Язык программирования PascalABC.NET 3.5 2015 – 2019

Обзор новых возможностей
(обновлено: июль 2019 г.)

Новое за 2015-2019 гг.

- Цикл **loop**
- Операция возведения в степень **
- Кортежи, распаковка кортежей в переменные
- Интерполированные строки
- Case по строкам, русские идентификаторы
- Стандартный тип BigInteger
- Стандартные функции для ввода ReadInteger2, ReadReal2, TryReadReal и т.д.
- Короткие определения функций
- Подпрограммы, методы и операции для символов и строк
- Подпрограммы и методы для текстовых файлов
- Подпрограммы и методы для типизированных файлов
- Подпрограммы и методы для работы с двумерными массивами (матрицами)
- Стандартные классы коллекций List<T>, Stack<T>, Queue<T>, HashSet<T>, SortedSet<T>, LinkedList<T>, Dictionary<T>, SortedDictionary<T> и короткие функции для них
- Операция in для стандартных коллекций
- Write и Print выводят структурированные данные
- Срезы, безопасные срезы
- Лямбда-выражения
- Последовательности **sequence of** T
- Операторы **yield** и **yield sequence** для генерации последовательностей
- Операции + и * для процедур без параметров
- Расширенные свойства и автосвойства
- Оператор match сопоставления с образцом

К оглавлению

Цикл loop

Цикл loop используется в случаях, когда номер повторения цикла не важен

Пример 1. Геометрическая прогрессия

```
begin
  var n := 11;
  var (a,q) := (1,2);
  loop n do
  begin
    Print(a);
    a := a * q
  end;
end.
```

```
1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024
```

Пример 2. Сумма квадратов нечетных двузначных

```
begin
  var s := 0;
  var x := 11;
  loop 45 do
  begin
    s := s + x;
    x := x + 2
  end;
  s.Print;
end.
```

```
2475
```

К оглавлению

Возведение в степень

- Для возведения в степень имеется функция Power(x,y), а также более эффективные функции Sqr(x) и Sqrt(x) для возведения в квадрат и извлечения квадратного корня соответственно
- Для возведения в степень используется операция **, которая более эффективна чем функция Power при возведении в целую степень

Пример 1. Сумма квадратов

```
begin
  Println(Power(3,5), 3 ** 5);
  Println(Power(2,-10),2 ** -10);
  Println(Sqr(2.5), 2.5 ** 2);
  Println(Sqrt(2), 2 ** 0.5);

  var b: BigInteger := 2;
  Println(Power(b,50), b ** 50);
end.
```

```
243 243
0.0009765625 0.0009765625
6.25 6.25
1.4142135623731 1.4142135623731
1125899906842624 1125899906842624
```

Производительность при возведении в целую степень

```
begin
  var n := 20000000;
  var r := 0.0;
  var d := 100;
  for var i:=1 to n do
    r += (1.0-i/n) ** d;
  Println(r,MillisecondsDelta,'мс');

  r := 0.0;
  for var i:=1 to n do
    r += (1.0-i/n) ** real(d);
  Println(r,MillisecondsDelta,'мс');
// Производительность:
// при возведении в целую степень 100: 249 мс
// при возведении в вещественную степень 100: 1081 мс
end.
```

```
198019.301979065 249 мс
198019.301979065 1081 мс
```

К оглавлению

Кортежи

- Кортеж (Tuple) – безымянная запись, создаваемая «на лету»
- Тип кортежа: (string,integer), значение типа кортеж: ('Иванов',23)
- Максимальное количество компонент = **7** (ограничение .NET)
- Доступ к компонентам осуществляется по индексу: t[0], t[1]. Индекс должен быть константой.

Пример кортежа

```
begin
  var t: (string,integer);
  // Упаковка данных в кортеж
  t := ('Иванов',23);

  Println(t); Println(t[0],t[1]);

  var name: string;
  var age: integer;

  // Распаковка кортежа в переменные
  (name,age) := t;
  Println(name,age);

  // Множественная инициализация
  var (x,y) := (1,0);
  Println(x,y);
end.
```

Окно вывода:

```
(Иванов,23)
Иванов 23
Иванов 23
1 0
```

К оглавлению

Примеры использования кортежей

Кортежи кардинально меняют стиль решения ряда задач

Вместо Swap

```
begin
  var (a,b) := (3,5);
  Println(a,b);
  (a,b) := (b,a);
  Println(a,b);

  var c := 7;
  Println(a,b,c);
  (a,b,c) := (b,c,a);
  Println(a,b,c);

  (a,b) := (1,1,1); // справа - более длинное!
end.
```

```
3 5
5 3
5 3 7
3 7 5
```

Кортежи как возвращаемые значения функций

```
function SP(a,b: real) := (a*b,2*(a+b));

function DivMod(a,b: integer) := (a div b,a mod b);

begin
  var S, P: real;
  (S, P) := SP(2,3); // распаковка в переменные
  Println(S, P);
  (S, P) := SP(3,4);
  Println(S, P);

  Println(DivMod(20,7));
end.
```

```
6 10
12 14
(2,6)
```

