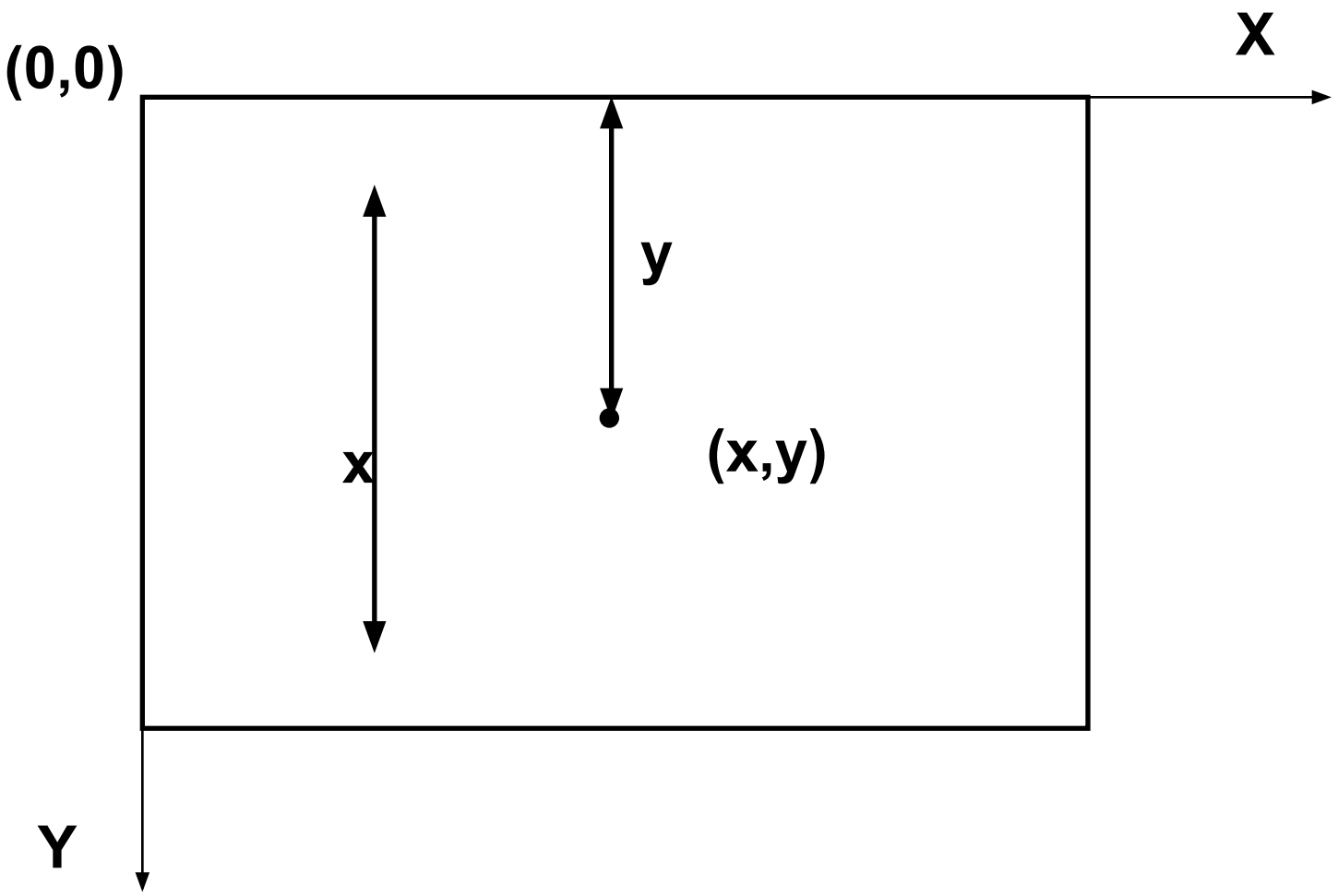
Программирование на языке Паскаль

Тема 7. Графика

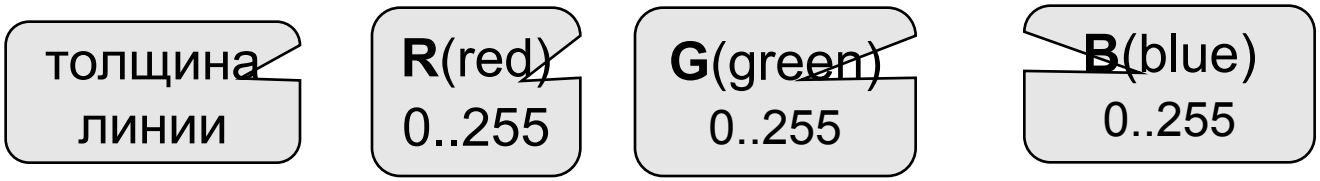
Система координат



Управление цветом

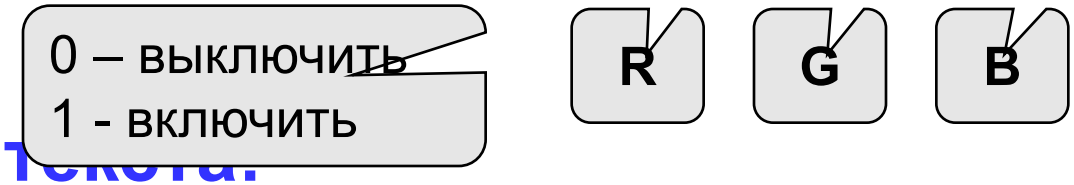
Цвет и толщина линий, цвет точек:

```
Pen ( 1, 255, 0, 0 );
```



Цвет и стиль заливки:

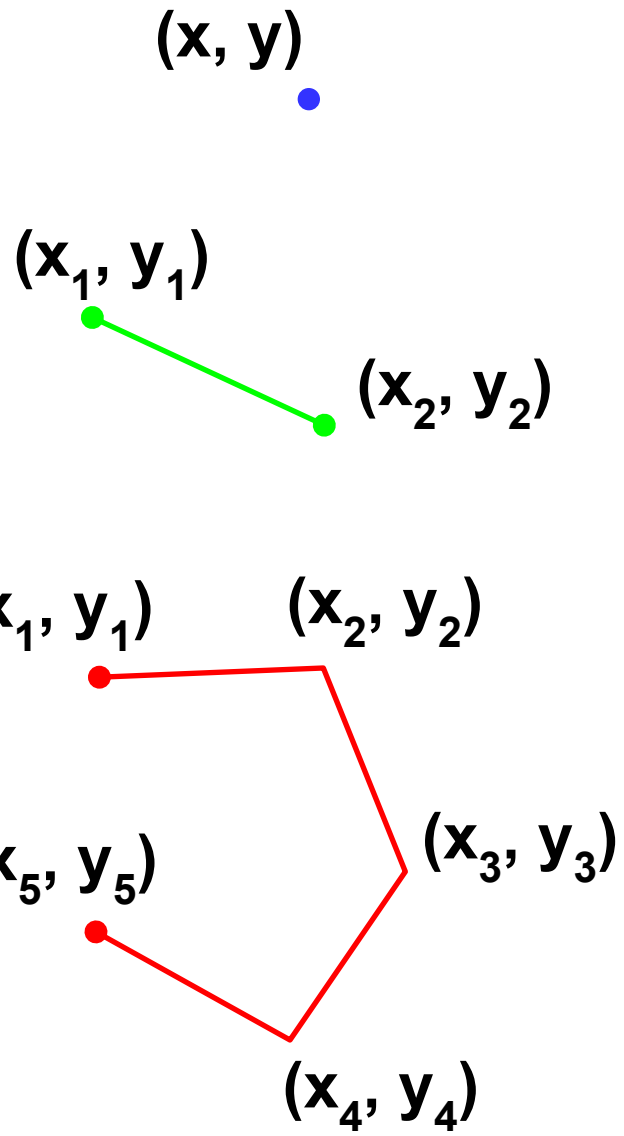
```
Brush ( 1, 0, 255, 0 );
```



Цвет текста:

```
TextColor ( 0, 0, 255 );
```

Точки, отрезки и ломаные

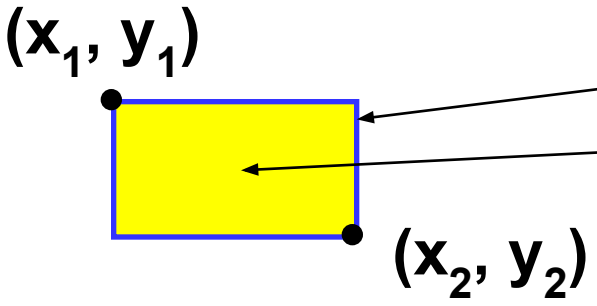



```
Pen (1, 0, 0, 255);
Point (x, y);
```

