный из чётных положительных элементов матрицы. Учтите, что таких элементов в матрице может и не быть.

**Пример:**

**Матрица A:**

16 34 14 65

71 88 23 45

87 12 53 39

76 58 24 92

**Результат:**  $A[3,2] = 12$

# Программирование (C++)

## § 22. Сложность алгоритмов

# Как сравнивать алгоритмы?

- быстродействие (**временная сложность**)
- объём требуемой памяти (**пространственная сложность**)
- понятность



Обычно не бывает все хорошо!

**Время работы алгоритма** – это количество элементарных операций  $T$ , выполненных исполнителем.

Функция  $T(N)$  называется

**временной сложностью алгоритма**

зависит от  
количества данных  
(размера массива  $N$ )

$$T(N) = 2N^3$$



Как увеличится время работы при увеличении  $N$  в 10 раз?

# Примеры определения сложности

Задача 1. Вычислить сумму первых трёх элементов массива (при  $N \geq 3$ ).

```
sum = A[1] + A[2] + A[3];
```

 $T(N) = 3$ 

2 сложения  
+ запись в  
память

Задача 2. Вычислить сумму всех элементов массива.

```
sum = 0;  
for( int i=0; i<N; i++ )  
    sum += A[i];
```

 $T(N) = 2N + 1$ 

$N$  сложений,  $N+1$   
операций записи

## Примеры определения сложности

Задача 3. Отсортировать все элементы массива по возрастанию методом выбора.

```
for( int i=0; i<N-1; i++ ) {  
    int nMin = i;  
    for( int j=i+1; j<N; j++ )  
        if( A[j] < A[nMin] )  
            nMin = j;  
    int c = A[i]; A[i] = A[nMin]; A[nMin] = c;  
}
```

Число сравнений:

$$T_c(N) = (N-1) + (N-2) + \dots + 2 + 1 = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{1}{2}N^2 - \frac{1}{2}N$$

Число перестановок:  $T_n(N) = N - 1$

# Примеры определения сложности

---

Задача 4. Найти сумму элементов квадратной матрицы размером  $N \times N$ .

```
int sum = 0;
for( int i=0; i<N; i++ )
  for( int j=0; j<N; j++ )
    sum = sum + A[ij];
```



Самостоятельно! 😊

# Сравнение алгоритмов по сложности

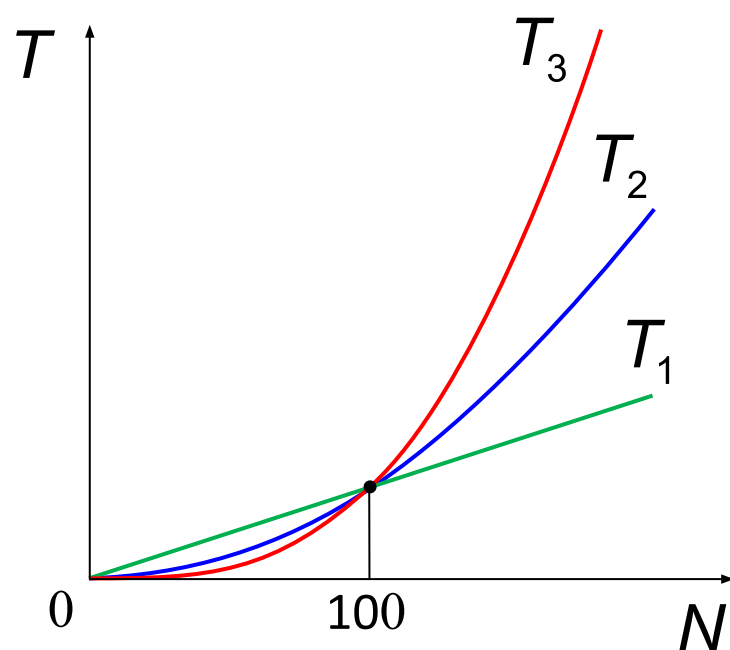
$$T_1(N) = 10000 \cdot N$$

$$T_2(N) = 100 \cdot N^2$$

$$T_3(N) = N^3$$



Какой алгоритм выбрать?



при  $N < 100$ :

$$T_3(N) < T_2(N) < T_1(N)$$

при  $N > 100$ :

$$T_3(N) > T_2(N) > T_1(N)$$



Нужно знать размер данных!

