

Laboratorul 1: Introducere în Haskell

Pentru început, vă veți familiariza cu mediul de programare **GHC** (Glasgow Haskell Compiler). Acesta include doua componente: **GHCi** (care este un interpretor) și **GHC** (care este un compilator).

Descărcare și instalare

Pentru instalare puteți citi mini-tutorialul de la acest [https://docs.google.com/document/d/1lMvx4dRw1rXQ1KiW80poZJwG6F0v6FQU/edit\[LINK\]](https://docs.google.com/document/d/1lMvx4dRw1rXQ1KiW80poZJwG6F0v6FQU/edit[LINK])

De asemenea, este recomandată folosirea unui stil standard de formatare a fișierelor sursă, spre exemplu <https://github.com/tibbe/haskell-style-guide/blob/master/haskell-style.md>.

GHCi

1. Deschideți un terminal si introduceți comanda **ghci** (în Windows este posibil să aveți instalat WinGHCi). După câteva informații despre versiunea instalată va apare

Prelude>

Prelude este librăria standard: <http://hackage.haskell.org/package/base-4.12.0.0/docs/Prelude.html>

În interpretor puteți:

- să introduceți expresii, care vor fi evaluate atunci cand este posibil:

```
Prelude> 2+3
5
Prelude> False || True
True
Prelude> x
<interactive>:10:1: error: Variable not in scope: x
Prelude> x=3
Prelude> x
3
Prelude> y=x+1
Prelude> y
4
Prelude> head [1,2,3]
1
Prelude> head "abcd"
'a'
Prelude> tail "abcd"
'bcd'
```

să introduceți comenzi, orice comandă fiind precedată de ":"

- `?:` - este comanda *help*

:q - este comanda *quit*

:cd - este comanda *change directory*

:t - este comanda *type*

```
Prelude> :t True
```

```
True :: Bool
```

https://downloads.haskell.org/~ghc/latest/docs/html/users_guide/ghci.html

2. Fișierele sursă sunt fișiere cu extensia **.hs**, pe care le puteți edita cu un editor la alegerea voastră. Deschideți fișierul **lab1.hs** care conține următorul cod:

[illegible]

Fără încărcarea fișierului, încercați să calculați `double myInt`:

```
Prelude> double myInt
```

Observați mesajele de eroare. Acum încărcați fișierul folosind comanda **load** (:!) și încercați din nou să calculați `double myInt`:

```
Prelude> :l lab1.hs
[1 of 1] Compiling Main                ( lab1.hs, interpreted )
Ok, 1 module loaded.
*Main> double myInt
*Main> double 2000
```

Modificați fișierul adăugînd o funcție `triple`. Dacă fișierul este deja încărcat, puteți să îl reîncărați folosind comanda ***reload*** (:r).

Puteti reveni în **Prelude** folosind `:m` -

```
Prelude> :l lab1.hs
[1 of 1] Compiling Main                ( lab1.hs, interpreted )
Ok, 1 module loaded.
*Main> :m - Main
Prelude>
```

Ați observat că în mesajele primite a apărut noțiunea de **modul**. Practic, fișierul lab1.hs conține un modul care se numește **Main**, definit automat.

Elemente de limbaj

3. Există numeroase librării foarte utile. Cum putem să le identificăm? O sursă de informații foarte bună este **Hoogle** <https://hoogle.haskell.org/>

Căutați funcția `head` folosită anterior. Observăm că se găsește atât în librăria `{Prelude}`, cât și în librăria `Data.List`.

Să presupunem că vrem să generăm toate permutările unei liste. Căutați funcția `permutation` (sau ceva asemănător) și observăm că în librăria `Data.List` se găsește o funcție `permutations`. Faceți click pe numele funcției (sau al librăriei) pentru a putea citi detalii despre această funcție. Pentru a o folosi în interpretor va trebui să încărcăm librăria `Data.List` folosind comanda `import`

```
Prelude> :t permutations
<interactive>:1:1: error: Variable not in scope: permutations
Prelude> import Data.List
Prelude Data.List> :t permutations
permutations :: [a] -> [[a]]
Prelude Data.List> permutations [1,2,3]
[[1,2,3],[2,1,3],[3,2,1],[2,3,1],[3,1,2],[1,3,2]]
Prelude Data.List> permutations "abc"
["abc","bac","cba","bca","cab","acb"]
```

Atenție! funcția `permutations` întoarce o listă de liste.

Eliminați librăria folosind

```
Prelude> :m - Data.List
```

Librăriile se includ în fișiere sursă folosind comanda `import`. Descideți fișierul `lab1.hs` și adugați la început

```
import Data.List
```

Încărcați fișierul în interpretor și evaluați

```
*Main> permutations [1..myInt]
```

Ce se întâmplă? `[1..myInt]` este lista `[1,2,3,..., myInt]` care are o dimensiune foarte mare. Observăm că putem folosi valori numerice foarte mari. Evaluarea expresiei o oprim cu `Ctrl+C`.

În librăria `Data.List` căutați funcția `subsequences`, înțelegeți ce face și folosiți-o pe câteva exemple.

Indentare

4. În Haskell se recomandă scrierea codului folosind *indentarea*. În anumite situații, nerespectarea regulilor de indentare poate provoca erori la încărcarea programului.

În fișierul `lab1.hs` deplasați cu câteva spații definiția funcției `double`:

```
double :: Integer -> Integer
double x = x+x
```

Reîncărcați programul. Ce observați?

Atenție! În unele editoare se recomandă înlocuirea tab-urilor cu spații.

Să definim funcția `maxim`

```
maxim :: Integer -> Integer -> Integer
maxim x y = if (x > y) then x else y
```

Varianta cu indentare este:

```
maxim :: Integer -> Integer -> Integer
maxim x y =
    if (x > y)
        then x
        else y
```

Dorim acum să scriem o funcție care calculează maximul a trei numere. Evident, o varianta este

```
maxim3 x y z = maxim x (maxim y z)
```

Scrieți funcția `maxim3` fără a folosi `maxim`, utilizând direct `if` și scrierea indentată.

Putem scrie funcția `maxim3` folosind expresia `let...in` astfel

```
maxim3 x y z = let u = (maxim x y) in (maxim u z)
```

Atenție! expresia `let...in` crează scop local.

