

变量操作与表达式运算

2017/4/8

Contents

1	前言	1
1.1	实验目的	1
1.2	实验环境	1
2	实验内容	1
2.1	题目描述	1
2.2	词法规则	4
2.3	语法规则	6
2.4	错误检测	7
2.5	实验要求	8
2.6	结果提交	8

1 前言

注意：请务必仔细阅读本文档以顺利完成实验。

若对本次实验作业有任何疑问，请发邮件到 hefeng.wu@foxmail.com。

本实验有部分内容参考了中山大学、清华大学等高校编译原理课程的实验设计，在此表示感谢。

1.1 实验目的

本实验是一个基于编译原理课程核心教学内容的综合型、应用型实验，旨在帮助学生深入理解和牢固掌握编译原理中的词法分析、语法分析、语义分析等重要环节，灵活运用所学知识，锻炼综合运用能力。

1.2 实验环境

本实验基于 Windows 平台，使用面向对象的程序设计语言，参考主流的编码规范。

1.2.1 编程语言和开发工具

编程语言：面向对象的编程语言（C++、Java、C#、Python 等）

运行环境：Windows 平台

1.2.2 编码规范

要求遵循良好的程序设计风格来设计和编写程序。基本编码规范：

1. 标识符的命名要到达顾名思义的程度。
2. 提供必要、清晰、准确的注释。
3. 程序版面要求：
 - a) 不同功能块用空行分隔；
 - b) 一般一个语句一行；
 - c) 语句缩进整齐、层次分明。

2 实验内容

2.1 题目描述

实现变量赋值、查询和表达式运算，提供交互界面，以解释执行方式运行。

2.1.1 设定描述

◆ 界面交互方式

对输入的字符串命令语句进行分析执行。（matlab 命令界面操作的简单模拟）

◆ 命令种类

包括：赋值命令，查询命令，删除命令，表达式运算，IF 语句等。

每条命令单独一行。需要检查命令的合法性。

◆ 命令

命令种类	示例
赋值	a=3 b=a+10
删除变量	a=[]
查询	a
表达式运算	a+20*3/5
IF 语句	if (a==1) b=3 else c=2 end

（1）语句特点：

赋值和删除语句含有赋值操作符（=）。

只有被赋值后的变量才是有效变量。如果赋值语句右边出现无效变量，则不应执行语句，并提示出错信息。

如果变量被重新赋值，则该变量原来的值被覆盖。

如果变量被赋值[]，意味着删除该变量，即该变量变成无效变量。

如果命令后面跟有分号，不用输出结果；否则，需要即时输出结果。如果是表达式运算，则输出结果时使用默认变量 ans。

删除变量和语句出错，都应该给出即时提示。

（2）示例：

下面是示例界面，实现时可以参照这种方式，也可以自己设定操作界面。

```
>> a=0
a=0

>> b=-1;
>> c=a+b
c=-1
```

```
>> a=[];  
Prompt: variable 'a' is deleted  
  
>> b=c+a  
Error: undefined variable 'a'  
  
>> 3 + 5  
ans=8  
  
>> c;  
>> c  
c=-1
```

2.1.2 表达式语义描述

在表达式中，各种运算符均有其严格的语义，因而可能出现有语义错误的情况（例如类型不匹配、除数为 0 等）或容易误解的情况（例如右结合性质等）。在设计与实现中须小心处理这些语义。

(1) 括号与算术运算

加法、减法、乘法、除法、乘方（求幂）、括号等运算的语义与日常所见算术表达式中的含义相同，不再赘述。参加这些运算的操作数（或运算量）均须为算术表达式类型，不可是一个布尔类型的表达式，否则产生一个类型不匹配错误。

例如，表达式 $2 + 6 * 4$ 的求值结果为 26，表达式 $20^{((3 - 1) * 2 - 2)}$ 的求值结果为 400，而表达式 $2 + 15 - (3 > 5) + 10$ 会产生一个类型不匹配错误。

注意，乘方运算是右结合的。例如，表达式 2^4^3 等价于 $2^{(4^3)}$ 。

(2) 取负运算

取负运算符具有较高的优先级，同时它与减法运算符是重载的运算符。例如，表达式 $2.5 + -2.4$ 的求值结果是 0.1，表达式 $5 - -2.5$ 的求值结果为 7.5。

(3) 预定义函数

提供了 4 个预定义函数： $\sin()$ 、 $\cos()$ 、 $\max()$ 、 $\min()$ ，用户可在输入表达式中使用这些预定义函数。

$\sin()$ 和 $\cos()$ 函数用于计算三角函数值，均需有且仅有一个数值类型的参数（即不可使



用布尔类型的值作为其参数)，且参数的值参照弧度制计算。例如，表达式 $\sin(3.14 / 2)$ 的求值结果为 0.999999...，表达式 $\cos(3.14 / 4)$ 的求值结果是 0.707388...

