

Linguagens de Programação

Fabio Mascarenhas - 2015.2

<http://www.dcc.ufrj.br/~fabiom/lp>

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?
 - `a[42]`
 - `(vector-ref a 42)`
 - `a[42]`
 - `a[42]`

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- `a[42]`

Java

- `(vector-ref a 42)`

- `a[42]`

- `a[42]`

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- a[42]

Java

- (vector-ref a 42)

Scheme

- a[42]

- a[42]

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- `a[42]`

Java

- `(vector-ref a 42)`

Scheme

- `a[42]`

C

- `a[42]`

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- `a[42]`

Java

- `(vector-ref a 42)`

Scheme

- `a[42]`

C

- `a[42]`

Haskell

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- `a[42]`

Java ←

- `(vector-ref a 42)`

Scheme ←

- `a[42]`

C

- `a[42]`

Haskell

Introdução

- Quais das expressões abaixo têm o mesmo significado?

- a[42]

Java ←

- (vector-ref a 42)

Scheme ←

- a[42]

C

- a[42]

Haskell

- Nesse curso vamos estudar o *significado* dos programas, e os diferentes *paradigmas* de programação
- Outro nome para significado é *semântica*

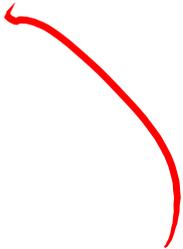
Como estudar semântica?

- Precisamos de uma linguagem pra descrever semântica
- Técnicas matemáticas?

Como estudar semântica?

- Precisamos de uma linguagem pra descrever semântica
- Técnicas matemáticas?
 - Denotacional *compiler v/ matemática*
 - Operacional *interpretador como função matemática*
 - Axiomática

Como estudar semântica?

- Precisamos de uma linguagem pra descrever semântica
 - Técnicas matemáticas?
 - Denotacional
 - Operacional
 - Axiomática
 - Não, vamos usar *interpretadores* escritos no paradigma de *programação funcional*
- 

Paradigmas de Programação

- Paradigmas de programação descrevem uma maneira de se programar, e de se *raciocinar* sobre programas
 - Programação imperativa
 - Programação funcional
 - Programação lógica
 - Programação OO
- Os paradigmas não são totalmente independentes

Programação Imperativa

- É o paradigma mais usado, e a maneira mais comum de se usar o paradigma OO
 - Programas são sequências de *comandos*
 - Mutação de variáveis (atribuição)
 - Laços são as estruturas básicas de controle

Programação Imperativa e a Máquina

- Há uma correspondência entre os conceitos da programação imperativa e a linguagem de máquina
 - Variáveis mutáveis são células na memória
 - Acessos às variáveis são instruções de leitura (*load*)
 - Atribuições são instruções de escrita (*store*)
 - Estruturas de controle e laços são saltos

Programação Funcional

- Na programação funcional, o modelo básico é mais distante da máquina, e mais próximo da matemática
 - Programas são *expressões* que eventualmente retornam um valor
 - Programação com valores imutáveis e operações envolvendo esses valores
 - Sem variáveis mutáveis, sem atribuição, sem laços e outras estruturas de controle imperativas
 - Funções como mecanismo básico de abstração, e funções como valores que podem ser produzidos, consumidos e combinados
- A proximidade com a matemática torna a programação funcional uma maneira natural de estudar a semântica de linguagens via interpretadores

Scala

- Em nosso curso vamos usar *Scala* como exemplo de linguagem para programação funcional, e como linguagem para escrever interpretadores
- Scala é uma linguagem multi-paradigma, mas vamos nos ater a seus aspectos de programação funcional, e evitar suas partes imperativas/OO
- Scala é uma linguagem que roda na JVM (Java Virtual Machine), e através dela temos acesso a todo o acervo de bibliotecas disponível para Java
- Veja nosso site (<http://www.dcc.ufrj.br/~fabiom/lp>) para instruções de como baixar e usar a IDE de Scala