Varianta cu indentare este

```
maxim3 x y z =
    let
        u = maxim x y
    in
        maxim u z
```

Scrieți o funcție `maxim4` folosind varianta cu `let...in` și indentare.

Scrieți o funcție care testează funcția `maxim4` prin care să verificați ca rezultatul este în relația `>=` cu fiecare din cele patru argumente (operatorii logici în Haskell sunt `||`, `&&`, `not`).

Citiți mai multe despre indentare <https://en.wikibooks.org/wiki/Haskell/Indentation>

Tipuri de date

5. Din exemplele de până acum ați putut observa că în Haskell:

a) există tipuri predefinite: `Integer`, `Bool`, `Char`

b) se pot construi tipuri noi folosind `[]`

```
*Main> :t [1..myInt]
[1..myInt] :: [Integer]

Prelude> :t "abc"
"abc" :: [Char]
```

Evident, `[a]` este tipul *listă de date de tip a*. Tipul `String` este un sinonim pentru `[Char]`.

c) Ați întâlnit tipul `Bool` și valorile `True` și `False`. În Haskell tipul `Bool` este definit astfel

```
data Bool = False | True
```

În această definiție, `Bool` este un *constructor de tip*, iar `True` și `False` sunt *constructori de date*.

d) Sistemul tipurilor în Haskell este mult mai complex. Fără a încărca fișierul `lab1.hs`, definiți direct în GHCi funcția `maxim`:

```
Prelude> maxim x y = if (x > y) then x else y
```

Cu ajutorul comenzii `:t` aflați tipul acestei funcții. Ce observați?

```
Prelude> :t maxim  
maxim :: Ord p => p -> p -> p
```

Răspunsul primit trebuie interpretat astfel: `p` reprezintă un tip arbitrar înzestrat cu o relație de ordine, funcția `maxim` are două argumente de tip `p` și întoarce un rezultat de tip `p`.

Astfel, tipul unei operații poate fi definit de noi sau dedus automat. Vom discuta mai multe în cursurile și laboratoarele următoare.

Exerciții

6. Să se scrie următoarele funcții:

- a) funcție cu 2 parametri care calculează suma pătratelor celor două numere;
- b) funcție cu un parametru ce întoarce mesajul “par” dacă parametrul este par și “impar” altfel;
- c) funcție care calculează factorialul unui număr;
- d) funcție care verifică dacă un primul parametru este mai mare decât dublul celui de-al doilea parametru.

Material suplimentar

- Citiți capitolul *Starting Out* din M. Lipovaca, Learn You a Haskell for Great Good! <http://learnyouahaskell.com/starting-out>

Laboratorul 2: Funcții

Exerciții

1. Să se scrie o funcție `poly2` care are patru argumente de tip `Double`, `a`, `b`, `c`, `x` și calculează $a \cdot x^2 + b \cdot x + c$. Scrieți și semnatura funcției (`poly :: ceva`).
2. Să se scrie o funcție `eeny` care întoarce “eeny” pentru input par și “meeny” pentru input impar. Hint: puteți folosi funcția `even` (puteți căuta pe <https://hoogle.haskell.org/>).

```
eeny :: Integer -> String
eeny = undefined
```

3. Să se scrie o funcție `fizzbuzz` care întoarce “Fizz” pentru numerele divizibile cu 3, “Buzz” pentru numerele divizibile cu 5 și “FizzBuzz” pentru numerele divizibile cu ambele. Pentru orice alt număr se întoarce șirul vid. Pentru a calcula modulo a două numere puteți folosi funcția `mod`. Să se scrie această funcție în 2 moduri: folosind `if` și folosind gărzi (condiții).

```
fizzbuzz :: Integer -> String
fizzbuzz = undefined
```

Recursivitate

Una dintre diferențele dintre programarea declarativă și cea imperativă este modalitatea de abordare a problemei iterării: în timp ce în programarea imperativă acesta este rezolvată prin bucle (`while`, `for`, ...), în programarea declarativă rezolvarea iterării se face prin conceptul de recursie.

Un avantaj al recursiei față de bucle este acela că ușurează sarcina de scriere și verificare a corectitudinii programelor prin raționamente de tip inductiv: construiește rezultatul pe baza rezultatelor unor subprobleme mai simple (aceeași problemă, dar pe o dimensiune mai mică a datelor).

Un foarte simplu exemplu de recursie este acela al calculării unui element de index dat din secvența numerelor Fibonacci, definită recursiv de:

$$F_n = \begin{cases} n & \text{dacă } n \in \{0, 1\} \\ F_{n-1} + F_{n-2} & \text{dacă } n > 1 \end{cases}$$

Putem transcrie această definiție direct în Haskell:

```
fibonacciCazuri :: Integer -> Integer
fibonacciCazuri n
  | n < 2      = n
  | otherwise = fibonacciCazuri (n - 1) + fibonacciCazuri (n - 2)
```

Alternativ, putem folosi o definiție în stil ecuațional (cu șabloane):

```
fibonacciEcuational :: Integer -> Integer
fibonacciEcuational 0 = 0
fibonacciEcuational 1 = 1
```

```
fibonacciEcuational n =
    fibonacciEcuational (n - 1) + fibonacciEcuational (n - 2)
```

4. Numerele tribonacci sunt definite de ecuația

$$T_n = \begin{cases} 1 & \text{dacă } n = 1 \\ 1 & \text{dacă } n = 2 \\ 2 & \text{dacă } n = 3 \\ T_{n-1} + T_{n-2} + T_{n-3} & \text{dacă } n > 3 \end{cases}$$

Să se implementeze funcția `tribonacci` atât cu cazuri cât și ecuațional.

```
tribonacci :: Integer -> Integer
tribonacci = undefined
```

5. Să se scrie o funcție care calculează coeficienții binomiali, folosind recursivitate. Aceștia sunt determinați folosind următoarele ecuații.

