

Programare funcțională

Introducere în programarea funcțională folosind Haskell
C07

Ana Iova

Denisa Diaconescu

Departamentul de Informatică, FMI, UB

Clase de tipuri

Exemplu: test de apartenență

Să scriem funcția **my_elem** care testează dacă un element aparține unei liste.

- definiția folosind descrieri de liste

Exemplu: test de apartenență

Să scriem funcția **my_elem** care testează dacă un element aparține unei liste.

- definiția folosind descrieri de liste

```
my_elem x ys = or [ x == y | y <- ys ]
```

Exemplu: test de apartenență

Să scriem funcția **my_elem** care testează dacă un element aparține unei liste.

- definiția folosind descrieri de liste

```
my_elem x ys = or [ x == y | y <- ys ]
```

- definiția folosind recursivitate

```
my_elem x [] = False  
my_elem x (y:ys) = x == y || elem x ys
```

Exemplu: test de apartenență

Să scriem funcția **my_elem** care testează dacă un element aparține unei liste.

- definiția folosind descrieri de liste

```
my_elem x ys      = or [ x == y | y <- ys ]
```

- definiția folosind recursivitate

```
my_elem x []      = False  
my_elem x (y:ys) = x == y || elem x ys
```

- definiția folosind funcții de nivel înalt

```
my_elem x ys      = foldr (||) False (map (x ==) ys)
```

Funcția elem este polimorfică

```
Prelude> my_elem 1 [2,3,4]
```

```
False
```

```
Prelude> my_elem 'o' "word"
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem (1, 'o') [(0, 'w'), (1, 'o'), (2, 'r'), (3, 'd',  
    ' ')]
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem "word" ["list", "of", "word"]
```

```
True
```

Funcția elem este polimorfică

```
Prelude> my_elem 1 [2,3,4]
```

```
False
```

```
Prelude> my_elem 'o' "word"
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem (1, 'o') [(0, 'w'), (1, 'o'), (2, 'r'), (3, 'd'  
    ')]
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem "word" ["list", "of", "word"]
```

```
True
```

Care este tipul funcției my_elem?

Funcția elem este polimorfică

```
Prelude> my_elem 1 [2,3,4]
```

```
False
```

```
Prelude> my_elem 'o' "word"
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem (1, 'o') [(0, 'w'), (1, 'o'), (2, 'r'), (3, 'd',  
    ' ')]
```

```
True
```

```
Prelude> my_elem "word" ["list", "of", "word"]
```

```
True
```

Care este tipul funcției my_elem?

Funcția my_elem este polimorfică.

Definiția funcției este parametrică în tipul de date.

Funcția elem este polimorfică

Totuși definiția nu funcționează pentru orice tip!

```
Prelude> my_elem (+ 2) [(+ 2), sqrt]
```

No instance for (Eq (Double -> Double)) arising from a use of 'elem'

Ce se întâmplă?

Funcția elem este polimorfică

Totuși definiția nu funcționează pentru orice tip!

```
Prelude> my_elem (+ 2) [(+ 2), sqrt]
```

No instance for (Eq (Double -> Double)) arising from a use of 'elem'

Ce se întâmplă?

```
Prelude> :t my_elem
```

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

Funcția elem este polimorfică

Totuși definiția nu funcționează pentru orice tip!

```
Prelude> my_elem (+ 2) [(+ 2), sqrt]
```

No instance for (Eq (Double -> Double)) arising from a use of 'elem'

Ce se întâmplă?

```
Prelude> :t my_elem
```

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

În definiția

```
my_elem x ys = or [ x == y | y <- ys ]
```

folosim relația de egalitate == care nu este definită pentru orice tip.

Funcția elem este polimorfică

Totuși definiția nu funcționează pentru orice tip!

```
Prelude> my_elem (+ 2) [(+ 2), sqrt]
```

No instance for (Eq (Double -> Double)) arising from a use of 'elem'

Ce se întâmplă?

```
Prelude> :t my_elem
```

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

În definiția

```
my_elem x ys = or [ x == y | y <- ys ]
```

folosim relația de egalitate == care nu este definită pentru orice tip.

```
Prelude> sqrt == sqrt
```

No instance for (Eq (Double -> Double)) ...

```
Prelude> ("ab", 1) == ("ab", 2)
```

```
False
```

Clase de tipuri

O clasă de tipuri este determinată de o mulțime de funcții (este o interfață).

```
class  Eq a  where  
    (==)  :: a -> a -> Bool  
    (/=)  :: a -> a -> Bool  
    -- minimum definition: (==)  
    x /= y = not (x == y)  
    -- ^^^ putem avea definitii implicite
```

Clase de tipuri

O clasă de tipuri este determinată de o mulțime de funcții (este o interfață).

```
class  Eq a  where
  (==)  :: a -> a -> Bool
  (/=)  :: a -> a -> Bool
  -- minimum definition: (==)
  x /= y = not (x == y)
  -- ^^^ putem avea definitii implicite
```

Tipurile care aparțin clasei sunt instanțe ale clasei.

```
instance  Eq Bool  where
  False == False = True
  False == True  = False
  True   == False = False
  True   == True  = True
```

Clasa de tipuri. Constrângeri de tip

În semnatura funcției `my_elem` trebuie să precizăm ca tipul `a` este în clasa **Eq**

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

- **Eq** `a` se numește **constrângere de tip**.
- `=>` separă constrângerile de tip de restul semnăturii.

