Ověřování modelů II

Radek Mařík

ČVUT FEL, K13133

December 12, 2010

Obsah

1. Temporální logiky
   - LTL logika
2. UPPAAL detaily
   - Jazyk modelů
   - Vlastnosti ověřování modelů
   - Čas v UPPAAL
3. UPPAAL příklady
   - Přejezd vlaků přes most

LTL syntaxe [Voj10]

- LTL je sublogikou CTL*
  - Povoluje pouze formule tvaru $A\varphi$, ve kterých stavové podformule jsou atomickými výroky
  - LTL formule se vytváří dle následující gramatiky:
    - $\varphi ::= A\psi$ (A se často vynechává)
    - $\psi ::= p \mid \neg\psi \mid \psi \vee \psi \mid \psi \wedge \psi \mid X\psi \mid F\psi \mid G\psi \mid \psi U \psi \mid \psi R \psi$,
    - kde $p \in AP$.
  - LTL se vyjadřuje o specifických cestách v dané Kripkeho struktuře
    - tj. ignoruje větvění

LTL, CTL, CTL* [Voj10]

- LTL a CTL nelze vůči sobě porovnat:
  - CTL nemůže např. vyjádřit LTL formuli $A(FGp)$
  - LTL nemůže např. vyjádřit CTL formuli $AG(EFp)$
- CTL* pokrývá jak LTL, tak i CTL
  - disjunkce $(A(FGp)) \vee (AG(EFp))$ se nedá vyjádřit ani v LTL, ani v CTL.

Podmínky nad hodinami [BDL05]

- C ... množina hodin
- $B(C)$ ... množina konjunkcí nad jednoduchými podmínkami typu
  - $x \bowtie c$
  - $x - y \bowtie c$
  - kde
    - $x, y \in C$,
    - $c \in \mathbb{N}$,
    - $\bowtie \in \{<, \leq, =, \geq, >\}$

Dotazovací jazyk [BDL05]

- **Stavové formule** . . . popisují individuální stavy.
- **Běhové formule** . . . vyhodnocují se podél cest a stop modelu.
  - dosažitelnost,
  - bezpečnost,
  - živost.

Stavové formule [BDL05]

- výraz, který lze vyhodnotit pro daný stav, aniž by bylo nutné analyzovat chování modelu.
- nadmnožinou stráží, tj. nemá žádný postranní efekt,
- na rozdíl od stráží, použití disjunkcí není omezeno.
- Test, zda proces je v dané pozici . . . $P.\ell$
  - P . . . proces
  - ℓ . . . pozice
- **zablokování (deadlock)** . . .
  - speciální stavová formule, která je splněna pro všechny zablokované stavy,
  - Stav je zablokovaný, jestliže neexistuje žádný akční přechod z daného stavu či jakéhokoliv jeho zpožděného následníka.

Dosažitelnost [BDL05]

- nejjednodušší vlastnost,
- požaduje, zda-li existuje možnost, že daná stavová formule φ je splněná v každém dosažitelném stavu.
- tj. existuje cesta z počátečního stavu taková, že φ bude jednou splněná podél této cesty.
- kontrola základních vlastností modelu
  - že platí alespoň základní chování
  - příklad komunikačního protokolu s jedním vysílačem a jedním přijímačem
    - je vůbec možné odeslat zprávu vysílačem
    - zpráva má nadějí být prijmuta přijímačem.
- v UPPAAL: $\mathtt{E[]}\,\varphi$

Bezpečnost [BDL05]

- něco špatného nikdy nenastane
- příklad modelu jaderné elektrárny
  - provozní teplota je vždy (invariantně) pod určitým prahem,
  - nikdy nedojde k roztavení nádoby
- varianta: něco není možné, aby vůbec nastalo
- příklad hraní hry
  - bezpečný stav je takový, že pokud můžeme ještě hru, pak už neexistuje možnost, abychom ji prohráli.
- v UPPAAL:
  - formuluje se pozitivně
  - nechť φ je stavová formule
  - $\texttt{A[]}\,\varphi \equiv \neg E \Diamond \neg \varphi$ ... φ by měla být pravdivá ve všech dosažitelných stavech
  - $\texttt{E[]}\,\varphi$ ... existuje maximální cesta, podél které φ je vždy pravdivá

