

Monadické parsování (Parsec) a nástroje

IB016 Seminář z funkcionálního programování

Mnoho autorů napříč věky

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

Jaro 2022

Nástroj hlásící návrhy na zlepšení kódu („linter“)

- samostatný balík z Hackage, nutno doinstalovat
 - často dostupný přímo v repozitářích distribuce
 - Fl: na nymfách nainstalovaný z repozitářů Ubuntu
 - více podrobností v samostatném návodu v ISu
- `aisa$ cabal new-install hlint`
- `hlint [--hint soubor_definic_navíc] zdroják`
- možno integrovat přímo do GHCi, vizte návod v ISu
- soubor s dodatečnými definicemi v ISu

Dokumentace v Haskellu: Haddock

```
-- | The 'square' function squares an integer.  
square :: Int -> Int  
square x = x * x
```

```
data T a b  
  = C1 a b -- ^ info about constructor 'C1'  
  | C2 a b -- ^ info about constructor 'C2'
```

- syntaxe komentářů pro automatické zpracování
- generování HTML dokumentace programem haddock
 - `haddock file.hs --html -o doc`
- na FI: součástí modulu `ghc`
- více informací v [oficiální dokumentaci](#)

Haskell má několik balíčků pro práci s regulárními výrazy:

- většina se nachází v modulech `Text.Regex.*`
- „základní“ posixová implementace v balíku `regex-posix`
- pěkný přehled možností různých balíčků najdete třeba na https://wiki.haskell.org/Regular_expressions

Vesměs stejný princip jako u jiných jazyků.

Monadické parsování - Parsec

Syntaktické analyzátoři (parsery)

Základní regulární výrazy často nestačí.

→ využijeme syntaktické analyzátoři (parsery)

- lexikální analyzátor **Alex** + syntaktický analyzátor **Happy** (podobné kombinaci *lex/flex* + *bison/yacc*)
- **Parsec** – knihovna založena na parserových kombinátorech, zvládá i tvorbu lexikálních analyzátorů, přívětivější chybové hlášky
- **Attoparsec** – další kombinátorová knihovna, rychlejší než Parsec – hlavně pro síťové protokoly a komplikované textové/binární formáty, chybí *transformátor*
- A mnoho dalších – Polyparse, Megaparsec, GLL...

Myšlenka:

- definujme parser pomocí většího množství menších/jednodušších parserů

Myšlenka:

- definujeme parser pomocí většího množství menších/jednodušších parserů

Technicky:

- balík `parsec` (není součástí standardní distribuce)
- nejpoužívanější funkce přímo v modulu `Text.Parsec`
- pro naše účely hlavně funkce z modulů `Text.Parsec.Char` a `Text.Parsec.Combinators`
- pro zjednodušení typování importujte i modul `Text.Parsec.String`

`myParser` `::` `Parser` `a`

- parser, který zpracuje vstup na hodnotu typu `a`
- instance pro třídy `Functor`, `Applicative` i `Monad`
- ve skutečnosti je to pouze typové synonymum pro obecnější parser, viz později

Aplikace parserů

Na aplikaci parserů používáme specializované funkce:¹

```
parse :: Parser a -> SourceName -> String  
      -> Either ParseError a
```

- `parse p name input` spustí parser `p` na vstupu `input`, `name` se bude používat pouze na identifikaci v chybových hláškách
- výsledkem je buď zparsovaná hodnota, nebo chyba typu `ParseError`

¹typ je ve skutečnosti obecnější, viz později

Na aplikaci parserů používáme specializované funkce:¹

```
parse :: Parser a -> SourceName -> String  
      -> Either ParseError a
```

- `parse p name input` spustí parser `p` na vstupu `input`, `name` se bude používat pouze na identifikaci v chybových hláškách
- výsledkem je buď zparsovaná hodnota, nebo chyba typu `ParseError`

```
parseFromFile :: Parser a -> String  
              -> IO (Either ParseError a)
```

- `parseFromFile p f` spustí parser `p` na obsahu souboru `f`

¹typ je ve skutečnosti obecnější, viz později

Základní znakový parser

`satisfy` :: (Char -> Bool) -> Parser Char

- parser `satisfy` p uspěje, jestliže načtený znak splňuje zadaný predikát (pak vrátí tento znak)