$B(n,k) = B(n-1,k) + B(n-1,k-1)$

$B(n,0) = 1$

$B(0,k) = 0$

```
binomial :: Integer -> Integer -> Integer
binomial = undefined
```

Liste

Funcții utile: `head`, `tail`, `take`, `drop`, `length`

6. Să se implementeze următoarele funcții folosind liste:

a) `verifL` - verifică dacă lungimea unei liste date ca parametru este pară

```
verifL :: [Int] -> Bool
verifL = undefined
```

b) `takefinal` - pentru o listă dată ca parametru și un număr `n`, întoarce lista cu ultimele `n` elemente. Dacă lista are mai puțin de `n` elemente, se întoarce lista nemodificată.

```
takefinal :: [Int] -> Int -> [Int]
takefinal = undefined
```

Cum trebuie să modificăm prototipul funcției pentru a putea fi folosită și pentru șiruri de caractere?

c) `remove` - pentru o listă și un număr `n` se întoarce lista din care se șterge elementul de pe poziția `n`. (Hint: puteți folosi funcțiile `take` și `drop`). Scriți si prototipul funcției.

Recursivitate pe Liste

Listele sunt definite inductiv: - vida `[]` - construită prin adăugarea unui element `head` unei liste existente `tail` (`head:tail`)

Recursivitatea pe liste se bazează pe definiția inductivă a lor.

Exemplu: Dată fiind o listă de numere întregi, să se scrie o funcție `semiPareRec` care elimină numerele impare și le înjumătățește pe cele pare. De exemplu:

```
-- semiPareRec [0,2,1,7,8,56,17,18] == [0,1,4,28,9]
```

```

semiPareRec :: [Int] -> [Int]
semiPareRec [] = []
semiPareRec (h:t)
  | even h    = h `div` 2 : t'
  | otherwise = t'
where t' = semiPareRec t

```

7. Exerciții: să se scrie următoarele funcții folosind recursivitate:

- a) **myreplicate** - pentru un întreg **n** și o valoare **v** întoarce lista de lungime **n** ce are doar elemente egale cu **v**. Să se scrie și prototipul funcției.
- b) **sumImp** - pentru o listă de numere întregi, calculează suma valorilor impare. Să se scrie și prototipul funcției.
- c) **totalLen** - pentru o listă de șiruri de caractere, calculează suma lungimilor șirurilor care încep cu caracterul 'A'.

```

totalLen :: [String] -> Int
totalLen = undefined

```


Laboratorul 3: Liste

Recursivitate pe liste

- 1) Să se scrie o funcție `nrVocale` care pentru o listă de șiruri de caractere, calculează numărul total de vocale ce apar în cuvintele palindrom. Pentru a verifica dacă un șir e palindrom, puteți folosi funcția `reverse`, iar pentru a căuta un element într-o listă puteți folosi funcția `elem`. Puteți defini oricâte funcții auxiliare.

```
nrVocale :: [String] -> Int
nrVocale = undefined
-- nrVocale ["sos", "civic", "palton", "desen", "aerisirea"] = 9
```

- 2) Să se scrie o funcție care primește ca parametru un număr și o listă de întregi, și adaugă elementul dat după fiecare element par din listă. Să se scrie și prototipul funcției.

```
-- f 3 [1,2,3,4,5,6] = [1,2,3,3,4,3,5,6,3]
```

Liste definite prin comprehensiune sau selecție

Haskell permite definirea unei liste prin selectarea și transformarea elementelor din alte liste sursă, folosind o sintaxă asemănătoare definirii mulțimilor matematice:

[expresie | selectori, legari, filtrari]

unde:

selectori una sau mai multe construcții de forma `pattern <- elista` (separate prin virgulă) unde `elista` este o expresie reprezentând o listă iar `pattern` este un șablon pentru elementele listei `elista`

legari zero sau mai multe expresii (separate prin virgulă) de forma `let pattern = expresie` folosind la legarea corespunzătoare a variabilelor din `pattern` cu valoarea `expresie`.

filtrari zero sau mai multe expresii de tip `Bool` (separate prin virgulă) folosite la eliminarea instanțelor selectate pentru care condiția e falsă

expresie expresie descriind elementele listei rezultat

Exemplu Iată cum arată o posibilă implementare a funcției `semiPare` folosind descrieri de liste:

```
semiPareComp :: [Int] -> [Int]
semiPareComp l = [ x `div` 2 | x <- l, even x ]
```

Exercitii

- 3) Să se scrie o funcție care are ca parametru un număr întreg și determină lista de divizori ai acestui număr. Să se scrie și prototipul funcției.

```
-- divizori 4 = [1,2,4]
```

- 4) Să se scrie o funcție care are ca parametru o listă de numere întregi și calculează lista listelor de divizori.

```
listadiv :: [Int] -> [[Int]]
listadiv = undefined
```

```
-- listadiv [1,4,6,8] = [[1],[1,2,4],[1,2,3,6],[1,2,4,8]]
```

- 5) Scrieți o funcție care date fiind limita inferioară și cea superioară (întregi) a unui interval închis și o listă de numere întregi, calculează lista numerelor din listă care aparțin intervalului. De exemplu:

```
-- inInterval 5 10 [1..15] == [5,6,7,8,9,10]
```

```
-- inInterval 5 10 [1,3,5,2,8,-1] = [5,8]
```

- a) Folosiți doar recursie. Denumiți funcția `inIntervalRec`
b) Folosiți descrieri de liste. Denumiți funcția `inIntervalComp`
- 6) Scrieți o funcție care numără câte numere strict pozitive sunt într-o listă dată ca argument.

De exemplu:

```
-- pozitive [0,1,-3,-2,8,-1,6] == 3
```

- a) Folosiți doar recursie. Denumiți funcția `pozitiveRec`
b) Folosiți descrieri de liste. Denumiți funcția `pozitiveComp`.
 - Nu puteți folosi recursie, dar veți avea nevoie de o funcție de agregare. (Consultați modulul `Data.List`). De ce nu e posibil să scriem `pozitiveComp` doar folosind descrieri de liste?
- 7) Scrieți o funcție care dată fiind o listă de numere calculează lista pozițiilor elementelor impare din lista originală. De exemplu:

```
-- pozitiiImpare [0,1,-3,-2,8,-1,6,1] == [1,2,5,7]
```

- a) Folosiți doar recursie. Denumiți funcția `pozitiiImpareRec`.
 - Indicație: folosiți o funcție ajutătoare, cu un argument în plus reprezentând poziția curentă din listă.
- b) Folosiți descrieri de liste. Denumiți funcția `pozitiiImpareComp`.

- Indicație: folosiți funcția `zip` pentru a asocia poziții elementelor listei (puteți căuta exemplu în curs).

