

Программирование на языке Паскаль

- § 54. Алгоритм и его свойства
- § 55. Простейшие программы
- § 56. Вычисления
- § 57. Ветвления
- § 58. Циклические алгоритмы
- § 59. Процедуры
- § 60. Функции
- § 61. Рекурсия

Программирование на языке Паскаль

§ 54. Алгоритм и его свойства

Что такое алгоритм?

Алгоритм — это точное описание порядка действий, которые должен выполнить исполнитель для решения задачи за конечное время.

Исполнитель – это устройство или одушевленное существо (человек), способное понять и выполнить команды, составляющие алгоритм.

Формальные исполнители: не понимают (и не могут понять) смысл команд.



Мухаммед ал-Хорезми
(ок. 783–ок. 850 гг.)

Свойства алгоритма

Дискретность — алгоритм состоит из отдельных команд, каждая из которых выполняется за конечное время.

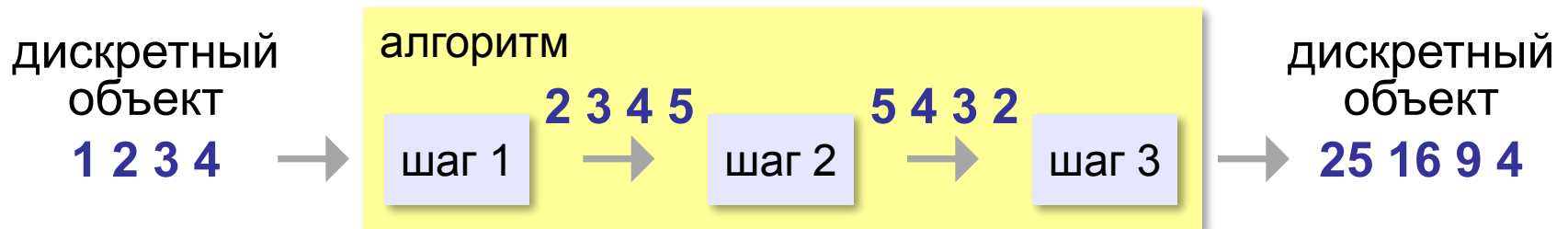
Детерминированность (определённость) — при каждом запуске алгоритма с одними и теми же исходными данными получается один и тот же результат.

Понятность — алгоритм содержит только команды, входящие в **систему команд исполнителя**.

Конечность (результативность) — для корректного набора данных алгоритм должен завершаться через конечное время.

Корректность — для допустимых исходных данных алгоритм должен приводить к правильному результату.

Как работает алгоритм?



- получает на вход дискретный объект
- в результате строит другой дискретный объект (или выдаёт сообщение об ошибке)
- обрабатывает объект по шагам
- на каждом шаге получается новый дискретный объект

Способы записи алгоритмов

- **естественный язык**

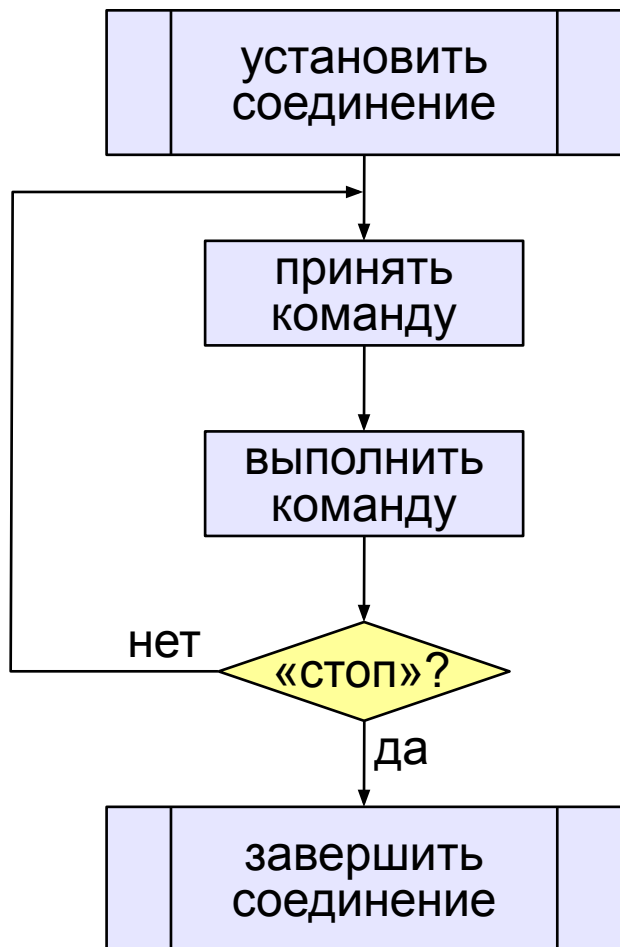
```
установить соединение  
пока не принята команда «стоп»  
    принять команду  
    выполнить команду  
завершить сеанс связи
```

- **псевдокод**

```
установить соединение  
нц  
    принять команду  
    выполнить команду  
кц_при команда = 'stop'  
завершить сеанс связи
```

Способы записи алгоритмов

- блок-схема



- программа

```
setConnection;  
repeat  
    cmd := getCommand;  
    executeCommand(cmd);  
until cmd = "stop";  
closeConnection;
```

Программирование на языке Паскаль

§ 55. Простейшие программы

Простейшая программа

название алгоритма

```
program IvanovTK;  
begin // начало программы  
      // тело программы  
end.  // конец программы
```

Комментарии
не обрабатываются



Что делает эта программа?

Вывод на экран

```
program IvanovTK;
```

```
begin
```

```
▶ write('2+'); // без перехода
```

```
▶ writeln('2=?'); // на новую строку
```

```
▶ writeln('Ответ: 4');
```

```
end.
```

Протокол:

2+

Ответ: 4

Задания

«В»: Вывести на экран текст «лесенкой»

Вася

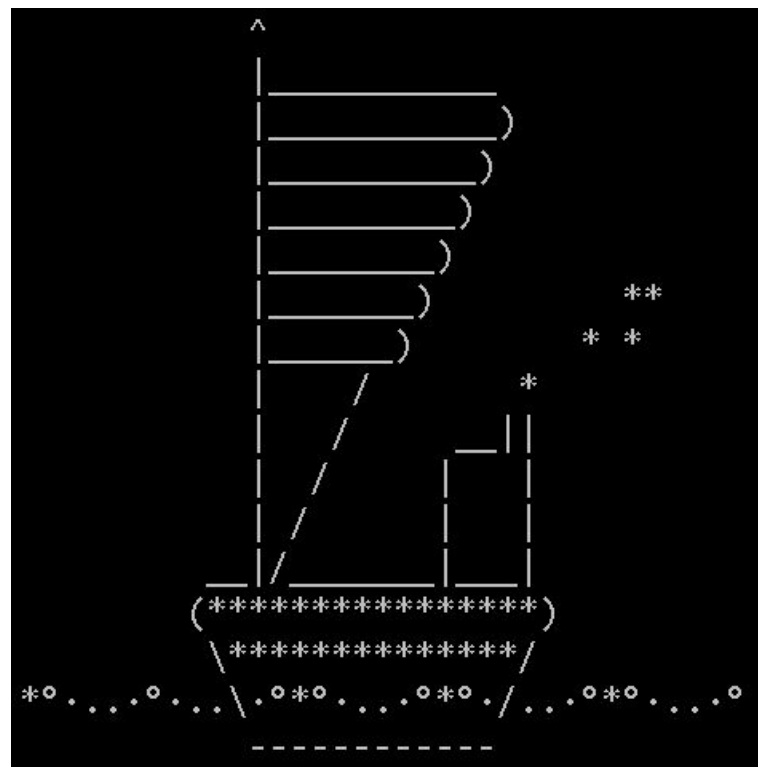
пошел

гулять

«С»: Вывести на экран рисунок из букв

```

      Ж
     ЖЖЖ
    ЖЖЖЖЖ
   ЖЖЖЖЖЖЖ
  НН  НН
  ZZZZZ
  
```



Сложение чисел

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

Протокол:

компьютер

Введите два целых числа

25 30

пользователь

25+30=55

компьютер считает сам!

?

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

Сложение чисел решение

```
program Ivanov_TK;
```

```
var a, b: integer; //задаем 2 переменные для хранения 2х чисел
```

```
begin
```

```
  write('Введите целое число в A=');
```

```
  readln (a); //ввод данных с клавиатуры в переменную a
```

```
  write('Введите целое число в B=');
```

```
  readln (b); //ввод данных с клавиатуры в переменную b
```

```
  write ('A+B = ');
```

```
  writeln (a+b);
```

```
end.
```

Вывод можно

упростить (улучшить)

writeln (a, '+', b, '=', a+b);

