Входно-изходни операции в Haskell

Трифон Трифонов

Функционално програмиране, 2024/25 г.

10–17 януари 2022 г.

Странични ефекти в Haskell

- Функциите в Haskell нямат странични ефекти

Странични ефекти в Haskell

- Функциите в Haskell нямат странични ефекти
- Но входно-изходните операции по природа са странични ефекти!

Странични ефекти в Haskell

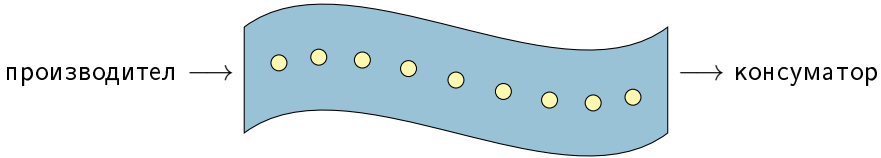
- Функциите в Haskell нямат странични ефекти
- Но входно-изходните операции по природа са странични ефекти!
- Как можем да се справим с този парадокс?

Странични ефекти в Haskell

- Функциите в Haskell нямат странични ефекти
- Но входно-изходните операции по природа са странични ефекти!
- Как можем да се справим с този парадокс?
- **Идея:** Можем да си мислим за входно-изходните операции като поточна обработка на данни

Странични ефекти в Haskell

- Функциите в Haskell нямат странични ефекти
- Но входно-изходните операции по природа са странични ефекти!
- Как можем да се справим с този парадокс?
- **Идея:** Можем да си мислим за входно-изходните операции като поточна обработка на данни



Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър
- трансформира входния поток, като консумира от него `n` числа и връща списък, който ги съдържа

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър
- трансформира входния поток, като консумира от него `n` числа и връща списък, който ги съдържа
- пресмята средното аритметично `avg` на числата в списъка

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър
- трансформира входния поток, като консумира от него `n` числа и връща списък, който ги съдържа
- пресмята средното аритметично `avg` на числата в списъка
- трансформира изходния поток, като произвежда върху него низовото представяне на числото `avg`

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър
- трансформира входния поток, като консумира от него `n` числа и връща списък, който ги съдържа
- пресмята средното аритметично `avg` на числата в списъка
- трансформира изходния поток, като произвежда върху него низовото представяне на числото `avg`

Трансформирането на входно-изходните потоци несъмнено е страничен ефект, но **конструирането на трансформацията** няма нужда от странични ефекти!

Поточна обработка

Задача. Да се въведат `n` числа и да се изведе тяхното средно аритметично.
Решение: Дефинираме трансформация над стандартните вход и изход, която:

- приема `n` като параметър
- трансформира входния поток, като консумира от него `n` числа и връща списък, който ги съдържа
- пресмята средното аритметично `avg` на числата в списъка
- трансформира изходния поток, като произвежда върху него низовото представяне на числото `avg`

Трансформирането на входно-изходните потоци несъмнено е страничен ефект, но **конструирането на трансформацията** няма нужда от странични ефекти!
Функциите, които работят с вход и изход, по същество дефинират композиция на входно-изходни трансформации.

Типът IO a

Стандартният генеричен тип `IO a` задава тип на входно/изходна трансформация, резултатът от която е от тип a.

Типът IO a

Стандартният генеричен тип `IO a` задава тип на входно/изходна трансформация, резултатът от която е от тип a.

Частен случай: `IO ()` задава трансформация, която връща празен резултат.

Типът IO a

Стандартният генеричен тип `IO a` задава тип на входно/изходна трансформация, резултатът от която е от тип a.
Частен случай: `IO ()` задава трансформация, която връща празен резултат.

Входни трансформации:

- `getChar :: IO Char` — връща символ, прочетен от входа
- `getLine :: IO String` — връща ред, прочетен от входа

Типът IO a

Стандартният генеричен тип `IO a` задава тип на входно/изходна трансформация, резултатът от която е от тип a.
Частен случай: `IO ()` задава трансформация, която връща празен резултат.

Входни трансформации:

- `getChar :: IO Char` — връща символ, прочетен от входа
- `getLine :: IO String` — връща ред, прочетен от входа

Изходни трансформации:

- `putChar :: Char -> IO ()` — извежда символ на изхода
- `putStr :: String -> IO ()` — извежда низ на изхода
- `putStrLn :: String -> IO ()` — извежда ред на изхода

Главна функция `main`

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.

Главна функция `main`

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.

Главна функция `main`

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`

Главна функция main

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`
- Можем ли да дефинираме `main = putStrLn $ "Въведохте: " ++ getLine`?

