Программирование (Паскаль)

§ 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 (Паскаль)

§ 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

название программы

```
program qq;
begin  { начало программы }
       { тело программы   }
end.   { конец программы  }
```

комментарии внутри {}
не обрабатываются

? Что делает эта программа?

Вывод на экран

```
program Hello;
begin
  write('Привет!');
end.
```

оператор вывода

Оператор — это команда языка программирования.

~~`write('Привет', Вася!);`~~

? Что плохо?

```
write('Привет, Вася!');
```

вся строка в апострофах

Переход на новую строку

```
write('Привет, Вася!');
write('Привет, Петя!');
```

ожидание:

```
Привет, Вася!
Привет, Петя!
```

реальность:

```
Привет, Вася!Привет, Петя!
```

решение:

```
writeln('Привет, Вася!');
writeln('Привет, Петя!');
```

и перейти на новую строку

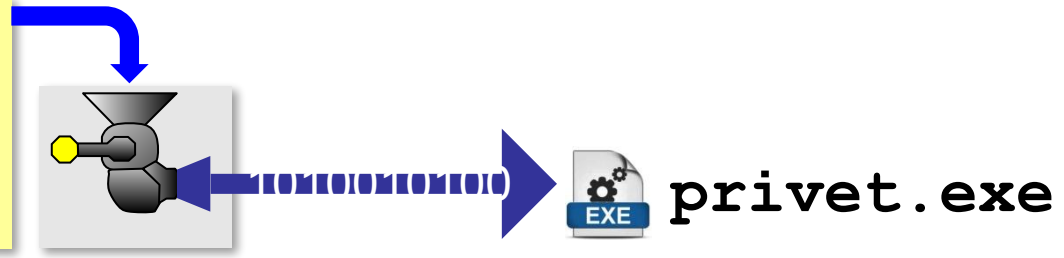
Системы программирования

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**)

```
program Hello;
begin
 write('Привет!');
end.
```



- **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 (Паскаль)

§ 18. Линейные программы

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

Пример задачи

Задача. Ввести два числа и вычислить их сумму.

```
program Sum;
begin
   { ввести два числа }
   { вычислить их сумму }
   { вывести сумму на экран }
end.
```

? Выполнится?

Псевдокод – алгоритм на русском языке с элементами языка программирования.

! Компьютер не может исполнить псевдокод!

Зачем нужны переменные?

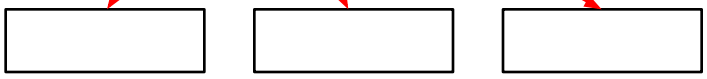
```
program Sum;
begin
   { ввести два числа }
   { вычислить их сумму }
   { вывести сумму на экран }
end.
```

Где запомнить?

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

```
var a, b, c: integer;
```

объявление переменных



ячейки памяти

Имена переменных

Идентификатор — это имя программы или переменной.

```
var a, b, c: integer;
```

заглавные и строчные буквы **НЕ 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

Работа с переменными

Присваивание (запись значения)

```
a := 5;
```

оператор присваивания

a ← 5

```
a := 5;
a := 18;
```

? Что будет храниться в *a*?

Вывод на экран

```
write(a);
```

? В чём разница?

```
c:= 14;
write(c);
```

14

```
c:= 14;
write('c');
```

c

Работа с переменными

Изменение значения

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

увеличить на 1

```
i ← i + 1
```

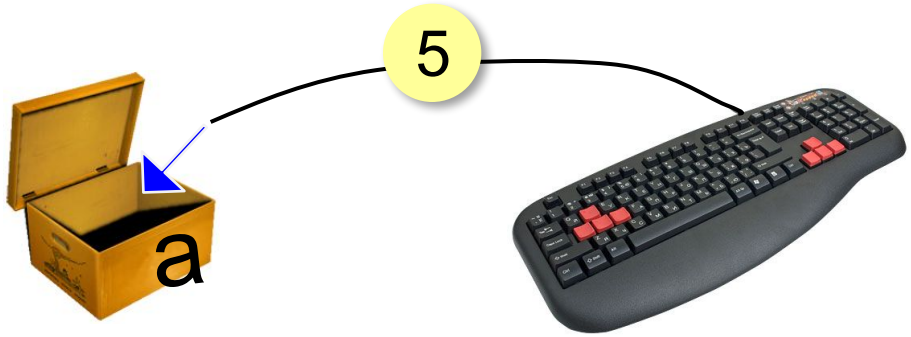
```
a:= 4;
b:= 7;
a:= a + 1;
b:= b + 1;
a:= a + b;
b:= b + a;
a:= a + 2;
b:= b + a;
```

a	b
4	
	7
5	
	8
13	
	21
15	
	36

Ввод с клавиатуры

Цель – изменить исходные данные, не меняя программу.

```
read(a);
```

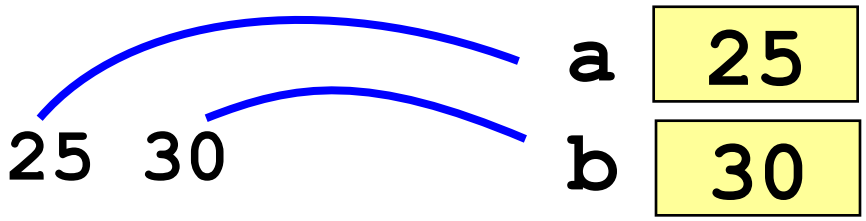


1. Программа ждет, пока пользователь введет значение и нажмет *Enter*.
2. Введенное значение записывается в переменную **a**.

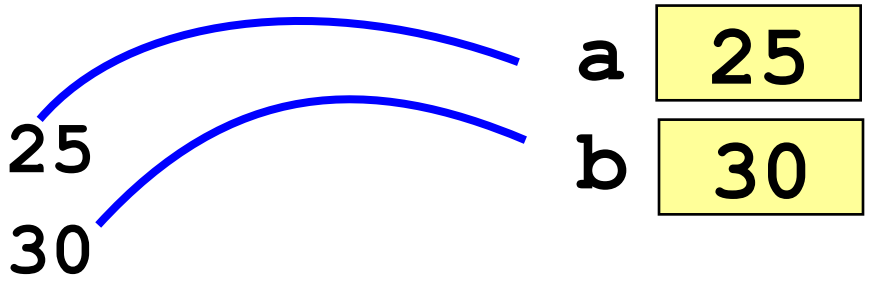
Ввод с клавиатуры

```
read(a, b);
```

через пробел:



через *Enter*:



Программа сложения чисел

```
program Sum;
var a, b, c: integer;
begin
  read(a, b); { ввести два числа }
  c:= a + b;  { вычислить их сумму }
  write(c) { вывести сумму на экран }
end.
```

? Что плохо?

