C 语言程序词法分析（C++实现）实验报告

姓名：熊宇

班级：2018211302

学号：2018210074

指导教师：李文生

目录

一、实验题目及要求

1. 设计一个 C 语言词法分析程序；
2. 可以识别出用 C 语言编写的源程序中的每个单词符号，并以记号的形式输出每个单词符号；
3. 可以识别并跳过源程序中的注释；
4. 可以统计源程序中的语句行数、各类单词个数、以及字符总数，并输出统计结果；
5. 检查源程序中存在的词法错误，并报告错误所在的位置；
6. 对源程序中出现的错误进行适当的恢复，使词法分析可以继续进行，对源程序进行一次扫描，即可检查并报告源程序中存在的所有词法错误。

二、实验设备

Windows 10 设备机，Visual Stdio Code 编程环境，FLEX。

三、程序设计说明

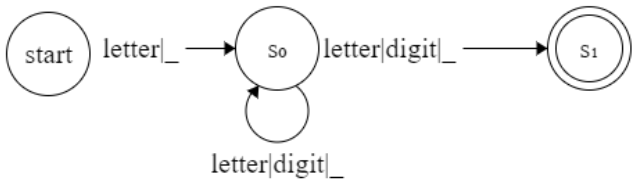
1. 词法分析程序的作用：①扫描源程序字符流；
   ②按照源语言的词法规则识别出各类单词符号；
   ③产生用于语法分析的记号序列；
   ④词法检查；
   ⑤创建符号表：将识别出来的标识符插入符号表中；
   ⑥跳过源程序中的注释和空白，把错误信息和源程序联系起来；
2. 源程序分解单词归类：①关键字；
   ②变量名；
   ③数字常量；
   ④分界符和运算符；
3. 实验思路

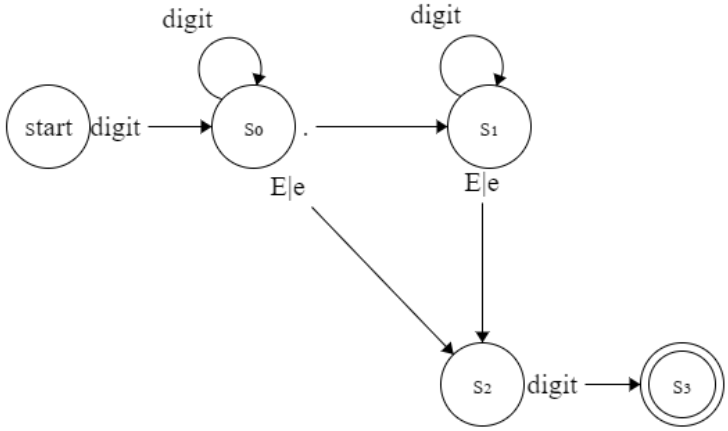
   根据有限自动机的概念，将整个源代码分解的规则转化为一个一个状态，用 switch 或 if/else 将状态之间的转移描述出来即可。这里省略了将常量以及变量名插入到符号表返回指针的那一步。

   伪代码描述：

```
初始化 状态=0
switch(状态):
{
    case 0:
        接收源码
        if(符合1规则)
            处理，状态=1
        else if(符合2规则)
            处理，状态=2
        else
            ...
    case 1:
    case 2:
    case ...
}
```

四、实验流程图


start
letter|_
S0
letter|digit|_
S1
letter|digit|_


digit
digit
start
digit
S0
.
S1
E|e
E|e
S2
digit
S3

五、实验输入（测试程序）

```
/*
    Version:1.0
    User:Septer
    Last Updated Time:2020/10/06 16:42
    Todo:Test
*/

#define relax 10

#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main()
{
    int m,flag,i;
    scanf("%d", &m);
    flag = 1;
    for(i = 2;i <= sqrt(m);i++)
    {
        if(m%i == 0)
        {
            flag = 0;
            break;
        }
    }
    if(flag)
    {
        //Now have a output.
        printf("%d is primers.\n", m);
    }
    else
    {
        //Now have a output.
        printf("%d is not primers.\n", m);
    }
    return 0;
}
```

六、实验程序

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <iomanip>
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <cmath>
#include <cstring>
#include <vector>
#include <map>

using namespace std;

int NumOfKey = 11; //内置关键字数目
char *KeyWord[] = {
    "for",
    "while",
    "do",
    "continue",
    "if",
    "else",
    "char",
    "int",
    "double",
    "float",
    "return"}; //内置关键字数组

char *FName = "F:\\Compile\\WordAnalysis\\test.txt";
char Buffer[1026];     //存储一行
char Output[200];      //存储输出
int NumOfLetter = 0;   //字符数目
int NumOfKeyWord = 0;  //关键字数目
int NumOfVarible = 0;  //变量名数目
int NumOfNumber = 0;   //数字常量数目
int NumOfOperator = 0; //分界符和操作符数目