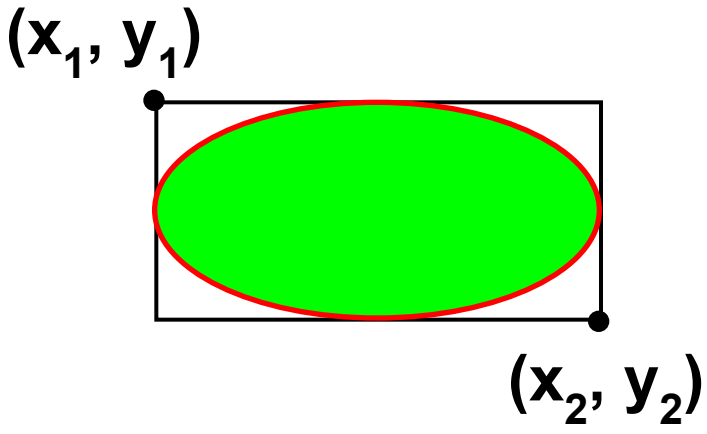
```
Pen (1, 0, 255, 0);
Line (x1, y1, x2, y2);
```

```
Pen (1, 255, 0, 0);
MoveTo (x1, y1);
LineTo (x2, y2);
LineTo (x3, y3);
LineTo (x4, y4);
LineTo (x5, y5);
```

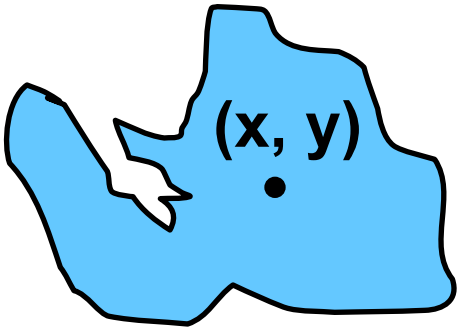
Фигуры с заливкой




```
Pen (1, 0, 0, 255);
Brush (1, 255, 255, 0);
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
```



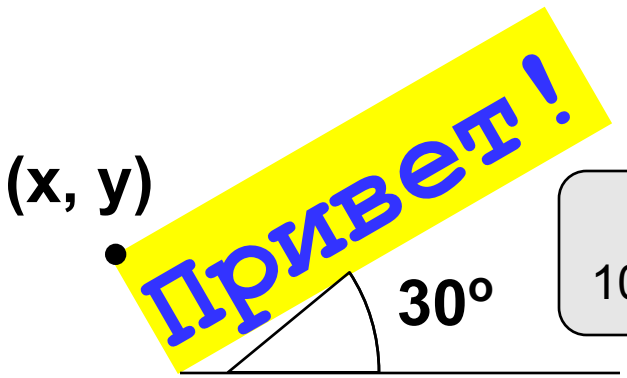

```
Pen (1, 255, 0, 0);
Brush (1, 0, 255, 0);
Ellipse (x1, y1, x2, y2);
```



Как отменить заливку?

```
Brush (1, 100, 200, 255);
Fill (x, y);
```

Текст



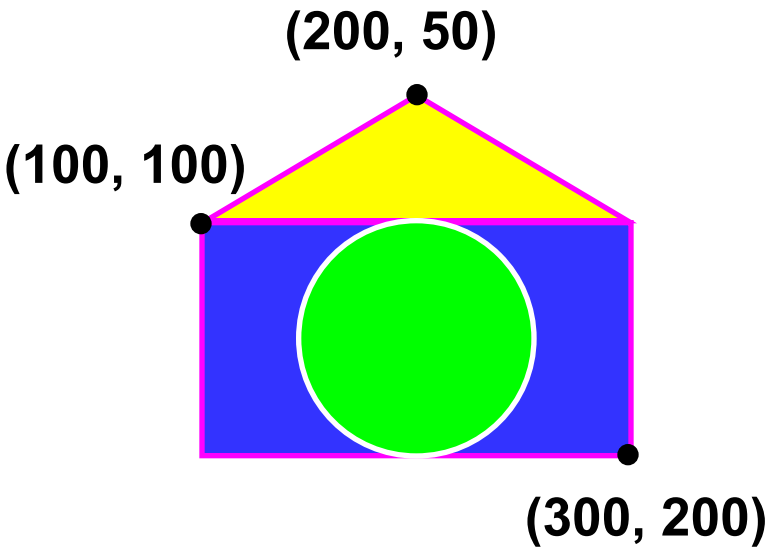

```
TextColor (0, 0, 255);
Brush (1, 255, 255, 0);
Font (20, 30, 600);
MoveTo (x, y);
writeln ('Привет!');
```

размер 10 пикселей

угол поворота

насыщенность:
400 – нормальный
600 – жирный

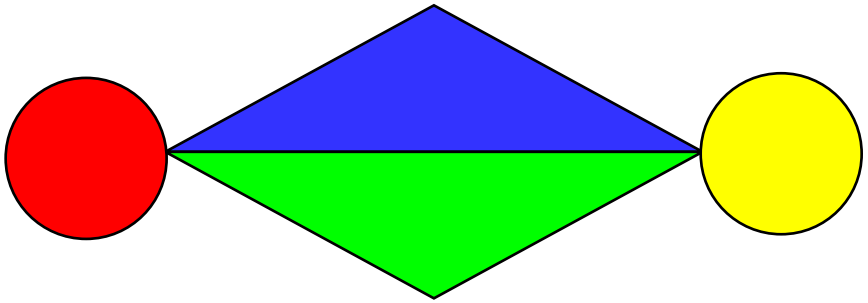
Пример



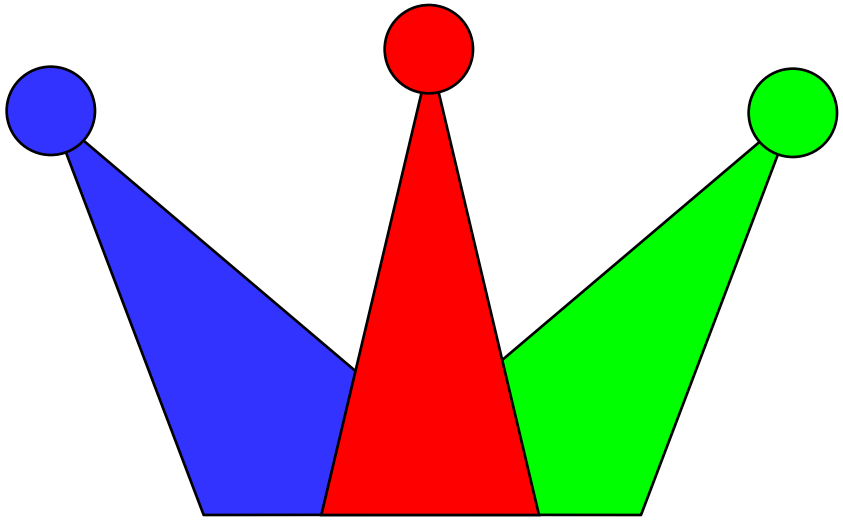

```
program qq;
begin
   Pen(2, 255, 0, 255);
   Brush(1, 0, 0, 255);
   Rectangle(100, 100, 300, 200);
   MoveTo(100, 100);
   LineTo(200, 50);
   LineTo(300, 100);
   Brush(1, 255, 255, 0);
   Fill(200, 75);
   Pen(2, 255, 255, 255);
   Brush(1, 0, 255, 0);
   Ellipse(150, 100, 250, 200);
end.
```

Задания

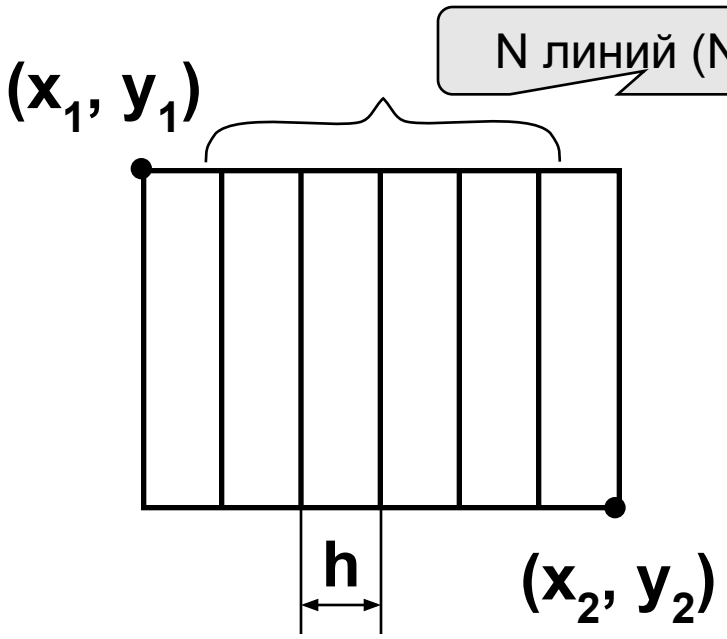
"4": "Лягушка"