ожидание:

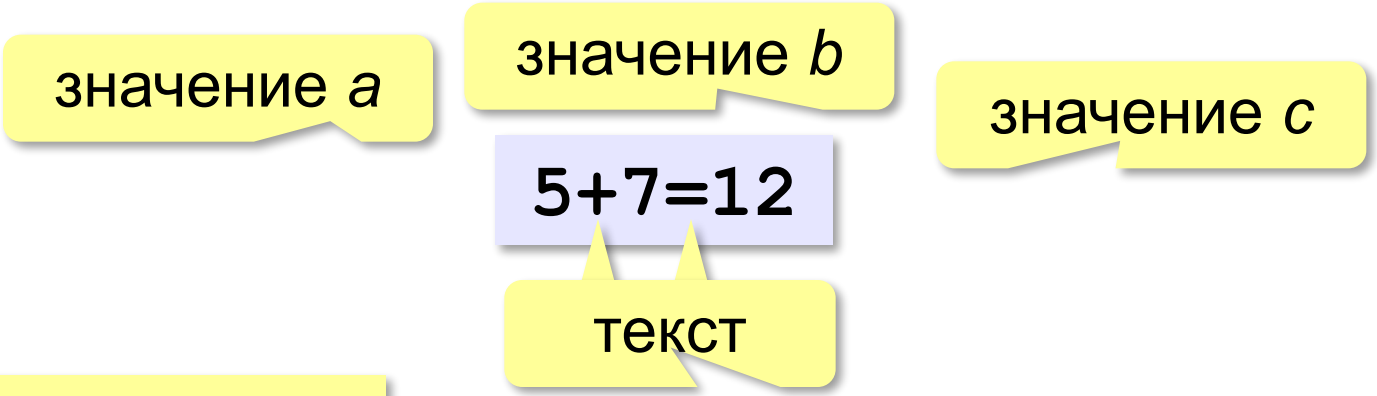
```
Введите два числа: 5 7
5+7=12
```

реальность:

```
5 7
12
```

? Как улучшить диалог?

write(данных с текстом




```
write(a);
write('+');
write(b);
write('=');
write(c);
```

→

```
write(a, '+', b, '=', c);
```

Программа сложения чисел

```
program Sum;
var a, b, c: integer;
begin
  write('Введите два числа: ');
  read(a, b);
  c:= a + b;
  write(a, '+', b, '=', c)
end.
```

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

****** – возведение в степень ($x^2 \rightarrow$ **x**2**)

```
var x, a, b: integer;
read(a, b);
x:= a / b;
```

```
var x: real;
```

? Что плохо?

Порядок выполнения операций

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

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

Частное и остаток

div – деление нацело (остаток отбрасывается)

mod – остаток от деления

175 сек = 2 мин 55 сек

Как получить 2 и 55?

```
var t, m, s: integer;
t:= 175;
m:= t div 60;
s:= t mod 60;
```

Частное и остаток

Что получится?

```
n:= 123
d:= n div 10;
k:= n mod 10;
```

При делении на 10 нацело отбрасывается последняя цифра числа.

Остаток от деления на 10 – это последняя цифра числа.

Форматный вывод

```
var a, b, c: integer;
a:=1; b:=2; c:=3;
write(a, b, c);
```

→ 123

```
write(a,' ',b,' ',c);
```

→ 1 2 3

```
write(a, b:3, c:5);
```

→ 1␣␣2␣␣␣␣3

3 5

количество знаков на вывод числа

? 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

```
var x: real;
x:=12.34567891234;
write(x);
```

вариант:

```
12.345679
```

6 — по умолчанию

```
write(x:10:3);
```

```
____12.346
```

10 — всего на число; 3 — в дробной части

```
write(x:8:2);
```

```
___12.34
```

```
write(x:2:2);
```

```
12.34
```

```
write(x:0:1);
```

```
12.3
```

минимально возможное

Научный формат чисел

```
var x: real;
x:=123456789;
write(x);
```

→ `1.234568e+008`

$1{,}234568 \cdot 10^{8}$

```
var x: real;
x:=0.0000123456789;
write(x);
```

→ `1.234568e-005`

$1{,}234568 \cdot 10^{-5}$

количество знаков может отличаться

Операции с вещественными числами

trunc – целая часть числа (дробная часть отбрасывается)

round – округление к ближайшему целому

frac – дробная часть

```
x:= 1.6;
write(trunc(x));
```
→ 1

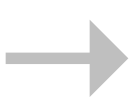
```
write(round(x));
```
→ 2

```
write(frac(x));
```
→ 0.6

Операции с вещественными числами

sqrt – квадратный корень

```
x:= 2.25;
write(sqrt(x));
```



```
1.5
```

Операции с вещественными числами

1/3 = 0,33333…

бесконечно много знаков

Большинство вещественных чисел хранятся в памяти компьютера с ошибкой!

```
var x, y, z: real;
x:= 1/2;
y:= 1/3;
z:= 5/6;  { 5/6=1/2+1/3 }
write(x+y-z);
```

```
-1.110223e-016
```

Задачи

«А»: 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

Целые числа на отрезке:

```
цел K, L
K:= irand(1, 6)  | отрезок [0,6]
L:= irand(1, 6)  | это уже другое число!
```

англ. *integer* – *целый*
random – случайный

Вещественные числа в полуинтервале:

```
цел x, y
x:= rand(0, 10)  | полуинтервал [0,10)
y:= rand(0, 10)  | это уже другое число!
```

Датчик случайных чисел

Целые числа на отрезке:

random – случайный

```
var K, L, M: integer;
K:= random(6);    { отрезок [0,5] }
L:= random(6)+1;  { отрезок [1,6] }
M:= random(b-a+1)+a; { отрезок [a,b] }
```

Вещественные числа в полуинтервале:

```
var x, y, z, w: real;
x:= random; { полуинтервал [0,1) }
y:= 7*random; { [0,7) }
z:= 7*random + 5; { [5,12) }
w:= (b-a)*random + a; { [a,b) }
```

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.