Сумма: псевдокод

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

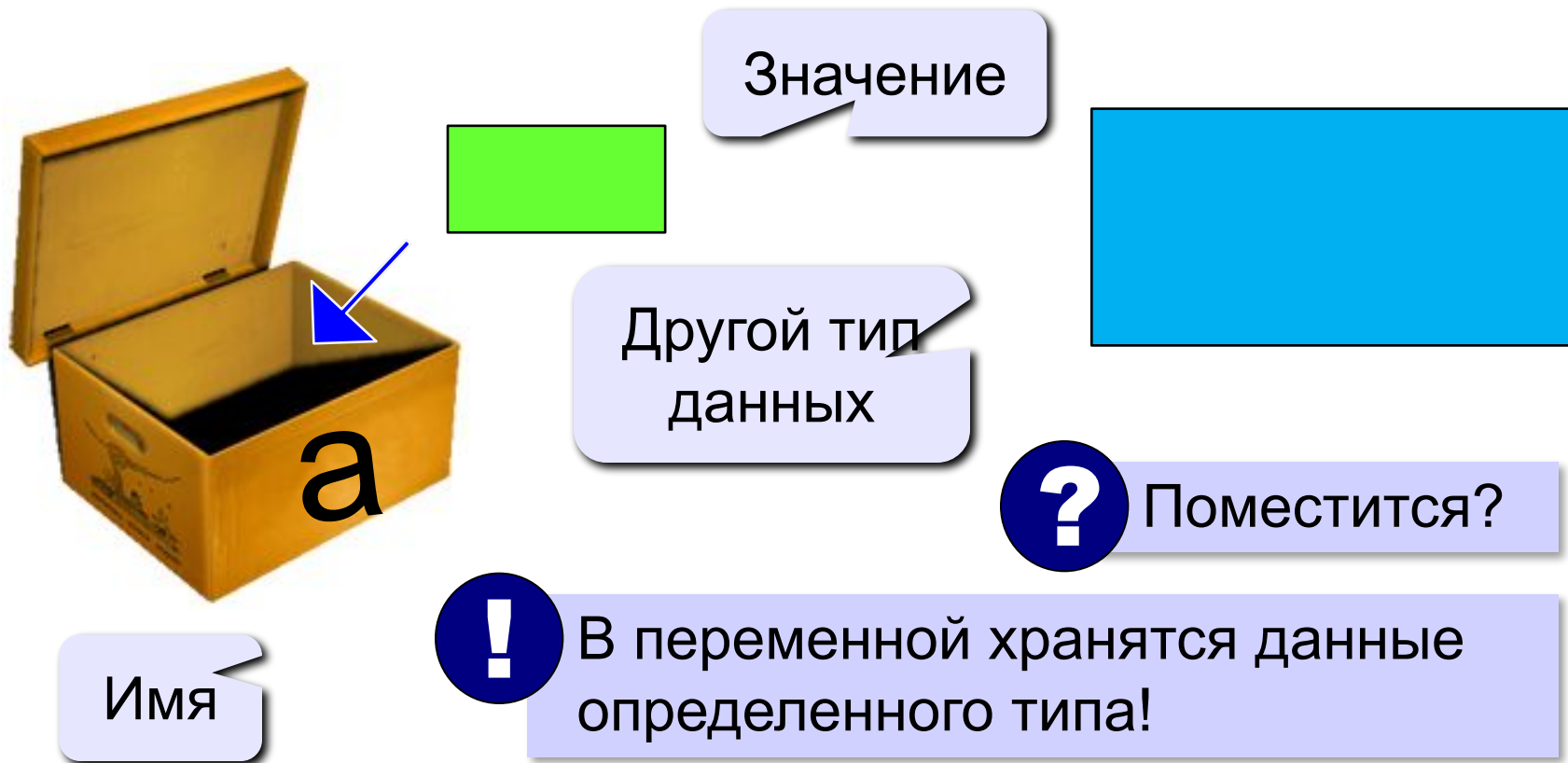
Псевдокод: алгоритм на русском языке с элементами Паскаля.



Компьютер не может исполнить псевдокод!

Переменные

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



Имена переменных

МОЖНО использовать

- латинские буквы (A-Z)

заглавные и строчные буквы **НЕ различаются**

- цифры

имя не может начинаться с цифры

- знак подчеркивания _

НЕЛЬЗЯ использовать

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

Какие имена правильные?

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

Объявление переменных

Типы переменных:

- **integer** { целая }
- **real** { вещественная }
- и другие...

выделение
места в памяти

Объявление переменных:

variable – переменная

тип – целые

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

СПИСОК ИМЕН
переменных

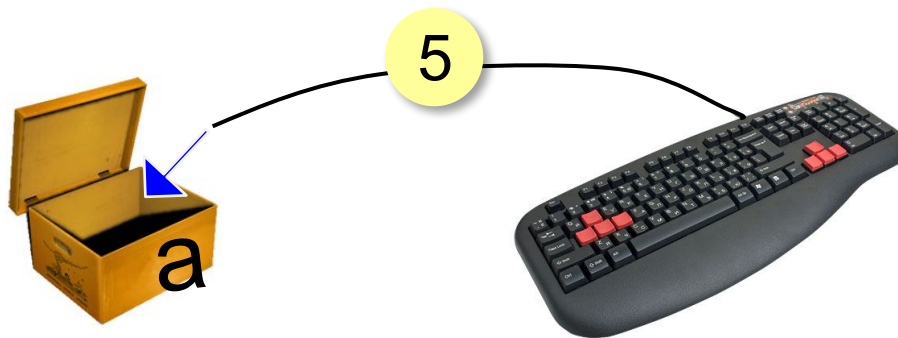
Тип переменной

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

Ввод значения в переменную

оператор
ввода

```
read ( a );
```



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

Ввод значений переменной

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

Ввод значений двух переменных (через пробел или *Enter*).

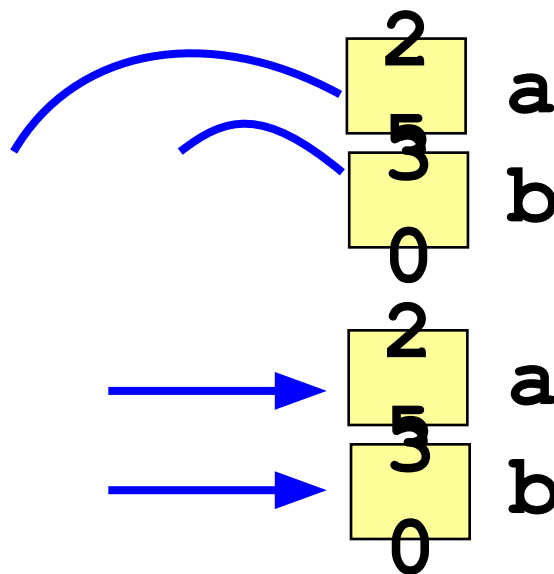
через пробел:

25 30

через *Enter*:

25

30



Изменение значений переменной

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

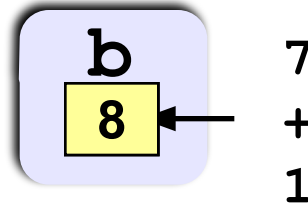
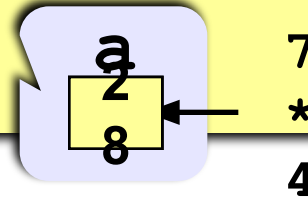
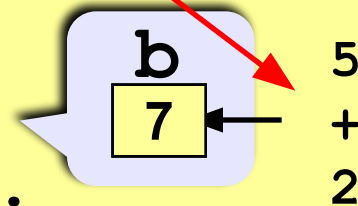
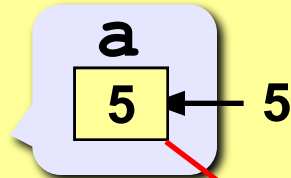
```
...
```

```
a := 5;
```

```
b := a + 2;
```

```
a := (a + 2) * (b - 3);
```

```
b := b + 1;
```



Вывод данных

```
write( a ); { вывод значения  
             переменной a }
```

```
writeln( a ); { вывод значения  
              переменной a и переход  
              на новую строку }
```

```
writeln( 'Привет!' ); { вывод текста }
```

```
writeln( 'Ответ: ', c );
```

{вывод текста и значения переменной c}

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

Сложение чисел: простое решение

```
program Sum;  
var a, b, c:  
integer;  
begin  
  read ( a, b );  
  c := a + b;  
  writeln ( c );  
end.
```



Что плохо?

Сложение чисел: полное решение

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

Протокол:

КОМПЬЮТЕР

Введите два целых числа

25 30

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ

25+30=55

Снова про оператор вывода

Вычисление выражений:

```
writeln ( a, '+', b, '=', a+b );
```

Форматный вывод:

```
a := 123;  
write( a:5 );
```

__123
5 знаков

Программирование на языке Паскаль

§ 56. Вычисления

Типы данных



Сколько байт в памяти?

- `byte` целый (Байтовый) 0..255
- `Shortint` целый -128..128
- `word` целый 0..65535
- `longint` целый -2147483648..2147483647
- `Integer` целый -32768 .. +32767 (2 байта)

- `single` вещественный, 4 байта
- `real` вещественный, 6 байта
- `double` вещественный, 8 байтов
- `extended` вещественный, 10 байтов

- `boolean` логический, 1 байт
 `true` (истина (1)) или `false` (ложь (0))
- `char` символ, 1 байт
- `string` символьная строка

Арифметические выражения

3 1 2 4 5 6

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

Приоритет (*старшинство*):

1) скобки

2) умножение и деление

3) сложение и вычитание

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

?

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

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

Деление

Результат деления «/» – вещественное число:

```

var a: single;
a := 2 / 3; → 0.6666...

```

div – деление нацело (остаток отбрасывается)

mod – остаток от деления

$x \bmod y$ - остаток от целочисленного деления x на y . Точнее, $x \bmod y = x - (x \operatorname{div} y) * y$.

```

var a, b, d: integer;
...
d := 85;
b := d div 10; // 8
a := d mod 10; // 5

```

div и mod для отрицательных чисел

```
write(-7 div 2, ', ');  
write(-7 mod 2);
```

$$\begin{array}{l} -3 \\ -1 \end{array} \quad -7 = (-3) * 2 + (-1)$$



В математике не так!

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

остаток ≥ 0

Вещественные числа



Целая и дробная части числа разделяются точкой!

```
var x: double;
...
x := 123.456;
```

Форматный вывод:

```
a := 1;
write( a/3 );
write( a/3:7:3 );
```

$$3,333333 \cdot 10^{-1} = 0,33333333$$

```
3.333333E-001
  0.333
```

всего знаков

в дробной части

Стандартные функции

abs (x) — модуль

sqrt (x) — квадратный корень

sqr (x) — квадрат числа

sin (x) — синус угла, заданного **в радианах**

cos (x) — косинус угла, заданного **в радианах**

exp (x) — экспонента e^x

ln (x) — натуральный логарифм

trunc (x) — отсечение дробной части

round (x) — округление до ближайшего целого

Случайные числа

Случайно...

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

Случайный выбор:

- жеребьевка на соревнованиях
- выигравшие номера в лотерее

Как получить случайность?



