SAT s diferenciálními rovnicemi

Diplomová práce

Kolárik Tomáš
kolarto5@fit.cvut.cz

Vedoucí práce: doc. Dipl.-Ing. Dr. techn. Stefan Ratschan

7. června 2018

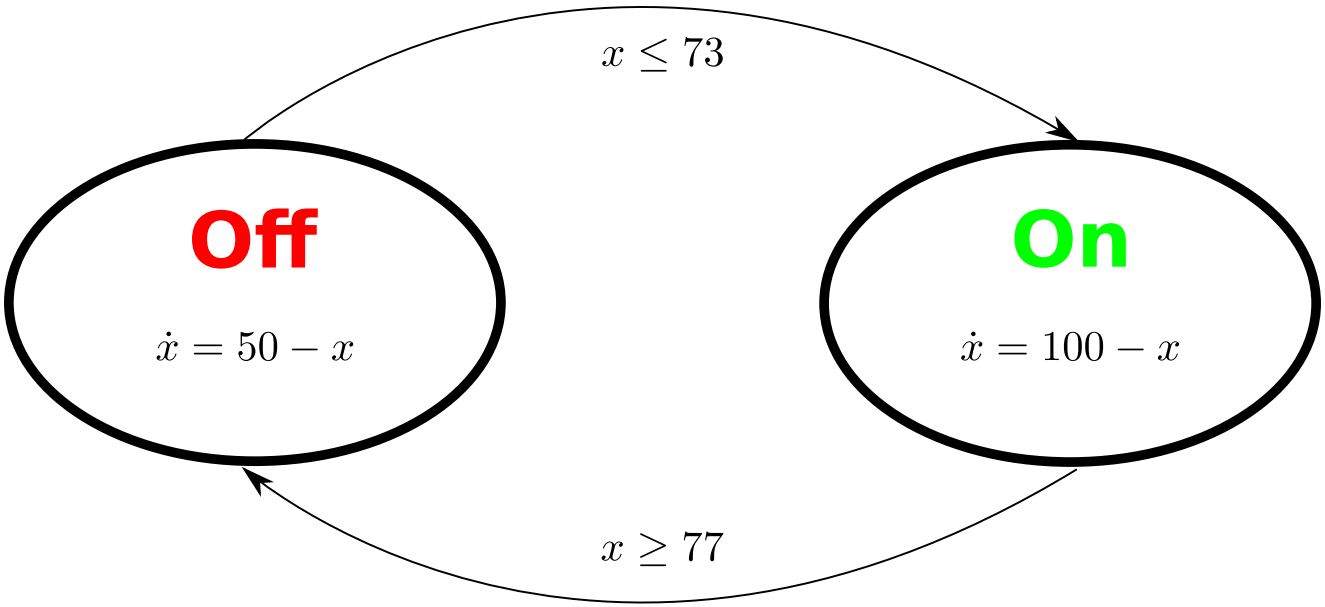
10 slajdů, 10 minut

Obsah prezentace

1. Motivace.
2. Cíle práce.
3. Ukázkové úlohy.
4. Model komponent.

Motivační příklad

- Ke *spolehlivé* činnosti přístroje je nutné dodržet provozní teplotu.
- Řešení: použití *termostatu*.



- Termostat popíšeme *automatem*.
  - Rozsah povolené teploty: $70 \leq x \leq 80$.
- Jak **verifikovat správnou funkci** termostatu?
  - Tj. dodržení rozsahu teploty.

Motivace

- Vestavné systémy typicky vyžadují popis pomocí **diferenciálních rovnic** (ODE).
  - ODE: Ordinary Differential Equation.
- Samotný problém SAT *neovládá* ODE.
  - Ani jeho aritmetická rozšíření je neovládají.

Současný stav

- Řešiče kombinující SAT a soustavy ODE již existují.
- K řešení ODE ale používají *intervalovou aritmetiku*.
- Důsledky:
  - Umožňují intervalové počáteční podmínky ODE.
  - Garantují maximální dosaženou chybu.
  - Ale jsou **pomalé**.

Cíl práce

K řešení ODE použít **klasické numerické metody**.