# Асимптотическая сложность

**Асимптотическая сложность** – это оценка скорости роста количества операций при больших значениях  $N$ .

линейная

постоянная

сложность  $O(N)$   $\Leftrightarrow T(N) \leq c \cdot N$  для  $N \geq N_0$

сумма элементов массива:

$$T(N) = 2 \cdot N - 1 \leq 2 \cdot N \text{ для } N \geq 1 \Rightarrow O(N)$$

квадратичная

сложность  $O(N^2)$   $\Leftrightarrow T(N) \leq c \cdot N^2$  для  $N \geq N_0$

сортировка методом выбора:

$$T_c(N) = \frac{1}{2} N^2 - \frac{1}{2} N \leq \frac{1}{2} N^2 \text{ для } N \geq 0 \Rightarrow O(N^2)$$



# Асимптотическая сложность

кубическая

сложность  $O(N^3) \Leftrightarrow T(N) \leq c \cdot N^3$  для  $N \geq N_0$

сложность  $O(2^N)$

сложность  $O(N!)$

задачи оптимизации,  
полный перебор вариантов

**Факториал числа  $N$ :**  $N! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots$

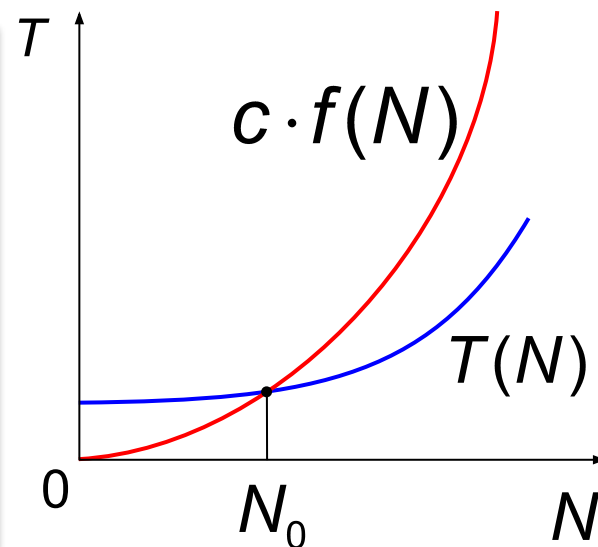
$N$	$T(N)$	время выполнения
	$N$	100 нс
	$N^2$	10 мс
	$N^3$	0,001 с
	$2^N$	$10^{13}$ лет

$N = 100,$   
1 млрд оп/с

# Асимптотическая сложность

Алгоритм относится к классу  $O(f(N))$ , если найдется такая постоянная  $c$ , что начиная с некоторого  $N = N_0$  выполняется условие

$$T(N) \leq c \cdot f(N)$$



это верхняя оценка!

$$O(N) \Rightarrow O(N^2) \Rightarrow O(N^3) \Rightarrow O(2^N)$$

«Алгоритм имеет сложность  $O(N^2)$ ».

обычно – наиболее точная верхняя оценка!

# Программирование (C++)

## § 23. Как разрабатывают программы

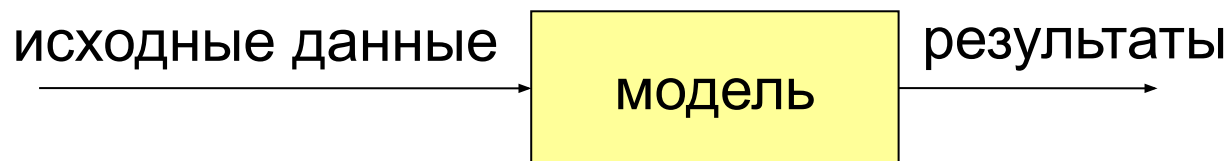
# Этапы разработки программ

---

## I. Постановка задачи

Документ: *техническое задание*.

## II. Построение модели



*Формализация*: запись модели в виде формул (на формальном языке).

## III. Разработка алгоритма и способа хранения данных

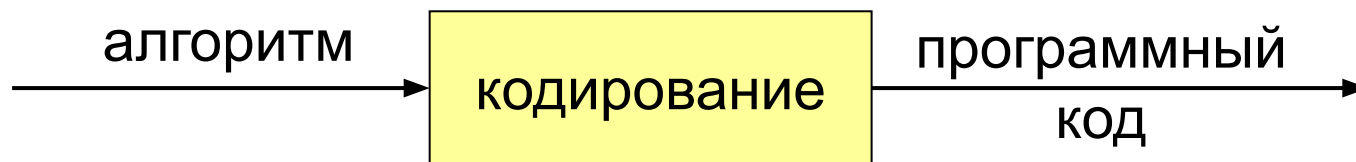
«Алгоритмы + структуры данных = программы»  
(Н. Вирт)

# Этапы разработки программ

---

## IV. Кодирование

Запись алгоритма на языке программирования.