Случайные числа на компьютере

Электронный генератор



- нужно специальное устройство
- нельзя воспроизвести результаты

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

Метод середины квадрата (Дж. фон Нейман)

зерно

564321

в квадрате

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

318458191041

209938992481

Генератор случайных чисел

Вещественные числа в интервале (0,1):

```
var X, Y: double;  
...  
X:= random; // интервал от 0 до 1 (<1)  
Y:= random; // это уже другое число!
```

англ. *random* – случайный

Целые числа в интервале (0,9):

```
var K, L: integer;  
...  
K:= random( 10 ); // интервал от 0 до 9 (<10)  
L:= random( 10 ); // это уже другое число!
```

Другой интервал

Вещественные числа:

```
var X, a, b: double;  
...  
X := random*10; { расширение интервала: (0,10) }  
X := random*10 + 5;  
           { расширение и сдвиг: (5,15) }  
X := random*(b-a) + a;  
           { расширение и сдвиг: (a,b) }
```

Целые числа:

```
var K, X, a, b: integer;  
...  
K := random(10) + 5; { (5,14) }  
X := random(b-a+1) + a; { (a,b) }
```

Задачи

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

Пример:

Введите три целых числа:

5 7 8

$$5+7+8=20$$

$$5*7*8=280$$

$$(5+7+8)/3=6.667$$

«В»: Ввести с клавиатуры координаты двух точек (А и В) на плоскости (вещественные числа). Вычислить длину отрезка АВ.

Пример:

Введите координаты точки А:

5.5 3.5

Введите координаты точки В:

1.5 2

$$\text{Длина отрезка АВ} = 4.272$$

Задачи

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

Пример:

Получено число 123.

Его цифры 1, 2, 3.

Важно знать!

Таблица символов операций				
	Integer, byte	Real	String	Boolean
+	✓	✓	✓	
-	✓	✓		
*	✓	✓		
/		✓		
Div	✓			
Mod	✓			
Or	✓			✓
And	✓			✓
Not	✓			✓
Xor	✓			✓

Важно знать!

Таблица символов отношений

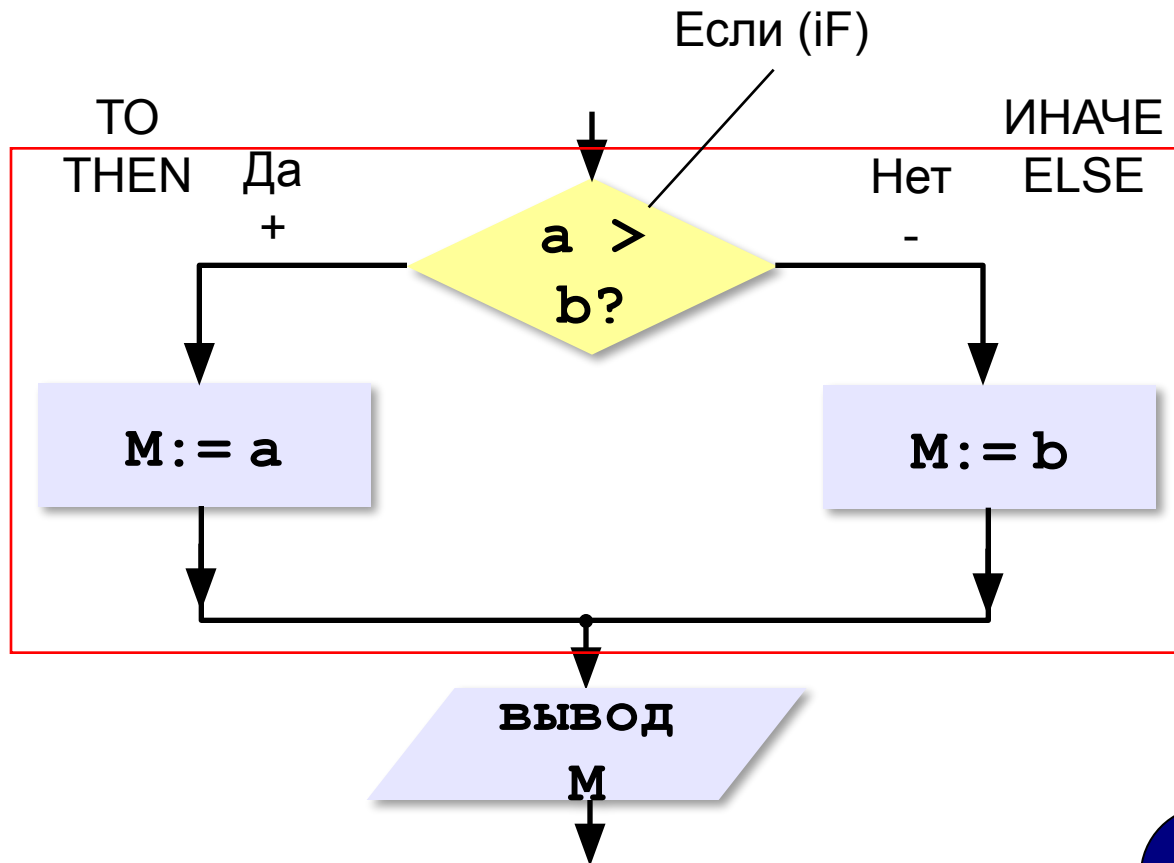
Больше (>)	>
Меньше (<)	<
Равно (=)	=
Больше или равно (≥)	≥
Меньше или равно (≤)	≤
Неравно (≠)	< > (в паскале) != (в др. языках программирования)

Программирование на языке Паскаль

§ 57. Ветвления

Условный оператор

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

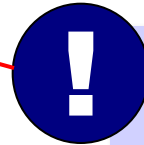


полная
форма
ветвления

? Если $a = b?$

Условный оператор: полная форма

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

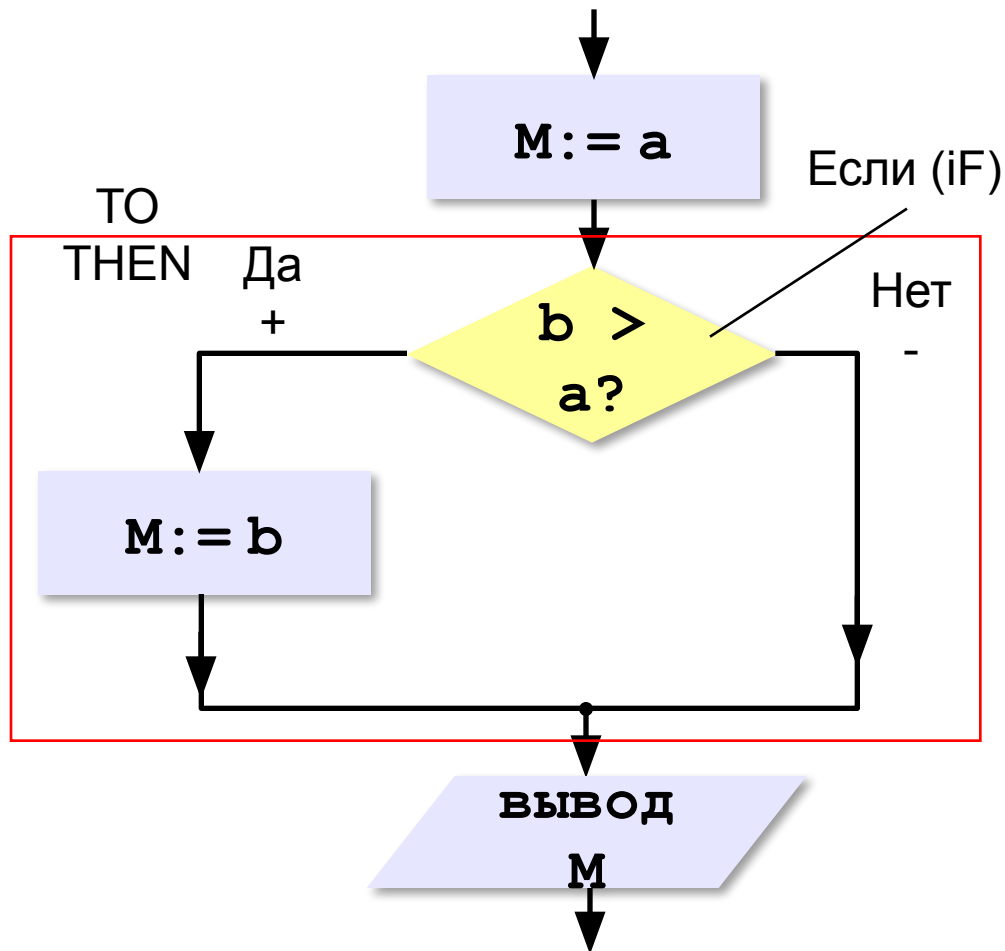


Перед `else` знак «;»
НЕ ставится!

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

операторные
скобки

Условный оператор: неполная форма



```

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

```

```

M := a;
if b > a then
  begin
    M := b;
  end;

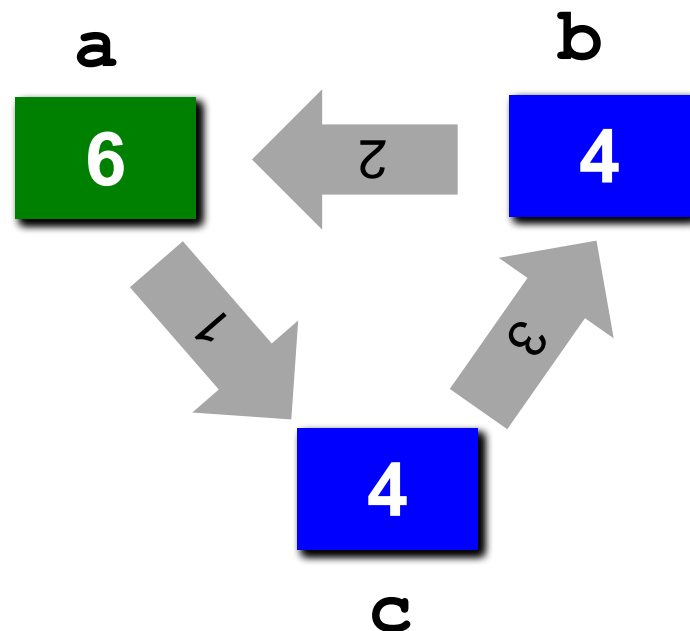
```

неполная
форма
ветвления

Условный оператор

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

? Что делает?



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

Вложенный условный оператор

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

?

