

# Zadání úloh pro nástroj Alloy

Radek Mařík

The Czech Technical University (Prague), Czech Republic

*marikr@fel.cvut.cz*

2. listopadu 2016

## Abstrakt

Toto cvičení má za cíl na jednoduchých úlohách prokázat, že student zvládl syntaxi a sémantiku specifikačního jazyka Alloy.

## Pokyny k řešení úloh

1. Nainstalujte si nástroj Alloy Analyzer  
(<http://alloy.mit.edu/alloy/download.html>).
2. Dle čísla Vaší skupiny si vyberete úlohu (skupiny na cvičení od 16:15 si ke svému číslu přičtou 10)
3. V jazyku Alloy specifikujte zadání úlohy. Ve zprávě popište slovně, co jednotlivé řádky podle Vás vyjadřují.
4. Proveďte požadované kontroly nebo simulace zadané specifikace.
5. Zpráva bude mít následující body:
  - Identifikaci Vaší skupiny
  - Opsané zadání úlohy
  - Slovně popsané jednotlivé řádky kódu
  - Slovně zdůvodněný výsledek kontrol. V případě nalezeného protipříkladu vysvětlení, k čemu v systému dochází (tj. kde je chyba). V případě simulace běhu systému je potřeba reprezentaci produkovanou systémem Alloy přepsat a reprezentovat přehledně jako jednotlivé kroky a co v těchto krocích platí.

- Případné nesrovnalosti či nepřesnosti v zadání úlohy opravte a vhodně dourčete.

6. Zazipovanou zprávu a kód úlohy odevzdejte na systému Upload.

Rady:

- Nebojte se ihned formulovat a psát kontrolní věty. Budete překvapeni, kolik jich selže. To Vám pomůže hned na začátku odhalit chybné specifikace.

# 1 Průchod studenta studiem na VŠ

Modelujte situaci, jak může student projít sadou předmětů na vysoké škole. Systém obsahuje *předměty*, *studenty*, a *katedry*.

Všechny předměty jsou buď *úvodní* nebo *pokročilé*. Některé předměty mohou být volitelné. Každý pokročilý předmět má jeden nebo více prerekvizit. Každý předmět patří právě jedné katedře. Zajistěte, že předměty nemají zbytečně uvedené prerekvizity, tj. prekvizity prerekvizit.

Studenti se rozdělují na *nováčky*, *druháky*, *juniory*, a *seniory*. Každý student je přiřazen k maximálně jedné katedře. Pro každého studenta se udržuje seznam předmětů, které absolvoval.

Každá katedra učí sadu předmětů. Každá katedra má určenou sadu předmětů, které vyžaduje, pokud má u nich student graduovat. Pokud student určitý předmět absolvuje, pak je mu udělena známka *A*, *B*, *C*, *D*, *F*. Aby student mohl graduovat, musí ze všech předmětů předepsaných jeho katedrou získat známky *A*, *B*, *C*. Rovněž musí absolvovat alespoň jeden volitelný předmět a být seniorem.

- Ověřte, zda existuje instance modelu, ve které alespoň jeden student může graduovat.
- Ověřte, zda všechny pokročilé předměty jsou pokryté prerekvizitami.

## 2 Da Vinciho kód



Tento rébus je inspirován filmem Da Vinci Code. Představte si sebe v roli Toma Hankse jako profesora Roberta Langdona, který je expertem na interpretaci symbolů. Použijte vaše logické dovednosti (s pomocí nástroje Alloy) a vložte další symboly na mřížku na obrázku tak, že symboly v každé řádce musí být různé, symboly v každém sloupci musí být různé a symboly v každé jinak zbarvené oblasti musí být různé. Některé symboly už byly na mřížku položeny a nemůže s nimi být pohnuto.

Překreslete do zprávy řešení systému Alloy jako matici/mřížku/obrázek.

### 3 Knihovní systém

Specifikujte systém evidence a půjčování knih. Systém bude umožňovat vést evidenci o množině knih, které se mohou vyskytovat i ve více exemplářích. Každá osoba si může knihy půjčovat. Půjčené knihy se mohou (a měly by) vracet. Knihovník má k dispozici funkce, které umožňují ukázat, kolik kopií knih je ještě v knihovně k dispozici.