## V. Отладка

Поиск и исправление ошибок в программах:

- **синтаксические** – нарушение правил языка программирования

- **логические** – ошибки в алгоритме

могут приводить к **отказам** – аварийным ситуациям во время выполнения (*run-time error*)

# Этапы разработки программ

---

## VI. Тестирование

Тщательная проверка программы во всех режимах:

- **альфа-тестирование** – внутри компании (тестировщики)
- **бета-тестирование** – (доверенные) пользователи

## VII. Документирование

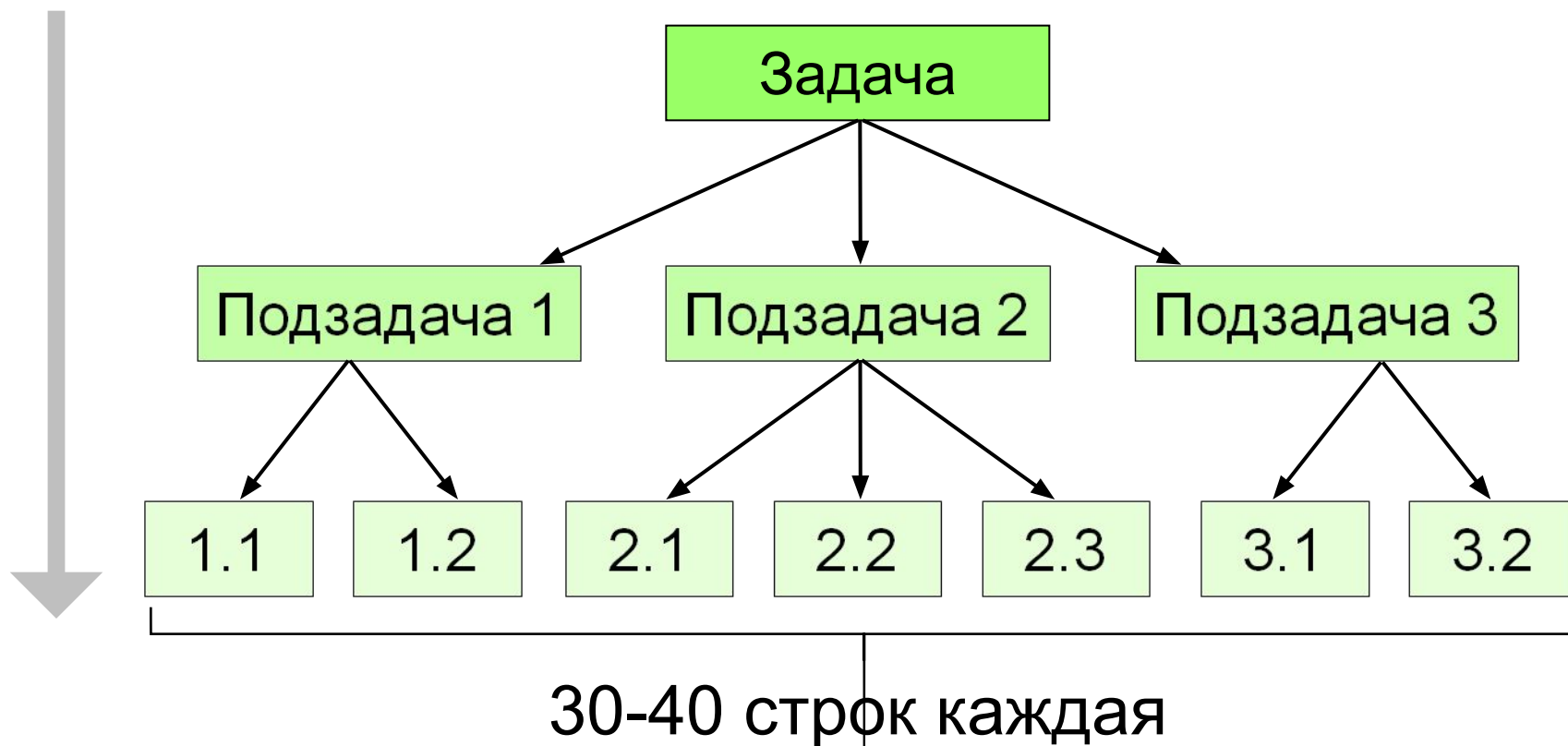
Технические писатели

## VIII. Внедрение и сопровождение

- обучение пользователей
- исправление найденных ошибок
- техподдержка

# Методы проектирования программ

## «Сверху вниз» (последовательное уточнение)



# Методы проектирования программ

---

## «Сверху вниз» (последовательное уточнение)



- сначала задача решается «в целом»
- легко распределить работу
- легче отлаживать программу (всегда есть полный работающий вариант)