Clasa de tipuri. Constrângeri de tip

În semnatura funcției `my_elem` trebuie să precizăm ca tipul `a` este în clasa **Eq**

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

- **Eq** `a` se numește *constrângere de tip*.
- `=>` separă constrângerile de tip de restul semnăturii.

În exemplul de mai sus am considerat că `my_elem` este definită pe liste, dar în realitate funcția este mai complexă:

```
Prelude> :t my_elem
```

```
my_elem :: (Eq a, Foldable t) => a -> t a -> Bool
```

În această definiție `Foldable` este o altă clasă de tipuri, iar `t` este un parametru care ține locul unui *constructor de tip*!

Clasa de tipuri. Constrângeri de tip

În semnatura funcției `my_elem` trebuie să precizăm ca tipul `a` este în clasa **Eq**

```
my_elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

- **Eq** `a` se numește *constrângere de tip*.
- `=>` separă constrângerile de tip de restul semnăturii.

În exemplul de mai sus am considerat că `my_elem` este definită pe liste, dar în realitate funcția este mai complexă:

```
Prelude> :t my_elem
```

```
my_elem :: (Eq a, Foldable t) => a -> t a -> Bool
```

În această definiție `Foldable` este o altă clasă de tipuri, iar `t` este un parametru care ține locul unui *constructor de tip*!

Sistemul tipurilor în Haskell este complex!

Instanțe ale lui Eq

```
class Eq a where
```

```
  (==) :: a -> a -> Bool
```

```
instance Eq Int      where
```

```
  (==) = eqInt      -- built-in
```

Instanțe ale lui Eq

```
class Eq a where
```

```
  (==) :: a -> a -> Bool
```

```
instance Eq Int where
```

```
  (==) = eqInt    -- built-in
```

```
instance Eq Char where
```

```
  x == y = ord x == ord y
```

Instanțe ale lui Eq

```
class Eq a where
```

```
  (==) :: a -> a -> Bool
```

```
instance Eq Int      where
```

```
  (==) = eqInt    -- built-in
```

```
instance Eq Char     where
```

```
  x == y = ord x == ord y
```

```
instance (Eq a, Eq b) => Eq (a,b) where
```

```
  (u,v) == (x,y) = (u == x) && (v == y)
```

Instance ale lui Eq

```
class Eq a where
```

```
  (==) :: a -> a -> Bool
```

```
instance Eq Int      where
```

```
  (==) = eqInt  -- built-in
```

```
instance Eq Char     where
```

```
  x == y = ord x == ord y
```

```
instance (Eq a, Eq b) => Eq (a,b) where
```

```
  (u,v) == (x,y) = (u == x) && (v == y)
```

```
instance Eq a => Eq [a] where
```

```
  [] == []      = True
```

```
  [] == y:ys    = False
```

```
  x:xs == []    = False
```

```
  x:xs == y:ys = (x == y) && (xs == ys)
```

Clasele pot fi extinse:

```
class (Eq a) => Ord a where
  (<)  :: a -> a -> Bool
  (<=) :: a -> a -> Bool
  (>)  :: a -> a -> Bool
  (>=) :: a -> a -> Bool
  -- minimum definition: (<=)
  x < y    = x <= y && x /= y
  x > y    = y < x
  x >= y   = y <= x
```

Clasele pot fi extinse:

```
class (Eq a) => Ord a where
  (<)  :: a -> a -> Bool
  (<=) :: a -> a -> Bool
  (>)  :: a -> a -> Bool
  (>=) :: a -> a -> Bool
  -- minimum definition: (<=)
  x < y    = x <= y && x /= y
  x > y    = y < x
  x >= y   = y <= x
```

Clasa **Ord** este clasa tipurilor de date înzestrate cu o relație de ordine.

În definiția clasei **Ord** s-a impus o constrângere de tip. Astfel, orice instanță a clasei **Ord** trebuie să fie instanță a clasei **Eq**.

Instanțe ale lui Ord

```
instance Ord Bool where
  False <= False = True
  False <= True  = True
  True  <= False = False
  True  <= True  = True
```

Instanțe ale lui Ord

