Softwarový systém DYNAST

Michal Ševčenko
VIC ČVUT

Úvod

- **Systém DYNAST je sada nástrojů pro podporu modelování a simulace**
- **Jádro systému tvoří dva programy**
  - **simulátor DYNAST**
  - **Integrované uživatelské prostředí, DYNSHELL**

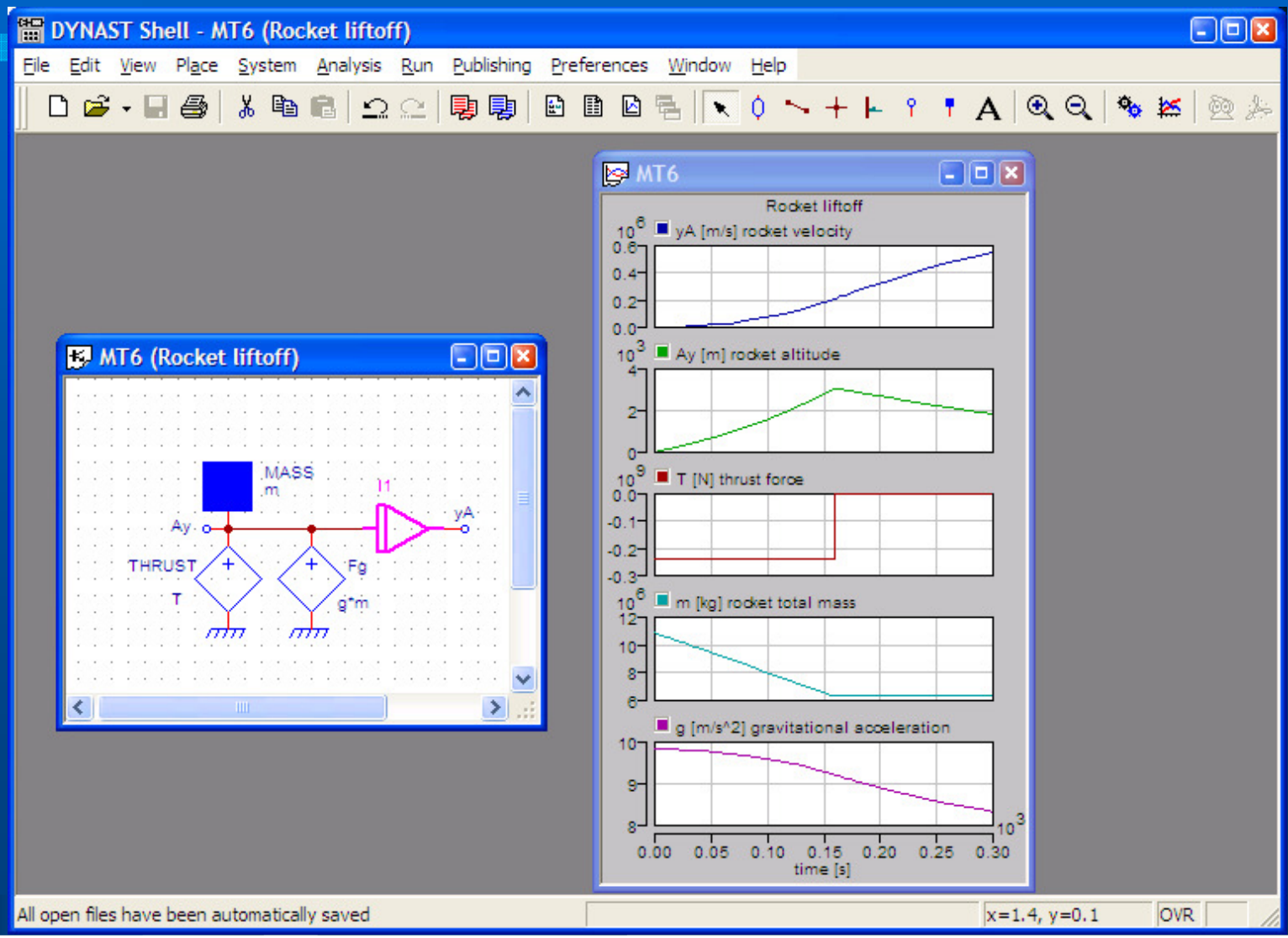
Základní funkce DYNSHELLu

- **Příprava simulačních modelů**
- **Spouštění simulátoru DYNAST**
- **Prezentace výsledků simulace**
- **Dokumentace**
- **Nápověda**

