Programação Funcional
2ª Aula — Tipos e classes

Pedro Vasconcelos
DCC/FCUP

2014

Tipos

Um tipo é um nome para uma coleção de valores relacionados.

Por exemplo, o tipo `Bool` contém dois valores lógicos:

`True` `False`

Erros de tipos

Algumas operações só fazem sentido com valores de determinados tipos.

Por exemplo: não faz sentido somar números e valores lógicos.

```
> 1 + False
ERRO
```

Em Haskell, estes erros são detetados classificando as expressões com os tipos dos resultados.

Tipos em Haskell

Escrevemos

```
e :: T
```

para indicar que a expressão e admite o tipo T.

- Se $e :: T$, então o resultado de e será um valor de tipo T.
- O interpretador verifica tipos indicados pelo programador e infere tipos omitidos.
- Os programas com erros de tipos são rejeitados antes da execução.

Tipos básicos

Bool valores lógicos
`True`, `False`

Char carateres simples
`'A'`, `'B'`, `'?'`, `'\n'`

String sequências de carateres
`"Abba"`, `"UB40"`

Int inteiros de precisão fixa (32 ou 64-*bits*)
`142`, `-1233456`

Integer inteiros de precisão arbitrária
(apenas limitados pela memória do computador)

Float vírgula flutuante de precisão simples
`3.14154`, `-1.23e10`

Double vírgula flutuante de precisão dupla

Listas

Uma lista é uma sequência de tamanho variável de elementos dum mesmo tipo.

```
[False,True,False] :: [Bool]
['a', 'b', 'c', 'd'] :: [Char]
```

Em geral: `[T]` é o tipo de listas cujos elementos são de tipo *T*.

Tuplos

Um tuplo é uma sequência de tamanho fixo de elementos de tipos possivelmente diferentes.

```
(42,'a') :: (Int,Char)
(False,'b',True) :: (Bool,Char,Bool)
```

Em geral: $(T_1, T_2, \ldots, T_n)$ é o tipo de tuplos com n componentes de tipos T_i para i de 1 a n.

Observações

- Listas de tamanhos diferentes podem ter o mesmo tipo.
- Tuplos de tamanhos diferentes têm tipos diferentes.

```
['a'] :: [Char]

['b','a','b'] :: [Char]

('a','b') :: (Char,Char)

('b','a','b') :: (Char,Char,Char)
```

Observações (cont.)

Os elementos de listas e tuplos podem ser quaisquer valores, inclusivé outras listas e tuplos.

```
[['a'], ['b','c']] :: [[Char]]

(1,('a',2)) :: (Int,(Char,Int))

(1, ['a','b']) :: (Int,[Char])
```

Observações (cont.)

- A lista vazia `[]` admite qualquer tipo de lista `[`*T*`]`
- O tuplo vazio `()` é o único valor do *tipo unitário* `()`
- Não existem tuplos com apenas um elemento

Tipos funcionais

Uma função faz corresponder valores de um tipo em valores de outro um tipo.

```
not :: Bool -> Bool

isDigit :: Char -> Bool
```

Em geral: T_1 -> T_2 é o tipo das funções que fazem corresponder valores do tipo T_1 em valores do tipo T_2.

Tipos funcionais (cont.)

Os argumento e resultado duma função podem ser listas, tuplos ou de quaisquer outros tipos.

```
soma :: (Int,Int) -> Int
soma (x,y) = x+y

contar :: Int -> [Int]
contar n = [0..n]
```

Funções de vários argumentos

Uma função de vários argumentos toma um argumento de cada vez.

```
soma :: Int -> (Int -> Int)
soma x y = x+y

incr :: Int -> Int
incr = soma 1
```

Ou seja: `soma 1` é a função que a cada y associa $1 + y$.

NB: a esta forma de tratar múltiplos argumentos chama-se *currying* (em homenagem a Haskell B. Curry).

