IB015 Neimperativní programování

Jiří Barnat

Organizace kurzu

Organizace výuky

Kurz IB015

- Zakončen zkouškou.
- 6 kreditů (2/1/1+zk) = 180 hodin = 22 pracovních dnů

Přednáška

- Fyzicky prezenčně dle rozvrhu.
- Výuková videa v interaktivní osnově.

Cvičení

- Se 14 denní periodou v určené časové sloty.
- Týdně alternují suché a liché skupiny.
- Výjimka – první týden, cvičení mají všichni.

Samostatné domácí úlohy

- Zadávány skrze interaktivní osnovu předmětu.

Ověřování znalostí

Závěrečná písemná zkouška

- Povinná část – Test Minimálních Dovedností (TMD)
- Nepovinná část, možno získat 10 bodů.

Domácí úlohy

- Odpovědníky v ISu. Úkol = 5 odpovědníků.
- Celkem 6 domácích úloh, každý za 2.5 bodu.
- Celkem bude možné získat 15 bodů.

Forma DÚ

- Teoretické vs. Praktické.
- **Teoretické možno otevřít jednou, na omezenou dobu.**
- Praktické možno odevzdat opakovaně (až 5x).

Požadavky na ukončení

Neúspěšné ukončení

- Nezískání alespoň 8 bodů z DÚ – hodnocení X.
- Nesplnění TMD – hodnocení F.
- Splnění TMD, nezískání 10 a více bodů – hodnocení F.
- Opravné termíny na TMD dle SZŘ.

Úspěšné ukončení

- Zisk alespoň 8 bodů z DÚ.
- Splnění TMD.
- Známka dle počtu bodů za DÚ a zkoušku:

  E:[10,12) D:[12,14) C:[14,17) B:[17,20) A:[20,25]
- 12+ bodů z DÚ a úspěšné ukončení = odmazaní jednoho F.

Cíle kurzu

Cíle kurzu

- Studenti se seznámí s funkcionálním a logickým paradigmatem programování, díky čemuž se odprostí od imperativního způsobu uvažování o problémech a jejich řešení.
- V rámci kurzu se studenti blíže seznámí s funkcionálním programovacím jazykem Haskell a s logickým programovacím systémem Prolog.

Schopnosti absolventa

- Je schopen dekomponovat výpočetní problém na jednotlivé funkce a tuto schopnost používá při vytváření vlastních kódů i v imperativních programovacích jazycích.
- Umí efektivně použít prvky funkcionálního programování v imperativních programovacích jazycích.
- Má základní znalost programovacích jazyků Haskell a Prolog.
- Rozumí způsobu popisu programů ve funkcionálním a logickém výpočetním paradigmatu.
- Umí oddělit CO od JAK.

Požadavky a předpoklady pro úspěšné absolvování

Předpoklady

- Možné úspěšně absolvovat bez znalosti programování.
- Schopnost abstraktního myšlení.
- Základní počítačová gramotnost (Unix/Linux OS).

Znalost imperativního programování

- Je výhodou pro pochopení rozdílného způsobu myšlení v imperativním a neimperativním světě.
- Může být zpočátku mentální bariérou.

Zdroje a učební materiály

Funkcionální paradigma

- `http://haskell.cz/`
- Thompson, Simon. Haskell: the craft of functional programming.
- Structure and Interpretation of Computer Programs [`http://mitpress.mit.edu/sicp/full-text/book/book.html`]

Logické paradigma

- `http://www.learnprolognow.org`
- Nerode, Shore: Logic for Applications

Co znamená programovat?

Programování a programovací jazyk

Programování

- Vytvoření a zápis postupu řešení problému s takovou úrovní detailů a přesnosti, aby tento popis mohl být mechanicky vykonáván strojem, zejména počítačem.
- Zápis postupu = zdrojový kód programu.
- Zdrojový kód programu je uložen v textovém souboru.

Programovací jazyk

- Uměle vytvořený jazyk pro přesný a jednoznačný zápis programů člověkem.

Co znamená umět programovat?

Schopnost programovat

- **Mentální schopnost nacházet mechanicky proveditelné postupy za účelem řešení daného problému.**
- Schopnost přesně formulovat postupy v daném programovacím jazyce.

