Программирование (C++)

§ 17. Введение
§ 18. Линейные программы
§ 19. Ветвления
§ 20. Программирование циклических алгоритмов
§ 21. Массивы
§ 22. Алгоритмы обработки массивов

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2018 http://kpolyakov.spb.ru

Программирование (C++)

§ 17. Введение

Что такое программирование?

Программирование — это создание программ для компьютеров. Этим занимаются **программисты**.

Чем занимаются **программисты:**

анализ задачи (выделение исходных данных, связей между ними, этапов решения задачи)	системные аналитики
разработка **алгоритмов**	алгоритмисты
написание и отладка **программ**	кодировщики
тестирование программ	тестировщики
написание **документации**	технические писатели

Направления в программировании

системный программист	операционные системы, утилиты, драйверы
прикладной программист	прикладные программы, в т.ч. для мобильных устройств
веб-программист	веб-сайты
программист баз данных	системы управления базами данных

Простейшая программа на C++

результат – целое число (integer)

название программы main – главный

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

комментарии после // не обрабатываются

комментарии внутри /* */ не обрабатываются

? Что делает эта программа?

Вывод на экран

подключить библиотеку **iostream**

input-output streams – потоки ввода и вывода

использовать пространство имён **std**

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
  cout << "Привет!"; // вывод текста
  cin.get();  // ждать Enter
  }
```

cout — поток для вывода символов *(character output stream)*

cin — поток для ввода символов *(character input stream)*

Вывод на экран

оператор вывода

Оператор — это команда языка программирования.

```
cout << "Привет!";
```

```
cout << "Привет!";
cout << "Вася!";
```

или так:

```
cout << "Привет!" << "Вася!";
```

```
cout << "Привет, " << "Вася!";
```

? Что плохо?

! Символьные строки записывают в кавычках!

Переход на новую строку

```
cout << "Привет, Вася!";
cout << "Привет, Петя!";
```

ожидание:

```
Привет, Вася!
Привет, Петя!
```

реальность:

```
Привет, Вася!Привет, Петя!
```

Решение:

```
cout << "Привет, Вася!" << endl;
cout << "Привет, Петя!" << endl;
```

перейти на новую строку

end of line

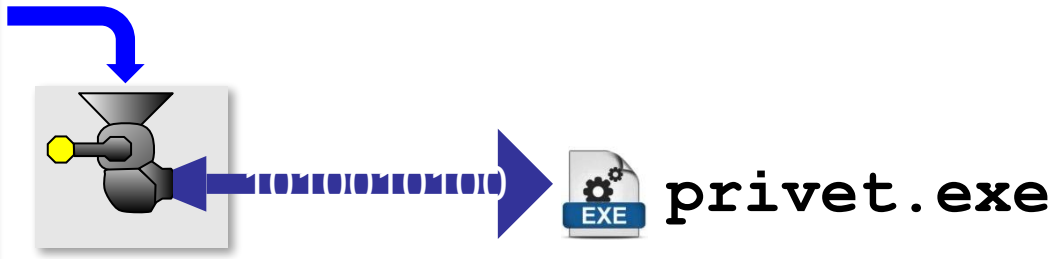
Системы программирования

Системы программирования — это средства для создания новых программ.

Транслятор — это программа, которая переводит тексты программ, написанных программистом, в машинные коды (команды процессора).

- **компилятор** — переводит всю программу в машинные коды, строит исполняемый файл (**.exe**)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {
  cout << "Привет!";
  cin.get();
  }
```



- **интерпретатор** — сам выполняет программу по частям (по одному оператору).

Системы программирования

Отладчик — это программа для поиска ошибок в других программах.

- **пошаговый режим** — выполнение программы по шагам (по одному оператору)
- **просмотр значений переменных** во время выполнения программы
- **точки останова** – операторы в программе, перед выполнением которых нужно остановиться.

Среда программирования (IDE):

- редактор текста программ
- транслятор
- отладчик

Задачи

«B»: Вывести на экран текст «лесенкой»

```
Вася
    пошел
        гулять
```

«C»: Вывести на экран рисунок из букв

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

Программирование (C++)

§ 18. Линейные программы

Пример задачи

Задача. Ввести два числа и вычислить их сумму.

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

? Выполнится?

Псевдокод – алгоритм на русском языке с элементами языка программирования.

! Компьютер не может исполнить псевдокод!

Зачем нужны переменные?

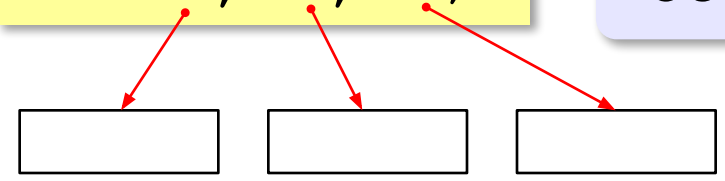
```
int main()
   {
   // ввести два числа
   // вычислить их сумму
   // вывести сумму на экран
   }
```

Где запомнить?

Переменная — это величина, которая имеет имя, тип и значение. Значение переменной может изменяться во время выполнения программы.

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

объявление переменных



ячейки памяти

Имена переменных

Идентификатор — это имя программы или переменной.

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

заглавные и строчные буквы **различаются**

МОЖНО использовать

- латинские буквы (A-Z, a-z)
- цифры

Имя не может начинаться с цифры!

- знак подчеркивания _

НЕЛЬЗЯ использовать ~~скобки, знаки ", &, |, *, +, =, !, ? и др.~~

Какие имена правильные?

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

Типы переменных

- **int** – целые

```
int a = 1, b, c = 0;
```

начальные значения

- **float** – вещественные (могут иметь дробную часть)

```
float x = 1.234, y = 3.0, z = 0.576;
```

Целая и дробная части отделяются точкой!

- **double** – вещественное с двойной точностью
- **char** – один символ (в апострофах)

```
char c = 'ю';
```

- **string** – символьная строка (в кавычках)

```
string s = "молоко", q = "я";
```

Работа с переменными

Присваивание (запись значения)

```
a = 5;
```

оператор присваивания

$a \leftarrow 5$

```
a = 3;
a = 18;
```

? Что будет храниться в *a*?

Вывод на экран

```
cout << a;
```

? В чём разница?

```
c = 14;
cout << c;
```

14

```
c = 14;
cout << "c";
```

c

Работа с переменными

Изменение значения

```
i = i + 1;
```

увеличить на 1

$i \leftarrow i + 1$

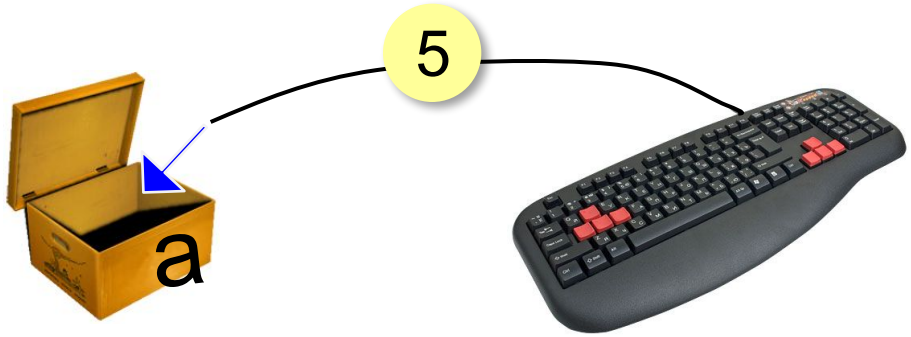
```
a = 4;
b = 7;
a = a + 1;
b = b + 1;
a = a + b;
b = b + a;
a = a + 2;
b = b + a;
```

a	b
4	
	7
5	
	8
13	
	21
15	
	36

Ввод с клавиатуры

Цель – изменить исходные данные, не меняя программу.

```
cin >> a;
```

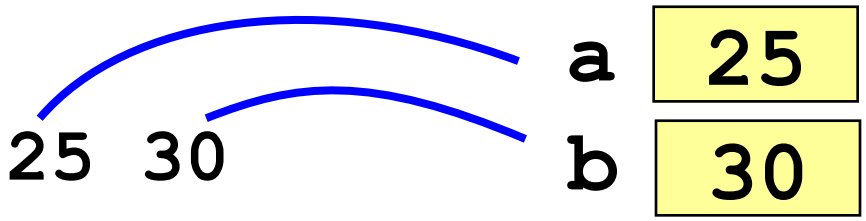


1. Программа ждет, пока пользователь введет значение и нажмет *Enter*.
2. Введенное значение записывается в переменную **a**.

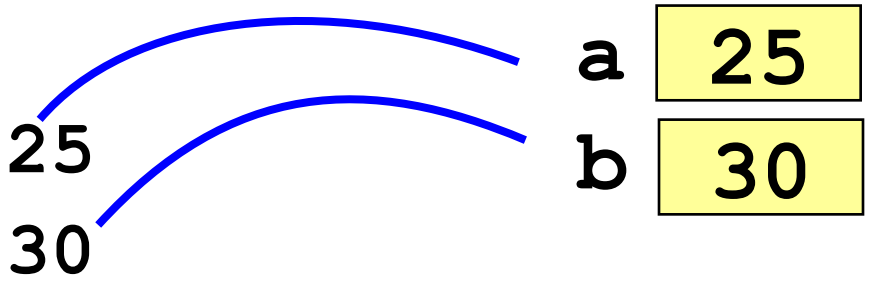
Ввод с клавиатуры

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

через пробел:



через *Enter*:



Программа сложения чисел

```
int main()
   {
   int a, b, c;
   cin >> a >> b; // ввести два числа
   c = a + b;  // вычислить их сумму
   cout << c; // вывести сумму на экран
   }
```

? Что плохо?