Ověřte, zda knihovní systém bude poskytovat správnou funkcionalitu, např. že se nestane,

- aby se půjčila kniha, od níž nejsou v knihovně žádné kopie,
- aby se po vypůjčení a vracení knih neshodovaly počty kopií knih,
- atd.

## 4 Zebra

Vyřešte pomocí Alloy následující rébus. Pět mužů různých národností pijící různé nápoje a kouřící různé cigarety chovají různá zvířata v pěti vedle sebe stojících domech různé barvy:

1. Angličan žije v červeném domě.
2. Španěl vlastní psa.
3. Kafe se pije v zeleném domě.
4. Ukrajinec pije čaj.
5. Zelený dům je bezprostředně napravo od domu v barvě slonové kosti.
6. Kuřák cigaret Old Gold vlastní šneky.
7. Kools jsou kouřeny ve žlutém domě.
8. Mléko se pije v prostředním domě.
9. Nor žije v prvním domě.
10. Muž, který kouří Chesterfields žije v domě vedle muže s liškou.
11. Kools jsou kouřeny v domě vedle domu, kde je chován kůň.
12. Lucky Strike kouří ten, kdo pije pomerančový džus.
13. Japonec kouří Parliaments.
14. Nor žije vedle modrého domu.

Kdo pije vodu?

Kdo vlastní zebra?

## 5 Systém souborů

Vytvořte specifikaci systému souborů. Systém souborů bude možno-  
vat vytvořit hierarchickou soustavu (tj. stromovou) adresářů. Každý adresář může  
obsahovat několik souborů. Každý adresář či soubor musí být dosažitelný z koře-  
nového adresáře. Vytvořte specifikaci operace Move (*mv*), která přesune adresář  
či soubor do jiného adresáře. Vytvořte specifikaci operace Remove, tj. obě vari-  
anty "rm" a "rmdir" podobně jak je poskytováno v systému Unix (pozn. *rmdir* lze  
aplikovat pouze na adresáře, které jsou prázdné).

Ověřte, že možné instance systému souborů jsou takové, jak je zadáno. Dále  
ověřte, že specifikované operace nezpůsobují nějaké potíže, např. že *mv* nemění  
množství adresářů a souborů v systému, že adresáře a soubory se po aplikaci *rm*  
liší pouze o smazaný soubor.

## 6 Evidence studentů

Specifikujte systém pro evidenci studentů, jejich přiřazení k úlohám a zaznamenání výsledků. Studenti mohou pracovat v párech. Studenti mohou být přidání či smazání ze systému ve kterýkoliv okamžik. Kniha známek eviduje udělené známky za odevzdané úlohy do systému Upload.

- Ověřte, že lze přidat studenta.
- Ověřte, že lze pro studenta a jemu přiřazenou úlohu přiřadit známku.
- Ověřte, zda se systém vydá správnou odpověď, zda student již dokončil svou úlohu.



## 7 Půjčování knih

Vyřešte následující situaci pomocí nástroje Alloy. Osm manželských párů se potká za účelem vzájemného půjčení knih. Manželské páry sdílí totéž příjmení, zaměstnání a auto. Každý pár preferuje určitou barvu. Navíc víme následující fakta:

1. Daniella Black a její manžel pracují jako prodejci.
2. Kniha "The Seadog" byla přinesena párem, který řídí Fiata a milují červenou barvu.
3. Owen a jeho manželka Victoria mají rádi barvu hnědou.
4. Stan Horricks a jeho manželka Hannah mají rádi barvu bílou.
5. Jenny Smith a její manžel pracují jako manažéři velkoskladu a řídí Wartburg.
6. Monica a její manžel Alexander si půjčili knihu "Grandfather Joseph".
7. Mathew a jeho manželka mají rádi růžovou barvu a přinesli knihu "Mulatka Gabriela".
8. Irene a její manžel Oto pracují jako účetní.
9. Knihu "We Were Five" si půjčil pár, který řídí Trabanta.
10. Čermákoví jsou oba uvadeči v kině a přinesli knihu "Shed Stoa".
11. Pan a paní Kuril jsou oba doktoři, kteří si půjčili knihu "Slovacko Judge".
12. Paul a jeho manželka mají rádi zelenou barvu.
13. Veronica Dvorak a její manžel mají rádi barvu modrou.
14. Rick a jeho manželka přinesli knihu "Slovacko Judge" a řídí auto Ziguli.
15. Jeden pár přinesl knihu "Dame Commissar" a půjčili si knihu "Mulatka Gabriela".
16. Manželé, kteří řídí auto Dacia, mají rádi fialovou.
17. Pár, který pracuje jako učitelé, si půjčil knihu "Dame Commissar".
18. Pár pracující jako zemědělci řídí Moskvič.
19. Pamela a její manžel řídí Renaulta a přinesli knihu "Grandfather Joseph".