К оглавлению

Примеры использования кортежей 2

Кортежи радикально меняют стиль решения ряда задач

Нахождение НОД

```
begin
  var (a, b) := (126, 72);

  while b>0 do
    (a, b) := (b, a mod b);

  Println(a);
end.
```

```
18
```

Кролики Фибоначчи

```
begin
  var n := 15;

  var (a, b) := (1, 1);
  loop n do
  begin
    Print(a);
    (a,b) := (b, a + b);
  end;
end.
```

```
1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377
```

К оглавлению

Интерполированные строки

Интерполированные строки позволяют осуществлять вывод по формату. Интерполированная строка начинается с символа $, в самой строке вместо выражений в { } подставляются их значения (это называется интерполяцией)

Простейший вывод

```
begin
  var (a,b) := (2,3);
  Print($'{a}+{b}={a+b}');
end.
```

```
2+3=5
```

Количество цифр в дробной части

```
begin
  var a := 2.73;
  var b := 3.38;
  Print($'{a:f1}*{b:f1}={a*b:f2}');
end.
```

```
2.7*3.4=9.23
```

Case по строкам, русские идентификаторы

В PascalABC.NET можно делать case по строкам. Это значительно удобнее старого стиля со вложенными if

Можно использовать русские идентификаторы. После небольших переопределений программа преображается. Использовать – дело вкуса

Case по строкам

```
begin
  var Country := ReadString;
  Print('Столица: ');
  case Country of
    'Россия':   Println('Москва');
    'Франция':  Println('Париж');
    'Италия':   Println('Рим');
    'Германия': Println('Берлин');
    else Println('Нет в базе данных');
  end;
end.
```

Русские идентификаторы

```
type
  цел = integer;
  вещ = real;

procedure Вывод(число: вещ) := Println(число);

function Диапазон(нач,кон: цел) := Range(нач,кон);

begin
  var Сумма: вещ := 0.0;
  var Количество: цел := 10;

  for var i:=1 to Количество do
    Сумма += 1/i;

  Вывод(сумма);

  Вывод(Диапазон(1,количество).Sum(знач -> 1/знач));
end.
```

К оглавлению

Тип BigInteger

В PascalABC.NET имеется стандартный тип длинных целых BigInteger. Это позволяет решать задачи, которые в старом Паскале требовали написания большого количества кода. Такие задачи ранее предлагались в качестве олимпиадных.

100! и разложение на простые множители

```
function Fact(n: integer): BigInteger;
begin
  Result := 1;
  for var i:=2 to n do
    Result *= i;
end;

function ToPrimeMultipliers(x: BigInteger): List<BigInteger>;
begin
  Result := new List<BigInteger>;
  var i := BigInteger(2);
  repeat
    if x mod i = 0 then
    begin
      Result.Add(i);
      x := x div i;
    end
    else i += 1;
  until x = 1;
end;

begin
  var n := 100;
  var factn := Fact(n);
  Println(n+'! =',factn);
  Print('100! =');
  ToPrimeMultipliers(factn).Println('*');;
end.
```

Окно вывода:

```
100! =
93326215443944152681699238856266700490715968264
38162146859296389521759999322991560894146397615
65182862536979208272237582511852109168640000000
00000000000000000
100! =
2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*
2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*
2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*
2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*2*
2*2*2*2*2*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*
3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*3*
3*3*3*3*3*3*3*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*5*
5*5*5*5*5*5*5*5*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*7*
7*11*11*11*11*11*11*11*11*11*13*13*13*13*13*13
*13*17*17*17*17*17*19*19*19*19*19*23*23*23*23*
29*29*29*31*31*31*37*37*41*41*43*43*47*47*53*5
9*61*67*71*73*79*83*89*97
```

К оглавлению

Ввод

- Для ввода предпочтительно использовать функции ReadInteger, ReadReal и т.д.
- Они позволяют описать переменную и инициализировать её одной строкой
- Функции ReadInteger2, ReadReal2 и т.д. позволяют вводить сразу от 2 до 4 переменных одного типа
- Функции TryReadInteger, TryReadReal предназначены для безопасного ввода (если пользователь вводит не число, то они возвращают False)

Пример 1. ReadReal, ReadReal2

```
begin
  var x := ReadReal('Введите x:');
  var y := ReadReal('Введите y:');
  Println('Сумма =',x+y);

  var (a,b) := ReadReal2('Введите катеты:');
  var c := Sqrt(a*a + b*b);
  Println('Гипотенуза =',c);
end.
```

Пример 2. TryReadReal

```
begin
  var r: real;
  while not TryReadReal(r) do
    Println('Неверный ввод. Повторите');
// Первые 2 раза ошибочно вводим не числа
end.
```

```
1abc
Неверный ввод. Повторите
Hello
Неверный ввод. Повторите
3.14
```

К оглавлению

Короткие определения функций и процедур

В PascalABC.NET допускаются короткие определения для функций, задаваемых одним выражением. Тип возвращаемого значения можно не указывать – он выводится автоматически.

