Лексический анализатор. Итерация №1.

Определим следующие типы распознаваемых токенов:

1. Ключевые слова. Список слов: if, else, then, while, begin, end, do, const, for, function, var, to, downto, +, -, \*, /, =, <, <=, >, >=, <>, :=, and, or, not, (, ) и т.д.
2. Константы. Выделим три типа констант: строковые, целочисленные, вещественные.
3. Идентификаторы. Представляют собой строку однозначно определяющий идентификатор. Например: “x”, “y” и так далее.

Лексический анализатор – программа, принимающая на вход текст (последовательность символов из алфавита) и разбивающая его на подстроки (лексемы) в соответствии с некоторым набором правил.

Далее определим основные классы, необходимые для реализации лексического анализатора.

***CLexer.*** Представляет собой класс лексического анализатора. Хранит строковую константу разделителей токенов (separators), текст программы, строку, хранящую текущий токен, а также позицию текущего читаемого символа в тексте паскаль-программы.

Класс имеет следующие методы: GetTokenType() - определяет тип текущего токена и возвращает умный указатель на созданный объект класса (CIdentToken/ CKeywordToken/CConstToken).

GetNextToken() - выделяет следующий токен, начиная с позиции currentPosition. После выделения токена возвращает умный указатель на него.

IsReal (string s) - проверка строки s на соответствие типу данных real. Для того, чтобы строка соответствовала типу данных real, необходимо, чтобы в числе присутствовала одна точка. Возвращает bool.

IsInteger (string s) - проверка строки s на соответствие типу данных Integer. Чтобы строка соответствовала типу данных integer, необходимо, чтобы в строке присутствовали исключительно цифры.

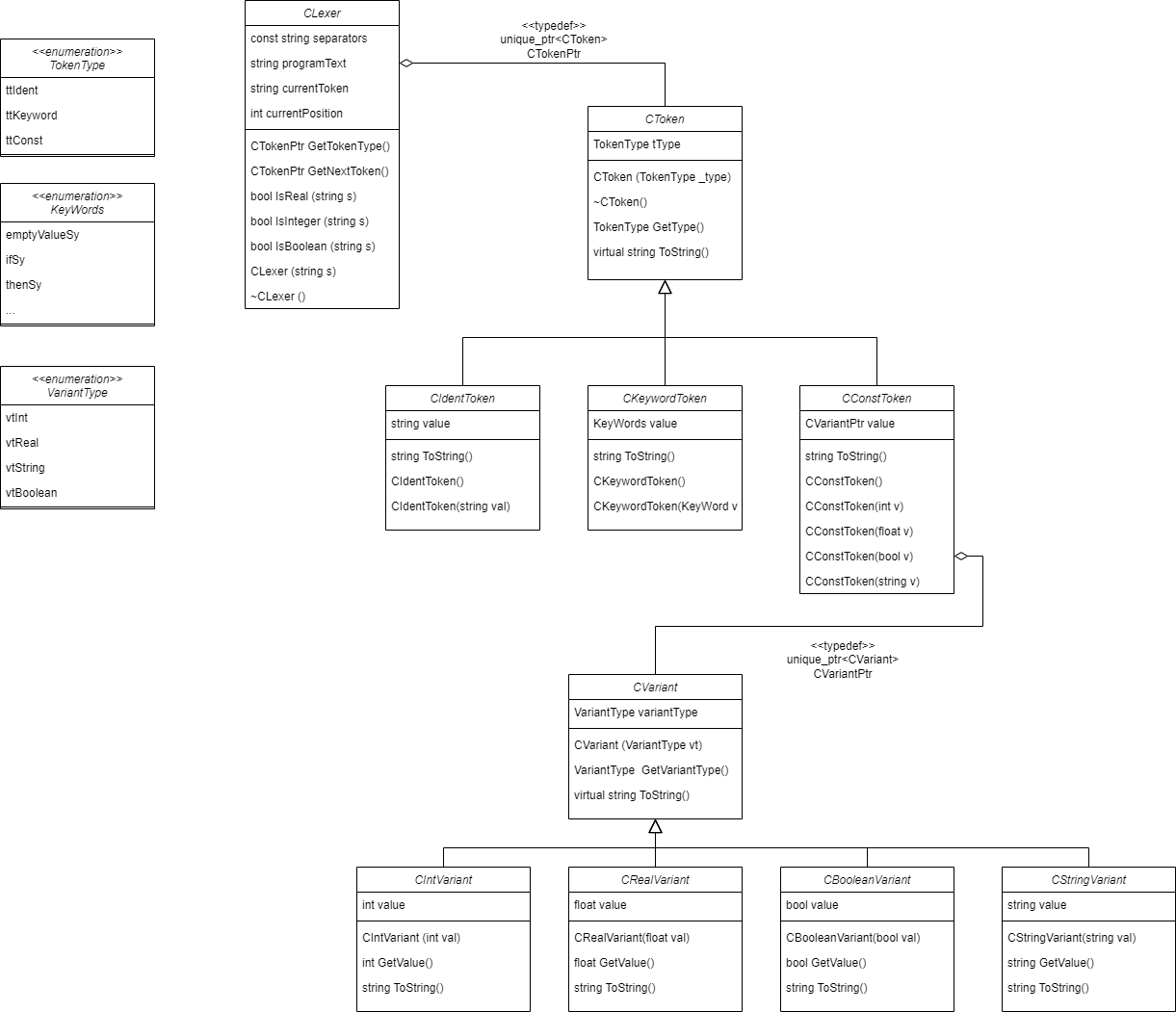
IsBoolean (string s) - проверка строки s на соответствие типу данных boolean. Строка s должна принимать одно из значений: “true”/”false”.