Главна функция main

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`
- Можем ли да дефинираме `main = putStrLn $ "Въведохте: " ++ getLine`?
- Не! `getLine :: IO String`

Главна функция main

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`
- Можем ли да дефинираме `main = putStrLn $ "Въведохте: " ++ getLine`?
- Не! `getLine :: IO String`
- Композицията на входно-изходни трансформации работи по различен начин от композицията на функции

Главна функция main

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`
- Можем ли да дефинираме `main = putStrLn $ "Въведохте: " ++ getLine`?
- Не! `getLine :: IO String`
- Композицията на входно-изходни трансформации работи по различен начин от композицията на функции
- Низът, който връща `getLine` е "замърсен" от входно-изходна операция

Главна функция main

- Функцията `main :: IO ()` от модула `Main` в Haskell е специална: тя е входната точка на компилираната програма.
- По същество тя дефинира входно-изходна трансформация, която се прилага към стандартния вход и изход при изпълнение на програмата.
- **Пример:** `main = putStrLn "Hello, world!"`
- Можем ли да дефинираме `main = putStrLn $ "Въведохте: " ++ getLine`?
- Не! `getLine :: IO String`
- Композицията на входно-изходни трансформации работи по различен начин от композицията на функции
- Низът, който връща `getLine` е "замърсен" от входно-изходна операция
- Как да композираме трансформации?

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

```
do { <трансформация> }
```

Конструкцията `do`

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>
- `return` <израз>

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>
- `return` <израз>
  - празна трансформация, която връща <израз> като резултат

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>
- `return` <израз>
  - празна трансформация, която връща <израз> като резултат
  - `return :: a -> IO a`

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do` { <трансформация> }

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>
- `return` <израз>
  - празна трансформация, която връща <израз> като резултат
  - `return :: a -> IO a`
- резултатът от цялата конструкция do е резултатът от последната трансформация в композицията

Конструкцията do

В Haskell има специален двумерен синтаксис за композиране на трансформации:

`do { <трансформация> }`

<трансформация> може да бъде:

- произволен израз от тип `IO a`
- <име> `<-` <трансформация>
  - <трансформация> е от тип `IO a`
  - резултатът от <трансформация> се свързва с <име>
- `return` <израз>
  - празна трансформация, която връща <израз> като резултат
  - `return :: a -> IO a`
- резултатът от цялата конструкция do е резултатът от последната трансформация в композицията

```
main = do line <- getLine
          putStrLn $ "Въведохте: " ++ line
```

Локални дефиниции в `do`

В някакъв смисъл `<-` и `return` са обратни една на друга операции:

- `<-` извлича "чист" резултат от тип `a` от трансформация от тип `IO a`

Локални дефиниции в `do`

В някакъв смисъл `<-` и `return` са обратни една на друга операции:

- `<-` извлича "чист" резултат от тип `a` от трансформация от тип `IO a`
- `return` фиктивно "замърсява" резултат от тип `a` за да стане от тип `IO a`

Локални дефиниции в do

В някакъв смисъл <- и return са обратни една на друга операции:

- <- извлича "чист" резултат от тип a от трансформация от тип IO a
- return фиктивно "замърсява" резултат от тип a за да стане от тип IO a
- Какъв е ефектът от <име> <- return <израз> в do конструкция?

Локални дефиниции в do

В някакъв смисъл <- и return са обратни една на друга операции:

- <- извлича "чист" резултат от тип a от трансформация от тип IO a
- return фиктивно "замърсява" резултат от тип a за да стане от тип IO a
- Какъв е ефектът от <име> <- return <израз> в do конструкция?
- Създава се локалната дефиниция <име> = <израз>!

Локални дефиниции в do

В някакъв смисъл <- и return са обратни една на друга операции:

- <- извлича "чист" резултат от тип a от трансформация от тип IO a
- return фиктивно "замърсява" резултат от тип a за да стане от тип IO a
- Какъв е ефектът от <име> <- return <израз> в do конструкция?
- Създава се локалната дефиниция <име> = <израз>!
- Алтернативно, локални дефиниции могат да се създават и чрез: let <име> = <израз>

Локални дефиниции в do

В някакъв смисъл <- и return са обратни една на друга операции:

- <- извлича "чист" резултат от тип a от трансформация от тип IO a
- return фиктивно "замърсява" резултат от тип a за да стане от тип IO a
- Какъв е ефектът от <име> <- return <израз> в do конструкция?
- Създава се локалната дефиниция <име> = <израз>!
- Алтернативно, локални дефиниции могат да се създават и чрез: let <име> = <израз>
- Да не се бърка с let <име> = <израз> in <израз>!