ожидание:

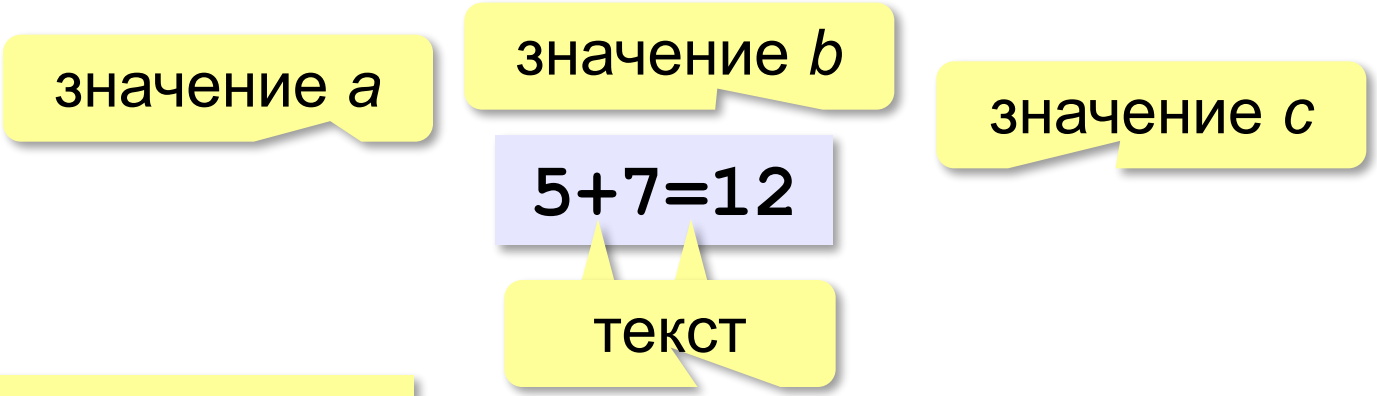
```
Введите два числа: 5 7
5+7=12
```

реальность:

```
5 7
12
```

? Как улучшить диалог?

cout <<данных с текстом




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

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

Программа сложения чисел

```
int main()
   {
   int a, b, c;
   cout << "Введите два числа: ";
   cin >> a >> b;
   c = a + b;
   cout << a << "+" << b << "=" <<  c;
   }
```

? Как переделать для 3-х чисел?

Задачи

«A»: Ввести три числа, найти их сумму.

Пример:

```
Введите три числа:
4
5
7
4+5+7=16
```

«B»: Ввести три числа, найти их сумму и произведение.

Пример:

```
Введите три числа:
4
5
7
4+5+7=16
4*5*7=140
```

Задачи

«C»: Ввести три числа, найти их сумму, произведение и среднее арифметическое.

Пример:

```
    Введите три числа:
4
5
7
4+5+7=16
4*5*7=140
(4+5+7)/3=5.333333
```

Арифметические выражения

$$a \leftarrow \frac{c+b-1}{2} \cdot d$$

Линейная запись (в одну строку):

```
a = (c+b-1)/2*d;
```

Операции: `+ -` `*` – умножение `/` – деление

Порядок выполнения операций:

1) действия в скобках
2) умножение и деление, слева направо
3) сложение и вычитание, слева направо

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

Сокращённая запись операций

Полная запись:

```
a = a + b;
a = a + 1;
a = a - b;
a = a - 1;
a = a * b;
a = a / b;
```

Сокращённая запись:

```
a += b;
a += 1;
a -= b;
a -= 1;
a *= b;
a /= b;
```

```
a++;
```

```
a--;
```

Особенность деления

```
int a = 7, b = 8;
float x = a / b;
```

Чему равен **x**?

Результат деления целого числа на целое – это целое число (остаток отбрасывается)!

```
int a = 3, b = 4;
float x;
x = a / b;
x = 10 / b;
x = a / 2;
x = 10. / b;
x = a / 2.;
x = float(a) / b;
```

Частное и остаток при делении целых

/ – деление нацело (остаток отбрасывается)

% – остаток от деления

175 сек = 2 мин 55 сек

Как получить 2 и 55?

```
int t, m, s;
t = 175;
m = t / 60;
s = t % 60;
```

Частное и остаток при делении целых

Что получится?

```
n = 123
d = n / 10;
k = n % 10;
```

При делении на 10 нацело отбрасывается последняя цифра числа.

Остаток от деления на 10 – это последняя цифра числа.

Форматирование вывода

```
int a = 1, b = 2, c = 3;
cout << a << b << c;
```

→ 123

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

→ 1 2 3

```
#include <iomanip>
...
cout << a
     << setw(3) << b
     << setw(5) << c;
```

→ 1␣␣2␣␣␣␣3

количество знаков на вывод числа

3 5

? Сколько знаков для вывода *a*?

Задачи

«A»: Ввести число, обозначающее количество секунд. Вывести то же самое время в минутах и секундах.

Пример:

```
Введите число секунд: 175
2 мин. 55 с.
```

«B»: Ввести число, обозначающее количество секунд. Вывести то же самое время в часах, минутах и секундах.

Пример:

```
Введите число секунд: 8325
2 ч. 18 мин. 45 с
```

Задачи

«С»: Занятия в школе начинаются в 8-30. Урок длится 45 минут, перерывы между уроками – 10 минут. Ввести номер урока и вывести время его окончания.

Пример:

```
Введите номер урока: 6
13-50
```

Форматный вывод

```
float x = 12.34567891;
cout << x;
```

вариант:

```
12.3457
```

6 значащих цифр **по умолчанию**

```
#include <iomanip>
```

манипуляторы

```
cout << fixed << setw(10)
     << setprecision(3) << x;
```

3 — в дробной части

```
␣␣␣␣12.346
```

10 — всего на число

Форматный вывод

```
float x = 12.34567891;
cout << fixed;
```

```
cout << setw(8) << setprecision(2)
     << x;
```

␣␣␣12.34

```
cout << setw(2) << setprecision(2)
     << x;
```

12.34

```
cout << setw(0) << setprecision(1)
     << x;
```

12.3

минимально возможное

Научный формат чисел

```
float x = 123456789;
cout << x;
```

```
1.23457e+08
```

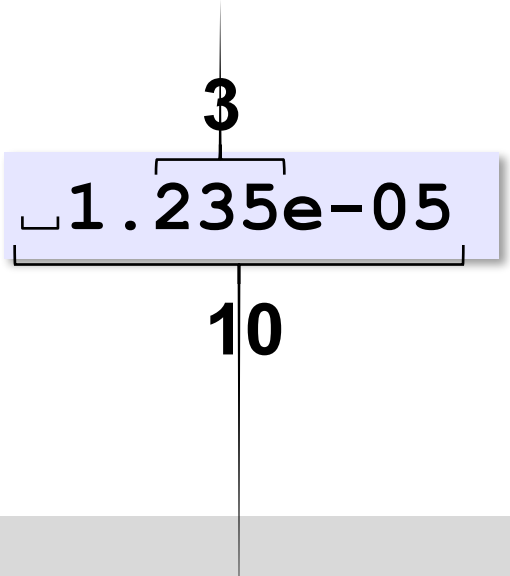
$1{,}23457 \cdot 10^{8}$

```
float x = 0.0000123456789;
cout << x;
```

```
1.23457e-005
```

$1{,}23457 \cdot 10^{-5}$

```
float x = 0.0000123456789;
cout << scientific
     << setw(10)
     << setprecision(3)
     << x;
```



Операции с вещественными числами

`int` – целая часть числа (дробная часть отбрасывается)

`round` – округление к ближайшему целому

`ceil` – округление «вверх»

```
#include <cmath>
```

```
float x = 1.6;
cout << int(x);
```

→ 1

```
cout << round(x);
```

→ 2

```
cout << ceil(x);
```

→ 2

Операции с вещественными числами

`sqrt` – квадратный корень

```
float x = 2.25;
cout << sqrt(x);
```

```
1.5
```

Операции с вещественными числами

1/3 = 0,33333…

бесконечно много знаков

Большинство вещественных чисел хранятся в памяти компьютера с ошибкой!

```
float x, y, z;
x = 1./2;
y = 1./3;
z = 5./6;  // 5/6=1/2+1/3
cout << x+y-z;
```

```
5.96046e-08
```

Задачи

«A»: Ввести число, обозначающее размер одной фотографии в Мбайтах. Определить, сколько фотографий поместится на флэш-карту объёмом 2 Гбайта.

Пример:

```
Размер фотографии в Мбайтах: 6.3
Поместится фотографий: 325.
```

Задачи

«B»: Оцифровка звука выполняется в режиме стерео с частотой дискретизации 44,1 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Ввести время записи в минутах и определить, сколько Мбайт нужно выделить для хранения полученного файла (округлить результат в большую сторону).

Пример:

```
Введите время записи в минутах: 10
Размер файла 152 Мбайт
```

Задачи

«С»: Разведчики-математики для того, чтобы опознать своих, используют числовые пароли. Услышав число-пароль, разведчик должен возвести его в квадрат и сказать в ответ первую цифры дробной части полученного числа. Напишите программу, которая по полученному паролю (вещественному числу) вычисляет число-ответ.

Пример:

```
Введите пароль: 1.92
Ответ: 6
```

потому что $1{,}92^2 = 3{,}6864\ldots$, первая цифра дробной части – 6

Случайные и псевдослучайные числа

Случайные явления

- встретил слона – не встретил слона
- жеребьёвка на соревнованиях
- лотерея
- случайная скорость (направление выстрела) в игре
- …

Случайные числа — это последовательность чисел, в которой невозможно предсказать следующее число, даже зная все предыдущие.

Случайные и псевдослучайные числа

Компьютер неслучаен!

Псевдослучайные числа — похожи на случайные, но строятся по формуле.

следующее

предыдущее

$X_{n+1} = mod(a*X_n+b, c)$ | от 0 до c-1

$X_{n+1} = mod(X_n+3, 10)$ | от 0 до 9

X = 0 → 3 → 6 → 9 → 2 → 5 → 8

8 → 1 → 4 → 7 → 0

зерно

зацикливание

Датчик случайных чисел

```
#include <random>
```

random – случайный

32767 (?)

```
int n;
n = rand();    // отрезок [0; RAND_MAX]
```

```
cout << rand() << endl;
cout << rand() << endl;
cout << rand() << endl;
```

разные случайные числа

? Как получить число на `[a; b]`?

