Introducción a Haskell

Y a la programación funcional

Pablo Baeyens
@pbaeyens

Mario Román
@M42

OSL 2015

Índice

¡Contribuye!

El código fuente de estas diapositivas, con varios ejemplos de Haskell literario, está disponible en:

github.com/M42/osl-talk-haskell

Erratas, correcciones y aportaciones son bienvenidas.

Instalando Haskell Platform

`haskell-platform` contiene el compilador, depurador y otras utilidades. También podemos instalar `ghc`:

```
apt-get install haskell-platform
```

Ambos traen un gestor de librerías: `cabal`.

Haskell logo

El intérprete: GHCi

GHC incluye GHCi como intérprete. Permite los siguientes comandos:

- `:q` Quitar
- `:l` Cargar módulo
- `:r` Recargar módulos
- `:t` Consultar tipos

El intérprete: GHCi

Las funciones se llaman escribiendo su nombre, un espacio y sus parámetros, separados por espacios:

```
ghci> 3 + 4
7
ghci> (+) 2 9
11
ghci> succ 27
28
ghci> max 23 34
34
```

Puro: sin efectos secundarios

Las funciones no tienen *efectos secundarios*. No alteran el mundo ni cambian el valor de los argumentos.

```
int n = 0;
int next() { return n++; }
next(); // n = 1
```

Los objetos son inmutables. Son `thread-safe`.

*x*kcd: Haskell

Puro: transparencia referencial

Que las expresiones de Haskell sean referencialmente transparentes quiere decir:

- Todas las variables son **inmutables**.
- Las funciones son **deterministas**.
- Lo definido puede ser sustituido por su definición.

Y esto nos permite:

- Razonar algebraicamente: `f = g ⇒ f a = g a`.
- Paralelizar fácilmente: `f ‘par‘ g`, sin afectarse.

Funcional: evaluación

La programación se centra en **evaluar expresiones** en lugar de **ejecutar instrucciones**.

Funcional: las funciones como objetos

Las funciones son objetos de *primera clase*. Pueden ser devueltos por funciones y pueden pasarse como argumentos.

```
duplica lista = map (λ x → 2*x) lista
```

Esto ayuda a reutilizar código.

```
int duplica(int a);
int incrementa(int a);
vector<int> duplica_vector(vector<int> v);
vector<int> incrementa_vector(vector<int> v);
```

Funcional: abstracción

El ser funcional facilita factorizar el código. Cada pieza debería aparecer sólo una vez en su forma más general posible. Esto se consigue con:

- **Polimorfismo**, abstraer el tipo.
- **Clases de tipos**, unifican propiedades de varios tipos.
- **Funciones de alto nivel**, abstraen otras funciones.

Tipos

Usamos `:t` para ver el tipo de una expresión:

```
ghci> :t True
True :: Bool
ghci> :t 'a'
'a' :: Char
ghci> :t "Una string!"
"Una string!" :: [Char]
ghci> :t not
not :: Bool → Bool
```

Tipos

Los tipos de Haskell son **fuertes** y **estáticos**. La mayor parte de los errores se detectan en compilación como errores de tipo.

Además son **inferidos**, por lo que no tenemos por qué especificar el tipo de nuestras funciones:

```
ghci> let nand a b = not (a && b)
ghci> :t nand
nand :: Bool → Bool → Bool
```

Clases de tipos

Las clases de tipos agrupan a tipos con la misma interfaz. Por ejemplo, la clase `Eq`, agrupa a los que tienen definida la función `(==)`.

```
2    :: Num a ⇒ a
pi   :: Floating a ⇒ a
(==) :: Eq a ⇒ a → a → Bool
```

Las instancias de `Num` pueden sumarse y multiplicarse, las de `Show` convertirse a `String` y sobre las de `Integral` pueden calcularse restos modulares.

Variables de tipo

Haskell infiere siempre el tipo más general. Para ello usa **variables de tipo**, que pueden ser sustituidas:

```
id  :: a → a
(+) :: Num a ⇒ a → a → a
(<) :: Ord a ⇒ a → a → Bool
```

Las variables pueden restringirse a pertenecer a una clase.

Tipos algebraicos

Creamos nuevos tipos definiendo **constructores de datos**: funciones que devuelven valores del tipo que definimos.

```
data () = () -- Tipo None
data Bool = False | True
data Point = Point Float Float
data Triangle = Triangle Point Point Point
```

Constructores de tipos

Los **constructores de tipos** son funciones sobre tipos: toman un tipo y devuelven otro.

```
"Haskell!" :: [Char]
[1,2,3,4] :: Num a ⇒ [a]
[True, False, False] :: [Bool]
[] :: [a]
Just True :: Maybe Bool
Nothing :: Maybe a
```

Constructores de tipos

Sus definiciones son:

```
data [a]      = [] | a:[a]
data Maybe a = Nothing | Just a
```

En las **listas**, el primer constructor es la lista vacía y el segundo antepone un elemento a otra lista.