8) Scrieți o funcție care calculează produsul tuturor cifrelor care apar în șirul de caractere dat ca intrare. Dacă nu sunt cifre în șir, răspunsul funcției trebuie să fie 1 . De exemplu:

```
-- multDigits "The time is 4:25" == 40  
-- multDigits "No digits here!" == 1
```

a) Folosiți doar recursie. Denumiți funcția `multDigitsRec`

b) Folosiți descrieri de liste. Denumiți funcția `multDigitsComp`

- Indicație: Veți avea nevoie de funcția `isDigit` care verifică dacă un caracter e cifră și funcția `digitToInt` care transformă un caracter în cifră. Cele 2 funcții se află în pachetul `Data.Char`.

Laboratorul 4: Exerciții liste, map, filter

Liste

Reamintiți-vă definirea listelor prin selecție din **Laboratorul 3**. Încercați să găsiți valoarea expresiilor de mai jos și verificați răspunsul găsit de voi în interpretor:

```
{-  
[ x^2 | x <- [1..10], x `rem` 3 == 2]  
[(x,y) | x<- [1..5], y <- [x..(x+2)]]  
[(x,y) | x<-[1..3], let k = x^2, y <- [1..k]]  
[ x | x<- "Facultatea de Matematica si Informatica", elem x ['A'..'Z']]  
[[x..y] | x <- [1..5], y <- [1..5], x < y]  
-}
```

Deși în aceste exerciții vom lucra cu date de tip Int, rezolvați exercițiile de mai jos astfel încât rezultatul să fie corect pentru valori pozitive. Definițiile pot fi adaptate ușor pentru valori oarecare folosind funcția abs.

1. Folosind numai metoda prin selecție definiți o funcție

```
factori :: Int -> [Int]  
factori = undefined
```

astfel încât factori n întoarce lista divizorilor pozitivi ai lui n.

2. Folosind funcția factori, definiți predicatul prim n care întoarce True dacă și numai dacă n este număr prim.

```
prim :: Int -> Bool  
prim = undefined
```

3. Folosind numai metoda prin selecție și funcțiile definite anterior, definiți funcția

```
numerePrime :: Int -> [Int]  
numerePrime = undefined
```

astfel încât numerePrime n întoarce lista numerelor prime din intervalul [2..n].

Funcția zip

Testați și sesizați diferența:

```
Prelude> [(x,y) | x <- [1..5], y <- [1..3]]
```

```
Prelude> zip [1..5] [1..3]
```

4. Definiți funcția myzip3 care se comportă asemenea lui zip dar are trei argumente:

```
myzip3 [1,2,3] [1,2] [1,2,3,4] == [(1,1,1),(2,2,2)]
```

Secțiuni

Reamintiți-vă noțiunea de **secțiune** definită la curs: o **secțiune** este aplicarea parțială a unui operator, adică se obține dintr-un operator prin fixarea unui argument. De exemplu

(*3) este o funcție cu un singur argument, rezultatul fiind argumentul înmulțit cu 3,

(10-) este o funcție cu un singur argument, rezultatul fiind diferența dintre 10 și argument.

Lambda expresii

În Haskell, funcțiile sunt *valori*. Putem să trimitem funcții ca argumente și să le întoarcem ca rezultat.

Să presupunem că vrem să definim o funcție aplica2 care primește ca argument o funcție f de tip a -> a și o valoare x de tip a, rezultatul fiind f (f x). Tipul funcției aplica2 este

```
aplica2 :: (a -> a) -> a -> a
```

Se pot da mai multe definiții:

```
aplica2 f x = f (f x)
```

```
aplica2 f = f . f
```

```
aplica2 = \f x -> f (f x)
```

```
aplica2 f = \x -> f (f x)
```

MAP

Funcția map are ca argumente o funcție de tip a -> b și o listă de elemente de tip a, rezultatul fiind lista elementelor de tip b obținute prin aplicarea funcției date pe fiecare element de tip a:

```
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
map f xs =[f x | x <- xs]
```

Exemple:

```
Prelude> map (* 3) [1,3,4]
[3,9,12]
Prelude> map ($ 3) [ ( 4 +) , (10 * ) , ( ^ 2) , sqrt ]
[7.0,30.0,9.0,1.7320508075688772]
```

Încercați să găsiți valoarea expresiilor de mai jos și verificați răspunsul găsit de voi în interpretor:

```
map (\x -> 2 * x) [1..10]
map (1 `elem`) [[2,3], [1,2]]
map (`elem` [2,3]) [1,3,4,5]
```

FILTER

Funcția `filter` are ca argument o proprietate și o listă de elemente, rezultatul fiind lista elementelor care verifică acea proprietate:

```
filter :: (a -> Bool) -> [a] -> [a]
filter p xs = [x | x <- xs, p x]
```

```
Prelude> filter (>2) [3,1,4,2,5]
[3,4,5]
Prelude> filter odd [3,1,4,2,5]
[3,1,5]
```

Exercitii

Rezolvați următoarele exerciții folosind `map` și `filter` (fără recursivitate sau selecție). Pentru fiecare funcție scrieți și prototipul acesteia.

5. Scrieți o funcție generică `firstEl` care are ca argument o listă de perechi de tip `(a,b)` și întoarce lista primelor elementelor din fiecare pereche:

```
firstEl [('a',3),('b',2), ('c',1)]
"abc"
```

6. Scrieți funcția `sumList` care are ca argument o listă de liste de valori `Int` și întoarce lista sumelor elementelor din fiecare listă (suma elementelor unei liste de întregi se calculează cu funcția `sum`):

```
sumList [[1,3], [2,4,5], [], [1,3,5,6]]
[4,11,0,15]
```

7. Scrieți o funcție `prel2` care are ca argument o listă de `Int` și întoarce o listă în care elementele pare sunt înjumătățite, iar cele impare sunt dublate:

```
*Main> prel2 [2,4,5,6]  
[1,2,10,3]
```