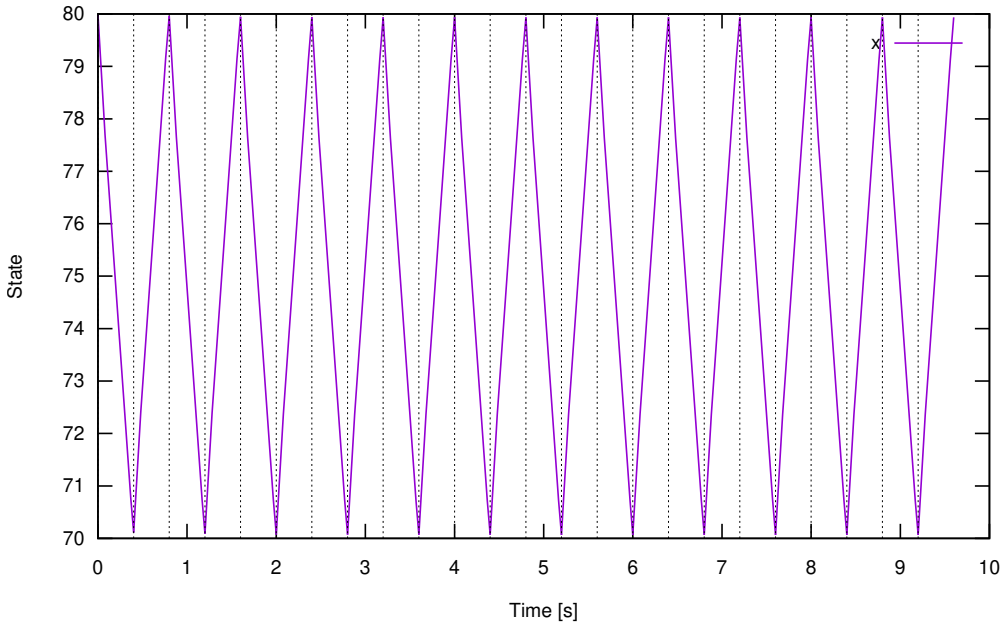
Cíle práce

1. Ověřit koncept, který k řešení ODE používá **klasické numerické metody**.
   - Vyžadují jednoznačné počáteční podmínky.
   - Mohou být méně přesné, ale jsou **rychlejší**.
2. Použít zvolené řešení ODE pro účely **formální verifikace**.
   - Kombinovat ODE a problém SMT.
     - SMT: Satisfiability Modulo Theories.
     - SMT rozšiřuje SAT o aritmetické teorie.
3. **Srovnat výkonnost** prototypu se stávajícím řešičem dReal.
   - dReal pochází z disertační práce na Carnegie Mellon University.

Ukázkové úlohy (1)

Termostat

- x . . . provozní teplota.
- Nutné dodržet meze teploty: $70 \leq x \leq 80$.
- Systém je řízen *časem*:
  - předem dané časové okamžiky,
  - v nichž dochází k přechodům a kontrole specifikací.
- Srovnání délky výpočtu dReal a našeho prototypu: **46** a **0,5** s.
  - Tj. téměř **stonásobné zrychlení**.

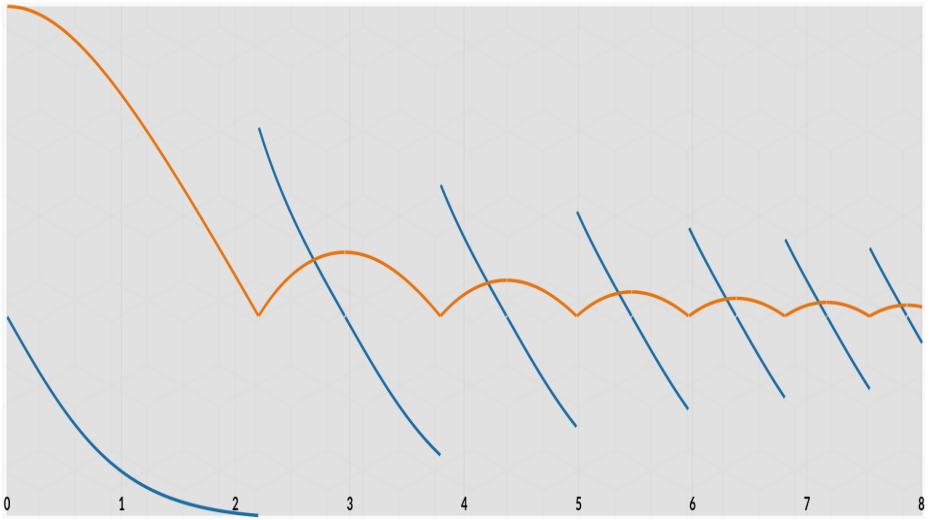


Ukázkové úlohy (2)