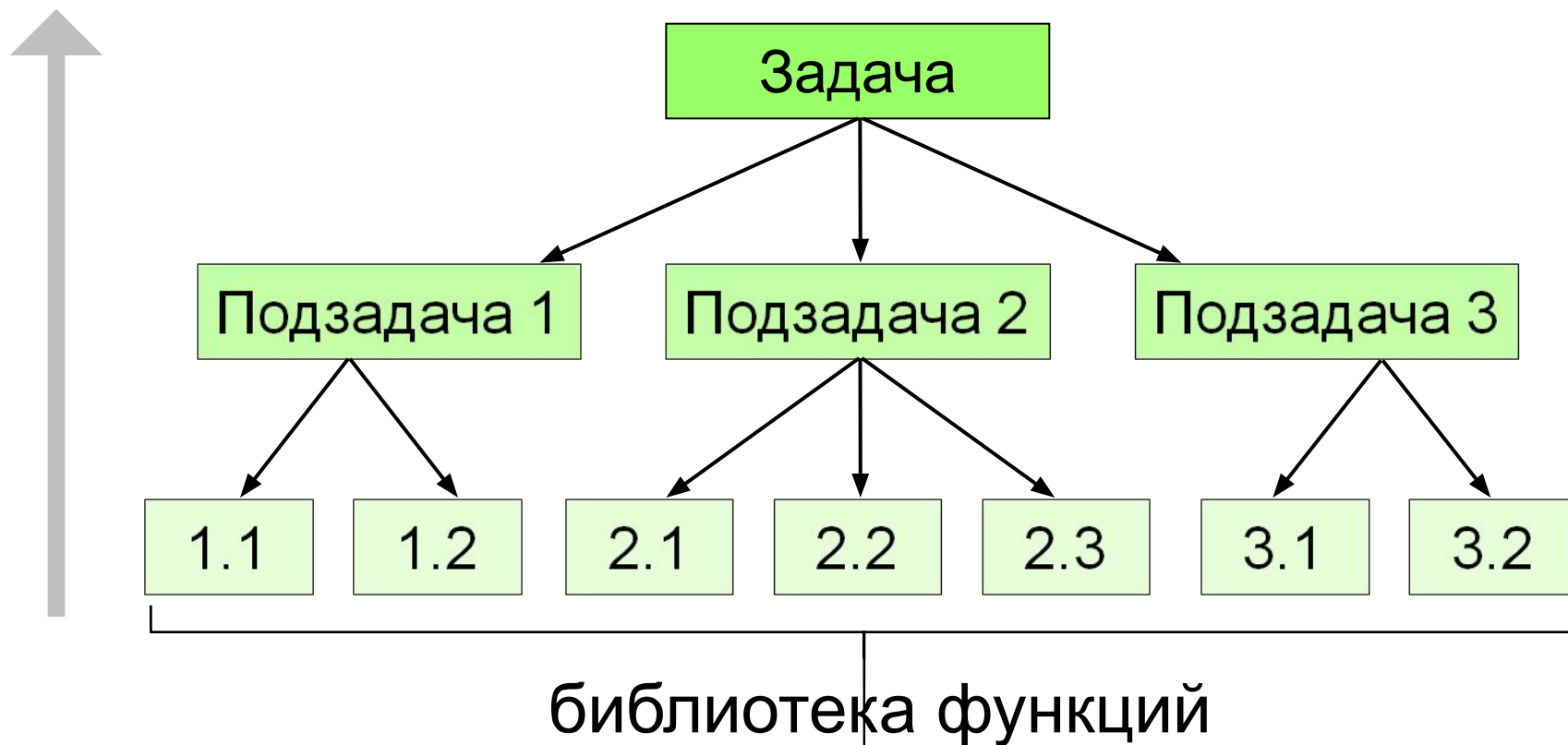


- в нескольких подзадачах может потребоваться решение одинаковых подзадач нижнего уровня
- быстродействие не известно до последнего этапа (определяется нижним уровнем)



# Методы проектирования программ

## «Снизу вверх» (восходящее)



# Методы проектирования программ

---

## «Снизу вверх» (восходящее)



- нет дублирования
- сразу видно быстрое действие



- сложно распределять работу
- сложнее отлаживать (увеличение числа связей)
- плохо видна задача «в целом», может быть нестыковка на последнем этапе



Почти всегда используют оба подхода!

