Programare funcțională

Introducere în programarea funcțională folosind Haskell

C10

Ana Iova
Denisa Diaconescu

Departamentul de Informatică, FMI, UB

Monade - privire de ansamblu

Despre intenție și acțiune

[1] S. Peyton-Jones, Tackling the Awkward Squad: ...

- [1] A purely functional program implements a function; it has no side effect.
- [1] Yet the ultimate purpose of running a program is invariably to cause some side effect: a changed file, some new pixels on the screen, a message sent, ...

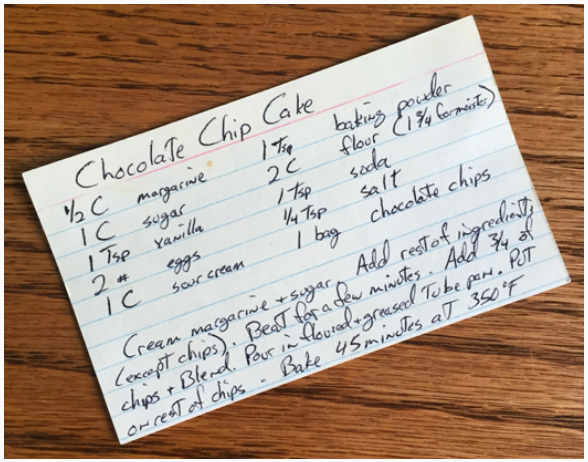
Exemplu

```
putChar :: Char -> IO ()
Prelude> putChar '!'
```

reprezintă o comandă care, dacă va fi executată, va afișa un semn de exclamare.

Mind-Body Problem - Rețetă vs Prăjitură

c :: Cake



r :: Recipe Cake

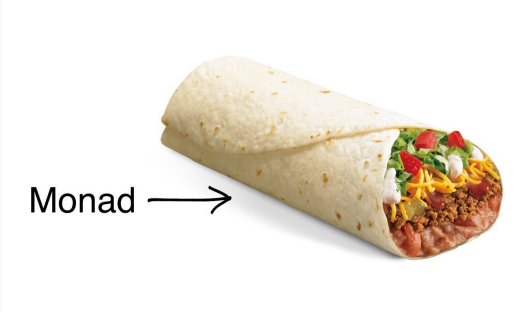
IO este o rețetă care produce o valoare de tip **a**.

Motorul care citeste si executa instructiunile IO se numeste Haskell Runtime System (RTS). Acest sistem reprezinta legatura dintre programul scris si mediul în care va fi executat, împreuna cu toate efectele si particularitatile acestuia.

Ce este o monadă?

Există multe răspunsuri, variind între

- O monadă este o clasă de tipuri în Haskell.
- "All told, a monad in X is just a monoid in the category of endofunctors in X, with product x replaced by composition of endofunctors and unit set by the identity endofunctor."
  Saunders Mac Lane, Categories for the Working Mathematician, 1998.
- O monadă este un burrito.
  https://byorgey.wordpress.com/2009/01/12/abstraction-intuition-and-the-monad-tutorial-fallacy/

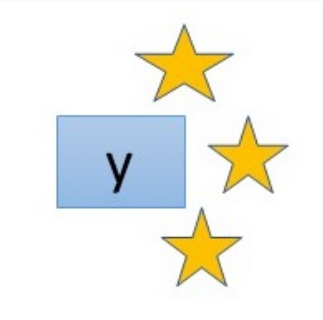


https://twitter.com/monadburritos

Funcții îmbogățite și efecte

- Funcție simplă: $x \mapsto y$

  știind x, obținem direct y

- Funcție îmbogățită: $x \mapsto$ 

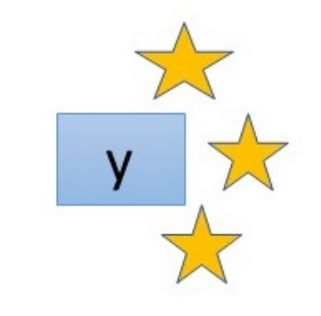
  știind x, putem să extragem y și producem un efect