Случайные числа на отрезке

```
int K, L;
K = rand() % 6;
L = rand() % 6 + 1;
```

? Какое число получим?

? Как получить число на [a; b]?

```
int a = 1, b = 6;
int M = rand() % (b-a+1) + a; // [a,b]
```

[0; b-a]

Случайные вещественные числа

```
float a = -10, b = 10;
float X = rand()/RAND_MAX;
```

[0; RAND_MAX]

? Какое число получим?

```
X = 1.*rand()/RAND_MAX; // [0; 1]
```

```
X = float(b-a)*rand()/RAND_MAX; // [0; b-a]
```

Вещественные числа на [a, b]:

```
X = float(b-a)*rand()/RAND_MAX + a;
```

Задачи

«A»: В игре «Русское лото» из мешка случайным образом выбираются бочонки, на каждом из которых написано число от 1 до 90. Напишите программу, которая выводит наугад первые 5 выигрышных номеров.

«B»: + Доработайте программу «Русское лото» так, чтобы все 5 значений гарантированно были бы разными (используйте разные диапазоны).

Задачи

«С»: + Игральный кубик бросается три раза (выпадает три случайных значения). Из этих чисел составляется целое число, программа должна найти его квадрат.

Пример:

```
Выпало очков:
1 2 3
Число 123
Его квадрат 15129
```

Задачи

«D»: + Получить случайное трёхзначное число и вывести в столбик его отдельные цифры.

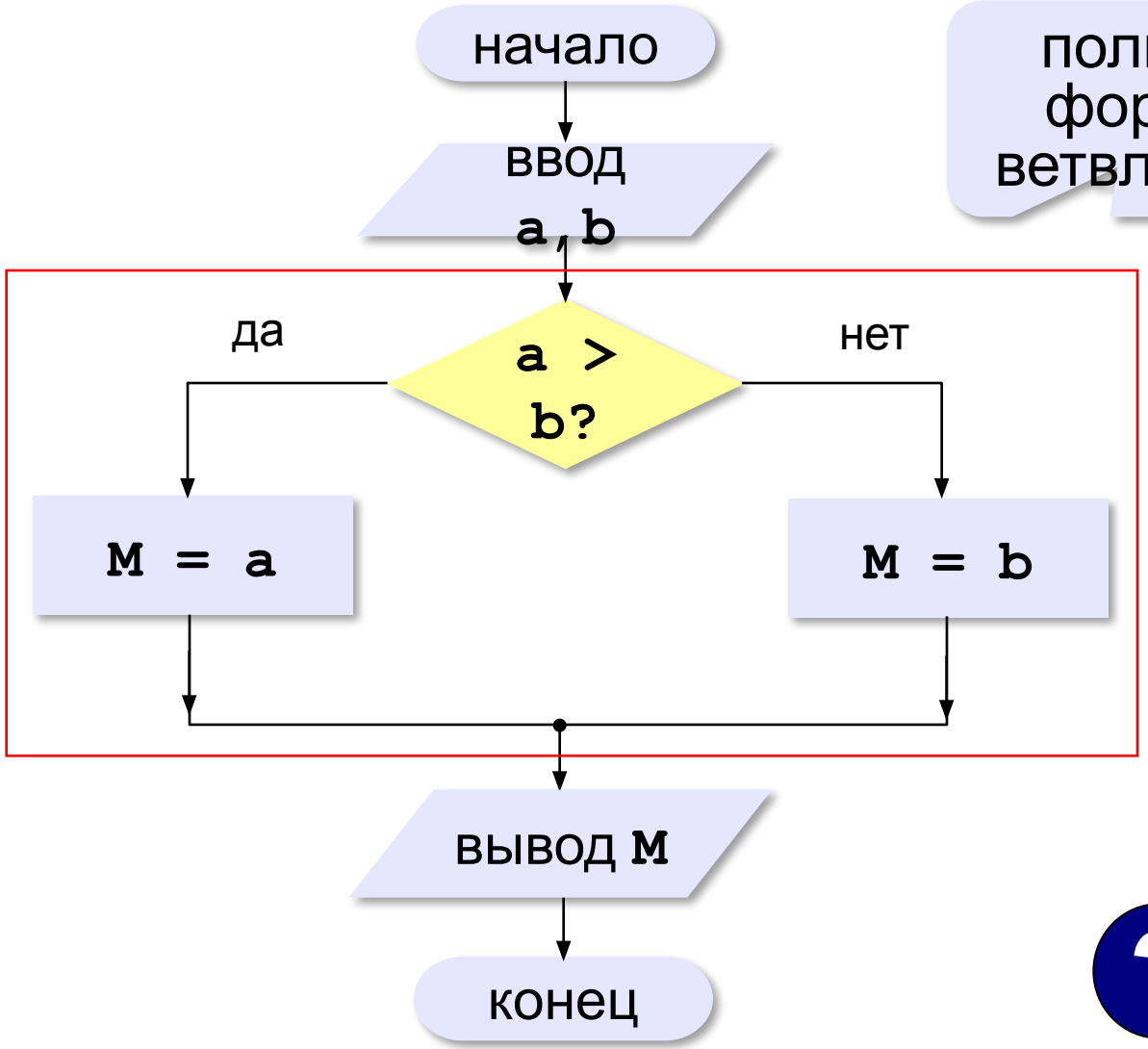
Пример:

```
Получено число 123
сотни: 1
десятки: 2
единицы: 3
```

Программирование (C++)

§ 19. Ветвления

Выбор наибольшего из двух чисел



полная форма ветвления

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

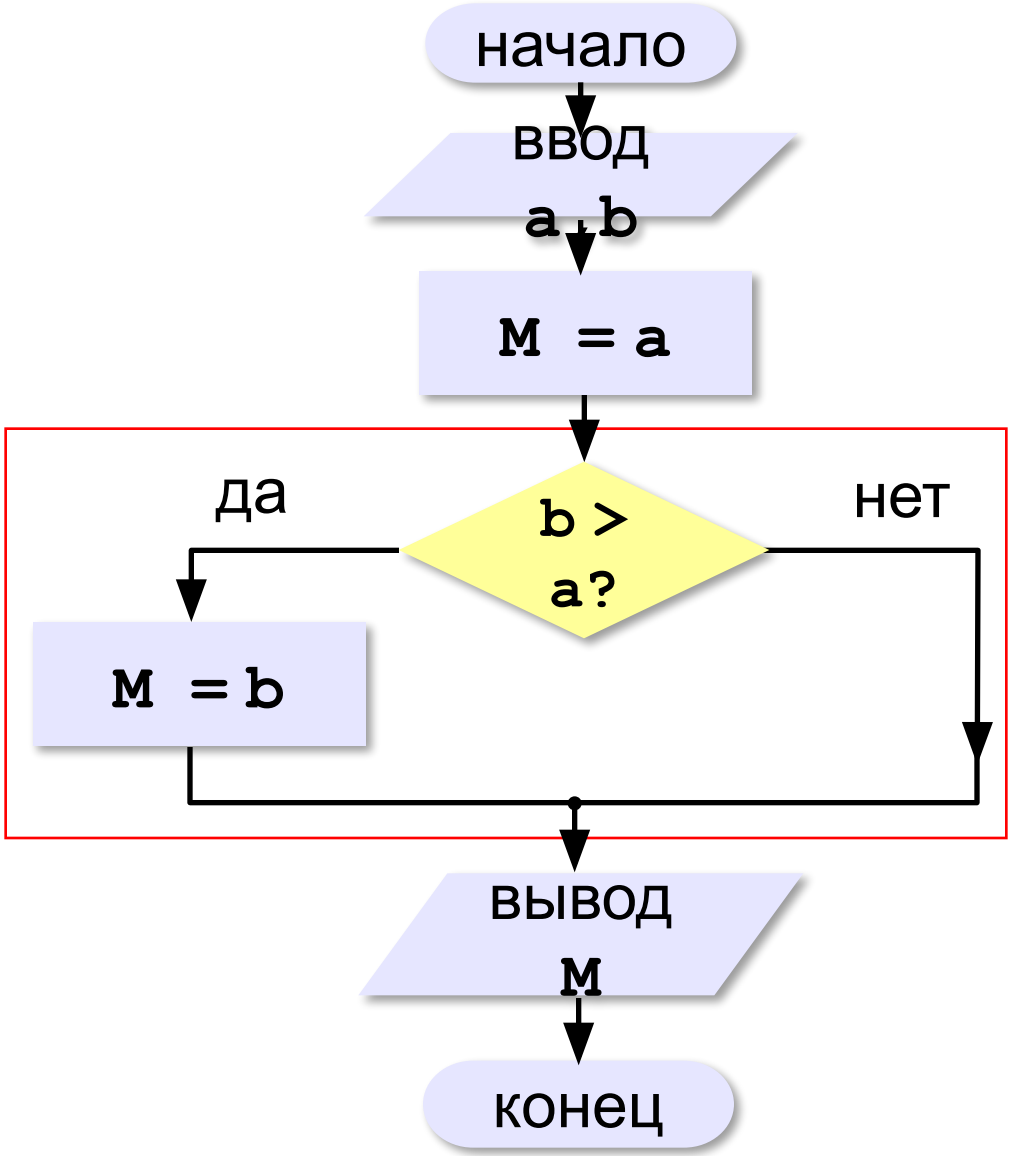
? Если a = b?

Вариант 1. Программа

```
int main()
   {
   int a, b, M;
   cout << "Введите два целых числа:";
   cin >> a >> b;
   if( a > b )
     M = a;
   else
     M = b;
   cout << "Наибольшее число " << M;
   }
```

полная форма условного оператора

Выбор наибольшего из двух чисел-2



неполная форма ветвления

Вариант 2. Программа

```
int main()
   {
   int a, b, M;
   cout << "Введите два целых числа: ";
   cin >> a << b;
   M = a;
   if( b > a )
      M = b;
   cout << "Наибольшее число " << M;
   }
```

неполная форма условного оператора

Примеры

Поиск минимального:

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

? Что плохо?