# Пример отладки программы

---

Программа решения квадратного уравнения

$$ax^2 + bx + c = 0$$

```
int main()
{
    float a, b, c, D, x1, x2;
    cout << "Введите a, b, c: ";
    cin >> a >> b >> c;
    D = b*b - 4*a*a;
    x1 = (-b + sqrt(D))/2*a;
    x2 = (-b - sqrt(D))/2*a;
    cout << "x1=" << x1
         << " x2=" << x2);
}
```

# Тестирование

Тест 1.  $a = 1, b = 2, c = 1.$

Ожидание:

$x_1 = -1 \quad x_2 = -1$

Реальность:

$x_1 = -1 \quad x_2 = -1$



Тест 2.  $a = 1, b = -5, c = 6.$

$x_1 = 3 \quad x_2 = 2$

$x_1 = 4.79129 \quad x_2 = 0.208712$



Найден вариант, когда программа работает неверно.  
Ошибка **воспроизводится!**

## Возможные причины:

- неверный ввод данных
- неверное вычисление дискриминанта
- неверное вычисление корней
- неверный вывод результатов

$$D = b^2 - 4ac$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

# Отладочная печать

Идея: выводить все промежуточные результаты.

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

```
cout << a << " " << b << " " << c << endl;
```

```
D = b*b - 4*a*a;
```

```
cout << "D=" << D << endl;
```

```
...
```

Результат:

```
Введите a, b, c: 1 -5 6
```

```
1 -5 6
```

```
D=21
```

$$D = b^2 - 4ac = 25 - 4 \cdot 1 \cdot 6 = 1$$

```
D = b*b - 4*a*c ;
```



Одна ошибка найдена!

# Документирование программы

---

- назначение программы
- формат входных данных
- формат выходных данных
- примеры использования программы

## Назначение:

программа для решения уравнения

$$ax^2 + bx + c = 0$$

## Формат входных данных:

значения коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$  вводятся с клавиатуры через пробел в одной строке

# Документирование программы

---

## Формат выходных данных:

значения вещественных корней уравнения;  
если вещественных корней нет, выводится  
слово «нет»