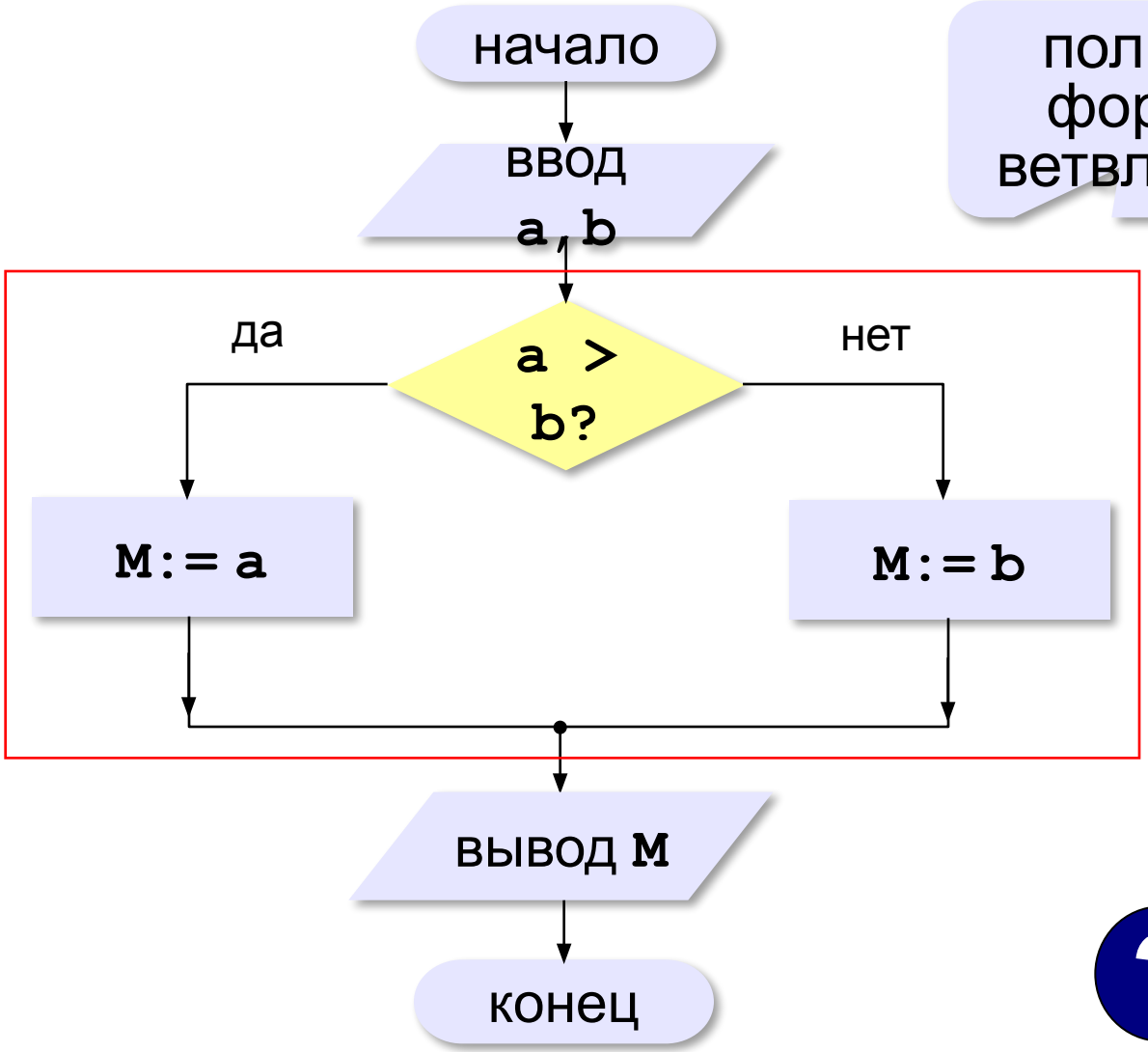
Пример:

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

Программирование (Паскаль)

§ 19. Ветвления

Выбор наибольшего из двух чисел



полная форма ветвления

```
if a > b then
  M:= a
else
  M:= b;
```

? Если a = b?

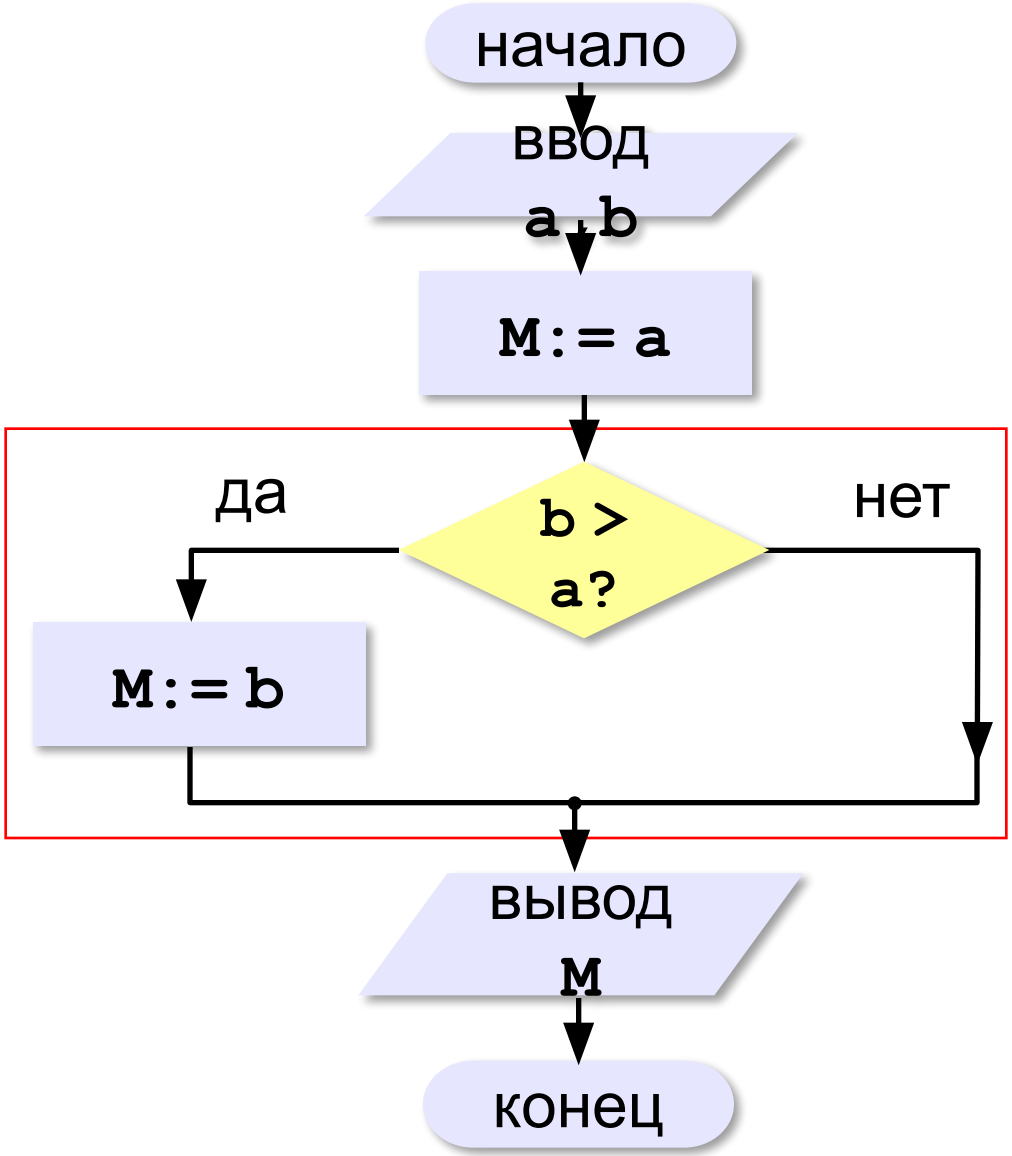
Вариант 1. Программа

```
program Maximum;
var a, b, M: integer;
begin
  writeln('Введите два целых числа');
  read(a, b);
  if a > b then
    M:= a
  else
    M:= b;
  writeln('Наибольшее число ', M);
end.
```

полная форма условного оператора

Перед **else** не ставится точка с запятой!

Выбор наибольшего из двух чисел-2



неполная форма ветвления

Вариант 2. Программа

```
program Maximum2;
var a, b, M: integer;
begin
  writeln('Введите два целых числа');
  read(a,b);
  M:=a;
  if b > a then
    M:=b;
  writeln('Наибольшее число ', M);
end.
```

неполная форма условного оператора

Примеры

Поиск минимального:

```
if a < b then
  M:= a;
if b < a then
  M:= b;
```

? Что плохо?

? Когда работает неверно?

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

? Что делает эта программа?

составной оператор

! Перед end можно не ставить точку с запятой!