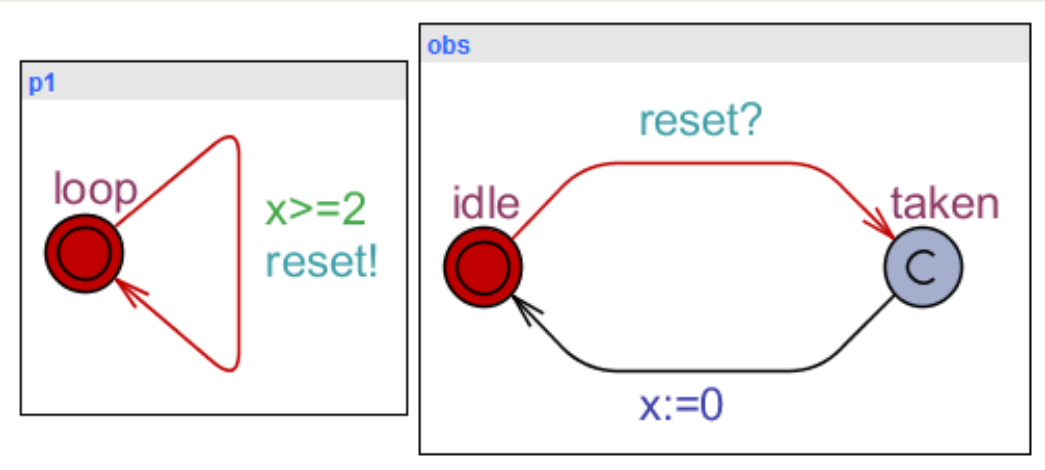
Živost [BDL05]

- něco jednoho dne určitě nastane
- příklady
  - stisknutí tlačítka *on* na dálkovém ovladači způsobí, že se televize jednou zapne.
  - v modelu komunikačního protokolu:
    jakákoliv vyslaná zpráva bude jednou přijmuta.
- v UPPAAL:
  - `A<>`$\varphi \equiv \neg E\Box\neg\varphi$ ... φ bude vždy jednou splněna
  - φ `-->` $\psi \equiv A\Box(\varphi \Rightarrow A\Diamond\psi)$ ...
    kdykoliv je splněna φ, potom bude jednou splněna i ψ

Pozorovatel [BDL05]

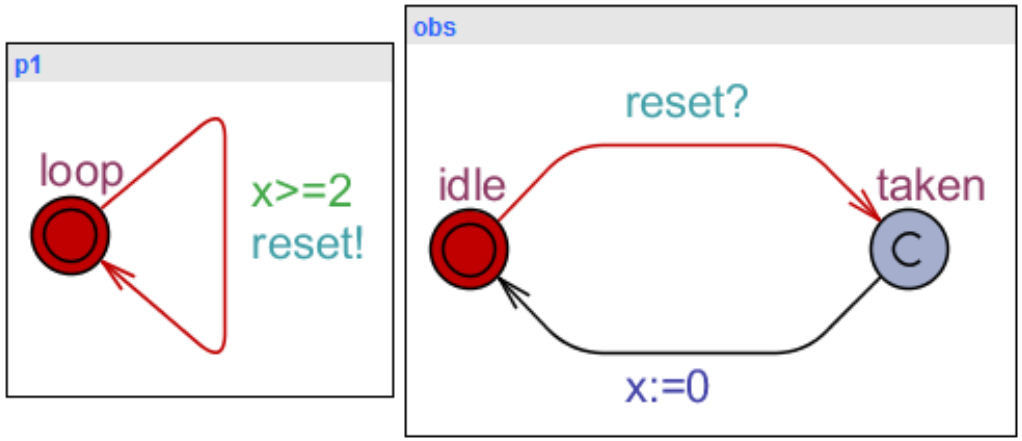
- přidaný automat
- detekuje události, aniž by bylo nutné měnit vlastní model

Příklad



- detekce resetování hodin
- navíc resetování hodin (x:=0)

Výchozí varianta příkladu [BDL05]



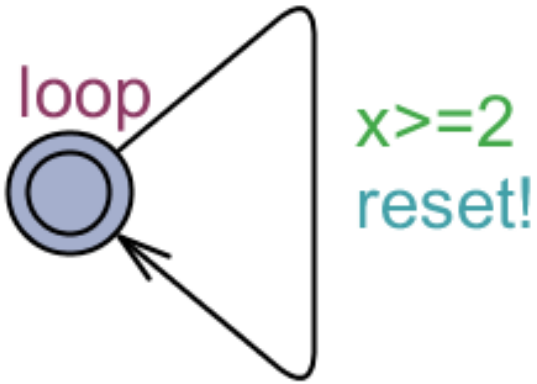

```
// Place global declarations here.
clock x;
chan reset;
```