Volba a znalost programovacího jazyka

- Programovacích jazyků je mnoho.
- Volba programovacího jazyka klade omezení na způsob formulace zamýšlených postupů.

Míra zkušeností a praxe

Riziko a klam moderní doby

- Dokumentace k programovacím jazykům jsou snadno dostupné i ve formě tutoriálů, avšak samotné poznání syntaxe a sémantiky programovacího jazyka nedělá dokonalého programátora.

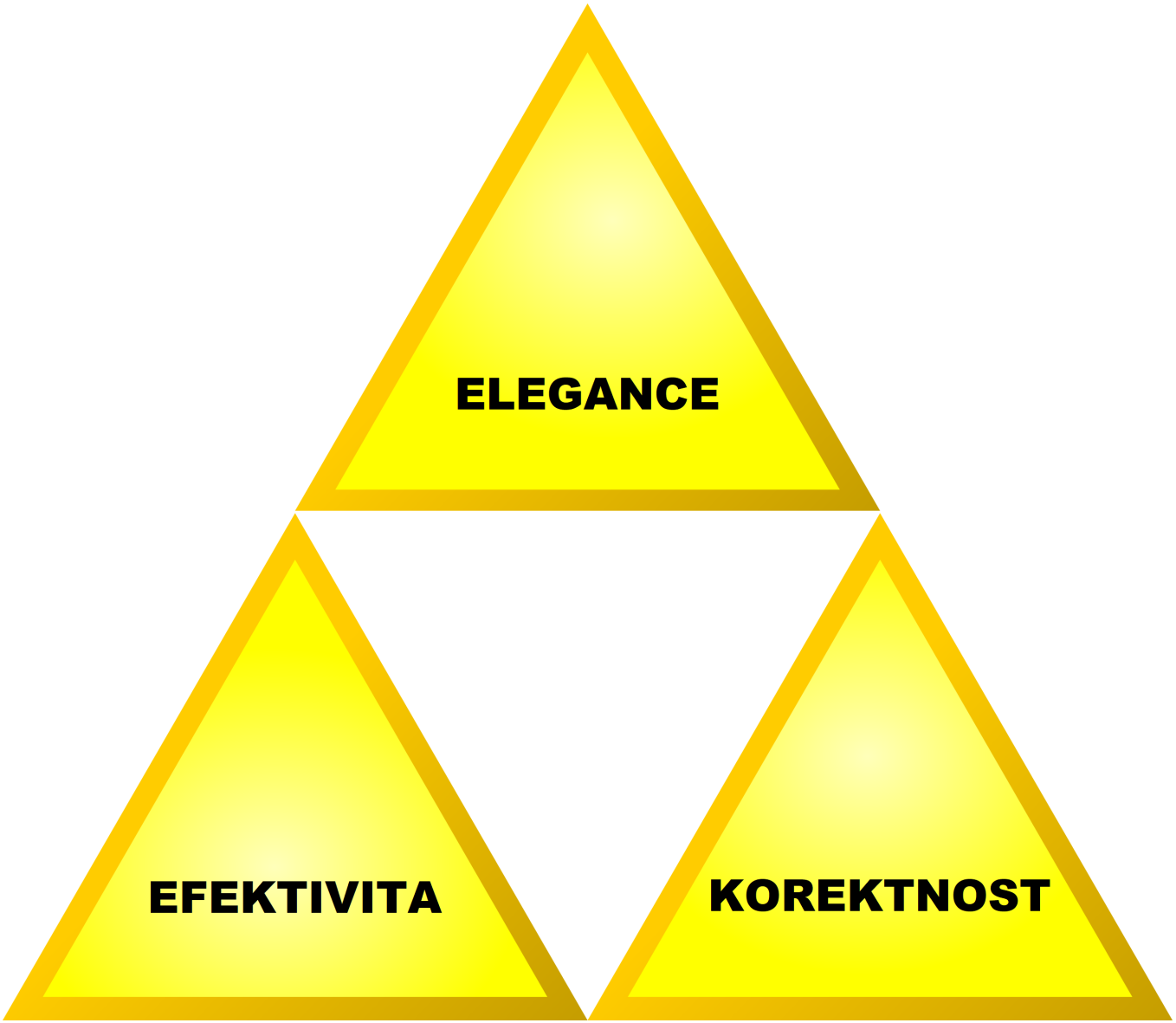
Míra zkušeností a praxe

Riziko a klam moderní doby

- Dokumentace k programovacím jazykům jsou snadno dostupné i ve formě tutoriálů, avšak samotné poznání syntaxe a sémantiky programovacího jazyka nedělá dokonalého programátora.