В других языках программирования

Python:

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

C:

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

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 then
    writeln('Одного возраста')
  else
    if a > b then
      writeln('Андрей старше' )
    else
      writeln('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

«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. 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

```
program Work;
var x: integer;
begin
  writeln('Введите ваш возраст');
  read(x);
  if x >= 25 then
    if x <= 40 then
      write('Подходит!')
    else
      write('Не подходит.')
  else
    write('Не подходит.');
end.
```

вложенный условный оператор

Хорошее решение (операция «И»)

```
program Work;
var x: integer;
begin
  writeln('Введите ваш возраст');
  read(x);
  if (x >= 25) and (x <= 40) then
    write('Подходит!')
  else
    write('Не подходит.');
end.
```

сложное условие

! Каждое условие – в скобки!

Примеры

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

```
if (10 <= a) and (a <= 99) then
  write('Да');
```

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

```
if (10 <= a) and (a <= 99)
             and (a mod 7 = 0) then
  write('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) then
    write('Летает')
  else
    write('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) then
  write('Не подходит!')
else
  write('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), исключающее ИЛИ (xor)**

```
     4     1      6      2       5      3
if not(a > 2) or (c <> 5) and (b < a) then
   ...
```

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

«А»: 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

```
var b: boolean;
...
b:= True;  { 1 }
b:= False; { 0 }
```

только два возможных значения

Пример:

```
var vyh: boolean;
...
vyh:= (d=6) or (d=7);
...
if not vyh then
  write('Рабочий день.')
else
  write('Выходной!');
```

Задачи

«А»: 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.**

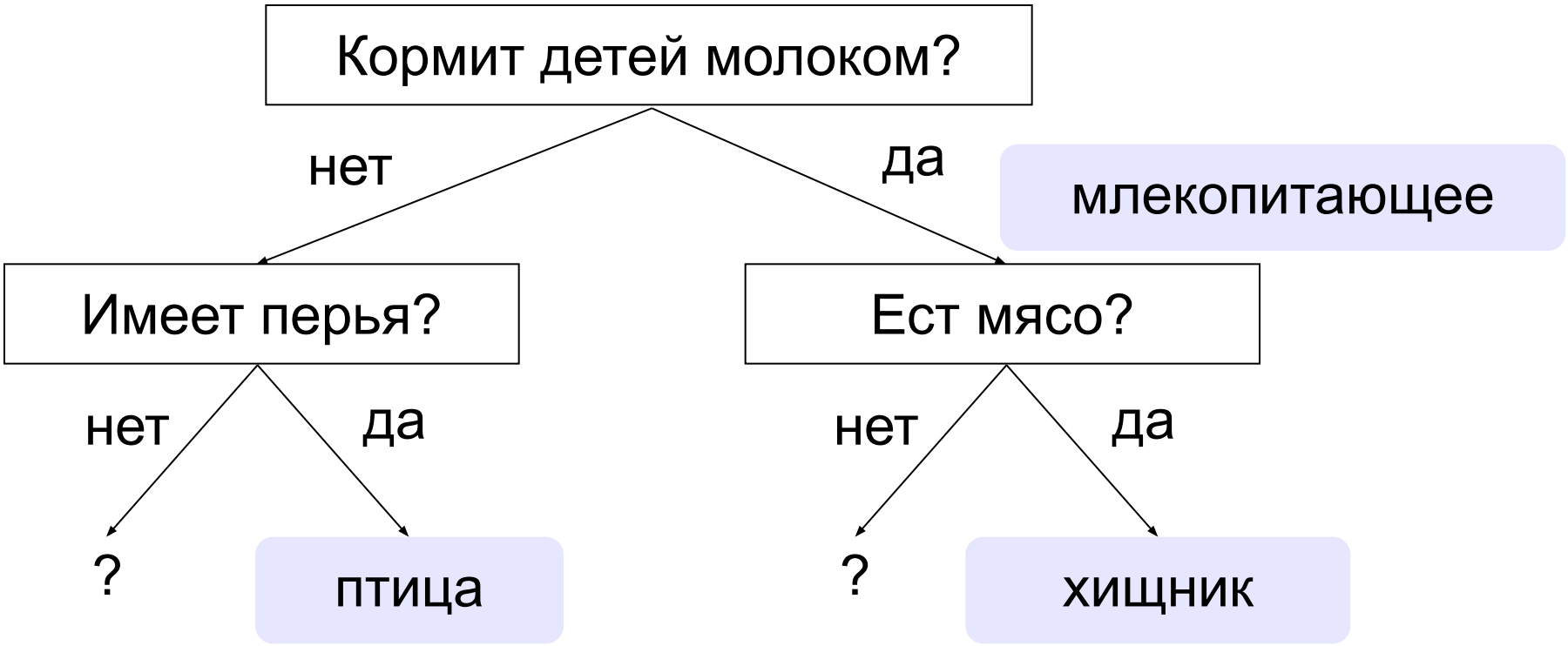
Диалог:

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.

```
var otvet: string;
...
write('Кормит детей молоком? ');
read(otvet);
if otvet = 'да' then
  ... { вариант 1 }
else
  ... { вариант 2 }
```

```
{ вариант 1 }
writeln('Млекопитающее.');
write('Ест мясо? ');
read(otvet);
if otvet = 'да' then
  writeln('Хищник.')
else
  writeln('Не знаю.');
```

Заглавные и строчные буквы

```
var otvet: string;
...
if otvet = 'да' then
   ...
```

не сработает на 'Да'

? Как исправить?

```
if (otvet = 'да') or (otvet = 'Да') then
   ...
```

Ещё лучше:

```
if LowerCase(ответ) = 'да' then
   ...
```

преобразовать все заглавные в строчные

```
if UpperCase(ответ) = 'ДА' then
   ...
```

Программирование (Паскаль)

§ 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

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

```
program SqEq;
var a, b, c, D, x1, x2: real;
begin
  write('Введите a, b, c: ');
  read(a, b, c);
  D:=b*b-4*a*a;
  x1:=(-b+sqrt(D))/2*a;
  x2:=(-b-sqrt(D))/2*a;
  writeln('x1=', x1, ' x2=', x2);
end.
```

Тестирование

Тест 1. $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$.

Ожидание:

```
x1=-1.0 x2=-1.0
```

Реальность:

```
x1=-1.0 x2=-1.0
```

Тест 2. $a = 1$, $b = -5$, $c = 6$.

```
x1=3.0 x2=2.0
```

```
x1=4.791 x2=0.209
```

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

Возможные причины:

- неверный ввод данных
- неверное вычисление дискриминанта
- неверное вычисление корней
- неверный write(результатов

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

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

Отладочная печать

Идея: выводить все промежуточные результаты.

```
read(a, b, c);
writeln(a, ' ', b, ' ', c);
D:=b*b-4*a*a;
writeln('D=', D);
...
```

Результат:

```
Введите a, b, c: 1 -5 6
1.0 -5.0 6.0
D=21.0
```

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

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

Одна ошибка найдена!

Отладка программы

Тест 1. $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$.

Ожидание:

```
x1=-1.0 x2=-1.0
```

Реальность:

```
x1=-1.0 x2=-1.0
```

Тест 2. $a = 1$, $b = -5$, $c = 6$.