Сколько вариантов?

```
if a > b then
  writeln('Андрей старше')
else
  if a = b then
    writeln('Одного возраста')
  else
    writeln('Борис старше');
```

?

Зачем нужен?

вложенный
условный оператор

Выделение структуры отступами

```
if a > b then write('A') else if a = b then  
write('=') else write('B');
```

```
if a > b then  
    write('A')  
else  
    if a = b then  
        write('=')  
    else write('B');
```

Задачи

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

Пример:

Введите три целых числа:

1 5 4

Максимальное число 5

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

Пример:

Введите пять целых чисел:

1 5 4 3 2

Максимальное число 5

Задачи

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

Пример:

Возраст Антона: 15

Возраст Бориса: 17

Возраст Виктора: 16

Ответ: Борис старше всех.

Пример:

Возраст Антона: 17

Возраст Бориса: 17

Возраст Виктора: 16

Ответ: Антон и Борис старше Виктора.

Сложные условия

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

сложное условие

```
if (v >= 25) and (v <= 40) then
  writeln('подходит')
else
  writeln('не подходит');
```

and

or

xor

not

исключающее
«ИЛИ»

Приоритет :

1) **not**

2) **and**

3) **or, xor**

4) отношения (<, >, <=, >=, =, <>)



Почему скобки обязательны?

Задачи

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

Пример:

Введите три числа:

5 5 5

Все числа одинаковые.

Пример:

Введите три числа:

5 7 5

Два числа одинаковые.

Пример:

Введите три числа:

5 7 8

Нет одинаковых чисел.

Задачи

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

Пример:

Введите номер месяца :

5

Весна .

Пример:

Введите номер месяца :

15

Неверный номер месяца .

Задачи

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

Пример:

Введите возраст: **18**

Вам 18 лет.

Пример:

Введите возраст: **21**

Вам 21 год.

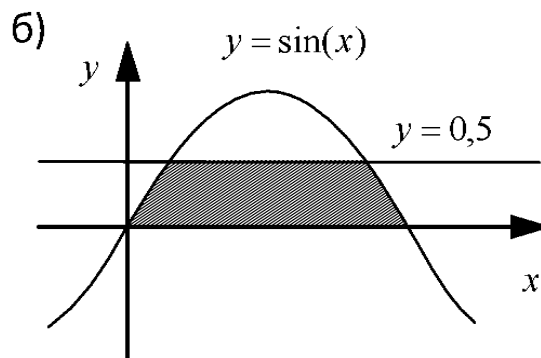
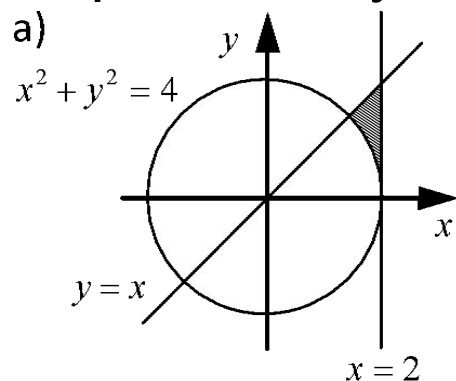
Пример:

Введите возраст: **22**

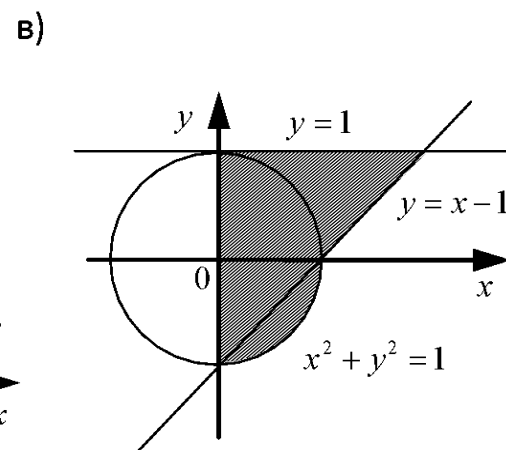
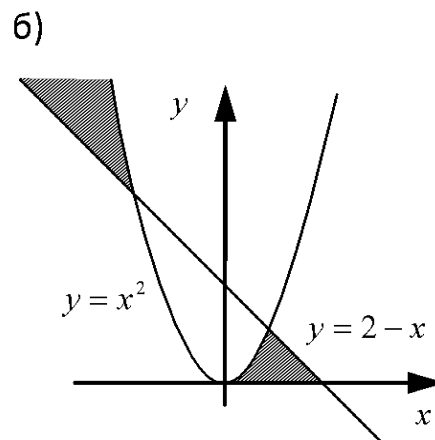
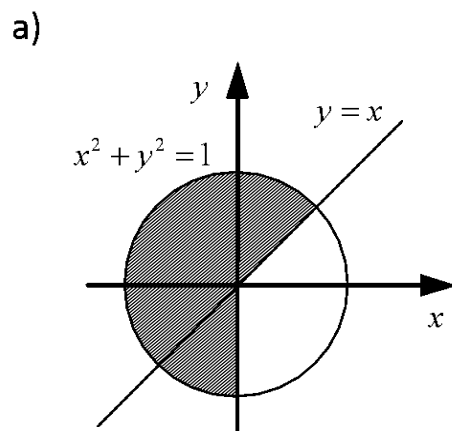
Вам 22 года.

Задачи

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

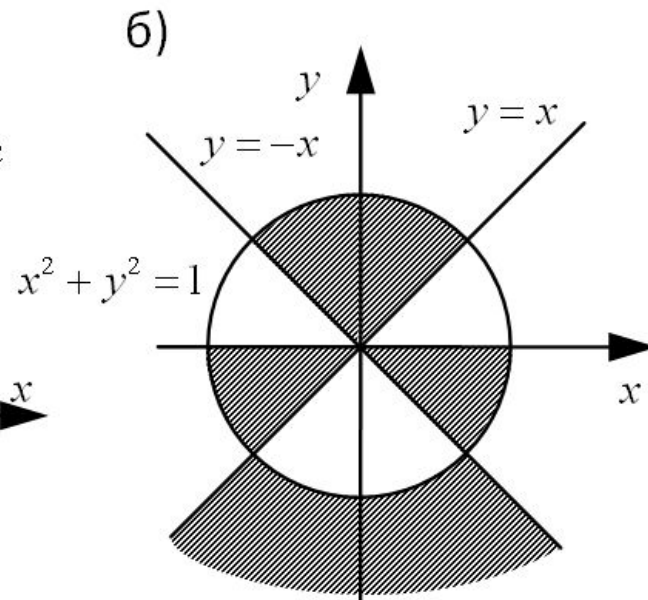
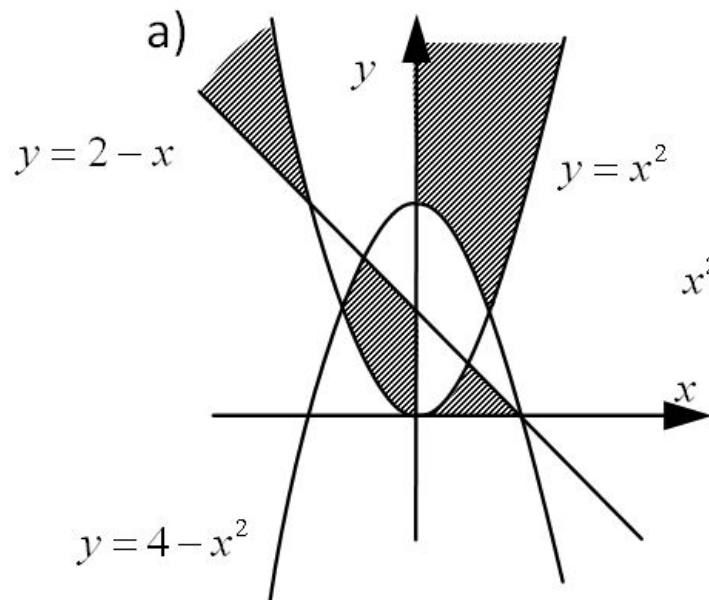


«В»: Напишите условие, которое определяет заштрихованную область.



Задачи

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



Множественный выбор

```
if m = 1 then
  write('январь');
if m = 2 then
  write('февраль');
...
if m = 12 then
  write('декабрь');
```

```
case m of
  1: write('январь');
  2: write('февраль');
  ...
  12: write('декабрь');
else write('ошибка');
end;
```


Использование списков и диапазонов

Число дней в месяце:

```
case m of
  2: d:= 28;   { невисокосный год }
  1,3,5,7,8,10,12: d:= 31
  else d:= 30
end;
```

Социальный статус:

```
case v of
  0..6:  write(' дошкольник ');
  7..17: write(' школьник ');
  else   write(' взрослый ');
end;
```

Множественный выбор

```
var c: char;  
...  
case c of  
  'а': begin  
    writeln('антилопа');  
    writeln('Анапа');  
  end;  
...  
  'я': begin  
    writeln('ягуар');  
    writeln('Якутск');  
  end;  
else writeln('ошибка')  
end;
```

несколько
операторов в
блоке

Программирование на языке Паскаль

§ 58. Циклические алгоритмы

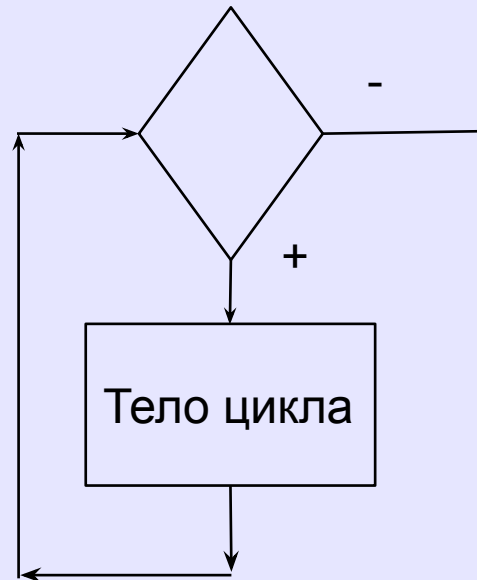
Что такое цикл?

Цикл – это многократное выполнение одинаковых действий.

