

IB015 Neimperativní programování

Hodnoty a typy

Jiří Barnat
Libor Škarvada

Uspořádané n-tice a seznamy

Pozorování

- Programy pro své fungování potřebují různé informace – **data**.
- Data jsou vstupní hodnoty, výstupní hodnoty, mezivýsledky výpočtů, parametry funkcí, atd.

Programování a data

- Data je třeba uchovávat tak, aby je bylo možné zpracovat mechanicky/strojově.
- Tvorba jednoznačného popisu struktury a **způsobu uložení dat je nedílná součást procesu programování.**

Dekompozice dat

- Veškerá data použitá v programu je třeba vystavět ze základních datových elementů podle definovaných pravidel.
- Existují striktní pravidla pro dekompozici dat, my si však v rámci IB015 vystačíme s intuicí.

Základní datové elementy

- Čísla, Znaky, Pravdivostní hodnoty

Základní způsoby kompozice dat

- Uspořádané n-tice
- **Seznamy**

Co to je

- Pevně daný počet nějakých hodnot v pevně daném pořadí.
- Prvek kartézského součinu nosných množin.

Příklady

- Datum: (11, "březen", 1977) .
- Přihlašovací údaje: ("xbarnat", "majen10cm")
- Pozice pixelu v rastrovém obrázku: (x, y) ,
všimněme si, že (12,43) \neq (43,12) .

Kdy se má použít

- **Počet prvků v n-tici je znám předem**,
tj. v okamžiku psaní zdrojového kódu.
- Počet prvků v n-tici je malý (hodnota n je malá).

Co to je

- Posloupnost hodnot stejného charakteru (stejného typu).
- Posloupnost může být prázdná, konečná i nekonečná.
- Každý prvek v seznamu je na nějaké (unikátní) pozici.

Příklady

- Seznam čísel: [12, 43, -3, 15, 29]
- Nekonečný seznam přirozených čísel: [1, 2, ..]
- Seznam uspořádaných dvojic:
[("Fero", 12), ("Nero", 7), ("Pero", 5)]
- Prázdný seznam: []

Kdy se má použít

- **Data vznikají nebo se zpracovávají postupně.**
- Počet prvků použitých programem není předem znám.

Aplikace – Diář squashových partnerů.

- Program pro správu kontaktů na různé squashové hráče.
- Hlavní datová struktura je seznam kontaktů.

Datová dekompozice

- Seznam kontaktů
[kontakt1, kontakt2, kontakt3, ..., kontakt315]
- Kontakt je uspořádaná trojice
(Prezdivka, Telefon, Adresa)
- Adresa je uspořádaná pětice
(Jmeno, Prijmeni, Ulice, Cislo Popisne, Mesto)
- Prezdivka, Jmeno, Prijmeno, Ulice, Mesto jsou seznamy znaků
- Telefon, Cislo Popisne jsou čísla

Hodnoty a Typy

Typ není váš nepřítel

Typ není váš nepřítel



Co je to typ

- Označení množiny všech hodnot dané kvality.
- Komunikační prostředek napomáhající správnému skládání programů z jednotlivých funkcí.

K čemu se používají typy

- Každá hodnota, nebo výraz má svůj typ.
- Definice typové signatury funkcí.
- Kontrola logické konzistence programu v době překladu.
- Popis způsobu kompozice složených datových struktur.
(Typy se komponují stejně jako data.)

Základní datové typy

- `Int`, `Integer`, `Float`, `Char`, `Bool`

Složené typy

- Uspořádané n-tice:

`(Bool, Int)`

- Seznamy:

`[Int]`, `[Char]`, `[[Char]]`

`[Char] ≡ String`

Funkcionální typy

- `Integer -> Bool`, `Float -> Float -> Float`

Konstrukce

- Jsou-li σ a τ nějaké typy, tak $\sigma \rightarrow \tau$ je typ všech funkcí s parametrem typu σ a funkční hodnotou typu τ .

Typ n-árních funkcí

- Jsou-li $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 \dots \sigma_n$ a τ nějaké typy, tak

$$\sigma_1 \rightarrow \sigma_2 \rightarrow \sigma_3 \rightarrow \dots \rightarrow \sigma_n \rightarrow \tau$$

je typ všech funkcí s prvním parametrem typu σ_1 , druhým parametrem typu σ_2 , ... a funkční hodnotou typu τ .

Terminologie

- **Arita funkce** označuje počet parametrů funkce.
- Konstanty, unární, binární, ternární funkce.
- Nulární funkce ($n=0$) jsou konstanty daného typu.

Pozorování

- Typ výrazu, který je úplná aplikace funkce na parametry, lze odvodit z typu použité funkce **bez nutnosti výpočtu výsledné hodnoty**.

Příklad

```
odd :: Integer -> Bool
27  :: Integer
odd 27 :: Bool
```

Pozorování

- Některé funkce nepotřebují znát konkrétní typy formálních parametrů, pouze jejich strukturu.
- Místo konkrétního typu se použije **typová proměnná**.
- Při aplikaci funkce na konkrétní parametry, se za typovou proměnnou dosadí typ, který odpovídá použitému parametru. (Typová proměnná se specializuje.)
- **POZOR! Typová proměnná zastupuje i složené typy.**

Příklad

```
fst :: (a,b) -> a
(not,"Coze?") :: (Bool -> Bool,[Char])
fst (not ,"Coze?") :: Bool -> Bool
```

Pozorování

- Některé funkce nevyžadují konkrétní typ, ale zároveň nedovolují použití libovolného typu, proto je třeba specializaci typové proměnné omezit na vybranou podtřídu typů.