## Примеры использования программы:

1. Решение уравнения  $x^2 - 5x + 6 = 0$

Введите a, b, c: **1 -5 6**

**x1=3 x2=2**

2. Решение уравнения  $x^2 + x + 6 = 0$

Введите a, b, c: **1 1 6**

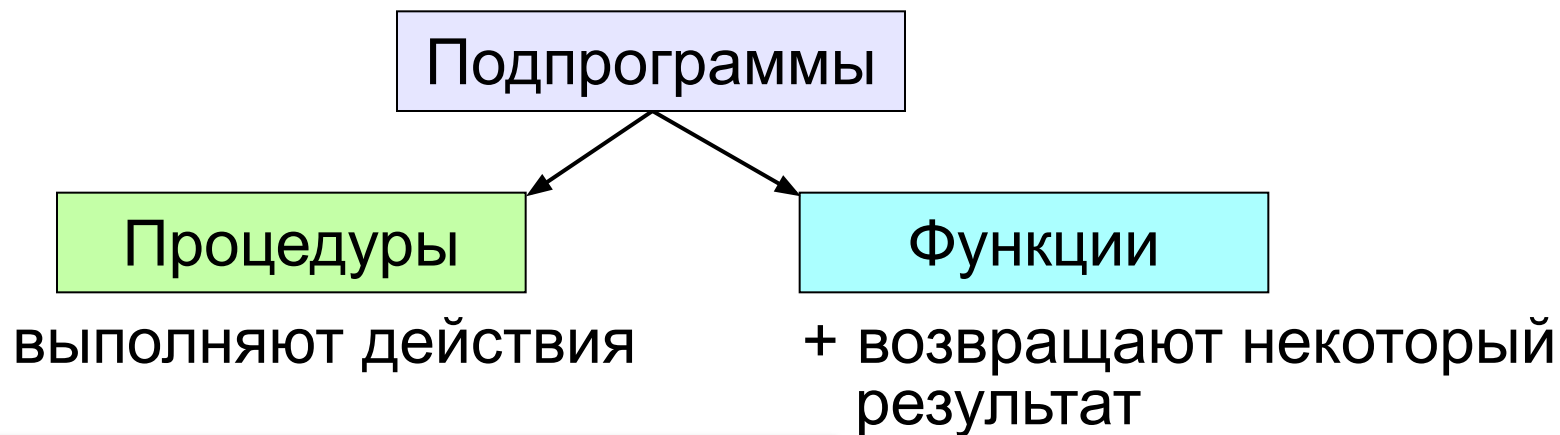
**Нет.**

# Программирование (C++)

## § 24. Процедуры



# Два типа подпрограмм



**?** Процедура или функция?

- а) рисует окружность на экране
- б) определяет площадь круга
- в) вычисляет значение синуса угла
- г) изменяет режим работы программы
- д) возводит число  $x$  в степень  $y$
- е) включает двигатель автомобиля
- ж) проверяет оставшееся количество бензина в баке
- з) измеряет высоту полёта самолёта

# Простая процедура

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
void printLine () {
    cout << "-----" << endl;
}
```

```
int main () {
    ...
    printLine ();
    ...
}
```

какие-то  
операторы

ВЫЗОВ  
процедуры



Что делает?



- можно вызывать сколько угодно раз
- нет дублирования кода
- изменять – в одном месте

# Линии разной длины

```
void printLine5 () {
    cout << "-----" << endl;
}
```



Как улучшить?

```
void printLine10 () {
    cout << "-----" << endl;
}
```

параметр  
процедуры

```
void printLine10 () {
    for( int i=0; i<10; i++ )
        cout << "-";
}
```

```
void printLine10( int n ) {
    for( int i=0; i<n; i++ )
        cout << "-";
    cout << endl;
}
```

# Процедура с параметром

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
void printLine10 ( int n ) {
    ...
}
```

**Параметр** – величина, от которой зависит работа процедуры.

```
int main() {
    ...
    printLine (10) ;
    ...
    printLine (7) ;
    printLine (5) ;
    printLine (3) ;
}
```

**?** Что делает?

**Аргумент** – значение параметра при конкретном вызове.

# Несколько параметров

символьная строка

```
void printLine( string c, int n ) {  
    for( int i=0; i<n; i++ )  
        cout << c;  
    cout << endl;  
}
```



Что изменилось?



Как вызывать?

```
printLine ( X, "X" );
```

```
✓ printLine ( "+", 5 );
```

```
✓ printLine ( "+-+", 5 );
```

# В других языках программирования

---

## Python:

```
def printLine (n) :  
    print ("-"*n)
```

## Паскаль:

```
procedure printLine (n: integer) ;  
var i: integer;  
begin  
    for i:=1 to n do  
        write ( '-' );  
    writeln;  
end;
```

# Задачи

---

«А»: Напишите процедуру, которая принимает параметр – натуральное число  $N$  – и выводит на экран две линии из  $N$  символов "-".

**Пример:**

Длина цепочки: 7

```
-----  
-----
```

«В»: Напишите процедуру, которая принимает один параметр – натуральное число  $N$ , – и выводит на экран прямоугольник длиной  $N$  и высотой 3 символа.

**Пример:**

Длина прямоугольника: 7

```
ooooooo  
o      o  
ooooooo
```

# Задачи

---

«С»: Напишите процедуру, которая выводит на экран квадрат со стороной  $N$  символов. При запуске программы  $N$  нужно ввести с клавиатуры.

**Пример:**

Сторона квадрата: 5

ooooo

o     o

o     o

o     o

ooooo



# Задачи

---

«D»: Напишите процедуру, которая выводит на экран треугольник со стороной  $N$  символов. При запуске программы  $N$  нужно ввести с клавиатуры.

**Пример:**

Сторона : 5

```
o
oo
ooo
oooo
ooooo
```

# Рекурсия

Задача. Вывести на экран двоичный код натурального числа.

```
void printBin( int n ) {  
    ...  
}
```

Алгоритм перевода через остатки:

```
while( n!=0 ) {  
    cout << n % 2;  
    n = n / 2;  
}
```



Что получится при  $n = 6$ ?

011✗

в обратном порядке!

# Рекурсия

Чтобы вывести двоичную запись числа  $n$ , нужно сначала вывести двоичную запись числа  $(n/2)$ , а затем — его последнюю двоичную цифру, равную  $(n \% 2)$ .

двоичная запись числа 6

110

$6 \bmod 2$

двоичная запись числа 3



Чтобы решить задачу, нужно решить ту же задачу для меньшего числа!

Это и есть **рекурсия!**



Чтобы понять рекурсию, нужно понять рекурсию! 😊

# Рекурсивная процедура

```
void printBin( int n ) {  
    printBin( n / 2 );  
    cout << n % 2;  
}
```

вызывает сама себя!