```
instance Ord Bool where
    False <= False = True
    False <= True  = True
    True  <= False = False
    True  <= True  = True
```

```
instance (Ord a, Ord b) => Ord (a,b) where
    (x,y) <= (x',y') = x < x' || (x == x' && y <= y')
    -- ordinea lexicografica
```

Instanțe ale lui Ord

```
instance Ord Bool where
    False <= False = True
    False <= True  = True
    True  <= False = False
    True  <= True  = True
```

```
instance (Ord a, Ord b) => Ord (a,b) where
    (x,y) <= (x',y') = x < x' || (x == x' && y <= y')
    -- ordinea lexicografica
```

```
instance Ord a => Ord [a] where
    []      <= ys      = True
    (x:xs) <= []      = False
    (x:xs) <= (y:ys) = x < y || (x == y && xs <= ys)
```

Definirea claselor

Să presupunem că vrem să definim o clasă de tipuri pentru datele care pot fi afișate.

Definirea claselor

Să presupunem că vrem să definim o clasă de tipuri pentru datele care pot fi afișate. O astfel de clasă trebuie să conțină o metodă care să indice modul de afișare:

Definirea claselor

Să presupunem că vrem să definim o clasă de tipuri pentru datele care pot fi afișate. O astfel de clasă trebuie să conțină o metodă care să indice modul de afișare:

```
class Visible a where  
    toString :: a -> String
```

Definirea claselor

Să presupunem că vrem să definim o clasă de tipuri pentru datele care pot fi afișate. O astfel de clasă trebuie să conțină o metodă care să indice modul de afișare:

```
class Visible a where  
    toString :: a -> String
```

Putem face instanțieri astfel:

```
instance Visible Char where  
    toString c = [c]
```

Definirea claselor

Să presupunem că vrem să definim o clasă de tipuri pentru datele care pot fi afișate. O astfel de clasă trebuie să conțină o metodă care să indice modul de afișare:

```
class Visible a where  
    toString :: a -> String
```

Putem face instanțieri astfel:

```
instance Visible Char where  
    toString c = [c]
```

Clasele **Eq**, **Ord** sunt predefinite. Clasa **Visible** este definită de noi, dar există o clasă predefinită care are același rol: clasa **Show**.

Show

```
class Show a where  
  show :: a -> String    -- analogous lui "toString"
```

Show

```
class Show a where  
  show :: a -> String    -- analogul lui "toString"  
  
instance Show Bool where  
  show False      = "False"  
  show True       = "True"
```

Show

```
class Show a where  
  show :: a -> String      -- analogous lui "toString"  
  
instance Show Bool where  
  show False      = "False"  
  show True       = "True"  
  
instance (Show a, Show b) => Show (a,b) where  
  show (x,y) = "(" ++ show x ++ ", " ++ show y ++ ")"
```

Show

```
class Show a where  
  show :: a -> String      -- analogous lui "toString"
```

```
instance Show Bool where  
  show False      = "False"  
  show True       = "True"
```

```
instance (Show a, Show b) => Show (a,b) where  
  show (x,y) = "(" ++ show x ++ "," ++ show y ++ ")"
```

```
instance Show a => Show [a] where  
  show []      = "[]"  
  show (x:xs) = "[" ++ showSep x xs ++ "]"  
  where  
    showSep x []      = show x  
    showSep x (y:ys) = show x ++ "," ++ showSep y ys
```

Clase de tipuri pentru numere

```
class (Eq a, Show a) => Num a where  
  (+), (-), (*)      :: a -> a -> a  
  negate            :: a -> a  
  ...  
  fromInteger      :: Integer -> a  
  -- minimum definition: (+), (-), (*), fromInteger  
  negate x          = fromInteger 0 - x
```

Clase de tipuri pentru numere

```
class (Eq a, Show a) => Num a where
  (+), (-), (*)      :: a -> a -> a
  negate            :: a -> a
  ...
  fromInteger       :: Integer -> a
  -- minimum definition: (+), (-), (*), fromInteger
  negate x          = fromInteger 0 - x
```

```
class (Num a) => Fractional a where
  (/)               :: a -> a -> a
  recip            :: a -> a
  fromRational     :: Rational -> a
  ...
  -- minimum definition: (/), fromRational
  recip x          = 1/x
```

Clase de tipuri pentru numere

```
class (Num a, Ord a) => Real a where  
  toRational      :: a -> Rational  
  ...
```

Clase de tipuri pentru numere

```
class (Num a, Ord a) => Real a where  
  toRational      :: a -> Rational  
  ...
```

```
class (Real a, Enum a) => Integral a where  
  div , mod       :: a -> a -> a  
  toInteger       :: a -> Integer  
  ...
```


Clase de tipuri pentru numere