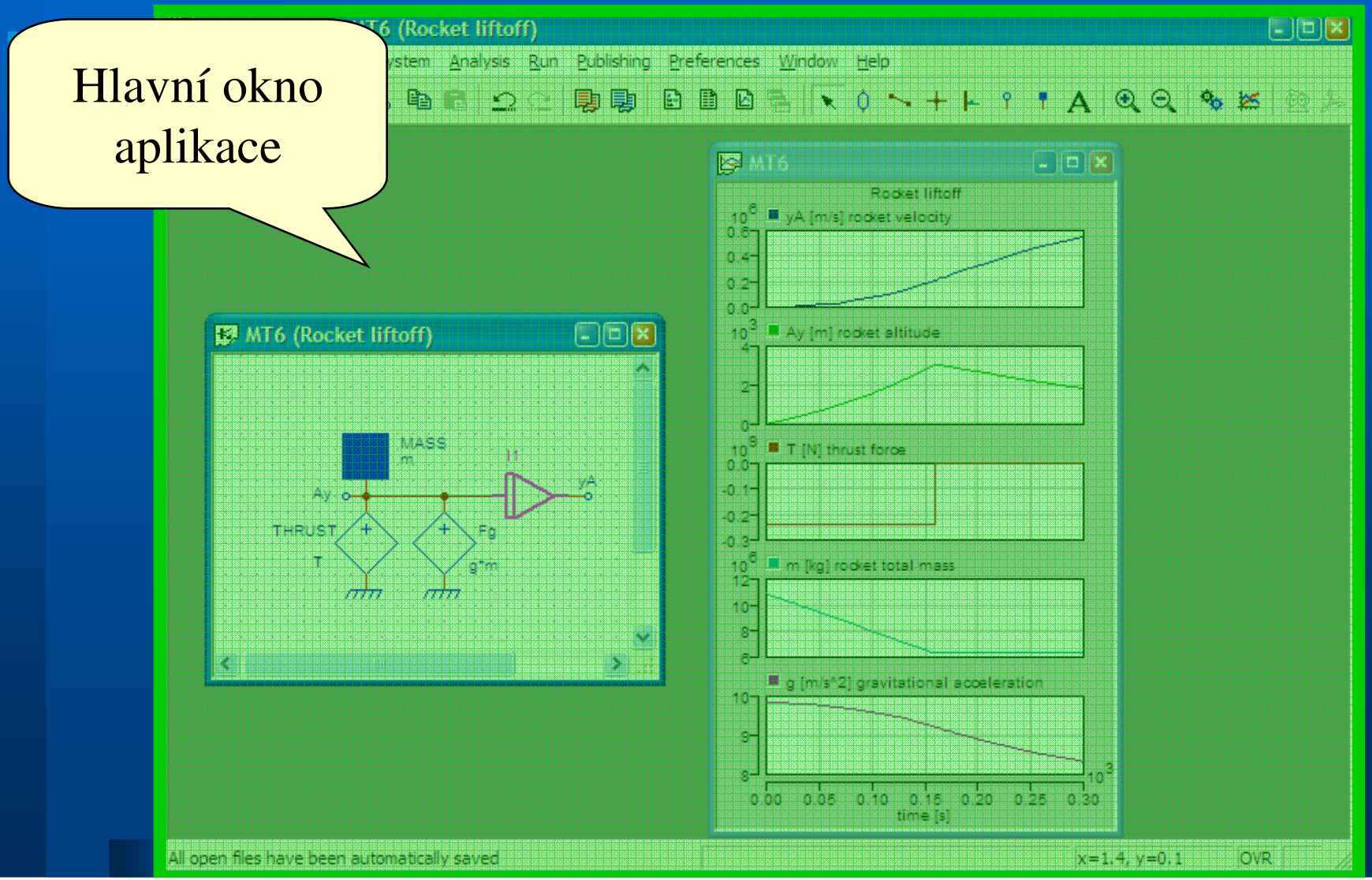
Základy ovládání DYNSHELLu

- **Základní prvky uživatelského rozhraní**
- **Různé typy dokumentů**

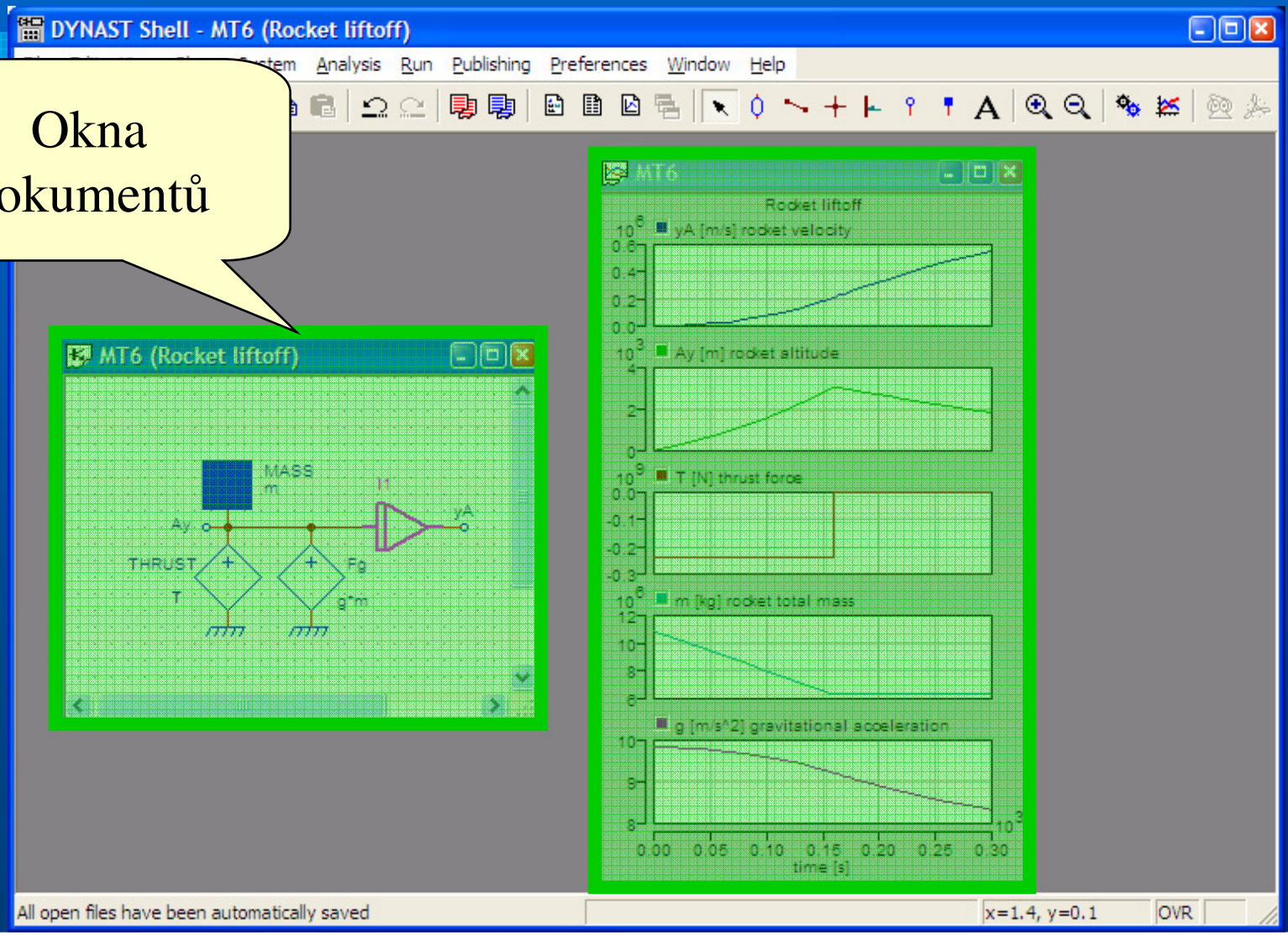
Prvky uživatelského rozhraní



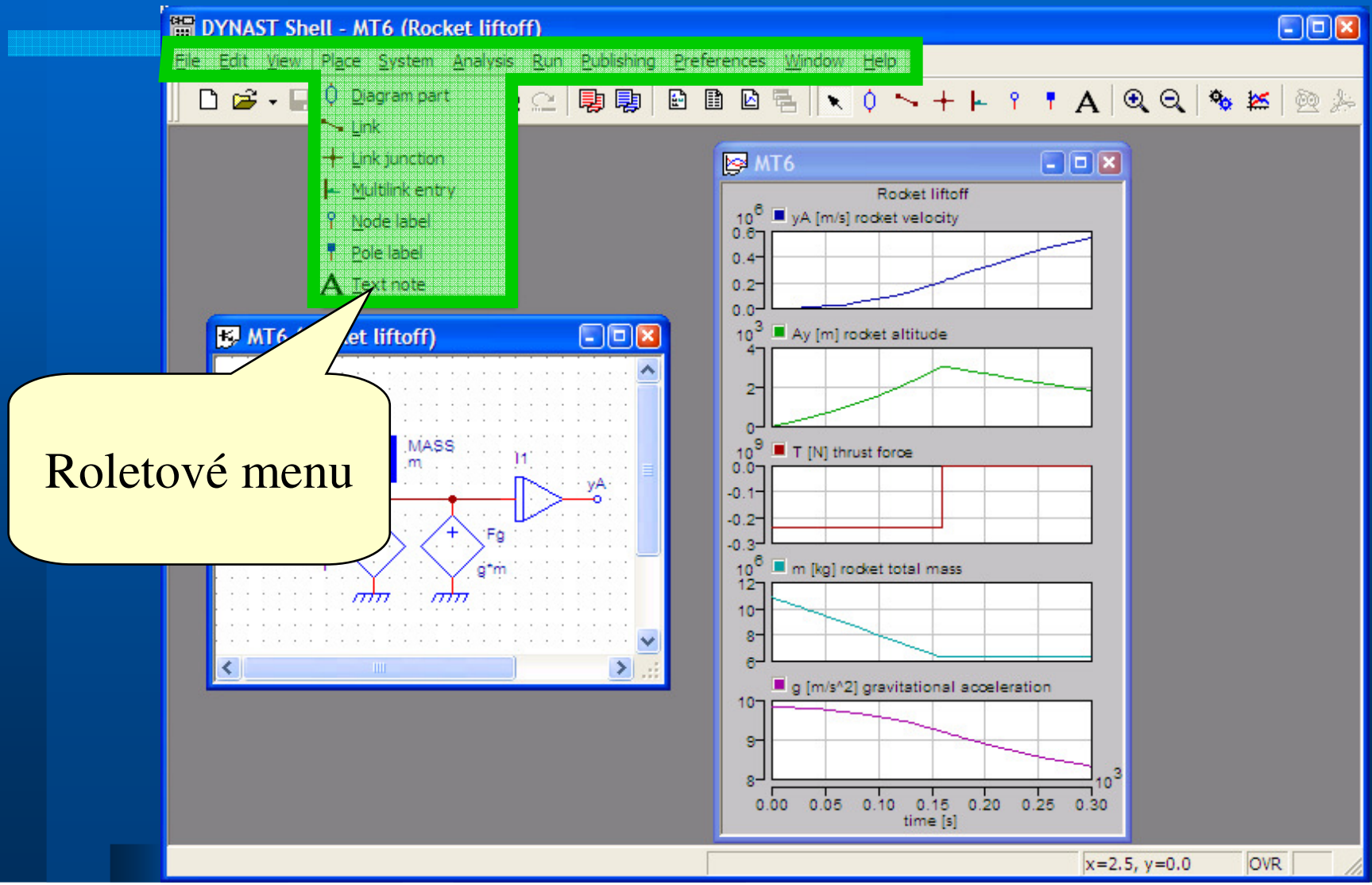
Prvky uživatelského rozhraní



Prvky uživatelského rozhraní

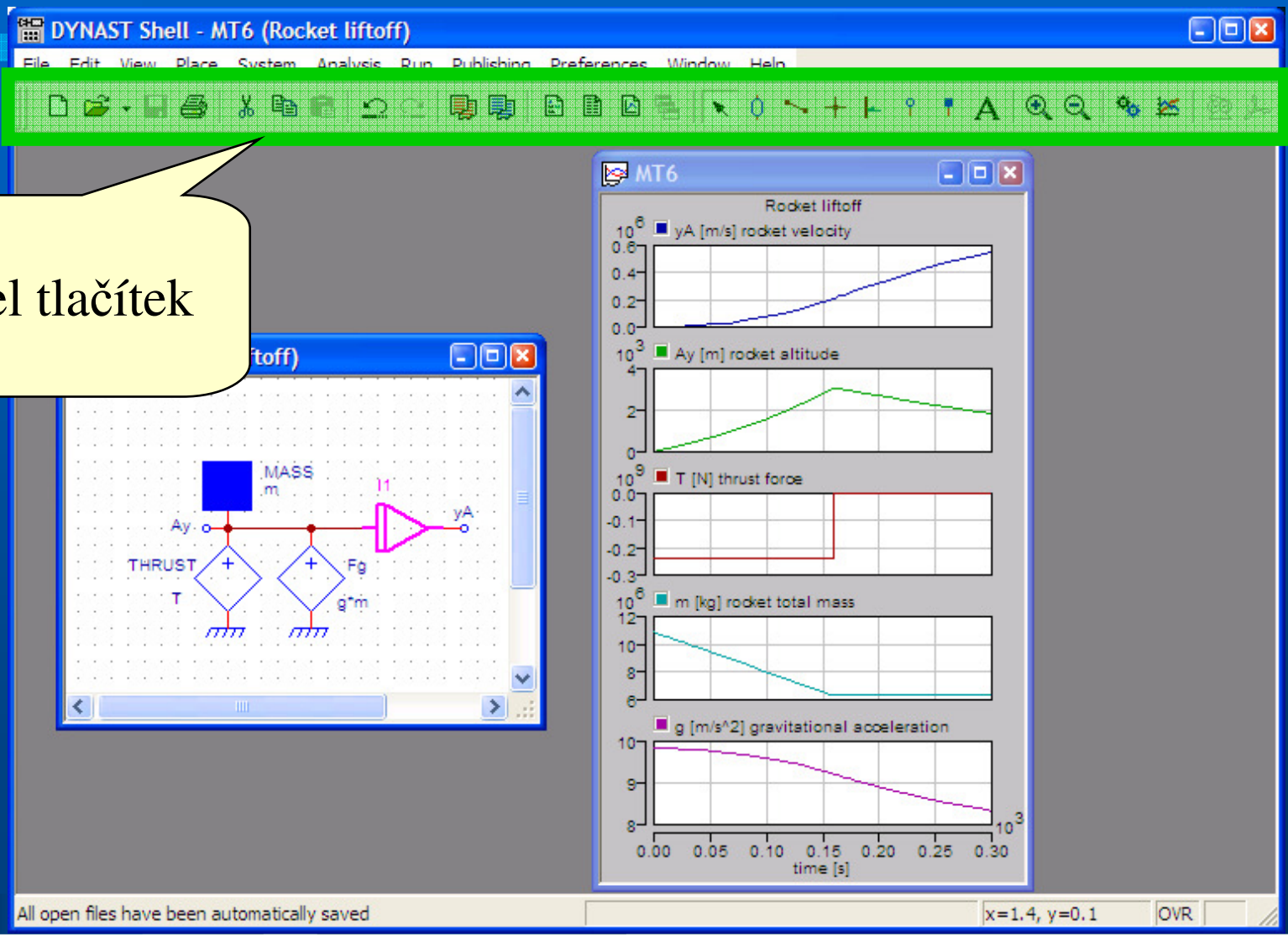


Prvky uživatelského rozhraní

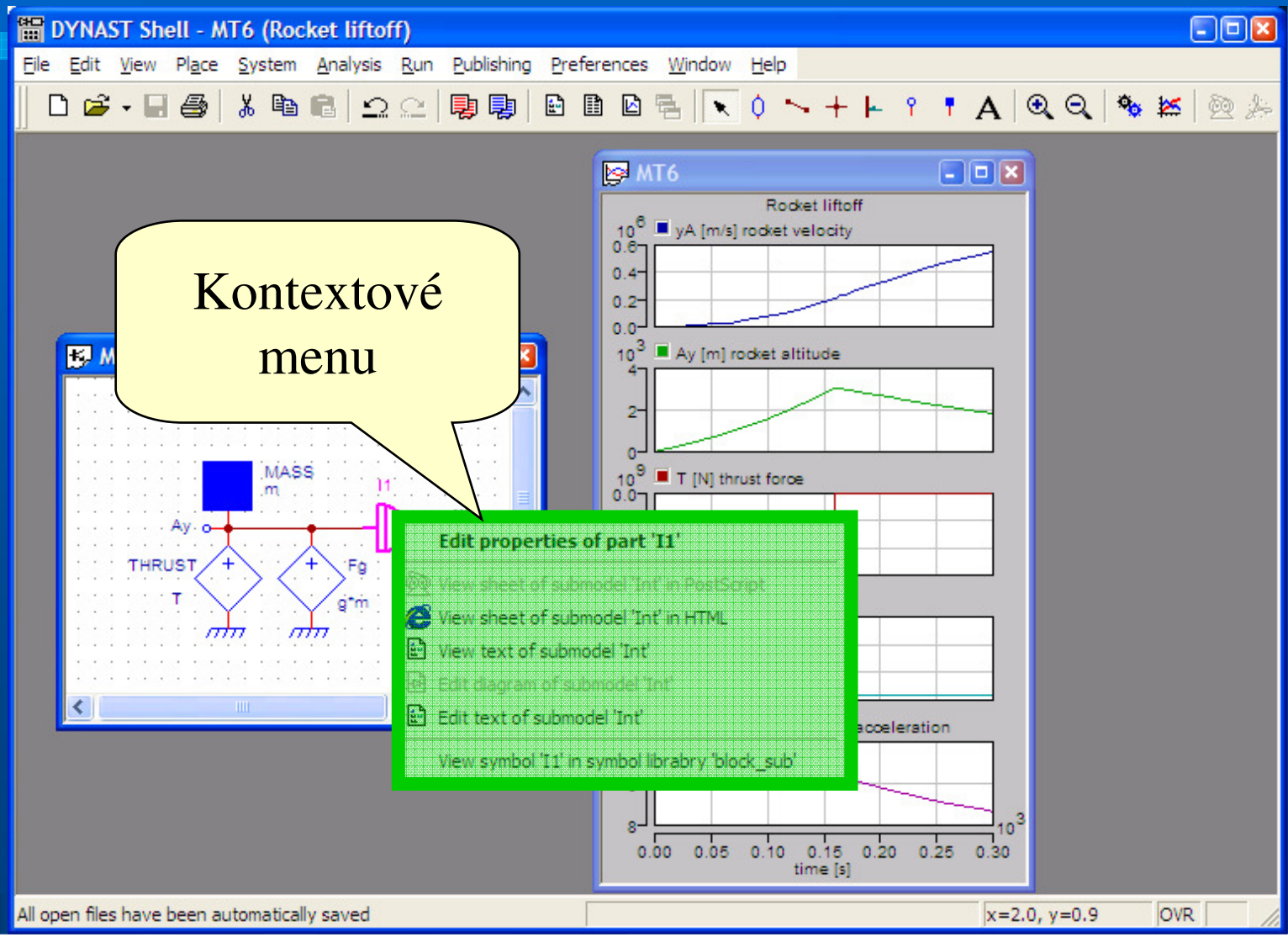


Roletové menu

Prvky uživatelského rozhraní



Prvky uživatelského rozhraní



Příprava simulačních modelů

- **Specifikace modelu**
- **Specifikace analýzy**

Specifikace modelu

- **Graficky**
  - **mnohopólovým diagramem**
  - **blokovým diagramem**

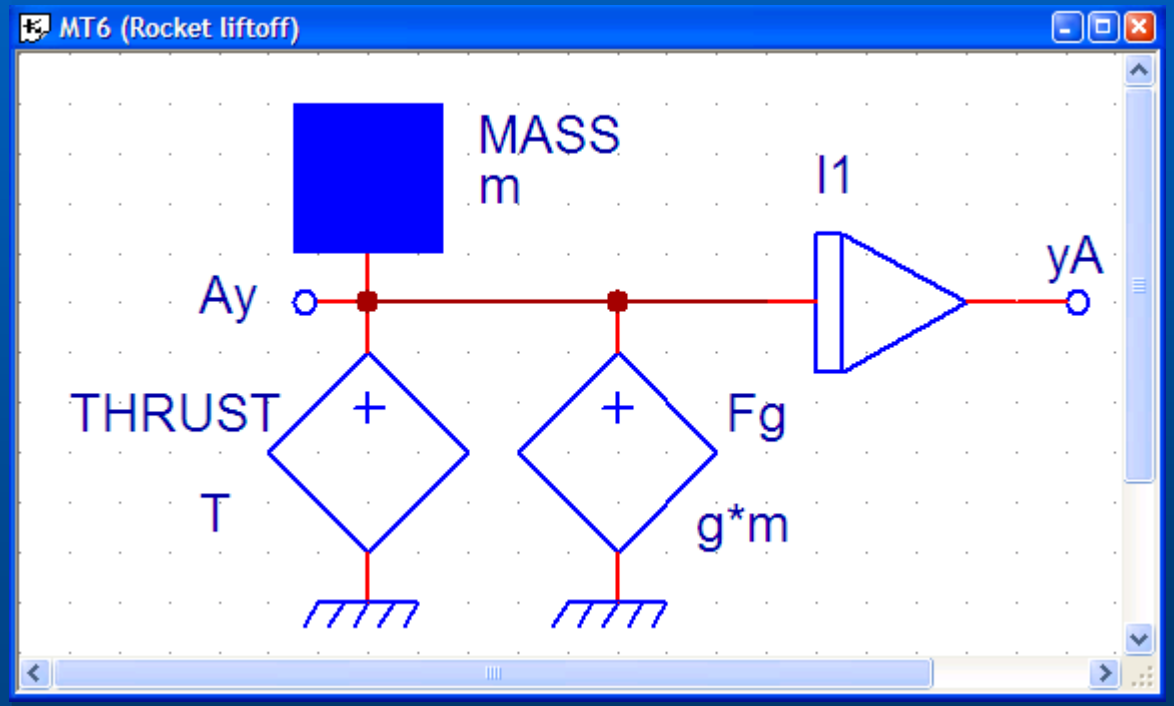
    Editor diagramů
- **Pomocí rovnic**

  Formulářové rozhraní

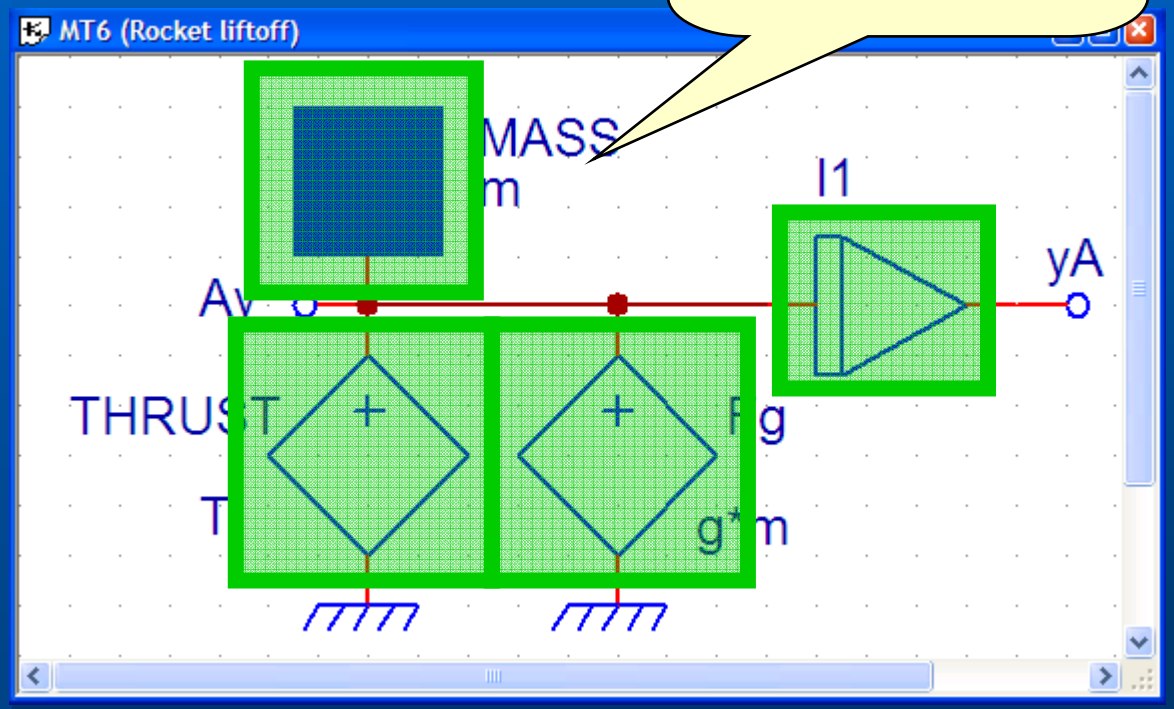
Editor diagramů

- Umožňuje zadávat simulační modely graficky
- Obsahuje knihovnu standardních submodelů
- Knihovnu lze rozšiřovat o uživatelské submodely