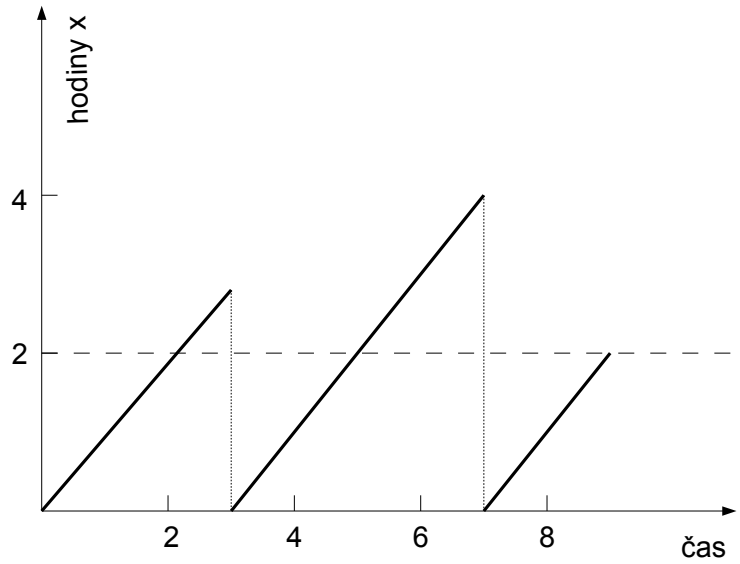
```
// Place template instantiations here.
p1 = P1();
obs = Obs();

// List one or more processes to be comp
system p1, obs;
```

- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 1: bez invariantu

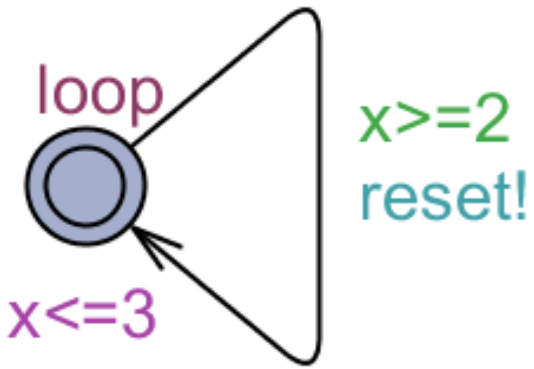
1. varianta příkladu [BDL05]

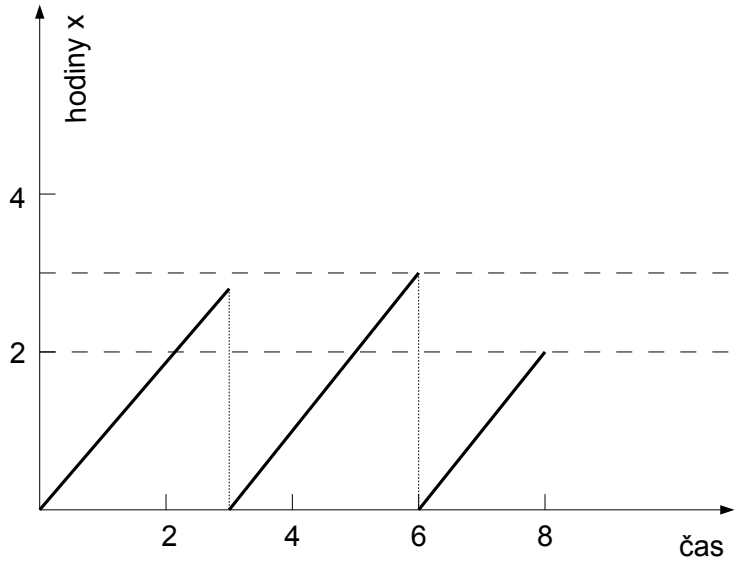




- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 1: bez invariantu
- `A[] obs.taken imply x>=2`
- `E<> obs.idle and x>3`

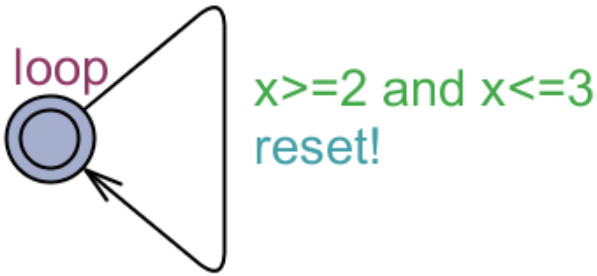
2. varianta příkladu [BDL05]