Nedokonalé vs. dokonalé

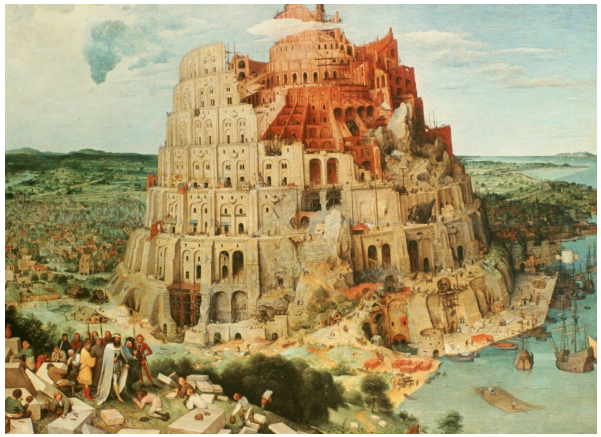
Triforce programování



Programovací jazyky

Klasifikace

- Imperativní — C/C++, Java, Python, ...
- Funkcionální – **Haskell**, OCaML, ...
- Logické – **Prolog**, ...



Jakým jazykem mluví počítač?

- Strojový kód. Program ve strojovém kódu je posloupnost čísel.
- Pro spuštění programu je potřeba provést překlad zdrojového kódu programu do strojového kódu procesoru.
- Překlad se realizuje pomocí **překladače** nebo **interpretu**.
- Pro každý programovací jazyk je potřeba jiný překladač/interpret.

Překladače a interpretry

Překladač

- Pro soubor se zdrojovým kódem programu vytvoří soubor obsahující popis programu ve strojovém kódu.
- Výsledný soubor je spustitelný.
- Pracuje se soubory.

Interpret

- Pro daný výraz / příkaz vytvoří odpovídající překlad do strojového kódu a ihned jej provede.
- Nevytváří výsledný spustitelný soubor.
- Často má možnost pracovat interaktivně.
- Pracuje s jednotlivými příkazy/výrazy.

Příklad překladu a interpretace

Programovací jazyk Haskell

- Překladač – `ghc`.
- Interaktivní interpretr – `ghci`.

Překladače programovacího jazyka C/C++

- GNU C++ Compiler (g++, gcc)
- Intel C++ Compiler
- Microsoft Visual C++ Compiler

Programujeme pomocí funkcí

Co je to funkce?

Funkce v programování

- Funkce je předpis jak z nějakého vstupu vytvořit výstup.
- Transformace vstupů na výstupy musí být jednoznačná.

Příklady funkcí

- `f x = x*(x+2)`
- `objemKvadru a b c = a*b*c`
- ...

S čím funkce pracují

Typ funkce

- Vymezení objektů, se kterými daná funkce pracuje a které vrací na výstup, je součástí definice funkce. Mluvíme o tzv. **typu funkce**.

Příklady

- Funkce, která otočí obrázek o 90 stupňů směrem vpravo.
  `rotuj90vpravo :: Obrázek -> Obrázek`
- Objem kvádru.
  `objemKvadru :: Číslo × Číslo × Číslo -> Číslo`
- Počet hran polygonu.
  `hranyPolygonu :: Polygon -> CeléČíslo`

Aplikace funkce – příklad

Předpoklady

```
rotuj90vpravo :: Obrázek -> Obrázek
hranyPolygonu :: Obrázek -> CeléČíslo
```