8. Scrieți o funcție care primește ca argument un caracter și o listă de șiruri, rezultatul fiind lista șirurilor care conțin caracterul respectiv (folosiți funcția `elem`).
9. Scrieți o funcție care primește ca argument o listă de întregi și întoarce lista pătratelor numerelor impare.
10. Scrieți o funcție care primește ca argument o listă de întregi și întoarce lista pătratelor numerelor din poziții impare. Pentru a avea acces la poziția elementelor folosiți `zip`.
11. Scrieți o funcție care primește ca argument o listă de șiruri de caractere și întoarce lista obținută prin eliminarea consoanelor din fiecare șir.

```
numaiVocale ["laboratorul", "PrgrAmare", "DEclarativa"]  
["aoaou", "Aae", "Eaaia"]
```

12. Definiți recursiv funcțiile `mymap` și `myfilter` cu aceeași funcționalitate ca și funcțiile predefinite.

Laboratorul 5: Exerciții Fold

FOLD

Funcțiile `foldr` și `foldl` sunt folosite pentru agregarea unei colecții. Definițiile intuitive pentru `foldr` și `foldl` sunt:

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

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

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

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

```
ghci> foldr (+) 0 [1..5]  
15  
ghci> foldr (*) 1 [2,3,4]  
24  
ghci> foldr (++) [] ["abc","def","ghi"]  
"abcdefghi"  
ghci> foldl (++) "first" ["abc","def","ghi"]  
"firstabcdefghi"  
ghci> foldr (++) "last" ["abc","def","ghi"]  
"abcdefghilast"
```

Exercitii

Rezolvați următoarele exerciții folosind `map`, `filter` și `fold` (fara recursivitate sau selectie). Pentru fiecare functie scrieti si prototipul acesteia.

1. Calculați suma pătratelor elementelor impare dintr-o listă dată ca parametru.
2. Scrieți o funcție care verifică faptul că toate elementele dintr-o listă sunt True, folosind foldr.
3. Scrieți o funcție care verifică dacă toate elementele dintr-o listă de numere întregi satisfac o proprietate dată ca parametru.

```
allVerifies :: (Int -> Bool) -> [Int] -> Bool
allVerifies = undefined
```

4. Scrieți o funcție care verifică dacă există elemente într-o listă de numere întregi care satisfac o proprietate dată ca parametru.

```
anyVerifies :: (Int -> Bool) -> [Int] -> Bool
anyVerifies = undefined
```

5. Redefiniți funcțiile map și filter folosind foldr. Le puteți numi mapFoldr și filterFoldr.
6. Folosind funcția foldl, definiți funcția listToInt care transformă o lista de cifre (un număr foarte mare stocat sub formă de listă) în numărul întreg asociat. Se presupune ca lista de intrare este dată corect.

```
listToInt :: [Integer] -> Integer
listToInt = undefined
-- listToInt [2,3,4,5] = 2345
```

7.

- (a) Scrieți o funcție care elimină un caracter din șir de caractere.

```
rmChar :: Char -> String -> String
rmChar = undefined
```

- (b) Scrieți o funcție recursivă care elimină toate caracterele din al doilea argument care se găsesc în primul argument, folosind rmChar.

```
rmCharsRec :: String -> String -> String
rmCharsRec = undefined

-- rmCharsRec ['a'..'l'] "fotbal" == "ot"
```

- (c) Scrieți o funcție echivalentă cu cea de la (b) care folosește rmChar și foldr în locul recursiei.

```
rmCharsFold :: String -> String -> String
rmCharsFold = undefined
```

Laboratorul 6: Tipuri de date

Exercițiul 1

Vom începe prin a scrie câteva funcții definite folosind tipul de date `Fruct`:

```
data Fruct
  = Mar String Bool
  | Portocala String Int
```

O expresie de tipul `Fruct` este fie un `Mar String Bool` sau o `Portocala String Int`. Vom folosi un `String` pentru a indica soiul de mere sau portocale, un `Bool` pentru a indica dacă mărul are viermi și un `Int` pentru a exprima numărul de felii dintr-o portocală. De exemplu:

```
ionatanFaraVierme = Mar "Ionatan" False
goldenCuVierme = Mar "Golden Delicious" True
portocalaSicilia10 = Portocala "Sanguinello" 10
listaFructe = [Mar "Ionatan" False,
               Portocala "Sanguinello" 10,
               Portocala "Valencia" 22,
               Mar "Golden Delicious" True,
               Portocala "Sanguinello" 15,
               Portocala "Moro" 12,
               Portocala "Tarocco" 3,
               Portocala "Moro" 12,
               Portocala "Valencia" 2,
               Mar "Golden Delicious" False,
               Mar "Golden" False,
               Mar "Golden" True]
```

a) Scrieți o funcție

```
ePortocalaDeSicilia :: Fruct -> Bool
ePortocalaDeSicilia = undefined
```

care indică dacă un fruct este o portocală de Sicilia sau nu. Soiurile de portocale din Sicilia sunt Tarocco, Moro și Sanguinello. De exemplu,

```
test_ePortocalaDeSicilia1 =
  ePortocalaDeSicilia (Portocala "Moro" 12) == True
test_ePortocalaDeSicilia2 =
  ePortocalaDeSicilia (Mar "Ionatan" True) == False
```

b) Scrieți o funcție

```
nrFeliiSicilia :: [Fruct] -> Int
nrFeliiSicilia = undefined
```

```
test_nrFeliiSicilia = nrFeliiSicilia listaFructe == 52
```

care calculează numărul total de felii ale portocalelor de Sicilia dintr-o listă de fructe.

c) Scrieți o funcție

```
nrMereViermi :: [Fruct] -> Int
nrMereViermi = undefined
```

```
test_nrMereViermi = nrMereViermi listaFructe == 2
```

care calculează numărul de mere care au viermi dintr-o lista de fructe.

Exercițiul 2

```
type NumeA = String
type Rasa = String
data Animal = Pisica NumeA | Caine NumeA Rasa
    deriving Show
```

a) Scrieți o funcție

```
vorbeste :: Animal -> String
vorbeste = undefined
```

care întoarce "Meow!" pentru pisică și "Woof!" pentru câine.

b) Vă reamintiți tipul de date predefinit Maybe

```
data Maybe a = Nothing | Just a
```

scrieți o funcție

```
rasa :: Animal -> Maybe String
rasa = undefined
```

care întoarce rasa unui câine dat ca parametru sau Nothing dacă parametrul este o pisică.