Циклы бывают

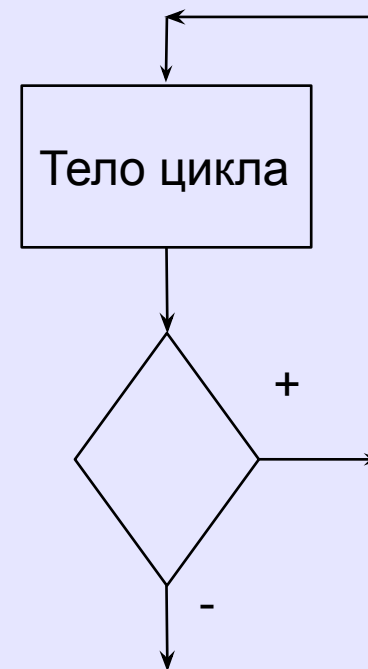
- **Цикл** с предусловием

- т.е. сначала описывается **условие** а потом тело цикла

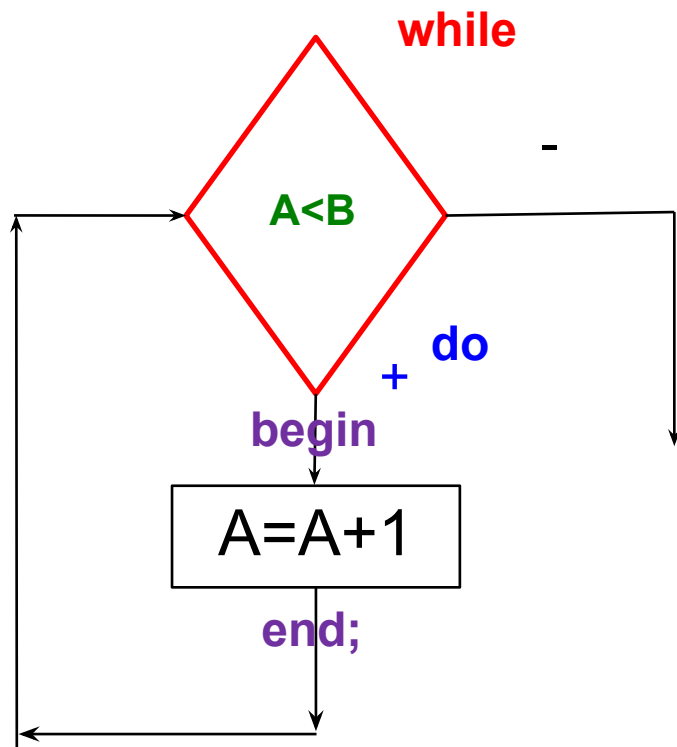


- **Цикл** с постусловием

- т.е. сначала описывается **тело цикла** а потом условие

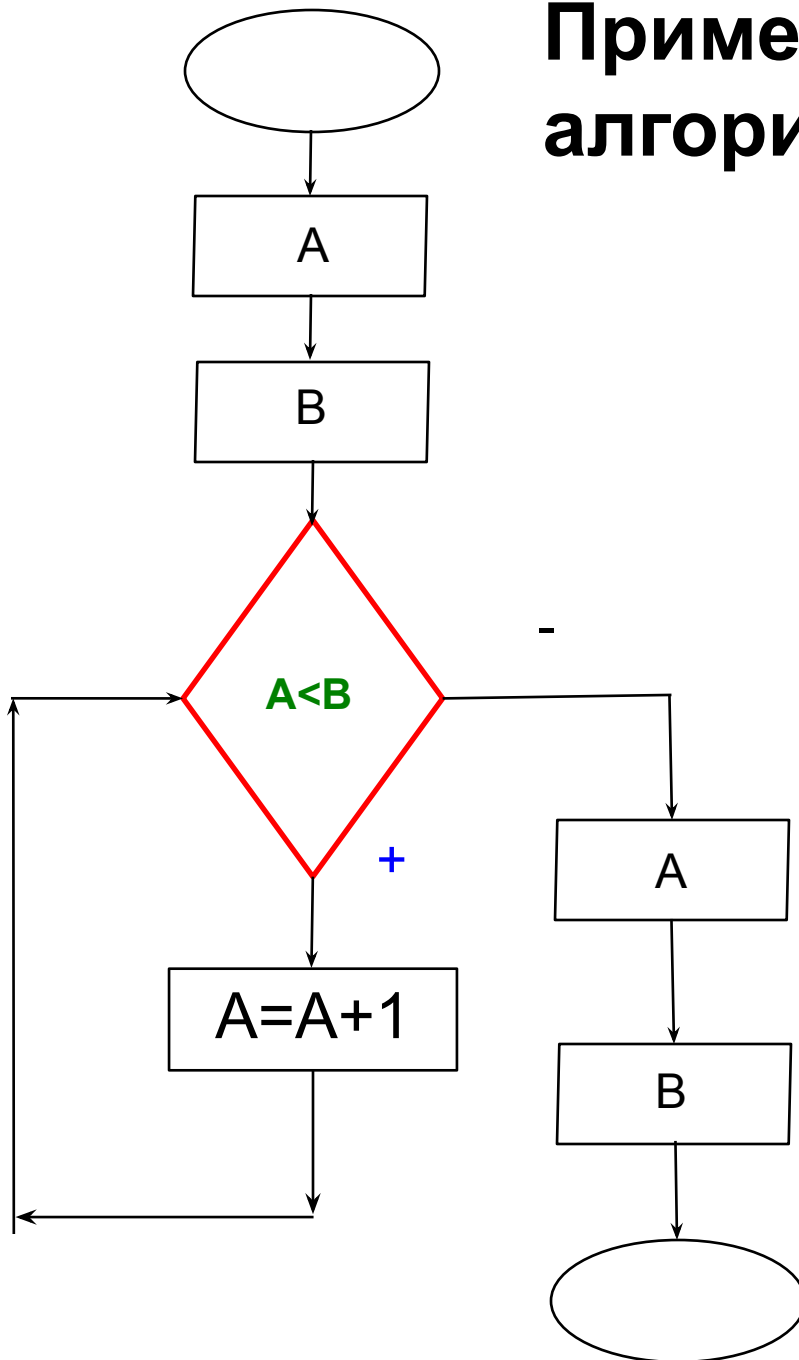


Цикл с предусловием while ... do ...



```
while A < B do  
begin  
  A := A + 1;  
end;
```

Пример работы с циклическим алгоритмом `while ... do ...`



```

program IvanovTK;
var A,B: integer;
Begin
write('Введите A=');
readln(A);
write('Введите B=');
readln(B);
  while A < B do
    begin
      A := A + 1;
    end;
writeln('A=', A);
writeln('B=', B);
end.
  
```

Задача

Вывести на экран 10 раз слово «Привет».



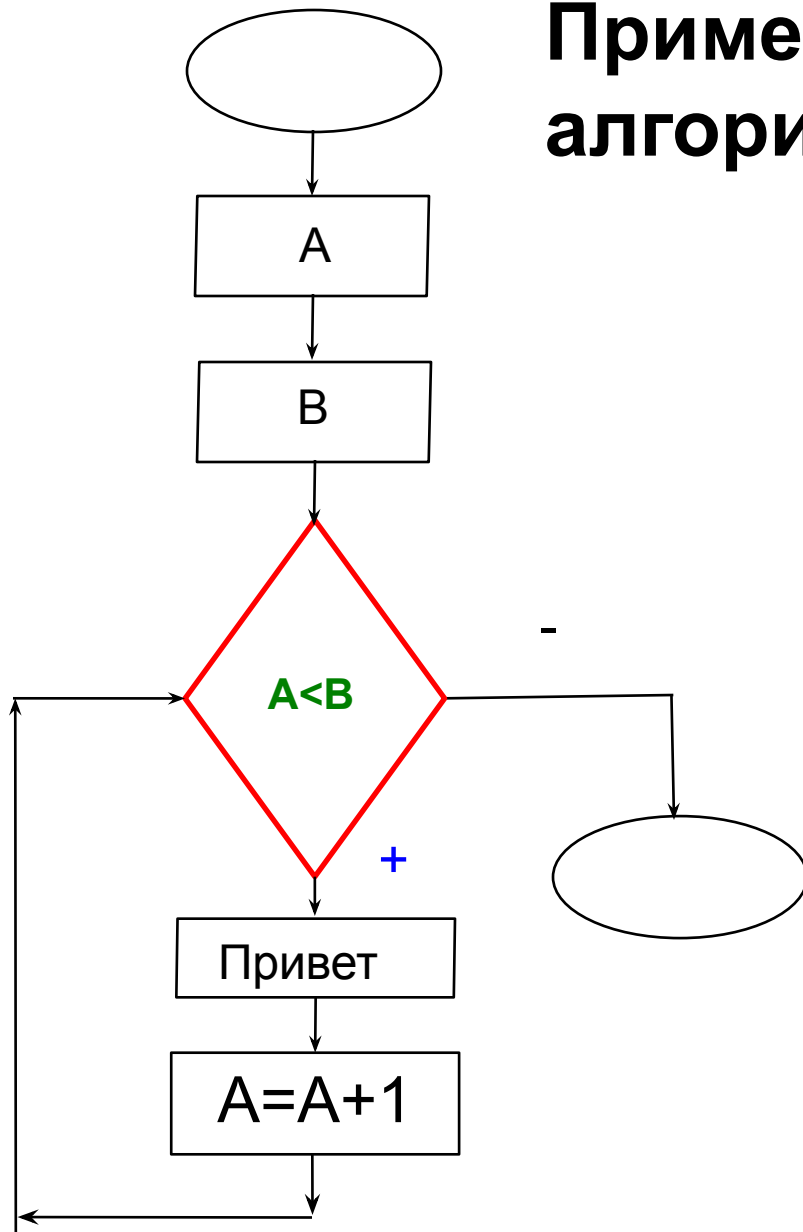
Можно ли решить известными методами?

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



Что плохо?