```
x1=3.0 x2=2.0
```

```
x1=3.0 x2=2.0
```

Программа работает верно?

Тест 3. $a = 8$, $b = -6$, $c = 1$.

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

```
x1=32.0 x2=16.0
```

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

Что неверно?

Задачи

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

```
var N, d1, d2, s: integer;
begin
  read('N = ');
  write(N);
  d0:= N mod 10;
  d1:= N mod 100;
  d2:= N div 100;
  d0 + d2 := s
  writeln(s);
end.
```

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:

```
var a, b: integer;
begin
  read('a = '); read(a);
  write('b = '); write(b);
  read('c = '); read(c);
  if a > b then M:=a
  else M:= b; end;
  if c > b then M:= b
  else M:= c; end;
  writeln(M);
end.
```

Выполните отладку программы:

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

Программирование (Паскаль)

§ 20. Программирование циклических алгоритмов

Зачем нужен цикл?

Задача. Вывести 5 раз «Привет!».

```
writeln('Привет');
writeln('Привет');
writeln('Привет');
writeln('Привет');
writeln('Привет');
```

? А если 5000?

Цикл «N раз»:

```
{ сделай 5 раз }
  writeln('Привет');
```

! В Паскале нет такого цикла!

Как организовать цикл?

Нужно запоминать, сколько раз цикл уже выполнен!

```
{счётчик:= 0 }
{пока счётчик < 5 }
  writeln('Привет');
  {счётчик:= счётчик + 1}
```

ещё не делали

сделали ещё раз

```
var count: integer;
count:= 0;
while count < 5 do begin
  writeln('Привет');
  count:= count + 1
end;
```

составной оператор

Как организовать цикл?

Идея: запоминать, сколько шагов осталось.

```
count:= 5;
while count > 0 do begin
  writeln('Привет');
  count:= count - 1
end;
```

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 do begin
   ...
end;
```

тело цикла

? Если условие никогда не станет ложно?

```
while True do begin
   ...
end;
```

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 mod 10;
```

123 → 3

Отбросить последнюю цифру числа в переменной N:

```
N:= N div 10;
```

123 → 12

Добавить к переменной sum значение переменной d:

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

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

$d = 4$

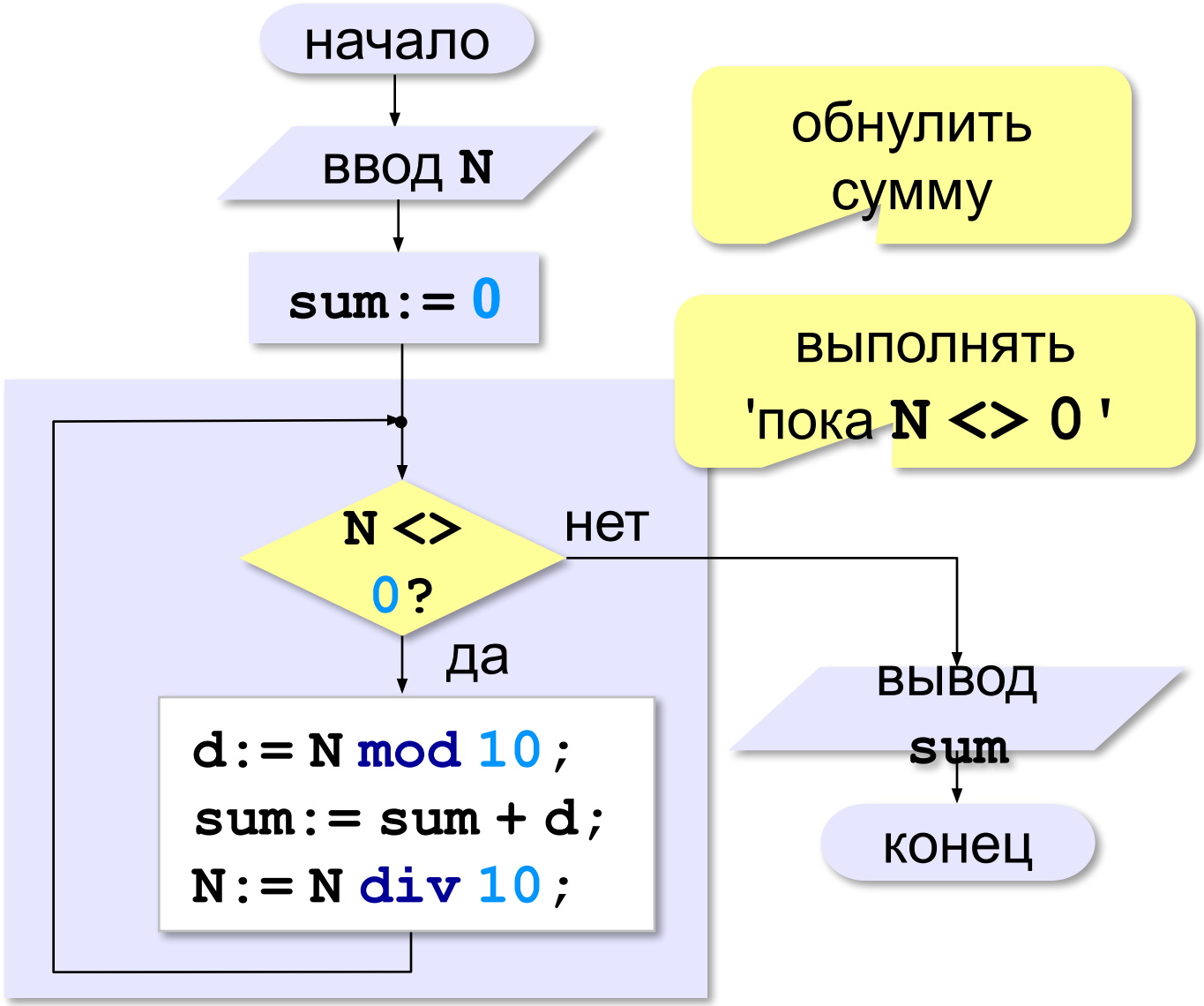
Сумма цифр числа

- выделяем последнюю цифру числа (**mod**)
- увеличиваем сумму на значение цифры (**sum:=sum+d;**)
- отсекаем последнюю цифру числа (**div**)

N	d	sum
123		0

начальные значения

Сумма цифр числа



Сумма цифр числа