Локални дефиниции в do

В някакъв смисъл <- и return са обратни една на друга операции:

- <- извлича "чист" резултат от тип a от трансформация от тип IO a
- return фиктивно "замърсява" резултат от тип a за да стане от тип IO a
- Какъв е ефектът от <име> <- return <израз> в do конструкция?
- Създава се локалната дефиниция <име> = <израз>!
- Алтернативно, локални дефиниции могат да се създават и чрез: let <име> = <израз>
- Да не се бърка с let <име> = <израз> in <израз>!

Пример:

```
main = do putStrLn "Моля, въведете палиндром: "
          line <- getLine
          let revLine = reverse line
          if revLine == line then putStrLn "Благодаря!"
          else do putStrLn $ line ++ " не е палиндром!"
                  main
```

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`
- `read "1.23"` $\longrightarrow$?

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`
- `read "1.23"` $\longrightarrow$ Грешка!

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`
- `read "1.23"` $\longrightarrow$ Грешка!
- Haskell не може да познае типа на резултата, понеже е генеричен!

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`
- `read "1.23"` $\longrightarrow$ Грешка!
- Haskell не може да познае типа на резултата, понеже е генеричен!
- `getInt :: IO Int`

Вход и изход на данни

Как можем да извеждаме и въвеждаме данни от типове различни от `Char` и `String`?

На помощ идват класовете `Show` и `Read`:

- `show :: Show a => a -> String`
- `print :: Show a => a -> IO ()`
- `print = putStrLn . show`
- `read :: Read a => String -> a`
- `read "1.23"` $\longrightarrow$ Грешка!
- Haskell не може да познае типа на резултата, понеже е генеричен!
- `getInt :: IO Int`
- ```
  getInt = do line <- getLine
              return $ read line
  ```
  ```

Пример: средно аритметично на редица от числа

```
findAverage :: IO Double
```

Пример: средно аритметично на редица от числа

```
findAverage :: IO Double
findAverage = do putStr "Моля, въведете брой: "
                 n <- getInt
                 s <- readAndSum n
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n
```

Пример: средно аритметично на редица от числа

```
findAverage :: IO Double
findAverage = do putStr "Моля, въведете брой: "
                 n <- getInt
                 s <- readAndSum n
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n

readAndSum :: Int -> IO Int
```

Пример: средно аритметично на редица от числа

```
findAverage :: IO Double
findAverage = do putStr "Моля, въведете брой: "
                 n <- getInt
                 s <- readAndSum n
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n

readAndSum :: Int -> IO Int
readAndSum 0 = return 0
readAndSum n = do putStr "Моля, въведете число: "
                  x <- getInt
                  s <- readAndSum $ n - 1
                  return $ x + s
```

Пример: средно аритметично на редица от числа

```
findAverage :: IO Double
findAverage = do putStr "Моля, въведете брой: "
                 n <- getInt
                 s <- readAndSum n
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n

readAndSum :: Int -> IO Int
readAndSum 0 = return 0
readAndSum n = do putStr "Моля, въведете число: "
                  x <- getInt
                  s <- readAndSum $ n - 1
                  return $ x + s

main = do avg <- findAverage
          putStrLn $ "Средното аритметично е: " ++ show avg
```

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts n = sequence $ replicate n getInt`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`
  - Също като `mapM`, но изхвърля резултата

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (‘replicate‘ getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`
  - Също като `mapM`, но изхвърля резултата
  - `printList = mapM_ print`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`
  - Също като `mapM`, но изхвърля резултата
  - `printList = mapM_ print`
- `forever :: IO a -> IO b`

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`
  - Също като `mapM`, но изхвърля резултата
  - `printList = mapM_ print`
- `forever :: IO a -> IO b`
  - безкрайна композиция на една и съща трансформация (както `repeat` за списъци)

Управляващи функции

Можем да работим с трансформации с функции от по-висок ред:

- `import Control.Monad`
- `sequence :: [IO a] -> IO [a]`
  - композира трансформации и събира резултатите им в списък
  - `getInts = sequence . (`replicate` getInt)`
- `mapM :: (a -> IO b) -> [a] -> IO [b]`
  - композира списък от трансформации по списък от стойности
  - `mapM = sequence . map`
  - `printRead s = do putStr $ s ++ " = "; getInt`
  - `readCoordinates = mapM printRead ["x", "y", "z"]`
- `mapM_ :: (a -> IO b) -> [a] -> IO ()`
  - Също като `mapM`, но изхвърля резултата
  - `printList = mapM_ print`
- `forever :: IO a -> IO b`
  - безкрайна композиция на една и съща трансформация (както `repeat` за списъци)
  - `forever $ do line <- getLine; putStrLn line`

Средно аритметично на числа v2.0