Elementos Básicos da Programação Funcional

- Scala, e qualquer outra linguagem de programação funcional, oferece:
 - expressões primitivas representando os elementos mais simples da linguagem
 - operações que permitem *combinar* expressões
 - maneiras de *abstrair* expressões, dando um nome e parâmetros para uma expressão de modo que ela possa ser reutilizada

REPL

- Uma maneira comum de interagir com Scala é através de seu REPL (Read-Eval-Print-Loop, ou laço leitura-avaliação-exibição), uma espécie de “linha de comando” para a linguagem
- O REPL permite escrever expressões e examinar seus valores de maneira interativa
- A maneira mais fácil de iniciar um REPL para um projeto Scala é mostrando a *view* “Scala Interpreter” na IDE, dentro do menu *Window->Show View*

Avaliação de Expressões

- Uma expressão não atômica é avaliada da seguinte maneira:

$$(4 * 5) + 2$$

20

22

- Pegue o operador de menor precedência mais à direita
 - Avalie seus operandos, primeiro o esquerdo, depois o direito
 - Aplique a operação aos operandos
- Um nome é avaliado substituindo o nome pelo lado direito de sua definição

Exemplo

```
> def pi = 3.14159
pi: Double
> def raio = 10
raio: Int
> 2 * pi * raio
res0: Double = 62.8318
```

Parâmetros

- Definições podem ter parâmetros, definindo *funções*

```
def quadrado(x: Double) = x * x
```

```
def somaDeQuadrados(x: Double, y: Double) = quadrado(x) +  
quadrado(y)
```

- Notem que precisamos dizer os *tipos* dos parâmetros, mas normalmente o tipo que a função retorna é opcional (o compilador Scala consegue deduzi-lo na maior parte dos casos)
- Tipos primitivos são como os de Java, mas escritos com a primeira letra maiúscula: Int, Double, Boolean

Avaliando Chamadas de Função

- Uma chamada (ou *aplicação*) de função é avaliada de modo parecido com um operador
- Avalia-se os argumentos da função, da esquerda para a direita
- Avalia-se o lado direito da definição da função, substituindo os parâmetros pelos valores dos argumentos

> somaDeQuadrados(3, 2+2)

res0: Double = 25.0

somaDeQuadrados(3, 2+2)

quadrado(3) + quadrado(2+2)

3 * 3 + quadrado(2+2) → 9 + quadrado(2+2)

9 + quadrado(2+2) 9 + quadrado(4)

9 + 4 * 4

9 + 4 * 4 = 9 + 16 → 25

somaDeQuadrados(3, 4)
quadrado(3) + quadrado(4)
3 * 3 + quadrado(4)

Call-by-value vs. Call-by-name

- Scala avalia chamadas de função primeiro avaliando os argumentos, mas esta é apenas uma das estratégias de avaliação
- Outra estratégia é substituir os parâmetros pelos argumentos sem primeiro avaliá-los
- A primeira estratégia é a *call-by-value* (CBV), e a segunda é a *call-by-name* (CBN)
ou estrita *ou lazy*
need
- Se as expressões são funções puras, e se ambas produzem um valor, é garantido que as duas estratégias produzem os mesmos resultados
- Mas uma expressão pode produzir um valor avaliada por CBN, mas não via CBV!

