

# Типове и класове в Haskell

Трифон Трифонов

Функционално програмиране, 2024/25 г.

10–17 януари 2024 г.

Тази презентация е достъпна под лиценза Creative Commons Признание-Некомерсиално-Споделяне на споделеното 4.0 Международен 

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин
  - такива конструкции наричаме **генерични (generic)**

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин
  - такива конструкции наричаме **генерични (generic)**
  - параметризират се с **типови променливи**, които могат да приемат произволен тип за стойност

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин
  - такива конструкции наричаме **генерични (generic)**
  - параметризират се с **типови променливи**, които могат да приемат произволен тип за стойност
- **ad hoc полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **специфичен** начин

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин
  - такива конструкции наричаме **генерични (generic)**
  - параметризират се с **типови променливи**, които могат да приемат произволен тип за стойност
- **ad hoc полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **специфичен** начин
  - такива конструкции наричаме **претоварени (overloaded)**

# Видове полиморфизъм в Haskell

В Haskell има два основни вида полиморфизъм.

- **параметричен полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **универсален** начин
  - такива конструкции наричаме **генерични (generic)**
  - параметризират се с **типови променливи**, които могат да приемат произволен тип за стойност
- **ad hoc полиморфизъм** — възможност да създаваме конструкции, които обработват елементи от различни типове по **специфичен** начин
  - такива конструкции наричаме **претоварени (overloaded)**
  - налагат механизъм за **разпределение (dispatch)**, който определя коя специфична реализация на конструкцията трябва да се използва в конкретен случай

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи



# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`
  - `repeated :: Integer -> UnaryFunction a -> UnaryFunction a`



# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`
  - `repeated :: Integer -> UnaryFunction a -> UnaryFunction a`
  - `transpose :: Matrix a -> Matrix a`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`
  - `repeated :: Integer -> UnaryFunction a -> UnaryFunction a`
  - `transpose :: Matrix a -> Matrix a`
  - `keys :: Dictionary k v -> [k]`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`
  - `repeated :: Integer -> UnaryFunction a -> UnaryFunction a`
  - `transpose :: Matrix a -> Matrix a`
  - `keys :: Dictionary k v -> [k]`
  - `[] :: [a]`

# Параметричен полиморфизъм

Генеричните конструкции в Haskell са два вида:

- **генерични типове**, конструирани чрез използване на типови променливи
  - функциите, кортежите и списъците могат да генерични
  - `type UnaryFunction a = a -> a`
  - `type Matrix a = [[a]]`
  - `type Dictionary k v = [(k, v)]`
- **генерични функции**, при които една и съща имплементация работи за различни типове
  - `length :: [a] -> Integer`
  - `map :: (a -> b) -> [a] -> [b]`
  - `repeated :: Integer -> UnaryFunction a -> UnaryFunction a`
  - `transpose :: Matrix a -> Matrix a`
  - `keys :: Dictionary k v -> [k]`
  - `[] :: [a]`
    - константите са частен случай на функции (функции без параметри)

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- претоварени константи

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**
  - 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове



# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- претоварени константи

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- претоварени операции

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- **претоварени операции**

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- **претоварени операции**

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- **претоварени операции**

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа
- `==` може да сравнява числа, символи, кортежи или списъци

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- претоварени константи

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- претоварени операции

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа
- `==` може да сравнява числа, символи, кортежи или списъци

- претоварени функции

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- **претоварени операции**

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа
- `==` може да сравнява числа, символи, кортежи или списъци

- **претоварени функции**

- `elem` може да търси елемент в списък от сравними елементи

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- **претоварени константи**

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- **претоварени операции**

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа
- `==` може да сравнява числа, символи, кортежи или списъци

- **претоварени функции**

- `elem` може да търси елемент в списък от сравними елементи
- `show` може да извежда елемент, който има низово представяне

# Ad hoc полиморфизъм

В Haskell имаме претоварени константи, операции и функции:

- претоварени константи

- 5 може да означава цяло, дробно или комплексно число, в зависимост от контекста
- 5.0 може да означава рационално число, число с плаваща запетая или комплексно число
- `maxBound` е максималната стойност на ограничени типове

- претоварени операции

- `+` може да събира цели, дробни, или комплексни числа
- `/` може да дели рационални, дробни или комплексни числа
- `==` може да сравнява числа, символи, кортежи или списъци

- претоварени функции

- `elem` може да търси елемент в списък от сравними елементи
- `show` може да извежда елемент, който има низово представяне
- `[from..to]` може да генерира списък от последователни елементи от тип, в който имаме операции за следващ и предишен елемент



# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове.

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

Класовете от типове дават структуриран подход към ad hoc полиморфизма.