***CToken.*** Абстрактный класс. Наследуемые классы имеют поле типа TokenType, характеризующее один из трех видов токенов. Метод GetType() возвращает значение приватной переменной типа TokenType. Метод ToString() возвращает строковое представление токена.

***CIdentToken / CKeywordToken / CConstToken.*** Наследуются от CToken. Представляются как три разных вида токенов - идентификаторы, ключевые слова, константы. Все три класса переопределяют метод ToString(), а также имеют различные поля. CIdentToken имеет поле string, т.к. идентификатор представляет собой строку. CKeywordToken имеет поле KeyWords, где хранит enum значение одного из ключевых слов. CConstToken имеет поле CVariantPtr, предоставляющее умный указатель на объект класса CVariant, хранящий значение константы.

***CVariant.*** Абстрактный класс. Наследуемые классы имеют поля типа VariantType - enum значение, характеризующее тип константы (string/real/integer/boolean), а также методы GetVaraintType(), возвращающее тип константы и ToString(), преобразующий константу в строку.

***CIntVariant/CRealVariant/CBooleanVariant/CStringVariant.*** Наследуются от CVariant. Представляются как 4 разных вида констант - целочисленные, вещественные, строковые, логические. В каждом классе есть метод GetValue(), возвращающий значение константы, а также переопределенный метод ToString(), возвращающий значение константы в виде строки.



Умные указатели. В качестве указателей на объекты СToken и CVariant использовались умные указатели. Благодаря умным указателям возможно избежать утечек памяти в программе и обеспечить безопасное ее использование.

Далее опишем алгоритм работы лексического анализатора на данном этапе. При создании объекта лексического анализатора, в качестве параметра конструктора передается путь к файлу, из которого необходимо прочитать программу. Лексический анализатор (далее Лексер или CLexer) открывает файл на чтение и прочитывает первую строку файла. Переменные currentPosition и currentLine, ответственные за положение указателя в строке и текущую читаемую строку соответственно обнуляются.

Далее осуществляется чтение всех токенов в текущей строке. При этом символы пробела и табуляции пропускаются. Лекскер посимвольно проходит по строке, аккумулируя символы в переменной currentToken. Разделение токенов происходит на основе следующих правил.