"5": "Корона"



Штриховка



$$h = \frac{x_2 - x_1}{N + 1}$$

```
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
Line( x1+h,   y1, x1+h,   y2);
Line( x1+2*h, y1, x1+2*h, y2);
Line( x1+3*h, y1, x1+3*h, y2);
...
```

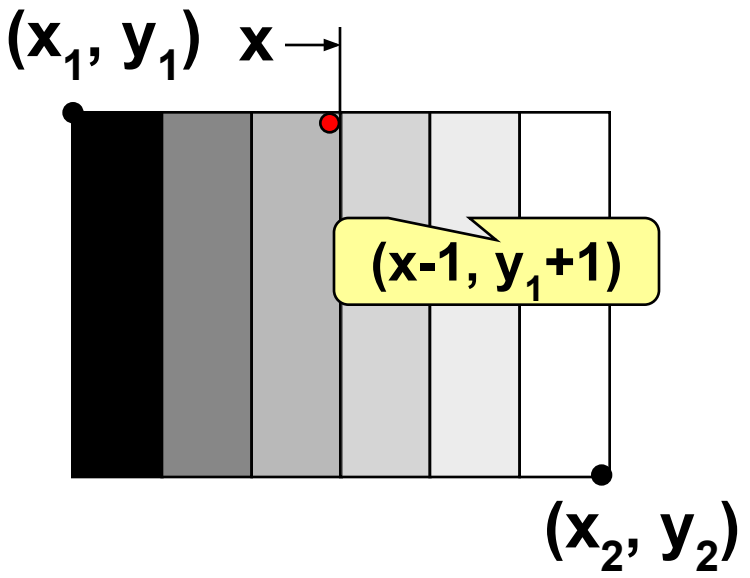
x x

```
h := (x2 - x1) / (N + 1);
Rectangle (x1, y1, x2, y2);
x := x1 + h;
for i:=1 to N do begin
  Line( round(x), y1, round(x), y2);
  x := x + h;
end;
```

```
var x, h: real;
```

округление до ближайшего целого

Как менять цвет?



серый: **R = G = B**

```
Brush ( 1, c, c, c );
Fill ( ???, ??? );
```

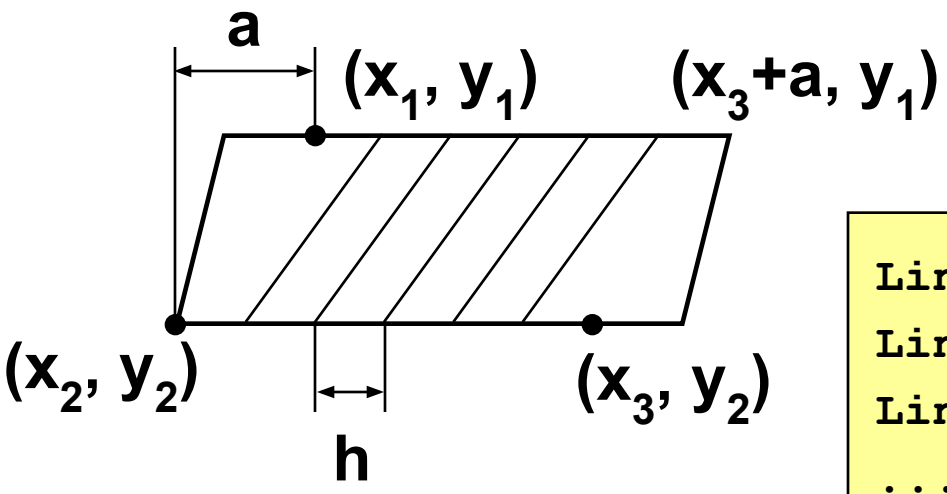
Шаг изменения c:

$$h_c = \frac{255}{N+1}$$

```
var c, hc: integer;
```

```
hc := 255 div (N + 1);
c := 0;
for i:=1 to N+1 do begin
  Line (round(x), y1, round(x), y2);
  Brush (1, c, c, c);
  Fill (round(x)-1, y1+1);
  x := x + h; c := c + hc;
end;
```

Штриховка



$$a = x_2 - x_1$$

$$h = \frac{x_3 - x_2}{N + 1}$$

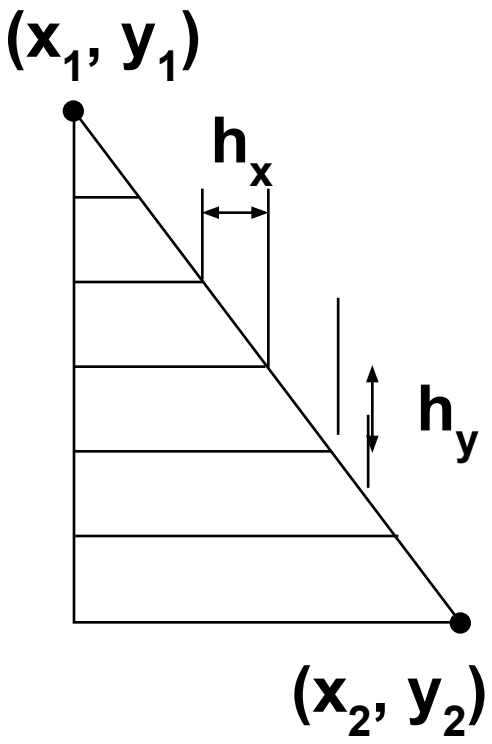
```
Line( x1+h,   y1, x1+h-a,   y2);
Line( x1+2*h, y1, x1+2*h-a, y2);
Line( x1+3*h, y1, x1+3*h-a, y2);
...
```

x

x-a

```
h := (x3 - x2) / (N + 1);
a := x2 - x1;
x := x1 + h;
for i:=1 to N do begin
  Line( round(x), y1, round(x-a), y2);
  x := x + h;
end;
```

Штриховка



$$h_x = \frac{x_2 - x_1}{N+1}$$

$$h_y = \frac{y_2 - y_1}{N+1}$$

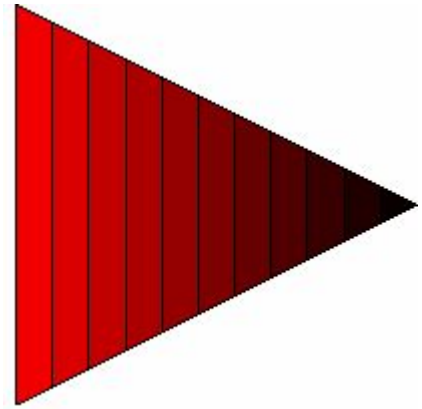
```
Line( x1, y1+hy, x1+hx, y1+hy);
Line( x1, y1+2*hy, x1+2*hx, y1+2*hy);
Line( x1, y1+3*hy, x1+3*hx, y1+3*hy);
```

y x y

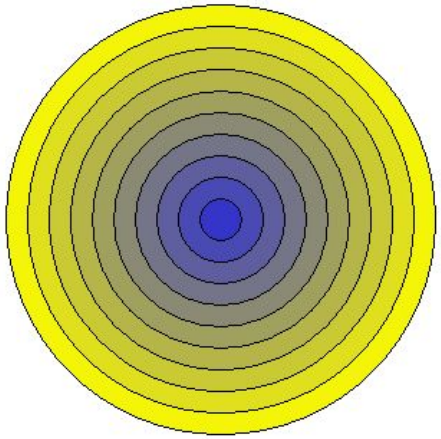
```
hx := (x2 - x1) / (N + 1);
hy := (y2 - y1) / (N + 1);
x := x1 + hx; y := y1 + hy;
for i:=1 to N do begin
  Line( x1, round(y), round(x), round(y));
  x := x + hx; y := y + hy;
end;
```

Задания

"4": Ввести с клавиатуры число линий штриховки и построить фигуру, залив все области разным цветом.



"5": Ввести с клавиатуры число окружностей и построить фигуру, залив все области разным цветом.



Программирование на языке Паскаль

Тема 8. Графики функций

Построение графиков функций

Задача: построить график функции $y = 3\sin(x)$ на интервале от 0 до 2π.