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

Класовете от типове дават структуриран подход към ad hoc полиморфизма.

## Примери:

- `Eq` е класът от типове, които поддържат сравнение

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

Класовете от типове дават структуриран подход към ad hoc полиморфизма.

## Примери:

- `Eq` е класът от типове, които поддържат сравнение
- `Ord` е класът от типове, които поддържат линейна наредба

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

Класовете от типове дават структуриран подход към ad hoc полиморфизма.

## Примери:

- `Eq` е класът от типове, които поддържат сравнение
- `Ord` е класът от типове, които поддържат линейна наредба
- `Show` е класът от типове, чиито елементи могат да бъдат извеждани в низ

# Класове от типове (typeclasses)

## Дефиниция

**Клас от типове** наричаме множество от типове, които поддържат определен тип поведение, зададено чрез множество от имена на функции и техните типове. Функциите на даден клас наричаме **методи**.

Класовете от типове дават структуриран подход към ad hoc полиморфизма.

## Примери:

- `Eq` е класът от типове, които поддържат сравнение
- `Ord` е класът от типове, които поддържат линейна наредба
- `Show` е класът от типове, чиито елементи могат да бъдат извеждани в низ
- `Num` е класът на всички числови типове

# Дефиниране на класове от типове

```
class <клас> <типова-променлива> where  
  {<метод>{,<метод>} :: <тип>}  
  {<метод> = <реализация-по-подразбиране>}
```



# Дефиниране на класове от типове

```
class <клас> <типова-променлива> where  
  {<метод>{,<метод>} :: <тип>}  
  {<метод> = <реализация-по-подразбиране>}
```

## Примери:

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

# Дефиниране на класове от типове

```
class <клас> <типова-променлива> where  
  {<метод>{,<метод>}} :: <тип>}  
  {<метод> = <реализация-по-подразбиране>}
```

## Примери:

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

```
class Measurable a where  
  size :: a -> Integer  
  empty :: a -> Bool  
  empty x = size x == 0
```

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

Класовите ограничения ни дават възможност да дефинираме претоварени функции.

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

Класовите ограничения ни дават възможност да дефинираме претоварени функции.

## Примери:

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

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

Класовите ограничения ни дават възможност да дефинираме претоварени функции.

## Примери:

- `elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool`
- `maximum :: Ord a => [a] -> a`

# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

Класовите ограничения ни дават възможност да дефинираме претоварени функции.

## Примери:

- `elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool`
- `maximum :: Ord a => [a] -> a`
- `(^) :: (Integral b, Num a) => a -> b -> a`



# Класови ограничения

## Дефиниция

Ако  $C$  е клас, а  $t$  е типова променлива, то  $C\ t$  наричаме **класово ограничение**.

Множество от класови ограничения наричаме **контекст**.

Класовите ограничения ни дават възможност да дефинираме претоварени функции.

## Примери:

- `elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool`
- `maximum :: Ord a => [a] -> a`
- `(^) :: (Integral b, Num a) => a -> b -> a`
- `larger :: Measurable a => a -> a -> Bool`
- `larger x y = size x > size y`

# Дефиниране на екземпляри на клас

## Дефиниция

**Екземпляр** (инстанция) на клас е тип, за който са дефинирани методите на класа.

# Дефиниране на екземпляри на клас

## Дефиниция

**Екземпляр** (инстанция) на клас е тип, за който са дефинирани методите на класа.

```
instance <клас> <тип> where  
  {<дефиниция-на-метод>}
```

# Дефиниране на екземпляри на клас

## Дефиниция

**Екземпляр** (инстанция) на клас е тип, за който са дефинирани методите на класа.

```
instance <клас> <тип> where  
    {<дефиниция-на-метод>}
```

## Примери:

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

# Дефиниране на екземпляри на клас

## Дефиниция

**Екземпляр** (инстанция) на клас е тип, за който са дефинирани методите на класа.

```
instance <клас> <тип> where  
    {<дефиниция-на-метод>}
```

## Примери:

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

```
instance Measurable Integer where  
    size 0 = 0  
    size n = 1 + size (n `div` 10)
```

## Екземпляри с контекст

Можем да добавяме контекст в дефиницията за екземпляри:

```
instance [<контекст> =>] <клас> <тип> where  
  {<дефиниция-на-метод>}
```

## Екземпляри с контекст

Можем да добавяме контекст в дефиницията за екземпляри:

```
instance [<контекст> =>] <клас> <тип> where  
    {<дефиниция-на-метод>}
```

**Примери:**

```
instance (Eq a, Eq b) => Eq (a,b) where  
    (x,y) == (u,t) = x == u && y == t
```

## Екземпляри с контекст

Можем да добавяме контекст в дефиницията за екземпляри:

```
instance [<контекст> =>] <клас> <тип> where  
    {<дефиниция-на-метод>}
```