Základní znakový parser

```
satisfy :: (Char -> Bool) -> Parser Char
```

- parser `satisfy` p úspěje, jestliže načtený znak splňuje zadaný predikát (pak vrátí tento znak)

Existující užitečné parsery:

```
char :: Char -> Parser Char
```

```
digit, letter, anyChar, space :: Parser Char
```

```
oneOf, noneOf :: [Char] -> Parser Char
```

Základní znakový parser

`satisfy :: (Char -> Bool) -> Parser Char`

- parser `satisfy` p úspěje, jestliže načtený znak splňuje zadaný predikát (pak vrátí tento znak)

Existující užitečné parsery:

`char :: Char -> Parser Char`

`digit, letter, anyChar, space :: Parser Char`

`oneOf, noneOf :: [Char] -> Parser Char`

Příklad: *02 Mar 2022*

- Které znakové parsery použít?
- Jak napsat znakové parsery pomocí `satisfy`?

Zamyšlení: Jak budou fungovat instance **Functor**, **Monad**?

- `fmap :: (a -> b) -> Parser a -> Parser b`
`fmap (: "!") (char 'A')`

Funkce a operátory z instancí

Zamyšlení: Jak budou fungovat instance `Functor`, `Monad`?

- `fmap :: (a -> b) -> Parser a -> Parser b`
`fmap (: "!") (char 'A')`

`fmap` aplikuje funkci na vrácenou hodnotu

- `pure :: a -> Parser a`
`pure 42`

Funkce a operátory z instancí

Zamyšlení: Jak budou fungovat instance `Functor`, `Monad`?

- `fmap :: (a -> b) -> Parser a -> Parser b`
`fmap (: "!") (char 'A')`

`fmap` aplikuje funkci na vrácenou hodnotu

- `pure :: a -> Parser a`
`pure 42`

`pure` `x` nic nečte a vrátí hodnotu `x`

- `twoChars = do`
 `char1 <- anyChar`
 `char2 <- anyChar`
 `pure [char1, char2]`

Funkce a operátory z instancí

Zamyšlení: Jak budou fungovat instance `Functor`, `Monad`?

- `fmap :: (a -> b) -> Parser a -> Parser b`
`fmap (: "!") (char 'A')`

`fmap` aplikuje funkci na vrácenou hodnotu

- `pure :: a -> Parser a`
`pure 42`

`pure` `x` nic nečte a vrátí hodnotu `x`

- `twoChars = do`
 `char1 <- anyChar`
 `char2 <- anyChar`
 `pure [char1, char2]`

operátor `>>=` předá zparsovanou hodnotu zleva doprava

Další užitečné operátory

■ >>

`spaces >> identifier`

Další užitečné operátory

- >>

```
spaces >> identifier
```

- liftAX

```
liftA2 (+) number number
```

Další užitečné operátory

- >>

`spaces >> identifier`

- `liftAX`

`liftA2 (+) number number`

- `<$>`

`(++ "!") <$> greeting`

Další užitečné operátory

- >> `spaces >> identifier`
- `liftAX` `liftA2 (+) number number`
- <\$> `(++ "!") <$> greeting`
- <\$ `"greeting here" <$ greeting`

Další užitečné operátory

- >> spaces >> identifier
- liftAX liftA2 (+) number number
- <\$> (++ "!") <\$> greeting
- <\$ "greeting here" <\$ greeting
- <*> (,) <\$> key <*> value

Další užitečné operátory

- >> `spaces >> identifier`
- `liftA2` `(+)` `number number`
- `<$>` `(++ "!") <$> greeting`
- `<$` `"greeting here" <$ greeting`
- `<*>` `(,) <$> key <*> value`
- `<*` `string "Hello" <* spaces <* name`

Další užitečné operátory

- >> `spaces >> identifier`
- `liftA2` `(+) number number`
- `<$>` `(++ "!") <$> greeting`
- `<$` `"greeting here" <$ greeting`
- `<*>` `(,) <$> key <*> value`
- `<*` `string "Hello" <* spaces <* name`
- `*>` `string "Hello" *> spaces *> name`