Что получится?  
`printBin(6);`

**Рекурсивная процедура** — это процедура, которая вызывает сама себя.

```
printBin(6);
```

```
printBin(3);
```

```
printBin(1);
```

```
printBin(0);
```

```
printBin(0);
```

бесконечные вызовы



Как исправить?

# Рекурсивная процедура

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



Что получится?  
`printBin(6)`

```
printBin(6);
```

```
    printBin(3);
```

```
        printBin(1);
```

```
            printBin(0);
```

```
                cout << 1 % 2;
```

```
            cout << 3 % 2;
```

```
        cout << 6 % 2;
```

рекурсия  
заканчивается!

1 1 0

# Задачи

---

«**A**»: Напишите рекурсивную процедуру, которая переводит число в восьмеричную систему.

**Пример:**

Введите число: **66**

В восьмеричной: 102

«**B**»: Напишите рекурсивную процедуру, которая переводит число в любую систему счисления с основанием от 2 до 9.

**Пример:**

Введите число: **75**

Основание: **6**

В системе с основанием 6: 203

# Задачи

---

«С»: Напишите рекурсивную процедуру, которая переводит число в шестнадцатеричную систему.

**Пример:**

Введите число: **123**

В шестнадцатеричной: **7B**

«D»: Напишите рекурсивную процедуру, которая переводит число в любую систему счисления с основанием от 2 до 36.

**Пример:**

Введите число: **350**

Основание: **20**

В системе с основанием 20: **HA**

# Программирование (C++)

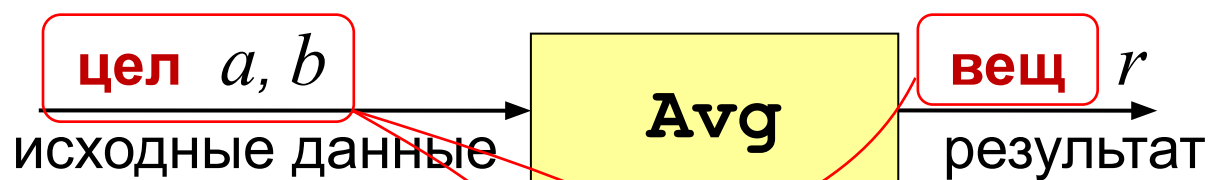
## § 25. Функции



# Что такое функция?

**Функция** — это вспомогательный алгоритм, который возвращает результат (число, строку символов и др.).

*Задача.* Написать функцию, которая вычисляет среднее арифметическое двух целых чисел.



Тип  
результата?

```
float Avg( int a, int b ) {  
    float sred = (a+b)/2.;  
    return sred;  
}
```

это результат!

# Как вызывать функцию?

Запись результата в переменную:

```
float sr;  
sr = Avg(5, 8);
```



Чему равно?

6.5

```
int x = 2, y = 5;  
float sr = Avg(x, 2*y+8);
```

10

Вывод на экран:

```
int x = 2, y = 5;  
float sr = Avg(x, y+3);  
cout << Avg(12, 7);  
cout << sr + Avg(x, 12);
```

5

9.5

12

# Как вызывать функцию?

---

Использование в условных операторах:

```
int a, b;  
cin >> a >> b;  
if( Avg(a,b) > 5 )  
    cout << "Да!";  
else  
    cout << "Нет!";
```



Когда печатает «Да»?

# Как вызывать функцию?

---

Использование в циклах:

```
int a, b;  
cin >> a >> b;  
while ( Avg(a,b) > 0 ) {  
    cout << "Нет!";  
    cin >> a >> b;  
}  
cout << "Угадал!";
```



Когда напечатает  
«Угадал»?

# В других языках программирования

---

## Python:

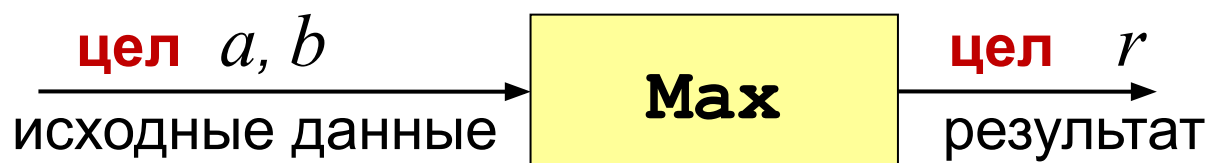
```
def Avg(a, b):  
    return (a+b) / 2
```