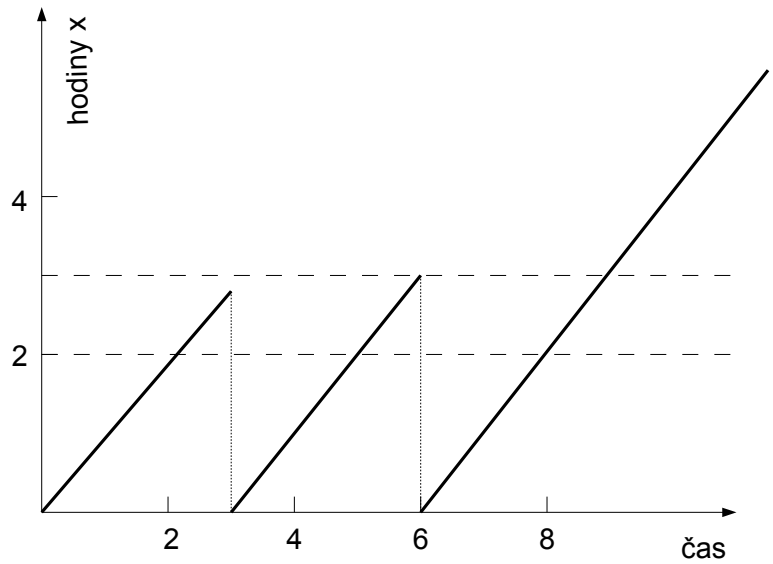




- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 2: s invariantem
- `A[] obs.taken imply (x>=2 and x<=3)`
- `E<> obs.idle and x>2`
  - `E<> obs.idle and x>3` ...neplatí
- `A[] obs.idle imply x<=3`

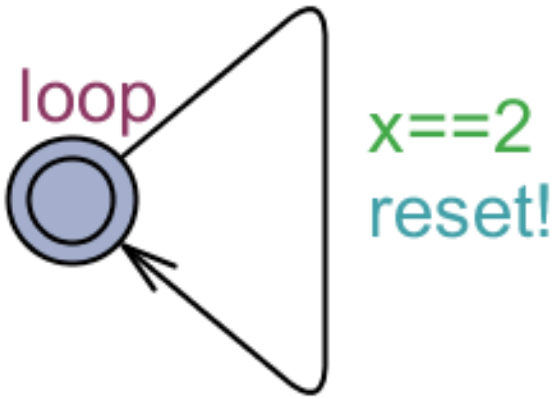
3. varianta příkladu [BDL05]

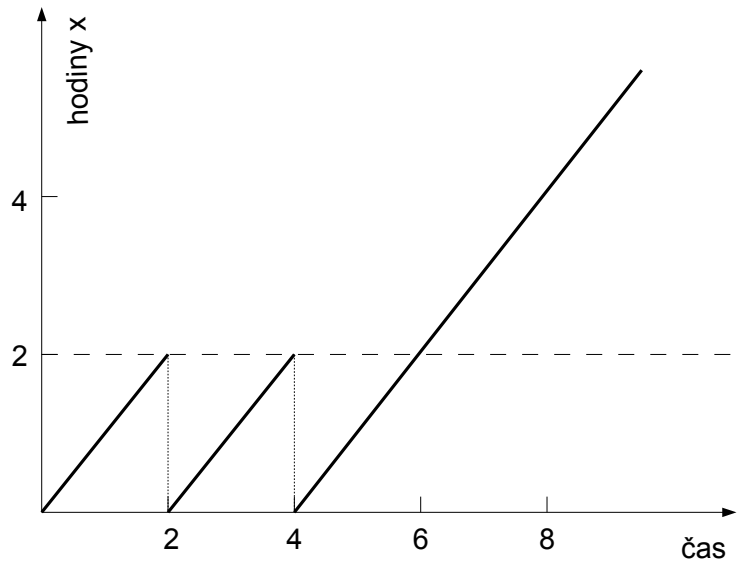




- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 3: bez invariantu se stráží
- `A[] x>3 imply not obs.taken` ... zablokování
- `A[] not deadlock` ... neplatí

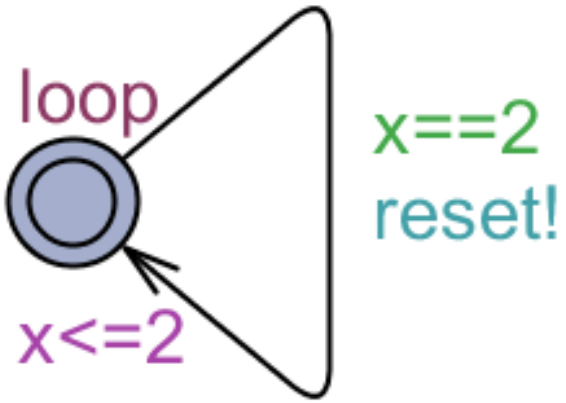
4. varianta příkladu [BDL05]