 `:: Obrázek`

Aplikace funkcí

`rotuj90vpravo`  $\rightsquigarrow$ 

`hranyPolygonu`  $\rightsquigarrow$ `3`

Funkce jako základní stavební kameny

Pozorování

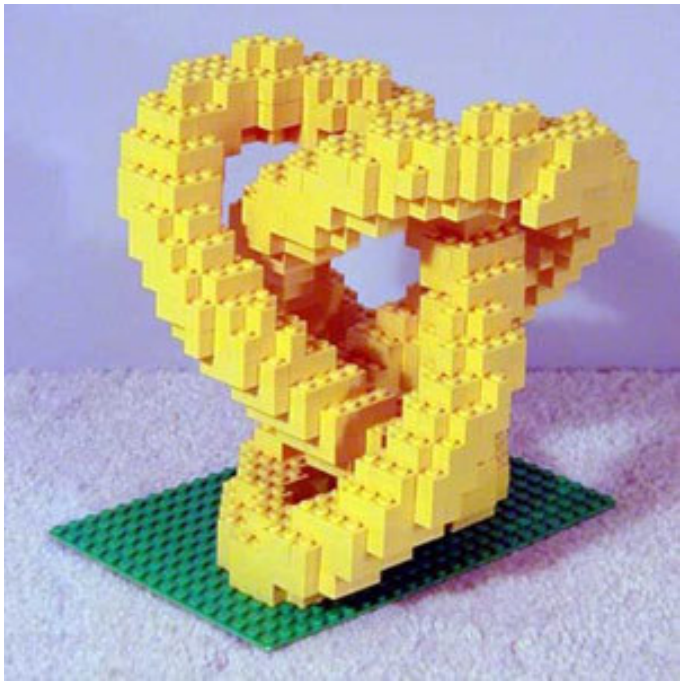
- Složitější úkony lze realizovat pomocí jednodušších operací.
- Složitější funkce lze definovat **složením** jednodušších.

Funkce jako základní stavební kameny

Pozorování

- Složitější úkony lze realizovat pomocí jednodušších operací.
- Složitější funkce lze definovat **složením** jednodušších.

Skládání – cesta ke složitějším objektům a funkcím



Skládání funkcí

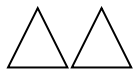
Operátor .

- `(f1 . f2) x = f1 ( f2 x )`
- Čteme jako „f1 po f2".

Příklad

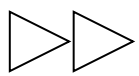
- Předpokládejme funkci `zdvoj`, která vezme obrázek a vytvoří nový zkopírováním vloženého obrázku dvakrát vedle sebe.

```
zdvoj :: Obrázek -> Obrázek
```

`zdvoj`  $\rightsquigarrow$ 

- Novou funkci `rotujAZdvoj` můžeme definovat takto:

```
rotujAZdvoj :: Obrázek -> Obrázek
rotujAZdvoj x = (zdvoj . rotuj90vpravo) x
```

`rotujAZdvoj`  $\rightsquigarrow$ 

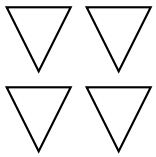
Příklady

`(rotujAZdvoj . rotujAZdvoj)`  $\rightsquigarrow$

`((zdvoj . zdvoj) . zdvoj)`  $\rightsquigarrow$

`(zdvoj . hranyPolygonu)`  $\rightsquigarrow$

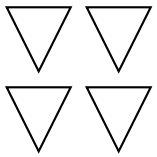
Příklady

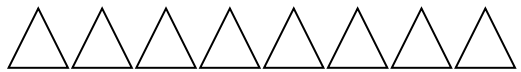
`(rotujAZdvoj . rotujAZdvoj)`  $\rightsquigarrow$ 

`((zdvoj . zdvoj) . zdvoj)`  $\rightsquigarrow$

`(zdvoj . hranyPolygonu)`  $\rightsquigarrow$

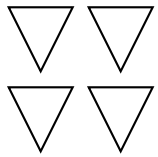
Příklady

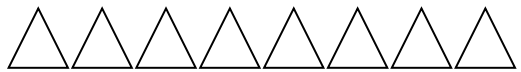
`(rotujAZdvoj . rotujAZdvoj)`  $\rightsquigarrow$ 

`((zdvoj . zdvoj) . zdvoj)`  $\rightsquigarrow$ 

`(zdvoj . hranyPolygonu)`  $\rightsquigarrow$

Příklady

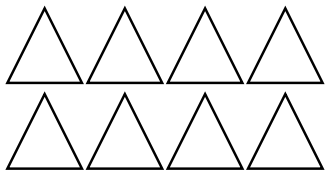
`(rotujAZdvoj . rotujAZdvoj)`  $\rightsquigarrow$ 