? Когда работает неверно?

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

? Что делает эта программа?

составной оператор

! Составной оператор (блок) в фигурных скобках!

В других языках программирования

Python:

```
if a < b:
   c = a
   a = b
   b = c
```

Паскаль:

```
if a < b then begin
   c = a;
   a = b;
   b = c;
end;
```

Вложенные условные операторы

Задача. В переменной **a** записан возраст Антона, а в переменной **b** – возраст Бориса. Определить, кто из них старше.

? Сколько вариантов ответа?

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

вложенный условный оператор

else относится к ближайшему **if(**

Задачи

«A»: Ввести два целых числа, найти наибольшее и наименьшее из них.

Пример:

```
Введите два целых числа:
1 5
Наибольшее число 5
Наименьшее число 1
```

«B»: Ввести четыре целых числа, найти наибольшее из них.

Пример:

```
Введите четыре целых числа:
1 5 4 3
Наибольшее число 5
```

Задачи

«C»: 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. Фирма набирает сотрудников от 25 до 40 лет включительно. Ввести возраст человека и определить, подходит ли он фирме (вывести ответ "подходит" или "не подходит").

Особенность: надо проверить, выполняются ли два условия одновременно:

возраст ≥ 25 **возраст ≤ 40**

Можно ли решить известными методами?

Плохое решение

```
int main()
   {
   int v;
   cout << "Введите ваш возраст";
   cin >> v;
   if( v >= 25 )
      if( v <= 40 )
         cout << "Подходит!";
      else
         cout <<"Не подходит.";
   else
      cout <<"Не подходит.";
   }
```

вложенный условный оператор

Хорошее решение (операция «И»)

```
int main()
   {
   int v;
   cout << "Введите ваш возраст";
   cin >> v;
   if( v >= 25 and v <= 40 )
      cout << "Подходит!";
   else
      cout << "Не подходит.";
   }
```

сложное условие

Примеры

Задача. Вывести "Да", если число в переменной a – двузначное.

```
if( 10 <= a and a <= 99 )
  cout << "Да";
```

Задача. Вывести "Да", если число в переменной a – двузначное и делится на 7.

```
if( 10 <= a and a <= 99
            and a % 7 == 0 )
  cout << "Да";
```

Сложные условия

Задача. Самолёт летает по понедельникам и четвергам. Ввести номер дня недели и определить, летает ли в этот день самолёт.

Особенность: надо проверить, выполняется ли **одно из двух** условий:

день = 1 **день = 4**

```
if( d == 1 or d == 4 )
    cout << "Летает";
  else
    cout << "Не летает";
```

сложное условие

Ещё пример

Задача. Фирма набирает сотрудников от 25 до 40 лет включительно. Ввести возраст человека и определить, подходит ли он фирме (вывести ответ "подходит" или "не подходит"). Использовать «ИЛИ».

```
if( x < 25 or x > 40 )
   cout << "Не подходит!";
else
   cout << "Подходит.";
```

Простые и сложные условия

Простые условия (отношения)

равно

```
<    <=    >    >=    ==    !=
```

не равно

Сложное условие – это условие, состоящее из нескольких простых условий (отношений), связанных с помощью логических операций:

- **И** – одновременное выполнение условий

```
x >= 25 and x <= 40
```

- **ИЛИ** – выполнение хотя бы одного из условий

```
x < 25 or x > 40
```

- **НЕ** – отрицание, обратное условие

```
not (x > 25)    ⇔    x <= 25
```

Порядок выполнения операций

- выражения в скобках
- **НЕ (not)**
- **И (and)**
- **ИЛИ (or)**

```
     4     1     6     2     5     3
if( not(a > 2) or c != 5 and b < a )
   {
   ...
   }
```

Сложные условия

Истинно или ложно при `a = 2; b = 3; c = 4;`

```
not (a > b)
```
Да

```
(a < b) and (b < c)
```
Да

```
(a > c) or (b > c)
```
Нет

```
(a < b) and (b > c)
```
Нет

```
(a > c) and (b > d)
```
Нет

```
not(a >= b) or (c == d)
```
Да

```
(a >= b) or not (c < b)
```
Да

```
(a > c) or (b > c) or (b > a)
```
Да

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает три числа - рост трёх спортсменов, и выводит сообщение «По росту.», если они стоят по возрастанию роста, или сообщение «Не по росту!», если они стоят не по росту.

Пример:

```
Введите рост трёх спортсменов:
165 170 172
По росту.
```

Пример:

```
Введите рост трёх спортсменов:
175 170 172
Не по росту!
```

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.
```

Логические переменные

```
bool b;
b = true;  // 1
b = false; // 0
```

только два возможных значения

Пример:

```
bool vyh;
...
vyh = (d == 6) or (d == 7);
...
if( not vyh )
  cout << "Рабочий день.";
else
  cout << "Выходной!";
```

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры целое число и записывает в логическую переменную значение «да» (True), если это число трёхзначное. После этого на экран выводится ответ на вопрос: «Верно ли, что было получено трёхзначное число?».

Пример:

```
Введите число:  165
Ответ: да.
```

Пример:

```
Введите число:  1651
Ответ: нет.
```

Задачи

«B»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры трёхзначное число и записывает в логическую переменную значение «да» (True), если это число – палиндром, то есть читается одинаково слева направо и справа налево. После этого на экран выводится ответ на вопрос: «Верно ли, что введённое число – палиндром?».

Пример:

```
Введите число:  165
Ответ: нет.
```

Пример:

```
Введите число:  656
Ответ: да.
```

Задачи

«С»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры трёхзначное число и записывает в логическую переменную значение «да» (True), если это все его цифры одинаковы. После этого на экран выводится ответ на вопрос: «Верно ли, что все цифры введённого числа одинаковы?»

Пример:

```
Введите число:  161
Ответ: нет.
```

Пример:

```
Введите число:  555
Ответ: да.
```

Экспертная система

Экспертная система — это компьютерная программа, задача которой — заменить человека-эксперта при принятии решений в сложной ситуации.

База знаний = факты + правила writea:

- если у животного есть перья, то это **птица**;
- если животное кормит детенышей молоком, то это — **млекопитающее**;
- если животное — млекопитающее и ест мясо, то это — **хищник.**

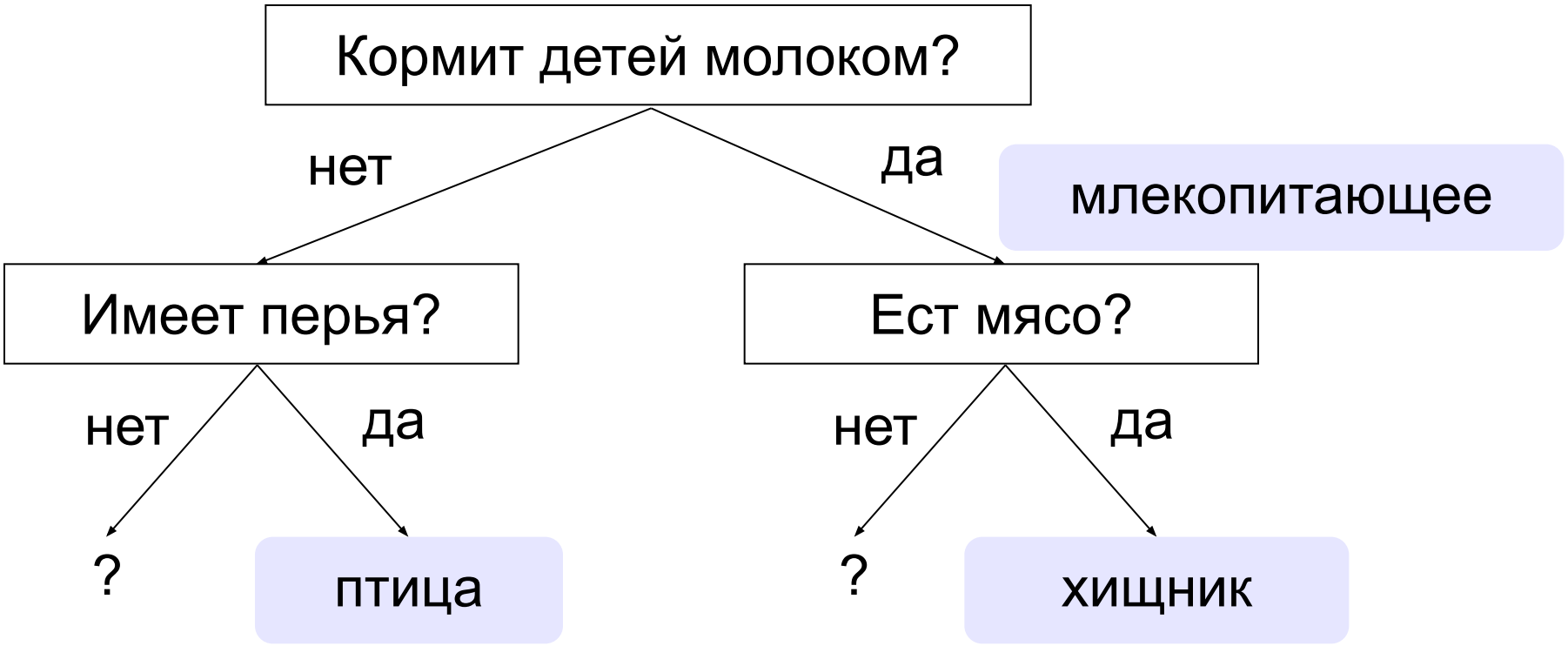
Диалог:

Это животное кормит детей молоком? Нет

Это животное имеет перья? Да

Это **птица**.

Дерево решений



Программирование экспертной системы

Ответы пользователя: **да** и **нет** – символьные строки.