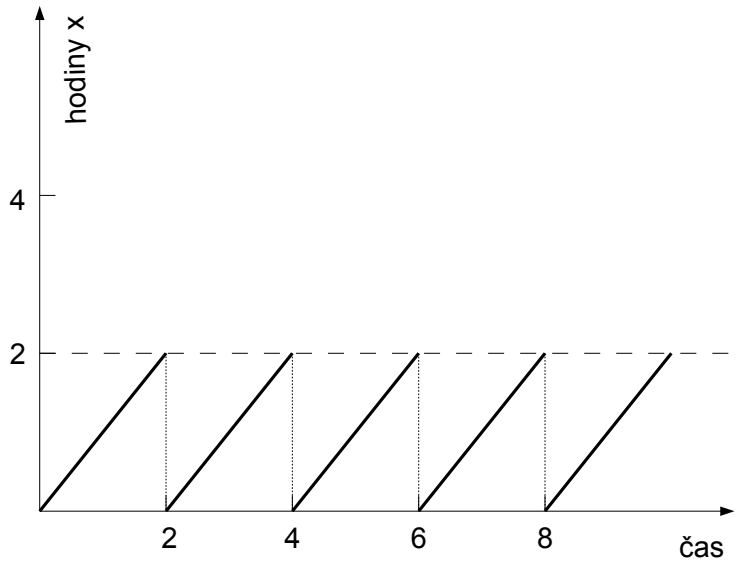




- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 4: bez invariantu se stráží s rovností
- `A[] x>2 imply not obs.taken` ...zablokování
- `A[] not deadlock` ...neplatí

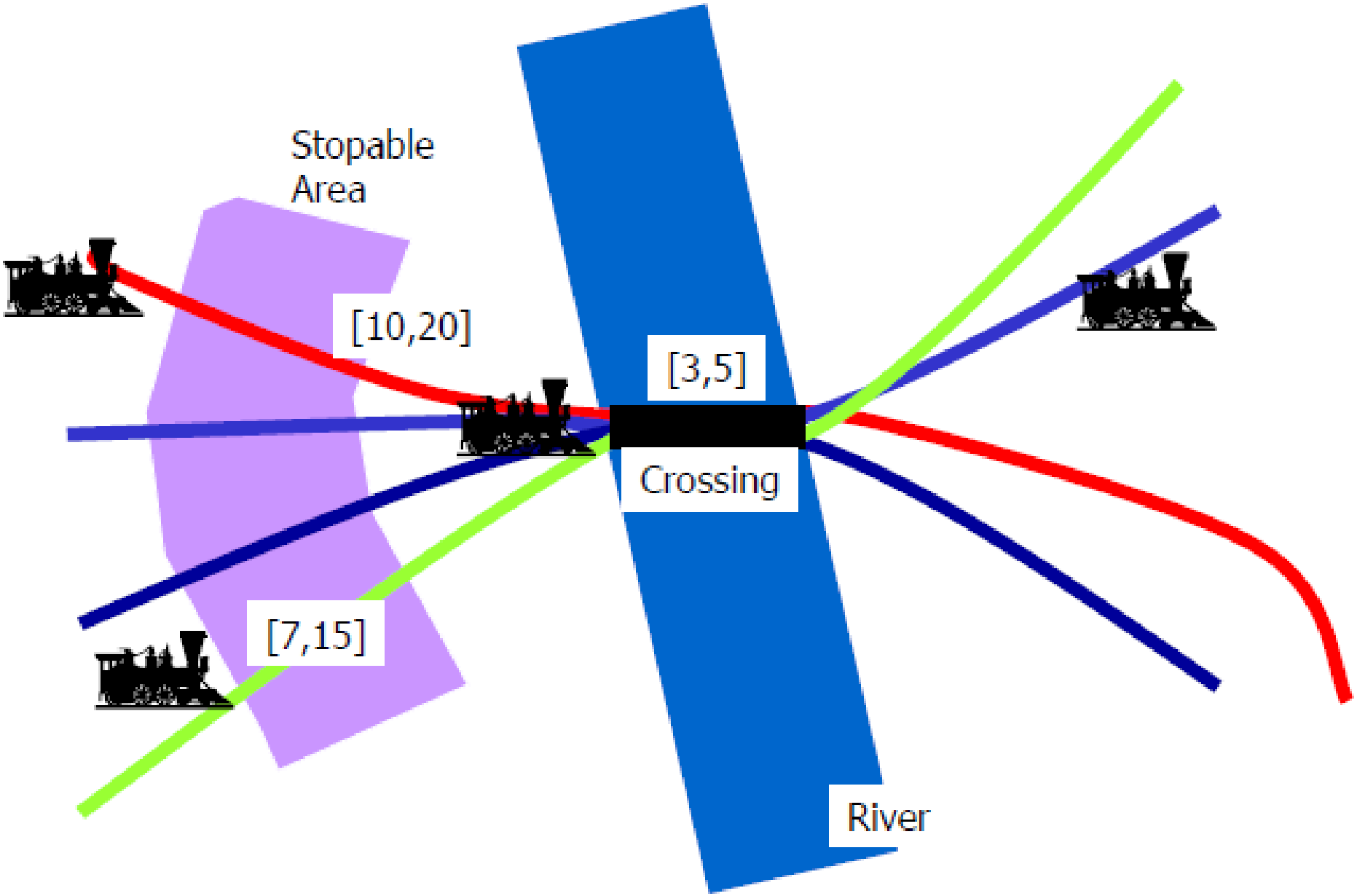
5. varianta příkladu [BDL05]