Анализ:

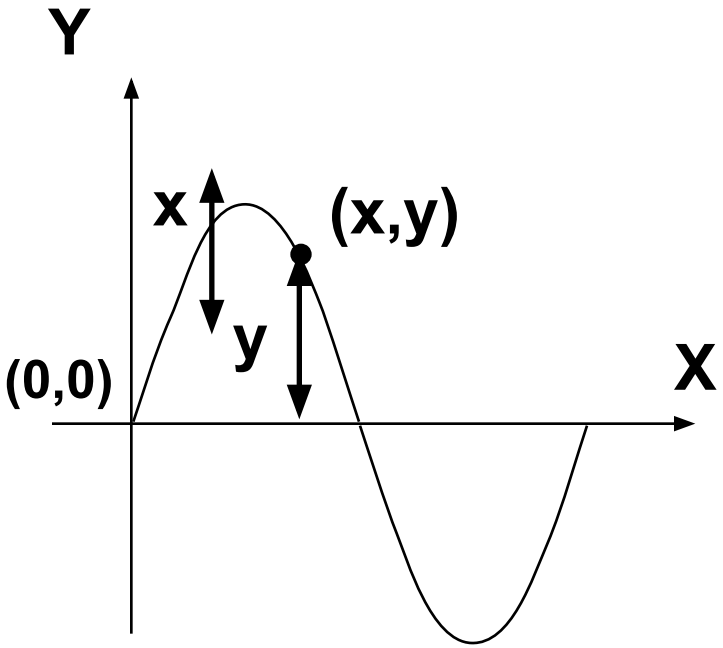
максимальное значение $y_{max} = 3$ при $x = \pi/2$

минимальное значение $y_{min} = -3$ при $x = 3\pi/2$

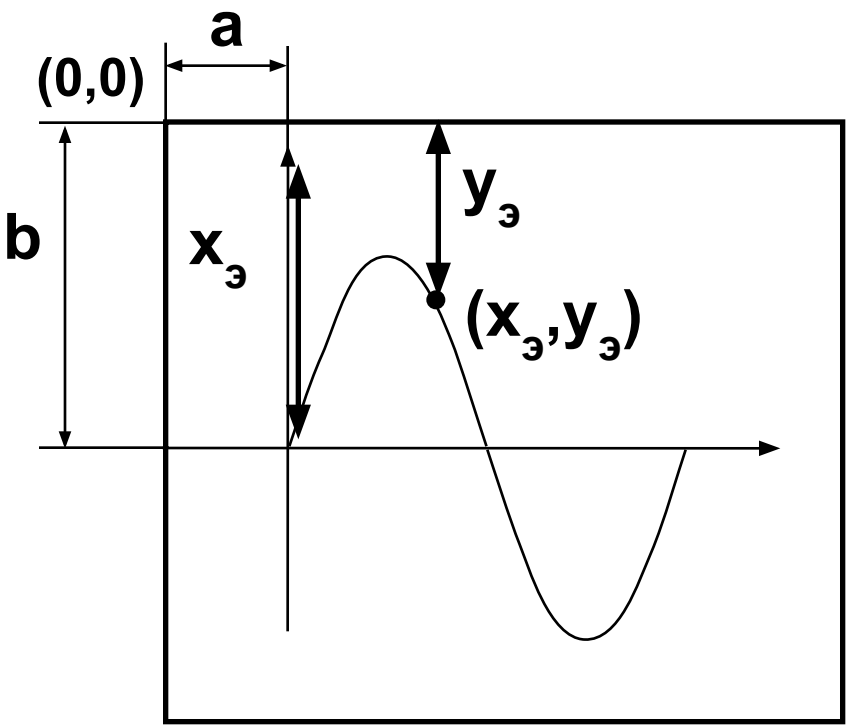
Проблема: функция задана в математической системе координат, строить надо на экране, указывая координаты в пикселях.

Преобразование координат

Математическая система координат



Экранная система координат (пиксели)



k – масштаб (длина изображения единичного отрезка на экране)

$$x_э = a + kx$$
$$y_э = b - ky$$

Программа

```
program qq;
const a = 50; b = 200; k = 50;
      xmin = 0; xmax = 6.2832;
var x, y, h: real;
    xe, ye, w: integer;
begin
   w := round((xmax - xmin)*k);
  Line(a-10, b, a+w, b);
  Line(a, 0, a, 2*b);
  x := xmin; h := 0.05;
  while x <= xmax do begin
    y := 3*sin(x);
    xe := a + round(k*x);
    ye := b - round(k*y);
    Point (xe, ye);
    x := x + h;
  end;
end.
```

2π

h – шаг изменения x

w – длина оси OX в пикселях

на экране

оси координат

цикл построения графика

Что плохо?

Как соединить точки?

Алгоритм:

Если первая точка
  перейти в точку ($x_э$,$y_э$)
иначе
  отрезок в точку ($x_э$,$y_э$)

выбор варианта действий

Программа:

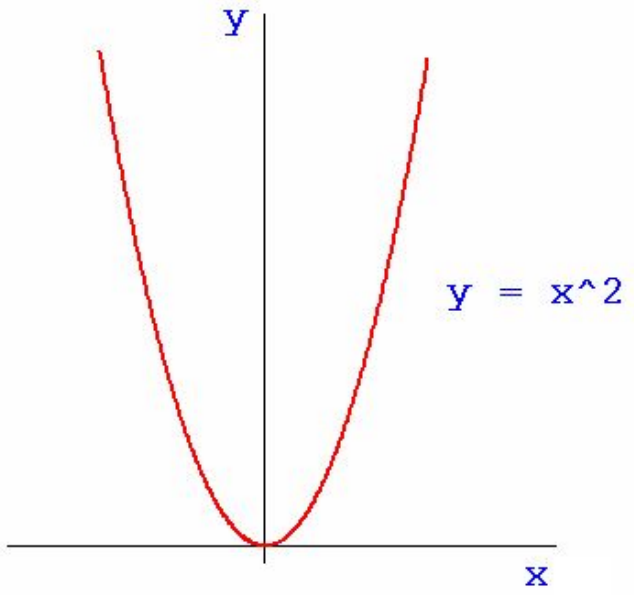
логическая переменная

начальное значение

```
var first: boolean;
    ...
begin
  ...
  first := True;
  while x <= xmax do begin
    ...
    if first then begin
       MoveTo(xe, ye);
       first := False;
    end
    else LineTo(xe, ye);
    ...
  end;
end.
```

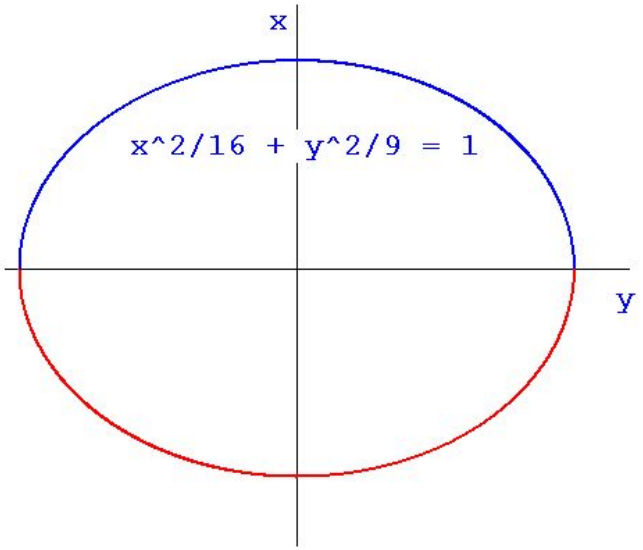
Задания

"4": Построить график функции $y = x^2$ на интервале [-3,3].



"5": Построить график функции (эллипс)

$$\frac{x^2}{16} + \frac{y^2}{9} = 1$$

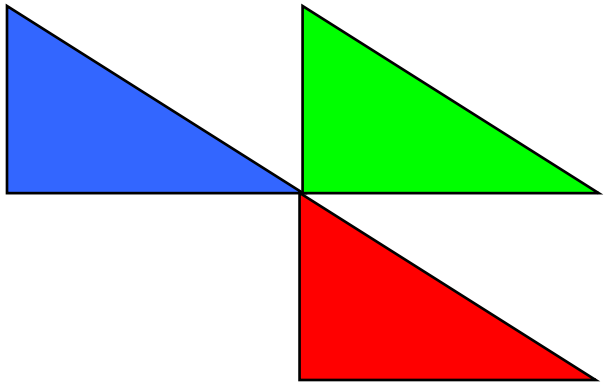


Программирование на языке Паскаль

Тема 9. Процедуры

Процедуры

Задача: Построить фигуру:



Можно ли решить известными методами?

Особенность: три похожие фигуры.