```
program SumDigits;
var N, d, sum: integer;
begin
  writeln('Введите целое число');
  read(N);
  sum:=0;
  while N<>0 do begin
    d:=N mod 10;
    sum:=sum+d;
    N:=N div 10
  end;
  write('Сумма цифр числа ', N1, ' равна', sum);
end.
```

, N1

N1:=N;

? 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        Введите число: 535
Ответ: да.                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.

Евклид
(365-300 до. н. э.)

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

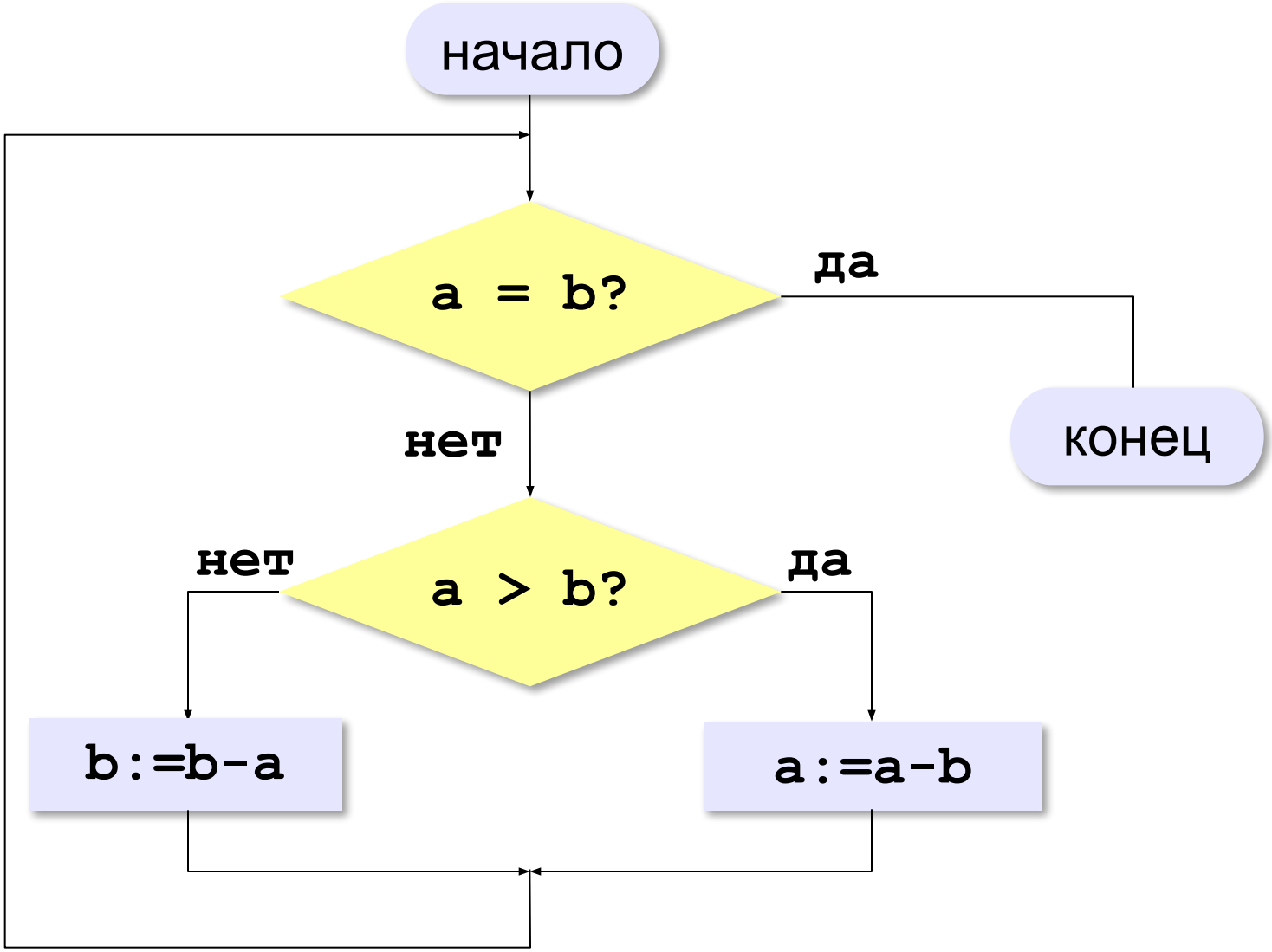
Пример:

```
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 do
  if a > b then
        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(mod(a,b),b)
        =НОД(a, mod(b,a))
```

Пример:

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

Модифицированный алгоритм

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

? Где будет НОД? Как его вывести?

```
if a <> 0 then
  write(a)
else
  write(b);
```

→ `write( a+b );`

В других языках программирования

Python:

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

C:

```
while (a!=0 && b!=0)
  {
  if (a > b)
    a = a % b;
  else
    b = b % 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 do begin
   { добавить x к сумме }
   { x := следующее число }
end;
```

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

Обработка потока данных

```
var x, sum: integer;
...
sum:= 0;
read(x); { ввести первое число }
while x<>0 do begin
  sum:= sum + x;
  read(x); { ввести следующее }
end;
write('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.

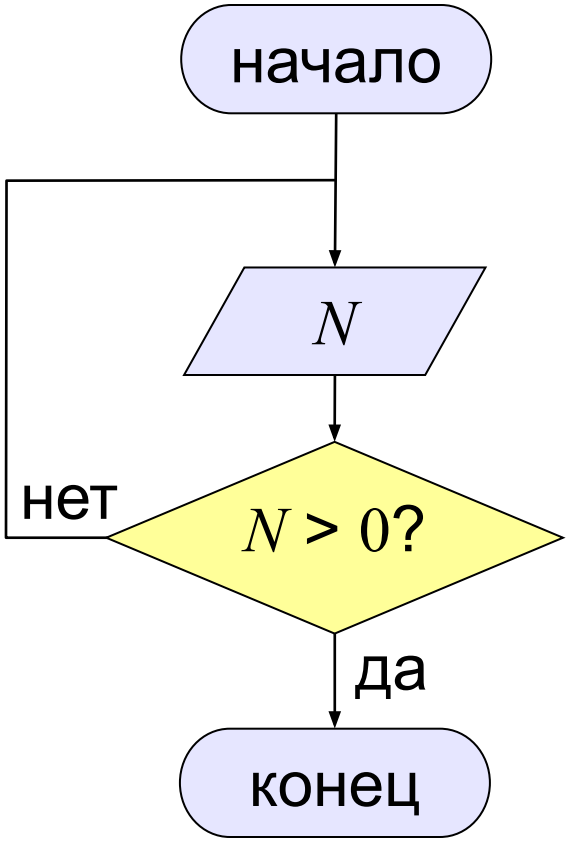
«C»: На вход программы поступает неизвестное количество чисел целых, ввод заканчивается нулём. Найти максимальное из введённых чётных чисел.

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

```
repeat
  write('Введите N>0: ');
  read(N);
until N > 0;
```

условие **окончания** работы цикла



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 do
 begin
    write(N);
    N:= N*2;
    k:= k + 1
 end;
```

Работа с **k** в трёх местах!

Идея: собрать всё вместе.

```
N:= 2;
for k:=1 to 10 do
 begin
    writeln(N);
    N:= N*2
 end;
```

увеличение на 1 по умолчанию

Цикл по переменной

Задача. Найти сумму чисел от 1 до 1000.

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

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

```
for k:=10 downto 1 do
   writeln(k*k);
```

шаг «–1»

Цикл по переменной

Задача. Найти сумму чётных чисел от 2 до 1000.

```
sum:= 0;
for i:=1 to 1000 do
  if i mod 2 = 0 then
    sum:= sum + i;
```

? Что плохо?