Referințe:

https://bartoszmilewski.com/2016/11/21/monads-programmers-definition/

https://bartoszmilewski.com/2016/11/30/monads-and-effects/

Funcții îmbogățite și efecte

Funcție îmbogățită: $x \mapsto$ 

Exemplu

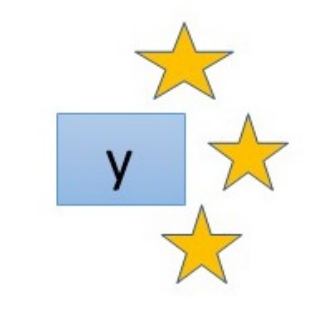
Folosind tipul **Maybe** a

```
data Maybe a = Nothing | Just a
f :: Int -> Maybe Int
f x = if x < 0 then Nothing else (Just x+1)
```

Cum putem calcula f . f ?

Funcții îmbogățite și efecte

Funcție îmbogățită: $x \mapsto$



Exemplu

Folosind un tip care are ca efect un mesaj

```
newtype Writer log a = Writer {runWriter :: (a, log)}

f :: Int -> Writer String Int
f  x = if x < 0 then (Writer (-x, "negativ"))
       else (Writer (x, "pozitiv"))
```

Cum putem calcula f.f și să concatenăm mesajele?

Clasa de tipuri Monad

```
class Applicative m => Monad m where
    (>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
    (>>)   :: m a -> m b -> m b
    return :: a -> m a
```

În Haskell, monada este o clasă de tipuri!

Clasa **Monad** este o extensie a clasei Applicative!

- m a este tipul comenzilor care produc rezultate de tip a (și au efecte laterale)
- a -> m b este tipul continuărilor / a funcțiilor cu efecte laterale
- >>= este operația de „secvențiere” a comenzilor

Proprietățile monadelor

Asociativitate și element neutru

Operația >>= este asociativă și are element neutru **return**

- Element neutru (la dreapta):

```
(return x) >>= g = g x
```

- Element neutru (la stânga):

```
x >>= return = x
```

- Associativitate:

```
(f >>= g) >>= h = f >>= (\ x -> (g x >>= h))
```

De ce nu este suficient fmap?

Exemplu: **putStrLn <$> getLine**

```
<$> :: Functor f => (a -> b) -> f a -> f b
getLine  :: IO String
putStrLn :: String -> IO ()
-- in exemplul nostru, b devine IO ()

--                              [1]  [2]  [3]
putStrLn <$> getLine :: IO (IO   ())
```

[1] **IO** din exterior reprezinta efectul pe care **getLine** trebuie sa il produca pentru a obtine un **String** introdus de utilizator

[2] **IO** din interior reprezinta efectul care s-ar produce daca **putStrLn** a fost evaluat

[3] () este tipul unitate intors de **putStrLn**

De ce nu este suficient fmap?

```
putStrLn <$> getLine :: IO (IO ())
```

Trebuie sa unim efectele lui **getLine** si **putStrLn** intr-un singur efect **IO**!

```
import Control.Monad (join)
join :: Monad m => m (m a) -> m a
join $ putStrLn <$> getLine
```

Notația do pentru monade

```
(>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
(>>)   :: m a -> m b -> m b
```

Notația cu operatori	Notația **do**
e >>= \x -> rest	x <- e rest
e >>= _ -> rest	e rest
e >> rest	e rest

```
binding' :: IO ()
binding' =
  getLine >>= putStrLn

binding :: IO ()
binding = do
  name <- getLine
  putStrLn name
```

Notația do pentru monade

```
twoBinds' :: IO ()
twoBinds' =
      putStrLn "name pls:" >>
      getLine >>=

      \name ->
       putStrLn "age pls:" >>
       getLine >>=

      \age ->
       putStrLn ("y helo thar: "
                 ++ name ++ " who is: "
                 ++ age ++ " years old.")
```