Примери:

```
instance (Eq a, Eq b) => Eq (a,b) where  
    (x,y) == (u,t) = x == u && y == t
```

```
instance (Measurable a, Measurable b) => Measurable (a,b) where  
    size (x,y) = size x + size y
```



## Екземпляри с контекст

Можем да добавяме контекст в дефиницията за екземпляри:

```
instance [<контекст> =>] <клас> <тип> where  
    {<дефиниция-на-метод>}
```

Примери:

```
instance (Eq a, Eq b) => Eq (a,b) where  
    (x,y) == (u,t) = x == u && y == t
```

```
instance (Measurable a, Measurable b) => Measurable (a,b) where  
    size (x,y) = size x + size y
```

```
instance Measurable a => Measurable [a] where  
    size = sum . map size
```

# Наследяване

Можем да дефинираме клас B, който допълва методите на вече съществуващ клас A. Тогава казваме, че:

- Класът B **наследява** (разширява) класа A

# Наследяване

Можем да дефинираме клас B, който допълва методите на вече съществуващ клас A. Тогава казваме, че:

- Класът B **наследява** (разширява) класа A
- Класът B е **подклас** (производен клас, subclass) на класа A

# Наследяване

Можем да дефинираме клас B, който допълва методите на вече съществуващ клас A. Тогава казваме, че:

- Класът B **наследява** (разширява) класа A
- Класът B е **подклас** (производен клас, subclass) на класа A
- Класът A е **надклас** (родителски клас, superclass) на класа B

# Пример: Стандартен клас Ord

```

class Eq a => Ord a  where
  (<), (<=), (>=), (>)  :: a -> a -> Bool
  max, min             :: a -> a -> a
  compare              :: a -> a -> Ordering
  compare x y
    | x == y    = EQ
    | x < y     = LT
    | otherwise = GT
  x < y  = compare x y == LT
  x > y  = compare x y == GT
  x == y = compare x y == EQ
  x <= y = compare x y /= GT
  x >= y = compare x y /= LT
  max x y = if x > y then x else y
  min x y = if x < y then x else y

```

# Множествено наследяване

Даден клас може да наследява едновременно няколко родителски класа.

**Примери:**

```
class (Ord a, Num a) => Real a where  
    ...
```

# Множествено наследяване

Даден клас може да наследява едновременно няколко родителски класа.

**Примери:**

```
class (Ord a, Num a) => Real a where  
    ...
```

```
class (Ord a, Measurable a) => OrdMeasurable a where  
    sortByOrder, sortBySize :: [a] -> [a]
```

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на абстрактни класове или интерфейси



# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на абстрактни класове или интерфейси
- Методите в Haskell съответстват на чисти виртуални функции

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на абстрактни класове или интерфейси
- Методите в Haskell съответстват на чисти виртуални функции
- Класовете и обектите в C++ нямат директен еквивалент в Haskell

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на абстрактни класове или интерфейси
- Методите в Haskell съответстват на чисти виртуални функции
- Класовете и обектите в C++ нямат директен еквивалент в Haskell
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**
  - В C++ и Java то може да бъде и множествено



# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**
  - В C++ и Java то може да бъде и множествено
- В Haskell претоварените функции имат **еднозначно определен тип**

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**
  - В C++ и Java то може да бъде и множествено
- В Haskell претоварените функции имат **еднозначно определен тип**
  - В C++ сме свободни да пишем функции с едно и също име и различни сигнатури

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**
  - В C++ и Java то може да бъде и множествено
- В Haskell претоварените функции имат **еднозначно определен тип**
  - В C++ сме свободни да пишем функции с едно и също име и различни сигнатури
  - В Haskell сме длъжни да наложим класови ограничения

# Сравнение на Haskell с други обектно-ориентирани езици

- Класовете в Haskell съответстват на **абстрактни класове или интерфейси**
- Методите в Haskell съответстват на **чисти виртуални функции**
- Класовете и обектите в C++ **нямат директен еквивалент в Haskell**
  - В Haskell данните винаги са разделени от методите
  - Няма ограничения на достъпа (public, private)
  - Няма понятие за разширяване на тип данни, само на интерфейс
  - Съответно, няма **подтипов полиморфизъм**
- Екземплярите съответстват на **имплементиране (наследяване) на интерфейси**
  - В C++ и Java то може да бъде и множествено
- В Haskell претоварените функции имат **еднозначно определен тип**
  - В C++ сме свободни да пишем функции с едно и също име и различни сигнатури
  - В Haskell сме длъжни да наложим класови ограничения
- В Haskell не можем да правим насилствено преобразуване на тип към даден клас (casting)