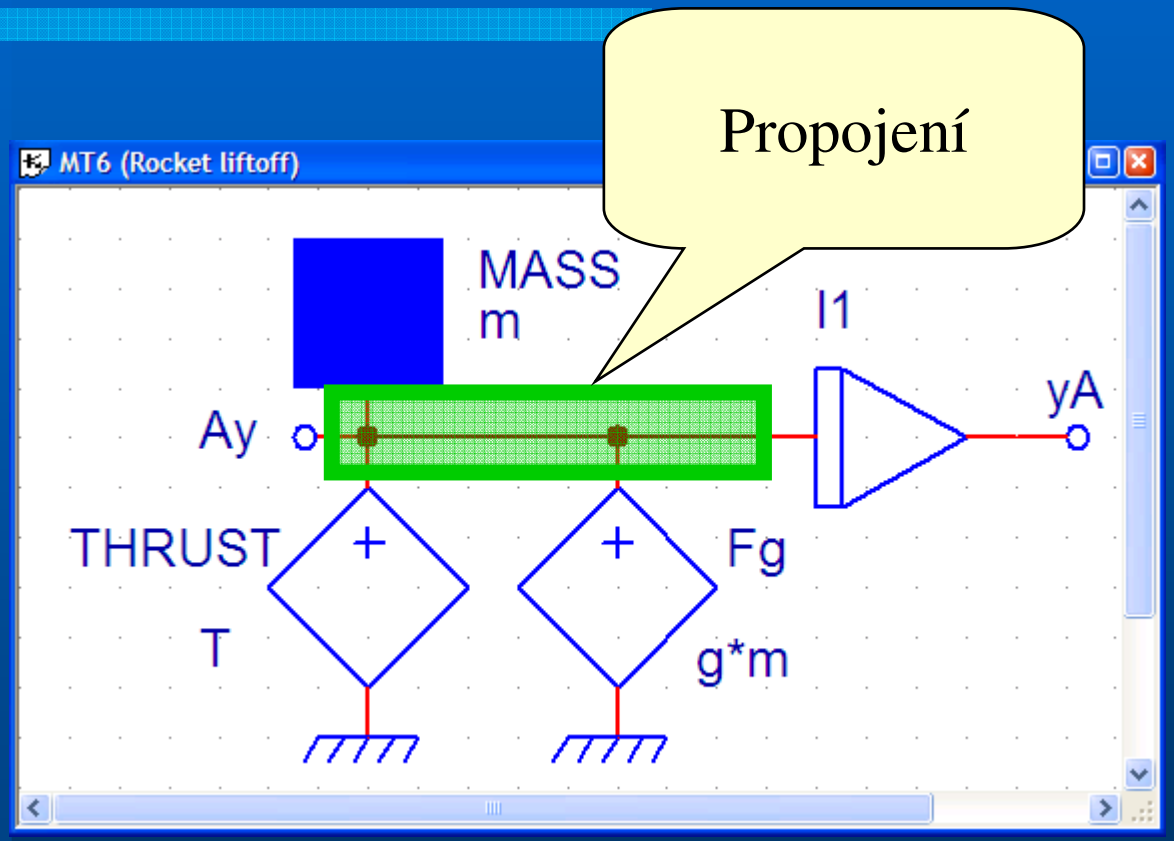
Editor diagramů



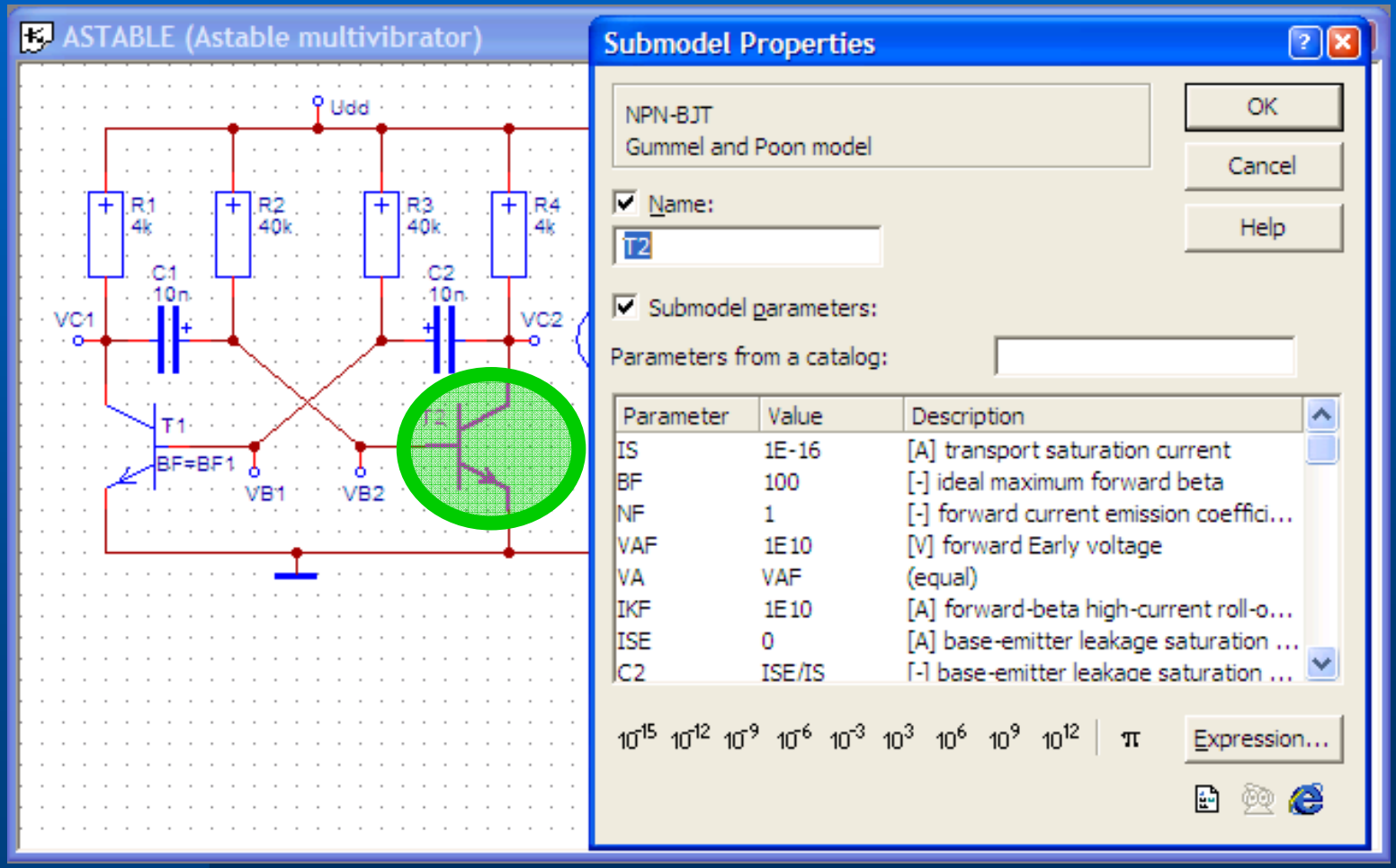
Editor diagramů



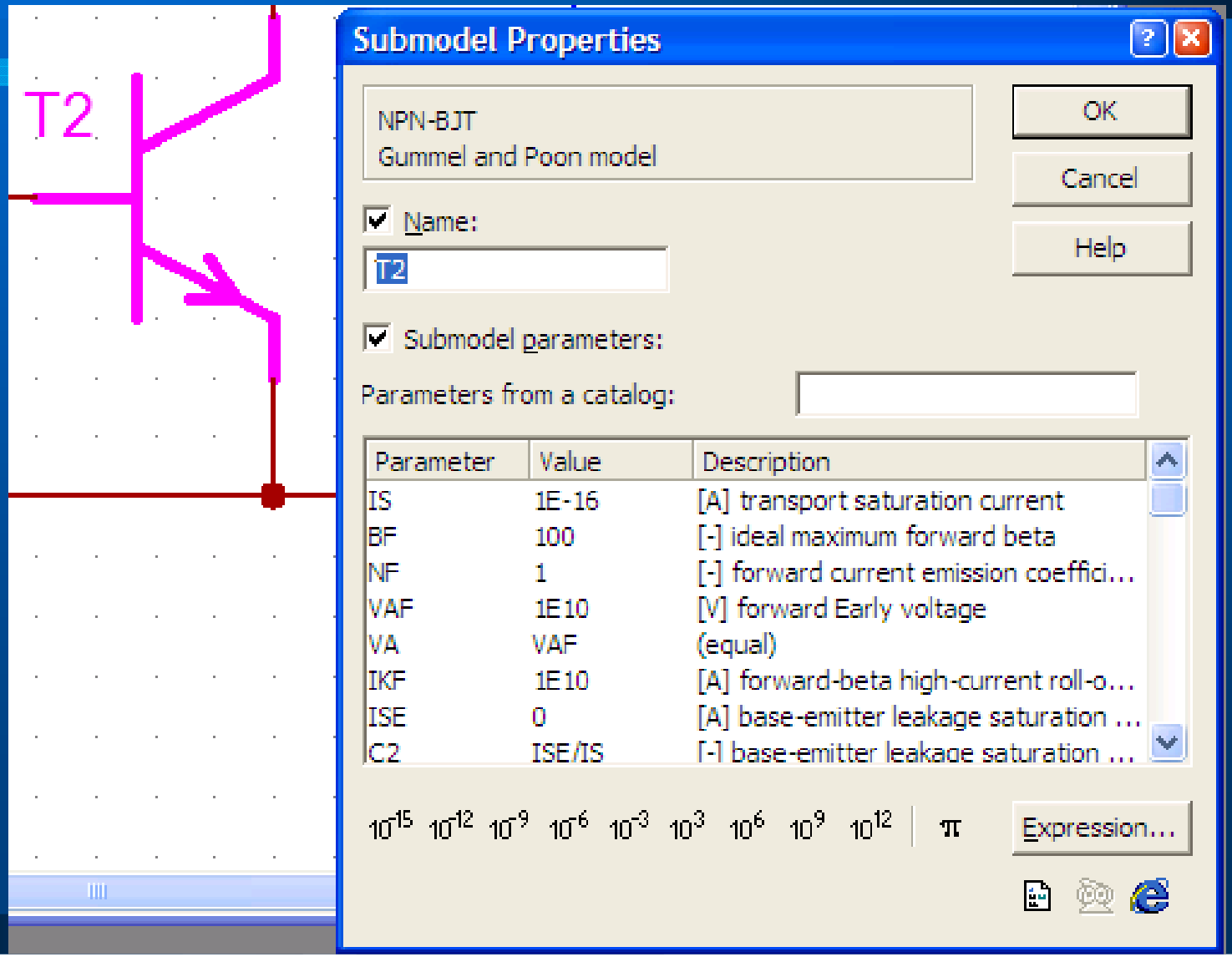
Editor diagramů



Vlastnosti submodelu

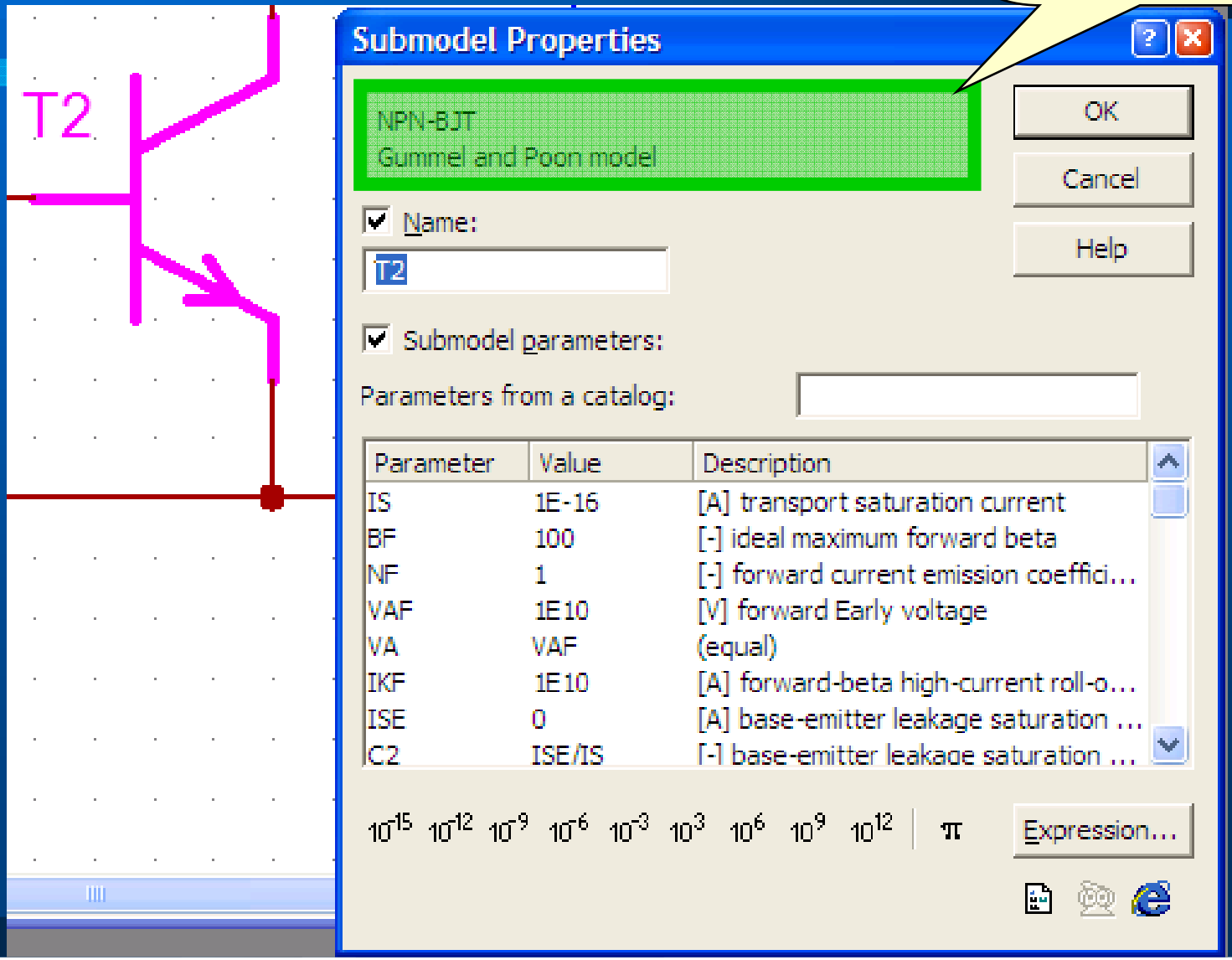


Vlastnosti submodelu

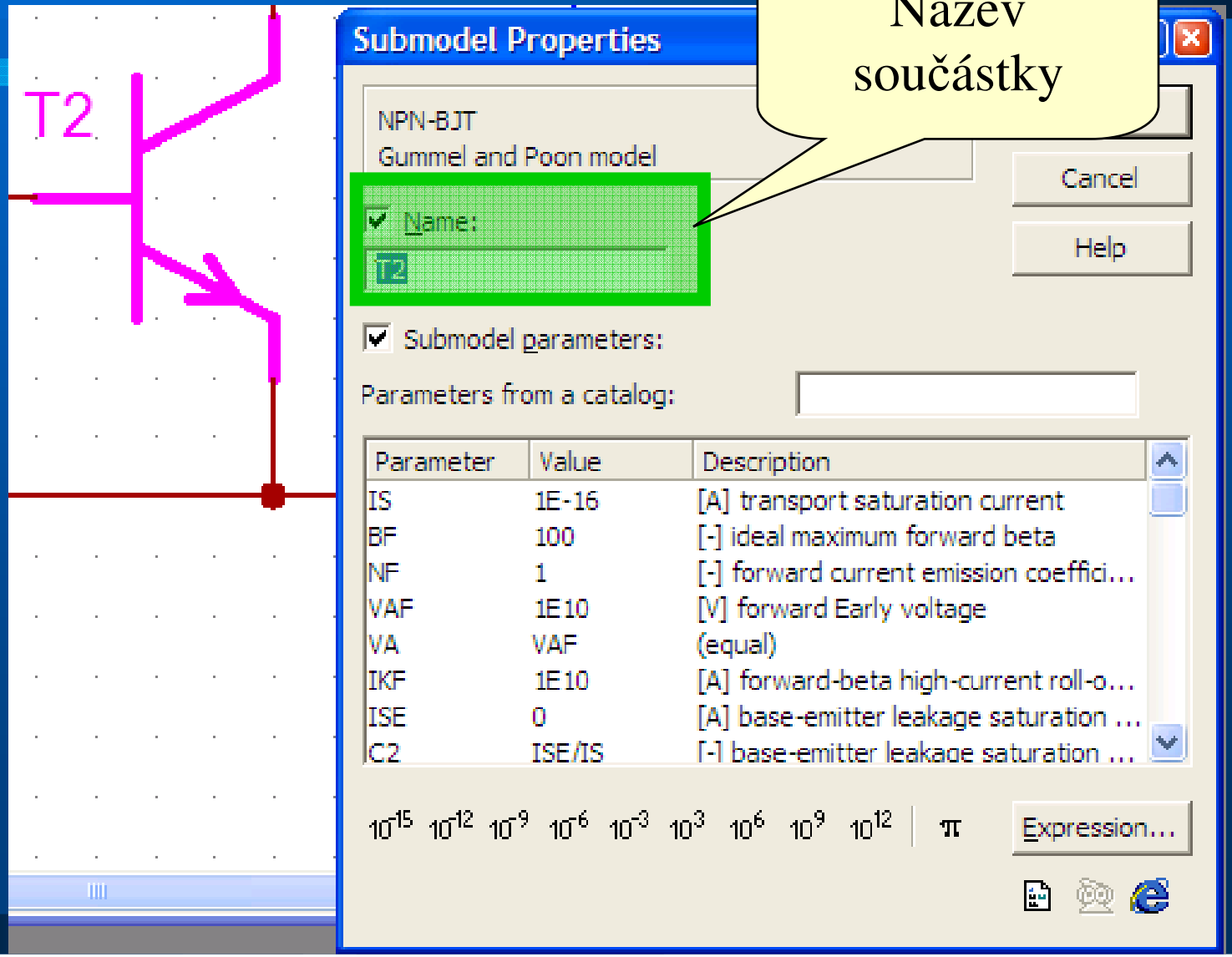


Vlastnosti submodelu

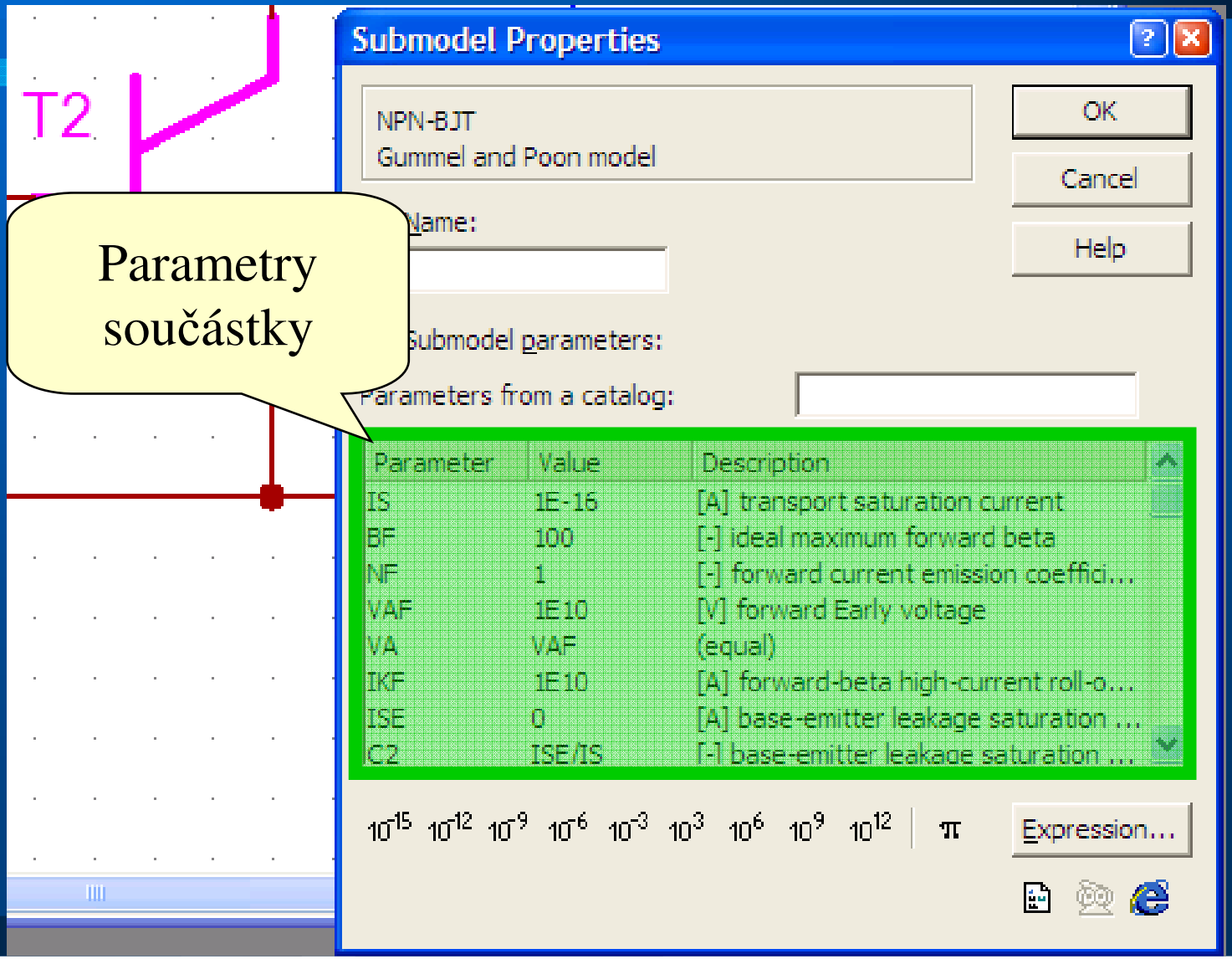
Název submodelu