Notația do pentru monade

```
twoBinds :: IO ()
twoBinds = do
    putStrLn "name pls:"
    name <- getLine

    putStrLn "age pls:"
    age <- getLine

    putStrLn ("y helo thar: "
              ++ name ++ " who is: "
              ++ age ++ " years old.")
```

Notația do pentru monade

```
(>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
(>>)   :: m a -> m b -> m b
```

Notația cu operatori	Notația **do**
e >>= \x -> rest	x <- e rest
e >>= _ -> rest	e rest
e >> rest	e rest

De exemplu

```
e1 >>= \x1 -> e2 >> e3
```

devine

Notația do pentru monade

```
(>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
(>>)   :: m a -> m b -> m b
```

Notația cu operatori	Notația **do**
`e >>= \x -> rest`	`x <- e` `rest`
`e >>= \_ -> rest`	`e` `rest`
`e >> rest`	`e` `rest`

De exemplu

```
e1 >>= \x1 -> e2 >> e3
```

devine

```
do
  x1 <- e1
  e2
  e3
```

Notația do pentru monade

```
(>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
(>>)   :: m a -> m b -> m b
```

De exemplu

```
e1 >>= \x1 -> e2 >>= \x2 -> e3 >>= \_ -> e4 >>= \x4 -> e5
```

devine

Notația do pentru monade

```
(>>=)  :: m a -> (a -> m b) -> m b
(>>)   :: m a -> m b -> m b
```

De exemplu

```
e1 >>= \x1 -> e2 >>= \x2 -> e3 >>= \_ -> e4 >>= \x4 -> e5
```

devine

```
do
  x1 <- e1
  x2 <- e2
  e3
  x4 <- e4
  e5
```

Functor și Applicative definiți cu return și >>=

```haskell
instance Monad M where
  return a = ...
  ma >>= k = ...

instance Applicative M where
  pure = return
  mf <*> ma = do
      f <- mf
      a <- ma
          return (f a)
  -- mf >>= (\f -> ma >>= (\a -> return (f a)))

instance Functor M where
  fmap f ma = pure f <*> ma
  --  ma >>= \a -> return (f a)
  --  ma >>= (return . f)
```

Exemple de efecte laterale

I/O	Monada **IO**
Parțialitate	Monada **Maybe**
Excepții	Monada **Either**
Nedeterminism	Monada [] (listă)
Logging	Monada Writer
Stare	Monada State
Memorie read-only	Monada Reader

Monada listă

Monada pentru liste – nedeterminism

O computatie care intoarce un rezultat nedeterminist nu este o functie pura, dar poate fi transformata intr-o functie pura transformand rezultattul sau din tipul a in tipul [a].

In esenta, construim o functie care returneaza toate rezultatele posibile in acelasi timp.

Monada pentru liste – nedeterminism

Exemplu:

- Un joc de sah care evalueaza mutarile viitoare
- Trebuie sa anticipeze mutarile unui adversar nedeterminist
- Doar o mutare a adversarului se va concretiza, dar toate mutarile posibile trebuie luate in calcul in planificarea unei strategii
- O operatie de baza intr-un astfel de program este `move`: ia o stare a tablei de sah si returneaza o noua stare a tablei dupa ce o miscare a fost efectuata
- Dar ce ar trebui sa returneze `move`? Sunt multe mutari posibile in fiecare situatie, rezultatul fiind nedeterminist
- Ca sa putem compune astfel de mutari, trebuie sa definim o monada.

Instanta de Monade pentru liste

Functiile din clasa **Monad** specializate pentru liste:

```
(>>=)  :: [a] -> (a -> [b]) -> [b]
return :: a -> [a]
```

```
instance Monad [] where
  return x = [x]
  xs >>= f = concat (map f xs)
```

Monada pentru liste – exemplu

```
twiceWhenEven :: [Integer] -> [Integer]
twiceWhenEven xs = do
    x <- xs
    if even x
       then [x*x, x*x]
       else [x*x]
```

Vacanta placuta!