Пример работы с циклическим алгоритмом `while ... do ...`



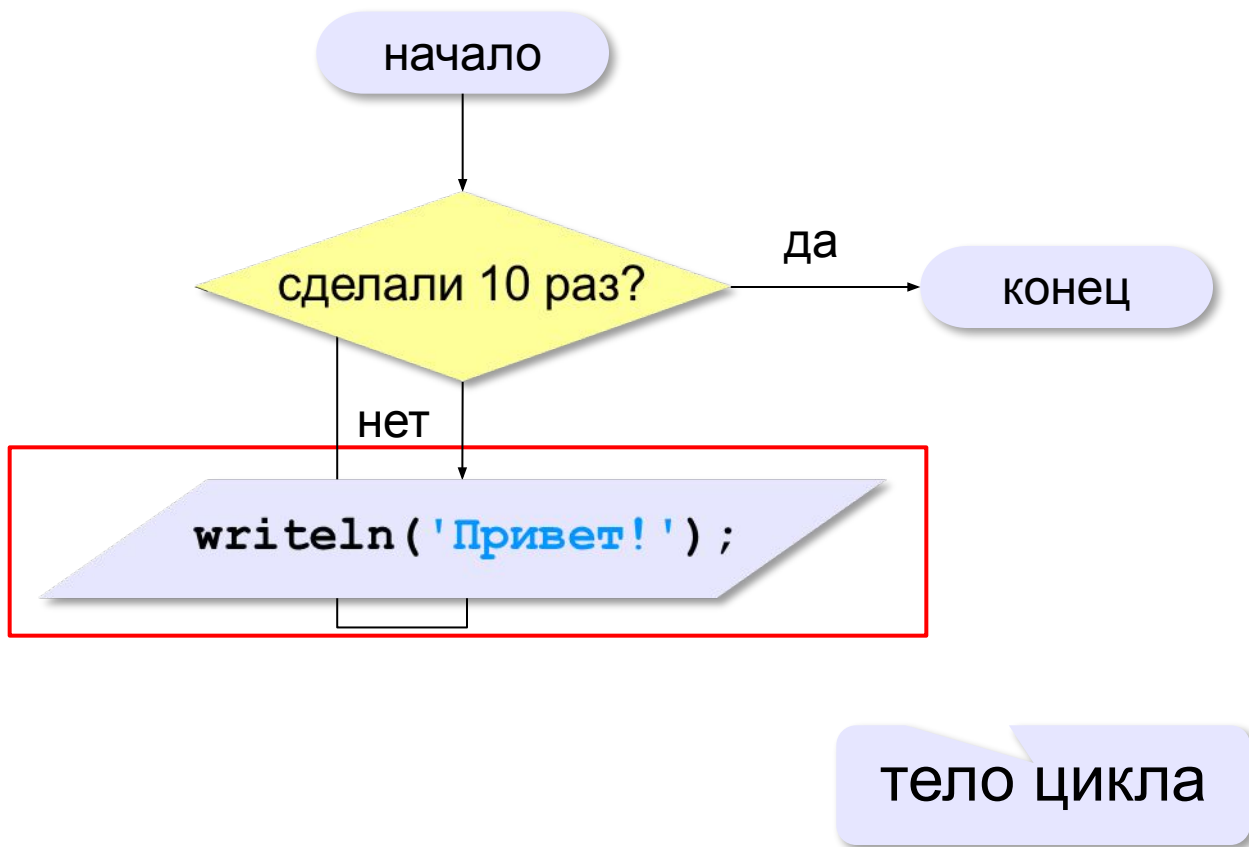
```

program IvanovTK;
var A,B: integer;
Begin
write('Введите A=');
readln(A);
write('Введите B=');
readln(B);
  while A<B do
    begin
      writeln('Привет');
      A:=A+1;
    end;
end.
  
```



Сколько раз выведется слово «Привет» на экран при $A=1$, $B=2$?

Блок-схема цикла



Как организовать цикл?

```
счётчик := 0  
пока счётчик < 10  
  writeln('привет');  
  увеличить счётчик на 1
```

результат операции
автоматически
сравнивается с нулём!

```
счётчик := 10  
пока счётчик > 0  
  writeln('привет');  
  уменьшить счётчик на 1
```



Какой способ удобнее для процессора?

Цикл с условием

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

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

n	счётчик
1234	0

? Как отсечь последнюю цифру?

```
n := n div 10
```

? Как увеличить счётчик на 1?

```
счётчик := счётчик + 1
```

Цикл с условием

начальное значение
счётчика

условие
продолжения

заголовок
цикла

```
count := 0;  
while n > 0 do begin  
    n := n div 10;  
    count := count + 1  
end;
```

тело цикла



Зачем `begin-end`?



Цикл с предусловием – проверка на входе в цикл!

Цикл с условием

При известном количестве шагов:

```
k := 0;  
while k < 10 do begin  
  writeln('привет');  
  k := k + 1;  
end;
```

Защивание:

```
k := 0;  
while k < 10 do  
  writeln('привет');
```

Сколько раз выполняется цикл?

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a + 1;
```

2 раза

a = 6

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a + b;
```

1 раз

a = 10

```
a := 4; b := 6;  
while a > b do a := a + 1;
```

0 раз

a = 4

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do b := a - b;
```

1 раз

b = -2

```
a := 4; b := 6;  
while a < b do a := a - 1;
```

зацикливание

Цикл с постусловием

заголовок
цикла

```
repeat
```

```
  write ( 'Введите n > 0: ' );  
  read (n) ;
```

```
until n > 0 ;
```

тело цикла

условие
окончания

- при входе в цикл условие **не проверяется**
- цикл всегда выполняется **хотя бы один раз**
- в последней строке указывают **условие окончания** цикла, а не условие его продолжения

Задачи

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

Пример:

Введите два целых числа :

10 12

$10 * 10 = 100$

$11 * 11 = 121$

$12 * 12 = 144$

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

Пример:

Введите два числа :

10 -15

$10 * (-15) = -150$

Задачи

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

Пример:

Введите число N :

10000

Сумма 17709

Задачи-2

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

Пример:

Введите натуральное число:

12345

Сумма цифр 15.

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

Пример:

Введите натуральное число:

12342

Нет.

Пример:

Введите натуральное число:

12245

Да.

Задачи-2

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

Пример:

Введите натуральное число:

12342

Да .

Пример:

Введите натуральное число:

12345

Нет .

Цикл с переменной

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



Можно ли сделать с циклом «while»?

```
k := 1;  
n := 2;  
while k <= 10 do  
begin  
  writeln(n);  
  n := n * 2;  
  k := k + 1  
end;
```

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



Переменная k – целая!

Цикл с переменной: другой шаг

```
n := 2;  
For k:=10 downto 1 do  
begin  
    writeln(n);  
    n := n * 2;  
end;
```

Сколько раз выполняется цикл?

```
a := 1;  
for i := 1 to 3 do a := a + 1;
```

a = 4

```
a := 1;  
for i := 3 to 1 do a := a + 1;
```

a = 1

```
a := 1;  
for i := 1 downto 3 do a := a + 1;
```

a = 1

```
a := 1;  
for i := 3 downto 1 do a := a + 1;
```

a = 4

Задачи

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

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

Задачи

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

Пример:

Введите N:

1000

$$1 * 1 = 1$$

$$5 * 5 = 25$$

$$6 * 6 = 36$$

$$25 * 25 = 625$$

$$76 * 76 = 5776$$

Вложенные циклы

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

```
для n от 2 до 1000  
    если число n простое то  
        writeln(n) ;
```

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



Что значит «простое число»?

Вложенные циклы

```
for n:= 2 to 1000 do begin
  count:= 0;
  for k:= 2 to n-1 do
    if n mod k = 0 then
      count:= count + 1;
  if count = 0 then
    writeln(n)
end;
```

ВЛОЖЕННЫЙ ЦИКЛ

Вложенные циклы

```
for i:=1 to 4 do  
  for k:=1 to i do  
    writeln(i, ' ', k);
```

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



Как меняются переменные?



Переменная внутреннего цикла изменяется быстрее!


Поиск простых чисел: как улучшить?

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

```
while k <= sqrt(n) do begin
  ...
end;
```

 Что плохо?

```
count := 0;
k := 2;
while k*k <= n do begin
  if n mod k = 0 then
    count := count + 1;
  k := k + 1
end;
```

 Как ещё улучшить?

```
while (k*k <= n) and (count = 0)
do begin
  ...
end;
```

Задачи

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

Пример:

Введите границы диапазона:

10 20

11 13 17 19

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

Задачи

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

Пример:

Введите N :

15

1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 12 15

Программирование на языке Паскаль

§ 59. Процедуры

Зачем нужны процедуры?

```
writeln('Ошибка программы');
```

много раз!

```
program withProc;
```

```
var n: integer;
```

```
procedure Error;
```

```
begin
```

```
    writeln('Ошибка программы')
```

```
end;
```

```
begin
```

```
    read(n);
```

```
    if n < 0 then Error;
```

```
    ...
```

```
end.
```

ВЫЗОВ
процедуры

Что такое процедура?

Процедура – вспомогательный алгоритм, который выполняет некоторые действия.

- текст (расшифровка) процедуры записывается **до основной программы**
- в программе может быть **много процедур**
- чтобы процедура заработала, нужно **вызвать** её по имени из основной программы или из другой процедуры

Процедура с параметрами

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

много раз!

Алгоритм:

$$178 \Rightarrow 10110010_2$$

? Как вывести первую цифру?

n := $\overset{7}{1} \overset{6}{0} \overset{5}{1} \overset{4}{1} \overset{3}{0} \overset{2}{0} \overset{1}{1} \overset{0}{0}_2$ разряды

n div 128

n mod 128

? Как вывести вторую цифру?

n1 div 64

Процедура с параметрами

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

Алгоритм:

```
k := 128;
while k > 0 do begin
  write(n div k);
  n := n mod k;
  k := k div 2;
end;
```

178 ⇒ 10110010



Результат зависит от n!

n	k	ВЫВОД
178	128	1

Процедура с параметрами

```
program binCode;  
  procedure printBin (n: integer);  
  var k: integer;  
  begin  
    k := 128;  
    while k > 0 do begin  
      write (n div k);  
      n := n mod k;  
      k := k div 2  
    end  
  end;  
begin  
  printBin (99)  
end.
```

локальная
переменная

Параметры – данные,
изменяющие работу
процедуры.

значение параметра
(аргумент)

Несколько параметров