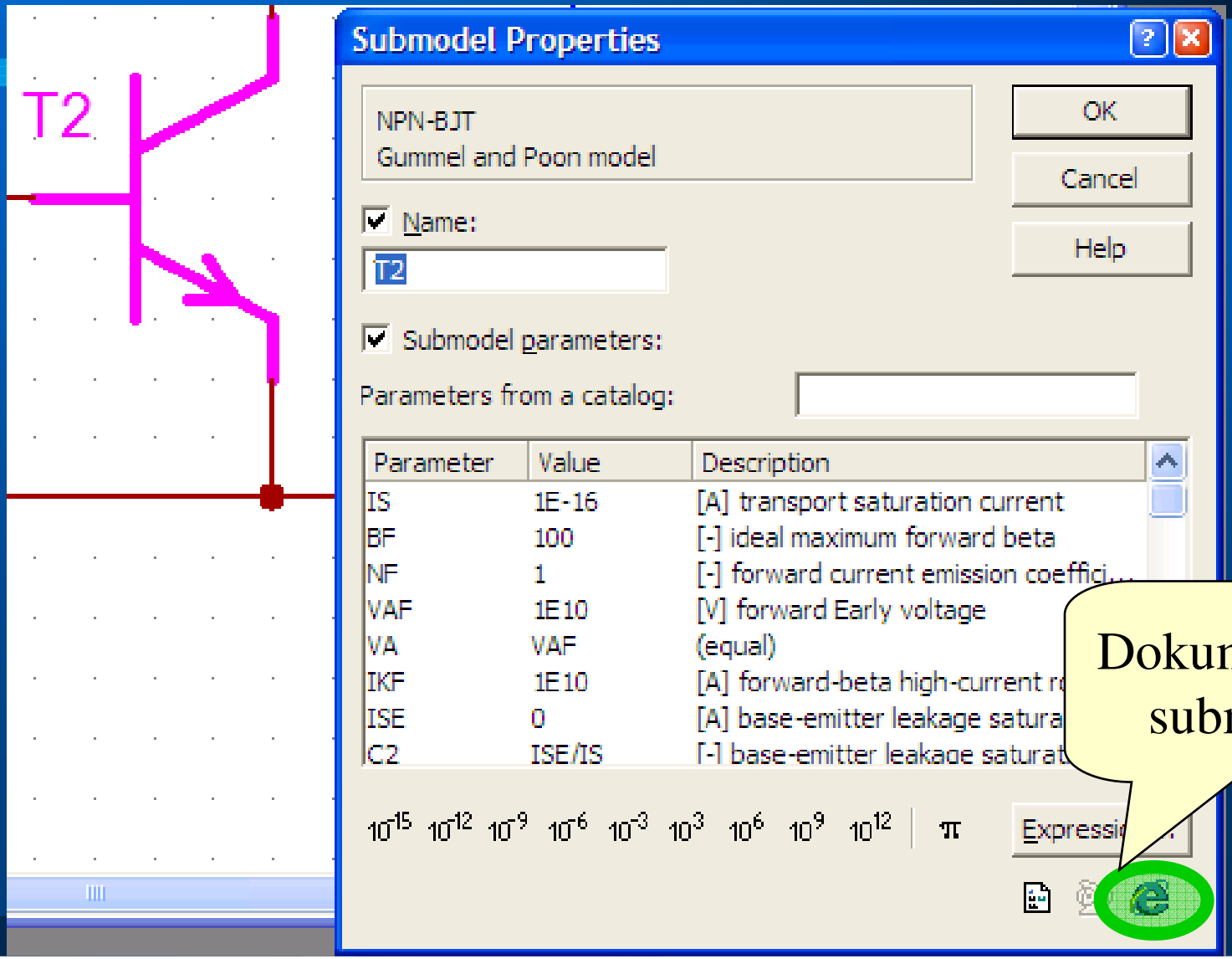
Vlastnosti submodelu



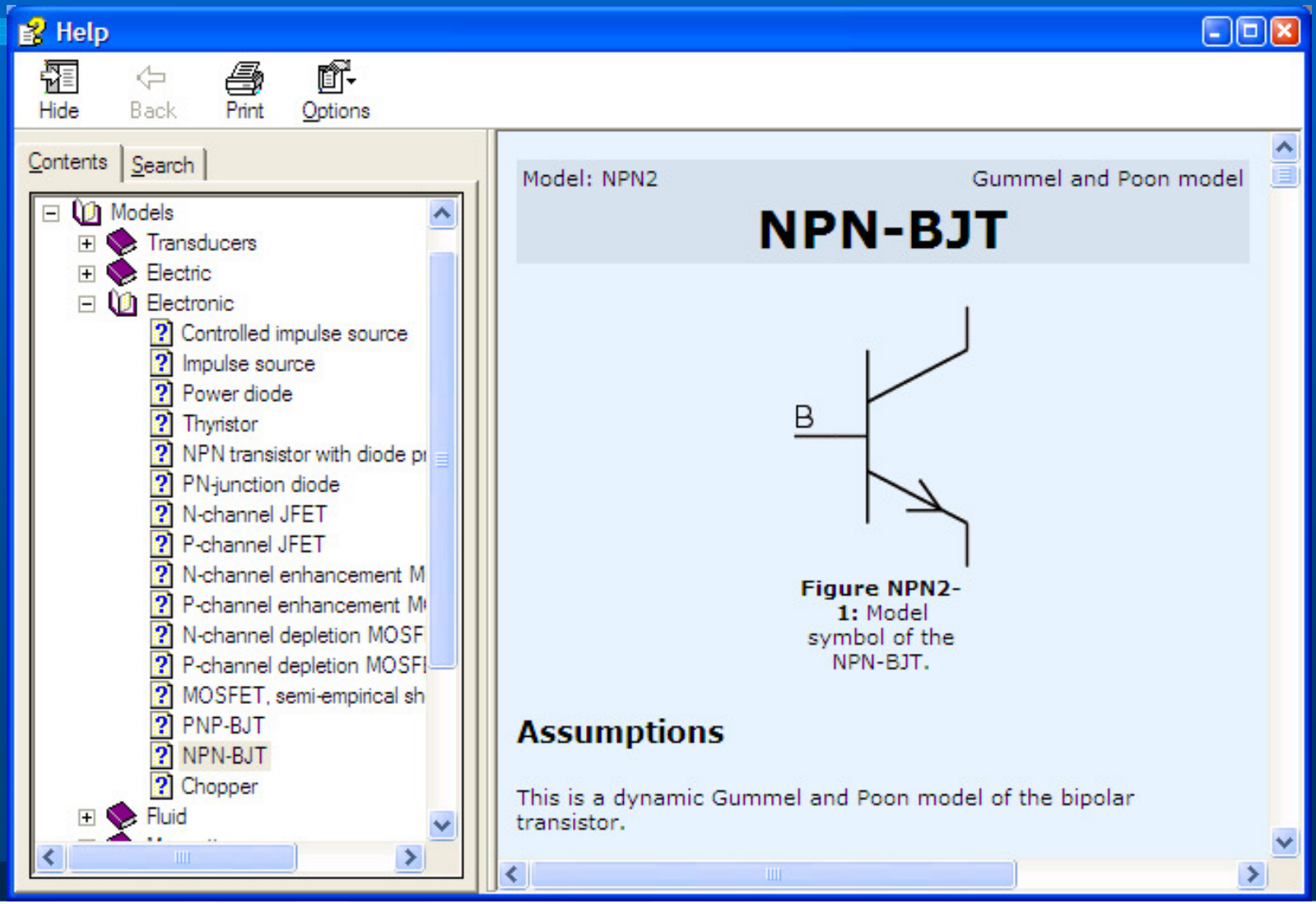
Vlastnosti submodelu



Vlastnosti submodelu



Dokumentace submodelu

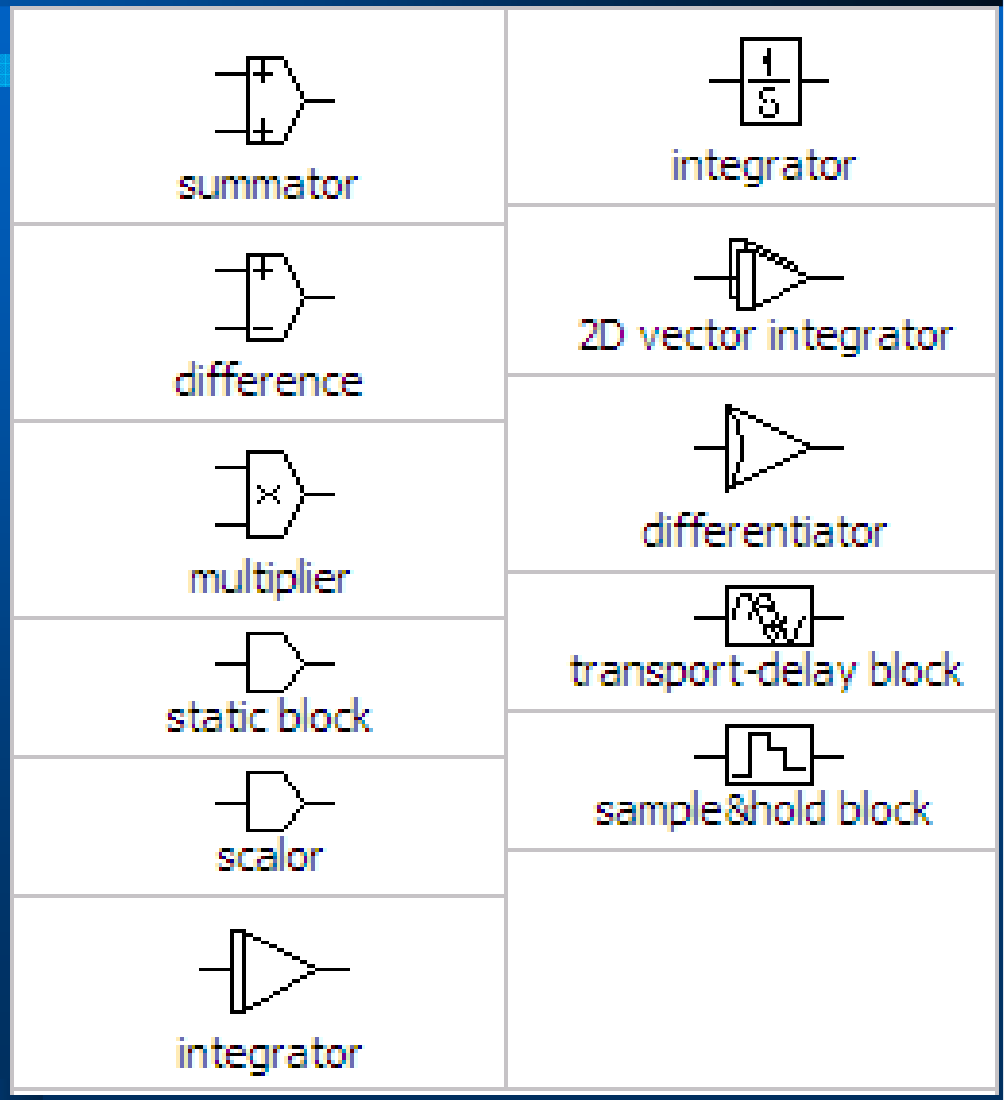


Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**

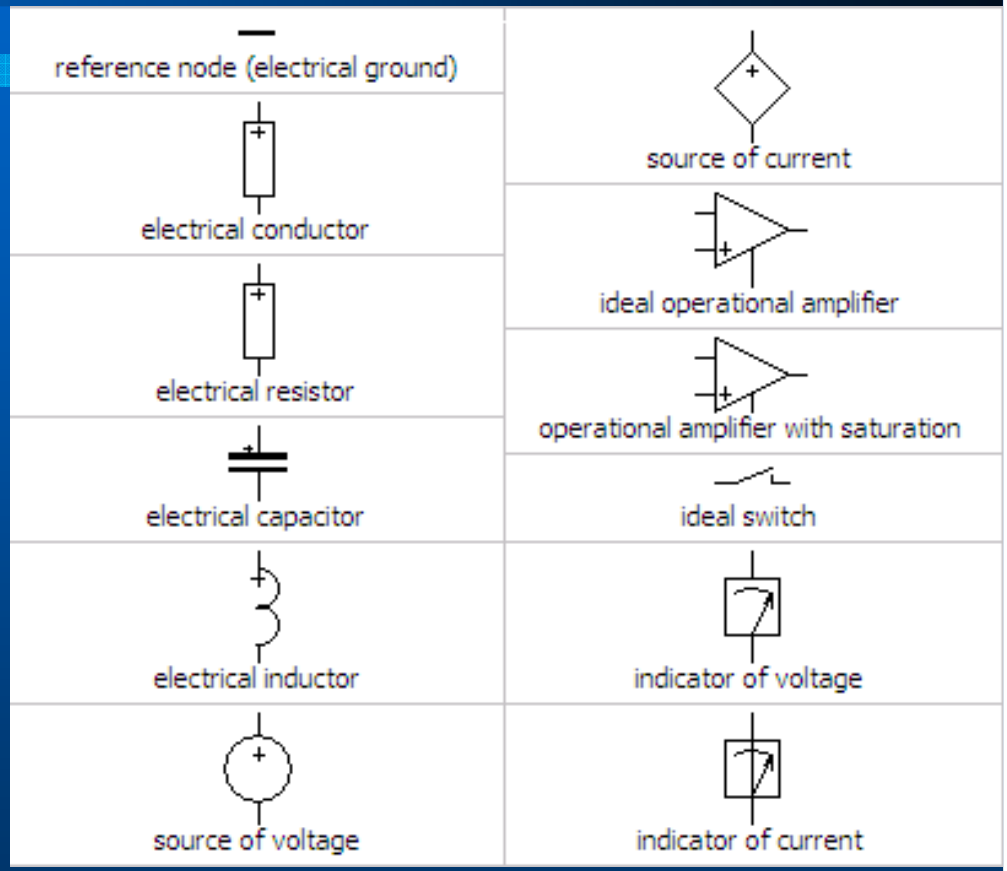
Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**



Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**

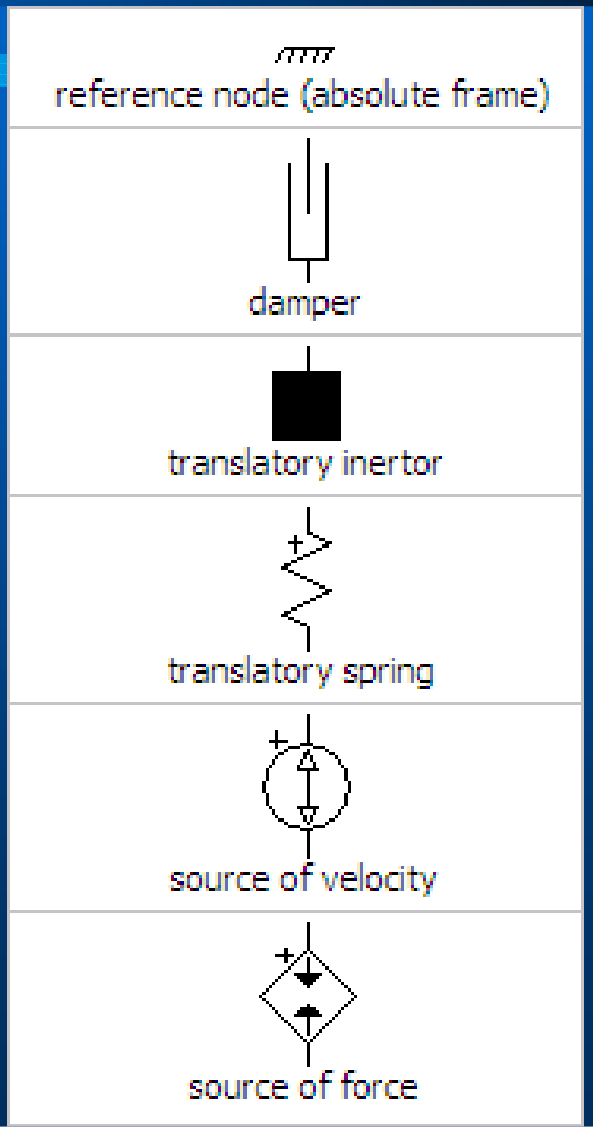


Elektrické

Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**

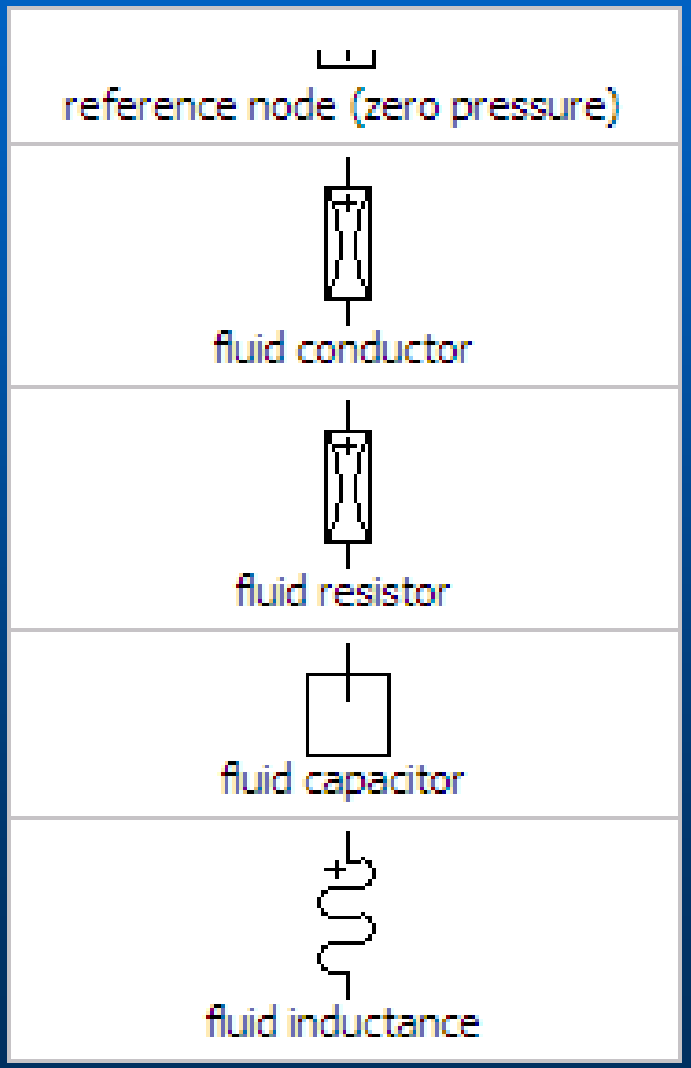
Mechanické



Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**

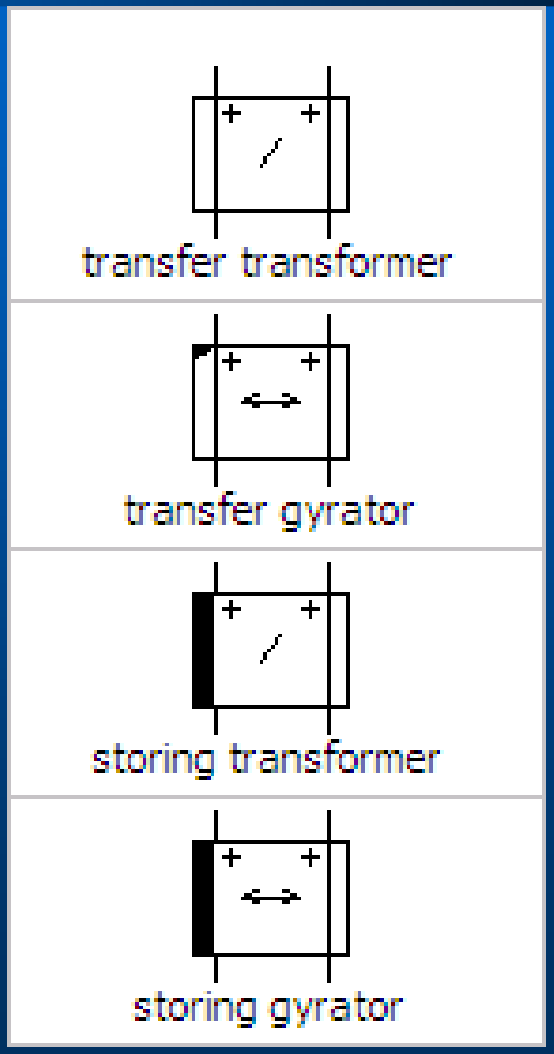
Hydraulické



Úvod do knihovny modelů DYNASTu

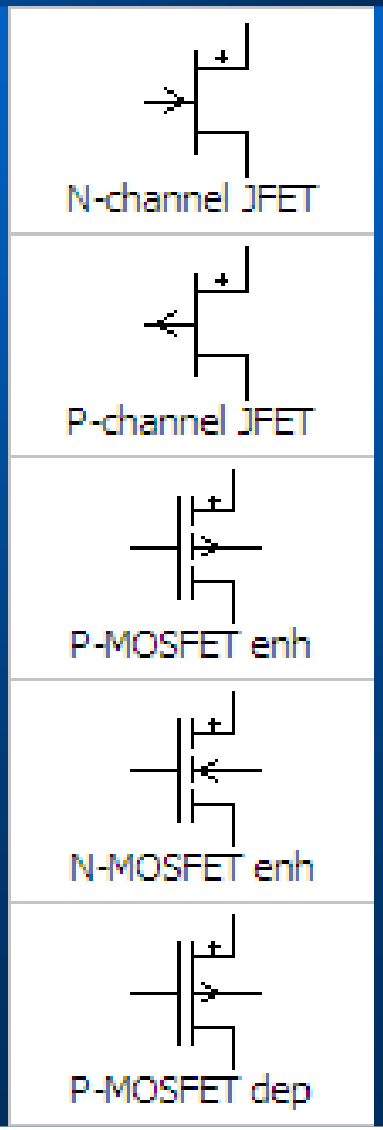
- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**

Vazby



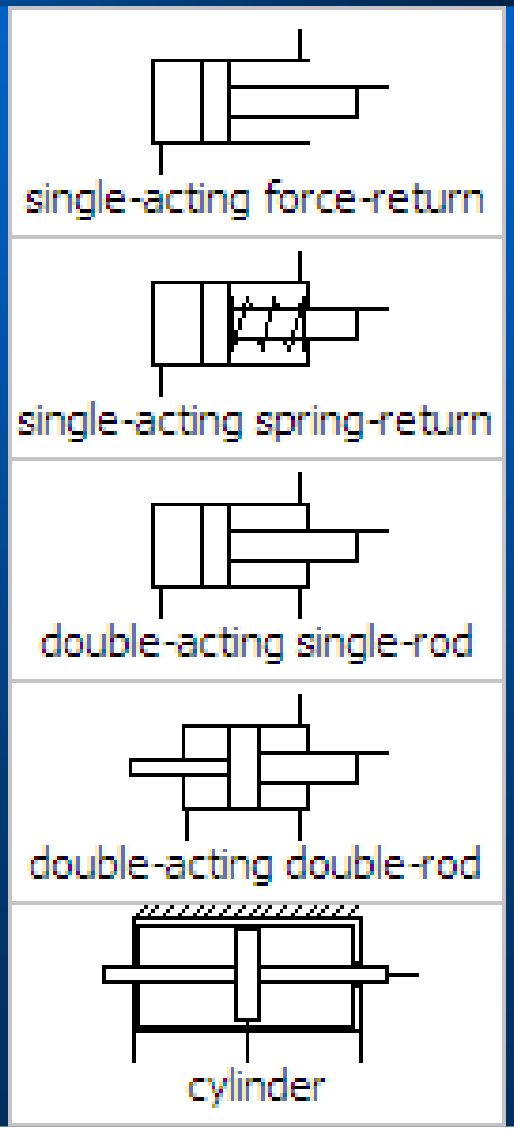
Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**



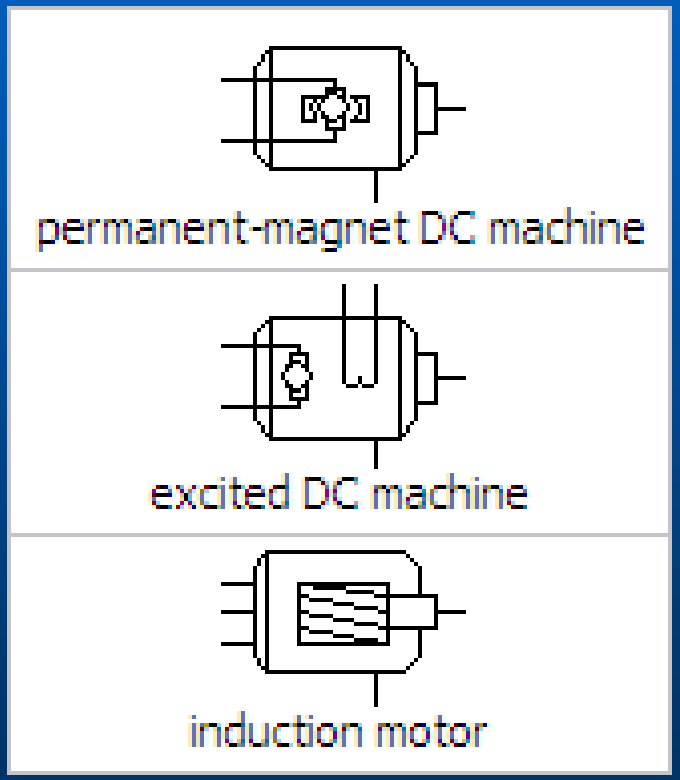
Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**



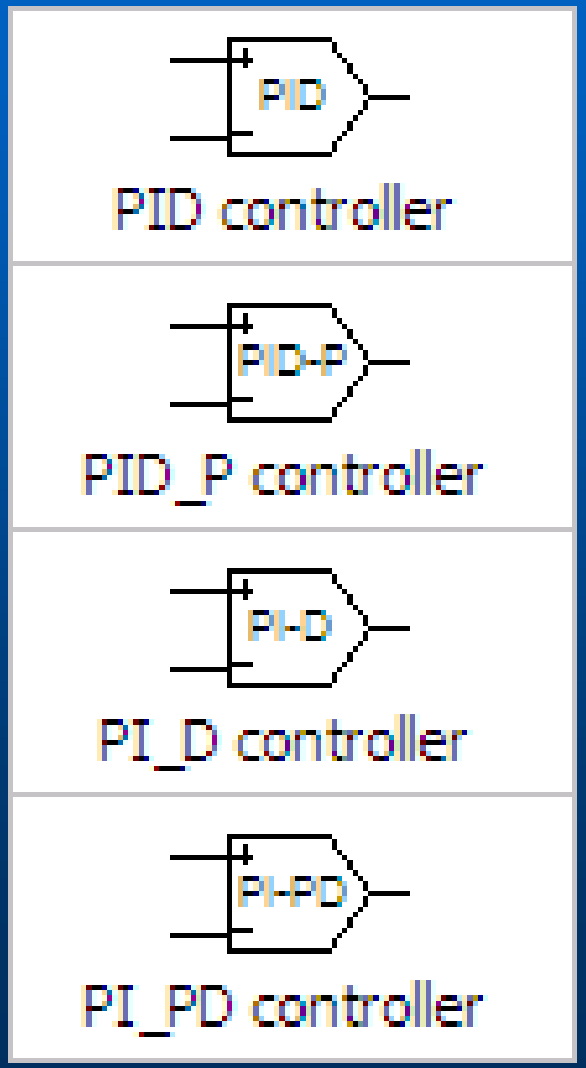
Úvod do knihovny modelů DYNASTu

- **Bloky**
- **Fyzikální elementy**
- **Modely komponent**
  - **Elektronika**
  - **Hydraulika**
  - **Motory**
  - **Řídící systémy**



Úvod do knihovny modelů DYNASTu

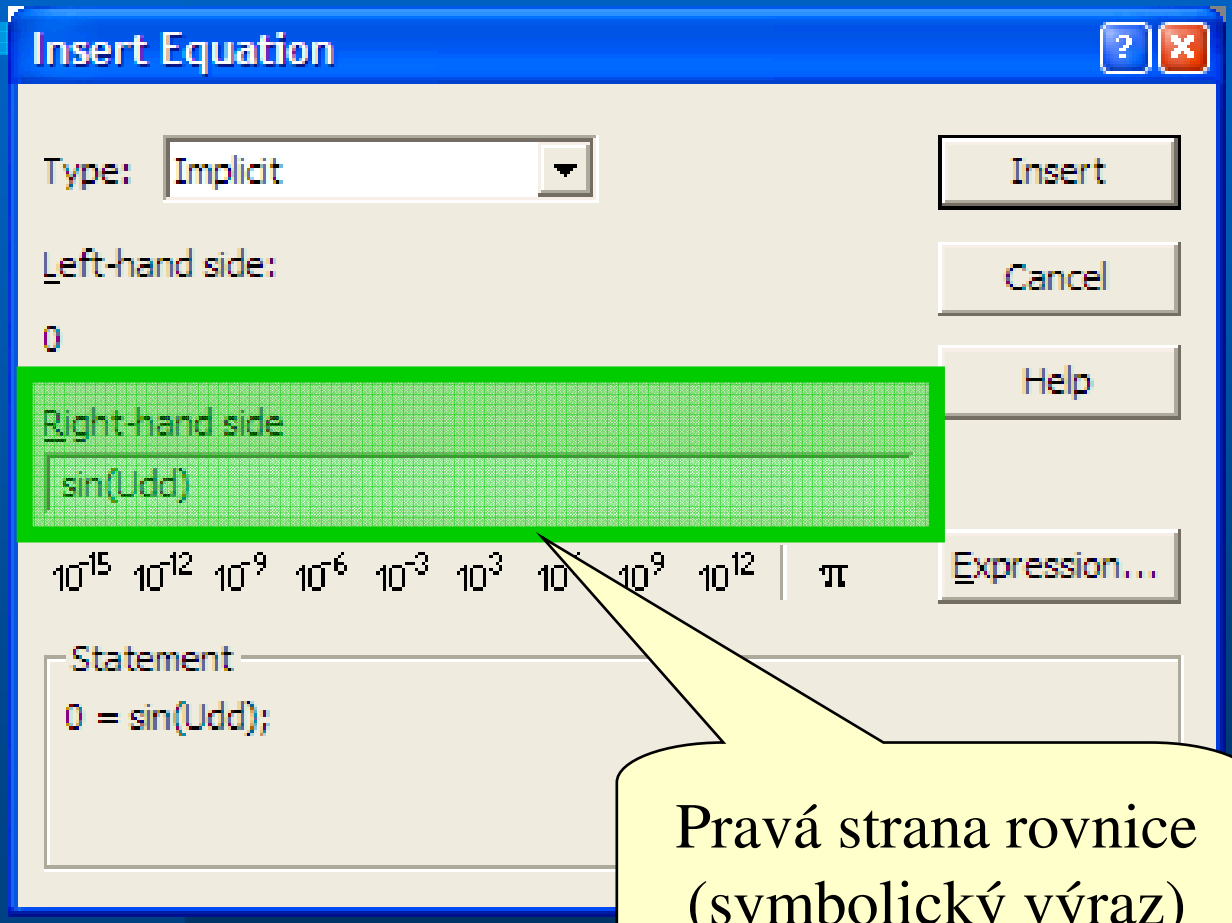
- Bloky
- Fyzikální elementy
- Modely komponent
  - Elektronika
  - Hydraulika
  - Motory
  - Řídící systémy



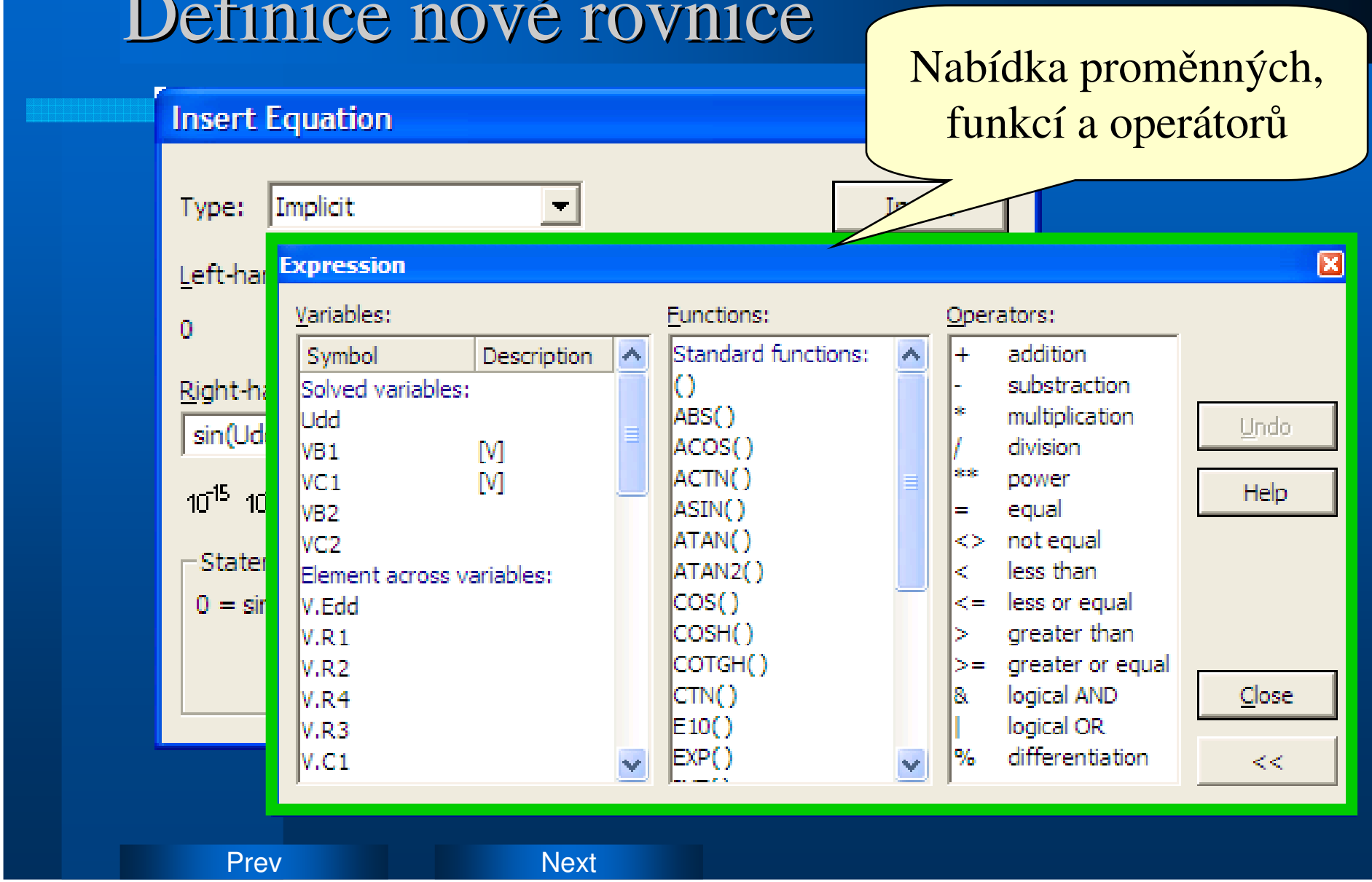
Zadávání negrafických dat

- **Části modelu, které nelze zadat graficky, lze zadávat pomocí formulářů**
  - **rovnice**
  - **uživatelské funkce**
  - **parametry submodelu atd.**