Также допускаются короткие определения процедур, задаваемых одним оператором

Коллекция коротких определений подпрограмм

```
function Sqr3(x: integer) := x*x*x;

function CircleLen(r: real): real := 2 * Pi * r;

function Hypot(a,b: real) := Sqrt(a*a + b*b);

function Len(x1,y1,x2,y2: real) := Hypot(x2-x1,y2-y1);

function DigitCount(x: integer) := Abs(x).ToString.Length;

function Минимум(a,b,c: real): real := Min(Min(a,b),c);

procedure Вывод<T>(x: T) := Println(x);

begin
  Println(Sqr3(2),CircleLen(1));
  Println(Hypot(3,4),Len(1,1,3,4));
  Println(DigitCount(-1234));
  Вывод(Минимум(5,3,8));
end.
```

К оглавлению

Новые подпрограммы и методы для символов и строк

Методы Ord и Chr теперь работают с Unicode-кодировкой (до февраля 2016 года они работали с кодировкой Windows).

Ряд методов расширения и операций добавлен в типы Char и String

Char

```
begin
  var i := Ord('Б'); // Код в Unicode
  var c := Chr(i);
  Println(i,c);

  c := 'z';
  Println(c.Code,c.Pred,c.Succ);
  Println(c.IsDigit,c.IsLetter);
  Println(c.IsLower,c.IsUpper);
  Println(c.ToLower,c.ToUpper);

  c := '5';
  Println(c.ToDigit);
end.
```

```
1041 Б
122 y {
False True
True False
z Z
5
```

String

```
begin
  var s := 'Целое = '+5;
  Println(s);
  s := 'Вещественное = '+3.14;
  Println(s);

  Println('x'*10); // строка из 10 символов 'x'
  Println('abc'*3);

  s := 'No yes yes no yes No';
  s.ToWords.Println(','); // разбиение строки на слова
  // Matches - все вхождения с помощью регулярных выражений
  foreach var m in s.Matches('no',RegexOptions.IgnoreCase) do
    Println(m,m.Index); // подстрока 'no' и её позиция в s
end.
```

```
Целое = 5
Вещественное = 3.14
xxxxxxxxxx
abcabcabc
No,yes,yes,no,yes,No
No 0
no 11
No 18
```

К оглавлению

Методы для текстовых файлов

Функции OpenRead, OpenWrite, OpenAppend позволяют описывать и открывать файл одной строкой

Определен ряд методов: f.ReadInteger, f.ReadString, ..., f.Eof, f.Close, f.Write(...), f.Name, f.Erase, f.Rename

Функция ReadLines возвращает последовательность строк. При ее вызове файл открывается. По последовательности мы можем совершить цикл foreach, по окончании которого файл закрывается. ReadLines не считывает файл в память: в каждый момент в памяти находится лишь одна строка!

Описание задачи

Задача. Дан текстовый файл **freqs.txt** формата

```
201 3.18 аккомпанемент noun
202 1.71 аккомпанировать verb
203 4.84 аккорд noun
204 2.88 аккордеон noun
205 1.16 аккумулировать verb
206 39.85 аккумулятор noun
207 3.12 аккумуляторный adj
208 3.31 аккуратненький adj
209 48.48 аккуратно adv
210 2.94 аккуратность noun
211 23.38 аккуратный adj
...
```

Вывести все глаголы verb

Решение 1

```
begin
  var f := OpenRead('freqs.txt', Encoding.UTF8);
  while not f.Eof do
  begin
    var ss := f.ReadlnString.ToWords;
    if ss[3] = 'verb' then
      writeln(ss[2]);
  end;
  f.Close;
end.
```

Решение 2

```
begin
  foreach var s in ReadLines('freqs.txt') do
  begin
    var ss := s.ToWords;
    if ss[3] = 'verb' then
      writeln(ss[2]);
  end;
end.
```

К оглавлению

Методы для типизированных файлов

Функции CreateFileInteger, OpenFileInteger, … позволяют описывать и открывать файл одной строкой

Определен ряд методов: f.Read, f.Write(...), f.Eof, f.Close, f.Seek(n), f.Size, f.Position.

Функция ReadElements&<T> возвращает последовательность элементов типа T. При ее вызове файл открывается. По последовательности мы можем совершить цикл foreach, по окончании которого файл закрывается. Аналогично для записи в файл используется WriteElements&<T>

Возвести все элементы в квадрат. Решение 1.

```
begin
  WriteElements&<integer>('a.dat',
    SeqGen(10,i->i));

  var f: file of integer :=
    OpenFileInteger('a.dat');
  for var i:=0 to f.Size-1 do
  begin
    var x := f.Read;
    f.Position := f.Position - 1;
    f.Write(x*x);
  end;
  f.Close;

  ReadElements&<integer>('a.dat').Println;
end.
```

```
0 1 4 9 16 25 36 49 64 81
```

Возвести все элементы в квадрат. Решение 2.

```
begin
  WriteElements&<integer>('a.dat',
    SeqGen(10,i->i));

  WriteElements&<integer>('a.dat',
    ReadElements&<integer>('a.dat').
    ToArray.Select(x->x*x));

  ReadElements&<integer>('a.dat').Println;
end.
```

```
0 1 4 9 16 25 36 49 64 81
```