$\max()$ 和 $\min()$ 函数分别计算多个参数中的最大值和最小值，多个参数之间使用逗号分隔。注意，这两个函数支持可变数目的参数，即参数的个数允许是任意的，但它们至少需要 2 个参数。例如，表达式 $\max(3, 2, 6)$ 的求值结果为 6， $\max(\min(32, 7), \max(6, 4))$ 的求值结果为 7。

(4) 三元运算

惟一的三元运算与 C/C++ 程序设计语言中的三元运算类似，其形式如下：

$\text{Expr1} ? \text{Expr2} : \text{Expr3}$

其中， Expr1 必须为布尔类型的表达式， Expr2 和 Expr3 必须为数值类型的子表达式。若 Expr1 的求值结果为 true，则三元表达式的求值结果为表达式 Expr2 的值；若 Expr1 的求值结果为 false，则三元表达式的求值结果为表达式 Expr3 的值。

例如，表达式 $2.25 < 4 / 2 ? 5 : 6$ 的求值结果为 6，表达式 $2 \geq 2 ? 1.5 : 2.5$ 的求值结果为 1.5，表达式 $\max(-1, 0) > 0 ? 5 : 3 \geq 0 ? 4 : 5$ 的求值结果为 4。

(5) 关系运算 与逻辑运算

关系运算(>、<、==等)和逻辑运算(&&、||、!等)与通常程序设计语言中的关系运算和逻辑运算完全相同。例如，表达式 $\text{true} \parallel \text{false}$ 的求值结果为 true，表达式 $!(\text{True} \&\& \text{FALSE})$ 的求值结果为 true，表达式 $5 < 4$ 的求值结果为 false，表达式 $\text{true} ? 5 : \text{false} ? 1 : 0$ 的求值结果为 5。

注意，“等于”关系的运算符是“==” “不等于”关系的运算符是“!=”。布尔类型的值不可作为表达式最后的求值结果，否则产生一个类型不匹配错误。

2.2 词法规则

包括常量、变量、表达式运算符。表达式中参与运算的常量包括布尔类型和数值类型两类；其中，数值类型的常量既可以是一个整数，也可以是一个浮点数（实数）。

2.2.1 数值类型常量

数值常量仅支持十进制，其书写形式类似 Pascal 语言中的整数和浮点数常量，但仅支持无符号的数值类型。它们必须符合以下正规定义式的描述：

Number	→	integral (fraction ε) (exponent ε)
fraction	→	. integral

exponent $\rightarrow (E | e) (+ | - | \epsilon)$ integral

integral $\rightarrow \text{digit}^+$

digit $\rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$

例如，以下是正确的数值常量写法：

9.334e-2 4.7 5.00 7E3 1.7e7 5.1e+3 3.14E-0

其中，科学记数法的含义同一般的程序设计语言。譬如，9.334e-2 相当于 0.09334，5.1e+3 相当于 5100，3.14E0 或 3.14E-0 均相当于 3.14。

又如，以下是错误的数值常量写法：

.11 e4 4.e6 3. 7e

因为 .11 和 e4 缺少整数部分，4.e6 和 3. 缺少小数部分，7e 缺少指数部分。

无论是整数类型还是浮点类型的常量，均会将它们转换为双精度浮点数据在程序内部进行运算。在本实验中不必考虑比双精度浮点数更高精度的相关问题。

注意，据上述定义，在本实验中不支持负数作为常量。虽然-3.14 是合法的，但它应被理解为数值常量 3.14 的一元取负运算“-”，意即词法分析的结果这应该是两个单词而不是一个单词。

2.2.2 布尔类型常量

逻辑表达式支持使用两个布尔常量：**true** 和 **false**。

注意，布尔常量是大小写无关的；例如，**true**、**True** 和 **TRUE** 都是合法的布尔常量。

2.2.3 标识符变量

标识符变量的第一个字符为字母，后面可以跟任意的字母、数字和下划线，正规定义式描述如下：

Variable $\rightarrow \text{letter} (\text{suffix} | \epsilon)$

suffix $\rightarrow (\text{letter} | \text{digit} | _)^+$

letter $\rightarrow A-Z | a-z$

digit $\rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$

标识符变量只取双精度浮点数类型。

设定标识符是大小写无关的，即 **Ab** 和 **ab** 是同一变量。

2.3 语法规则

本节采用标准 BNF 范式（Backus-Naur Form，巴科斯范式）定义命令语句和表达式的语法规则说明，并规定了表达式中各运算符的优先级和结合性质，最后用自然语言和例子描述了各种运算的语义。

2.3.1 命令语句

本实验定义了赋值、删除和查询语句，BNF 范式定义如下：

Command	→	Sentence; Sentence
Sentence	→	Variable = Expr Variable = [] Expr IfSentence
IfSentence	→	if (Expr) Sentence else Sentence end