```
string otvet;
...
cout << "Кормит детей молоком? ";
cin >> otvet;
if( otvet == "да" )
   ... // вариант 1
else
   ... //
```

```
// вариант 1
cout << "Млекопитающее.";
cout << "Ест мясо? ";
cin >> otvet;
if( otvet == "да" )
   cout << "Хищник.";
else
   cout << "Не знаю.";
```

Заглавные и строчные буквы

```
string otvet;
...
if( otvet == "да" )
   ...
```

не сработает на "Да"

? Как исправить?

```
if( otvet == "да" or otvet == "Да" )
   ...
```

Программирование (C++)

§ 23. Отладка программ

Виды ошибок

Синтаксические ошибки – нарушение правил записи операторов языка программирования.

Обнаруживаются транслятором.

Логические ошибки – неверно составленный алгоритм.

Отказ (ошибка времени выполнения) – аварийная ситуация во время выполнения программы.

Отладка – поиск и исправление ошибок в программе.

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:

```
x1=-1 x2=-1
```

Реальность:

```
x1=-1 x2=-1
```

Тест 2. $a = 1$, $b = -5$, $c = 6$.

```
x1=3 x2=2
```

```
x1=4.79129 x2=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!

Отладка программы

Тест 1. $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$.

Ожидание:

```
x1=-1 x2=-1
```

Реальность:

```
x1=-1 x2=-1
```

Тест 2. $a = 1$, $b = -5$, $c = 6$.

```
x1=3 x2=2
```

```
x1=3 x2=2
```

Программа работает верно?

Тест 3. $a = 8$, $b = -6$, $c = 1$.

```
x1=0.5 x2=0.25
```

```
x1=32 x2=16
```

```
x1 =(-b+sqrt(D))/(2*a);
x2 =(-b-sqrt(D))/(2*a);
```

Что неверно?

Задачи

«A»: Загрузите программу, которая должна вычислять сумму цифр трёхзначного числа:

```
int N, d1, d2, s;
cin >> "N = ";
cout << N;
d0 = N % 10;
d1 = N % 100;
d2 = N / 100;
d0 + d2 = s
cout << s;
```

Выполните отладку программы:

- исправьте синтаксические ошибки
- определите ситуации, когда она работает неверно
- исправьте логические ошибки.

Задачи

«B»: Доработайте программу из п. A так, чтобы она правильно работала с отрицательными трёхзначными числами: при вводе числа «–123» программа должна выдавать ответ 6.

Задачи

«С»: Загрузите программу, которая должна вычислять наибольшее из трёх чисел:

```
int a, b;
cin >> "a = "; cin >> a;
cout << "b = "; cout << b;
cin >> "c = "; cin >> c;
if( a > b ) M = a;
else M = b;
if( c > b ) M = b;
else M = c;
cout << M;
```

Выполните отладку программы:

- исправьте синтаксические ошибки
- определите ситуации, когда она работает неверно
- исправьте логические ошибки.

Программирование (C++)

§ 20. Программирование циклических алгоритмов

Зачем нужен цикл?

Задача. Вывести 5 раз «Привет!».

```
cout << "Привет";
cout << "Привет";
cout << "Привет";
cout << "Привет";
cout << "Привет";
```

А если 5000?

Цикл «N раз»:

```
// сделай 5 раз
  cout << "Привет";
```

В C++ нет такого цикла! ☹

Как организовать цикл?

Нужно запоминать, сколько раз цикл уже выполнен!

```
// счётчик = 0
// пока счётчик < 5
   cout << "Привет";
   // счётчик = счётчик + 1
```

ещё не делали

сделали ещё раз

```
int count = 0;
while( count < 5 ) {
   cout << "Привет";
   count++;
   }
```

составной оператор

Как организовать цикл?

Идея: запоминать, сколько шагов осталось.

```
int count = 5;
while( count > 0 ) {
   cout << "Привет";
   count--;
   }
```

Цикл с предусловием

- условие проверяется при входе в цикл
- как только условие становится ложным, работа цикла заканчивается
- если условие ложно в самом начале, цикл не выполняется **ни разу**

```
while( условие ) {
   ...
   }
```

тело цикла

? Если условие никогда не станет ложно?

```
while( 1 ) {
   ...
   }
```

бесконечный цикл (зацикливание)

Сумма цифр числа

Задача. Вычислить сумму цифр введённого числа.

123 → 1 + 2 + 3 = 6

Выделить последнюю цифру числа в переменной N:

```
d = N % 10;
```

123 → 3

Отбросить последнюю цифру числа в переменной N:

```
N = N / 10;
```

123 → 12

Добавить к переменной sum значение переменной d:

```
sum = sum + d;
```

$sum = 6 \rightarrow 6 + 4 = 10$

$d = 4$

или

```
sum += d;
```

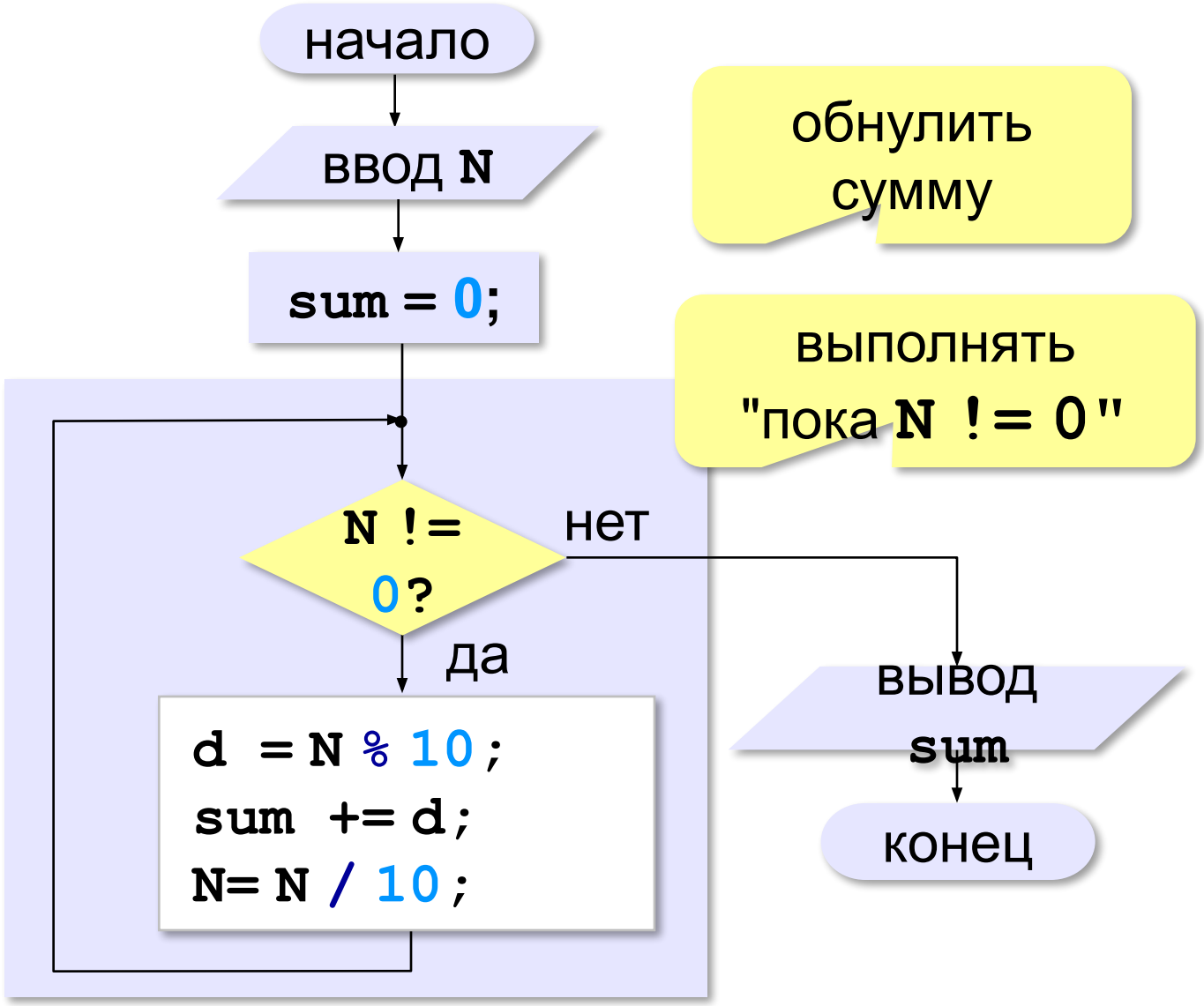
Сумма цифр числа

- выделяем последнюю цифру числа (`%`)
- увеличиваем сумму на значение цифры (**`sum+=d;`**)
- отсекаем последнюю цифру числа (`/`)

N	d	sum
123		0

начальные значения

Сумма цифр числа



Сумма цифр числа

```
int main() {
   int N, d, sum;
   cout << "Введите целое число";
   cin >> N;
   sum = 0;
   while( N != 0 ) {
      d = N % 10;
      sum += d;
      N= N / 10;
      }
   cout << "Сумма цифр числа " <<
         << " равна" << sum;
   }
```

, N1

N1= N;

N1

? Что плохо?

Задачи

«A»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры количество повторений и выводит столько же раз какое-нибудь сообщение.

Пример:

```
Сколько раз повторить? 3
Привет!
Привет!
Привет!
```

«B»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры натуральное число и определяет, сколько раз в его десятичной записи встречается цифра 1.

Пример:

```
Введите число? 311
Единиц: 2
```

Задачи

«C»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры натуральное число и находит наибольшую цифру в его десятичной записи.

Пример:

```
Введите число: 311
Наибольшая цифра: 3
```

«D»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры натуральное число и определяет, есть ли в его десятичной записи одинаковые цифры, стоящие рядом.