Exercițiul 3

Se dau următoarele tipuri de date ce reprezintă matrici cu linii de lungimi diferite:

```
data Linie = L [Int]
    deriving Show
data Matrice = M [Linie]
    deriving Show
```

a) Scrieți o funcție care verifică dacă suma elementelor de pe fiecare linie este egală cu o valoare n. Rezolvați cerința folosind foldr.

```
verifica :: Matrice -> Int -> Bool
```

```
verifica = undefined
```

```
test_veri1 = verifica (M[L[1,2,3], L[4,5], L[2,3,6,8], L[8,5,3]]) 10 == False
```

```
test_verif2 = verifica (M[L[2,20,3], L[4,21], L[2,3,6,8,6], L[8,5,3,9]]) 25 == True
```

- b) Scrieti o functie doarPozN care are ca parametru un element de tip Matrice si un numar intreg n, si care verifica daca toate liniile de lungime n din matrice au numai elemente strict pozitive.

```
doarPozN :: Matrice -> Int -> Bool
```

```
doarPozN = undefined
```

```
testPoz1 = doarPozN (M [L[1,2,3], L[4,5], L[2,3,6,8], L[8,5,3]]) 3 == True
```

```
testPoz2 = doarPozN (M [L[1,2,-3], L[4,5], L[2,3,6,8], L[8,5,3]]) 3 == False
```

- c) Definiți predicatul corect care verifică dacă toate liniile dintr-o matrice au aceeași lungime.

```
corect :: Matrice -> Bool
```

```
corect = undefined
```

```
testcorect1 = corect (M[L[1,2,3], L[4,5], L[2,3,6,8], L[8,5,3]]) == False
```

```
testcorect2 = corect (M[L[1,2,3], L[4,5,8], L[3,6,8], L[8,5,3]]) == True
```

Laboratorul 7: ADT si Clase de tipuri

1. Expresii și Arbori

Se dau următoarele tipuri de date reprezentând expresii și arbori de expresii:

```
data Expr = Const Int -- integer constant
          | Expr :+: Expr -- addition
          | Expr *: Expr -- multiplication
          deriving Eq

data Operation = Add | Mult deriving (Eq, Show)

data Tree = Lf Int -- leaf
          | Node Operation Tree Tree -- branch
          deriving (Eq, Show)
```

1.1. Să se instanțieze clasa Show pentru tipul de date Expr, astfel încât să se afișeze mai simplu expresiile.

1.2. Să se scrie o funcție evalExp :: Expr -> Int care evaluează o expresie determinând valoarea acesteia.

```
evalExp :: Expr -> Int
evalExp = undefined
```

Exemplu:

```
exp1 = ((Const 2 *: Const 3) :+: (Const 0 *: Const 5))
exp2 = (Const 2 *: (Const 3 :+: Const 4))
exp3 = (Const 4 :+: (Const 3 *: Const 3))
exp4 = (((Const 1 *: Const 2) *: (Const 3 :+: Const 1)) *: Const 2)
test11 = evalExp exp1 == 6
test12 = evalExp exp2 == 14
test13 = evalExp exp3 == 13
test14 = evalExp exp4 == 16
```

1.3. Să se scrie o funcție evalArb :: Tree -> Int care evaluează o expresie modelată sub formă de arbore, determinând valoarea acesteia.

```
evalArb :: Tree -> Int
evalArb = undefined
```

```

arb1 = Node Add (Node Mult (Lf 2) (Lf 3)) (Node Mult (Lf 0)(Lf 5))
arb2 = Node Mult (Lf 2) (Node Add (Lf 3)(Lf 4))
arb3 = Node Add (Lf 4) (Node Mult (Lf 3)(Lf 3))
arb4 = Node Mult (Node Mult (Node Mult (Lf 1) (Lf 2)) (Node Add (Lf 3)(Lf 1))) (Lf 2)

test21 = evalArb arb1 == 6
test22 = evalArb arb2 == 14
test23 = evalArb arb3 == 13
test24 = evalArb arb4 == 16

```

1.4. Să se scrie o funcție `expToArb :: Expr -> Tree` care transformă o expresie în arborele corespunzător.

```

expToArb :: Expr -> Tree
expToArb = undefined

```

2. Clasa Collection

În acest exercitiu vom exersa manipularea listelor și tipurilor de date prin implementarea a catorva colecții de tip tabelă asociativă cheie-valoare.

Aceste colecții vor trebui să aibă următoarele facilitati

- crearea unei colecții vide
- crearea unei colecții cu un element
- adăugarea/actualizarea unui element într-o colecție
- căutarea unui element într-o colecție
- ștergerea (marcarea ca șters a) unui element dintr-o colecție
- obținerea listei cheilor
- obținerea listei valorilor
- obținerea listei elementelor

```

class Collection c where
  empty :: c key value
  singleton :: key -> value -> c key value
  insert
    :: Ord key
    => key -> value -> c key value -> c key value
  lookup :: Ord key => key -> c key value -> Maybe value
  delete :: Ord key => key -> c key value -> c key value
  keys :: c key value -> [key]
  values :: c key value -> [value]
  toList :: c key value -> [(key, value)]
  fromList :: Ord key => [(key, value)] -> c key value

```

2.1. Adăugați definiții implicite (în funcție de funcțiile celelalte) pentru

- keys

- b. values
- c. fromList

2.2. Fie tipul listelor de perechi de forma cheie-valoare:

```
newtype PairList k v
  = PairList { getPairList :: [(k, v)] }
```

Faceti PairList instantă a clasei Collection.

2.3. Fie tipul arborilor binari de cautare (ne-echilibrati):

```
data SearchTree key value
  = Empty
  | BNode
    (SearchTree key value) -- elemente cu cheia mai mica
    key                    -- cheia elementului
    (Maybe value)         -- valoarea elementului
    (SearchTree key value) -- elemente cu cheia mai mare
```

Observati ca tipul valorilor este `Maybe value`. Acest lucru se face pentru a reduce timpul operatiei de stergere prin simpla marcare a unui nod ca fiind sters. Un nod sters va avea valoarea `Nothing`.

Faceti SearchTree instantă a clasei Collection.