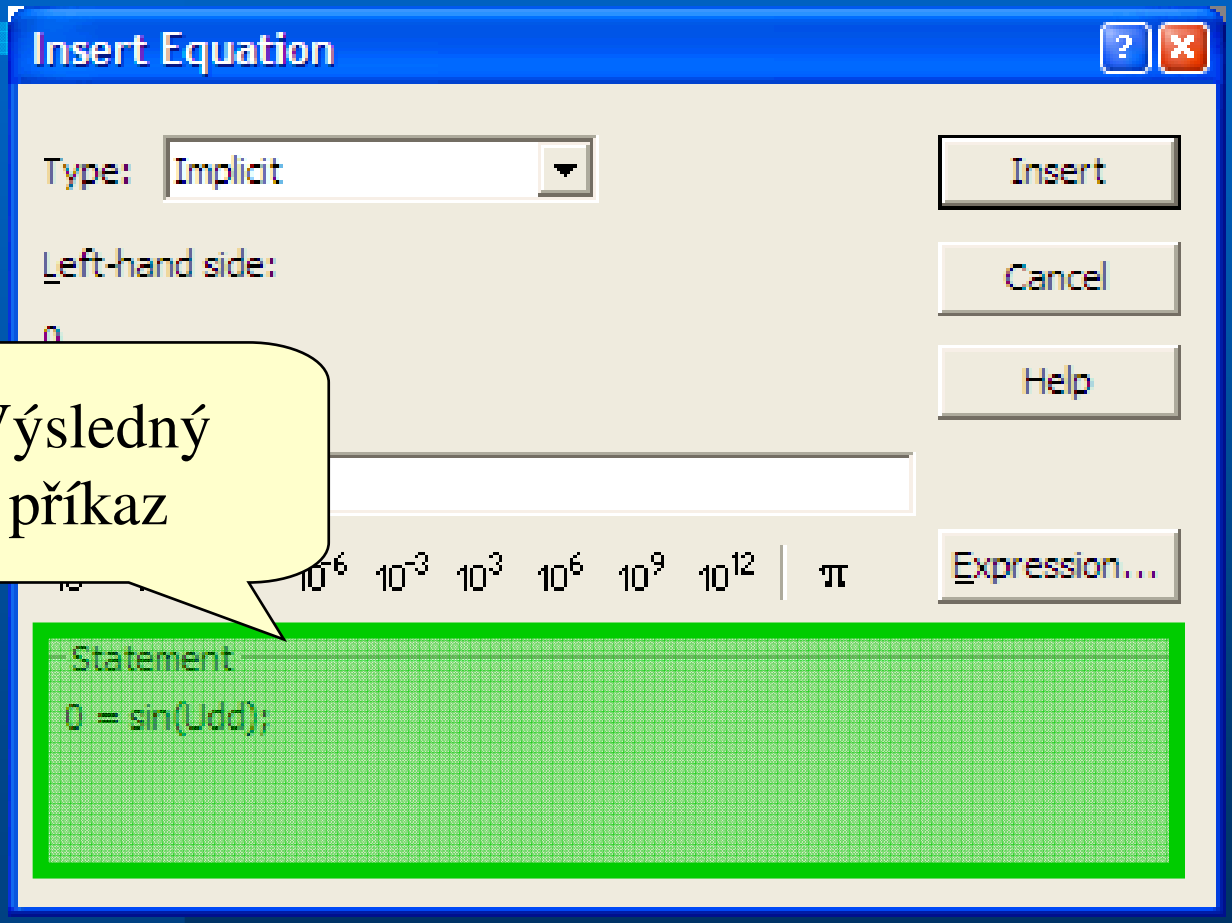
Definice nové rovnice



Definice nové rovnice



Definice nové rovnice



Výsledný příkaz

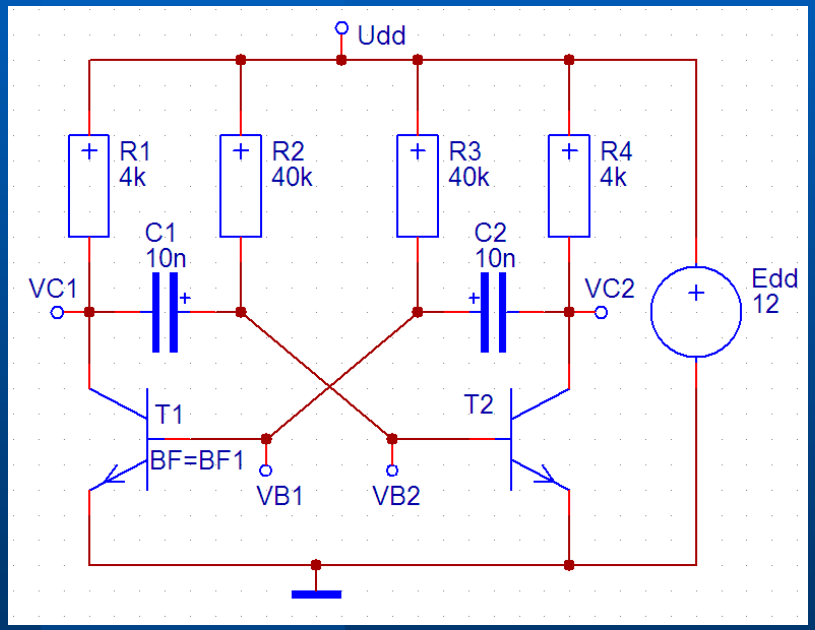
Příprava simulačních modelů

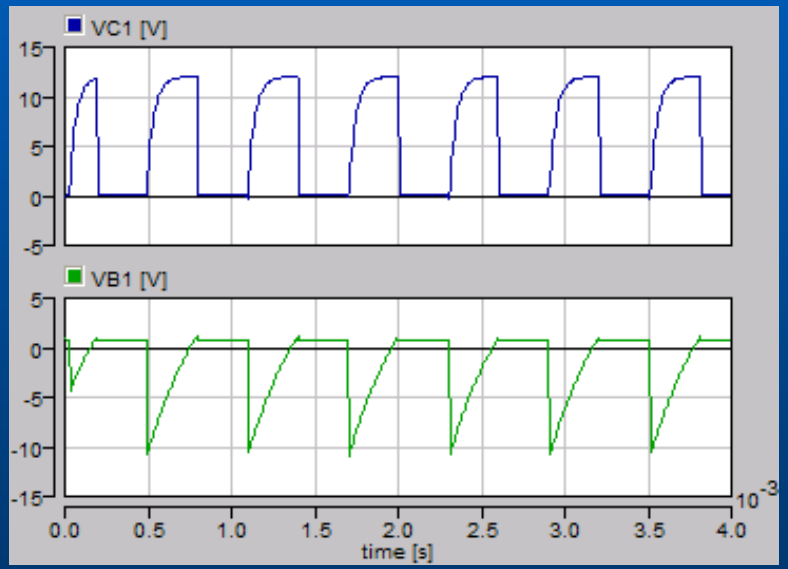
- **Specifikace modelu**
- **Specifikace analýzy**

Typy analýz

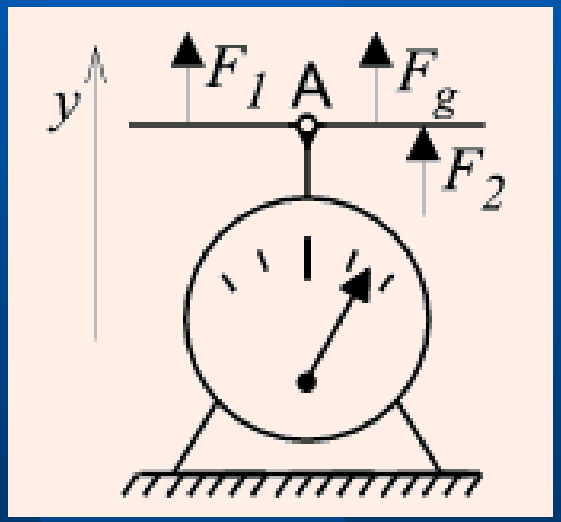
- **Numerická nelineární analýza**
  - analýza nelineární soustavy v časové oblasti
  - statická analýza (výpočet pracovního bodu)
- **Numerická frekvenční analýza**
  - analýza lineární soustavy ve frekvenční oblasti
- **Semisymbolická lineární analýza**
  - analýza lineární soustavy v časové nebo frekvenční oblasti, v symbolickém tvaru

Numerická nelineární analýza



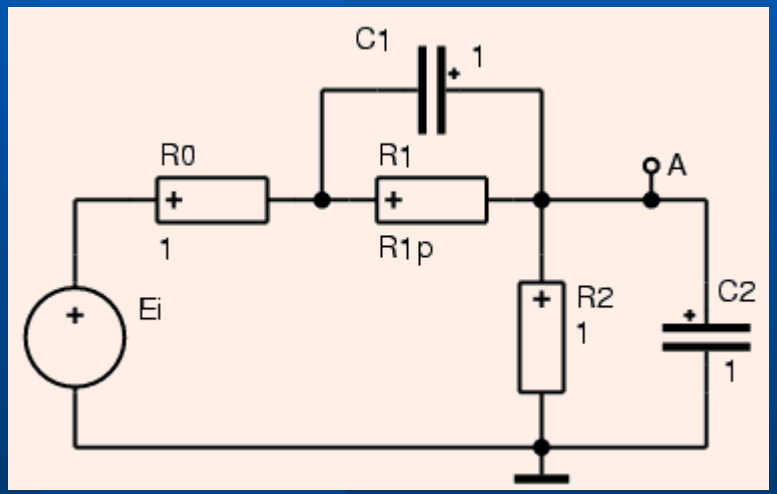


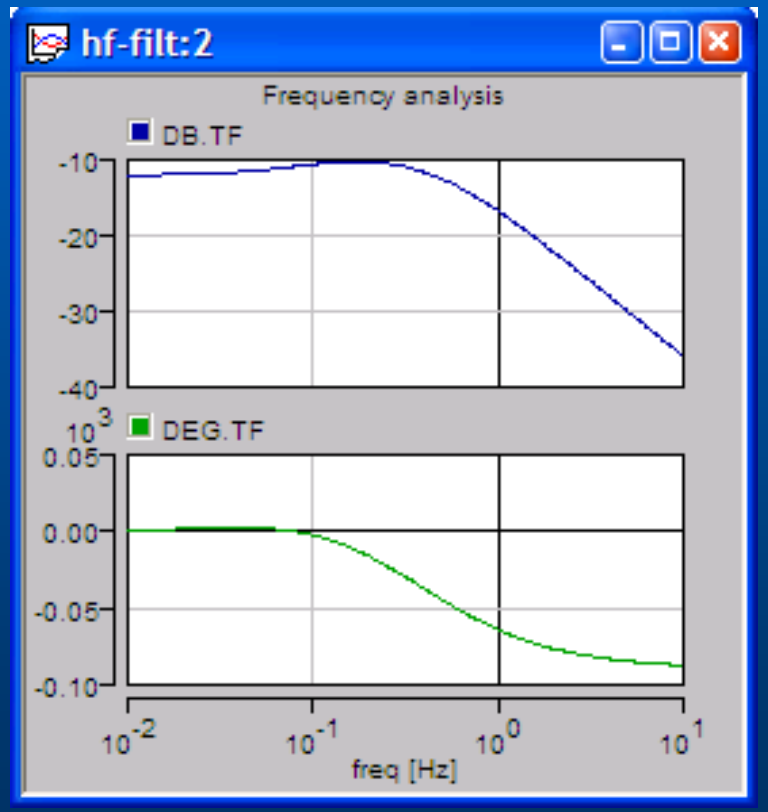
Numerická nelineární analýza



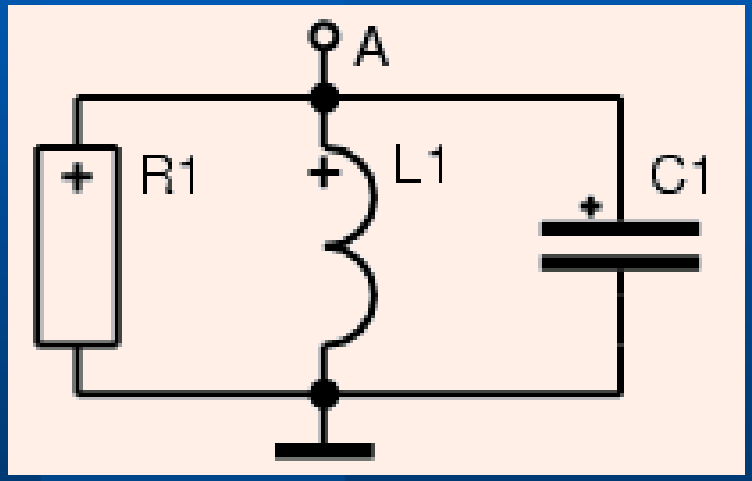
1	...	F1	3.500000e+000
2	...	F2	-4.500000e+000
3	...	I.Fmeter	-1.981000e+000
4	...	Fg	-9.810000e-001
5	...	Fsum	-2.220446e-016

Frekvenční analýza





Semisymbolická analýza



$$v_C(s) = \frac{s-1}{(s-0.5-j\,0.866)(s-0.5+j\,0.866)}$$

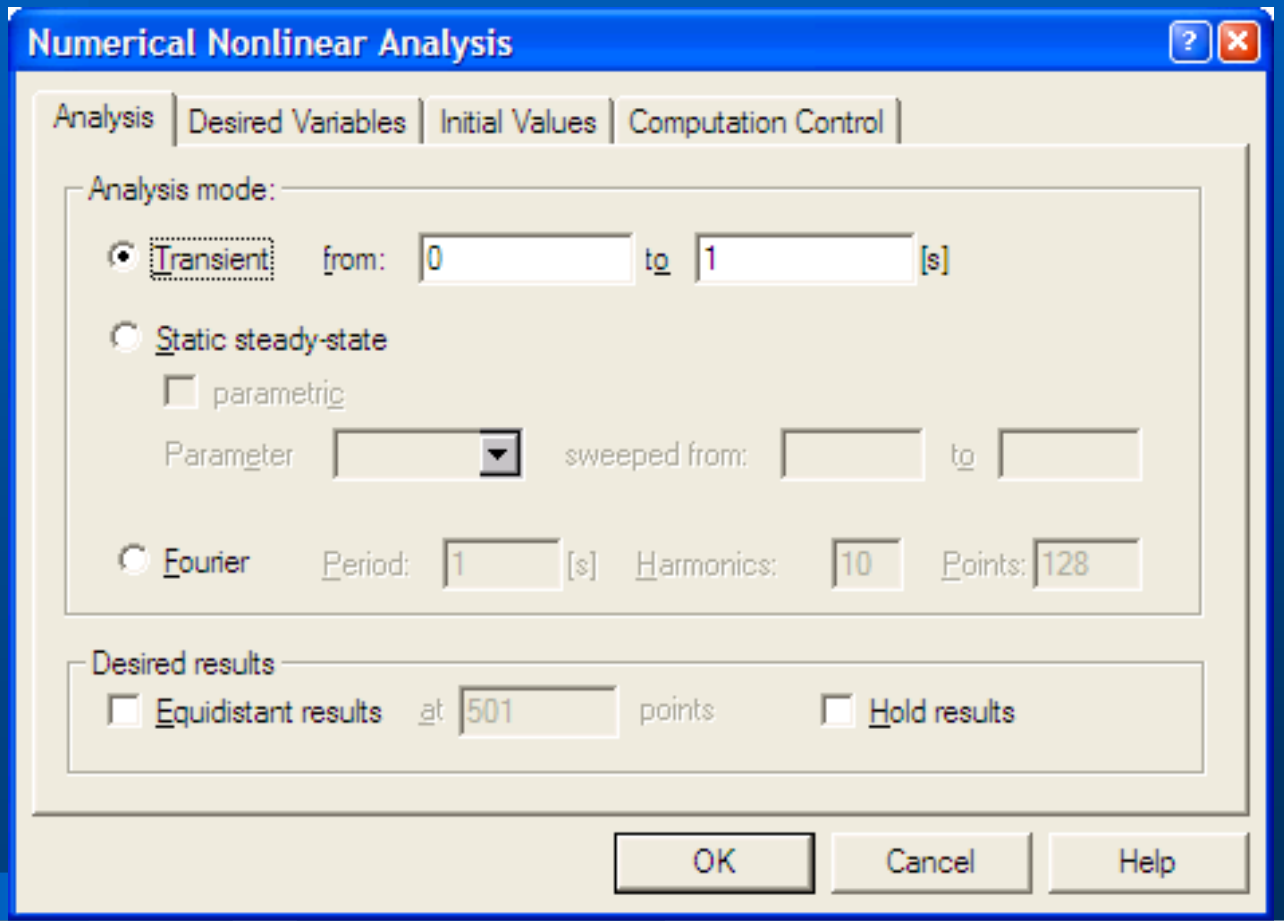
$$i_L(s) = \frac{s+2}{(s-0.5-j\,0.866)(s-0.5+j\,0.866)}$$