общее: размеры, угол поворота

отличия: координаты, цвет

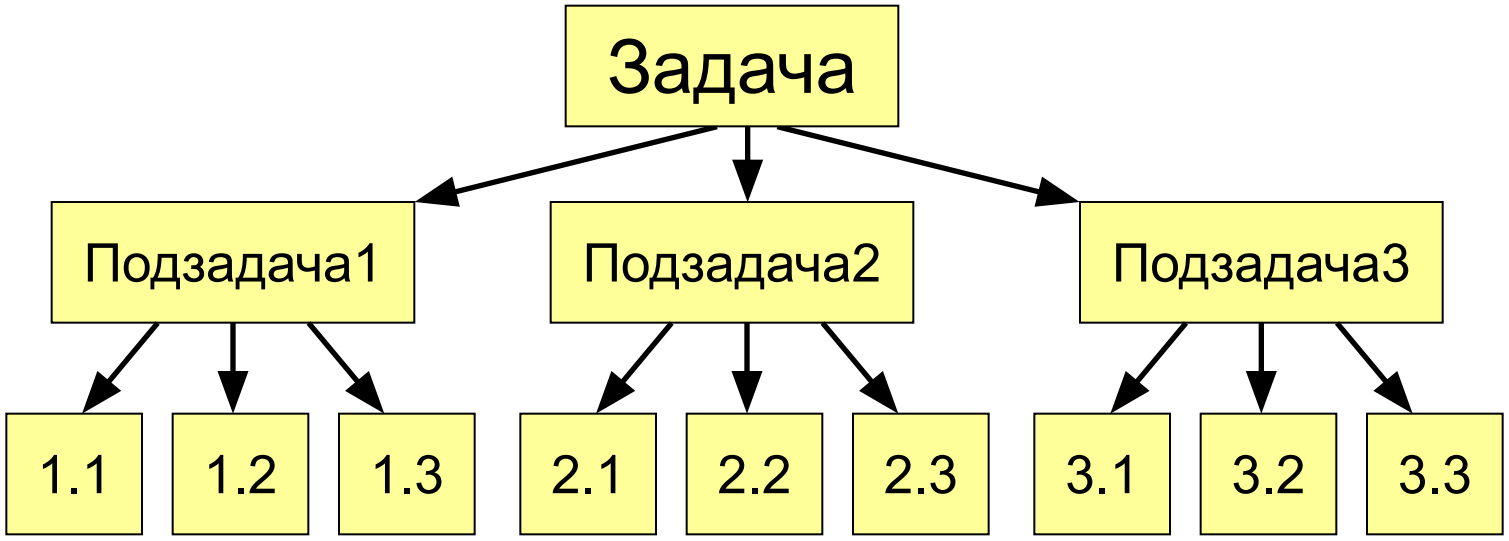
Сколько координат надо задать?

Процедуры

Процедура – это вспомогательный алгоритм, который предназначен для выполнения некоторых действий.

Применение:

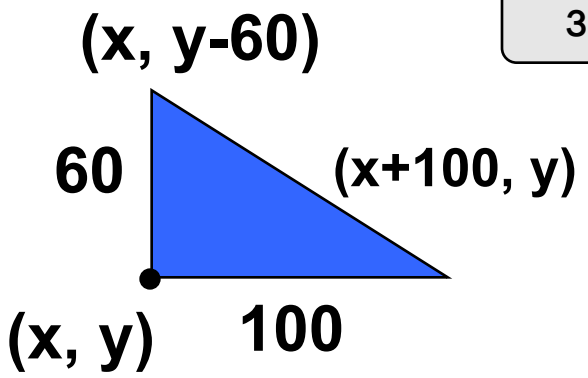
- выполнение одинаковых действий в разных местах программы
- разбивка программы (или другой процедуры) на подзадачи для лучшего восприятия



Процедуры

Порядок разработки:

- выделить одинаковые или похожие действия (три фигуры)
- найти в них **общее** (размеры, форма, угол поворота) и **отличия** (координаты, цвет)
- отличия записать в виде неизвестных переменных, они будут **параметрами** процедуры



заголовок

параметры

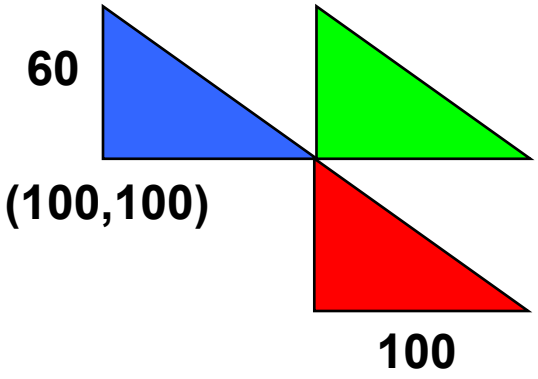
```
procedure Tr( x, y, r, g, b: integer);
begin
   MoveTo(x, y);
   LineTo(x, y-60);
   LineTo(x+100, y);
   LineTo(x, y);
   Brush(1, r, g, b);
   Fill(x+20, y-20);
end;
```

цвет

координаты

тело процедуры

Программа



формальные параметры

```
program qq;
  procedure Tr( x, y, r, g, b: integer);
  begin
    ...
  end;
begin
   Pen(1, 255, 0, 255);
   Tr(100, 100, 0, 0, 255);
   Tr(200, 100, 0, 255, 0);
   Tr(200, 160, 255, 0, 0);
end.
```

процедура

вызовы процедуры

фактические параметры

Процедуры

Особенности:

- все процедуры расположены **выше** основной программы
- в заголовке процедуры перечисляются **формальные** параметры, они обозначаются именами, поскольку могут меняться

```
procedure Tr( x, y, r, g, b: integer);
```

- при вызове процедуры в скобках указывают **фактические** параметры (числа или арифметические выражения) **в том же порядке**

```
Tr (200, 100, 0, 255, 0);
```

Процедуры

Особенности:

- для каждого формального параметра после двоеточия указывают его тип

```
procedure A (x: real; y: integer; z: real);
```

- если однотипные параметры стоят рядом, их перечисляют через запятую

```
procedure A (x, z: real; y, k, l: integer);
```

- внутри процедуры параметры используются так же, как и переменные

Процедуры

Особенности:

- в процедуре можно объявлять дополнительные **локальные** переменные, остальные процедуры не имеют к ним доступа

```
program qq;
  procedure A(x, y: integer);
  var a, b: real;
  begin
    a := (x + y)/6;
    ...
  end;
begin
  ...
end.
```

локальные переменные

Параметры-переменные

Задача: составить процедуру, которая меняет местами значения двух переменных.

Особенности:

надо, чтобы изменения, сделанные в процедуре, стали известны вызывающей программе

```
program qq;
var x, y: integer;
  procedure Exchange ( a, b: integer );
  var c: integer;
  begin
    c := a; a := b; b := c;
  end;
begin
  x := 1; y := 2;
  Exchange ( x, y );
  writeln ( 'x = ', x, ' y = ', y );
end;
```

эта процедура работает с **копиями** параметров

```
x = 1 y = 2
```

Параметры-переменные

параметры могут изменяться

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

Применение:

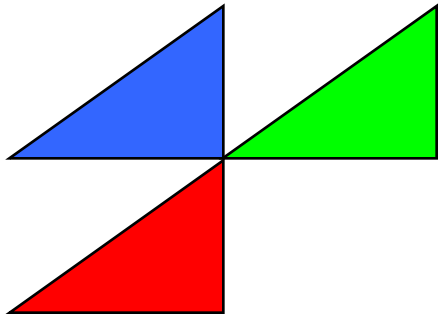
таким образом процедура (и функция) может возвращать несколько значений,

Запрещенные варианты вызова

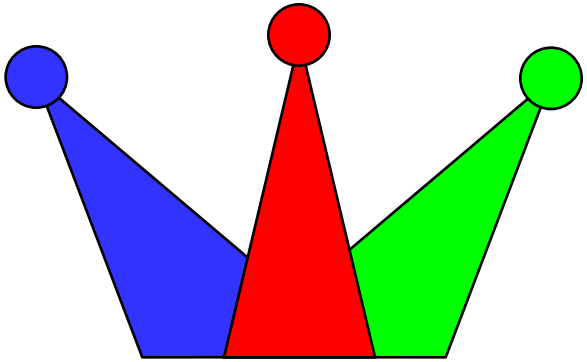
```
Exchange ( 2, 3 );        { числа }
Exchange ( x+z, y+2 );    { выражения }
```

Задания

"4": Используя процедуры, построить фигуру.



"5": Используя процедуры, построить фигуру.



