Programare funcțională

Introducere în programarea funcțională folosind Haskell
C04

Claudia Chiriță
Denisa Diaconescu

Departamentul de Informatică, FMI, UB

Fold:

agregarea elementelor dintr-o listă

Exemplu - Suma

Definiți o funcție care dată fiind o listă de numere întregi calculează suma elementelor din listă.

Soluție recursivă

```
sum :: [Int] -> Int
sum []     = 0
sum (x:xs) = x + sum xs

Prelude> sum [1,2,3,4]
10
```


Exemplu - Produs

Definiți o funcție care dată fiind o listă de numere întregi calculează produsul elementelor din listă.

Soluție recursivă

```
product :: [Int] -> Int
product []     = 1
product (x:xs) = x * product xs

Prelude> product [1,2,3,4]
24
```


Exemplu - Concatenare

Definiți o funcție care concatenează o listă de liste.

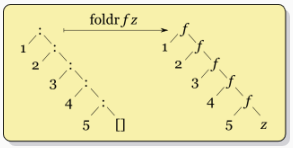
Soluție recursivă

```
concat :: [[a]] -> [a]
concat []       = []
concat (xs:xss) = xs ++ concat xss

Prelude> concat [[1,2,3],[4,5]]
[1,2,3,4,5]

Prelude> concat ["con","ca","te","na","re"]
"concatenare"
```


Funcția foldr

foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b

Date fiind o funcție de actualizare a valorii calculate cu un element curent, o valoare inițială, și o listă, calculați valoarea obținută prin aplicarea repetată a funcției de actualizare fiecărui element din listă.



Funcția foldr

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
```

Soluție recursivă

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
foldr f i []     = i
foldr f i (x:xs) = f x (foldr f i xs)
```

Soluție recursivă cu operator infix

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
foldr op i []     = i
foldr op i (x:xs) = x `op` (foldr f i xs)
```


Exemplu — Suma

Soluție recursivă

```
sum :: [Int] -> Int
sum []     = 0
sum (x:xs) = x + sum xs
```

Soluție folosind foldr

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
```

```
sum :: [Int] -> Int
sum xs = foldr (+) 0 xs
```

Exemplu

```
foldr (+) 0 [1, 2, 3] == 1 + (2 + (3 + 0))
```


Exemplu — Produs

Soluție recursivă

```
product :: [Int] -> Int
product []     = 1
product (x:xs) = x * product xs
```

Soluție folosind foldr

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
```

```
product :: [Int] -> Int
product xs = foldr (*) 1 xs
```

Exemplu

```
foldr (*) 1 [1, 2, 3] == 1 * (2 * (3 * 1))
```


Exemplu — Concatenare

Soluție recursivă

```
concat :: [[a]] -> [a]
concat []       = []
concat (xs:xss) = xs ++ concat xss
```

Soluție folosind foldr

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
```

```
concat :: [Int] -> Int
concat xs = foldr (++) [] xs
```

Exemplu

```
foldr (++) [] ["Ana ", "are ", "mere."]
  == "Ana " ++ ("are " ++ ("mere." ++ []))
```


Quiz time!

https://tinyurl.com/PF2023-C04-Quiz3

Exemplu – Suma pătratelor numerelor pozitive

```
f :: [Int] -> Int
f xs = sum (squares (positives xs))

f :: [Int] -> Int
f xs = sum [ x*x | x <- xs, x > 0 ]

f :: [Int] -> Int
f []                = 0
f (x:xs)| x > 0     = (x*x) + f xs
        | otherwise = f xs
```

Exemplu – Suma pătratelor numerelor pozitive

```
f :: [Int] -> Int
f xs = foldr (+) 0 (map sqr (filter pos xs))
  where
    sqr x = x * x
    pos x = x > 0

f :: [Int] -> Int
f xs = foldr (+) 0
         (map (\ x -> x * x)
            (filter (\ x -> x > 0) xs))

f :: [Int] -> Int
f xs = foldr (+) 0 (map (^2) (filter (>0) xs))

f :: [Int] -> Int
f = foldr (+) 0 . map (^2) . filter (>0)
```


Exemplu - Compunerea funcțiilor

În definiția lui **foldr**

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
```

b poate fi tipul unei funcții.