Existující užitečné parsery:

```
string :: String -> Parser String
```

```
between :: Parser open -> Parser close  
        -> Parser a -> Parser a
```

```
count :: Int -> Parser a -> Parser [a]
```

```
many, many1 :: Parser a -> Parser [a]
```

```
sepBy, sepBy1 :: Parser a -> Parser sep -> Parser [a]
```

```
choice :: [Parsec a] -> Parsec a
```

Existující užitečné parsery:

```
string :: String -> Parser String
between :: Parser open -> Parser close
         -> Parser a -> Parser a
count  :: Int -> Parser a -> Parser [a]
many, many1 :: Parser a -> Parser [a]
sepBy, sepBy1 :: Parser a -> Parser sep -> Parser [a]
choice :: [Parsec a] -> Parsec a
```

- Kolik vstupu spracuje `many`?
`parse (many digit) "input name" "hello"`
- Jak zparsujeme datum a které parsery použijeme?
Například: `02 Mar 2022`

Příklad kombinace parserů v do-bloku

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Date = Date { dDay :: Int, dMonth :: Month  
                  , dYear :: Int }
```

Příklad kombinace parserů v do-bloku

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Date = Date { dDay :: Int, dMonth :: Month
                  , dYear :: Int }
```

```
dateParser :: Parser Date
```

```
dateParser = do
  day <- read <$> count 2 digit
  space
  month <- monthParser
  space
  year <- read <$> count 4 digit
  pure $ Date day month year
```

Příklad kombinace parserů v do-bloku

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Date = Date { dDay :: Int, dMonth :: Month
                  , dYear :: Int }
```

```
dateParser :: Parser Date
```

```
dateParser = do
    day <- read <$> count 2 digit
    space
    month <- monthParser
    space
    year <- read <$> count 4 digit
    pure $ Date day month year
```

- Jak bude vypadat parser `monthParser`
- Jaká má parser omezení?

Příklad kombinace parserů v do-bloku – pokračování

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Month = Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun
           | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec
```

```
monthParser :: Parser Month
```

```
monthParser = choice [ string "Jan" >> pure Jan
                      , string "Feb" $> Feb
                      , Mar <$ string "Mar"
                      , string "Apr" *> pure Apr
                      , pure May <*> string "May"
                      , ...
                      ]
```

Příklad kombinace parserů v do-bloku – pokračování

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Month = Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun  
           | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec
```

```
monthParser :: Parser Month
```

```
monthParser = choice [ string "Jan" >> pure Jan  
                      , string "Feb" $> Feb  
                      , Mar <$ string "Mar"  
                      , string "Apr" *> pure Apr  
                      , pure May <*> string "May"  
                      , ...  
                      ]
```

- Ve vlastním kódu si vyberte jen jeden styl a buďte konzistentní!

Příklad kombinace parserů v do-bloku – pokračování

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Month = Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun
           | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec
```

```
monthParser :: Parser Month
```

```
monthParser = choice [ string "Jan" >> pure Jan
                      , string "Feb" $> Feb
                      , Mar <$ string "Mar"
                      , string "Apr" *> pure Apr
                      , pure May <*> string "May"
                      , ...
                      ]
```

- Ve vlastním kódu si vyberte jen jeden styl a buďte konzistentní!
- Je tento parser korektní?

$\langle | \rangle :: \text{Parser } a \rightarrow \text{Parser } a \rightarrow \text{Parser } a$

- $p \langle | \rangle q$ se pokusí nejdříve použít parser p a jestli uspěje, vrátí jeho výsledek
- jestli p selže bez toho, aby spotřeboval nějaký vstup, použije se parser q
- Příklad: `string "spring" <|> string "autumn"`

Alternativa parserů

`<|> :: Parser a -> Parser a -> Parser a`

- `p <|> q` se pokusí nejdříve použít parser `p` a jestli uspěje, vrátí jeho výsledek
- jestli `p` selže bez toho, aby spotřeboval nějaký vstup, použije se parser `q`
- Příklad: `string "spring" <|> string "autumn"`

Existující užitečné parseery:

`option :: a -> Parser a -> Parser a`

`optionMaybe :: Parser a -> Parser (Maybe a)`

`optional :: Parser a -> Parser ()`

Alternativa parserů

```
season = string "spring" <|> string "summer"
```

Alternativa parserů

```
season = string "spring" <|> string "summer"
```

`season` na řetězci `"summer"` selže – levá alternativa sice selhala, ale spotřebovala vstup!