Программирование на языке Паскаль

Тема 10. Рекурсия

Рекурсивные объекты

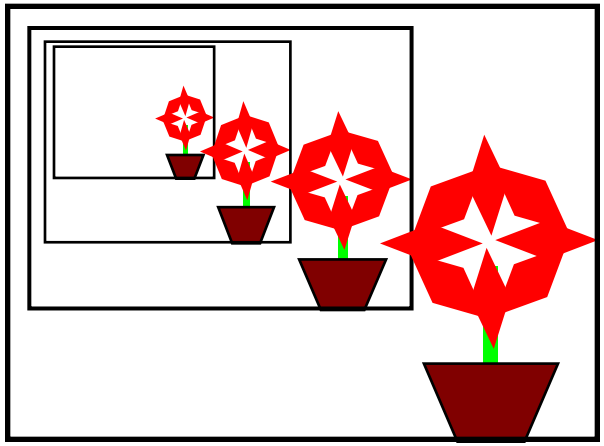
Примеры:

Сказка о попе и собаке:

У попа была собака, он ее любил.
Она съела кусок мяса, он ее убил.
В ямку закопал, надпись написал:

Сказка о попе и собаке

Рисунок с рекурсией:



Факториал:

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

$$1! = 1, \quad 2! = 2 \cdot 1! = 2 \cdot 1, \quad 3! = 3 \cdot 2! = 3 \cdot 2 \cdot 1$$

$$4! = 4 \cdot 3! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$$

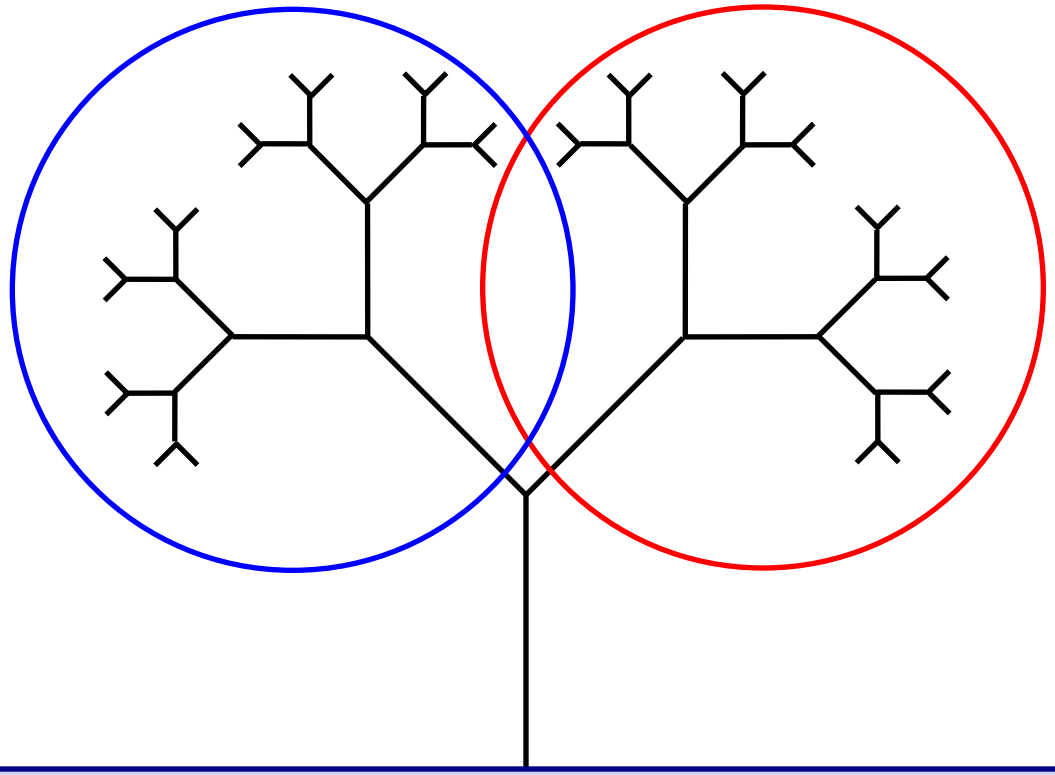
$$N! = N \cdot (N-1) \cdot \square \cdot 2 \cdot 1$$

Рекурсивный объект – это объект, определяемый через один или несколько таких же объектов.

Дерево Пифагора

Дерево Пифагора из N уровней – это ствол и отходящие от него симметрично **два дерева Пифагора из N-1 уровней**, такие что длина их стволов в 2 раза меньше и угол между ними равен 90º.

6 уровней:



Как доказать, что это рекурсивная фигура?

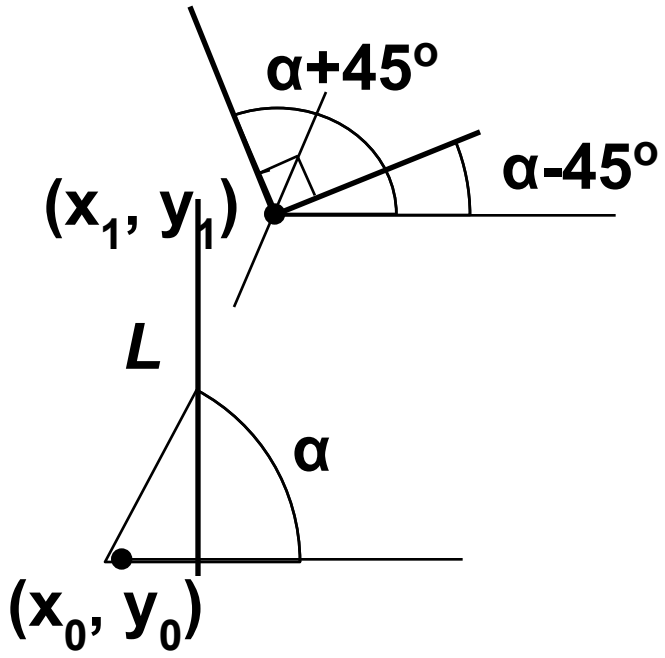
Дерево Пифагора

Особенности:

- когда остановиться?

когда число оставшихся уровней станет равно нулю!

- деревья имеют различный наклон



$$x_1 = x_0 + L \cdot \cos(\alpha)$$
$$y_1 = y_0 - L \cdot \sin(\alpha)$$

наклон "дочерних" деревьев

$$\alpha + \pi/4$$
$$\alpha - \pi/4$$

Процедура

угол α

длина ствола

```
procedure Pifagor(x0, y0, a, L: real;
                  N: integer);
const k = 0.6;     { изменение длины }
var x1, y1: real; { локальные переменные }
begin
  if N > 0 then begin
     x1 := x0 + L*cos(a);
     y1 := y0 - L*sin(a);
     Line (round(x0), round(y0),
           round(x1), round(y1));
     Pifagor (x1, y1, a+pi/4, L*k, N-1);
     Pifagor (x1, y1, a-pi/4, L*k, N-1);
  end;
end;
```

закончить, если N=0

рекурсивные вызовы

Рекурсивной называется процедура, вызывающая сама себя.

Программа

```
program qq;
  procedure Pifagor(x0, y0, a, L: real;
                    N: integer);
  ...
  end;
begin
  Pifagor (250, 400, pi/2, 150, 8);
end;
```

угол α

длина ствола

x_0

y_0

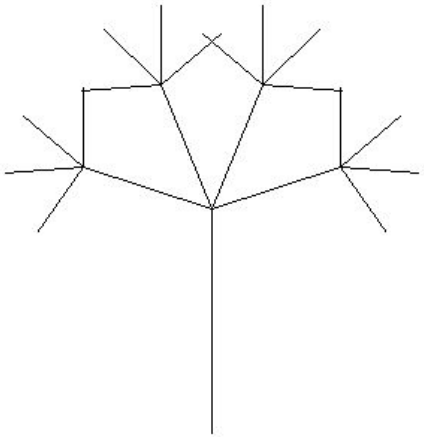
число уровней

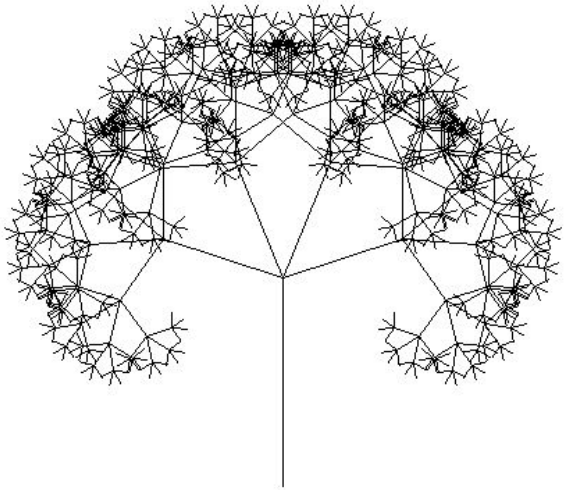
Как наклонить дерево вправо на 30º?

```
Pifagor (250, 400, 2*pi/3, 150, 8);
```