En el caso de **Maybe** podemos tener algo de tipo a (`Just a`) o nada (`Nothing`).

Reconocimiento de patrones

Para definir una función sobre un tipo, definimos su comportamiento para cada constructor de datos del tipo:

```
neg :: Bool → Bool
neg False = True
neg True  = False
```

Podemos sustituir argumentos del constructor por variables:

```
factorial :: Integral a ⇒ a → a
factorial 0 = 1
factorial n = n * factorial (n - 1)
```

Recursividad

Para calcular la **longitud de una lista**, definimos la función para sus dos constructores:

```
len :: Num a ⇒ [t] → a
len []     = 0
len (_:xs) = 1 + len xs
```

```
len [1,2,3]
```

```
len (1:2:3:[])
1 + len (2:3:[])
1 + 1 + len (3:[])
1 + 1 + 1 + len []
1 + 1 + 1 + 0
1 + 1 + 1
1 + 2
3
```

Currificación

¿Por qué `(+)` es de tipo `a -> a -> a` y no `(a,a) -> a`?

Esto nos permite aplicar parcialmente una función. El tipo hay que leerlo realmente como `a -> (a -> a)`, es decir, al darle un número nos devuelve otra función:

```
(+)     :: Num a => a -> a -> a
(+3)    :: Num a => a -> a
(+3) 5  :: Num a => a
```

Es lo mismo decir `(+3) 5` que `(+) 3 5`.

Funciones de orden superior

`map` toma una función y devuelve su versión sobre listas:

```
map :: (a → b) → ([a] → [b])
```

Ejemplo: `map not [True, True, False]`

`foldr` toma una función, un acumulador y una lista y aplica los elementos de la lista contra el acumulador.

```
foldr :: (a → b → b) → b → [a] → b
```

Ejemplo: `foldr (*) 1 [2,3,5,7]`

▸ Definiciones

Especialización

A partir de estas podemos crear funciones básicas:

```
negation  = map not
lowerText = map toLower
sum       = foldr (+) 0
product   = foldr (*) 1
concat    = foldr (++) []
and       = foldr (&&) True
```

Ejemplo: `lowerText "aBcDEfG"`

Evaluación perezosa

Haskell retrasa la evaluación de una expresión todo lo posible:

```
head [1..10**9]      -- Sólo evalua 1
```

Esto permite la modularización del código:

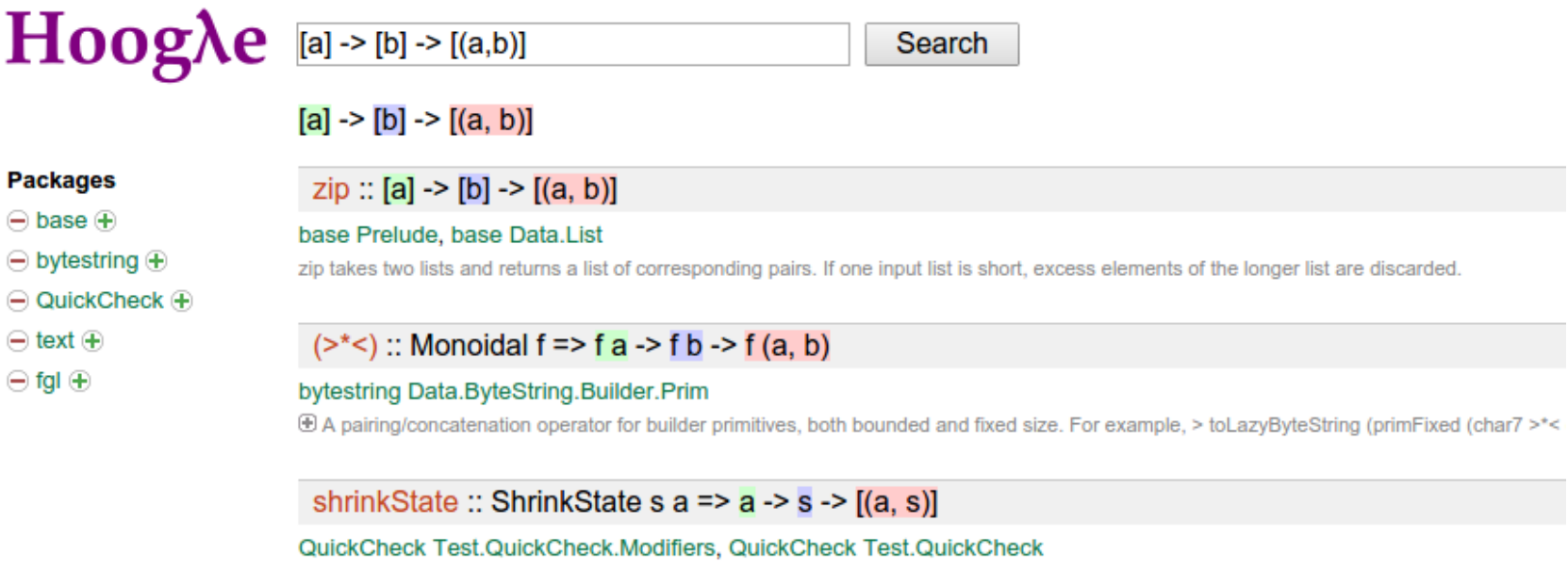
```
min :: Ord a => [a] -> a
min = head . sort
```