1. Если currentToken= «:», а текущий символ= «=», значит токен = «:=»
2. Если currentToken= «<», а текущий символ= «=», значит токен = «<=»
3. Если currentToken= «>», а текущий символ= «=», значит токен = «>=»
4. Если currentToken= «<», а текущий символ= «>», значит токен = «<>»
5. Если currentToken= «:», а текущий символ != «=», значит токен = «:»
6. Если currentToken= «<», а текущий символ!= «=» и текущий символ != «>», значит токен = «<»
7. Если currentToken= «>», а текущий символ != «=», значит токен = «>»
8. Если встречен разделитель из :=<>;,()\*+/- ", , значит токен = currentToken
9. Если текущий символ != «(пробел)» и текущий символ != «/t», то currentToken+=текущий символ.

При выделении токена осуществляется его идентификация. Токен может принадлежать одному из трех типов: ключевое слово, константа, идентификатор.

Таким образом, изначально сопоставляется выделенный токен с возможными ключевыми словами. Если токен является ключевым словом, то возвращается уникальный указатель на объект класса CKeywordToken со значением ключевого слова.

В противном случае, если токен не является ни одним ключевым словом, то проверяется, не является ли токен какой-либо константой. На данной итерации возможна проверка на три вида констант: real, integer, Boolean.

Boolean – token= «true» или token = «false»

Integer – строка, состоящая исключительно из символов 0-9, где первый символ не ноль.

Real - строка, состоящая из символов 0-9, а также «.». Причем «.» может встречаться только один раз и не может стоять в начале строки, вначале строки не могут идти несколько нулей подряд.

Если выявлено, что текущий токен является константой, то создается уникальный указатель на объект класса CConstToken с значением, указанным в токене. В противном случае осуществляется проверка на идентификатор.

Идентификатор не может начинаться с цифры, а также в нем не может быть недопустимых символов.

Если текущий токен является идентификатором, то, следовательно, возвращается умный указатель на объект класса CIdentToken, в качестве значения которого выступает имя идентификатора – содержимое токена.

Для вывода значений идентификаторов, констант и кодов ключевых слов используется метод GetValue().

Лексический анализатор. Итерация №2

В ходе реализации лексера в первой итерации, было установлены следующие недоработки:

1. Нельзя использовать строковые константы
2. Нельзя использовать комментарии
3. Паскаль – язык программирования не чувствительный к регистру
4. Необходимо учитывать переполнение типов при проверке
5. Необходимо осуществить проверку программы на наличие лексических ошибок и выводить позиции ошибки.

Проблема чувствительности к регистру решается путем приведения всех токенов к нижнему регистру при помощи функции tolower(), которая переводит текущий символ к нижнему регистру.

Проблема переполнения на этапе лексического анализатора не может быть решена, т.к. необходимо понимание, к какому типу относится переменная.

Проверка программы на наличие лексических ошибок. Необходимо реализовать нахождение следующих ошибок:

1. Идентификатор начинается с цифры
2. В идентификаторе присутствуют недопустимые символы

При нахождении несоответствия, функция GetNextToken возвращает токен типа Keyword со значением enum «errorValueSy». Помимо этого, в листинг программы записывается сообщение об ошибке и положение начала некорректного токена (строка + позиция в строке).

Обработка строковых констант подразумевает отслеживание открывающих и закрывающих кавычек. Если программист забыл добавить закрывающую кавычку, то соответствующее сообщение будет выведено в конце листинга.

Тестирование лексического анализатора.

Далее проведем тестирование работы лексического анализатора и постараемся покрыть весь его функционал. Стоит отметить, что на данном этапе лексический анализатор не способен находить ошибки, выделять комментарии и строковые константы. Этот функционал будет добавлен в последующей итерации.

Тест 1. Стандартная программа паскаль (Корректная).

Входные данные:

const LIMIT = 10000;

var n,i,j,s,lim,c,d : integer

begin

for i:=1 to LIMIT do begin

s:=1;

for j:=2 to lim do begin

c:=i mod j;

d:=i div j;

if c = 0 then begin

s:=0;

end;

end;

end;

end.