```
class (Num a, Ord a) => Real a where  
  toRational      :: a -> Rational  
  ...
```

```
class (Real a, Enum a) => Integral a where  
  div , mod       :: a -> a -> a  
  toInteger       :: a -> Integer  
  ...
```

Puteti verifica folosind comanda `:info` sau `:i` ce conține o anumită clasă de tipuri.

Derivare automata pentru tipuri algebrice

Am definit tipuri de date noi:

```
data Season = Spring | Summer | Autumn | Winter  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

```
data Point a b = Pt a b  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

Cum putem să le facem instanțe ale claselor **Eq**, **Ord**, **Show**?

Derivare automata pentru tipuri algebrice

Am definit tipuri de date noi:

```
data Season = Spring | Summer | Autumn | Winter  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

```
data Point a b = Pt a b  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

Cum putem să le facem instanțe ale claselor **Eq**, **Ord**, **Show**?

Putem să le facem explicit sau să folosim derivarea automată.

Derivare automata pentru tipuri algebrice

Am definit tipuri de date noi:

```
data Season = Spring | Summer | Autumn | Winter  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

```
data Point a b = Pt a b  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

Cum putem să le facem instanțe ale claselor **Eq, Ord, Show**?

Putem să le facem explicit sau să folosim derivarea automată.

Atenție! Derivarea automată poate fi folosită numai pentru unele clase predefinite.

Derivare automata vs Instanțiere explicită

O clasă de tipuri este determinată de o mulțime de funcții.

```
class Eq a where  
  (==) :: a -> a -> Bool  
  (/=) :: a -> a -> Bool  
  -- minimum definition: (==)  
  x /= y = not (x == y)
```

Tipurile care aparțin clasei sunt instanțe ale clasei.

Instanțierea prin derivare automată:

```
data Point a b = Pt a b  
                deriving Eq
```

Instanțiere explicită:

```
instance Eq a => Eq (Point a b) where  
  (==) (Pt x1 y1) (Pt x2 y2) = (x1 == x2)
```

Derivare automata pentru tipuri algebrice

```
data Point a b = Pt a b  
           deriving (Eq, Ord, Show)
```

Egalitatea, relația de ordine și modalitatea de afișare sunt definite implicit dacă este posibil:

```
Prelude> Pt 2 3 < Pt 5 6  
True
```

```
Prelude> Pt 2 "b" < Pt 2 "a"  
False
```

```
Prelude> Pt (+2) 3 < Pt (+5) 6  
No instance for (Ord (Integer -> Integer)) arising from a use of '<'
```

Instantiere explicită - exemplu

```
data Season = Spring | Summer | Autumn | Winter
```

```
Instance Eq Season where  
  Spring == Spring = True  
  Summer == Summer = True  
  Autumn == Autumn = True  
  Winter == Winter = True  
  _ == _ = False
```

```
Instance Show Season where  
  show Spring = "Primavara"  
  show Summer = "Vara"  
  show Autumn = "Toamna"  
  show Winter = "Iarna"
```

Exemplu: liste

```
data List a = Nil
            | a ::: List a
            deriving (Show)
infixr 5 :::
```


Exemplu: liste

```
data List a = Nil
           | a ::: List a
           deriving (Show)
infixr 5 :::
```

Exemplu de operație:

```
(+++) :: List a -> List a -> List a
infixr 5 +++
Nil +++ ys          = ys
(x ::: xs) +++ ys = x ::: (xs +++ ys)
```

Exemplu: liste

```
data List a = Nil
           | a ::: List a
           deriving (Show)
infixr 5 :::
```

Exemplu de operație:

```
(+++) :: List a -> List a -> List a
infixr 5 +++
Nil +++ ys          = ys
(x ::: xs) +++ ys = x ::: (xs +++ ys)
```

Comparați cu versiunea folosind notația predefinită:

```
(++) :: [a] -> [a] -> [a]
[] ++ ys      = ys
(x:xs) ++ ys = x : (xs ++ ys)
```

Constructori simboluri

```
eqList :: Eq a => List a -> List a -> Bool
eqList Nil Nil = True
eqList (x :: xs) (y :: ys) = x == y && eqList xs ys
eqList _ _ = False

instance (Eq a) => Eq (List a) where
    (==) = eqList
```

Constructori simboluri

```
eqList :: Eq a => List a -> List a -> Bool
eqList Nil Nil = True
eqList (x :: xs) (y :: ys) = x == y && eqList xs ys
eqList _ _ = False
```

```
instance (Eq a) => Eq (List a) where
    (==) = eqList
```

```
showList :: Show a => List a -> String
showList Nil = "Nil"
showList (x :: xs) = show x ++ " :: " ++ showList xs
```

```
instance (Show a) => Show (List a) where
    show = showList
```

Pe săptămâna viitoare!