```
compose :: [a -> a] -> (a -> a)
compose = foldr (.) id
```

```
Prelude> compose [(+1), (^2)] 3
10
-- functia (foldr (.) id [(+1), (^2)]) aplicata lui 3
```


foldr și foldl

Date fiind o funcție de actualizare a valorii calculate cu un element curent, o valoare inițială, și o listă, calculați valoare obținută prin aplicarea repetată a funcției de actualizare fiecărui element din listă.

foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b

```
foldr op z [a1, a2, a3, ..., an] =
     a1 `op` (a2 `op` (a3 `op` (...(an `op` z)...)))
```

foldl :: (b -> a -> b) -> b -> [a] -> b

```
foldl op z [a1, a2, a3, ..., an] =
    ( ...(((z `op` a1) `op` a2) `op` a3) ...)`op` an
```


foldr și foldl

Funcția foldr

```
foldr :: (a -> b -> b) -> b -> [a] -> b
foldr f i []     = i
foldr f i (x:xs) = f x (foldr f i xs)
```

Funcția foldl

```
foldl :: (b -> a -> b) -> b -> [a] -> b
foldl h i []     = i
foldl h i (x:xs) = foldl h (h i x) xs
```


Suma elementelor dintr-o listă

Definiți o funcție care dată fiind o listă de numere întregi calculează suma elementelor din listă.

Soluție cu foldr

```
sum = foldr (+) 0
```

Cu **foldr**, elementele sunt procesate de la dreapta la stânga:

sum $[x_1, \ldots, x_n] = (x_1 + (x_2 + \ldots (x_n + 0) \ldots)$

Suma elementelor dintr-o listă

Solutie in care elementele sunt procesate de la stânga la dreapta.

```
sum :: [Int] -> Int
sum xs = suml xs 0
          where
              suml [] n = n
              suml (x:xs) n = suml xs (n+x)
```

Elementele sunt procesate de la stânga la dreapta:

suml $[x_1, \ldots, x_n]\ 0 = (\ldots(0 + x_1) + x_2) + \ldots x_n)$

Soluție cu foldl

```
sum :: [Int] -> Int
sum xs = foldl (+) 0 xs
```

Inversarea elementelor unei liste

Definiți o funcție care dată fiind o listă de elemente, calculează lista în care elementele sunt scrise în ordine inversă.

Soluție cu foldl

```
--      flip :: (a -> b -> c) -> (b -> a -> c)
--       (:) :: a -> [a] -> [a]
-- flip (:) :: [a] -> a -> [a]

rev = foldl (<:>) []
        where (<:>) = flip (:)
```

Elementele sunt procesate de la stânga la dreapta:

rev $[x_1, \ldots, x_n] = (\ldots(([] <:> x_1) <:> x_2)\ldots..) <:> x_n$

Evaluare leneșă. Liste infinite

Putem folosi funcțiile **map** și **filter** pe liste infinite:

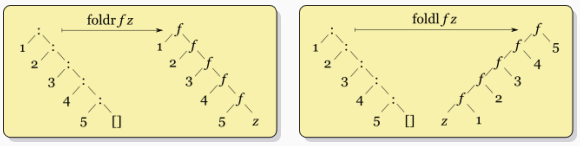
```
Prelude> inf = map (+10) [1..] -- inf nu este evaluat
Prelude> take 3 inf
[11,12,13]
```

Limbajul Haskell folosește implicit evaluarea leneșă

- expresiile sunt evaluate numai când este nevoie de valoarea lor
- expresiile nu sunt evaluate total, elementele care nu sunt folosite rămân neevaluate
- o expresie este evaluată o singură dată.

În exemplul de mai sus, este acceptată definiția lui inf, fără a fi evaluată. Când expresia **take** 3 inf este evaluată, numai primele 3 elemente ale lui inf sunt calculate, restul rămânând neevaluate.

foldr și foldl



https://en.wikipedia.org/wiki/Fold_(higher-order_function)

- **foldr** poate fi folosită pe liste infinite (în anumite cazuri)
- **foldl** nu poate fi folosită pe liste infinite niciodată

foldr și foldl

- **foldr** poate fi folosită pe liste infinite (în anumite cazuri),
- **foldl** nu poate fi folosită pe liste infinite niciodată.

```
Prelude> foldr (*) 0 [1..]
*** Exception: stack overflow

Prelude> take 3 $ foldr (\x xs -> (x+1):xs) [] [1..]
[2,3,4]
-- foldr a functionat pe o lista infinita

Prelude> take 3 $ foldl (\xs x -> (x+1):xs) [] [1..]
-- expresia se calculeaza la infinit
```


Quiz time!

https://tinyurl.com/PF2023-C05-Q1

Pe săptămâna viitoare!