Вывод двумерных массивов

Двумерные массивы интерпретируются как матрицы. Первый индекс – номер строки, второй – номер столбца.

m.Print выводит матрицу по столбцам с выравниванием по умолчанию

Заполнение случайными значениями – MatrRandomInteger или MatrRandomReal, заполнение по заданному правилу – MatrGen

Заполнение и вывод

```
begin
  var m: array of [,];
  m := Matr(3,4,5,4,4,3,5,5,5,5,3,3,5,4);
  Println(m);
  m.Print;
end.
```

```
[[5,4,4,3],[5,5,5,5],[3,3,5,4]]
   5   4   4   3
   5   5   5   5
   3   3   5   4
```

MatrRandom… и MatrGen

```
begin
  var m := MatrRandomInteger(3,4,2,5);
  m.Println(2);
  var m1 := MatrGen(5,5,(i,j)->(i+1)*(j+1));
  m1.Println(3);
end.
```

```
4 5 4 2
3 2 3 2
4 2 4 3
 1  2  3  4  5
 2  4  6  8 10
 3  6  9 12 15
 4  8 12 16 20
 5 10 15 20 25
```

Работа со строками и столбцами

Метод a.Row(k) возвращает k-тую строку матрицы, а метод a.Col(k) – k-тый столбец.

Метод a.Rows возвращает последовательность строк, а метод a.Cols – последовательность столбцов

Это позволяет решать массовые задачи для строк и столбцов крайне просто

Минимальный в каждом столбце

```
begin
  var m := MatrRandomInteger(3,4,2,5);
  m.Println(3);

  var a := m.Cols.Select(col->col.Min).Println;
end.
```

```
  5  4  3  5
  4  2  4  2
  4  4  4  3
4 2 3 2
```

Произведение в каждой строке

```
begin
  var m := MatrRandomInteger(3,4,2,5);
  m.Println(3);

  var a := ArrGen(m.RowCount,i->m.Row(i).Product).Print;
end.
```

```
  2  5  4  4
  3  5  4  4
  3  4  4  3
160 240 144
```

К оглавлению

Стандартные классы коллекций

В стандартном модуле определены стандартные классы коллекций .NET:

Класс коллекции	Описание	Короткая функция для создания
List<T>	Список (расширяемый динамический массив)	Lst(1,5,3)
Stack<T>	Стек	
Queue<T>	Очередь	
HashSet<T>	Множество на базе хеш-таблицы	HSet(1,5,3)
SortedSet<T>	Множество на базе	SSet(1,5,3)
LinkedList<T>	Двусвязный список	LLst(1,5,3)
Dictionary<T>	Словарь на базе хеш-таблицы	Dict(KV('слон',2), KV('бегемот',3))
SortedDictionary<T>	Словарь на базе бинарного дерева поиска	

К оглавлению

Операция **in** для стандартных коллекций

Для всех стандартных коллекций, для статических массивов и встроенных множеств определена универсальная операция **in.**

Всё, для чего работает **in**

```
begin
  var s := 'abcde слово';
  var sq := Seq(1,3,4);
  var a := Arr(1,3,4);
  var l := Lst(1,3,4);
  var ll := LLst(1,3,4);
  var h := HSet(1,3,4);
  var st := SSet(1,3,4);
  var d := Dict(KV('бегемот',3),KV('зебра',2));
  var aa: array [1..3] of integer := (3,2,1);
  var ss: set of integer := [1,3,4];

  Println('f' in s, 'слово' in s);
  Println(3 in sq);
  Println(1 in a, 1 in l, 1 in ll);
  Println(2 in h, 2 in st);
  Println('зебра' in d);//есть ли ключ в словаре
  Println(0 in aa);
  Println(0 in st);
end.
```

Окно вывода:

```
False True
True
True True True
False False
True
False
False
```

К оглавлению

Write и Print для структурированных данных

Стандартные процедуры Write и Print выводят значения любых структурированных данных

Массивы и последовательности выводятся в []

Записи и кортежи выводятся в ()

Множества и словари выводятся в {}

Println для всех контейнеров

```
begin
  var aa: array [1..3] of integer := (1,3,4);
  var sq := Seq(1,3,4);
  var a := Arr(1,3,4);
  var r := (1,3,4);
  var l := Lst(1,3,4);
  var ll := LLst(1,3,4);
  var h := HSet(1,3,4);
  var st := SSet(1,3,4);
  var ss: set of integer := [1,3,4];
  var d := Dict(KV('бегемот',3),KV('зебра',2));

  Println(aa);
  Println(sq);
  Println(a);
  Println(l);
  Println(ll);
  Println(r);
  Println(h);
  Println(st);
  Println(ss);
  Println(d);
end.
```

Окно вывода:

```
[1,3,4]
[1,3,4]
[1,3,4]
[1,3,4]
[1,3,4]
(1,3,4)
{1,3,4}
{1,3,4}
{4,3,1}
{(бегемот,3),(зебра,2)}
```