2.3.2 表达式

所支持的表达式采用与普通表达式类似的语法形式，BNF 范式定义如下：

Expr	→	ArithExpr
ArithExpr	→	Number Variable (ArithExpr) ArithExpr + ArithExpr ArithExpr - ArithExpr ArithExpr * ArithExpr ArithExpr / ArithExpr ArithExpr ^ ArithExpr ArithExpr / ArithExpr - ArithExpr BoolExpr ? ArithExpr : ArithExpr SingleFunc MultipleFunc
SingleFunc	→	sin (ArithExpr) cos (ArithExpr)
MultipleFunc	→	max (ArithExpr , ArithExprList) min (ArithExpr , ArithExprList)
ArithExprList	→	ArithExpr ArithExpr , ArithExprList
BoolExpr	→	true false (BoolExpr) ArithExpr == ArithExpr ArithExpr != ArithExpr ArithExpr < ArithExpr ArithExpr > ArithExpr ArithExpr <= ArithExpr ArithExpr >= ArithExpr BoolExpr && BoolExpr BoolExpr BoolExpr ! BoolExpr

2.3.3 优先级和结合性质

在表达式中，各运算符的优先级与结合性质定义如下（表中各行级别从高到低，同一行的运算符级别相同，其中未说明的结合性质默认为左结合）：

描述	算符	结合性质
括号	()	
预定义函数	sin cos max min	
取负运算（一元运算符）	-	右结合
求幂运算	^	右结合
乘除运算	* /	
加减运算	+ -	
关系运算	== != < <= > >=	
非运算	!	右结合
与运算	&&	
或运算		
选择运算（三元运算符）	?:	右结合

2.4 错误检测

表达式中的错误可划分为 3 种类型：词法错误、语法错误以及语义错误。

词法错误，是指一个单词的构成不合法，由词法分析程序识别此类错误。例如，3.E-5、.414 等是非法的数值常量，_ab 是非法的标识符，@ 是非法的符号等。

语法错误，是指由单词构成的表达式不符合语法规则定义，通常由语法分析程序识别此类错误。例如，缺少左括号、缺少右括号、缺少运算符、缺少运算量、类型不匹配（布尔类型的值参加算术运算、数值类型的值作为三元运算的第 1 个运算量等）、三元运算中“?”与“:”不匹配等均属此类错误。

语义错误，是指表达式的含义不合法，由语法分析程序识别此类错误。例如，变量未定义，亦或除法运算的第 2 个运算量为 0 等。

2.5 实验要求

2.5.1 提供友好的测试界面

- ◆ 可以让用户输入命令，显示命令执行结果。
- ◆ 可以循环操作。
- ◆ 提供窗口显示所有目前已定义的变量。
- ◆ 提供从文件读入命令的功能。

2.5.2 程序测试

- ◆ 请设计多组测试用例数据，能够覆盖程序执行的各项功能。
- ◆ 在实验报告中分析测试意图和测试结果。如果通过测试发现程序错误，也分析错误原因、改正方法等。

2.5.3 可选内容

实验说明里提供了很多的运算功能，请根据自己小组的情况，量力完成所能实现的功能。大作业评分时，将考虑所实现的难度。

例如，以下内容可选内容：

- ◆ 布尔常量、三元运算符(?:)、关系运算与逻辑运算
- ◆ If 语句
- ◆ 预定义函数 max, min
- ◆ 也可以根据能力范围添加额外的语法和表达式运算

2.6 结果提交

2.6.1 提交内容

请把所有内容放到 xxx 文件夹中（xxx 为小组号，如 A01、B02、C03），并压缩成文件包 xxx.zip。内容至少包括展示 PPT、source 文件夹和实验报告(.docx)。（你可以加入其他需要的文件）

1) 展示 PPT

要求所有小组需要做大作业展示，做展示 PPT。

2) 源代码（source 文件夹）

请把所有源码相关的内容放进 source 文件夹中，包括源码文件，工程文件，及其他需

要的内容。

要求：可以重新编译和运行程序。请提交前自己先做测试。

3) 实验报告 (.docx)

包括小组报告、个人报告（可在小组报告上改动形成，主要强调个人的工作）。个人报告必须每人提交一份（命名方式：小组号+学号+姓名）。要求报告清晰美观，需要包括以下相似的内容信息，具体可自行设定。

【基本信息】组员学号、姓名等，以及分工合作信息。

【设计过程及讨论】描述程序设计的过程，包括设计思路（词法分析、算符优先、语法分析、语义分析、出错处理等），设计要点及特色；程序的不足与改进等。要求画出程序的流程图。

【测试过程及结果讨论】设计有代表性的输入数据，提供程序运行的屏幕截图，并分析测试结果以及针对测试中发现的问题所进行的修正与改进。

【小结】所获得的经验、体会等。

2.6.2 提交时间和方式

待定。