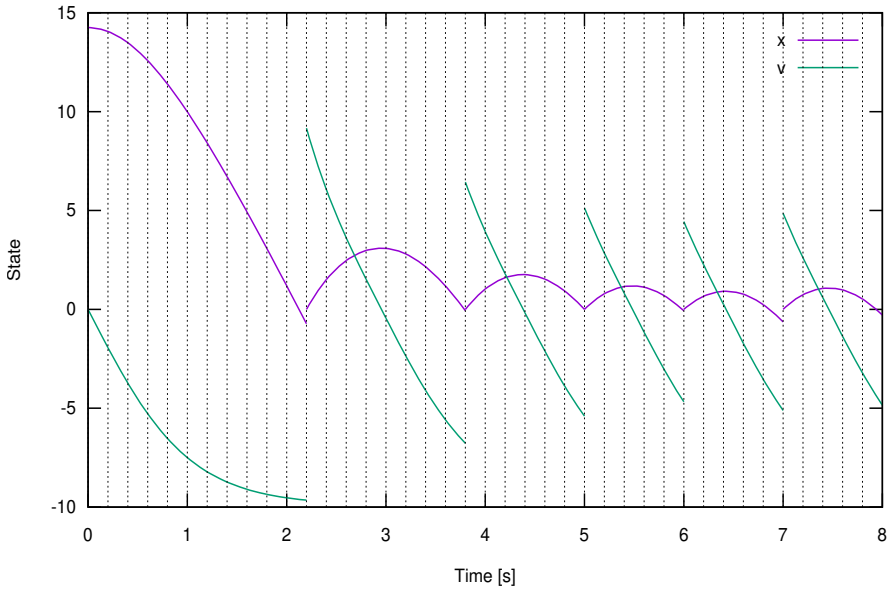
Skákající míč

- x . . . výška míče, v . . . rychlost.
- Míček musí setrvat nad podložkou: $x \geq 0$.
- Systém *není* řízen časem:
  - nutno často kontrolovat přechody a specifikace.
- Srovnání délky výpočtu dReal a našeho prototypu: 0,1 a 0,5 s.
  - Naše *implementace* je zatím pro tyto úlohy neefektivní.

(a) dReal



(b) Náš koncept

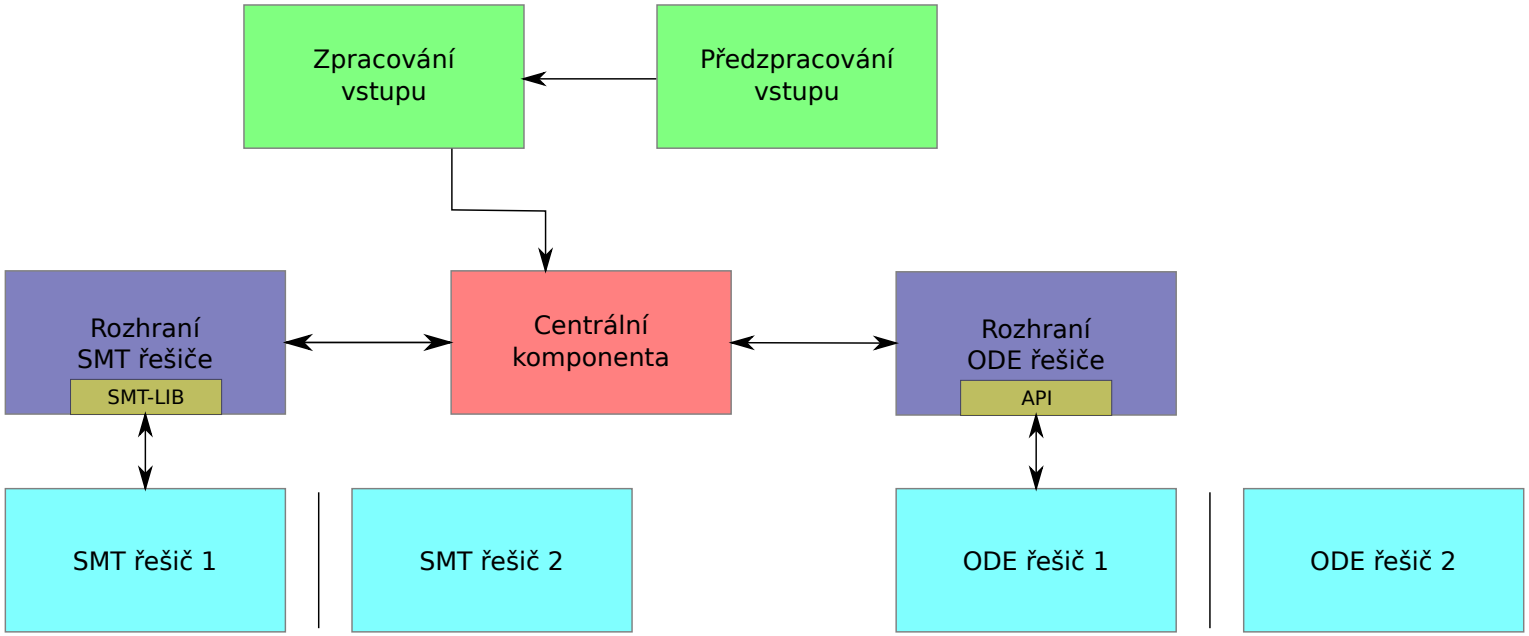


Pozorování

- Náš *prototyp* si v některých úlohách počíná mnohem **rychleji** než dReal.
  - Zejména v úlohách řízených časem.
- Tj. podařilo se mi **potvrdit**, že zvolený **koncept** je **nadějný** pro lepší použití **v praxi**.
  - Průmyslové instance mohou být velmi rozsáhlé.

Model komponent

- Vstupní jazyk je podobný standardu SMT-LIB.
  - Přidány makra pro parametrizované generování kódu.
- SMT i ODE řešič realizovány jako výměnné samostatné komponenty.
  - Lze použít libovolný SMT řešič konformní s SMT-LIB standardem.



Závěr

- Cíl: aplikovat **odlišný přístup** v integraci ODE.
  - Méně přesné, ale **rychlejší** metody.
- Prototyp srovnán s řešičem dReal.
  - Naše řešení je výrazně **rychlejší** v některých úlohách.
- Zvolený **koncept** se mi podařilo **potvrdit**.
- Na práci budu dále pokračovat.