Пример:

```
Введите число: 553
Ответ: да.
```

```
Введите число: 535
Ответ: нет.
```

Алгоритм Евклида

Задача. Найти наибольший общий делитель (НОД) двух натуральных чисел.

Заменяем большее из двух чисел разностью большего и меньшего до тех пор, пока они не станут равны. Это и есть НОД.

```
НОД(a,b) = НОД(a-b, b)
         = НОД(a, b-a)
```

Евклид
(365-300 до. н. э.)

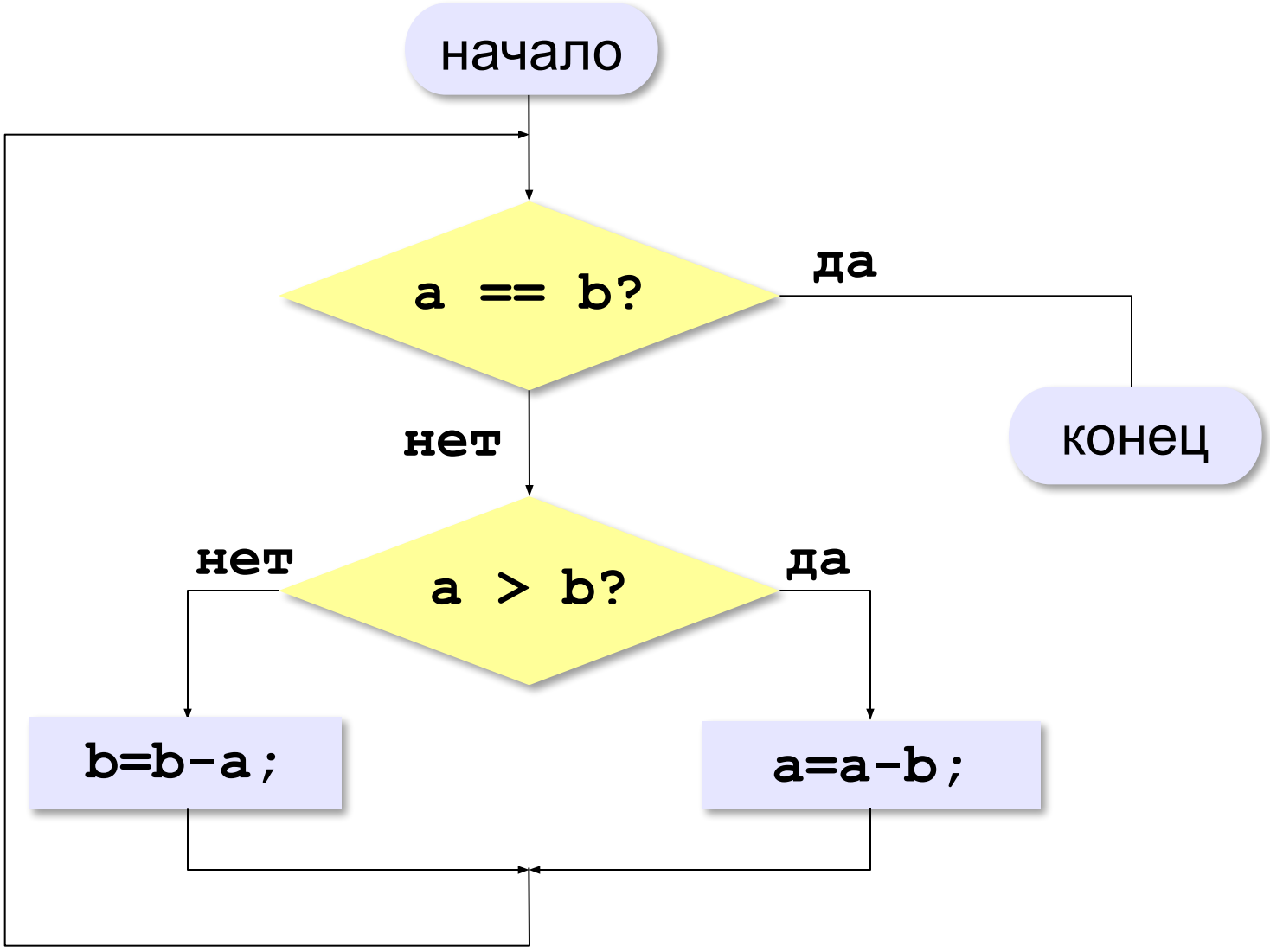
Пример:

```
НОД (14, 21) = НОД (14, 21-14) = НОД (14, 7)
             = НОД (7, 7) = 7
```

много шагов при большой разнице чисел:

```
НОД (1998, 2) = НОД (1996, 2) = … = 2
```

Алгоритм Евклида



Алгоритм Евклида

```
while( a != b )
  if( a > b )
    a = a - b;
  else
    b = b - a;
```

? Где будет НОД? Как его вывести?

? Как вывести НОД в формате НОД(14,21) = 7?

? А без дополнительных переменных?

Модифицированный алгоритм Евклида

Заменяем большее из двух чисел **остатком от деления** большего на меньшее до тех пор, пока меньшее не станет **равно нулю**. Тогда большее — это НОД.

```
НОД(a,b)=НОД(a%b, b)
        =НОД(a, b%a)
```

Пример:

```
НОД (14, 21) = НОД (14, 7) = НОД (0, 7) = 7
```

Модифицированный алгоритм

```
while( a != 0 and b != 0)
  if( a > b )
    a = a % b;
  else
    b = b % a;
```

? Где будет НОД? Как его вывести?

```
if( a != 0 )
  cout << a;
else
  cout << b;
```

→ `cout << a+b ;`

В других языках программирования

Python:

```
while a!=0 and b!=0:
  if a > b:
    a = a % b
  else:
    b = b % a
```

Паскаль:

```
while(a<>0 and b<>0) do
  if( a > b )
    a = a mod b;
  else
    b = b mod a
```

Задачи

«A»: Ввести с клавиатуры два натуральных числа и найти их НОД с помощью алгоритма Евклида.

Пример:

```
Введите два числа:
21 14
НОД(21,14)=7
```

«B»: Ввести с клавиатуры два натуральных числа и найти их НОД с помощью **модифицированного** алгоритма Евклида. Заполните таблицу:

a	64168	358853	6365133	17905514	549868978
b	82678	691042	11494962	23108855	298294835
НОД(a,b)					

Задачи

«С»: Ввести с клавиатуры два натуральных числа и сравнить количество шагов цикла для вычисления их НОД с помощью обычного и модифицированного алгоритмов Евклида.

Пример:

```
Введите два числа:
1998 2
НОД(1998,2)=2
Обычный алгоритм: 998
Модифицированный: 1
```

Обработка потока данных

Задача. На вход программы поступает поток данных — последовательность целых чисел, которая **заканчивается нулём**. Требуется найти сумму элементов этой последовательности.

```
while( x != 0 ) {
   // добавить x к сумме
   // x = следующее число
   }
```

? Откуда возьмётся **x** в первый раз?

Обработка потока данных

```
int x, sum;
...
sum = 0;
cin >> x; // ввести первое число
while( x != 0 ) {
   sum += x;
   cin >> x; // ввести следующее
   }
cout << "Сумма " << sum;
```

? Как найти сумму положительных?

Задачи

«A»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Определить, сколько получено чисел, которые делятся на 3.

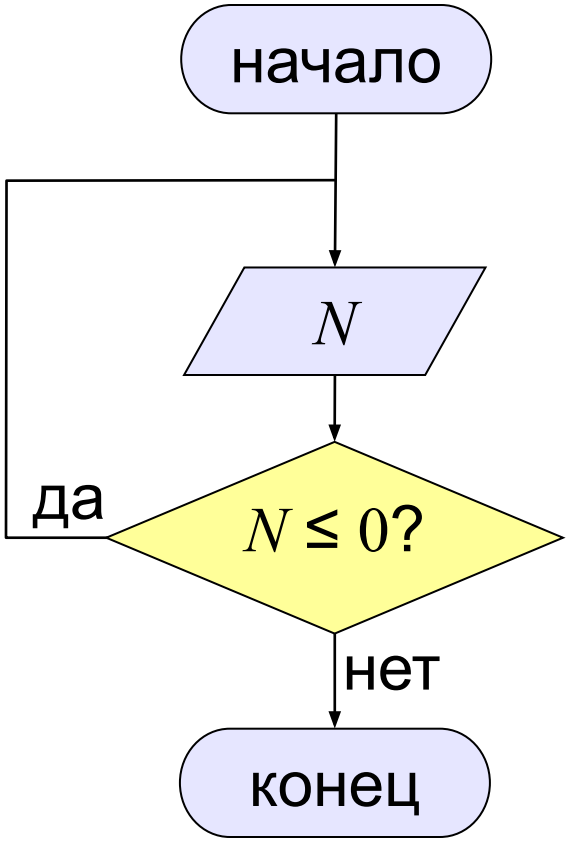
«B»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Определить, сколько получено двузначных чисел, которые заканчиваются на 3.

«C»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Найти максимальное из введённых чётных чисел.

Цикл с постусловием

- условие проверяется **после** завершения очередного шага цикла
- цикл всегда выполняется хотя бы один раз
- как только условие становится **истинным**, работа цикла заканчивается

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



Задачи

«A»: Напишите программу, которая предлагает ввести пароль и не переходит к выполнению основной части, пока не введён правильный пароль. Основная часть – вывод на экран «секретных сведений».

«B»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры натуральное число, которое больше 1, и определяет, простое оно или нет. Для этого нужно делить число на все натуральные числа, начиная с 2, пока не получится деление без остатка.

«C»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры два целых числа и вычисляет их произведение, используя только операции сложения.

Задачи

«D»: Напишите программу, которая получает с клавиатуры натуральное число и вычисляет целый квадратный корень из него – наибольшее число, квадрат которого не больше данного числа.

Цикл по переменной

Задача. Вывести на экран степени числа 2 от 2^1 до 2^{10}.

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

Работа с **k** в трёх местах!

Идея:

собрать всё вместе.