$$v_C(t) = 2\exp^{-0.5\,t}\cos(0.866\,t - 1.047)$$

$$i_L(t) = 2\exp^{-0.5\,t}\cos(0.866\,t + 1.047)$$

Specifikace analýzy

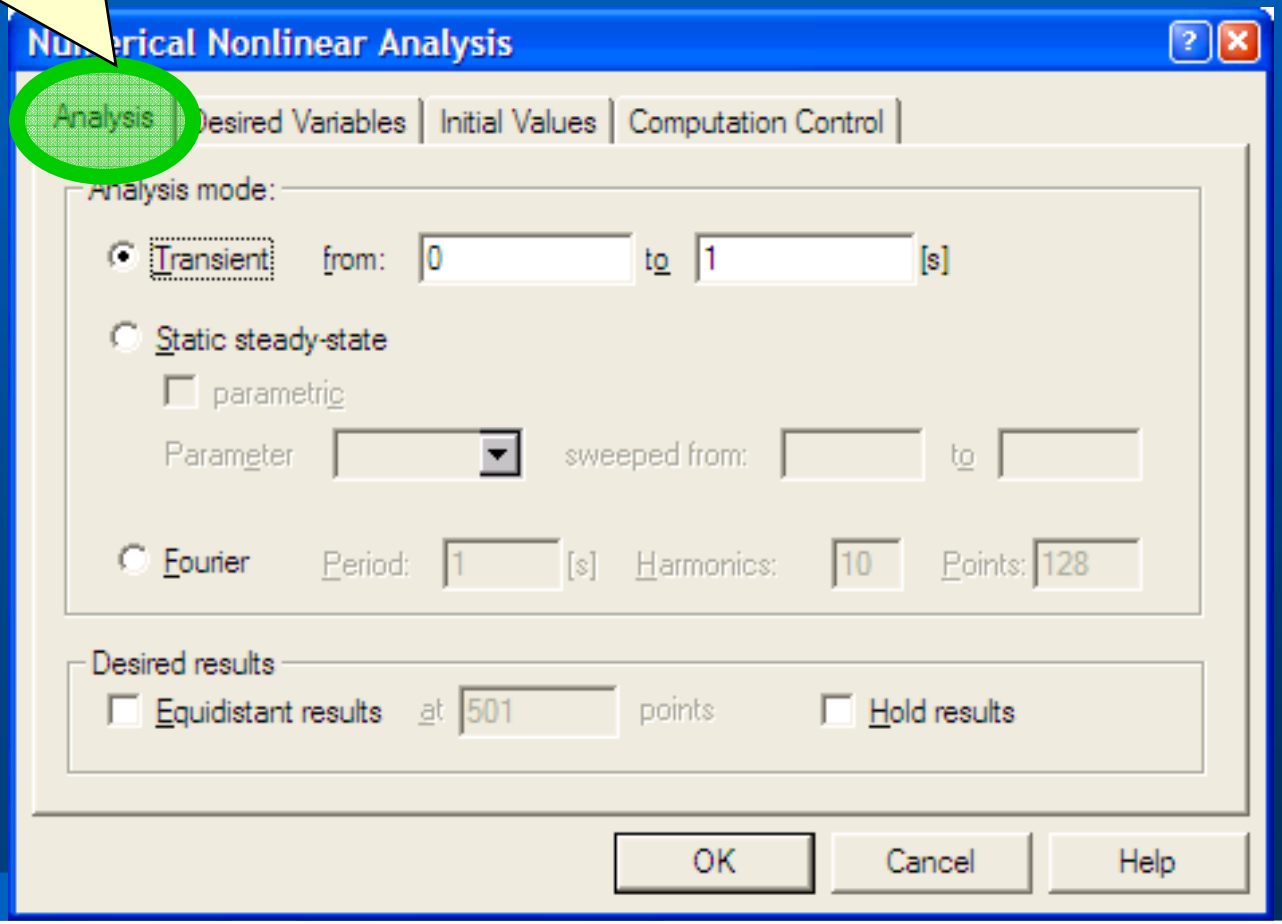
- **Numerická nelineární analýza**



Specifikace analýzy

Typ analýzy

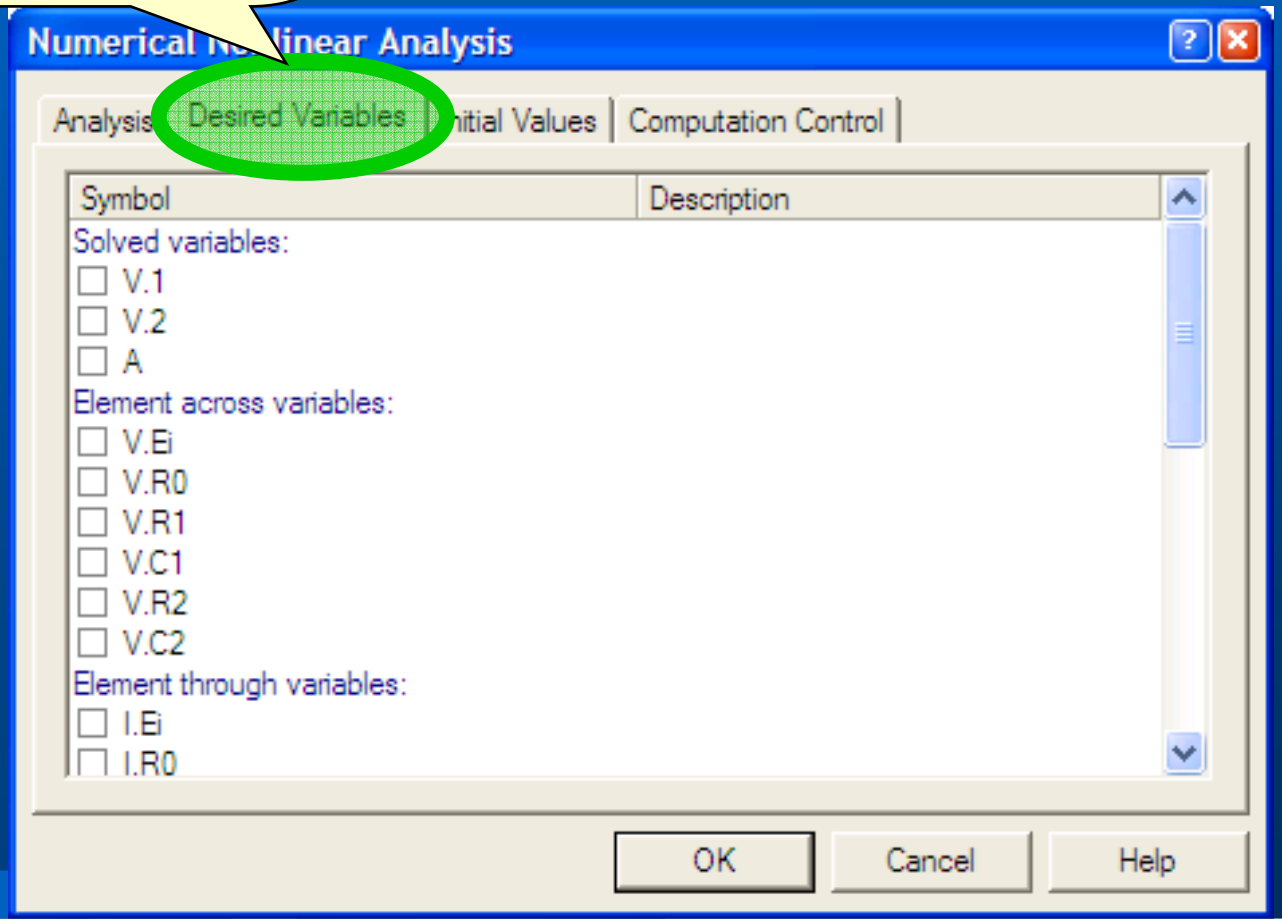
rická nelineární analýza



Specifikace analýzy

Výstupní proměnné

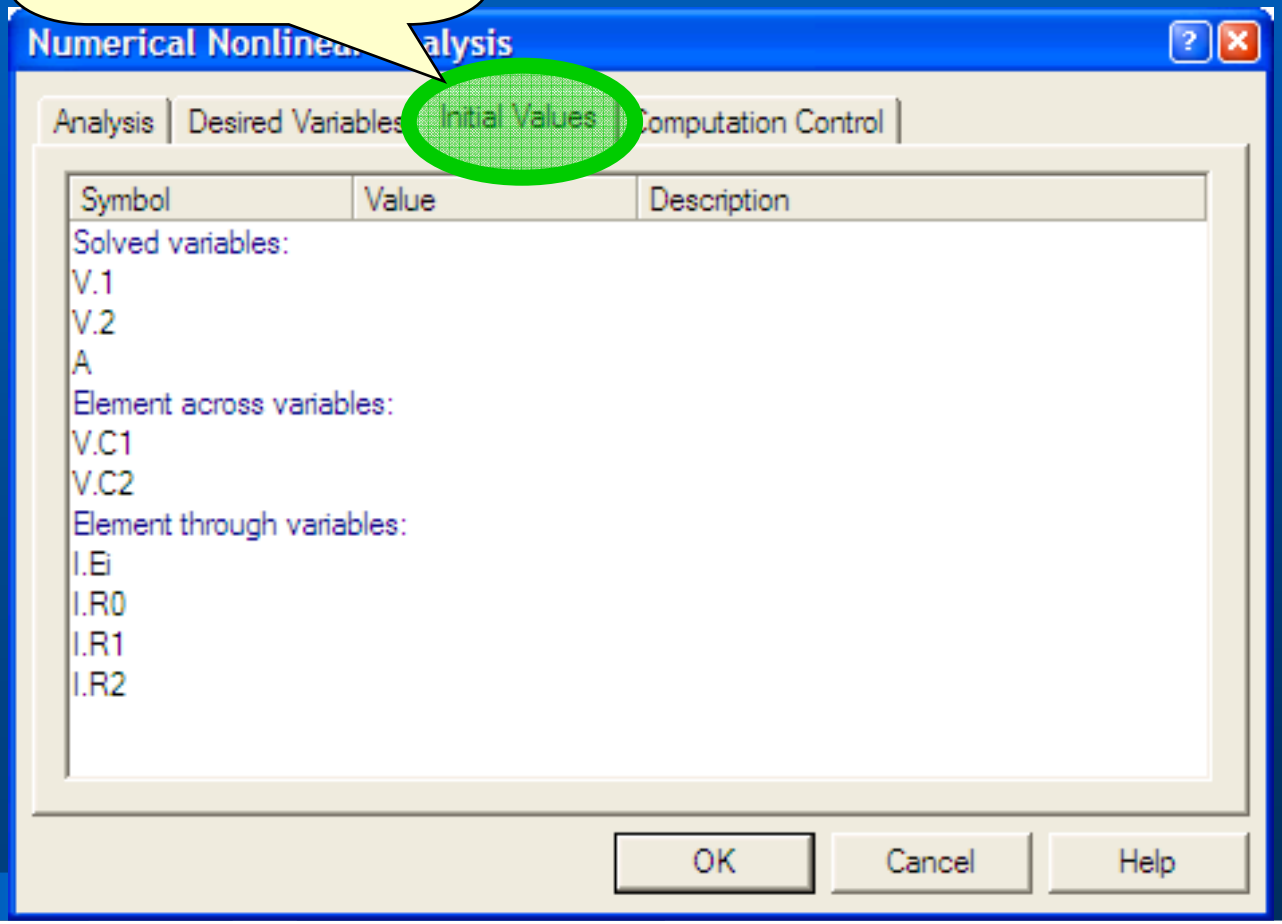
á nelineární analýza



Specifikace analýzy

- **N elineární analýza**

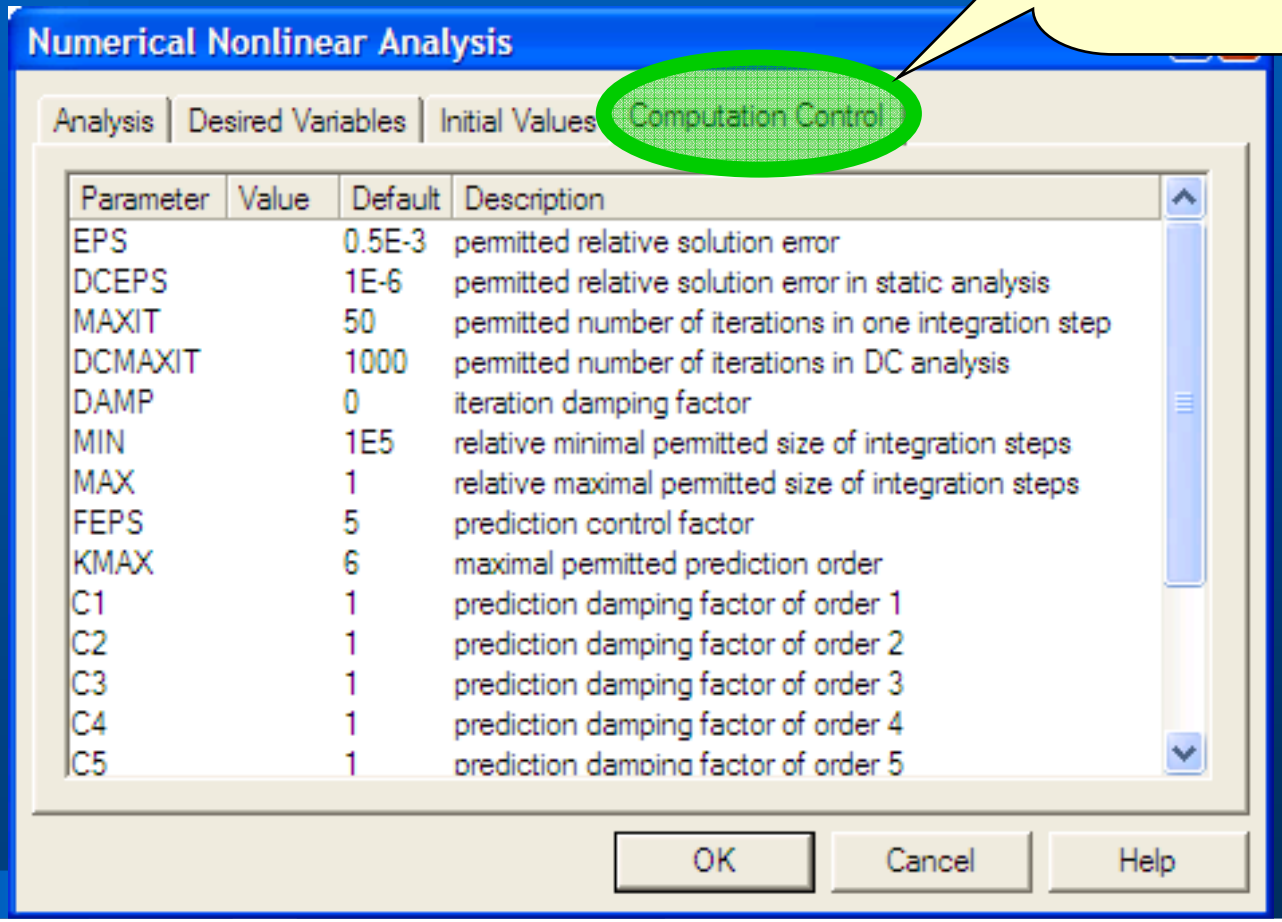
Počáteční podmínky



Specifikace analýzy

- **Numerická nelineární analý**

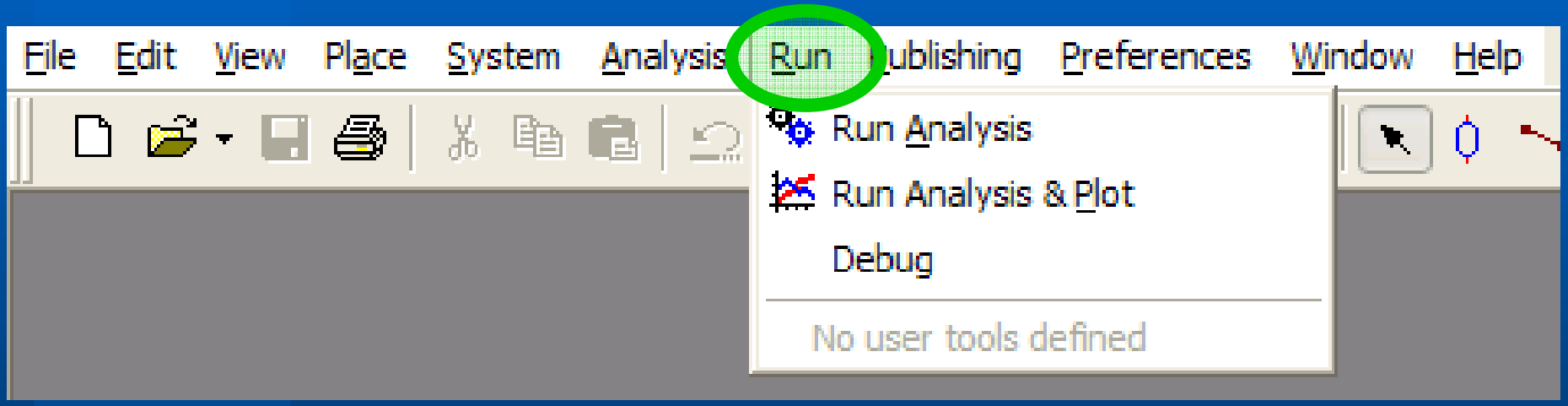
Řízení výpočtu



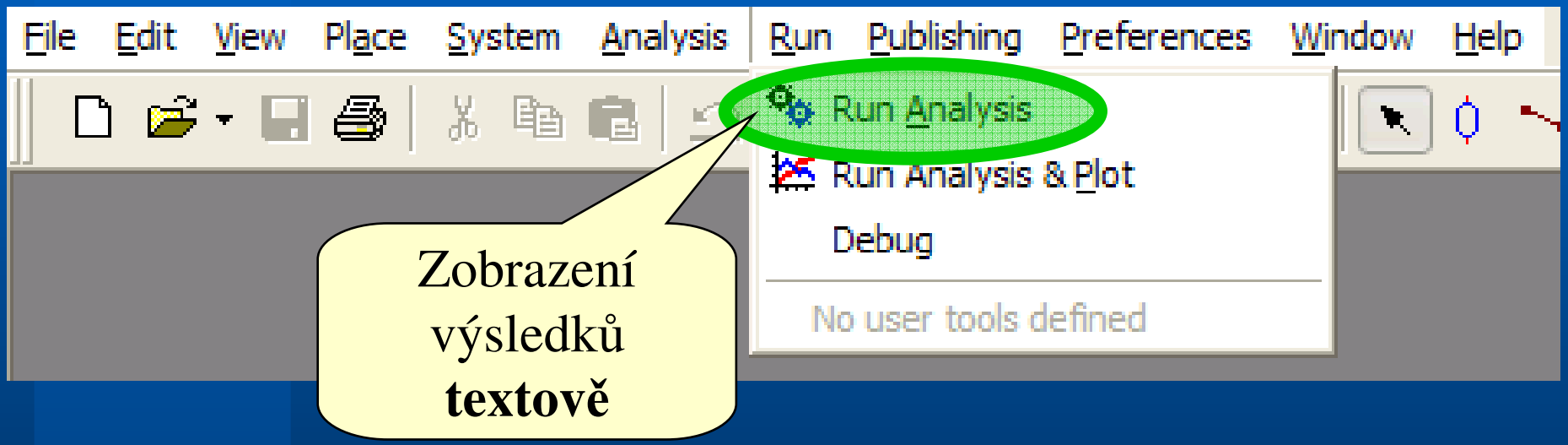
Spouštění simulátoru

- **Jakmile jsou vstupní data připravena pro výpočet, je možné spustit simulátor DYNAST**
- **Existuje několik verzí simulátoru**
  - **Free verze**
  - **Studentská verze**
  - **Profesionální verze**
  - **Online verze**