```
readInt :: String -> IO Int
readInt s = do putStr $ "Моля, въведете " ++ s ++ ": "
               getInt

findAverage :: IO Double
findAverage = do n <- readInt "брой"
                 l <- mapM (readInt.("число #"++).show) [1..n]
                 let s = sum l
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n

main = forever $
       do avg <- findAverage
          putStrLn $ "Средното аритметично е: " ++ show avg
          putStrLn "Хайде отново!"
```

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци
- `getContents :: IO String` — връща списък от всички символи на стандартния вход

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци
- `getContents :: IO String` — връща списък от всички символи на стандартния вход
- списъкът се оценява лениво, т.е. прочита се при нужда

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци
- `getContents :: IO String` — връща списък от всички символи на стандартния вход
- списъкът се оценява лениво, т.е. прочита се при нужда
- **Пример:**

```
noSpaces = do text <- getContents
              putStr $ filter (/=' ') text
```

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци
- `getContents :: IO String` — връща списък от всички символи на стандартния вход
- списъкът се оценява лениво, т.е. прочита се при нужда
- **Пример:**

```
noSpaces = do text <- getContents
              putStr $ filter (/=' ') text
```

- `interact :: (String -> String) -> IO ()` — лениво прилага функция над низове над стандартния вход и извежда резултата на стандартния изход

Ленив вход и изход

- Ленивото оценяване в Haskell ни позволява да работим с входно/изходни потоци
- `getContents :: IO String` — връща списък от всички символи на стандартния вход
- списъкът се оценява лениво, т.е. прочита се при нужда
- **Пример:**

```
noSpaces = do text <- getContents
              putStr $ filter (/=' ') text
```

- `interact :: (String -> String) -> IO ()` — лениво прилага функция над низове над стандартния вход и извежда резултата на стандартния изход
- **Пример:**

```
noSpaces = interact $ filter (/=' ')
```

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим
  - `type FilePath = String`

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим
  - `type FilePath = String`
  - `data IOMode = ReadMode|WriteMode|AppendMode|ReadWriteMode`

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим
  - `type FilePath = String`
  - `data IOMode = ReadMode | WriteMode | AppendMode | ReadWriteMode`
- Има варианти на функциите за вход/изход, които работят с `Handle`

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим
  - `type FilePath = String`
  - `data IOMode = ReadMode | WriteMode | AppendMode | ReadWriteMode`
- Има варианти на функциите за вход/изход, които работят с `Handle`
- `hGetLine`, `hGetChar`, `hPutStr`, `hPutStrLn`, `hGetContents`...

Работа с файлове

- `IO` позволява работа с произволни файлове, не само със стандартните вход и изход
- `import System.IO`
- `openFile :: FilePath -> IOMode -> IO Handle` — отваря файл със зададено име в зададен режим
  - `type FilePath = String`
  - `data IOMode = ReadMode|WriteMode|AppendMode|ReadWriteMode`
- Има варианти на функциите за вход/изход, които работят с `Handle`
- `hGetLine`, `hGetChar`, `hPutStr`, `hPutStrLn`, `hGetContents`...
- **Пример:**