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

Цикл по переменной

Задача. Найти сумму чисел от 1 до 1000.

```
int sum = 0;
for( int i=1; i<=1000; i++ )
   sum += i;
```

переменная нужна только в цикле

Задача. Вывести квадраты чисел от 10 до 1 по убыванию.

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

Цикл по переменной

Задача. Найти сумму чётных чисел от 2 до 1000.

```
int sum = 0;
for( int i=2; i<=1000; i++ )
   if( i % 2 == 0 )
      sum += i;
```

В других языках программирования

Python:

```
Sum = 0
for i in range(1, 1001):
 Sum += i
```

диапазон [1;1001)

Паскаль:

```
var sum, i: integer;
sum := 0;
for i:=1 to 1000 do
   sum := sum + i;
```

Задачи

«A»: Ипполит задумал трёхзначное число, которое при делении на 15 даёт в остатке 11, а при делении на 11 даёт в остатке 9. Напишите программу, которая находит все такие числа.

«B»: С клавиатуры вводится натуральное число N. Программа должна найти факториал этого числа (обозначается как N!) – произведение всех натуральных чисел от 1 до N. Например,

5! = 1 • 2 • 3 • 4 • 5 = 120.

«C»: 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.

Программирование (C++)

§ 21. Массивы

Что такое массив?

Как ввести 10000 переменных?

Массив – это группа переменных одного типа, расположенных в памяти рядом (в соседних ячейках) и имеющих общее имя.

Надо:

- выделять память
- записывать данные в нужную ячейку
- читать данные из ячейки

Выделение памяти (объявление)

Массив = **таблица**!

количество элементов

начальные значения

```
int A[5] = {1, 2, 0, 8, 5};
float V[6] = {1.2, 4.3};
```

остальные - нули

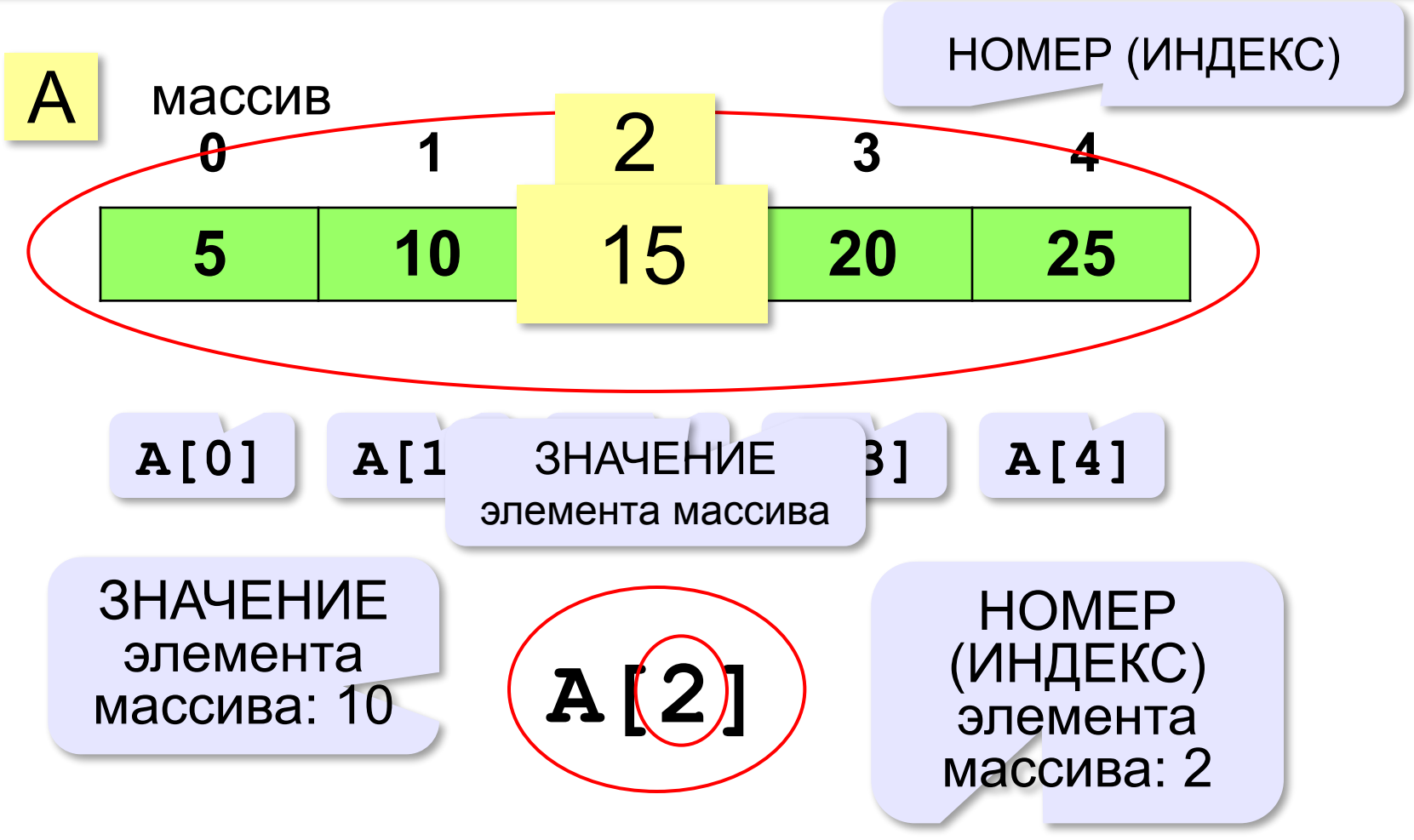
Зачем?

```
const int N = 10;
int A[N];
```

размер через константу

Обращение к элементу массива

Индекс элемента — это значение, которое указывает на конкретный элемент массива.



Что неправильно?

```
int A[10];
...
A[5] = 4.5;
A[15] = 8;
A[1] = "Вася";
```

дробная часть будет отброшена!

за границами массива!

недопустимый тип данных!

Обращение к элементу массива

0	1	2	3	4
23	12	7	43	51

```
int i = 2;
A[2]= A[i-1] + 2*A[i] + A[2*i];
cout << A[i] + A[i+2];
```

? Что получится?

```
A[2]= A[1] + 2*A[2] + A[4];
cout << A[2] + A[4];
```

77

128

Что неверно?

```
int A[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int x = 2;
cout << A[x-3];
A[x+4]=A[x-1]+A[2*x];
```

```
cout << A[-1];
A[6]=A[1]+A[4];
```

? Что плохо?

Выход за границы массива — это обращение к элементу с индексом, который не существует в массиве.

Перебор элементов массива

```
const int N = 10;
int A[N];
```

Перебор элементов: просматриваем все элементы массива и, если нужно, выполняем с каждым из них некоторую операцию.

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

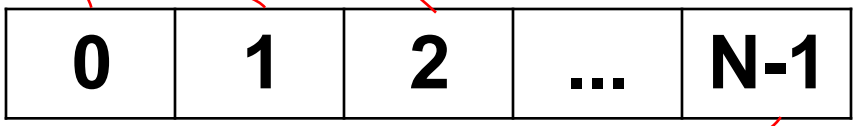
Заполнение массива

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

? Что произойдёт?

В развёрнутом виде

```
A[0]= 0;
A[1]= 1;
A[2]= 2;
...
A[N-1]= N-1;
```



? Как заполнить с 1?

```
A[i] = i+1;
```

Заполнение массива в обратном порядке

N	...	3	2	1

```
A[0]= N;
A[1]= N-1;
A[2]= N-2;
...
A[N]= 1;
```

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

? Как меняется X?

X = N, N-1, …, 2, 1

начальное значение

уменьшение на 1

Заполнение массива в обратном порядке

N	...	3	2	1

```
A[i]= X;
```

? Как связаны `i` и `X`?

i	X
0	N
1	N-1
2	N-2
...	...
N-1	1

+1

–1

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

! Сумма `i` и `X` не меняется!

```
i + X = N
X = N - i
```

Вывод массива на экран

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

интервал между значениями

или так:

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

в столбик

или так:

```
cout << "[";
for(int i=0; i<N; i++)
  cout << A[i] << ",";
cout << "]";
```

```
[1,2,3,4,5,]
```

Ввод с клавиатуры

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

Что плохо?

С подсказкой для ввода:

```
for(int i=0; i<N; i++) {
   cout << "A[",i,"]=";
   cin >> A[i];
   }
```

```
A[1] = 5
A[2] = 12
A[3] = 34
A[4] = 56
A[5] = 13
```

В других языках программирования

Python:

```
A = [0]*N
for i in range(N):
  A[i] = i + 1
print(A)
```

Нумерация элементов всегда с нуля!

Паскаль:

```
var A: array[0..N-1] of integer;
var i: integer;
for i:=0 to N-1 do
  A[i]:= i + 1;
for i:=0 to N-1 do
  write( A[i], " " );
```

Нумерация элементов с любого значения!

Задачи

«A»: а) Заполните все элементы массива из 10 элементов значением *X* , введённым с клавиатуры.

б) Заполните массив из 10 элементов последовательными натуральными числами, начиная с *X* (значение *X* введите с клавиатуры).

«B»: а) Заполните массив из 10 элементов натуральными числами в порядке убывания. Значение X вводится с клавиатуры. Последний элемент должен быть равен *X*, предпоследний равен *X*+1 и т.д.

б) Заполните массив из 10 элементов степенями числа 2 (от 2^1 до 2^N), так чтобы первый элемент был равен 2, второй – 4, третий – 8 и т.д.

Задачи

«C»: а) Заполните массив из 10 элементов степенями числа 2, начиная с конца, так чтобы последний элемент массива был равен 1, а каждый предыдущий был в 2 раза больше следующего.

б) С клавиатуры вводится целое число *X*. Заполните массив из 11 элементов целыми числами, так чтобы средний элемент массива был равен *X*, слева от него элементы стояли по возрастанию, а справа – по убыванию. Соседние элементы отличаются на единицу. Например,
при *X* = 3 массив из 5 элементов заполняется так: 1 2 3 2 1.