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }



# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }
  - <дефиниция> описва различните варианти за елементи на типа

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }
- <дефиниция> описва различните варианти за елементи на типа
- <елемент> ::= <конструктор> { <тип-на-параметър> }

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }
- <дефиниция> описва различните варианти за елементи на типа
- <елемент> ::= <конструктор> { <тип-на-параметър> }
- всеки вариант за елемент на типа се описва с уникален <конструктор>

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }
- <дефиниция> описва различните варианти за елементи на типа
- <елемент> ::= <конструктор> { <тип-на-параметър> }
- всеки вариант за елемент на типа се описва с уникален <конструктор>
- <конструктор> трябва да започва с главна буква

# Потребителски дефинирани типове

В Haskell имаме възможност да дефинираме нови типове данни.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция>
- <тип> трябва да започва с главна буква
- <параметри> е списък от различни типови променливи
- <дефиниция> ::= <елемент> { | <елемент> }
- <дефиниция> описва различните варианти за елементи на типа
- <елемент> ::= <конструктор> { <тип-на-параметър> }
- всеки вариант за елемент на типа се описва с уникален <конструктор>
- <конструктор> трябва да започва с главна буква
- <конструктор> може да има произволен брой параметри, чиито типове се задават в дефиницията

# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

**Примери:**

- `data Bool = False | True`

# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

## Примери:

- `data Bool = False | True`
- `data Compare = LT | EQ | GT`



# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

## Примери:

- `data Bool = False | True`
- `data Compare = LT | EQ | GT`
- `data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun`

# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

## Примери:

- `data Bool = False | True`
- `data Compare = LT | EQ | GT`
- `data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun`
- `today :: Weekday`
- `today = Tue`

# Изброени типове

Най-простият вид потребителски дефинирани типове са **изброените типове**.

## Примери:

- `data Bool = False | True`
- `data Compare = LT | EQ | GT`
- `data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun`
- `today :: Weekday`
- `today = Tue`
- `isWeekend :: Weekday -> Bool`
- `isWeekend Sat = True`
- `isWeekend Sun = True`
- `isWeekend _ = False`

# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

- `type Name = String`
- `type Score = Int`
- `data Player = Player Name Score`

# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

- `type Name = String`
- `type Score = Int`
- `data Player = Player Name Score`
  - Да, името на типа може да съвпада с името на (единствения) конструктор

# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

- `type Name = String`
- `type Score = Int`
- `data Player = Player Name Score`
  - Да, името на типа може да съвпада с името на (единствения) конструктор
- `katniss :: Player`
- `katniss = Player "Katniss Everdeen" 45`

# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

- `type Name = String`
- `type Score = Int`
- `data Player = Player Name Score`
  - Да, името на типа може да съвпада с името на (единствения) конструктор
- `katniss :: Player`
- `katniss = Player "Katniss Everdeen" 45`
- `getName :: Player -> Name`
- `getName (Player name _) = name`



# Записи

Друга възможност за потребителски дефинирани типове са **записите**.

- `type Name = String`
- `type Score = Int`
- `data Player = Player Name Score`
  - Да, името на типа може да съвпада с името на (единствения) конструктор
- `katniss :: Player`
- `katniss = Player "Katniss Everdeen" 45`
- `getName :: Player -> Name`
- `getName (Player name _) = name`
- `better :: Player -> Player -> Name`

```

better (Player name1 score1) (Player name2 score2)
  | score1 > score2   = name1
  | otherwise         = name2

```

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата
- В Haskell има специален синтаксис:
- $\{ \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \}$

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата
- В Haskell има специален синтаксис:
- $\{ \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \}$
- за всяко от полетата автоматично се дефинира функция селектор

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата
- В Haskell има специален синтаксис:
- $\{ \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \{, \langle \text{поле} \rangle \} :: \langle \text{тип} \rangle \}$
- за всяко от полетата автоматично се дефинира функция селектор
- **Пример:**

# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата
- В Haskell има специален синтаксис:
- `{ <поле>{, <поле>} :: <тип> {, <поле>{, <поле>} :: <тип> }}`
- за всяко от полетата автоматично се дефинира функция селектор
- **Пример:**
  - `data Player = Player { name :: Name, score :: Score }`



# Записи с полета

- По същество записите са еквивалентни на кортежите...
- ...които по същество са декартово произведение на типове
- Би било удобно, ако имахме имена на всяко от полетата
- В Haskell има специален синтаксис:
- `{ <поле>{, <поле>} :: <тип> {, <поле>{, <поле>} :: <тип> }}`
- за всяко от полетата автоматично се дефинира функция селектор
- **Пример:**
  - `data Player = Player { name :: Name, score :: Score }`
  - `name :: Player -> Name`
  - `score :: Player -> Score`

# Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

**Примери:**

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
          | Rectangle { width, height :: Double }`

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

### Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
              | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

### Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
              | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`
- `rect :: Shape`
- `rect = Rectangle 3.5 1.8`

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

### Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
              | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`
- `rect :: Shape`
- `rect = Rectangle 3.5 1.8`
- `area :: Shape -> Double`

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

### Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
              | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`
- `rect :: Shape`
- `rect = Rectangle 3.5 1.8`
- `area :: Shape -> Double`
- `area (Circle r) = pi * r^2`
- `area (Rectangle w h) = w * h`

## Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

### Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
              | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`
- `rect :: Shape`
- `rect = Rectangle 3.5 1.8`
- `area :: Shape -> Double`
- `area (Circle r) = pi * r^2`
- `area (Rectangle w h) = w * h`
- `enlarge :: Shape -> Shape`



# Алтернативи

Можем да дефинираме типове, които обединяват няколко други типа.

## Примери:

- `data Shape = Circle { radius :: Double }  
          | Rectangle { width, height :: Double }`
- `circle :: Shape`
- `circle = Circle 2.3`
- `rect :: Shape`
- `rect = Rectangle 3.5 1.8`
- `area :: Shape -> Double`
- `area (Circle r) = pi * r^2`
- `area (Rectangle w h) = w * h`
- `enlarge :: Shape -> Shape`
- `enlarge (Circle r) = Circle (2*r)`
- `enlarge (Rectangle w h) = Rectangle (2*w) (2*h)`

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  ?

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  ?

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  ?

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  Грешка!



## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `Thu < Sat`  $\longrightarrow$  ?

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `Thu < Sat`  $\longrightarrow$  Грешка!

## Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `Thu < Sat`  $\longrightarrow$  Грешка!

За използването на тези елементарни операции се налага ръчно да пишем тривиални екземпляри за класове като `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`:

# Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `circle`  $\longrightarrow$  `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]`  $\longrightarrow$  Грешка!
- `Thu < Sat`  $\longrightarrow$  Грешка!

За използването на тези елементарни операции се налага ръчно да пишем тривиални екземпляри за класове като `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`:

```
instance Eq Shape where
```

```
  Circle x      == Circle y      = x == y
  Rectangle a b == Rectangle c d = (a,b) == (c,d)
  _             == _             = False
```

# Автоматични екземпляри на класове

При работа с алгебрични типове се сблъскваме с един недостатък:

- `Circle 2.3 == Circle 4.5` → Грешка!
- `circle` → `circle :: Shape`
- `[Mon..Fri]` → Грешка!
- `Thu < Sat` → Грешка!

За използването на тези елементарни операции се налага ръчно да пишем тривиални екземпляри за класове като `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`:

```
instance Eq Shape where
```

```
  Circle x      == Circle y      = x == y
  Rectangle a b == Rectangle c d = (a,b) == (c,d)
  _             == _             = False
```

```
instance Show Shape where
```

```
  show (Circle x)      = "Circle " ++ show x
  show (Rectangle a b) = "Rectangle " ++ show a ++ " " ++ show b
```

## Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

## Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>

## Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени



# Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени
- `data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun`  
`deriving (Eq, Ord, Enum, Show, Read)`

# Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени
- `data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun`  
    `deriving (Eq, Ord, Enum, Show, Read)`
- `Eq`: два елемента се считат равни, ако имат равни конструктори с равни параметри

# Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени
- ```
data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun
    deriving (Eq, Ord, Enum, Show, Read)
```
- `Eq`: два елемента се считат равни, ако имат равни конструктори с равни параметри
- `Ord`: елементите се сравняват лексикографски, като конструкторите се считат наредени в реда, в който са дефинирани

# Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени
- ```
data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun
    deriving (Eq, Ord, Enum, Show, Read)
```
- `Eq`: два елемента се считат равни, ако имат равни конструктори с равни параметри
- `Ord`: елементите се сравняват лексикографски, като конструкторите се считат наредени в реда, в който са дефинирани
- `Enum`: позволено само за изброени типове

# Автоматични екземпляри на класове

Haskell има възможност за автоматично извеждане на екземпляри на класовете `Eq`, `Ord`, `Enum`, `Show`, `Read`.