Tuplos vs. *currying*

Função de dois argumentos (*curried*)

```
soma :: Int -> (Int -> Int)
soma x y = x+y
```

Função de um argumento (par de inteiros)

```
soma' :: (Int,Int) -> Int
soma' (x,y) = x+y
```

Porquê usar *currying*?

Funções *curried* são mais flexíveis do que funções usando tuplos porque podemos aplicá-las parcialmente.

Exemplos

```
soma 1 :: Int -> Int                    -- incrementar

take 5 :: [Char] -> [Char]              -- primeiros 5 elms.

drop 5 :: [Char] -> [Char]              -- retirar 5 elms.
```

É preferível usar *currying* exceto quando queremos explicitamente construir tuplos.

Convenções sintáticas

Duas convenções que reduzem a necessidade de parêntesis:

- a seta `->` associa à direita;
- a aplicação associa à esquerda.

```
    Int -> Int -> Int -> Int      =
=   Int -> (Int -> (Int -> Int))
```

```
    f x y z   =   (((f x) y) z)
```

Funções polimorfas

Certas funções operam com valores de qualquer tipo; tais funções admitem tipos com variáveis.

Uma função diz-se polimorfa ("de muitas formas") se admite um tipo com variáveis.

Exemplo

```
length :: [a] -> Int
```

A função *length* calcula o comprimento duma lista de valores de qualquer tipo *a*.

Funções polimorfas (cont.)

Ao aplicar funções polimorfas, as variáveis de tipos são automaticamente substituidas pelos tipos concretos:

```
> length [1,2,3,4]                                    -- Int
4

> length [False,True]                                 -- Bool
2

> length [(0,'X'),(1,'O')]                            -- (Int,Char)
2
```

As variáveis de tipo devem começar por uma letra minúscula; é convencional usar *a*, *b*, *c*, ...

Funções polimorfas (cont.)

Muitas funções do prelúdio-padrão são poliformas:

```
null :: [a] -> Bool

head :: [a] -> a

take :: Int -> [a] -> [a]

fst :: (a,b) -> a

zip :: [a] -> [b] -> [(a,b)]
```

O polimorfismo permite usar estas funções em contextos muito diferentes.

Sobrecarga (*overloading*)

Certas funções operam sobre vários tipos mas não sobre *quaisquer* tipos.

```
> sum [1,2,3]
6

> sum [1.5, 0.5, 2.5]
4.5

> sum ['a', 'b', 'c']
ERRO

> sum [True, False]
ERRO
```

Sobrecarga (*overloading*) (cont.)

Nestes casos o tipo mais geral da função tem *restrições de classe*.

```
sum :: Num a => [a] -> a
```

- "`Num a => ...`" é uma restrição de classe da variável *a*.
- Indica que `sum` opera apenas sobre tipos *a* que sejam numéricos.

Algumas classes pré-definidas

Num	tipos *numéricos* (ex: Int, Integer, Float, Double)
Integral	tipos com *divisão inteira* (ex: Int, Integer)
Fractional	tipos com *divisão fracionária* (ex: Float, Double)
Eq	tipos com *igualdade*
Ord	tipos com *ordem total*

Exemplos

```
(+) :: Num a => a -> a -> a
(/) :: Fractional a => a -> a -> a
(==) :: Eq a => a -> a -> Bool
(<) :: Ord a => a -> a -> Bool
max :: Ord a => a -> a -> a
```

