Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Instituto de Computação – IComp, Curso de Ciência da Computação
Compiladores
Projeto I: Calculadora Avançada (versão 1.6)

Objetivo

Neste projeto você deve escrever um interpretador de uma calculadora com suporte a funções do usuário. Embora simples, este projeto ilustra a construção do núcleo de uma linguagem dinâmica, uma vez que para suportar funções do usuário será necessário usar uma representação intermediária e um avaliador consciente de contextos de variáveis.

Descrição

A calculadora a ser implementada possui notação infixada, com suporte aos seguintes comandos, constantes e expressões:

Comandos, constantes e expressões	Definição
`def ident = expressao`	Define *ident* como expressão. Ex: `def x = 10`
`def funcao(parametros) = expressao`	Define uma função do usuário. Ex: `def max(a, b) = if a>b then a else b`
`if ExpCond then ThenExp else ElseExp`	Expressão if retorna ThenExp se ExpCond é avaliada como verdadeira. Caso contrário, retorna ElseExp. Ex: `if n = 0 then 1 else if n = 1 then 2 else max(a,b)`
`+ - * / %`	Soma, subtração, multiplicação, divisão e resto
`> < = >= <= !=`	Operadores relacionais >, <, =, >=, <= e != (diferente)
`pi, e`	Constantes π e de Euler (*e*)
`sqrt, exp e ln`	Raíz quadrada, exponencial e logaritmo natural
`{expressões}`	Define uma sequência de expressões, separadas por ponto e vírgula; valor de uma sequência é dada pelo resultado da última expressão.

A seguir temos uma especificação formal, em EBNF, da linguagem a ser suportada:

***Tokens*:**

```
number = digit {digit} [ '.' digit {digit} ].
ident = letter {digit | letter }.
```

***Regras de Produção*:**

```
AdvCalc = { Def | Exp } EOF.

Def = "def" ident [ "(" ParamNames ")" ] "=" Exp.
ParamNames = ident { "," ident }.

Exp = T { ( "+" T | "-" T ) }.
T = U { ( "*" U | "/" U | "%" U ) }.
U = ( "-" F | F ).
F = number | VarOrFunc | IFExp | "(" Exp ")" .

VarOrFunc = ident [ "(" Params ")" ].
Params = Exp { "," Exp }.
```

```
    IFExp = "if" ExpL "then" Exp "else" Exp.
    ExpL = Exp OpRel Exp.
    OpRel = ">" | ">=" | "<" | "<=" | "=" | "!=".
```

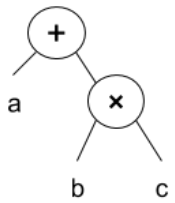
Note, pela especificação que funções primitivas (*sqrt*, *log*, etc) serão tratadas como funções do usuário. Assim, elas não aparecem na gramática dada. A seguir temos exemplos de interações com a calculadora:

```
Calculadora Avancada (digite 's' para sair)
Exemplos de expressoes: ");
- 2+5-3*4
- 3*(1+4)
- def abs(n) = if n>=0 then n else -n
- def fat(n) = if n=0 then 1 else n*fat(n-1)
- fat(5) + abs(-10)

? def abs(x) = if x>0 then x else -x
  function [x] [if, [>, x, 0], x, [*, -1, x]]
? def fat(n) = if n=0 then 1 else n*fat(n-1)
  function [n] [if, [=, n, 0], 1, [*, n, [fat, [-, n, 1]]]]
? fat(5)*abs(-4)
  480
? def x=x+1
  Exception: x not found!
? def x=0
  0
? def x=x+1
  1
? x
  1
? def max(a,b) = if a>b then a else b
  function [a, b] [if, [>, a, b], a, b]
? def q(n)=n*n
  function [n] [*, n, n]
? def cubo(n) = n*q(n)
  function [n] [*, n, [q, n]]
? cubo(3)
  27
? pi
  3.1415927
? e
  2.7182817
? exp(5)
  148.41316
? ln(10)
  2.3025851
? sqrt(8)
  2.828427
? def pow(n, m) = if m = 0 then 1 else n*pow(n, m-1)
  function [n, m] [if, [=, m, 0], 1, [*, n, [pow, n, [-, m, 1]]]]
? def area(raio) = raio * pow(pi, 2)
  function [raio] [*, raio, [pow, pi, 2]]
? area(10)
  98.69605
? def log(n, b) = ln(n)/ln(b)
  function [n, b] [/, [ln, n], [ln, b]]
? log(8, 2)
  3
? s
```

Como se pode notar, a calculadora suporta expressões infixadas com ordem de precedência tradicional, definição de variáveis e definição de funções. Como este interpretador permite definições de funções, a estratégia de implementação mais adequada é uma tradução da notação infixada para uma árvore semântica abstrata (AST, do *inglês abstract syntactic tree*), seguida da interpretação da AST por um avaliador. Por exemplo, a expressão `a + b * c` deveria ser traduzida para a seguinte AST (denotada por uma lista e uma árvore):

`[+ a [* b c]]`



O avaliador, com base nas definições existentes no ambiente global, pode então avaliar a expressão. No caso dado, a raíz *+* indica que uma soma deve ser realizada com o valor dos filhos *a* e [** b c*]. *Recursivamente*, é necessário avaliar [** b c*] que se trata de uma multiplicação entre os elementos *b* e *c*, cujos valores devem ter sido previamente definidos no contexto global. De posse do valor de [** b c*], é possível somá-lo ao valor de *a*, resolvendo a expressão completa.