Laboratorul 8: ADT. Clase de Tipuri

Exercițiul 1

Se dau următoarele tipuri de date ce reprezintă puncte cu număr variabil de coordonate întregi:

```
data Punct = Pt [Int]
```

Arbori cu informația în frunze și clasă de tipuri ToFromArb

```
data Arb = Vid | F Int | N Arb Arb
    deriving Show
```

```
class ToFromArb a where
    toArb :: a -> Arb
    fromArb :: Arb -> a
```

- a) Să se scrie o instanță a clasei Show pentru tipul de date Punct, astfel încât lista coordonatelor să fie afișată sub forma de tuplu.

```
-- Pt [1,2,3]
```

```
-- (1, 2, 3)
```

```
-- Pt []
```

```
-- ()
```

- b) Să se scrie o instanță a clasei ToFromArb pentru tipul de date Punct astfel încât lista coordonatelor punctului să coincidă cu frontiera arborelui.

```
-- toArb (Pt [1,2,3])
```

```
-- N (F 1) (N (F 2) (N (F 3) Vid))
```

```
-- fromArb $ N (F 1) (N (F 2) (N (F 3) Vid)) :: Punct
```

```
-- (1,2,3)
```

Exercițiul 2

Se dă următorul tip de date reprezentând figuri geometrice.

```
data Geo a = Square a | Rectangle a a | Circle a
    deriving Show
```

Și clasa GeoOps în care se definesc operațiile perimetru și area.

```
class GeoOps g where
    perimetru :: (Floating a) => g a -> a
    area :: (Floating a) => g a -> a
```


- a) Să se instanțieze clasa `GeoOps` pentru tipul de date `Geo`. Pentru valoarea `pi` există funcția cu același nume (`pi`).

```
-- ghci> pi
```

```
-- 3.141592653589793
```

- b) Să se instanțieze clasa `Eq` pentru tipul de date `Geo`, astfel încât două figuri geometrice să fie egale dacă au perimetrul egal.

Laboratorul 10 - Functor

```
{-  
class Functor f where  
fmap :: ( a -> b ) -> f a -> f b  
-}
```

Scrieți instanțe ale clasei Functor pentru tipurile de date descrise mai jos.

```
newtype Identity a = Identity a
```

```
data Pair a = Pair a a
```

```
data Constant a b = Constant b
```

```
data Two a b = Two a b
```

```
data Three a b c = Three a b c
```

```
data Three' a b = Three' a b b
```

```
data Four a b c d = Four a b c d
```

```
data Four'' a b = Four'' a a a b
```

```
data Quant a b = Finance | Desk a | Bloor b
```

S-ar putea să fie nevoie să adăugați unele constrângeri la definirea instanțelor

```
data LiftItOut f a = LiftItOut (f a)
```

```
data Parappa f g a = DaWrappa (f a) (g a)
```

```
data IgnoreOne f g a b = IgnoringSomething (f a) (g b)
```

```
data Notorious g o a t = Notorious (g o) (g a) (g t)
```

```
data GoatLord a = NoGoat | OneGoat a | MoreGoats (GoatLord a) (GoatLord a) (GoatLord a)
```

```
data TalkToMe a = Halt | Print String a | Read (String -> a)
```

Laboratorul 11

Amintiți-vă clasele Functor și Applicative, rulați și analizați următoarele exemple.

```
{-
class Functor f where
    fmap :: (a -> b) -> f a -> f b

class Functor f => Applicative f where
    pure :: a -> f a
    (<*>) :: f (a -> b) -> f a -> f b

Just length <*> Just "world"

Just (++" world") <*> Just "hello,"
pure (+) <*> Just 3 <*> Just 5
pure (+) <*> Just 3 <*> Nothing
(+++) <$> ["ha","heh"] <*> ["?","!"]
-}
```

Exercitii

1. Se dă tipul de date

```
data List a = Nil
            | Cons a (List a)
            deriving (Eq, Show)
```

Să se scrie instanțe Functor și Applicative pentru tipul de date List.

```
instance Functor List where
    fmap = undefined
instance Applicative List where
    pure = undefined
    (<*>) = undefined
```

Exemple

```
f = Cons (+1) (Cons (*2) Nil)
v = Cons 1 (Cons 2 Nil)
test1 = (f <*> v) == Cons 2 (Cons 3 (Cons 2 (Cons 4 Nil)))
```

2. Se dă tipul de date

```
data Cow = Cow {
    name :: String
    , age :: Int
    , weight :: Int
} deriving (Eq, Show)
```

- a) Să se scrie funcțiile `noEmpty`, respectiv `noNegative` care validează un string, respectiv un întreg.

```
noEmpty :: String -> Maybe String
noEmpty = undefined
```

```
noNegative :: Int -> Maybe Int
noNegative = undefined
```

```
test21 = noEmpty "abc" == Just "abc"
test22 = noNegative (-5) == Nothing
test23 = noNegative 5 == Just 5
```

- b) Să se scrie o funcție care construiește un element de tip `Cow` verificând numele, vârsta și greutatea cu funcțiile de la a).

```
cowFromString :: String -> Int -> Int -> Maybe Cow
cowFromString = undefined
```

```
test24 = cowFromString "Milka" 5 100 == Just (Cow {name = "Milka", age = 5, weight = 100})
```

- c) Se scrie funcția de la b) folosind `fmap` și `<*>`.

3. Se dau următoarele tipuri de date:

```
newtype Name = Name String deriving (Eq, Show)
newtype Address = Address String deriving (Eq, Show)
```

```
data Person = Person Name Address
  deriving (Eq, Show)
```

- a) Să se implementeze o funcție `validateLength` care validează lungimea unui șir (să fie mai mică decât numărul dat ca parametru).

```
validateLength :: Int -> String -> Maybe String
validateLength = undefined
```

```
test31 = validateLength 5 "abc" == Just "abc"
```

- b) Să se implementeze funcțiile `mkName` și `mkAddress` care transformă un șir de caractere într-un element din tipul de date asociat, validând stringul cu funcția `validateLength` (numele trebuie să aibă maxim 25 caractere iar adresa maxim 100).

```
mkName :: String -> Maybe Name
mkName = undefined
```

```
mkAddress :: String -> Maybe Address
mkAddress = undefined
```

```
test32 = mkName "Gigel" == Just (Name "Gigel")
test33 = mkAddress "Str Academiei" == Just (Address "Str Academiei")
```

- c) Să se implementeze funcția `mkPerson` care primește ca argument două șiruri de caractere și formează un element de tip `Person` dacă sunt validate condițiile, folosind funcțiile implementate mai sus.

```
mkPerson :: String -> String -> Maybe Person
mkPerson = undefined
```

```
test34 = mkPerson "Gigel" "Str Academiei" == Just (Person (Name "Gigel") (Address "Str Academiei"))
```

- d) Să se implementeze funcțiile de la b) și c) folosind `fmap` și `<*>`.