20. Pamela a její manžel si půjčili tu knihu, kterou přinesli pán a paní Zajac.
21. Robert a jeho manželka mají rádi žlutou barvu a půjčili si knihu "The Modern Comedy".
22. Pan a paní Swain pracují jako obchodníci.
23. Knihu "The Modern Comedy" přinesl pár řídící auto Skoda.

Je nějaký problém zjistit veškerou informaci o každém z těchto informací?

## 8 Průchod studenta studiem na VŠ

Modelujte situaci, jak může student projít sadou předmětů na vysoké škole. Systém obsahuje *předměty*, *studenty*, a *katedry*.

Všechny předměty jsou buď *úvodní* nebo *pokročilé*. Některé předměty mohou být volitelné. Každý pokročilý předmět má jeden nebo více prerekvizit. Každý předmět patří právě jedné katedře.

Studenti se rozdělují na *nováčky*, *druháky*, *junior*y, a *senior*y. Každý student je přiřazen k maximálně jedné katedře. Pro každého studenta se udržuje seznam předmětů, které absolvoval.

Každá katedra učí sadu předmětů. Každá katedra má několik určených sad požadovaných předmětů, které vyžaduje, pokud má u nich student graduovat. Student může graduovat pokud splní předměty jedné z určených sad požadovaných předmětů. Pokud student určitý předmět absolvuje, pak je mu udělena známka *A*, *B*, *C*, *D*, *F*. Aby student mohl graduovat, musí ze všech předmětů předepsaných jeho katedrou získat známky *A*, *B*, *C*. Rovněž musí absolvovat alespoň jeden volitelný předmět a být seniorem.

- Ověřte, zda existuje instance modelu, ve které alespoň jeden student může graduovat.
- Ověřte, zda všechny předměty požadované katedrou pro graduování studenta jsou pokryté prerekvizitami.

## 9 Konference

Někdo pozve 6 lidí  $A, B, C, D, E, F$ , aby se zúčastnili konference. Z analýzy e-mailů, které byly v rámci pozvání tam a zpět, vyplývají následující informace:

1. Alespoň jeden z  $A, B$  se zúčastní.
2. Z množiny  $\{A, E, F\}$  se právě dva zúčastní.
3. Buď se oba  $B$  a  $C$  zúčastní nebo žádný.
4. Jeden z  $A$  a  $D$  se zúčastní, ale druhý ne.
5. Jeden z  $C$  a  $D$  se zúčastní, ale druhý ne.
6. Jestliže se nezúčastní  $D$ , pak se nezúčastní ani  $E$ .

Použitím Alloy zjistěte, kdo vlastně přijede na konferenci.

## **10 Vlastnosti struktry HEAP**

Specifikujte vlastnosti datové struktury "heap"s maximálním kořenem. Ukažte, že specifikace generuje pouze heap struktury do zadaného počtu uzlů (např. vlastnosti stromu, vlastnosti velikosti klíčů, apod.)

## 11 Adam s Evou

Specifikujte vztahy okolo biblického příběhu Adama a Evy. Určete, ze každý člověk může mít maximálně muže jako jednoho z rodičů a maximálně jednu ženu jako jednoho z rodičů. Žádná osoba nemůže být svým předkem. Specifikujte, že být partnerem je symetrická relace a že partnerem nemůže být sourozenec. Určete, že Eva je partnerkou Adama a že ani Adam ani Eva nemají rodiče. Určete, že s výjimkou Adama a Evy všechny ostatní lidé mají oba rodiče.