Y el uso de estructuras infinitas:

```
unos       = 1:unos
diezDoses = take 10 (map (+1) unos)
```

Hoogle

Hoogle permite buscar funciones por tipo entre las librerías estándar de Haskell:



Demostraciones

Como las funciones no tienen efectos secundarios, podemos razonar la corrección del código por inducción:

```
qsort []     = []
qsort (x:xs) = qsort [y | y<-xs, y<=x]
               ++ [x]
               ++ qsort [y | y<-xs, y>x]
```

Demostración: *Quicksort* funciona porque:

- ordena correctamente una lista vacía.
- la lista creada mantiene el orden entre las tres partes

Idris

Idris, construido con Haskell, es un lenguaje con su misma sintaxis pero incluyendo tipos dependientes para demostrar matemáticamente que los programas son correctos.

```
module algebraic

import Language.Reflection

data Bit = O
         | I

and : Bit -> Bit -> Bit
and T x = x
and F x = F

andAssociative : (a: Bit) ->
                 (b: Bit) ->
                 (c: Bit) ->
                 and (and a b) c = and a (and b c)
andAssociative O b c = refl
andAssociative I b c = refl
```

```
-:---  algebraic.idr   Top of 331  (10,11)    (Idris! (Not loaded)
```

```
Metavariables:
- + algebraic.andAssociative [P]
  `--                          a : Bit
                               b : Bit
                               c : Bit
     --------------------------------------------------------------
      algebraic.andAssociative : and (and a b) c = and a (and b c)
```

Curry-Howard

Los siguientes tipos están habitados:

```
a → a
(a, b) → a
a → Either a b
```

Por las funciones `id`, `fst` y `Left`. Estos, sin embargo, no:

```
a → b
a → (a, b)
Either a b → a → b
```

¿Qué tipos de Haskell están habitados?

Curry-Howard

A cada tipo le corresponde una proposición lógica, cambiando:

- `a -> b` por $a \Rightarrow b$
- `(a,b)` por $a \wedge b$
- `Either a b` por $a \vee b$
- `()` por *True*
- `Void` por *False*

¿Qué tipos de Haskell están habitados? Aquellos cuya proposición lógica asociada puede demostrarse verdadera en lógica intuicionista.

Mónadas

Las mónadas son constructores de tipos que definen un **contexto computacional**. Se definen con:

```
return :: a → m a
```

`return` introduce un valor de tipo a en el contexto.

```
>>= :: m a → (a → m b) → m b
```

Dado un valor en un contexto y una función que devuelve valores en el contexto, **¿Cómo podemos aplicar la función al valor?**-

Mónadas: Maybe

La mónada `Maybe`, nos permite operar con funciones que pueden *fallar*:

```
return x = Just x -- return = Just
```

```
Just x  >>= f = f x
Nothing >>= _ = Nothing
```

Cuando hay un fallo no devolvemos nada, y cuando no, aplicamos la función al valor del interior de `Just`.

Mónadas: IO

¿Cómo hacemos E/S con funciones puras?
Utilizamos la mónada `IO`:

```
main = readFile "file1" >>= writeFile "file2"
```

Todo programa de Haskell se ejecuta evaluando la función `main`, de tipo `IO ()`.

Funciones de orden superior

`map`:

```
map :: (a → b) → ([a] → [b])
map f []     = []
map f (x:xs) = f x : map f xs
```

`foldr`:

```
foldr :: (a → b → b) → b → [a] → b
foldr f z []     =  z
foldr f z (x:xs) =  f x (foldr f z xs)
```