К оглавлению

Write и Print для структурированных данных

Процедуры Write и Print успешно справляются с рекурсивными структурами такими как связные списки и деревья

Вывод связного списка и массива кортежей

```
type
  Node<T> = auto class
    data: integer;
    next: Node<T>;
  end;

begin
  var p: Node<integer> := nil;
  loop 10 do
    p := new Node<integer>(Random(100),p);
  Writeln(p);

  var a := Arr(('Иванов',23),
               ('Попов',20),
               ('Козлова',21));
  Writeln(a);
end.
```

```
(33,(33,(55,(42,(93,(86,(47,(53,(92,(75,nil)))))))))
[(Иванов,23),(Попов,20),(Козлова,21)]
```

Вывод бинарного дерева

```
type
  Node<T> = auto class
    data: integer;
    left,right: Node<T>;
  end;

function CreateTree(n: integer): Node<integer>;
begin
  Result := n=0 ? nil :
    new Node<integer>(Random(100),
                      CreateTree((n-1) div 2),
                      CreateTree(n-1-(n-1) div 2));
end;

begin
  var root := CreateTree(10);
  Writeln(root);
end.
```

```
(10,(27,(14,nil,nil),(30,nil,(10,nil,nil))),(76,(51,n
il,(64,nil,nil)),(80,nil,(67,nil,nil))))
```

К оглавлению

Срезы, безопасные срезы

- Срез – это подмножество элементов коллекции в заданном диапазоне с заданным шагом
- Срезы имеют вид **a[from : to]** или **a[from : to : step]**
- Диапазон **[from : to)**. Элемент **to** не входит в диапазон
- Срезы с пропуском значений a[f :], a[: t], a[f : : s], a[: t : s], a[: : s]
- Срезы реализованы для строк, динамических массивов и списков List. Срез для строки – это строка, для динамического массива – динамический массив, для списка – список
- Безопасные срезы **a?[from : to], a?[from : to : step]** не генерируют исключение при выходе за границы диапазона

Разные виды срезов

```
begin
  var a := Arr(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9);
  var l := Lst(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9);
  var s := 'PascalABC.NET 2019';
  Println(a[2:5]);
  Println(s[7:14]);
  Println(l[2:9:2]);
  Println(l[8:1:-2]);
  Println('-'*20);
  Println(a[2:]); Println(a[:5]);
  Println('-'*20);
  Println(l[0:l.Count:3]); Println(l[::3]);
  Println('-'*20);
  Println(a[a.Length-1:-1:-1]); // инверсия
  Println(a[::-1]); // инверсия
  Println('-'*20);
  Println(s[::-1]); // инверсия
  Println('-'*20);
  // Println(a[5:15]); // исключение - выход за границу
  Println(a?[5:15]); // исключения нет
end.
```

Окно вывода:

```
[2,3,4]
ABC.NET
[2,4,6,8]
[8,6,4,2]
--------------------
[2,3,4,5,6,7,8,9]
[0,1,2,3,4]
--------------------
[0,3,6,9]
[0,3,6,9]
--------------------
[9,8,7,6,5,4,3,2,1,0]
[9,8,7,6,5,4,3,2,1,0]
--------------------
9102 TEN.CBAlacsaP
[0,2,4,6,8,1,3,5,7,9]
--------------------
[5,6,7,8,9]
```

К оглавлению

Лямбда-выражения

Лямбда-выражения представляют собой функции, создаваемые «на лету». Они облегчают написание и восприятие текста программы. Лямбда-выражения присутствуют практически во всех современных распространенных языках программирования.

Типы простейших лямбда-выражений:

- T1->T2 – функция с одним параметром типа T1, возвращающая значение типа T2
- (real,real) -> boolean – функция с двумя вещественными параметрами , возвращающая boolean

Пример 1

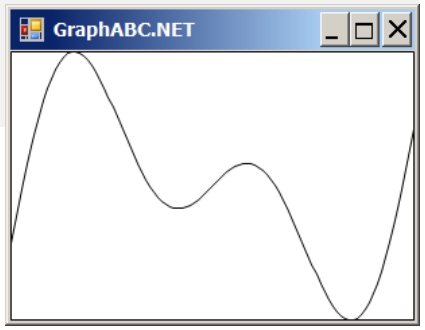
```
var f: real->real;
    less: (real,real) -> boolean;
begin
  f := x -> 3*x-2;
  writeln(f(2));
  less := (a,b) -> a<b;
  writeln(less(3,2));
end.
```

```
4
False
```

Использование лямбда-выражений позволяет не описывать множество маленьких функций, которые используются в программе один раз

Пример 2

```
uses GraphABC;

begin
  Window.SetSize(300,200);
  Draw(x->x*cos(x));
end.
```



Лямбда-выражения активно используются как параметры стандартных подпрограмм. Например, процедура Draw рисует график функции на полное графическое окно

К оглавлению

Последовательности

Последовательность **sequence of** T представляет собой набор элементов, получаемых последовательно один за другим.