Alternativa parserů

```
season = string "spring" <|> string "summer"
```

`season` na řetězci `"summer"` selže – levá alternativa sice selhala, ale spotřebovala vstup!

`try :: Parser a -> Parser a`

- `try p` se chová stejně jako parser `p`, ale když `p` selže, vrátí se ve vstupu, jako by žádný nebyl parserem `p` spotřebován

Alternativa parserů

```
season = string "spring" <|> string "summer"
```

`season` na řetězci `"summer"` selže – levá alternativa sice selhala, ale spotřebovala vstup!

`try :: Parser a -> Parser a`

- `try p` se chová stejně jako parser `p`, ale když `p` selže, vrátí se ve vstupu, jako by žádný nebyl parserem `p` spotřebován
- Pozor: používání `try` zvyšuje složitost parsování! (Ale na druhou stranu nám umožňuje mít libovolný *lookahead*.)

Příklad kombinace parserů v do-bloku – dokončení

Příklad: *02 Mar 2022*

```
data Month = Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun
           | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec
```

```
monthParser :: Parser Month
```

```
monthParser = choice [ try $ Jan <$ string "Jan"
                      ,   Feb <$ string "Feb"
                      , try $ Mar <$ string "Mar"
                      , try $ Apr <$ string "Apr"
                      ,   May <$ string "May"
                      , ...
                      ]
```

- `try` není potřeba všude

Užitečné chybové hlášky

Nevýhoda kombinátorových parserů: Ladění není snadné.
(Který parser selhal?)

Užitečné chybové hlášky

Nevýhoda kombinátorových parserů: Ladění není snadné.
(Který parser selhal?)

Zlepšení: Doplňme do parseru popis, co dělá:

```
"your input:" (line 1, column 1):  
unexpected "L"  
expecting digit
```

Užitečné chybové hlášky

Nevýhoda kombinátorových parserů: Ladění není snadné.
(Který parser selhal?)

Zlepšení: Doplňme do parseru popis, co dělá:

```
"your input:" (line 1, column 1):  
unexpected "L"  
expecting digit
```

`(<?>) :: Parser a -> String -> Parser a`

- mění chybovou hlášku („expected“)
- obzvláště vhodné pro alternativy nebo `try`
- parser nesmí spotřebovat vstup

Ve skutečnosti je to obecnější...

Typ `Parser a` je pouze speciální případ parseru:

```
type Parser a = Parsec String () a
```

```
type Parsec s u a = ParsecT s u Identity a
```

`ParsecT s u m a` představuje parser, který

- zpracovává typ `s`
- udržuje si stav typu `u`
- pracuje v monádě `m`
- vrací výsledek typu `a`

Ve skutečnosti je to obecnější...

Typ `Parser a` je pouze speciální případ parseru:

```
type Parser a = Parsec String () a
```

```
type Parsec s u a = ParsecT s u Identity a
```

`ParsecT s u m a` představuje parser, který

- zpracovává typ `s`
- udržuje si stav typu `u`
- pracuje v monádě `m`
- vrací výsledek typu `a`

Typ funkce `parse` je pak následovný:

```
runParser :: Stream s Identity t =>
```

```
Parsec s u a -> u -> SourceName -> s
```

```
-> Either ParseError a
```

Napište parser pro:

- datum – "2015-04-14"
rozpoznaný řetězec číslic můžete konvertovat funkcí `read`,
výsledek ať je vámi definovaného typu `Date`, rozsah
kontrolovat nemusíte
- čísla která mohou mít desetinnou část – "12", "12.54"
- seznam čísel – "[12, 12.54, 42, 66, 3.14]"
využijte parser z předchozího cvičení
- výraz s přirozenými čísly a operacemi – $(2+5)*2$
precedenci operátorů neřešte, parser ať výraz rovnou
vyhodnotí, tj. ať je typu `Parser Int`