- Ověřte, že žádný člověk nemůže být partnerem sám sobě.
- Ověřte, že muži mohou mít za partnerky pouze ženy a že i ženy mohou mít za partnery pouze muže.
- Vysvětlete, proč výše uvedené tvrzení by nebylo pravdivé, pokud by bylo zapsáno jako `all p Person | p in Men => p.spouse in Women and p in Women => p.spouse in Men`:

## 12 Matrika narozených

Vytvořte specifikaci systému matrik, kde jsou zaznamenány data narozenin dětí. Zaved'te si koncept člověka, datumu a matriční knihy. Každá kniha narozených obsahuje vedle datumu narození daného člověka i index jmen lidí, jejichž záznam lze v dané knize nalézt. (Tyto indexy sloužily pro rozumně rychlé vyhledávání lidí v matrikách). Vytvořte operaci, která dovolí přidat záznam do matriky a další operaci, která dle jména vyhledá datum narození příslušných lidí. Vytvořte sadu specifikací, jejichž modely budou mít správný význam knihy narozených.

- Ověřte, že daný člověk může mít zaznamenáno pouze jedno datum narození.
- Ověřte, že daný člověk může mít záznam pouze v jedné knize.
- Ověřte, že záznamy jsou správně vedeny i pro více lidí se stejným jménem.
- Mohou dva lidé sdílet datum narození?
- Má každý člověk narozeniny?

## 13 Kávovar

Specifikujte a ověřte vlastnosti modelu kávovaru. Model bude pokrývat následující základní vlastnosti"

- Kávovar je schopen vytvořit 4 druhy kávy:
  - obyčejnou kávu bez cukru a bez mléka,
  - obyčejnou kávu s cukrem (bez mléka),
  - bílou kávu (tj. s mlékem), ale bez cukru,
  - bílou kávu (tj. s mlékem) a s cukrem.
- Kávovar může být v jednom ze 7 stavů:
  - vypnut,
  - v pohotovostním stavu, kdy je přístroj před výrobou kávy nepotřebuje již vyplachovat aparaturu,
  - v připraveném stavu, kdy přístroj je shopen okamžitě začít vyrábět kávu,
  - vyrábí jednu ze 4 káv.
- přístroj kontroluje, zda při výrobě kávy je správně umístěn šálek na kávu, bez šálku kávu nevyrábí.
- Ověřte, zda je pomocí přístroje bez vypnutí vyrobit po sobě obyčejnou kávu bez cukru a bez mléka a dvě bílé kávy s cukrem.



## 14 Problém holiče

Ve vesnici je holič, který holí každého muže, který se neholí sám. Vzniká otázka, kdo holí holiče?

- Použijte Alloy a ukažte že zadání úlohy je nekonzistentní, přinejmenším pro vesnice malých rozměrů.
- Našly se feministky, které poznamenaly, že paradox zmizí, pokud se připustí existence žen. Vytvořte další řešení, kdy ve vesnici budou žít muži, kteří potřebují být oholeni, a ženy, které to nepotřebují. A ukažte, že pro tento model řešení existuje.
- Prozkoumejte, zda doopravdy dle Edsgera Dijkstry existuje řešení, pokud existuje možnost, že ve vesnici žádný holič není.
- Rovněž prozkoumejte situaci, kdy původní model umožní existencí více holičů.

U jednotlivých nalezených situací popište, co vlastně znamenají.

## 15 Průchod studenta studiem na VŠ

Modelujte situaci, jak může student projít sadou předmětů na vysoké škole. Systém obsahuje *předměty*, *studenty*, a *katedry*.

Všechny předměty jsou buď *úvodní* nebo *pokročilé*. Některé předměty mohou být volitelné. Každý pokročilý předmět má jeden nebo více prerekvizit. Každý předmět patří právě jedné katedře.

Studenti se rozdělují na *nováčky*, *druháky*, *junior*y, a *senior*y. Každý student je přiřazen k maximálně jedné katedře. Pro každého studenta se udržuje seznam předmětů, které absolvoval.