- Cílem je zůstat v pozici, pokud platí podmínka na hodinách a poté opustit pozici
- Varianta 5: s invariantem a se stráží s rovností
- `A[] obs.taken imply x==2`
- `E<> obs.idle and x>2` ...neplatí
- `A[] obs.idle imply x<=2`

Myšlenka příkladu [BDL05]



Slovní zadání příkladu [BDL05]

Zadání

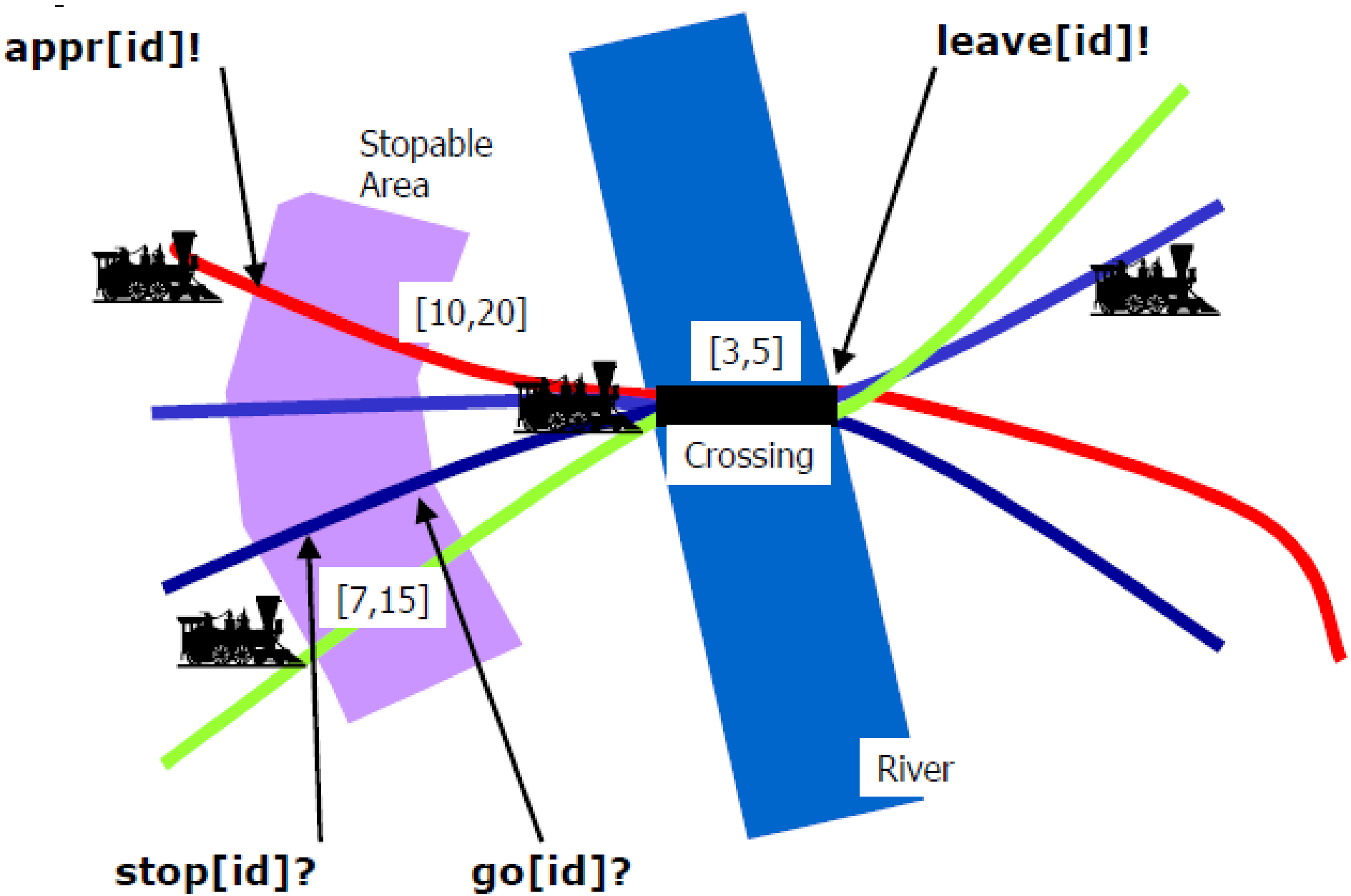
- řízení přístupu k mostu pro několik vlaků
- most jako kriticky sdílený zdroj může být přejížděn pouze jedním vlakem
- systém je definován jako několik vlaků a řadič
- vlak nemůže být zastaven okamžitě, rovněž rozjezd trvá dobu.