Laboratorul 12

Exerciții pentru Foldable

1. Implementați următoarele funcții folosind foldMap și/sau foldr din clasa Foldable, apoi testați-le cu mai multe tipuri care au instanță pentru Foldable

```
elem1 :: (Foldable t, Eq a) => a -> t a -> Bool
elem1 = undefined
```

```
null1 :: (Foldable t) => t a -> Bool
null1 = undefined
```

```
length1 :: (Foldable t) => t a -> Int
length1 = undefined
```

```
toList1 :: (Foldable t) => t a -> [a]
toList1 = undefined
```

fold combină elementele unei structuri folosind structura de monoid a acestora.

```
fold1 :: (Foldable t, Monoid m) => t m -> m
fold1 = undefined -- Hint: folosiți foldMap
```

2. Scrieți instanțe ale lui Foldable pentru următoarele tipuri, implementand funcția foldMap.

```
data Constant a b = Constant b
```

```
data Two a b = Two a b
```

```
data Three a b c = Three a b c
```

```
data Three' a b = Three' a b b
```

```
data Four' a b = Four' a b b b
```

```
data GoatLord a = NoGoat | OneGoat a | MoreGoats (GoatLord a) (GoatLord a) (GoatLord a)
```

Laboratorul 13: Monade - Introducere

Lucrați în fișierul `lab13.hs`, care conține și definiția monadei `Maybe`. Definiția este comentată deoarece monada `Maybe` este definită în `GHC.Base`

0. Înțelegeți funcționarea operațiilor monadice (`>=>`) și `return`

```
return 3 :: Maybe Int
Just 3
(Just 3) >=> (\ x -> if (x>0) then Just (x*x) else Nothing)
Just 9
```

1. Definim

```
pos :: Int -> Bool
pos x = if (x>=0) then True else False

fct :: Maybe Int -> Maybe Bool
fct mx = mx >=> (\x -> Just (pos x))
```

- 2.1 Înțelegeți ce face funcția `fct`.

- 2.2 Definiți funcția `fct` folosind notația `do`.

2. Vrem să definim o funcție care adună două valori de tip `Maybe Int`

```
addM :: Maybe Int -> Maybe Int -> Maybe Int
addM mx my = undefined
```

Exemplu de funcționare:

```
addM (Just 4) (Just 3)
Just 7
addM (Just 4) Nothing
Nothing
addM Nothing Nothing
Nothing
```

- 2.1 Definiți `addM` prin orice metodă (de exemplu, folosind șabloane).

- 2.2 Definiți `addM` folosind operații monadice și notația `do`.

3. Să se treacă în notația `do` următoarele funcții:

```
cartesian_product xs ys = xs >=> ( \x -> (ys >=> \y-> return (x,y)))
```

```

prod f xs ys = [f x y | x <- xs, y<-ys]

myGetLine :: IO String
myGetLine = getChar >>= \x ->
    if x == '\n' then
        return []
    else
        myGetLine >>= \xs -> return (x:xs)

```

4. Să se treacă în notația cu secvențiere următoarea funcție:

```

prelNo noin = sqrt noin
ioNumber = do
    noin <- readLn :: IO Float
    putStrLn $ "Intrare\n" ++ (show noin)
    let noout = prelNo noin
    putStrLn $ "Iesire"
    print noout

```

5. Pentru următoarele exerciții lucrați cu fișierul `mWriter.hs`.

5.1. Fișierul `mWriter.hs` conține o definiție a monadei `Writer String` (puțin modificată pentru a compila fără opțiuni suplimentare):

```

newtype WriterS a = Writer { runWriter :: (a, String) }

```

5.1.1 Definiți funcțiile `logIncrement` și `logIncrement2` din curs și testați funcționarea lor.

5.1.2 Definiți funcția `logIncrementN`, care generalizează `logIncrement2`, astfel:

```

logIncrementN :: Int -> Int -> WriterS Int
logIncrement x n = undefined

```

Exemplu de funcționare:

```

runWriter $ logIncrementN 2 4
(6,"increment:2\nincrement:3\nincrement:4\nincrement:5\n")

```

5.2. Modificați definiția monadei `WriterS` astfel încât să producă lista mesajelor logate și nu concatenarea lor. Pentru a evita posibile confuzii, lucrați în alt fișier. Definiți funcția `logIncrementN` în acest context.

```

newtype WriterLS a = Writer {runWriter :: (a, [String])}

```

Exemplu de funcționare:

```

runWriter $ logIncrementN 2 4
(6,["increment:2","increment:3","increment:4","increment:5"])

```

6. Definim tipul de date

```

data Person = Person { name :: String, age :: Int }

```

6.1 Definiți funcțiile


```
showPersonN :: Person -> String
showPersonA :: Person -> String
```

care afișează “frumos” numele și vârsta unei persoane, după modelul

```
showPersonN $ Person "ada" 20
"NAME: ada"
```

```
showPersonA $ Person "ada" 20
"AGE: 20"
```

6.2 Folosind funcțiile definite la punctul 5.1, definiți funcția

```
showPerson :: Person -> String
```

care afișează “frumos” toate datele unei persoane, după modelul

```
showPerson $ Person "ada" 20
"(NAME: ada, AGE: 20)"
```

6.3 Folosind monada `Reader` (aveți implementarea instanțelor în fișierul `lab13.hs`), definiți variante monadice pentru cele trei funcții definite anterior, fără a folosi funcțiile definite anterior. Variantele monadice vor avea tipul

```
mshowPersonN :: Reader Person String
mshowPersonA :: Reader Person String
mshowPerson :: Reader Person String
```

Exemplu de funcționare:

```
runReader mshowPersonN $ Person "ada" 20
"NAME:ada"
```

```
runReader mshowPersonA $ Person "ada" 20
"AGE:20"
```

```
runReader mshowPerson $ Person "ada" 20
"(NAME:ada,AGE:20)"
```