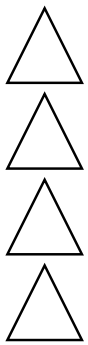
`((zdvoj . zdvoj) . zdvoj)`  $\rightsquigarrow$ 

`(zdvoj . hranyPolygonu)`  $\rightsquigarrow$ **ERROR**

Příklady – pokračování

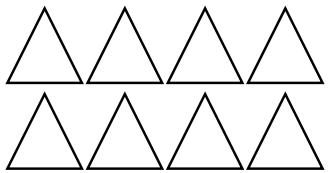
Jak pomocí `zdvoj`, `rotuj90vpravo` a  vyrobit následující?

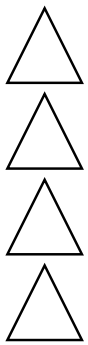
a) 

b) 

Příklady – pokračování

Jak pomocí `zdvoj`, `rotuj90vpravo` a  vyrobit následující?

a) 

b) 

Řešení

a) (r.r.r.z.r.z.z) 

b) (r.r.r.z.z.r) 

Skládání funkcí a priority operací v Haskellu

Složené funkce a η-redukce

- Složení funkcí je možné definovat bez uvedení parametru.
- Tj. definici

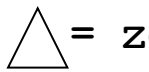
```
rotujAZdvoj x = (zdvoj.rotuj90vpravo) x
```

  lze zapsat také jako

```
rotujAZdvoj = zdvoj.rotuj90vpravo
```

POZOR na prioritu vyhodnocování v Haskellu

- Aplikace funkce na parametry má nejvyšší prioritu.

`zdvoj.rotuj90vpravo`  `= zdvoj.(rotuj90vpravo`  `)` $\rightsquigarrow$ **ERROR**

- Závorky kolem výrazu `zdvoj.rotuj90vpravo` jsou při aplikaci na hodnotu  nutné.

Terminologie

Deklarace typu funkce (typová signatura):

```
rotujAZdvoj :: Obrázek ->Obrázek
```

Jméno funkce

```
rotujAZdvoj x = (zdvoj.rotuj90vpravo) x
```

Tělo funkce

```
rotujAZdvoj x = (zdvoj.rotuj90vpravo) x
```

Definice funkce

```
rotujAZdvoj x = (zdvoj.rotuj90vpravo) x
```

Terminologie – pokračování

Formální parametr

```
rotujAZdvoj x = (zdvoj.rotuj90vpravo) x
```

Aktuální parametr

```
rotujAZdvoj
```

Výraz

rotujAZdvoj

Podvýraz

```
rotujAZdvoj (rotujAZdvoj
```

```
)
```

Funkcionální programování v Haskellu

Funkcionální výpočetní paradigma

- program = výraz + definice funkcí
- výpočet = úprava (zjednodušování) výrazu
- výsledek = hodnota (nezjednodušitelný tvar výrazu)

Příklad programu

- definice funkcí

```
square x = x * x
pyth a b = square a + square b
```

- výraz

```
pyth 3 4
```

Výpočet funkcionálního programu

Program

- definice funkcí

```
square x = x * x
pyth a b = square a + square b
```

- výraz

```
pyth 3 4
```

Výpočet

```
pyth 3 4 ⇝ square 3 + square 4 ⇝ 3 * 3 + square 4 ⇝
         ⇝ 3 * 3 + 4 * 4 ⇝ 9 + 4 * 4 ⇝ 9 + 16 ⇝
         ⇝ 25
```

Základy Haskellu – Lokální definice pomocí `let ... in`

Lokální definice

- Definují symboly (funkce, konstanty) pro použití v jednom výrazu, vně tohoto výrazu jsou tyto symboly nedefinované.
- Lokální definice mají vyšší prioritu než globální definice.
- V jazyce Haskell možno dvěma způsoby:
  - **let** `lokální definice` **in** `výraz`
  - `definice` **where** `lokální definice`