- `data` <тип> [<параметри>] = <дефиниция> `deriving` <класове>
- <класове> е кортеж от стандартни класове, екземпляри за които искаме автоматично да бъдат изведени
- ```
data Weekday = Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun
    deriving (Eq, Ord, Enum, Show, Read)
```
- `Eq`: два елемента се считат равни, ако имат равни конструктори с равни параметри
- `Ord`: елементите се сравняват лексикографски, като конструкторите се считат наредени в реда, в който са дефинирани
- `Enum`: позволено само за изброени типове
- `Show`, `Read`: извежда се/въвежда се конструкторът и след това всеки един от параметрите му

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

**Примери:**

- `data Maybe a = Nothing | Just a`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: ?`



# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: ?`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: ?`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: Maybe a`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: Maybe a`
- `Just Nothing :: ?`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: Maybe a`
- `Just Nothing :: Maybe (Maybe a)`

# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: Maybe a`
- `Just Nothing :: Maybe (Maybe a)`
- `getAt :: Integer -> [a] -> Maybe a`



# Параметризирани типове

Потребителските типове могат да бъдат **генерични**, т.е. да зависят от типови параметри.

## Примери:

- `data Maybe a = Nothing | Just a  
 deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Just 5 :: Maybe Int`
- `Just "wow" :: Maybe String`
- `Nothing :: Maybe a`
- `Just Nothing :: Maybe (Maybe a)`
- `getAt :: Integer -> [a] -> Maybe a`
- `getAt _ [] = Nothing`
- `getAt 0 (x:_) = Just x`
- `getAt n (_:xs) = getAt (n-1) xs`

# Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
`deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

# Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: ?`

# Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`

# Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`
- `Right 'a' :: ?`

# Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`
- `Right 'a' :: Either a Char`

## Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`
- `Right 'a' :: Either a Char`

**Задача.** Да се напише функция, която по даден списък от играчи намира най-добрия резултат, ако е постигнат от единствен играч, или списък от имената на играчите, които са постигнали най-добър резултат.

## Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
    `deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`
- `Right 'a' :: Either a Char`

**Задача.** Да се напише функция, която по даден списък от играчи намира най-добрия резултат, ако е постигнат от единствен играч, или списък от имената на играчите, които са постигнали най-добър резултат.

```
searchBest :: [Player] -> Either Score [Name]
```



## Сума на типове

- `data Either a b = Left a | Right b`  
`deriving (Eq, Ord, Show, Read)`
- `Left 3 :: Either Int b`
- `Right 'a' :: Either a Char`

**Задача.** Да се напише функция, която по даден списък от играчи намира най-добрия резултат, ако е постигнат от единствен играч, или списък от имената на играчите, които са постигнали най-добър резултат.

```
searchBest :: [Player] -> Either Score [Name]
searchBest players
  | length bestPlayers == 1 = Left best
  | otherwise = Right $ map name bestPlayers
  where best = maximum $ map score players
        bestPlayers = filter ((==best) . score) players
```

# Рекурсивни алгебрични типове

Можем да дефинираме типове, позовавайки се на самите тях **рекурсивно**.

# Рекурсивни алгебрични типове

Можем да дефинираме типове, позовавайки се на самите тях **рекурсивно**.

**Пример:** `data Nat = Zero | Succ Nat deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

- `five = Succ $ Succ $ Succ $ Succ $ Succ Zero`

# Рекурсивни алгебрични типове

Можем да дефинираме типове, позовавайки се на самите тях **рекурсивно**.

**Пример:** `data Nat = Zero | Succ Nat deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

- `five = Succ $ Succ $ Succ $ Succ $ Succ Zero`
- `fromNat :: Nat -> Integer`

# Рекурсивни алгебрични типове

Можем да дефинираме типове, позовавайки се на самите тях **рекурсивно**.

**Пример:** `data Nat = Zero | Succ Nat deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

- `five = Succ $ Succ $ Succ $ Succ $ Succ Zero`
- `fromNat :: Nat -> Integer`
- `fromNat Zero = 0`
- `fromNat (Succ n) = fromNat n + 1`

# Рекурсивни алгебрични типове

Можем да дефинираме типове, позовавайки се на самите тях **рекурсивно**.

**Пример:** `data Nat = Zero | Succ Nat deriving (Eq, Ord, Show, Read)`

- `five = Succ $ Succ $ Succ $ Succ $ Succ Zero`
- `fromNat :: Nat -> Integer`
- `fromNat Zero = 0`
- `fromNat (Succ n) = fromNat n + 1`
- `fromNat five → 5`

# ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

# ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)

• six = BitZero $ BitOne $ One
```



## ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `six = BitZero $ BitOne $ One`
- `fromBin :: Bin -> Integer`

# ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `six = BitZero $ BitOne $ One`
- `fromBin :: Bin -> Integer`
- `fromBin One = 1`
- `fromBin (BitZero b) = 2 * fromBin b`
- `fromBin (BitOne b) = 2 * fromBin b + 1`

# ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `six = BitZero $ BitOne $ One`
- `fromBin :: Bin -> Integer`
- `fromBin One = 1`
- `fromBin (BitZero b) = 2 * fromBin b`
- `fromBin (BitOne b) = 2 * fromBin b + 1`
- `succBin :: Bin -> Bin`

# ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `six = BitZero $ BitOne $ One`
- `fromBin :: Bin -> Integer`
- `fromBin One = 1`
- `fromBin (BitZero b) = 2 * fromBin b`
- `fromBin (BitOne b) = 2 * fromBin b + 1`
- `succBin :: Bin -> Bin`
- `succBin One = BitZero One`
- `succBin (BitZero b) = BitOne b`
- `succBin (BitOne b) = BitZero $ succBin b`

## ДВОИЧНИ ЧИСЛА

```
data Bin = One | BitZero Bin | BitOne Bin
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `six = BitZero $ BitOne $ One`
- `fromBin :: Bin -> Integer`
- `fromBin One = 1`
- `fromBin (BitZero b) = 2 * fromBin b`
- `fromBin (BitOne b) = 2 * fromBin b + 1`
- `succBin :: Bin -> Bin`
- `succBin One = BitZero One`
- `succBin (BitZero b) = BitOne b`
- `succBin (BitOne b) = BitZero $ succBin b`
- `fromBin $ succBin $ succBin six → 8`

# Списъци

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

# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`

# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```



# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l`  $\longrightarrow$  ?

# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l → 1`

# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l → 1`
- `fromList :: List a -> [a]`

# Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l → 1`
- `fromList :: List a -> [a]`
- `fromList Nil = []`
- `fromList (Cons x t) = x:fromList t`

## Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l → 1`
- `fromList :: List a -> [a]`
- `fromList Nil = []`
- `fromList (Cons x t) = x:fromList t`
- `(+++ ) :: List a -> List a -> List a`

## Списъци

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

- `l = Cons 1 $ Cons 2 $ Cons 3 $ Nil`
- можем да използваме синтаксиса за записи:

```
data List a = Nil | Cons { listHead :: a, listTail :: List a }
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

- `listHead l → 1`
- `fromList :: List a -> [a]`
- `fromList Nil = []`
- `fromList (Cons x t) = x:fromList t`
- `(+++ ) :: List a -> List a -> List a`
- `Nil +++ l = l`
- `Cons h t +++ l = Cons h (t +++ l)`

## Двоични дървета

```
data BinTree a = Empty | Node { root :: a, left, right :: BinTree a }  
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

### Примери:

- `t = Node 3 (Node 1 Empty Empty) (Node 5 Empty Empty)`

## Двоични дървета

```
data BinTree a = Empty | Node { root :: a, left, right :: BinTree a }  
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

### Примери:

- `t = Node 3 (Node 1 Empty Empty) (Node 5 Empty Empty)`
- `depth :: BinTree a -> Integer`



## Двоични дървета

```
data BinTree a = Empty | Node { root :: a, left, right :: BinTree a }  
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

### Примери:

- `t = Node 3 (Node 1 Empty Empty) (Node 5 Empty Empty)`
- `depth :: BinTree a -> Integer`
- `depth Empty = 0`
- `depth (Node x l r) = max (depth l) (depth r) + 1`

## Двоични дървета

```
data BinTree a = Empty | Node { root :: a, left, right :: BinTree a }  
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

### Примери:

- `t = Node 3 (Node 1 Empty Empty) (Node 5 Empty Empty)`
- `depth :: BinTree a -> Integer`
- `depth Empty = 0`
- `depth (Node x l r) = max (depth l) (depth r) + 1`
- `leaves :: BinTree a -> [a]`

## Двоични дървета

```
data BinTree a = Empty | Node { root :: a, left, right :: BinTree a }  
    deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

### Примери:

- `t = Node 3 (Node 1 Empty Empty) (Node 5 Empty Empty)`
- `depth :: BinTree a -> Integer`
- `depth Empty = 0`
- `depth (Node x l r) = max (depth l) (depth r) + 1`
- `leaves :: BinTree a -> [a]`
- `leaves Empty = []`
- `leaves (Node x Empty Empty) = [x]`
- `leaves (Node x l r) = leaves l ++ leaves r`

# Функции от по-висок ред за двоични дървета

Трансформиране на двоично дърво ([map](#)):

## Функции от по-висок ред за двоични дървета

Трансформиране на двоично дърво ([map](#)):

```
mapBinTree :: (a -> b) -> BinTree a -> BinTree b
mapBinTree _ Empty          = Empty
mapBinTree f (Node x l r) = Node (f x) (mapBinTree f l) (mapBinTree f r)
```

## Функции от по-висок ред за двоични дървета

Трансформиране на двоично дърво (`map`):

```
mapBinTree :: (a -> b) -> BinTree a -> BinTree b
mapBinTree _ Empty          = Empty
mapBinTree f (Node x l r) = Node (f x) (mapBinTree f l) (mapBinTree f r)
```