```
sum:= 0;
k:= 2;
for i:=1 to 500 do begin
  sum:= sum + k;
  k:= k + 2
end;
```

вспомогательная переменная

2, 4, 6, …

всего 500 чисел

В других языках программирования

Python:

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

диапазон [1;1001)

C:

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

i=i+1;

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 (Паскаль)

§ 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**!

минимальный индекс

максимальный индекс

```
var A: array[1..5] of integer;
    V: array[0..5] of real;
```

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

размер через константу

```
const N = 10;
var A: array[1..N] of integer;
```

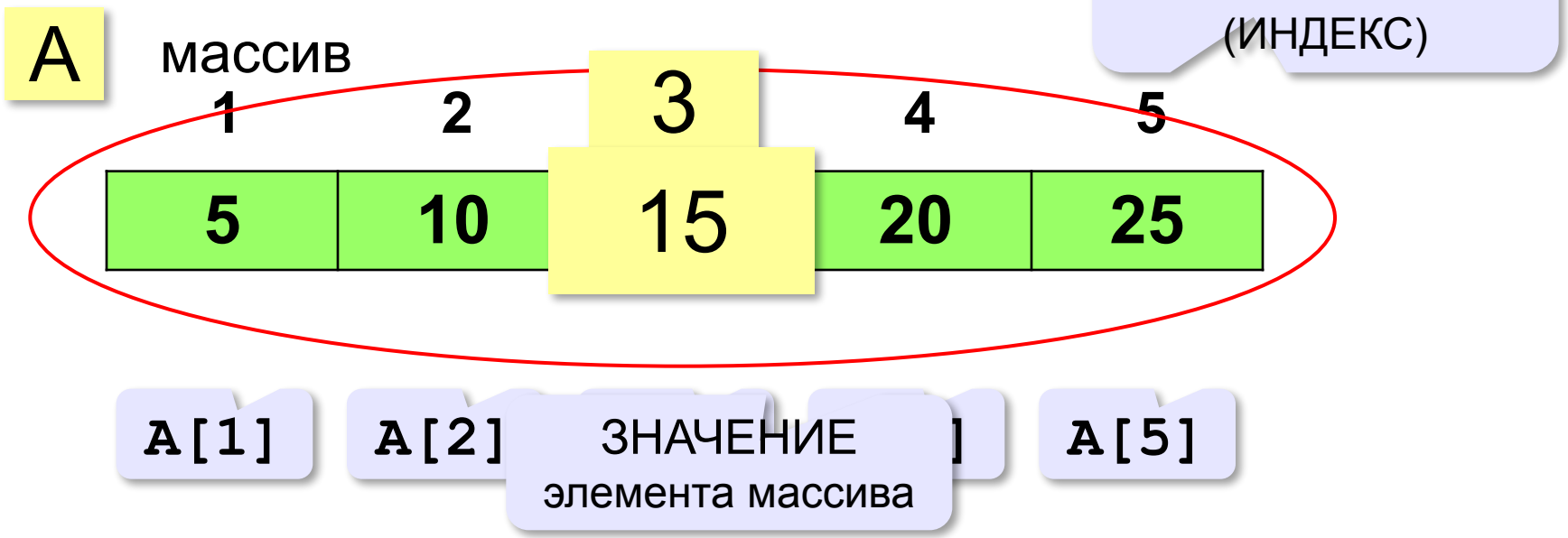
Зачем?

Что неправильно?

```
var A: array[1..10] of integer;
...
A[5] := 4.5;
```

```
var A: array[1..10] of integer;
...
A[15] := 'a';
```

Обращение к элементу массива



НОМЕР (ИНДЕКС)
элемента массива: 2

ЗНАЧЕНИЕ
элемента массива: 10

Обращение к элементу массива

1	2	3	4	5
23	12	7	43	51

```
var i: integer;
i:= 2;
A[3]:= A[i] + 2*A[i-1] + A[2*i];
writeln( A[3]+A[5] );
```

? Что получится?

```
A[3]:= A[2] + 2*A[1] + A[4];
writeln( A[3]+A[5] );
```

101
152

Что неверно?

```
var A: array[1..5] of integer;
x: integer;
...
x:= 2;
writeln( A[x-3] );
A[x+4]:=A[x-1]+A[2*x];
```

Что плохо?

```
writeln( A[-1] );
A[6]:=A[1]+A[4];
```

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

Перебор элементов массива

```
const N = 10;
var A: array[1..N] of integer;
```

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

```
for i:=1 to N do begin
  { здесь работаем с A[i] }
end;
```

Заполнение массива

```
for i:=1 to N do
  A[i]:= i;
```

? Что произойдёт?

В развёрнутом виде

```
A[1]:= 1;
A[2]:= 2;
A[3]:= 3;
...
A[N]:= N;
```

Заполнение массива в обратном порядке

N	...	3	2	1

```
A[1]:= N;
A[2]:= N-1;
A[3]:= N-2;
...
A[N]:= 1;
```

```
X:= N;
for i:=1 to N do begin
  A[i]:= X;
  X:= X - 1
end;
```

? 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
1	N
2	N-1
3	N-2
...	...
N	1

+1

–1

```
for i:=1 to N do
  A[i]:= N + 1 - i
end;
```

! Сумма `i` и `X` не меняется!

```
i + X = N + 1
X = N + 1 - i
```

Вывод массива на экран

```
for i:=1 to N do
  write( A[i], ' ');
```

Что плохо?

интервал между значениями

или так:

```
for i:=1 to N do
  writeln( A[i] );
```

в столбик

или так:

```
write( '[' );
for i:=1 to N do
  write( A[i], ',' );
writeln( ']' );
```

Как убрать?

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

Ввод с клавиатуры

```
for i:=1 to N do
  read( A[i] );
```

Что плохо?

С подсказкой для ввода:

```
for i:=1 to N do begin
  write( 'A[',i,']=' );
  read( A[i] )
end;
```

```
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!

C++:

```
int A[N], i;
for (i = 0; i < N; i++)
  A[i] = i + 1;
for (i = 0; i < N; i++)
  cout << A[i] << " ";
```

Задачи

«А»: 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).

«В»: а) Заполните массив из 10 элементов натуральными числами в обратном порядке, начиная со значения X, введённого 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 элемент с индексом *i* был равен 2^i.

Задачи

«С»: 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

```
for i:=1 to N do begin
    A[i]:=20+random(81);
  write(A[i], ' ')
end;
```

сразу вывод на экран

? Какой отрезок?

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: 142 324 135 257 167 295 126 223 138 270
    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 (Паскаль)

§ 22. Алгоритмы обработки массивов

Сумма элементов массива

Задача. Найти сумму элементов массива.

```
const N = 10;
var A: array[1..N] of integer;
```

? Какие переменные нужны?

5	2	8	3	1

```
sum:= 0;
for i:=1 to N do
  sum:= sum + A[i];
writeln( 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?

```
sum:= 0;
for i:=1 to N do
   if A[i] mod 2 = 0 then
      sum:= sum + A[i];
writeln( 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?

```
var count: integer;
count:= 0;
for i:=1 to N do
  if A[i] mod 2 = 0 then
    count:= count + 1;
writeln( count );
```

переменная-счётчик

? Что тут делаем?

Среднее арифметическое

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

```
sum:= 0;
for i:=1 to N do
  if A[i]>180 then
    sum:= sum + A[i];
writeln( sum/N );
```

? Что плохо?