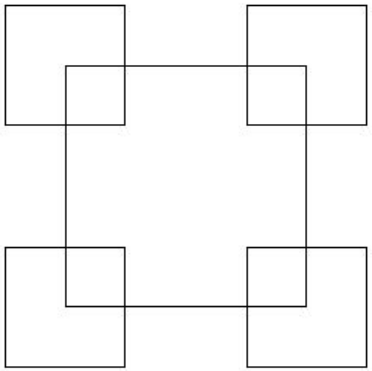
Задания

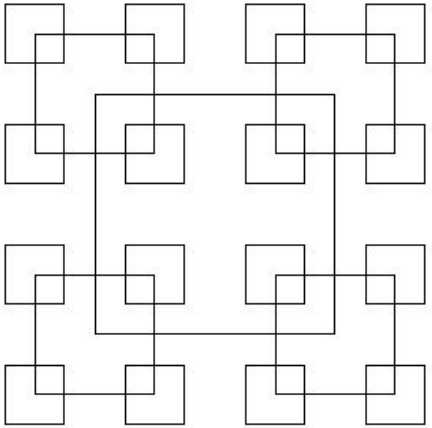
"4": Используя рекурсивную процедуру, построить фигуру:





"5": Используя рекурсивную процедуру, построить фигуру:



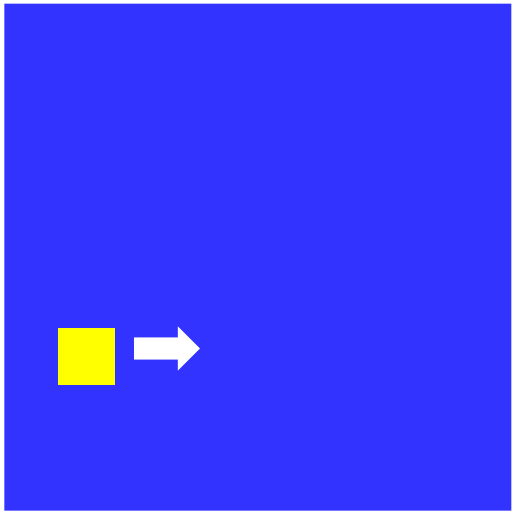


Программирование на языке Паскаль

Тема 11. Анимация

Анимация

Анимация (англ. *animation*) – оживление изображения на экране.



Задача: внутри синего квадрата 400 на 400 пикселей слева направо двигается желтый квадрат 20 на 20 пикселей. Программа останавливается, если нажата клавиша ***Esc*** или квадрат дошел до границы синей области.

Проблема: как изобразить перемещение объекта на экране?

Привязка: состояние объекта задается координатами **(x,y)**

Принцип анимации:

1. рисуем объект в точке **(x,y)**
2. задержка на несколько миллисекунд
3. стираем объект
4. изменяем координаты **(x,y)**
5. переходим к шагу 1

Как "поймать" нажатие клавиши?

Событие – это изменение в состоянии какого-либо объекта или действие пользователя (нажатие на клавишу, щелчок мышкой).

IsEvent – логическая функция, которая определяет, было ли какое-то действие пользователя.

Event – процедура, которая определяет, какое именно событие случилось.

```
if IsEvent then begin
  Event(k, x, y);
  if k = 1 then
    writeln('Клавиша с кодом ', x)
  else { k = 2 }
    writeln('Мышь: x=', x, ' y=', y);
end;
```

```
var k, x, y: integer;
```

Как выйти из цикла при нажатии *Esc*?

```
program qq;
var stop: boolean;
    k,code,i: integer;
begin
  stop := False;
  repeat
    if IsEvent then begin
      Event(k, code, i);
      if (k = 1) and (code = 27) then
        stop := True;
    end;
    ...
  until stop;
end;
```

True, если надо остановиться

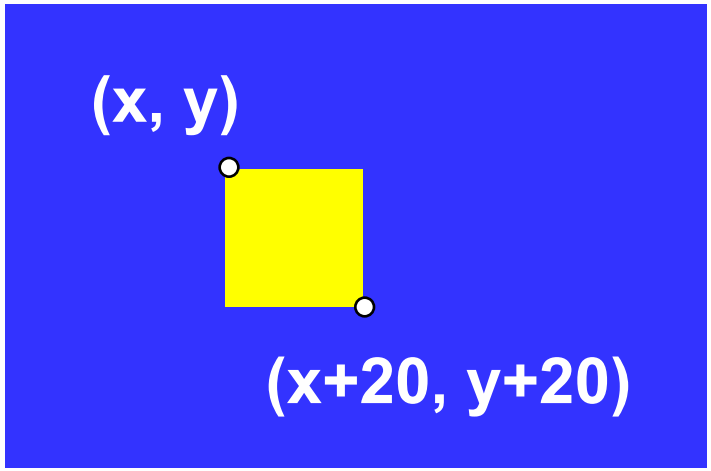
запуск цикла

если что-то произошло...

что произошло?

если нажата клавиша с кодом 27 (*Esc*), то стоп

Процедура (рисование и стирание)



Идеи

- одна процедура рисует и стирает
- стереть = нарисовать цветом фона
- границу квадрата отключить (в основной программе)

рисовать (**True**) или нет (**False**)?

```
procedure Draw(x, y: integer; flag: boolean);
begin
  if flag then
    Brush(1, 255, 255, 0)
  else
    Brush(1, 0, 0, 255);
  Rectangle(x, y, x+20, y+20);
end;
```

рисуем: цвет кисти – желтый

стираем: цвет кисти – синий

только заливка!

Полная программа

```
program qq;
var x, y, k, code, i: integer;
    stop: boolean;
  procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);
  begin
  ...
  end;
begin
  Brush(1, 0, 0, 255);
  Rectangle(10, 10, 400, 400);
  Pen(0, 0, 0, 255);
  x := 10; y := 200; stop := false;
  repeat
    if IsEvent then begin
       ...
    end;
    Draw(x, y, True);
    Delay(10);
    Draw(x, y, False);
    x := x + 1;
    if x >= 400-20 then stop := true;
  until stop;
end.
```

процедура

синий фон

отключить границу

начальные условия

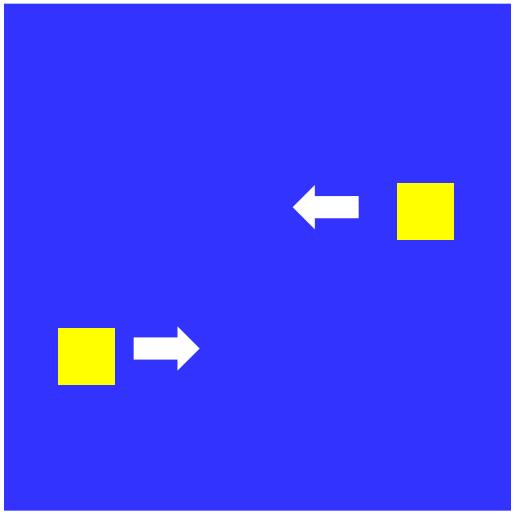
выход по клавише *Esc*

ждем 10 мс

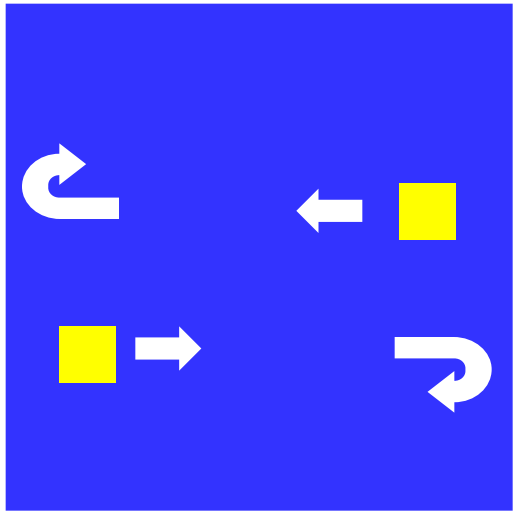
выход при касании границы

Задания

"4": Два квадрата двигаются в противоположном направлении:



"5": Два квадрата двигаются в противоположном направлении и отталкиваются от стенок синего квадрата:



Управление клавишами

Задача: жёлтый квадрат внутри синего квадрата управляется клавишами-стрелками. Коды клавиш:

влево – **37** вверх – **38** Esc – **27**

вправо – **39** вниз – **40**

Проблема: как изменять направление движения?

Решение:

```
if IsEvent then begin
  Event ( k, code, i);
  if k = 1 then begin
    case code of
      37: x := x - 1; 38: y := y - 1;
      39: x := x + 1; 40: y := y + 1;
      27: stop := True;
    end;
  end;
end;
```

если было нажатие на клавишу, …

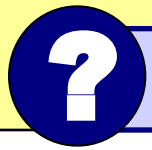
Программа

```
program qq;
var x, y, k, code, i: integer;
    stop: boolean;
  procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);
  begin
    ...
  end;
begin
  ...
  repeat
    Draw(x, y, True);
    Delay(20);
    Draw(x, y, False);
    if IsEvent then begin
      ...
    end;
  until stop;
end.
```

процедура

основной цикл

обработка событий



Что плохо?

Как убрать мигание?

Проблема: даже если не нажата никакая клавиша, квадрат перерисовывается через каждые 20 мс (мигание!)