Свиване на двоично дърво (`foldr`):

```
foldrBinTree :: (a -> b -> b) -> b -> BinTree a -> b
foldrBinTree _ nv Empty          = nv
foldrBinTree op nv (Node x l r) =
  foldrBinTree op (x 'op' foldrBinTree op nv r) l
```

## Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимнорекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }  
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }
```

## Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимнорекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }  
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }  
  
leaf x = Tree x None  
tree = Tree 1 $ SubTree (leaf 2)  
      $ SubTree (Tree 3 $ SubTree (leaf 4) $ None)  
      $ SubTree (leaf 5) $ None
```



## Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимнорекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }
```

```
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }
```

```
leaf x = Tree x None
```

```
tree = Tree 1 $ SubTree (leaf 2)
```

```
    $ SubTree (Tree 3 $ SubTree (leaf 4) $ None)
```

```
    $ SubTree (leaf 5) $ None
```

```
level :: Integer -> Tree a -> [a]
```

## Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимнорекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }
```

```
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }
```

```
leaf x = Tree x None
```

```
tree = Tree 1 $ SubTree (leaf 2)
```

```
      $ SubTree (Tree 3 $ SubTree (leaf 4) $ None)
```

```
      $ SubTree (leaf 5) $ None
```

```
level :: Integer -> Tree a -> [a]
```

```
level 0 (Tree x _)      = [x]
```

```
level k (Tree _ ts)     = levelTrees (k - 1) ts
```

# Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимно рекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }
```

```
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }
```

```
leaf x = Tree x None
```

```
tree = Tree 1 $ SubTree (leaf 2)
```

```
      $ SubTree (Tree 3 $ SubTree (leaf 4) $ None)
```

```
      $ SubTree (leaf 5) $ None
```

```
level :: Integer -> Tree a -> [a]
```

```
level 0 (Tree x _)      = [x]
```

```
level k (Tree _ ts)     = levelTrees (k - 1) ts
```

```
levelTrees :: Integer -> TreeList a -> [a]
```

# Дървета с произволен брой наследници

Можем да правим **взаимнорекурсивни** дефиниции:

```
data Tree a = Tree { rootTree :: a, subtrees :: TreeList a }
```

```
data TreeList a = None | SubTree { firstTree :: Tree a, restTrees :: TreeList a }
```

```
leaf x = Tree x None
```

```
tree = Tree 1 $ SubTree (leaf 2)
```

```
    $ SubTree (Tree 3 $ SubTree (leaf 4) $ None)
```

```
    $ SubTree (leaf 5) $ None
```

```
level :: Integer -> Tree a -> [a]
```

```
level 0 (Tree x _)      = [x]
```

```
level k (Tree _ ts)     = levelTrees (k - 1) ts
```

```
levelTrees :: Integer -> TreeList a -> [a]
```

```
levelTrees _ None       = []
```

```
levelTrees k (SubTree t ts) = level k t ++ levelTrees k ts
```

# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |  
            SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }  
            deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |  
            SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }  
            deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

```
sexpr = SList [SInt 2, SChar 'a', SList [SBool True, SDouble 1.2, SList []]]
```

# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |  
            SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }  
            deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

```
sexpr = SList [SInt 2, SChar 'a', SList [SBool True, SDouble 1.2, SList []]]
```

```
countAtoms :: SExpr -> Integer
```

# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |  
            SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }  
            deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

```
sexpr = SList [SInt 2, SChar 'a', SList [SBool True, SDouble 1.2, SList []]]
```

```
countAtoms :: SExpr -> Integer  
countAtoms (SList sls) = sum $ map countAtoms sls  
countAtoms _           = 1
```



# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |  
            SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }  
            deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

```
sexpr = SList [SInt 2, SChar 'a', SList [SBool True, SDouble 1.2, SList []]]
```

```
countAtoms :: SExpr -> Integer  
countAtoms (SList sls) = sum $ map countAtoms sls  
countAtoms _           = 1
```

```
flatten :: SExpr -> SExpr
```

# Полиморфни списъци

```
data SExpr = SBool Bool | SChar Char | SInt Int |
             SDouble Double | SList { list :: [SExpr] }
             deriving (Eq, Ord, Show, Read)
```

```
sexpr = SList [SInt 2, SChar 'a', SList [SBool True, SDouble 1.2, SList []]]
```

```
countAtoms :: SExpr -> Integer
countAtoms (SList sls) = sum $ map countAtoms sls
countAtoms _           = 1
```

```
flatten :: SExpr -> SExpr
flatten (SList sls) = SList $ concatMap (list . flatten) sls
flatten x           = SList [x]
```