Элементы последовательности **не хранятся одновременно в памяти**, а генерируются с помощью некоторого алгоритма. Таким образом, в памяти в каждый момент времени хранится лишь один элемент.

Элементы последовательности можно перебрать с помощью цикла **foreach** и вывести с помощью метода Println

Генерация с помощью Range

```
begin
  var sq: sequence of integer := Range(1,10);

  foreach var x in sq do
    Print(x);
  Println;

  var sq1 := Range(1,20,2); // шаг 2
  sq1.Println(',');

  Range('a','z').Println;
  Range(1.0,2.0,10).Println;
end.
```

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1,3,5,7,9,11,13,15,17,19
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2
```

Генерация с помощью Seq...

```
begin
  var s := Seq(1,5,3);
  s.Println;
  SeqFill(10,77).Println;
  SeqRandom(10).Println;
  SeqGen(10,i->i*i,1).Println;
  SeqGen(10,1,x->x*2).Println; // степени 2
  SeqGen(10,1,1,(x,y)->x+y).Println; //Фибоначчи
end.
```

```
1 5 3
77 77 77 77 77 77 77 77 77 77
30 14 86 45 79 3 8 33 66 18
1 4 9 16 25 36 49 64 81 100
1 2 4 8 16 32 64 128 256 512
1 1 2 3 5 8 13 21 34 55
```

К оглавлению

Методы последовательностей

Последовательности содержат ряд методов, входящих в технологию **LINQ**. Основные:

- Print, Println – вывод
- Min, Max, Sum, Average – минимум, максимум, сумма, среднее
- Select – проекция, Where – фильтрация, OrderBy – сортировка

Методы последовательностей можно применять к **массивам, спискам, множествам**

Min, Max, Sum, Average

```
begin
  var s := Seq(12,5,7,13,1,22,3,4,9,7,7,9);
  s.Println;
  Println('Минимум =',s.Min);
  Println('Максимум =',s.Max);
  Println('Сумма =',s.Sum);
  Println('Среднее =',s.Average);
end.
```

```
12 5 7 13 1 22 3 4 9 7 7 9
Минимум = 1
Максимум = 22
Сумма = 99
Среднее = 8.25
```

Select, Where, OrderBy

```
begin
  var s := Seq(('Умнова',16),('Иванов',23),
    ('Попова',17),('Козлов',24));
  s.Where(x -> x[1] >= 18).Println;
  Println('Сортировка по фамилии:');
  s.OrderBy(x -> x[0]).Println;
  Println('Сортировка по возрасту:');
  s.OrderBy(x -> x[1]).Println;
  var a := Seq(1,5,3,8,7,6,4);
  a.Println;
  // Возвести все элементы в квадрат
  a.Select(x -> x*x).Println;
  // Отфильтровать элементы < 7 и увеличить их на 10
  a.Where(x -> x<7).Select(x -> x + 10).Println;
end.
```

```
(Иванов,23) (Козлов,24)
Сортировка по фамилии:
(Иванов,23) (Козлов,24) (Попова,17) (Умнова,16)
Сортировка по возрасту:
(Умнова,16) (Попова,17) (Иванов,23) (Козлов,24)
1 5 3 8 7 6 4
1 25 9 64 49 36 16
11 15 13 16 14
```

К оглавлению

Новые методы генерации последовательностей

Конечные последовательности:

- To, Downto, Times - альтернатива Range

Бесконечные последовательности:

- Step для целых и вещественных – бесконечная арифметическая прогрессия
- Iterate – бесконечная последовательность, заданная рекуррентным соотношением
- Repeat – бесконечная последовательность повторяющихся элементов
- Cycle - бесконечная последовательность повторяющихся последовательностей

Генерация конечных последовательностей

```
begin
  2.To(10).Println;
  10.Downto(2).Println;
  5.Times.Println;

  foreach var x in 2.To(10) do
    Print(x);
end.
```

```
2 3 4 5 6 7 8 9 10
10 9 8 7 6 5 4 3 2
0 1 2 3 4
2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

Генерация бесконечных последовательностей

```
begin
  var inf := 1.0.Iterate(x->x+0.1);
  inf.Take(10).Println; // Take обрезает до 10 эл-тов

  var inf2 := 5.Step;
  inf2.Take(10).Println;
  var inf3 := 5.0.Step(0.2);//начиная с 5 с шагом 0.2
  inf3.Take(10).Println;

  var inf4 := 666.Repeat;
  inf4.Take(10).Println;
  var inf5 := Seq(1,2,3).Cycle;
  inf5.Take(10).Println;
end.
```

```
1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
5 5.2 5.4 5.6 5.8 6 6.2 6.4 6.6 6.8
666 666 666 666 666 666 666 666 666 666
1 2 3 1 2 3 1 2 3 1
```

К оглавлению

Новые методы последовательностей

- Cartesian – декартово произведение
- SplitAt – разбиение на 2 последовательности
- Interleave – чередование элементов последовательностей
- Partition – разбиение на подпоследовательности по условию
- Batch – разбиение на подпоследовательности одинаковой длины