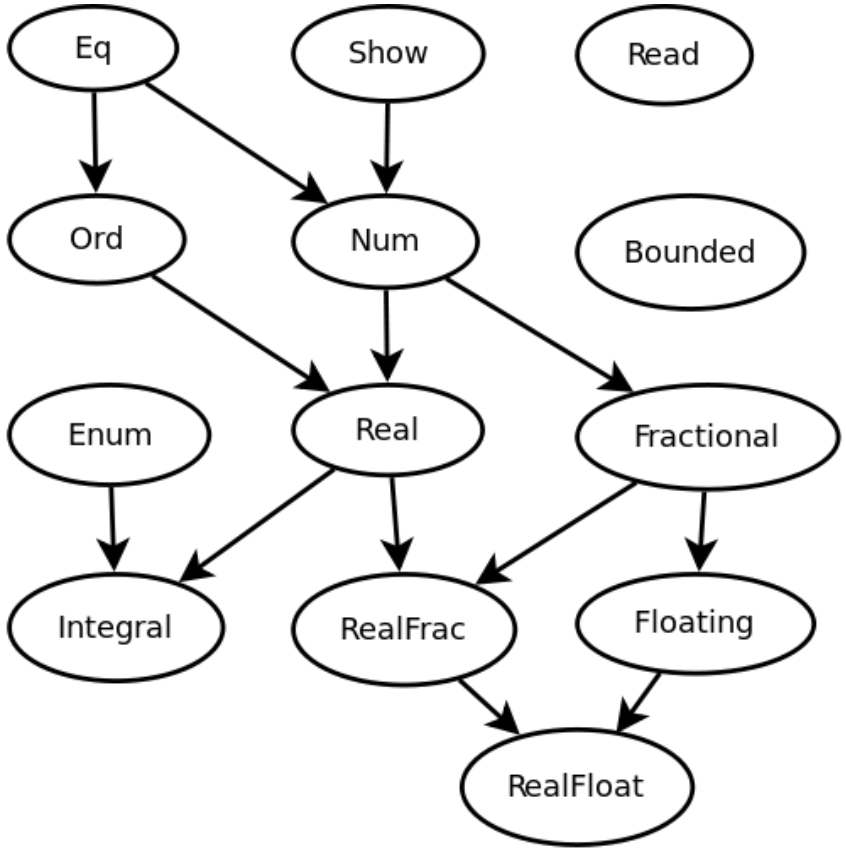
Hierarquia de classes

Algumas classes respeitam uma hierarquica:

- Ord é uma subclasse de Eq
- Num é uma subclasse de Eq
- Fractional e Integral são subclasses de Num

Assim, podemos usar:

- == e /= com tipos em Ord ou em Num
- +, - e * com tipos em Fractional ou em Integral



Constantes numéricas

Em Haskell, também as constantes numéricas podem ser usadas com vários tipos:

```
1 :: Int
1 :: Float
1 :: Num a => a                    -- tipo mais geral

3.0 :: Float
3.0 :: Double
3.0 :: Fractional a => a           -- tipo mais geral
```

Assim, as expressões seguintes são correctamente tipadas:

```
1/3 :: Float
(1 + 1.5 + 2) :: Float
```

Misturar tipos numéricos

Uma função para calcular a média duma lista de números.

```
media :: [Float] -> Float
media xs = sum xs / length xs
```

Misturar tipos numéricos

Uma função para calcular a média duma lista de números.

```
media :: [Float] -> Float
media xs = sum xs / length xs
```

Erro de tipos!

```
Couldn't match expected type 'Float' with actual type 'Int'
 In the return type of a call of 'length'
 In the second argument of '(/)', namely 'length xs'
 In the expression: sum xs / length xs
```

Misturar tipos numéricos (cont.)

Problema

```
(/) :: Fractional a => a -> a -> a  -- divisão fracionária
length xs :: Int                    -- não é fracionário
```

Solução: usar uma conversão explícita

```
media :: [Float] -> Float
media xs = sum xs / fromIntegral (length xs)
```

`fromIntegral` converte qualquer tipo inteiro para qualquer outro tipo numérico.

Quando usar anotações de tipos

- Podemos escrever definições e deixar o interpretador inferir os tipos.
- É melhor prática anotar o tipo de cada definição:
  - serve de documentação;
  - ajuda a escrever as definições;
  - permite mensagens de erro de tipos mais compreensíveis.
- Pode ser mais fácil começar com um tipo concreto e depois generalizar.
- O interpretador dá um erro de tipos se a generalização for errada.
- O tipo mais geral de funções com operações númericas, igualdade ou comparações, necessita sempre de restrições de classes.