A vantagem de usar ASTs em lugar de uma interpretação direta é a possibilidade de armazenar uma AST para interpretação posterior. Por exemplo, dada a expressão:

```
def max(a, b) = if a>b then a else b
```

A AST `[a, b] [if, [>, a, b], a, b]` pode ser armazenada, associada ao identificador *max*. Assim, por exemplo, ao ser invocado *max*(3, 5) em uma expressão posterior, a AST pode ser recuperada e avaliada em um contexto de referência onde *a* e *b* são variáveis locais iniciadas com os valores 3 e 5. Logo, um cuidado especial deve ser seguido com os ambientes de referência, como se vê no exemplo:

```
? def a = 100
  100
? def b = 200
  200
? def max(a,b) = if a>b then a else b
  function [a, b] [if, [>, a, b], a, b]
? max(1000, 500)
  1000
? a
  100
? b
  200
```

Note que mesmo que *a* seja menor que *b* no contexto global (*a* = 100 < *b* = 200), quando invocada com valores 1000 e 500, *a* > *b*, já que no contexto local, *a* = 1000 > *b* = 500. A execução de *max*, contudo, não afeta os valores globais de *a* e *b* que permanecem 100 e 200, após a sua execução. Em suma, dada uma AST, ela deve ser avaliada em seu contexto *local*.

Finalmente, pense em como usar o operador de sequência de expressões para permitir *closures*, como no exemplo abaixo:

```
? {def x=2; def y=3; x+y}
  5
? x
  1
? def cria_imposto(aliquota) = {def imposto(valor) = valor * alíquota;
imposto}
  ... <- ok, isso eu não implementei rsrsr
? def iss = cria_imposto(0.05)
  ... <- ok, isso eu não implementei rsrsr
? iss(100)
  5
```

Avaliação

O seu interpretador será avaliado pela gramática de atributos entregue, os códigos de apoio em Java e, fundamentalmente, pela execução de expressões de teste.

Observações

(a) Trabalho feito por, no máximo, dois alunos.
(b) Plágio não será tolerado, com anulação dos projetos envolvidos.
(c) Em anexo, encontram-se a definição EBNF da linguagem dada, além de códigos mínimos para interface do usuário, para o interpretador e o AST.

ANEXOS

advcalc.atg

```
import java.lang.Exception;

COMPILER AdvCalc

Interpreter aci;

public void setInterpreter(Interpreter aci)
{
    this.aci = aci;
}

CHARACTERS
    digit = "0123456789".
    letter = 'A'..'Z' + 'a'..'z'.

TOKENS
    number = digit {digit} [ '.' digit {digit} ].
    ident = letter {digit | letter }.

IGNORE  '\n' + '\r' + '\t'

PRODUCTIONS

    AdvCalc               (. ASTExp exp; .)
    = { CExp<out exp>     (. try {
                                 ASTExp res = aci.eval(exp);
                                 System.out.println("  " + res);
                             } catch (Exception e) {
                                 System.err.println("  Error: "
                                     + e.getMessage());
                             }
                           .)
      } EOF
    .

    CExp<out ASTExp v>    (. v = null; .)
    = Def | Exp.

    Def = "def" ident ( "(" ParamNames ")" | ) "=" Exp.
    ParamNames = ident { "," ident }.

    Exp = T { ( "+" T | "-" T ) }.
    T = U { ( "*" U | "/" U | "%" U ) }.
    U = ("-" F | F ).
    F = number | VarOrFunc | IFExp | "(" Exp ")" .

    VarOrFunc = ident ( "(" Params ")" | ).
    Params = Exp { "," Exp }.

    IFExp = "if" ExpL "then" Exp "else" Exp.
    ExpL = Exp OpRel Exp.
    OpRel = ">" | ">=" | "<" | "<=" | "=" | "!=".

END AdvCalc.
```

Interpreter.java

```
import java.lang.Exception;

class ASTExp
{
}

class Interpreter
{
    public ASTExp eval(ASTExp exp) throws Exception
    {
        return null;
    }
}
```

Interpret.java

```
import java.io.*;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;

public class Interpret
{
   public static void main(String argv[])
   {
      Interpreter aci = new Interpreter();

      String str;
      System.out.println("Calculadora Avancada (digite 's' para sair)");
      System.out.println("Exemplos de expressoes: ");
      System.out.println("- 2+5-3*4");
      System.out.println("- 3*(1+4)");
      System.out.println("- def abs(n) = if n>=0 then n else -n");
      System.out.println("- def fat(n) = if n=0 then 1 else n*fat(n-1)");
      System.out.println("- fat(5) + abs(-10)\n");
      while (true) {
         try {
            System.out.print("? ");
            BufferedReader bufferRead = new
                          BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
            str = bufferRead.readLine();
            if (str.equalsIgnoreCase("s"))
                    System.exit(0);
            InputStream stream = new
                                 ByteArrayInputStream(str.getBytes("UTF-8"));
            Scanner s = new Scanner(stream);
            Parser p = new Parser(s);
            p.setInterpreter(aci);
            p.Parse();

        } catch(IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
     }
  }
}
```