Příklad lokální definice pomocí let ... in

- ```
  let fcube x = x * x * x in fcube 12
  ```

  ```
  let fcube x = x * x * x in let c = 12 in fcube c
  ```

  ```
  let fcube x = x * x * x; c = 12 in fcube c
  ```
- Konstrukce **let ... in** vytváří nový výraz.
  ```

Základy Haskellu – Lokální definice pomocí `where`

Příklad lokální definice pomocí where

- Konstrukce **where** musí být součástí definice, nevytváří výraz.
- **Úkol:** Zjisti obvod pravoúhlého trojúhelníku z délek odvěsen.
- ```
  obvodZOdvesen :: Float -> Float -> Float

  obvodZOdvesen a b = a + b + c

      where square x = x * x

            c = sqrt (square a + square b)
  ```

Pravidla pro zarovnání

- Dlouhé řádky se zalomí a pokračují s odsazením.
- Definice v jednom rozsahu musí začínat na stejném sloupku.
- Odsazení mohu libovolně zvětšovat, nemohu zmenšovat, chci docílit maximální čitelnost a srozumitelnost kódu.
  ```

Základy Haskellu – Základní datové typy

Čísla

- `Integer` – libovolně velká celá čísla
- `Int` – celá čísla do velikosti slova procesoru
- `Float` – reálná čísla
- `Rational` – racionální čísla

Znaky a řetězce

- `Char` – znak, příklady hodnot: `'a'`, `'2'`, `'>'`
- `String` – řetězec, například: `"Toto je řetězec."`
- `String` je totéž co `[Char]`

Pravdivostní hodnoty

- `Bool`
- Typ `Bool` má pouze 2 hodnoty: `True` a `False`

Příklad

- Definujte funkci `jedna_nebo_dva`, která vrací `True` pokud dostane na vstupu číslo `1` nebo `2`, jinak vrací `False`.

```
jedna_nebo_dva :: Integer -> Bool
jedna_nebo_dva 1 = True
jedna_nebo_dva 2 = True
jedna_nebo_dva _ = False
```

Definice funkcí s více definičními rovnostmi

- Na místě formálních parametrů se použijí tzv. vzory.
- Použije se první vzor, který vyhovuje, nic jiného.
- Symbol _ vyhovuje libovolnému parametru.
- Lze použít pro větvení výpočtu.

Základy Haskellu – Větvení výpočtu

Podmíněný výraz

- **if** *podmínka* **then** *výraz1* **else** *výraz2*
- *podmínka* – výraz, který se vyhodnotí na hodnotu typu `Bool`
- *výraz1* se vyhodnotí pokud se podmínka vyhodnotí na hodnotu `True`, *výraz2* se vyhodnotí, pokud se podmínka vyhodnotí na hodnotu `False`.
- Výrazy *výraz1* a *výraz2* musejí být stejného typu.

Test na rovnost

- Pro dotaz na rovnost používáme symbol `==`.
- `3 == 4` $\rightsquigarrow$ `False`
- `3 = 4` $\rightsquigarrow$ **Error**

Základy Haskelu – Infix, Prefix, Parametry

Možnosti zápisu binárních funkcí

- Prefixový zápis binárních funkcí: `(+) 3 4`, `min 3 5`
- Infixový zápis binárních funkcí: `3+4`, `3 ‘min‘ 5`

Volání funkce a parametry

- Jméno funkce a použité parametry jsou odděleny mezerou, pokud je některý z parametrů výraz, který je sám o sobě aplikace funkce na argumenty, je třeba celý tento výraz ozávorkovat.
- `(*) 3 4 + 5` $\rightsquigarrow$ `17`
- `(*) 3 + 4 5` $\rightsquigarrow$ **Error**
- `(*) 3 (+) 4 5` $\rightsquigarrow$ **Error**
- `(*) 3 ( (+) 4 5 )` $\rightsquigarrow$ `27`

Checkpoint

Co to je?

- Úkol, který je možné vyřešit na základě faktů doposud uvedených na přednáškách.
- Slouží ke kontrole, že zvládám to, co bych už měl(a) umět.

Checkpoint

- V programovacím jazyce Haskell napište funkci, která bude řešit dělitelnost dvou celočíselných čísel, tj. pro své dva celočíselné argumenty dělence a dělitele, rozhodne, zda je zadaný dělenec dělitelný beze zbytku zadaným dělitelem a to tak, že nepoužije operace pro dělení `/` ani počítání zbytku po dělení `mod`, je povoleno použít operaci celočíselného dělení `div`.
- Funkci otestujte s použitím interpretu jazyka Haskell.