Cartesian

```
begin
  var s1 := Range(1,3);
  var s2 := Range('a','c');
  s1.Cartesian(s2).Println;
  s1.Cartesian(s2,(x,y)->x+y).Println;
end.
```

```
(1,a) (1,b) (1,c) (2,a) (2,b) (2,c) (3,a) (3,b) (3,c)
1a 1b 1c 2a 2b 2c 3a 3b 3c
```

SplitAt, Interleave, Partition, Batch

```
begin
  var sq := Range(1,10);
  Println(sq.SplitAt(5));

  var sq1,sq2: sequence of integer;
  (sq1,sq2) := sq.SplitAt(5);
  sq1.Interleave(sq2).Println;

  Println(SeqRandom(10).Partition(x->x.IsEven));
  sq.Batch(3).Println;
  sq.SelectMany(x->x).Println;
  sq.Batch(3,seq->seq.Sum).Println;
end.
```

```
([1,2,3,4,5],[6,7,8,9,10])
1 6 2 7 3 8 4 9 5 10
([24,90],[65,27,85,55,39,21,79,65])
[1,2,3] [4,5,6] [7,8,9] [10]
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
6 15 24 10
```

К оглавлению

Новые методы последовательностей 2

- Tabulate – табулирование функции
- Pairwise – разбиение на кортежи из соседних пар
- Numerate – нумерация последовательности
- ZipTuple – объединение двух последовательностей в последовательность кортежей
- UnzipTuple – разъединение последовательности кортежей на две последовательности

Tabulate, Pairwise,Numerate

```
begin
  Range(1,5).Tabulate(x->x*x).Println;
  Range(1,6).Pairwise.Println;
  Arr('Иванов','Петров','Сидоров').Numerate
    .Println;
  'ABCDEF'.Numerate.Println;
end.
```

```
(1,1) (2,4) (3,9) (4,16) (5,25)
(1,2) (2,3) (3,4) (4,5) (5,6)
(1,Иванов) (2,Петров) (3,Сидоров)
(1,A) (2,B) (3,C) (4,D) (5,E) (6,F)
```

ZipTuple, UnzipTuple

```
begin
  var sq1 := Range('a','e');
  var sq2 := 1.Step;
  var sq3 := 2.5.Step(0.5);

  var q1 := sq1.ZipTuple(sq2).Println;
  writeln(q1.UnZipTuple);
  var q2 := sq1.ZipTuple(sq2,sq3).Println;
  writeln(q2.UnZipTuple);
end.
```

```
(a,1) (b,2) (c,3) (d,4) (e,5)
([a,b,c,d,e],[1,2,3,4,5])
(a,1,2.5) (b,2,3) (c,3,3.5) (d,4,4) (e,5,4.5)
([a,b,c,d,e],[1,2,3,4,5],[2.5,3,3.5,4,4.5])
```

Новые методы последовательностей 3

- MinBy, MaxBy – минимум-максимум по полю
- TakeLast(n) – последние n элементов
- ToArray, ToList, ToLinkedList, ToHashSet, ToSortedSet, AsEnumerable – преобразования из одного типа последовательности в другой

MinBy, MaxBy, TakeLast

```
begin
  var a := Seq(('Ivanov',18),('Avilov',15),
    ('Popov',17));
  Println(a.MinBy(x->x[1]));
  Println(a.MaxBy(x->x[0]));

  Range(1,9).TakeLast(3).Println;
end.
```

```
(Avilov,15)
(Popov,17)
7 8 9
```

ToArray, ToList, ToLinkedList, ToHashSet, ToSortedSet, AsEnumerable

```
begin
  var s := Seq(1,3,5,2,3,2,1,5,3);
  Println(s.ToHashSet);   // можно HSet(s)
  Println(s.ToSortedSet); // можно SSet(s)

  var a: array of integer := s.Select(x->x+1).ToArray;
  var l: List<integer> := a.ToList;
  var ll: LinkedList<integer> := a.ToLinkedList;
  var s: sequence of integer := a.AsEnumerable;
end.
```

```
{1,3,5,2}
{1,2,3,5}
```

К оглавлению

Оператор yield

Оператор yield используется для создания генератора последовательности

Генератор квадратов

```
function Squares(n:integer): sequence of integer;
begin
  for var i:=1 to n do
    yield i*i;
end;

begin
  Squares(10).Println
end.
```

```
1 4 9 16 25 36 49 64 81 100
```

Числа Фибоначчи

```
function Fib(n: integer): sequence of integer;
begin
  (var a, var b) := (1,1);
  yield a;
  for var i:=2 to n do
  begin
    (a,b) := (b,a+b);
    yield a;
  end;
end;

begin
  Fib(10).Println
end.
```

```
1 1 2 3 5 8 13 21 34 55
```

- Функция с yield сохраняет значения всех локальных переменных между вызовами, после чего продолжают работу с места последнего останова
- Реализуется с помощью конечного автомата

Оператор yield sequence

- Оператор yield sequence используется для возврата подпоследовательности в генераторе последовательностей.
- Он иллюстрируется на примере функции обхода бинарного дерева, возвращающей последовательность