Заполнение случайными числами

```
#include <random>
...
for(int i=0; i<N; i++){
  A[i] = 20 + rand() % 81;
  cout << A[i] << " ";
  }
```

? Какой отрезок?

сразу вывод на экран

Задачи-2

«A»: Напишите программу, которая заполняет массив из 10 элементов случайными числами в диапазоне [0,10], выводит его на экран, а затем выводит на экран квадраты всех элементов массива.

Пример:

```
Массив: 5 6 2 3 1 4 8 7
    Квадраты: 25 36 4 9 1 16 64 49
```

«B»: Напишите программу, которая заполняет массив из 10 элементов случайными числами в диапазоне [100,300] и выводит его на экран. После этого на экран выводятся средние цифры (число десятков) всех чисел, записанных в массив.

Пример:

```
Массив: 142 224 135 257 167 295 126 223 138 270
    Число десятков: 4 2 3 5 6 9 2 2 3 7
```

Задачи-2

«С»: Напишите программу, которая заполняет массив из 10 элементов случайными числами в диапазоне [100,500] и выводит его на экран. После этого на экран выводятся суммы цифр всех чисел, записанных в массив.

Пример:

```
Массив: 162 425 340 128 278 195 326 414 312 177
   Суммы цифр: 9 11 7 11 17 15 11 9 6 15
```

Программирование (C++)

§ 22. Алгоритмы обработки массивов

Сумма элементов массива

Задача. Найти сумму элементов массива.

```
const int N = 10;
int A[N] = {};  // все нули
```

Какие переменные нужны?

5	2	8	3	1

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

i	sum
	0
1	5
2	7
3	15
4	18
5	19

Сумма не всех элементов массива

Задача. Найти сумму чётных элементов массива.

Что делаем с нечётными?

```
int sum = 0;
for(int i=0; i<N; i++)
   if( A[i] % 2 == 0 )
      sum += A[i];
cout << sum;
```

Задачи

«A»: Напишите программу, которая заполняет массив из 10 элементов случайными числами на отрезке [–5; 5] и находит сумму положительных элементов.

«B»: Напишите программу, которая заполняет массив из 10 элементов случайными числами на отрезке [–2; 2] и находит произведение ненулевых элементов.

«C»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [100; 1000] и находит отдельно сумму элементов в первой и во второй половинах массива.

Подсчёт элементов по условию

Задача. Найти количество чётных элементов массива.

Какие переменные нужны?

```
int count = 0;
for(int i=0; i<N; i++)
   if( A[i] % 2 == 0 )
      count++;
cout << count;
```

переменная-счётчик

Что тут делаем?

Среднее арифметическое

Задача. Найти среднее арифметическое элементов массива, которые больше 180 (рост в см).

```
int sum = 0;
for(int i=0; i<N; i++)
  if( A[i] > 180 )
    sum += A[i];
cout << sum / N;
```

? Что плохо?

- нужно считать подходящие элементы
- результат может не быть целым числом

Среднее арифметическое

Задача. Найти среднее арифметическое элементов массива, которые больше 180 (рост в см).

? Какие переменные нужны?

```
int sum = 0, count = 0;
for( int i=0; i<N; i++ )
  if( A[i]>180 ) {
    count++;
    sum += A[i];
    }
cout << float(sum)/count;
```

? Что тут делаем?

или `float sum = 0;`

Задачи

«A»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [0; 200] и считает число элементов, которые делятся на 10.

«B»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [0; 200] и считает число двузначных чисел в массиве.

«C»: Напишите программу, которая заполняет массив из 20 элементов случайными числами на отрезке [10; 100] и считает число пар соседних элементов, сумма которых делится на 3.

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

Как это записать?

```
сумма = 0;
пока не введён 0
  если число оканчивается на "5" то
     сумма += число
```

```
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

«A»: На вход программы поступает неизвестное количество целых чисел, ввод заканчивается нулём. Определить, сколько получено чисел, которые делятся на 3.

«B»: 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

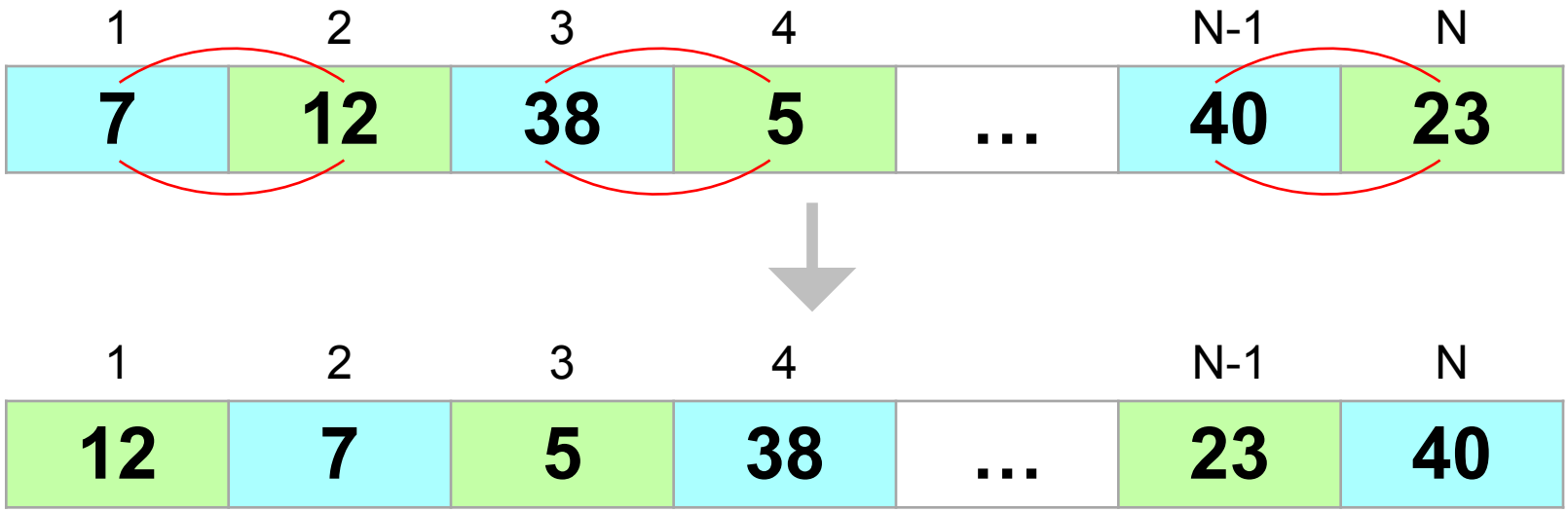
```
c = a;
a = b;
b = c;
```

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

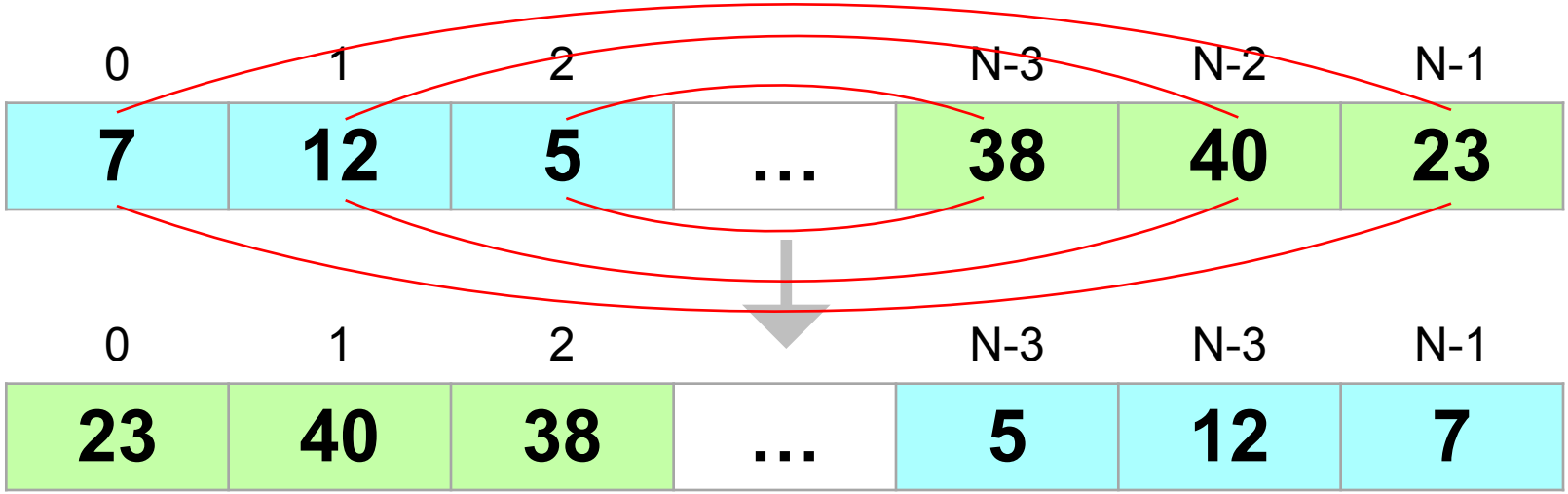
«шагаем» через один

```
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]↔A[1], A[2]↔A[3], …, A[N-2]↔A[N-1]

Реверс массива

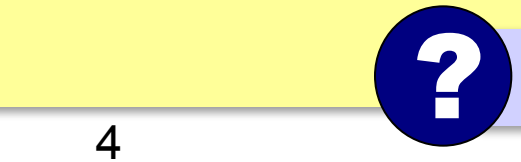
Задача. Переставить элементы массива в обратном порядке (выполнить *реверс*).




```
A[0]↔A[N-1]      0+N-1 = N-1
A[1]↔A[N-2]      1+N-2 = N-1
A[i]↔A[N-1-i]    i+??? = N-1
A[N-1]↔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]
   }
```



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	

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. иллюстрации художников издательства «Бином»
2. авторские материалы