```
procedure printSred(a: integer;  
                   b: integer);  
  
begin  
    write((a+b)/2);  
end.
```

```
procedure printSred(a, b: integer);  
begin  
    write((a+b)/2);  
end.
```

Задачи

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

Пример:

Введите N :

10

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

Пример:

Введите натуральное число:

1234

1

2

3

4

Задачи

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

Пример:

Введите натуральное число:

2013

ММХІІІ

Изменяемые параметры

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

```
program Exchange;  
var x, y: integer;  
  
procedure Swap(a, b: integer);  
var c: integer;  
begin  
    c := a; a := b; b := c;  
end;  
  
begin  
    x := 2; y := 3;  
    Swap(x, y);  
    write(x, ' ', y)  
end.
```

передача по
значению



Процедура работает с копиями переданных значений параметров!

2 3



Почему не работает?

Изменяемые параметры

переменные могут
ИЗМЕНЯТЬСЯ

```
procedure Swap ( var a, b: integer );  
var c: integer;  
begin  
    c := a; a := b; b := c;  
end;
```

передача по
ССЫЛКЕ

ВЫЗОВ:

```
var a, b: integer;  
...  
Swap (a, b); { правильно }  
Swap (2, 3); { неправильно }  
Swap (a, b+3); { неправильно }
```

Задачи

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

Пример:

Введите три натуральных числа:

10 15 5

5 10 15

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

Пример:

Введите числитель и знаменатель дроби:

25 15

После сокращения: 5/3

Задачи

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

Пример:

Введите два натуральных числа:

10 15

НОД (10 , 15) =5

НОК (10 , 15) =30

Программирование на языке Паскаль

§ 60. Функции

Что такое функция?

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

Задача. Написать функцию, которая вычисляет сумму цифр числа.

Алгоритм:

```
сумма := 0;  
while n <> 0 do begin  
    сумма := сумма + n mod 10;  
    n := n div 10  
end;
```

Сумма цифр числа

```
program Sum;
```

```
function sumDigits (n: integer) : integer ;
```

```
var sum: integer;
```

```
begin
```

```
    sum := 0;
```

```
    while n <> 0 do begin
```

```
        sum := sum + n mod 10;
```

```
        n := n div 10;
```

```
    end;
```

```
    sumDigits := sum
```

```
end;
```

тип результата

передача
результата

```
begin
```

```
    writeln (sumDigits (12345) )
```

```
end.
```

Использование функций

```
x := 2 * sumDigits (n+5) ;  
z := sumDigits (k) + sumDigits (m) ;  
if sumDigits (n) mod 2 = 0 then begin  
    writeln ('Сумма цифр чётная') ;  
    writeln ('Она равна ', sumDigits (n))  
end ;
```



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

Задачи

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

Пример:

Введите два натуральных числа:

7006652 112307574

$\text{НОД}(7006652, 112307574) = 1234.$

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

Пример:

Введите натуральное число:

123

Сумма цифр числа 123 равна 6.

Задачи

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

Пример:

Введите натуральное число:

1234

После переворота: 4321.

Логические функции

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

```
program PrimeNum;  
var i: integer;  
begin  
  for i:=2 to 100 do  
    if isPrime(i) then  
      writeln(i)  
end.
```

функция,
возвращающая
логическое значение
(True/False)

Функция: простое число или нет?



Какой алгоритм?

логическое значение
(True/False)

```
function isPrime (n: integer) : boolean ;  
var count, k: integer;  
begin  
    count := 0;  
    k := 2;  
    while (k*k <= n) and (count = 0) do begin  
        if n mod k = 0 then  
            count := count + 1;  
        k := k + 1  
    end;  
    isPrime := (count = 0)  
end;
```

```
if count = 0 then  
    isPrime := True  
else isPrime := False
```

Логические функции: использование



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

```
read(n) ;  
while isPrime(n) do begin  
    writeln('простое число') ;  
    read(n)  
end ;
```

Задачи

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

Пример:

Введите натуральное число:

28

Число 28 совершенное.

Пример:

Введите натуральное число:

29

Число 29 не совершенное.

Задачи

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

Пример:

Введите два натуральных числа:

28 15

Числа 28 и 15 взаимно простые.

Пример:

Введите два натуральных числа:

28 16

Числа 28 и 16 не взаимно простые.

Задачи

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

Пример:

Введите натуральное число:

733

Число 733 гиперпростое.

Пример:

Введите натуральное число:

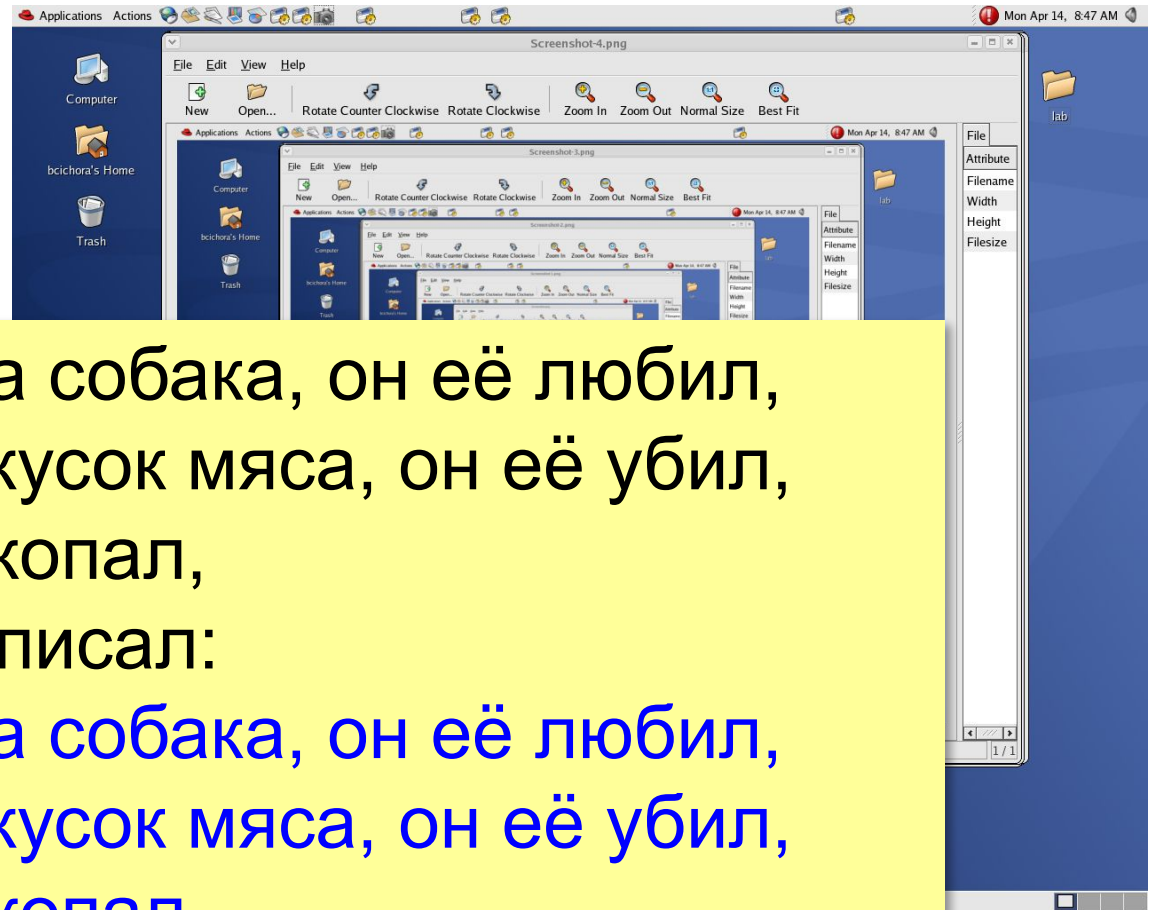
19

Число 19 не гиперпростое.

Программирование на языке Паскаль

§ 61. Рекурсия

Что такое рекурсия?



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

...

Что такое рекурсия?

Натуральные числа:

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

индуктивное
определение

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

Числа Фибоначчи:

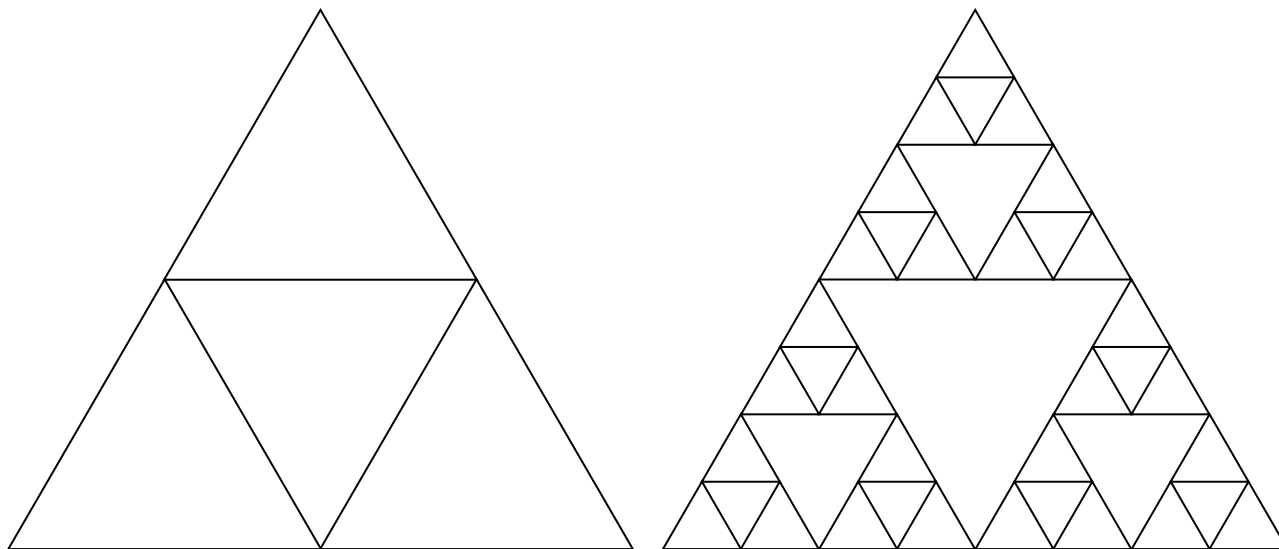
- $F_1 = F_2 = 1$
- $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$ при $n > 2$

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...

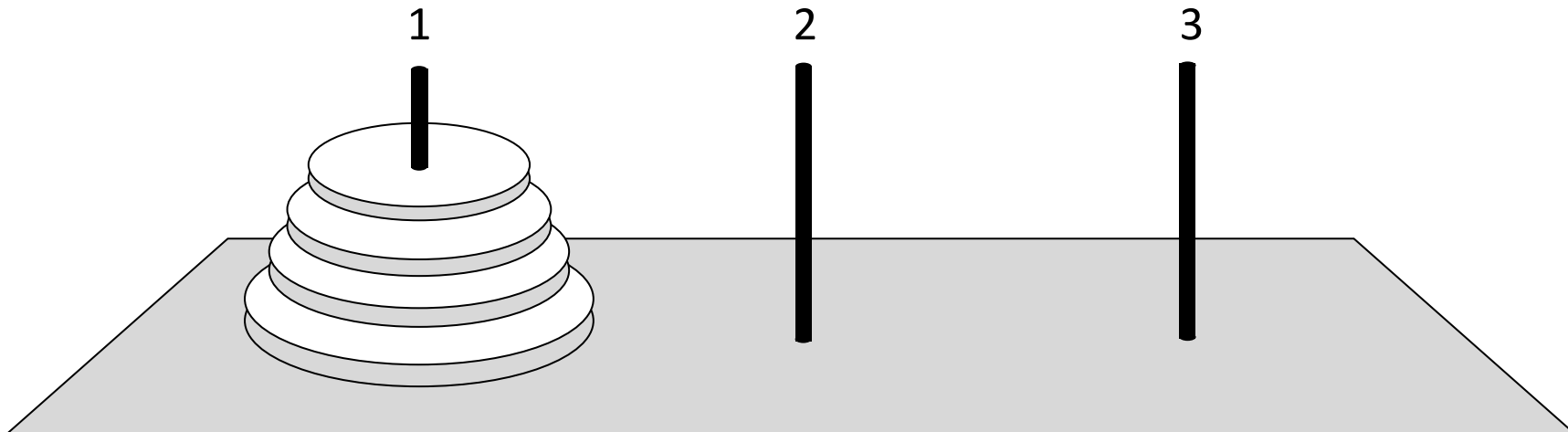
Фракталы

Фракталы – геометрические фигуры, обладающие самоподобием.

Треугольник Серпинского:



Ханойские башни



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

перенести (n, 1, 3)

перенести (n-1, 1, 2)

1 -> 3

перенести (n-1, 2, 3)

Ханойские башни – процедура

СКОЛЬКО

откуда

куда