Časování a komunikace [BDL05]

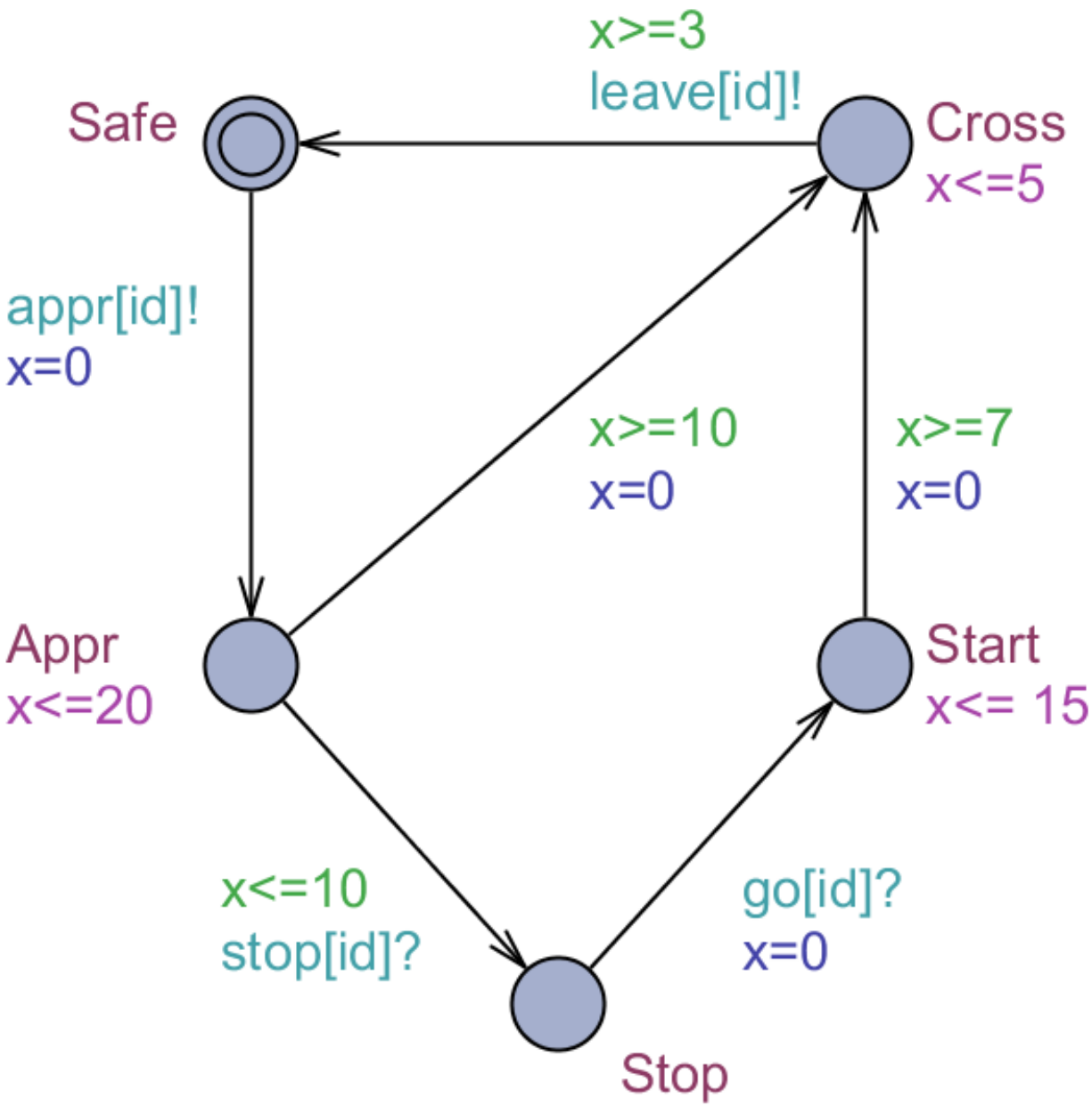
Časová omezení a komunikace

- při příjezdu k mostu vlak včas vyšle **appr!** signál
- poté vlak má 10 časových jednotek, aby přijal signál k zastavení
  - umožňuje bezpečné zastavení před mostem
- po těchto 10 časových jednotkách, trvá dalších 10 jednotek, než vlak dojede k mostu, pokud není zastaven
- jestliže je vlak zastaven, vlak se rozjede po té, co přijme signál **go!** z řadiče mostu
- když vlak opouští most, vyšle signál **leave!**