Выходные данные:

9 ident(LIMIT) 36 constVal(10000) 24

12 ident(n) 27 ident(i) 27 ident(j) 27 ident(s) 27 ident(lim) 27 ident(c) 27 ident(d) 48 16

6

10 ident(i) 42 constVal(1) 13 ident(LIMIT) 8 6

ident(s) 42 constVal(1) 24

10 ident(j) 42 constVal(2) 13 ident(lim) 8 6

ident(c) 42 ident(i) 30 ident(j) 24

ident(d) 42 ident(i) 29 ident(j) 24

2 ident(c) 36 constVal(0) 4 6

ident(s) 42 constVal(0) 24

7 24

7 24

7 24

7 31

На данной итерации лексического анализатора все ключевые слова перерабатываются программой в enum-значения, где у каждого ключевого слова есть свой идентификатор. Для удобства идентификаторы и константы помечаются словами ident и constVal соответственно, при этом в скобках содержится значение идентификатора или же значение константы.

Тест 2. Все конструкции языка Pascal для моего варианта.

Ниже отображены все конструкции языка Pascal моего варианта. Стоит отметить, что в текущем тестовом примере нарушен синтаксис языка, но это не имеет значения в рамках тестирования лексического анализатора.

Входные данные:

program test2;

procedure printBin (n:integer,s:string);

var k:boolean;

begin

k:=true;

for n:=1 to n do begin

k:= not k;

if k=true then

k:=false;

else

k:=true;

end;

end;

type beverage = (coffee, tea, milk, water, coke, limejuice);

var a: string;

b,c: real;

d: boolean;

e: integer;

begin

e:=e +(1-1)\*1/ 0.01;

e:=e div 10;

e:=e mod 10;

if e>10 and e<=9 or e<5 and not e>=3 then e=3;

case e of

1: e:=2;

2: e:=3;

end;

Выходные данные:

25 ident(test2) 24

15 ident(printBin) 46 ident(n) 48 16 27 ident(s) 48 17 47 24

12 ident(k) 48 19 24

6

ident(k) 42 constVal(true) 24

10 ident(n) 42 constVal(1) 13 ident(n) 8 6

ident(k) 42 45 ident(k) 24

2 ident(k) 36 constVal(true) 4

ident(k) 42 constVal(false) 24

3

ident(k) 42 constVal(true) 24

7 24

7 24

26 ident(beverage) 36 46 ident(coffee) 27 ident(tea) 27 ident(milk) 27 ident(water) 27 ident(coke) 27 ident(limejuice) 47 24

12 ident(a) 48 17 24

ident(b) 27 ident(c) 48 18 24

ident(d) 48 19 24

ident(e) 48 16 24

6

ident(e) 42 ident(e) 32 46 constVal(1) 33 constVal(1) 47 34 constVal(1) 35 constVal(0.010000) 24

ident(e) 42 ident(e) 29 constVal(10) 24

ident(e) 42 ident(e) 30 constVal(10) 24

2 ident(e) 39 constVal(10) 43 ident(e) 38 constVal(9) 44 ident(e) 37 constVal(5) 43 45 ident(e) 40 constVal(3) 4 ident(e) 36 constVal(3) 24

20 ident(e) 21

constVal(1) 48 ident(e) 42 constVal(2) 24

constVal(2) 48 ident(e) 42 constVal(3) 24

7 24

Тест 3. Программа паскаль, содержащая ошибки.

Входные данные:

PROGRAM TeSt2;

i:=54;

j:=12..0;

k:=12.0;

l:=00.12;

m:=005;

01eq:=1;

e1313:=4;

Выходные данные:

26 ident(test2)

25 ident(i) 43 constVal(54)

25 ident(j) 43 0

25 ident(k) 43 constVal(12,000000)

25 ident(l) 43 0

25 ident(m) 43 0

25 0 43 constVal(1)

25 ident(e1313) 43 constVal(4) 25

Некорректный идентификатор (Строка: 3, Позиция: 4)

Некорректный идентификатор (Строка: 5, Позиция: 4)

Некорректный идентификатор (Строка: 6, Позиция: 4)

Некорректный идентификатор (Строка: 7, Позиция: 1)

Как можно заметить, некорректные токены были помечены 0, при этом для каждого такого токена было выведено сообщение об ошибке.