Základní typové třídy

- `Integral` – celočíselné
- `Num` – numerické
- `Ord` – uspořadatelné
- `Eq` – porovnatelné na rovnost

Příklady typů s omezením specializace typové proměnné

```
odd :: Integral a => a -> Bool
```

```
(+) :: Num a => a -> a -> a
```


Uspořádané n-tice a seznamy v Haskellu

Zápis uspořádaných n-tic

- Přirozený, pomocí závorek a čárek.
- Příklady zápisu uspořádaných n-tic v Haskellu:

`(12,15)`

`(2,3,'a',5,6)`

`("Fiii","jo", 350, "tisíc", '!')`

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

Krajní případy

- Jednotice se nepoužívají.
- Nultice: `()`

Hodnotové konstruktory

- $(, , \dots ,)$ – hodnotový konstruktore uspořádané n-tice
- $(,)$ – hodnotový konstruktore uspořádané dvojice

$$(,) :: a \rightarrow b \rightarrow (a, b)$$
$$(,) x y = (x, y)$$

Projekce

- `fst` , `snd` – projekce na první a druhou složku

$$\text{fst} :: (a, b) \rightarrow a$$
$$\text{fst } (x, y) = x$$
$$\text{snd} :: (a, b) \rightarrow b$$
$$\text{snd } (x, y) = y$$

Zápis seznamů

- V hranatých závorkách uzavřená posloupnost prvků oddělených čárkou.
- Seznam znaků též jako řetězec (text v uvozovkách).

Příklady

```
[3,3,3,3]
```

```
[ [1], [1,2], [1,2,3] ]
```

```
[]
```

```
"ahoj" = ['a','h','o','j']
```

```
"toto je také seznam"
```

```
[ or, or, or, and ]
```

Hodnotové konstruktory

- Prázdný seznam: `[]`
`[] :: [a]`
- Operátor připojení prvku na začátek seznamu: `(:)`
`(:) :: a -> [a] -> [a]`

Příklady

- Správné použití
`(:) 3 [3,3,3] ~> [3,3,3,3]`
`1:2:3:[] ~> [1,2,3]`
`4:[4,4,4,4] ~> [4,4,4,4,4]`
`'A':"hoj" ~> "Ahoj"`
- Nesprávné použití
`[2] : [3,4,5] ~> ERROR`
`[2,3,4] : 5 ~> ERROR`
`'A' : [1,2,3] ~> ERROR`

Úkol

- Jaké je implicitní ozávkování v následujícím výrazu a proč je takové, jaké je?

1:2:3:4:5: []

Řešení

Úkol

- Jaké je implicitní ozávkování v následujícím výrazu a proč je takové, jaké je?

1:2:3:4:5: []

Řešení

- 1:(2:(3:(4:(5: []))))
- Jiné ozávkování není možné, nevyhovělo by typové signatuře hodnotového konstruktora (:).
- Dvojtečka nejvíce vlevo je **nejvnějšnější**.

Funkce pro spojení seznamů

- Seznamy **stejného typu** lze spojit pomocí funkce `(++)`
`(++) :: [a] -> [a] -> [a]`

Příklady

- Správné použití

`(++) "Ahoj " "světe!" ~> "Ahoj světe!"`

`"Ahoj" ++ " " ++ "světe!" ~> "Ahoj světe!"`

`[1,2,3] ++ [4,5,6] ~> [1,2,3,4,5,6]`

- Nesprávné použití

`2 ++ [3,4,5] ~> ERROR`

`[2,3,4] ++ 5 ~> ERROR`

`[2,3] ++ "text" ~> ERROR`

Hodnotové konstruktory ve víceřádkových definicích

- Fungují jako vzory na levých stranách definice.
- Mapují se vždy na **nejvnějšnější** výskyt.

Příklady

- Funkce `null` aplikovaná na nějaký seznam, vrací `True` pokud je seznam prázdný a `False` pokud je neprázdný.

```
null :: [a] -> Bool
null (_,_) = False
null [] = True
```

- Funkce `snd` aplikovaná na uspořádanou dvojici, vrací druhý prvek dvojice.

```
snd :: (a,b) -> b
snd (_,y) = y
```

Použití symbolu @

- Pokud `vzor` je korektně vytvořený datový vzor, pak zápisem `jmeno@vzor` získáme proměnnou `jmeno`, která bude po úspěšném použití vzoru odkazovat na celý mapovaný obsah.
- Nejčastěji používané ve spojení se seznamy, ale funguje všeobecně pro jakékoliv hodnoty konstruované s využitím hodnotových konstruktorů.

Příklady

- Při mapování seznamu `[1,2,3]` na vzor `a@(x:t)`, bude
 $a = [1,2,3], \quad x = 1, \quad t = [2,3]$.
- $f(a@(x:y)) = x:a++y$
 $f[1,2,3] \rightsquigarrow^* [1,1,2,3,2,3]$
 $f[] \rightsquigarrow^* \mathbf{ERROR}$

Úkoly

- Napište funkci, která vrátí druhý prvek seznamu, pokud je aplikována na seznam délky alespoň dva.