Функция InfixPrintTree

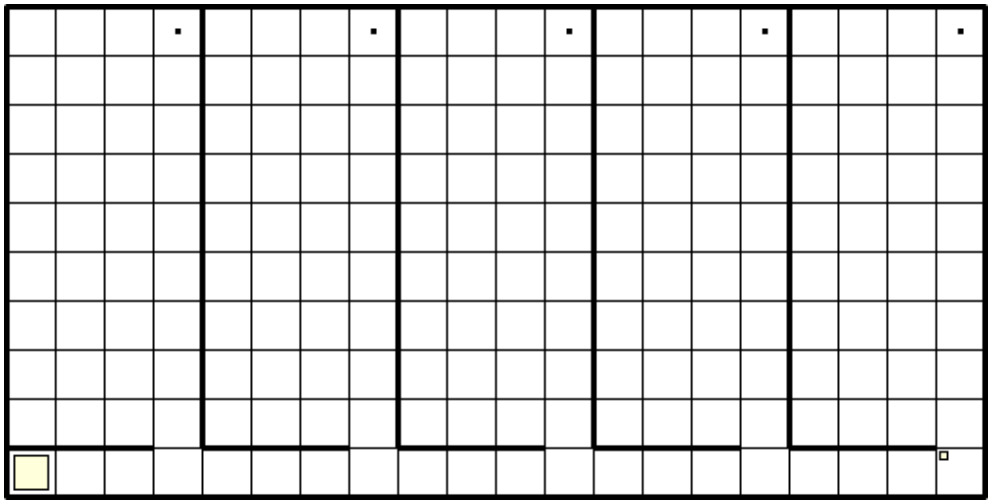
```
function InfixTraverseTree<T>(root: Node<T>): sequence of T;
begin
  if root = nil then exit;
  foreach var x in InfixTraverseTree(root.left) do
    yield x;
  yield root.data;
  foreach var x in InfixTraverseTree(root.right) do
    yield x;
end;

begin
  var root := CreateTree(20);
  Println(InfixTraverseTree(root).Sum);
end.
```

```
124
```

К оглавлению

Операции + и * для процедур без параметров

- Для процедур без параметров эффективно использовать операции + (последовательное выполнение) и *n (повторение n раз), которые позволяют получить **комбинированное действие**. Комбинированное действие можно вызвать как обычную процедуру без параметров.
- Применение этой техники иллюстрируется на примере решения задачи для Робота



```
uses Robot;
begin
  var d := Right*3 + Up*9 + Paint + Down*9;
  var d1 := (d + Right)*4 + d;
  d1;
end.
```

К оглавлению

Оператор match сопоставления с образцом

- Оператор сопоставления с образцом позволяет выполнять различные действия в зависимости от динамического типа переменной
- В приведенном шуточном примере дан полиморфный список, в котором находятся Чебурашка, Крокодил Гена и Старуха Шапокляк.
- Каждый элемент списка обрабатывается в цикле. Оператор match обеспечивает разную обработку в зависимости от типа: Крокодил Гена работает крокодилом, Чебурашка дружит с Крокодилом Геной, а Старуха Шапокляк даёт советы не тратить время зря.

```
var l := new List<Object>;
l.Add(new OldLady('Шапокляк',65));
l.Add(new Animal('Чебурашка',1));
l.Add(new Crocodile('Гена',20));
foreach var x in l do
  match x with
    Crocodile(c) when c.Name = 'Гена':
      c.Employ('крокодилом');
    Animal(a) when a.Name = 'Чебурашка':
      a.BeFriendOf(l[1]);
    OldLady(ol) when ol.Name = 'Шапокляк':
      ol.Advice('Не тратить время зря');
  end;
```

Заключение

- PascalABC.NET 2015-2017 меняет стиль решения ряда задач. Код становится более простым, понятным, легче пишется и меняется.
- Богатый набор стандартных классов-коллекций существенно расширяет набор простых задач, которые можно решать на PascalABC.NET.
- Методы, встроенные в символы, строки, текстовые файлы, позволяют в несколько раз сократить решения, связанные с обработкой текстовой информации.
- Тип BigInteger открывает возможность простого решения ряда задач с числами, ранее предлагавшихся на олимпиадах по программированию.
- Процедуры Write и Print работают не только с элементарными, но и со структурными данными, выводя их содержимое. Нет необходимости тратить время на написание цикла для вывода массива или словаря.
- Наличие в языке последовательностей, методов последовательностей и лямбда-выражений кардинально меняет стиль решения задач: решения даются в функциональном стиле, не содержат циклов и состоят из запросов и цепочек запросов к последовательностям.
- Методы последовательностей можно использовать для строк, динамических массивов, классов списков, множеств и словарей.
- Ряд методов последовательностей был добавлен в стандартную библиотеку PascalABC.NET в 2016-17 гг. и отсутствует в стандартных .NET-библиотеках.
- Кортежи и срезы появились в PascalABC.NET раньше чем в C# и позволяют манипулировать при решении задач новыми высокоуровневыми сущностями, улучшая стиль решения.