Não-terminação

- Sejam as definições:

```
def loop: Double = loop
```

```
def primeiro(x: Double, y: Double) = x
```

- Agora vamos avaliar `primeiro(1, loop)` usando as estratégias CBV e CBN
- Scala usa CBV por padrão, mas podemos forçar uma estratégia CBN parâmetro a parâmetro usando `=>` antes do seu tipo

```
def primeiro(x: Double, y: => Double) = x
```

CBV

`primeiro(1, loop)`

`primeiro(1, loop)`

`primeiro(1, loop)`

⋮

CBN

`primeiro(1, loop)`

1

Expressões condicionais

- Scala tem uma expressão `if-else` para expressar escolha entre alternativas que se parece muito com a estrutura de controle de Java, mas é usado com expressões ao invés de comandos (e é uma expressão, ou seja, avalia para um valor)

```
def abs(x: Int) = if (x >= 0) x else -x
```

- A condição de uma expressão `if-else` deve ter tipo Boolean

Expressões booleanas

- Expressões booleanas podem ser
 - Constantes `true` e `false`
 - Negação: `!b`
 - Conjunção (e): `a && b`
 - Disjunção (ou): `a || b`
 - Operadores relacionais: `e1 <= e2`, `e1 == e2`, `e1 != e2`, `e1 >= e2`, `e1 < e2`, `e1 > e2`

Avaliação de expressões booleanas

- A avaliação de expressões booleanas segue as seguintes *regras de reescrita* (a expressão do lado esquerdo é substituída pela do lado direito, onde *e* é uma expressão qualquer):

`!true --> false`

`!false --> true`

`true && e --> e`

`false && e --> false`

`true || e --> true`

`false || e --> e`

- Note que `&&` e `||` são operadores de “curto-circuito”, ou seja, às vezes eles não precisam avaliar ambos os operandos

Avaliação do if-else

- As regras de avaliação de uma expressão `if-else` são intuitivas:

`if(true) e1 else e2 --> e1`

`if(false) e1 else e2 --> e2`

- Naturalmente, primeiro é preciso avaliar a expressão condicional até se obter seu valor booleano!

val vs. def

- Até agora usamos `def` para definir tanto valores quanto funções, mas para valores o normal em Scala é usar `val`

```
val raio = 10
```

- A diferença entre `def` e `val` para valores é a mesma entre parâmetros CBN e CBV, com `val` vamos sempre avaliar o lado direito da definição, e o valor resultante é usado
- Fica óbvio se o lado direito da definição é uma expressão que não termina!

Exemplo: raiz quadrada

- Vamos definir uma função para calcular a raiz quadrada de um número, usando o método de Newton (aproximações sucessivas)

```
def raiz(x: Double) = ...
```

- Começamos com uma *estimativa* y para a raiz de x (por ex., $y = 1$), obtemos a média entre y e x/y para ter uma nova estimativa, e repetimos o processo até o grau de precisão desejável

- Exemplo para $x = 2$

$$\begin{aligned} & (1 + 2/1) / 2 = 1.5 \\ & (1.5 + 2/1.5) / 2 = 1.412 \\ & (1.412 + 2/1.412) / 2 = 1.4142 \end{aligned}$$

Implementação Raiz Quadrada

- Função recursiva que computa um passo do processo

```
def raizIter(est: Double, x: Double): Double =  
  if (suficiente(est, x)) est else raizIter(melhora(est, x), x)
```

- Já temos precisão suficiente

```
def suficiente(est: Double, x: Double) =  
  abs(quadrado(est) - x) < 0.001
```

- Melhora a estimativa

```
def melhora(est: Double, x: Double) = (est + x / est) / 2
```

def raiz(x: Double) = raizIter(1.0, x)

Blocos

- As funções auxiliares que fazem parte da implementação de `raiz` (`raizIter`, `suficiente`, `melhora`) não precisam ficar visíveis para o programa todo
- Podemos defini-las dentro de `raiz` usando um *bloco* como corpo de `raiz`
- Um bloco é delimitado por `{}`, e é uma expressão que contém uma sequência de definições e expressões
- O *último* elemento do bloco deve ser uma expressão que vai dar o valor de todo o bloco
- As definições em um bloco só são visíveis dentro desse bloco

Exercício: blocos e escopo

- Qual o valor de result no programa abaixo?

```
val x = 0
def f(y: Int) = y + 1
val result = {
  val x = f(3)
  x * x
}
```