Синтаксический анализатор.

Для реализации синтаксического анализатора необходимо изначально определить все используемые конструкции языка Pascal. Приведем эти конструкции ниже в БНФ нотации.

1. <программа>::=**program** <имя>(<имя файла>{,<имя файла>});<блок>.
2. <имя файла>::=<имя>
3. <имя>::=<буква>{<буква>|<цифра>}
4. <блок>::=<раздел типов><раздел переменных><раздел процедур и функций><составной оператор>
5. <раздел типов>::=<пусто>|**type** <определение типа>; {<определение типа>;}
6. <определение типа>::=<имя>=<тип>
7. <тип>::=<простой тип>
8. <простой тип>::=<перечислимый тип>|<ограниченный тип>|<имя типа>
9. <перечислимый тип>::=(<имя>{,<имя>})
10. <ограниченный тип>::=<константа>..<константа>
11. <имя типа>::=<имя>
12. <раздел переменных>::= **var** <описание однотипных переменных>;{<описание однотипных переменных>;}|<пусто>
13. <описание однотипных переменных>::=<имя>{,<имя>}:<тип>
14. <раздел процедур и функций>::={<описание процедуры или функции>;}
15. <описание процедуры или функции>::=<описание процедуры>
16. <описание процедуры>::=<заголовок процедуры><блок>
17. <заголовок процедуры>::= **procedure** <имя>;| **procedure** <имя> (<раздел формальных параметров>{;<раздел формальных параметров>});
18. <раздел формальных параметров>::=<группа параметров>| **var** <группа параметров>| **procedure** <имя>{,<имя>}
19. <группа параметров>::=<имя>{,<имя>}:<имя типа>
20. <оператор>::=<непомеченный оператор>
21. <непомеченный оператор>::=<простой оператор>|<сложный оператор>
22. <простой оператор>::=<оператор присваивания>|<оператор процедуры>
23. <оператор присваивания>::= <переменная>:=<выражение>
24. <переменная>::=<полная переменная>| <компонента переменной>|<указанная переменная>
25. <полная переменная>::=<имя переменной>
26. <имя переменной>::=<имя>
27. <выражение>::=<простое выражение>|<простое выражение> <операция отношения><простое выражение>
28. <операция отношения>::==|<>|<|<=|>=|>|**in**
29. <простое выражение>::=<знак><слагаемое>{<аддитивная операция><слагаемое>}
30. <аддитивная операция>::=+|-|**or**
31. <слагаемое>::=<множитель>{<мультипликативная операция> <множитель>}
32. <мультипликативная операция>::=\*|/|**div**|**mod**|**and**
33. <множитель>::=<переменная>|<константа без знака>| (<выражение>)| not <множитель>
34. <константа без знака>::=<число без знака>|<строка>|<имя константы>|nil
35. <оператор процедуры>::=<имя процедуры>|<имя процедуры>(<фактический параметр>{,<фактический параметр>})
36. <имя процедуры>::=<имя>
37. <фактический параметр>::=<выражение>|<переменная>|<имя процедуры>
38. <пустой оператор>::=<пусто>
39. <пусто>::=
40. <сложный оператор>::=<составной оператор>|<выбирающий оператор>|<оператор цикла>|<оператор присоединения>
41. <составной оператор>::= **begin** <33 >{;<оператор>} **end**
42. <выбирающий оператор>::=<условный оператор>| <оператор варианта>
43. <условный оператор>::= **if** <выражение> **then** <оператор>| **if** <выражение> **then** <оператор> **else** <оператор>
44. <оператор варианта>::= **case** <выражение> **of** <элемент списка вариантов>{;<элемент списка вариантов>} **end**
45. <элемент списка вариантов>::=<список меток варианта>: <оператор>|<пусто>
46. <список меток варианта>::=<метка варианта>{,<метка варианта>}
47. <оператор цикла>::=<цикл с предусловием>|<цикл с постусловием>|<цикл с параметром>
48. <оператор цикла>::=<цикл с предусловием>
49. <цикл с предусловием>::= while <выражение> do <оператор>