```

proceduer Hanoi (n, k, m: integer);
var p: integer;
begin
  p := 6 - k - m;
  Hanoi (n-1, k, p);
  writeln(k, ' -> ', m);
  Hanoi (n-1, p, m)
end;

```

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

рекурсия

p := 6 - k - m;

Hanoi (n-1, k, p);

рекурсия

writeln(k, ' -> ', m);

Hanoi (n-1, p, m)

end;



Что плохо?



Рекурсия никогда не остановится!

Ханойские башни – процедура

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

```

proceduer Hanoi (n, k, m: integer);
var p: integer;
begin
  if n = 0 then exit;
  p := 6 - k - m;
  Hanoi (n-1, k, p);
  writeln(k, ' -> ', m);
  Hanoi (n-1, p, m)
end;

```

условие выхода из рекурсии

```

program HanoiTower;
...
begin
  Hanoi (4, 1, 3)
end.

```

Вывод двоичного кода числа

```
procedure printBin (n: integer) ;  
begin  
  if n = 0 then exit;  
  printBin ( n div 2 );  
  write ( n mod 2 )  
end;
```

условие выхода из
рекурсии

напечатать все
цифры, кроме
последней

`printBin (0)`



вывести
последнюю цифру



Как без рекурсии?

Вычисление суммы цифр числа

```
function sumDig(n: integer): integer;
var sum: integer;
нач
    sum := n mod 10;
    if n >= 10 then
        sum := sum + sumDig(n div 10);
    sumDig := sum
end;
```

последняя цифра

рекурсивный вызов



Где условие окончания рекурсии?

sumDig (1234)

4 + sumDig (123)

4 + 3 + sumDig (12)

4 + 3 + 2 + sumDig (1)

4 + 3 + 2 + 1

Алгоритм Евклида

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

```
function NOD (a, b: integer): integer;  
begin  
  if (a = 0) or (b = 0) then begin  
    NOD := a + b;  
    exit  
  end;  
  if a > b then  
    NOD := NOD (a - b, b)  
  else NOD := NOD (a, b - a)  
end;
```

условие окончания
рекурсии

рекурсивные вызовы

Задачи

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

Пример:

Введите два натуральных числа:

7006652 112307574

НОД (7006652 , 112307574) = 1234 .

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

Пример:

Введите натуральное число:

378

378 = 2*3*3*3*7

Задачи

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

Пример:

Введите натуральное число:

4

Количество разложений: 4.

Как работает рекурсия?

Факториал:

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

```
function Fact(N: integer): integer;
begin
  writeln('-> N = ', N);
  if N <= 1 then
    Fact := 1
  else Fact := N * Fact(N-1);
  writeln('<- N = ', N)
end;
```

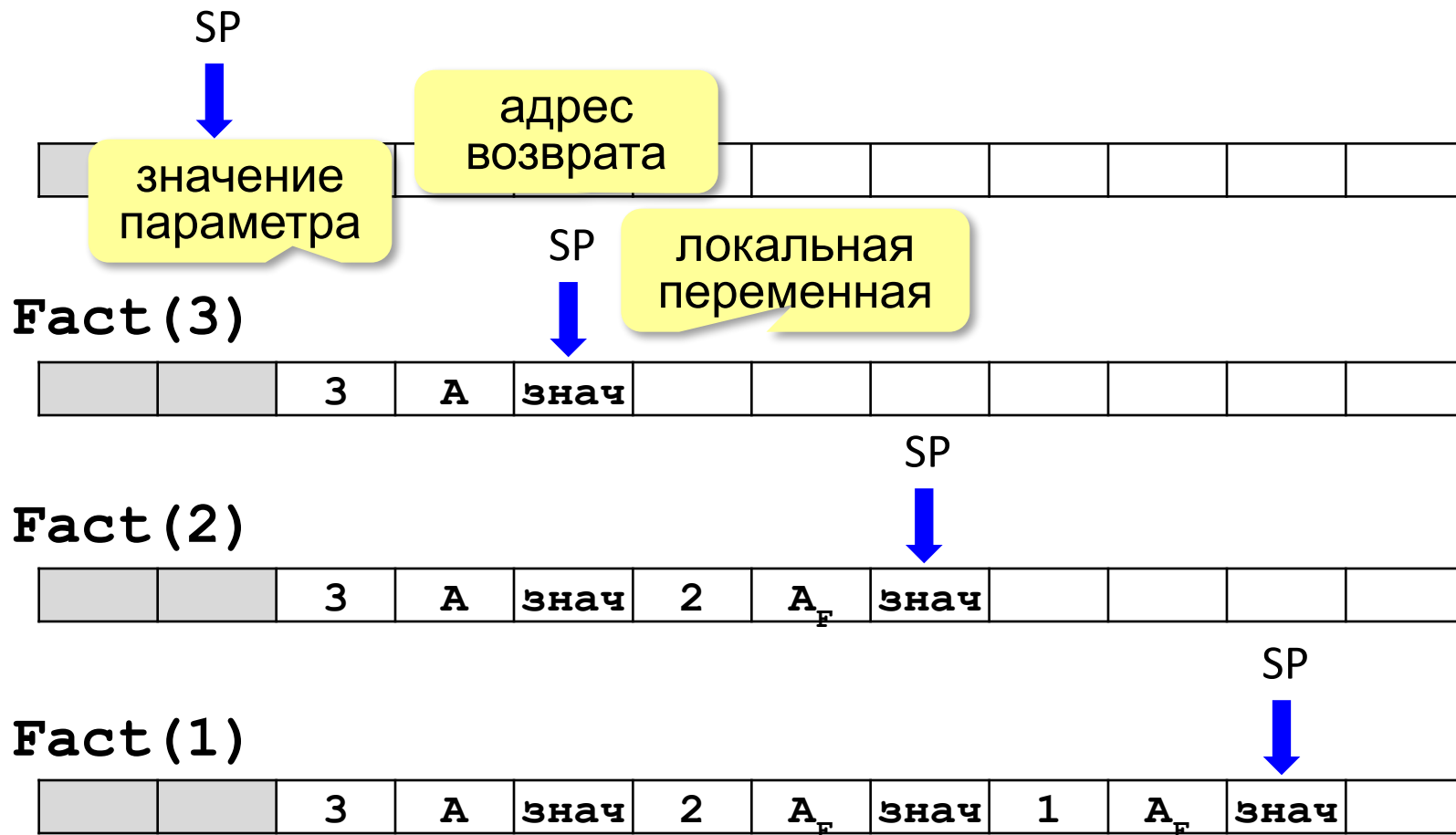
```
-> N = 3
   -> N = 2
       -> N = 1
           <- N = 1
               <- N = 2
                   <- N = 3
```



Как сохранить состояние функции перед рекурсивным вызовом?

Стек

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



Рекурсия – «за» и «против»

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



▪ программа становится более короткой и понятной



▪ возможно переполнение стека

▪ замедление работы



Любой рекурсивный алгоритм можно заменить итерационным!

итерационный
алгоритм

```
function Fact(N: integer) :  
    integer;  
var i, F: integer;  
begin  
    F := 1;  
    for i := 1 to N do  
        F := F * i;  
    Fact := F  
end;
```

Конец фильма

ПОЛЯКОВ Константин Юрьевич

д.т.н., учитель информатики

ГБОУ СОШ № 163, г. Санкт-Петербург

kpolyakov@mail.ru

ЕРЕМИН Евгений Александрович

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

дидактики и ИТО ПГГПУ, г. Пермь

eremin@pspu.ac.ru

Источники иллюстраций

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