//位置回退
void GoBack(char *&s)
{
    s--;
}

//获取下一个字符
char GetAnother(char *&s)
{
    return *s++;
}
```

```
//判断是否是数字
bool IsNum(char s)
{
    if ((s >= '0') && (s <= '9'))
        return true;
    else
        return false;
}

//判断是否为字母
bool IsLetter(char s)
{
    if ((s >= 'a') && (s <= 'z'))
        return true;
    else
    {
        if ((s >= 'A') && (s <= 'Z'))
            return true;
        else
            return false;
    }
}

//判断是否为关键字，如果是返回下标；否则返回0
int IsKey(char *s)
{
    for (int i = 0; i < NumOfKey; i++)
    {
        if (strcmp(s, KeyWord[i]) == 0)
        {
            return i + 1;
            break;
        }
    }
    return 0;
}

//打印结果
void PrintRes(int lineNum, char *in, char *belong)
{
    cout << lineNum << " <" << in << ", " << belong << ">" << endl;
}

//一行一行处理
void Work(char *s, int lineNum)
{
    int state = 0; //状态初始化
    char ch = ' ';
    int pos = 0; //标记位置
```

```
    while (ch != '\0')
    {
        switch (state)
        {
        case 0:
        {
            ch = GetAnother(s);
            switch (ch)
            {
            //空格不处理
            case ' ':
                pos = 0;
                break;

            //以下为分解符
            case '[':
            case ']':
            case '(':
            case ')':
            case '{':
            case '}':
            {
                char temp[2];
                temp[0] = ch;
                PrintRes(lineNum, temp, "-");
                pos = 0;
                NumOfOperator++;
                break;
            }

            //除号
            case '\'':
            {
                state = 0;
                while (((ch = GetAnother(s)) != '\'') && (ch != '\0'))
                {
                    Output[pos++] = ch;
                }
                if (ch == '\0')
                {
                    //error
                    //PrintRes("Error", Output);
                }
                Output[pos] = '\0'; //加\0生成完整字符串
                PrintRes(lineNum, "string", Output);
                //输出后重新置pos为0
                pos = 0;
                NumOfOperator++;
                break;
```

```
        }

        case '"':
        {
            state = 0;
            while (((ch = GetAnother(s)) != '"') && (ch != '\0'))
            {
                Output[pos++] = ch;
            }
            if (ch == '\0')
            {
                //error
                PrintRes(lineNum, "Error", Output);
            }
            else
            {
                Output[pos] = '\0';
                PrintRes(lineNum, "string", Output);
                pos = 0;
                NumOfOperator++;
            }
            break;
        }

        //加号
        case '+':
        {
            state = 0;
            ch = GetAnother(s);
            NumOfOperator++;
            switch (ch)
            {
            //++
            case '+':
                PrintRes(lineNum, "++", "-");
                pos = 0;
                break;
            //+=
            case '=':
                PrintRes(lineNum, "+=", "-");
                pos = 0;
                break;
            default:
                GoBack(s);
                PrintRes(lineNum, "+", "-");
                pos = 0;
                break;
            }
        }
```

```
        //-号
        case '-':
        {
            state = 0;
            ch = GetAnother(s);
            NumOfOperator++;
            switch (ch)
            {
            //--
            case '-':
                PrintRes(lineNum, "--", "-");
                pos = 0;
                break;

            //-=
            case '=':
                PrintRes(lineNum, "-=", "-");
                pos = 0;
                break;

            default:
                GoBack(s);
                PrintRes(lineNum, "-", "-");
                pos = 0;
                break;
            }
            break;
        }

        //=号
        case '=':
        {
            state = 0;
            ch = GetAnother(s);
            NumOfOperator++;
            switch (ch)
            {
            //==
            case '=':
                PrintRes(lineNum, "==", "-");
                pos = 0;
                break;
            default:
                GoBack(s);
                PrintRes(lineNum, "=", "-");
                pos = 0;
                break;
            }
```

```
                break;
            }

            default:
            {
                if (IsNum(ch))
                {
                    Output[pos++] = ch;
                    NumOfNumber++;
                    state = 2;
                }
                else
                {
                    if (IsLetter(ch) || ch == '_')
                    {
                        Output[pos++] = ch;
                        NumOfLetter++;
                        state = 1;
                    }
                }
                break;
            }
            }
            break;
        }
        case 1:
        {
            while (true)
            {
                ch = GetAnother(s);
                if (IsLetter(ch) || IsNum(ch) || ch == '_')
                {
                    Output[pos++] = ch;
                }
                else
                {
                    Output[pos] = '\0';
                    int flag = IsKey(Output);
                    //判断是否为关键字
                    if (flag == 0)
                    {
                        PrintRes(lineNum, "Variable", Output);
                        NumOfVarible++;
                    }
                    else
                    {
                        PrintRes(lineNum, "KeyWord", Output);
                        NumOfKeyWord++;
                    }
```

```
                //回归初始
                GoBack(s);
                pos = 0;
                state = 0;
                break;
            }
        }
        break;
    }

    case 2:
    {
        while (true)
        {
            ch = GetAnother(s);

            if (IsNum(ch))
            {
                Output[pos++] = ch;
            }
            else
            {
                if (ch == '.')
                {
                    Output[pos++] = ch;
                    state = 3; //进入小数模式
                    break;
                }
                else
                {
                    if (ch == 'E' || ch == 'e')
                    {
                        Output[pos++] = ch;
                        state = 4; //进入科学计数法模式
                        break;
                    }
                    else
                    {
                        Output[pos] = '\0'; //补\0 生成完整字符串
                        PrintRes(lineNum, "Number", Output);
                        GoBack(s);
                        pos = 0;
                        state = 0;
                        break;
                    }
                }
            }
        }
        break;
```

```
        }

        case 3:
        {
            while (true)
            {
                ch = GetAnother(s);
                if (IsNum(ch))
                {
                    Output[pos++] = ch;
                }
                else
                {
                    if (ch == 'E' || ch == 'e')
                    {
                        Output[pos++] = ch;
                        state = 4; //进入科学计数法模式
                    }
                    else
                    {
                        Output[pos] = '\0'; //补\0 生成完整字符串
                        PrintRes(lineNum, "Number", Output);
                        pos = 0;
                        state = 0;
                        break;
                    }
                }
            }
            break;
        }

        case 4:
        {
            while (true)
            {
                ch = GetAnother(s);
                if (IsNum(ch))
                {
                    Output[pos++] = ch;
                }
                else
                {
                    Output[pos] = '\0';
                    PrintRes(lineNum, "Number", Output);
                    GoBack(s);
                    pos = 0;
                    state = 0;
                    break;
                }
```

```
            }
            break;
        }

        default:
            PrintRes(lineNum, "Error", Output);
            break;
        }
    }
}

int main()
{
    FILE *file = fopen(FName, "r");

    int lineNum = 0;

    while (NULL != fgets(Buffer, 1024, file))
    {
        lineNum++;
        Work(Buffer, lineNum);
    }
    cout << endl;
    cout << "行数: " << lineNum << endl;
    cout << "字符数目: " << NumOfLetter << endl;
    cout << "关键字数目: " << NumOfKeyWord << endl;
    cout << "变量名数目" << NumOfVarible << endl;
    cout << "数字常量数目: " << NumOfNumber << endl;
    cout << "分界符和操作符数目: " << NumOfOperator << endl;
    system("pause");
    return 0;
}
```

七、实验运行结果及分析说明

```
2 <Variable, Version>
2 <Number, 1.0>
3 <Variable, User>
3 <Variable, Septer>
4 <Variable, Last>
4 <Variable, Updated>
4 <Variable, Time>
4 <Number, 2020>
4 <Number, 10>
4 <Number, 06>
4 <Number, 16>
4 <Number, 42>
5 <Variable, Todo>
5 <Variable, Test>
8 <Variable, define>
8 <Variable, relax>
8 <Number, 10>
10 <Variable, include>
10 <Variable, stdio>
10 <Variable, h>
11 <Variable, include>
11 <Variable, math>
11 <Variable, h>
13 <KeyWord, int>
13 <Variable, main>
13 <(, ->
13 <), ->
14 <{, ->
15 <KeyWord, int>
15 <Variable, m>
15 <Variable, flag>
15 <Variable, i>
16 <Variable, scanf>
16 <(, ->
16 <string, %d>
16 <Variable, m>
16 <), ->
17 <Variable, flag>
17 <=, ->
17 <Number, 1>
18 <KeyWord, for>
18 <(, ->
18 <Variable, i>
18 <=, ->
18 <Number, 2>
18 <Variable, i>
18 <=, ->
```

```
18 <Variable, sqrt>
18 <(, ->
18 <Variable, m>
18 <), ->
18 <Variable, i>
18 <++, ->
18 <-, ->
18 <), ->
19 <{, ->
20 <KeyWord, if>
20 <(, ->
20 <Variable, m>
20 <Variable, i>
20 <==, ->
20 <Number, 0>
20 <), ->
21 <{, ->
22 <Variable, flag>
22 <=, ->
22 <Number, 0>
23 <Variable, break>
24 <}, ->
25 <}, ->
26 <KeyWord, if>
26 <(, ->
26 <Variable, flag>
26 <), ->
27 <{, ->
28 <Variable, Now>
28 <Variable, have>
28 <Variable, a>
28 <Variable, output>
29 <Variable, printf>
29 <(, ->
29 <string, %d is primers.\n>
29 <Variable, m>
29 <), ->
30 <}, ->
31 <KeyWord, else>
32 <{, ->
33 <Variable, Now>
33 <Variable, have>
33 <Variable, a>
33 <Variable, output>
34 <Variable, printf>
34 <(, ->
34 <string, %d is not primers.\n>
34 <Variable, m>
34 <), ->
```

```
35 <}, ->
36 <KeyWord, return>
36 <Number, 0>
37 <}, ->

行数: 37
字符数目: 52
关键字数目: 7
变量名数目 45
数字常量数目: 12
分界符和操作符数目: 36
Press any key to continue . . .
```

分析说明：该 C 语言词法分析程序

①可以识别出用 C 语言编写的源程序中的每个单词符号，并以记号的形式输出每个单词符号；

②可以识别并跳过源程序中的注释；

③可以统计源程序中的语句行数、各类单词个数、以及字符总数，并输出统计结果；

④检查源程序中存在的词法错误，并报告错误所在的位置；

⑤对源程序中出现的错误进行适当的恢复，使词法分析可以继续进行，对源程序进行一次扫描，即可检查并报告源程序中存在的所有词法错误。

八、心得体会

经过这次词法分析程序的编写，我认识到了词法分析的重要性。他独立的一遍来作为语法分析的子程序，又与语法分析作为协同程序。所谓协同程序就是说他与语法分析程序在同一遍中，以生产者和消费者的关系同步运行。

在程序的编译运行过程中，词法分析的存在避免了中间文件，省去了取送符号的工作，有利于提高编译程序的效率。这里值得一提的是符号表，符号表并非任何语言都有。对于块结构化语言就没有，只有非块结构化语言才有。因为块结构化语言的变量有作用域，需要声明位置；变量与变量之间类型不同但可以同名，对于符号表的作用上来说，没有办法区分作用域。因此块结构化语言没有符号表，本实验所编写的 C 语言词法分析就没有符号表。

另外，本实验将词法分析独立分离出来拥有诸多好处。如可以简化设计，容易识别并去除空格、注释，使语法分析程序致力于语法分析，结构清晰，易于实现；可以改进编译程序的效率，利用专门的读字符和处理记号的技术构造更有效的词法分析程序；还可以加强编译程序的可移植性，在词法分析程序中处理特殊的或非标准的符号即可等。在本次实验过程中，对这些好处有了更加实际的体会。

此外，本次实验我接触了利用 LEX 自动生成词法分析程序，在 LEX 自动生成和自己手动实现的对比下，我体会到了前辈们的智慧和动手能力，这将激励着我不断进取、保持谦虚地学习。LEX 源程序在报告结尾附。

在本次实验过程中，我对自动机、词法分析的相关知识有了更深一步的理解和运用，同时提高了自己的编程能力、统筹能力和全局观念，使我受益匪浅。

九、LEX 源程序

```
%{
#include<math.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>
%}

DIGIT [0-9]
ID [a-z][a-z0-9]*
%%
{DIGIT}+                    {printf("整
数:   %s(%d)\n",yytext,atoi(yytext));}
{DIGIT}+"."{DIGIT}+             {printf("实
数:   %s(%g)\n",yytext,atof(yytext));}
if|then|begin|end|program|while|repeat      {printf("关键
字: %s\n",yytext);}
{ID}                        {printf("标识符: %s\n",yytext);}
"+"|"-"|"*"|"/"                 {printf("运算符: %s\n",yytext);}
"{"[^}\n]*"}";
[\t\n\x20]+;
.                       {printf("不能识别的字符:%s\n",yytext);}
%%
int main(int argc,char **argv)
{
    ++argv;
    --argc;
    if(argc>0) yyin=fopen(argv[0],"r");
    else yyin=stdin;
    yylex();
    return 0;
}
int yywrap()
{
    return 1;
}
```