```
encrypt cypher inFile outFile =
  do h1 <- openFile inFile ReadMode
     text <- hGetContents h1
     h2 <- openFile outFile WriteMode
     hPutStr h2 $ map cypher text
```

Монади

- `IO` е пример за монада

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които “опаковат” обекти от даден тип

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които “опаковат” обекти от даден тип
- **Примери:**

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които “опаковат” обекти от даден тип
- **Примери:**
  - `IO` опакова стойност във входно/изходна трансформация

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които “опаковат” обекти от даден тип
- **Примери:**
  - `IO` опакова стойност във входно/изходна трансформация
  - `Maybe` опакова стойност с “флаг” дали стойността съществува

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които "опаковат" обекти от даден тип
- **Примери:**
  - `IO` опакова стойност във входно/изходна трансформация
  - `Maybe` опакова стойност с "флаг" дали стойността съществува
  - `[a]` опакова няколко "алтернативни" стойности в едно

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които "опаковат" обекти от даден тип
- **Примери:**
  - `IO` опакова стойност във входно/изходна трансформация
  - `Maybe` опакова стойност с "флаг" дали стойността съществува
  - `[a]` опакова няколко "алтернативни" стойности в едно
  - `r -> a` опакова стойност от тип `a` в "машинка", която я пресмята при подаден параметър от тип `r`

Монади

- `IO` е пример за монада
- Монадите са конструкции, които "опаковат" обекти от даден тип
- **Примери:**
  - `IO` опакова стойност във входно/изходна трансформация
  - `Maybe` опакова стойност с "флаг" дали стойността съществува
  - `[a]` опакова няколко "алтернативни" стойности в едно
  - `r -> a` опакова стойност от тип `a` в "машинка", която я пресмята при подаден параметър от тип `r`
  - `s -> (a,s)` опакова стойност от тип `a` в "действие", което променя дадено състояние от тип `s`

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна...(пример: `Maybe`, `[a]`)

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна... (пример: `Maybe`, `[a]`)
- ... но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката... (пример: `IO`, `r -> a`)

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна...(пример: `Maybe`, `[a]`)
- ...но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката...(пример: `IO`, `r -> a`)
- ...но можем да я преопаковаме!

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна...(пример: `Maybe`, `[a]`)
- ...но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката...(пример: `IO`, `r -> a`)
- ...но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна...(пример: `Maybe`, `[a]`)
- ...но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката...(пример: `IO`, `r -> a`)
- ...но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`
- оператор за "свързване" на опаковани стойности

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна...(пример: `Maybe`, `[a]`)
- ...но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката...(пример: `IO`, `r -> a`)
- ...но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`
- оператор за "свързване" на опаковани стойности
- `b = a >>= f`:

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна... (пример: `Maybe`, `[a]`)
- ... но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката... (пример: `IO`, `r -> a`)
- ... но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`
- оператор за "свързване" на опаковани стойности
- `b = a >>= f`:
  - поглеждаме стойността `x` в опаковката `a`

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна... (пример: `Maybe`, `[a]`)
- ... но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката... (пример: `IO`, `r -> a`)
- ... но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`
- оператор за "свързване" на опаковани стойности
- `b = a >>= f`:
  - поглеждаме стойността `x` в опаковката `a`
  - прилагаме функцията `f` над `x`

Монадни операции

- `Monad` е клас от типови конструктори, които са монади
- "Опаковката" понякога е прозрачна... (пример: `Maybe`, `[a]`)
- ...но често е еднопосочна: един път опакована, не можем да извадим стойността извън опаковката... (пример: `IO`, `r -> a`)
- ...но можем да я преопаковаме!
- `(>>=) :: Monad m => m a -> (a -> m b) -> m b`
- оператор за "свързване" на опаковани стойности
- `b = a >>= f`:
  - поглеждаме стойността `x` в опаковката `a`
  - прилагаме функцията `f` над `x`
  - и получаваме нова опакована стойност `b`

Императивен стил чрез монади

- do всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = do line <- getLine
          putStrLn $ "Въведохте: " ++ line
```

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = getLine >>= (\line -> putStrLn $ "Въведохте " ++ line)
```

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)
```

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)

findAverage = do putStr "Моля, въведете брой: "
                 n <- getInt
                 s <- readAndSum n
                 return $ fromIntegral s / fromIntegral n
```

Императивен стил чрез монади

- do всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)

findAverage = putStr "Моля, въведете брой: " >>=
              (\_ -> getInt >>=
              (\n -> readAndSum n >>=
              (\s -> return $ fromIntegral s /
                              fromIntegral n))
```

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от “свързвания“
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)

findAverage = putStr "Моля, въведете брой: " >>=
              (\_ -> getInt >>=
              (\n -> readAndSum n >>=
              (\s -> return $ fromIntegral s /
                              fromIntegral n))
```

- работи за произволни монади, не само за `IO`!

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от "свързвания"
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)

findAverage = putStr "Моля, въведете брой: " >>=
              (\_ -> getInt >>=
              (\n -> readAndSum n >>=
              (\s -> return $ fromIntegral s /
                              fromIntegral n))
```

- работи за произволни монади, не само за `IO`!
- позволява абстрахиране от страничните ефекти и моделиране на поредица от инструкции

Императивен стил чрез монади

- `do` всъщност е синтактична захар за поредица от "свързвания"
- **Примери:**

```
main = getLine >>= putStrLn . ("Въведохте: " ++)

findAverage = putStr "Моля, въведете брой: " >>=
              (\_ -> getInt >>=
              (\n -> readAndSum n >>=
              (\s -> return $ fromIntegral s /
                              fromIntegral n))
```

- работи за произволни монади, не само за `IO`!
- позволява абстрахиране от страничните ефекти и моделиране на поредица от инструкции
- императивен стил във функционалното програмиране