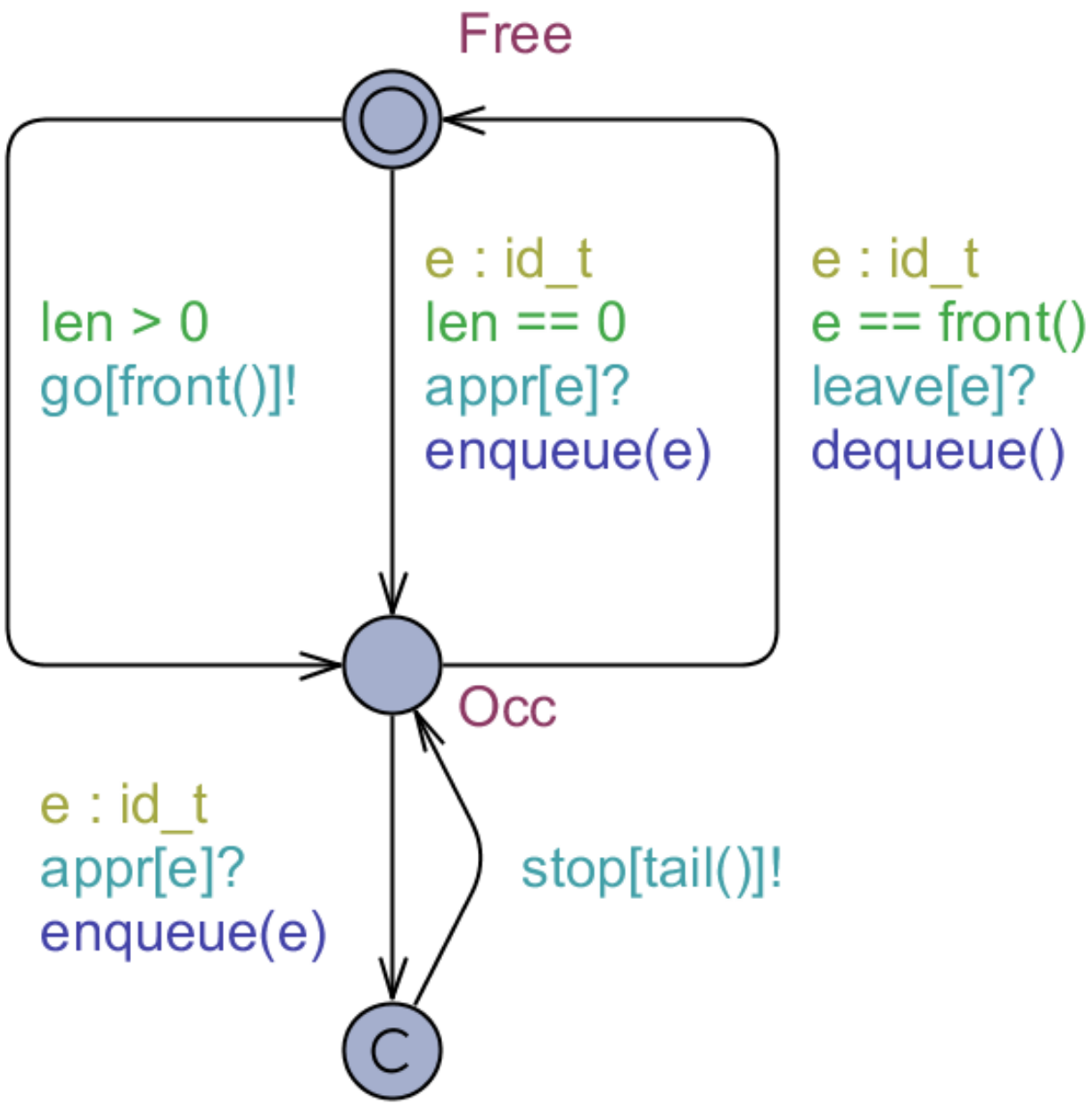
Synchronizační signály [BDL05]



Šablona vlaku [BDL05]



Šablona řadiče mostu [BDL05]



Ověření modelu [BDL05]

- `E<> Gate.Occ`
- `E<> Train(0).Cross`
- `E<> Train(1).Cross`
- `E<> Train(0).Cross and Train(1).Stop`
- `E<> Train(0).Cross and (forall (i : id_t) i != 0 imply Train(i).Stop)`
- `A[] forall (i : id_t) forall (j : id_t) Train(i).Cross && Train(j).Cross imply i == j`
- `A[] Gate.list[N] == 0`
- `Train(0).Appr --> Train(0).Cross`
- `Train(1).Appr --> Train(1).Cross`
- `Train(2).Appr --> Train(2).Cross`
- `Train(3).Appr --> Train(3).Cross`
- `Train(4).Appr --> Train(4).Cross`
- `Train(5).Appr --> Train(5).Cross`
- `A[] not deadlock`

Literatura I

Gerd Behrmann, Alexandre David, and Kim G. Larsen.

A tutorial on UPPAAL, updated 25th october 2005.

Technical report, Department of Computer Science, Aalborg University, Denmark, October 2005.

Tomas Vojnar.

Formal analysis and verification.

Lecture handouts, http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/FAV/public/, August 2010.