Что хочется: не перерисовать квадрат, если не было никакого события

Решение: нарисовать квадрат и **ждать** события

Новая проблема: как **ждать** события?

Решение новой проблемы: пустой цикл "**пока не случилось событие, ничего не делай**":

```
while not IsEvent do;
```

Программа

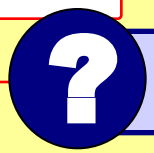
```
program qq;
var x, y, k, code, i: integer;
    stop: boolean;
  procedure Draw(x,y: integer; flag: Boolean);
  begin
    ...
  end;
begin
  ...
  repeat
    Draw(x, y, True);
    while not IsEvent do;
    Draw(x, y, False);
    Event(k, code, i);
    ...
  until stop;
end.
```

процедура

рисуем квадрат

ждем события

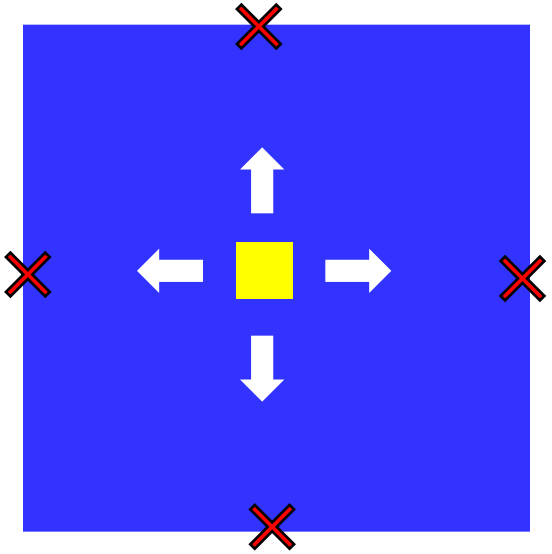
только теперь стираем



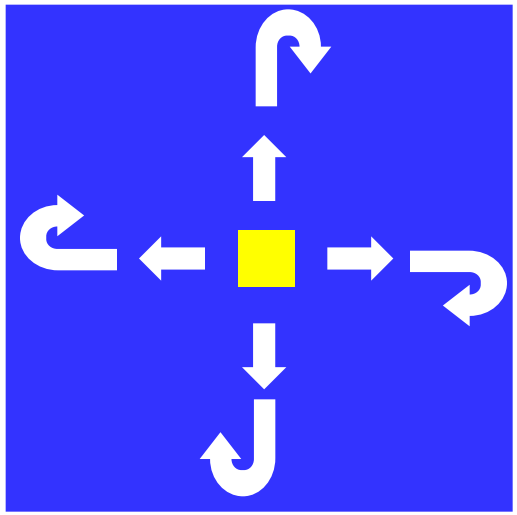
Что можно улучшить?

Задания

"4": Квадрат двигается при нажатии стрелок, однако не может выйти за границы синего квадрата:



"5": Квадрат непрерывно двигается, при нажатии стрелок меняет направление и отталкивается от стенок синего квадрата:

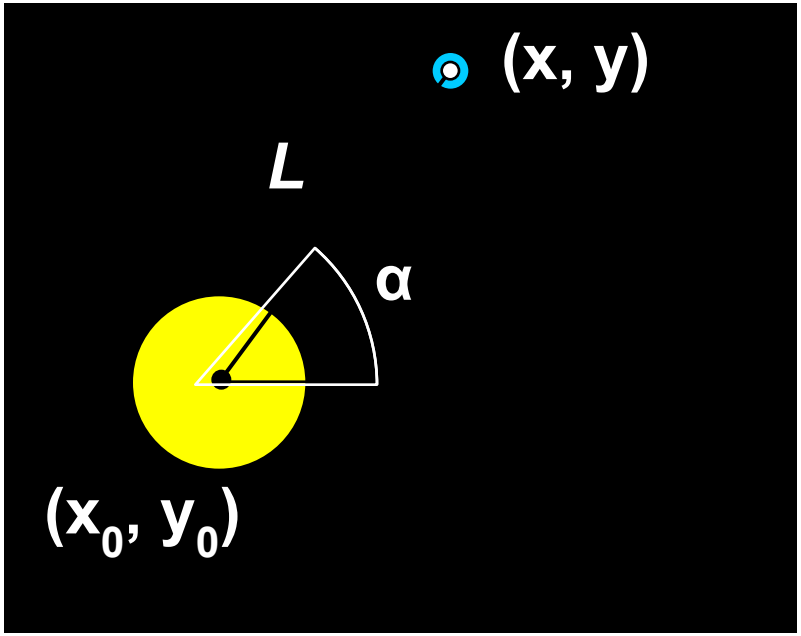


Вращение

Задача: изобразить модель вращения Земли вокруг Солнца.

Проблема: движение по окружности, как изменять координаты?

Решение: использовать в качестве независимой переменной (менять в цикле) угол поворота α



$$x = x_0 + L \cdot \cos(\alpha)$$

$$y = y_0 - L \cdot \sin(\alpha)$$

Процедура

рисовать (**True**) или нет (**False**)?

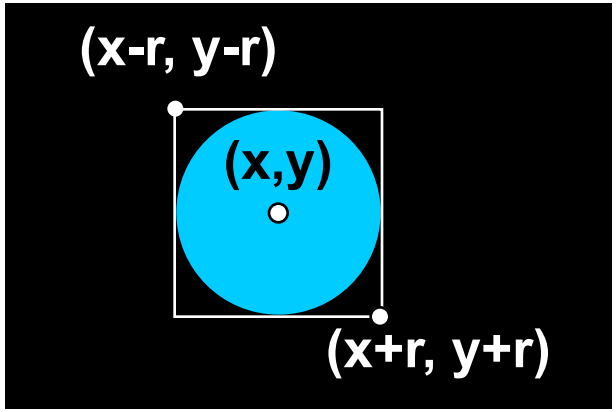
```
procedure Draw(x, y: integer; flag: boolean);
const r = 10;
begin
  if flag then
    Brush(1, 100, 100, 255)
  else
    Brush(1, 0, 0, 0);
  Ellipse(x-r, y-r, x+r, y+r);
end;
```

радиус Земли

рисуем: цвет кисти – голубой

стираем: цвет кисти – черный

только заливка!



Константы и переменные

```
program qq;
const rSun = 60;    { радиус Солнца}
      L  = 150;     { радиус орбиты Земли }
      x0 = 200;     { координаты центра Солнца}
      y0 = 200;
var x, y,           { координаты Земли }
    k, code, i: integer; { для Event }
    a, ha: real;        { угол поворота, шаг }
    stop: boolean; { признак остановки программы }
    procedure Draw(x, y: integer; flag:
    Boolean);
    begin
      ...
    end;
begin
  ...
end.
```

Основная программа

```
program qq;
...
begin
  Brush(1, 0, 0, 0);  Fill(1,1);
  Brush(1, 255, 255, 0);
  Ellipse(x0-rSun, y0-rSun, x0+rSun, y0+rSun);
  a := 0; ha := 1*pi/180; { начальный угол, шаг 1° за 100 мс}
  stop := false;
  Pen(0,0,0,0);              { отключаем контуры }
  repeat
    x := round(x0 + L*cos(a));
    y := round(y0 - L*sin(a));
    Draw(x, y, True);
    Delay(100);
    Draw(x, y, False);
    if IsEvent then begin
      Event(k, code, i);
      if (k = 1) and (code = 27) then stop := true;
    end;
    a := a + ha;
  until stop;
end.
```

залить фон черным

рисуем Солнце

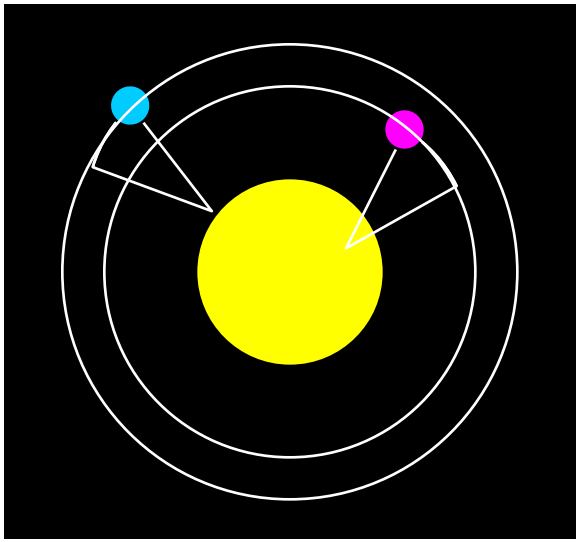
новые координаты

ждем 100 мс

поворот на ha

Задания

"4": Изобразить модель Солнца с двумя планетами, которые вращаются в противоположные стороны:



"5": Изобразить модель системы Солнце-Земля-Луна: