1. C 语言词法分析程序的设计与实现

1.1. 实验内容及要求

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、各类单词的个数、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。

1.2. 实验环境

x86_64-pc-linux-gnu

1.3. 程序设计说明

分别用以下两种方法实现:

1. 采用 C/C++ 作为实现语言，手工编写词法分析程序。(必做)
2. 编写 LEX 源程序，利用 LEX 编译程序自动生成词法分析程序。

1.3.1. 目录结构

```
.
// 手工编写的词法分析程序部分
  alex                可执行程序(Linux下)
  alex.cpp            主程序
  lexer.cpp           语法分析类实现
  token.cpp           标记类实现
  lexer.h             语法分析类声明
```

```
  token.h              标记类声明
  Makefile             工程文件规则
  README.md            Markdown文档
  README.pdf           PDF文档
  def
      KEYWORD.def      关键词集合
      PUNCTUATOR.def   标点符号集合
      TOKEN_TYPE.def   标记类型集合
// LEX编译程序自动生成的词法分析程序
  flex
      c11              可执行程序(Linux下)
      c11.lex          LEX源程序
      lex.yy.c         flex根据LEX源程序生成的.c源代码
      Makefile         工程文件规则
      README.md        Markdown文档
      test1.c          测试程序1
      test2.c          测试程序2
      test2.png        测试程序2输出效果
// 测试程序
  test
      test1.c
      test2.c
```

1.3.2. Token 类型及对应的自动机

- Keyword: 关键词。C 中的保留字。
- Identifier: 标识符。变量名或函数名。

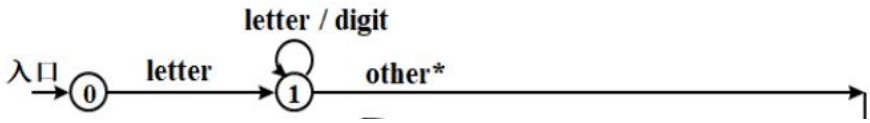


Figure 1: Graph_1.jpg

- Numerical_Constant: 数值常量。
- Char_Constant: 字符常量。如'a'。
- String_Literal: 字符串常量。如"bupt\n"。
- Punctuator: 运算符。
- Error: 异常 Token。

1.3.3. 程序划分

程序定义了 Lexer 类和 Token 类。

- Lexer 类: 实现词法分析器。

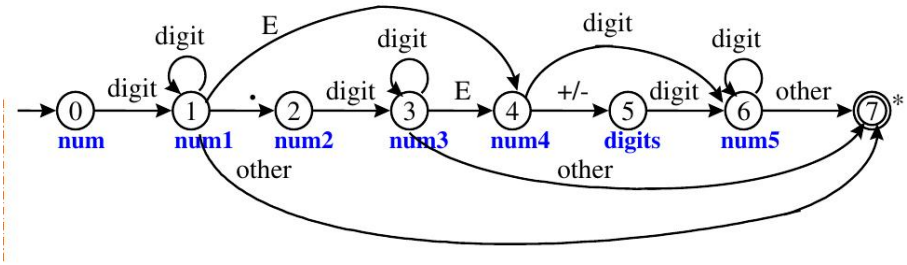


Figure 2: Graph_2.jpg

- `Token` 类: 产生标识对象。

对应的成员变量和成员函数的功能在 `lexer.h` 和 `token.h` 中的注释中有详细的解释。

1.4. 测试结果

1.4.1. 方法 1

1.4.1.1. 没有词法错误的程序 `test/test1.c`

```
> ./alex test/test1.c
4:1: [Keyword: int]
4:5: [Identifier: main]
4:9: [Punctuator: (]
4:10: [Punctuator: )]
5:1: [Punctuator: {]
9:5: [Keyword: char]
9:10: [Punctuator: *]
9:11: [Identifier: msg]
9:15: [Punctuator: =]
9:17: [String_Literal: "Hello "]
9:25: [Punctuator: ;]
10:5: [Keyword: float]
10:11: [Identifier: d]
10:13: [Punctuator: =]
10:15: [Numerical_Constant: 0.145e+3]
10:23: [Punctuator: ;]
11:5: [Identifier: printf]
11:11: [Punctuator: (]
11:12: [String_Literal: "%s %f\n"]
11:21: [Punctuator: ,]
11:23: [Identifier: msg]
11:26: [Punctuator: ,]
11:28: [Identifier: d]
11:29: [Punctuator: )]
```

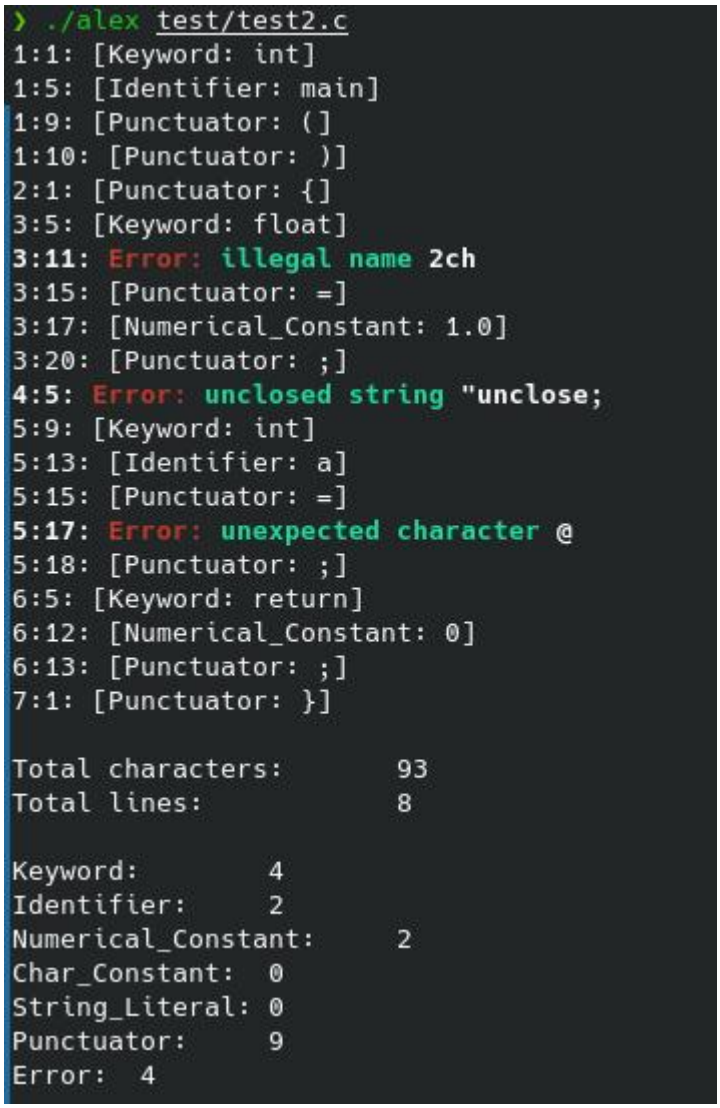
```
11:30: [Punctuator: ;]
12:5: [Keyword: return]
12:12: [Numerical_Constant: 0]
12:13: [Punctuator: ;]
13:1: [Punctuator: }]

Total characters:       181
Total lines:            13

Keyword:        4
Identifier:     6
Numerical_Constant:     2
Char_Constant:  0
String_Literal: 2
Punctuator:     15
Error:  0
```

1.4.1.2. 有词法错误的程序 test/test2.c 源程序

```c
int main()
{
    float 2ch = 1.0;
    "unclose;
        int a = @;
    return 0;
}
/* Comment
```



1.4.2. 方法 2

1.4.2.1. 没有词法错误的程序 flex/test1.c

```
> ./c11 < test1.c
4:1: [Keyword: int]
4:5: [Identifier: main]
4:9: [Punctuator: (]
4:10: [Punctuator: )]
5:1: [Punctuator: {]
9:5: [Keyword: char]
```

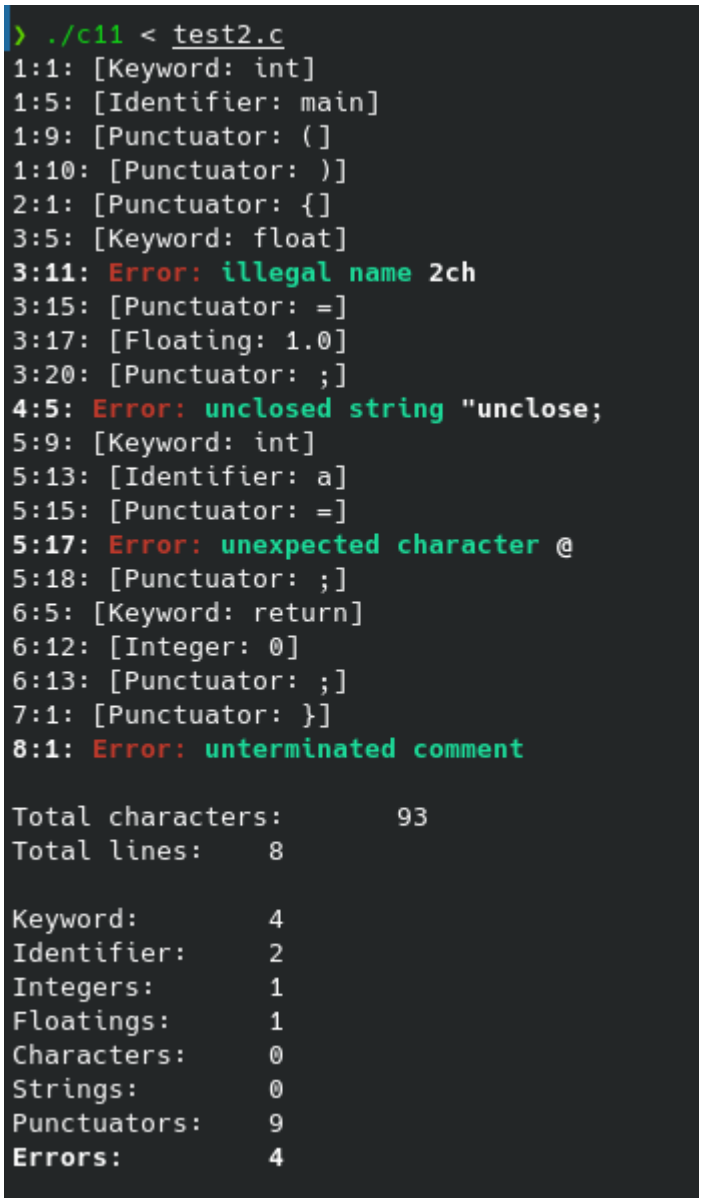
```
9:10: [Punctuator: *]
9:11: [Identifier: msg]
9:15: [Punctuator: =]
9:17: [String: "Hello "]
9:25: [Punctuator: ;]
10:5: [Keyword: float]
10:11: [Identifier: d]
10:13: [Punctuator: =]
10:15: [Floating: .145e+03f]
10:24: [Punctuator: ;]
11:5: [Identifier: printf]
11:11: [Punctuator: (]
11:12: [String: "%s %f\n"]
11:21: [Punctuator: ,]
11:23: [Identifier: msg]
11:26: [Punctuator: ,]
11:28: [Identifier: d]
11:29: [Punctuator: )]
11:30: [Punctuator: ;]
12:5: [Keyword: return]
12:12: [Integer: 0]
12:13: [Punctuator: ;]
13:1: [Punctuator: }]

Total characters:       182
Total lines:    13

Keyword:        4
Identifier:     6
Integers:       1
Floatings:      1
Characters:     0
Strings:        2
Punctuators:    15
Errors:         0
```

1.4.2.2. 有词法错误的程序 flex/test2.c 源程序

```c
int main()
{
    float 2ch = 1.0;
    "unclose;
        int a = @;
    return 0;
}
/* Comment
```


❯ ./c11 < test2.c
1:1: [Keyword: int]
1:5: [Identifier: main]
1:9: [Punctuator: (]
1:10: [Punctuator:)]
2:1: [Punctuator: {]
3:5: [Keyword: float]
3:11: Error: illegal name 2ch
3:15: [Punctuator: =]
3:17: [Floating: 1.0]
3:20: [Punctuator: ;]
4:5: Error: unclosed string "unclose;
5:9: [Keyword: int]
5:13: [Identifier: a]
5:15: [Punctuator: =]
5:17: Error: unexpected character @
5:18: [Punctuator: ;]
6:5: [Keyword: return]
6:12: [Integer: 0]
6:13: [Punctuator: ;]
7:1: [Punctuator: }]
8:1: Error: unterminated comment
Total characters: 93
Total lines: 8
Keyword: 4
Identifier: 2
Integers: 1
Floatings: 1
Characters: 0
Strings: 0
Punctuators: 9
Errors: 4