Každá katedra učí sadu předmětů. Každá katedra má určenou sadu předmětů, které vyžaduje, pokud má u nich student graduovat. Pokud student určitý předmět absolvoje, pak je mu udělena známka *A*, *B*, *C*, *D*, *F*. Aby student mohl graduovat, musí ze všech předmětů předepsaných jeho katedrou získat známky *A*, *B*, *C*. Rovněž musí absolvovat alespoň jeden volitelný předmět a být seniorem.

- Ověřte, zda existuje instance modelu, ve které alespoň jeden student může graduovat.
- Ověřte, zda pokud student může graduovat, potom má absolvovány všechny prerekvizity předmětů požadovaných jeho katedrou.

## 16 Farmář, vlk, koza a zelí

Farmář potřebuje dopravit vlka, kozu a zelí přes řeku. Má pouze malou loďku, na kterou se vejde pouze on a jedno přepravované zvíře či zelí. Jakmile však zůstane vlk osamocen s kozou, je koza sežrána. Podobně, pokud by zůstala koza sama se zelím, i zelí bude kozou sežráno. V přítomnosti farmáře zvířatům ani zelenině žádné nebezpečí nehrozí.

- Navrhněte model domény, která pomocí stavových přechodů dokáže nalézt správné řešení.
- Zjistěte, kolik různých řešení existuje.

## 17 Sudoku

Vyřešte úlohu sudoku zadanou obrázkem. Šedivá pole jsou zadaná. Na bílých polích je zapsáno řešení, ke kterému má řešení specifikace v Alloy dojít:

1	4	5	2	8	9	3	7	6
7	2	6	5	3	1	8	4	9
9	8	3	7	6	4	1	2	5
6	1	9	4	2	7	5	3	8
3	7	4	1	5	8	9	6	2
2	5	8	3	9	6	4	1	7
8	6	2	9	4	3	7	5	1
4	9	7	6	1	5	2	8	3
5	3	1	8	7	2	6	9	4

Připomeňme, že cílem Sudoku je vyplnit 9x9 mřížku tak, se každá číslice (od 1 do 9) vyskytne právě jednou v každém řádku, sloupci a v každém z devíti 3x3 čtverců. Každé Sudoku obsahuje již některé buňky zadané předem pevně danými číslicemi tak, že rébus má pouze jedno řešení.

## 18 Volba vedoucího v kruhu

Proveďte analýzu algoritmu pro distribuovanou volbu vedoucího. Jedná se o situaci, kdy ze sady distribuovaných procesů tvořící kruh je potřeba zvolit vedoucí proces, aniž by tento proces byl předem zadán. Všechny procesy použijí ten samý mechanismus pro určení vedoucího.

Komunikační topologie je v kruhu symetrická, proto je potřeba hledat asymetrii někde jinde. Např. je možné předpokládat, že každému procesu je přiřazen unikátní identifikátor. Množina unikátních identifikátorů je úplně uspořádána (např. procesy jsou určeny pomocí hardwarových MAC identifikátorů). Jako vedoucí proces se určí proces s největším identifikátorem.

Jednoduchý a známý protokol pracuje tak, že procesy pošlou své identifikátory jako známky podél kruhu v nějakém směru. Každý proces prozkoumá známku, který přijme. Pokud je známka menší než jeho vlastní identifikátor, pak je známka zkonsumována. Jestliže je známka větší než vlastní identifikátor, pak proces posílá došlou známku dál. Pokud známka je rovna vlastnímu identifikátoru, pak proces ví, že tato známka prošla všemi ostatními procesy podél kruhu a tudíž proces sám sebe zvolí za vedoucího.

- Uvažujte, že procesy běží paralelně a není známo, kdy se který proces spustí.
- Procesy používají pro komunikaci bufer zpráv. Při modelování však uvažujte, že každý proces vlastní kontejner známek.
- V jednom kroku je možné, aby známka byla vybrána z kontejneru a přemístěna do kontejneru procesu následujícího v kruhu.
- Z kontejneru může být vybrána kterákoliv známka (modelování různých přeuspořádání zpráv).
- Rovněž v daném kroku může být libovolný z procesů (modelování paralelismu).
- Doručování zpráv je spolehlivé.
- Ověřte, že alespoň jeden proces je zvolen.
- Ověřte, že nejvíce jeden proces je zvolen.

## 19 ???

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-