## Паскаль:

```
function Avg( a, b: integer): real;  
begin  
    Avg := (a+b) / 2;  
end;
```

# Максимум из двух (трёх) чисел

*Задача.* Составить функцию, которая определяет наибольшее из двух целых чисел.



```
int Max( int a, int b ) {  
    if( a > b )  
        return a;  
    else  
        return b;  
}
```



Как с её помощью найти максимум из трёх?

```
int Max3( int a, int b, int c ) {  
    return Max( Max(a,b), c );  
}
```

# Сумма цифр числа

---

**Задача.** Составить функцию, которая вычисляет сумму значений цифр натурального числа.

```
int sumDigits( int N ) {
    int d, sum = 0; // накапливаем сумму с 0
    while( N != 0 ) {
        d = N % 10; // выделим последнюю цифру
        sum += d;   // добавим к сумме
        N = N / 10; // удалим последнюю цифру
    }
    return sum; // возвращаем результат
}
```

# Задачи

---

«**A**»: Напишите функцию, которая вычисляет среднее арифметическое пяти целых чисел.

**Пример:**

Введите 5 чисел: **1 2 3 4 6**

Среднее: 3.2

«**B**»: Напишите функцию, которая находит количество цифр в десятичной записи числа.

**Пример:**

Введите число: **751**

Количество цифр: 3



# Задачи

---

**«С»:** Напишите функцию, которая находит количество единиц в двоичной записи числа.

**Пример:**

Введите число: **75**

Количество единиц: **4**

# Логические функции

---

**Логическая функция** — это функция, возвращающая логическое значения (**да** или **нет**).


- можно ли применять операцию?
- успешно ли выполнена операция?
- обладают ли данные каким-то свойством?

# Логические функции

---

**Задача.** Составить функцию, которая возвращает «**true**», если она получила чётное число и «**false**», если нечётное.

```
bool Even( int N ) {  
    if( N % 2 == 0 )  
        return true;  
    else  
        return false;  
}
```



```
bool Even( int N ) {  
    return (N % 2 == 0);  
}
```

# Рекурсивные функции

**Рекурсивная функция** — это функция, которая вызывает сама себя.

*Задача.* Составить рекурсивную функцию, которая вычисляет сумму цифр числа.

**?** Как сформулировать решение рекурсивно?

Сумму цифр числа  $N$  нужно выразить через сумму цифр другого (меньшего) числа.

Сумма цифр числа  $N$  равна значению последней цифры плюс сумма цифр числа, полученного отбрасыванием последней цифры.

`sumDig(12345) = 5 + sumDig(1234)`

# Рекурсивная функция

## Сумма цифр числа N

Вход: натуральное число  $N$ .

Шаг 1:  $d = N \% 10$

Шаг 2:  $M = N / 10$

Шаг 3:  $s$  = сумма цифр числа  $M$

Шаг 4:  $sum = s + d$

Результат:  $sum$ .

последняя цифра

число без  
последней цифры



Что забыли?



Когда остановить?

# Сумма цифр числа (рекурсия)

```
int sumDigRec( int N ) {  
    if( N == 0 ) return 0;  
    int d = N % 10;  
    int sum = sumDigRec( N / 10 );  
    return sum+d;  
}
```



Зачем это?



Где рекурсивный вызов?

# Задачи

---

**«А»:** Напишите логическую функцию, которая возвращает значение «истина», если десятичная запись числа заканчивается на цифру 0 или 1.

**Пример:**

Введите число: **1230**

Ответ: Да

**«В»:** Напишите логическую функцию, которая возвращает значение «истина», если переданное ей число помещается в 8-битную ячейку памяти.

**Пример:**

Введите число: **751**

Ответ: Нет

# Задачи

---

**«С»:** Напишите логическую функцию, которая возвращает значение «истина», если переданное ей число простое (делится только на само себя и на единицу).

**Пример:**

Введите число: **17**

Число простое!

**Пример:**

Введите число: **18**

Число составное!



# Конец фильма

---

**ПОЛЯКОВ Константин Юрьевич**

д.т.н., учитель информатики

ГБОУ СОШ № 163, г. Санкт-Петербург

[kpolyakov@mail.ru](mailto:kpolyakov@mail.ru)

**ЕРЕМИН Евгений Александрович**

к.ф.-м.н., доцент кафедры мультимедийной

дидактики и ИТО ПГГПУ, г. Пермь

[eremin@pspu.ac.ru](mailto:eremin@pspu.ac.ru)

# Источники иллюстраций

---

1. иллюстрации художников издательства «Бином»
2. авторские материалы