Среднее арифметическое

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

Какие переменные нужны?

```
sum:= 0;
count:= 0;
for i:=1 to N do
  if A[i]>180 then begin
    count:= count + 1;
    sum:= sum + A[i];
  end;
writeln( sum/count )
```

Что тут делаем?

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

```
var x, count: integer;
count:=0;
read( x );
while x <> 0 do begin
  if x > 0 then
    count:= count + 1;
  read( x );
end;
writeln( count );
```

откуда взять **x**?

? Что плохо?

Найди ошибку!

```
var x, count: integer;
count:=0;
read( x );
while x <> 0 do begin
  if x > 0 then
    count:= count + 1;
er read( x );
writeln( count );
```

Найди ошибку!

```
var x, count: integer;
count:=0;
while x = 0 do begin
   if x <> then
      count:= count + 1;
   read( x );
end;
writeln( 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:= сумма + число
```

```
if x mod 10 = 5 then
```

Обработка потока данных

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

```
var x, sum: integer;
sum:=0;
read( x );
while x <> 0 do begin
  if x mod 10 = 5 then
    sum:= sum + x;
  read( x )
end;
writeln( sum );
```

Чего не хватает?

Найди ошибку!

```
var x, sum: integer;
sum:=0;
read( x ); 0 do begin
   if x mod 10 = 5 then
      sum:= sum + x;
   read( x )
end;
writeln( 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

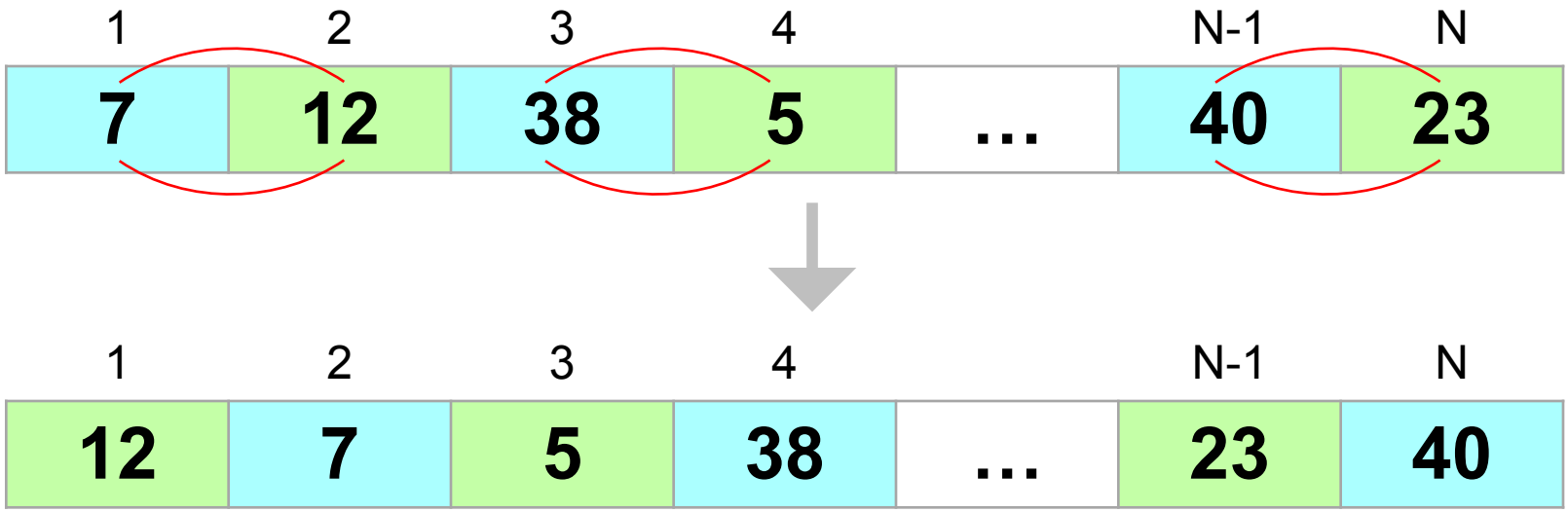
```
c:= a;
a:= b;
b:= c;
```

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 i:=1 to N do begin
  поменять местами A[i] и A[i+1]
end;
```

? Что плохо?

1	2	3	4	5	6
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

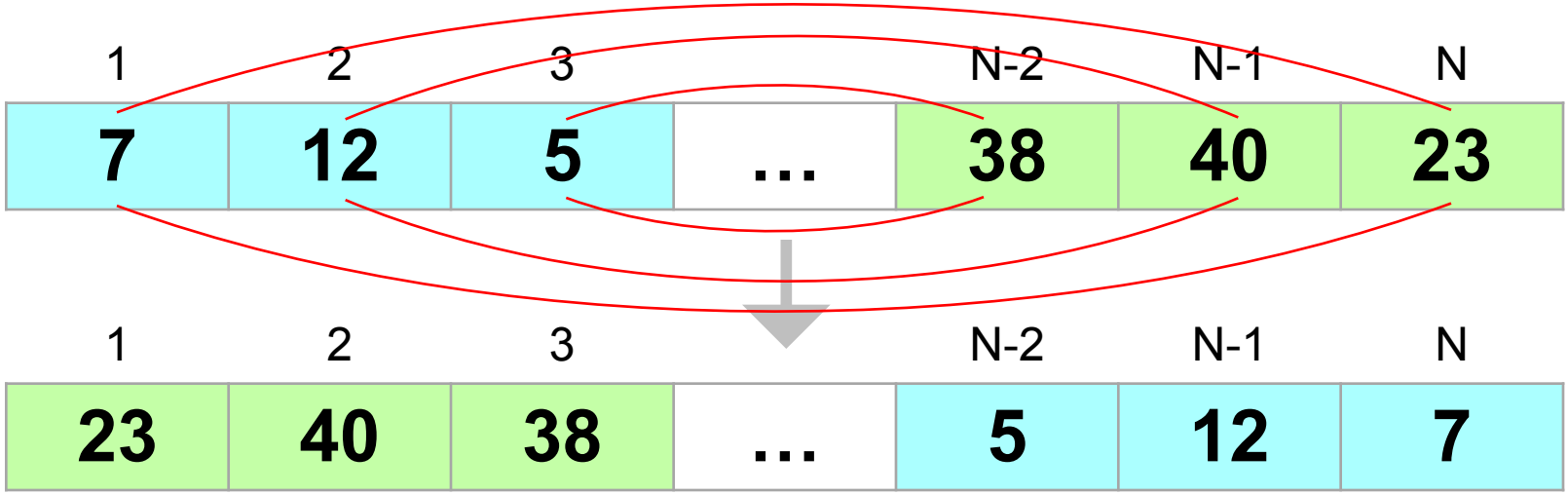
не выходим за границу

```
i:= 1;
while i < N do begin
   { переставляем A[i] и A[i+1] }
   c:= A[i];
   A[i]:= A[i+1];
   A[i+1]:= c;
   i:= i + 2     { к следующей паре }
end;
```

A[1]↔A[2], A[3]↔A[4], …, A[N-1]↔A[N]

Реверс массива

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




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

Реверс массива

```
for i:=1 to N div 2 do begin
  поменять местами A[i] и A[N+1-i]
end;
```

? Что плохо?

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

? Как исправить?

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