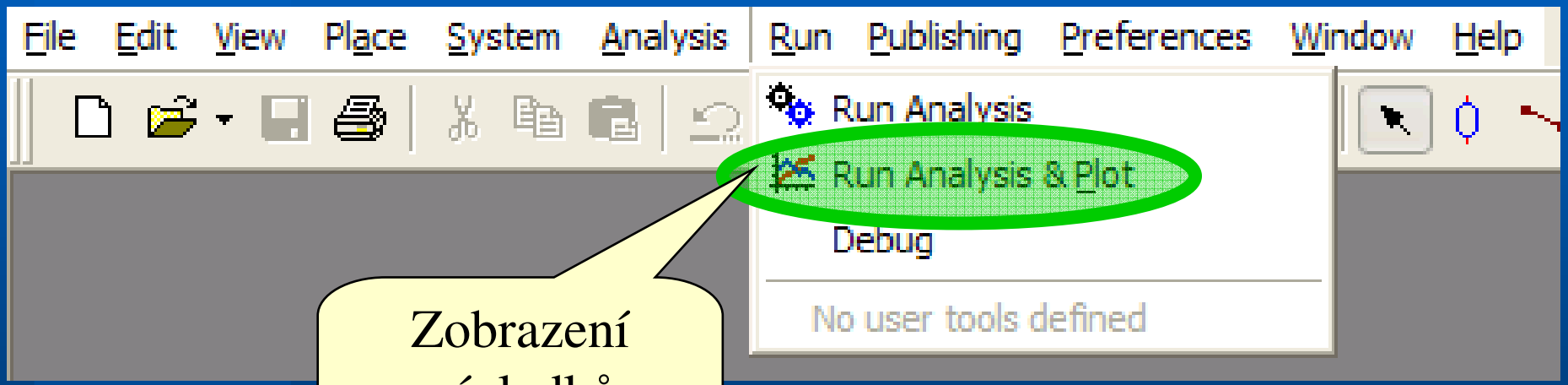
Spouštění simulátoru



Spouštění simulátoru



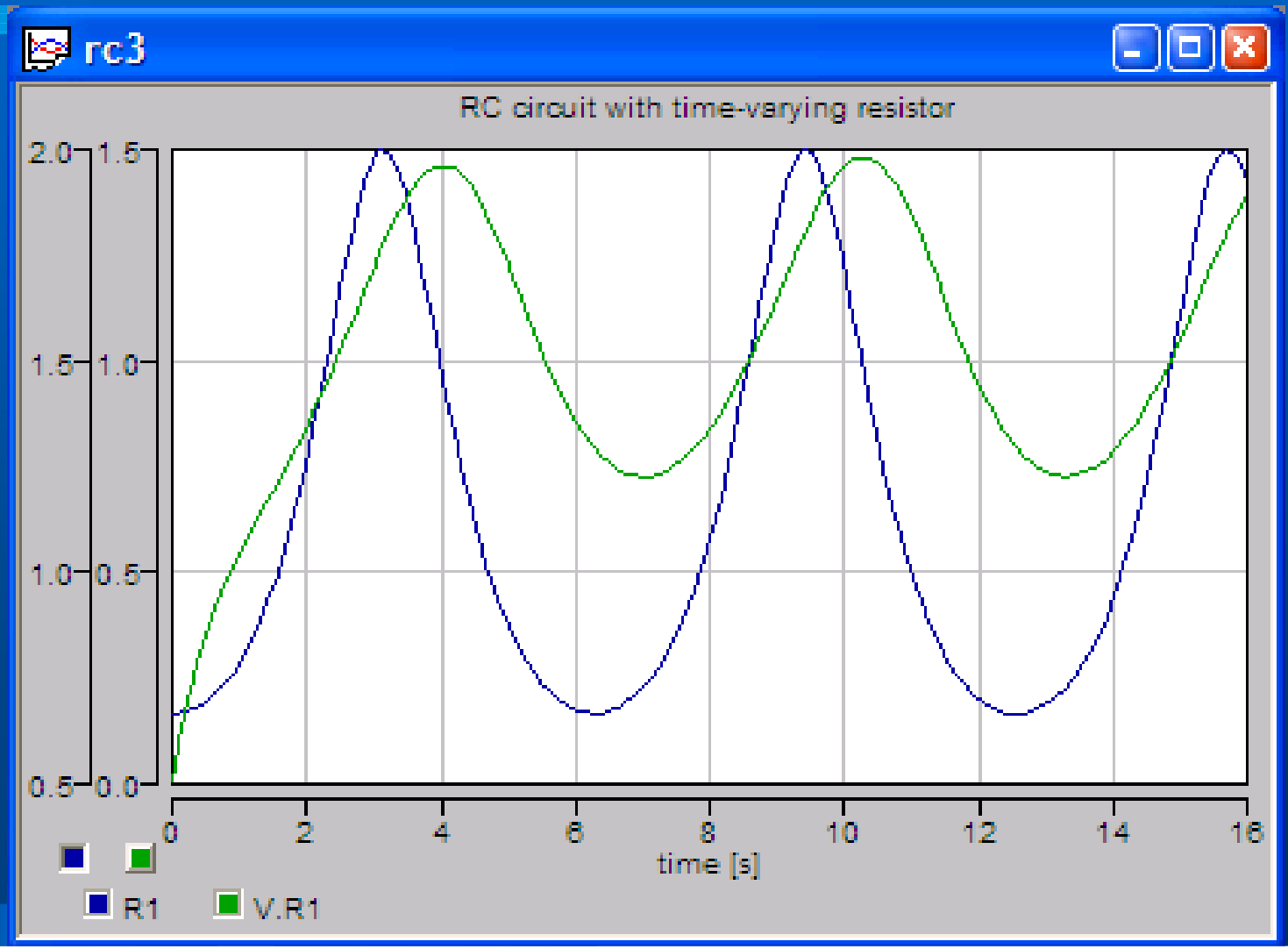
Spouštění simulátoru



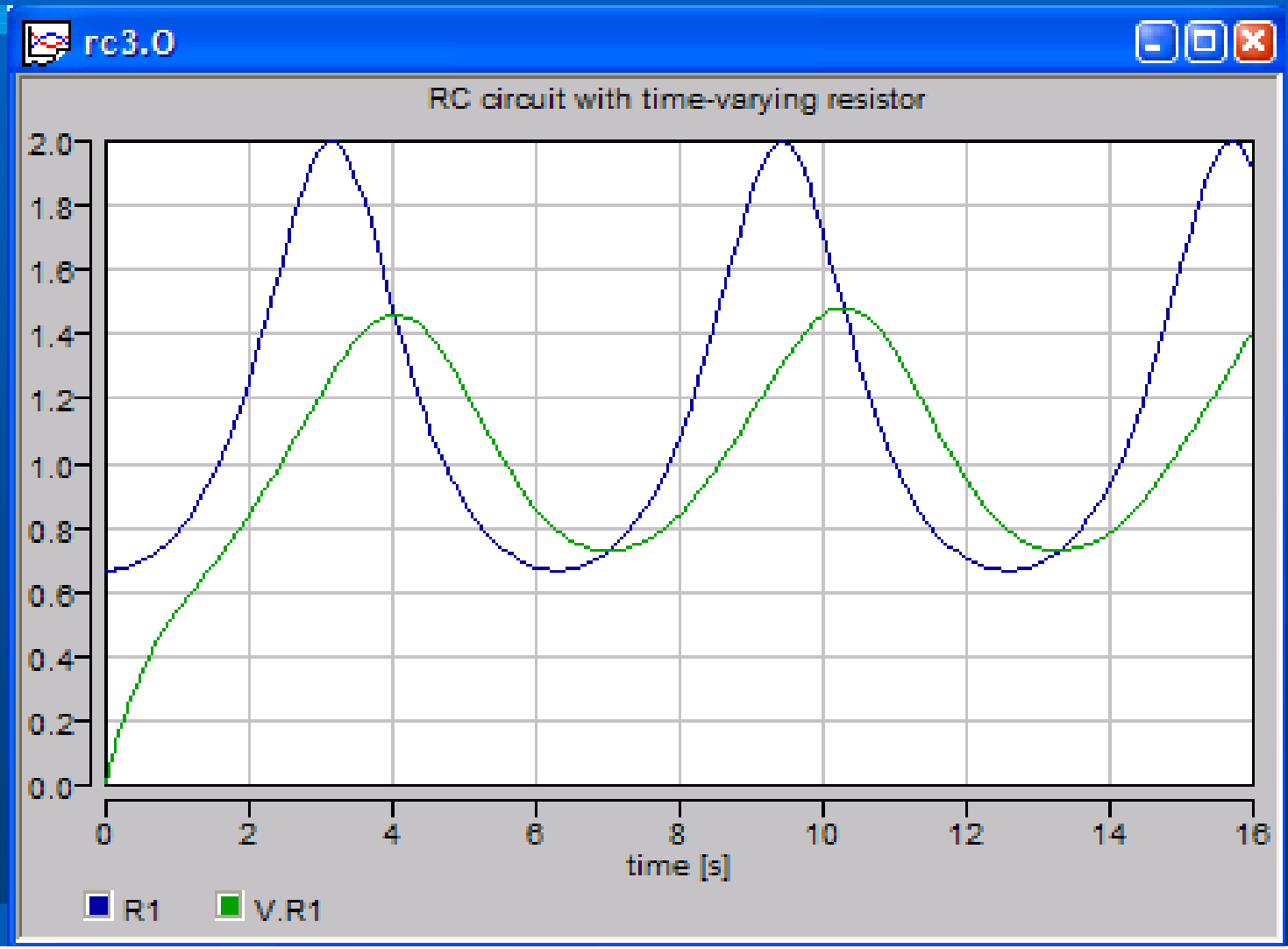
Grafická prezentace výsledků

- **Zobrazovač grafů**
  - **Zobrazování numerických dat ve formě grafů**
  - **Různé režimy zobrazení**
  - **Speciální pomůcky (odečítání souřadnic, sledování křivek, kurzor)**
  - **Export do jiných programů (např. MS Excel)**

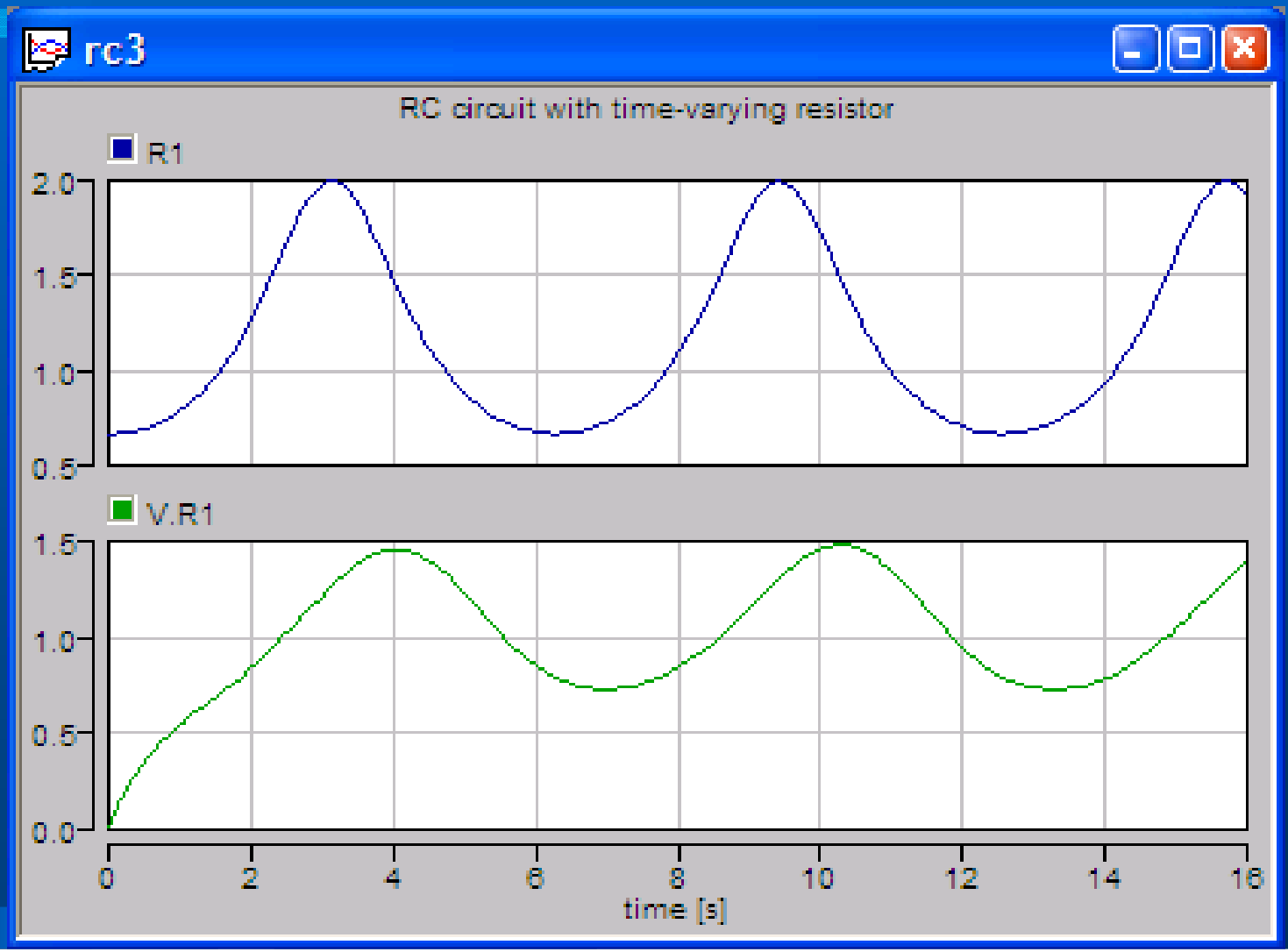
Režimy zobrazování



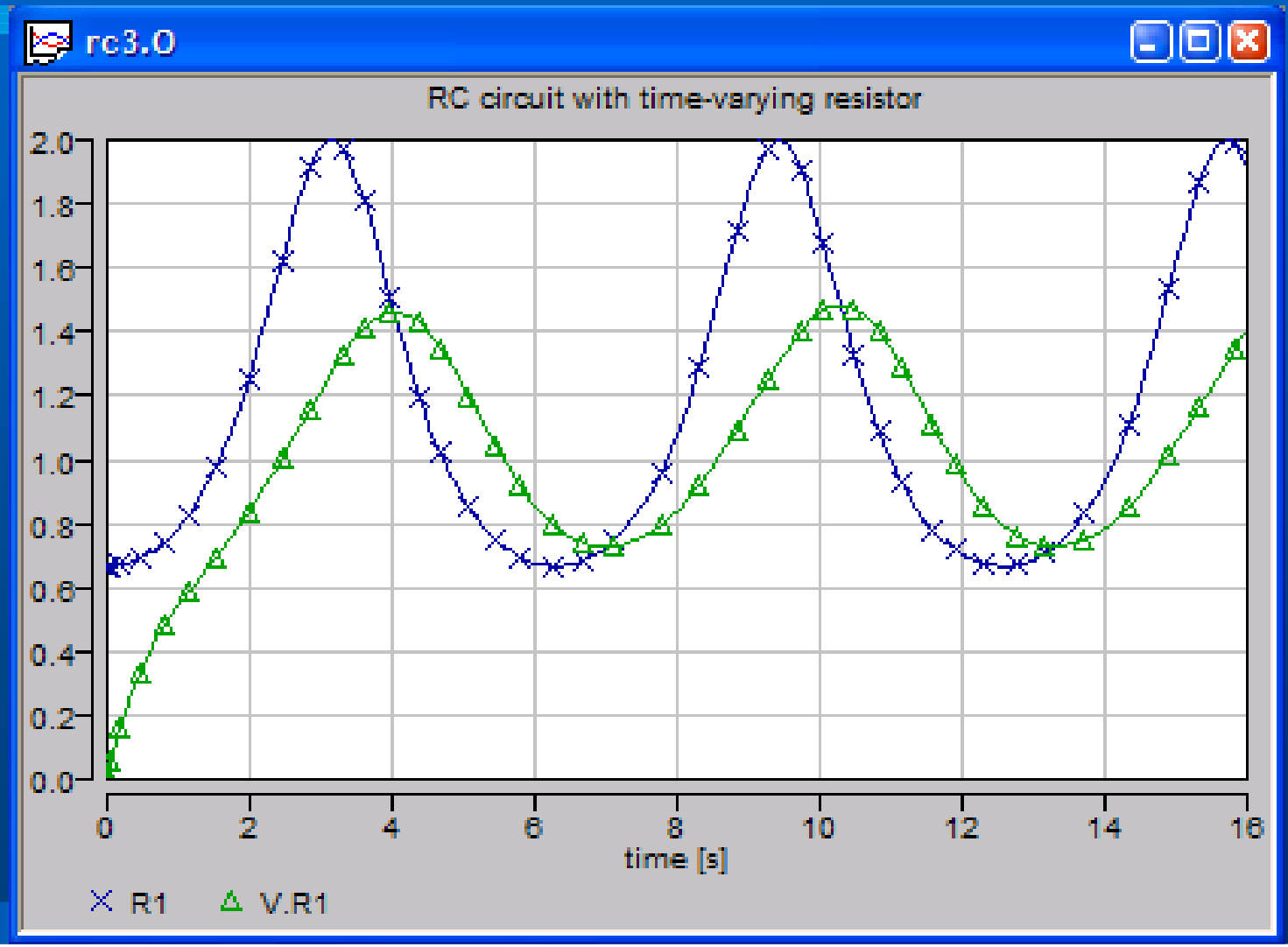
Režimy zobrazování



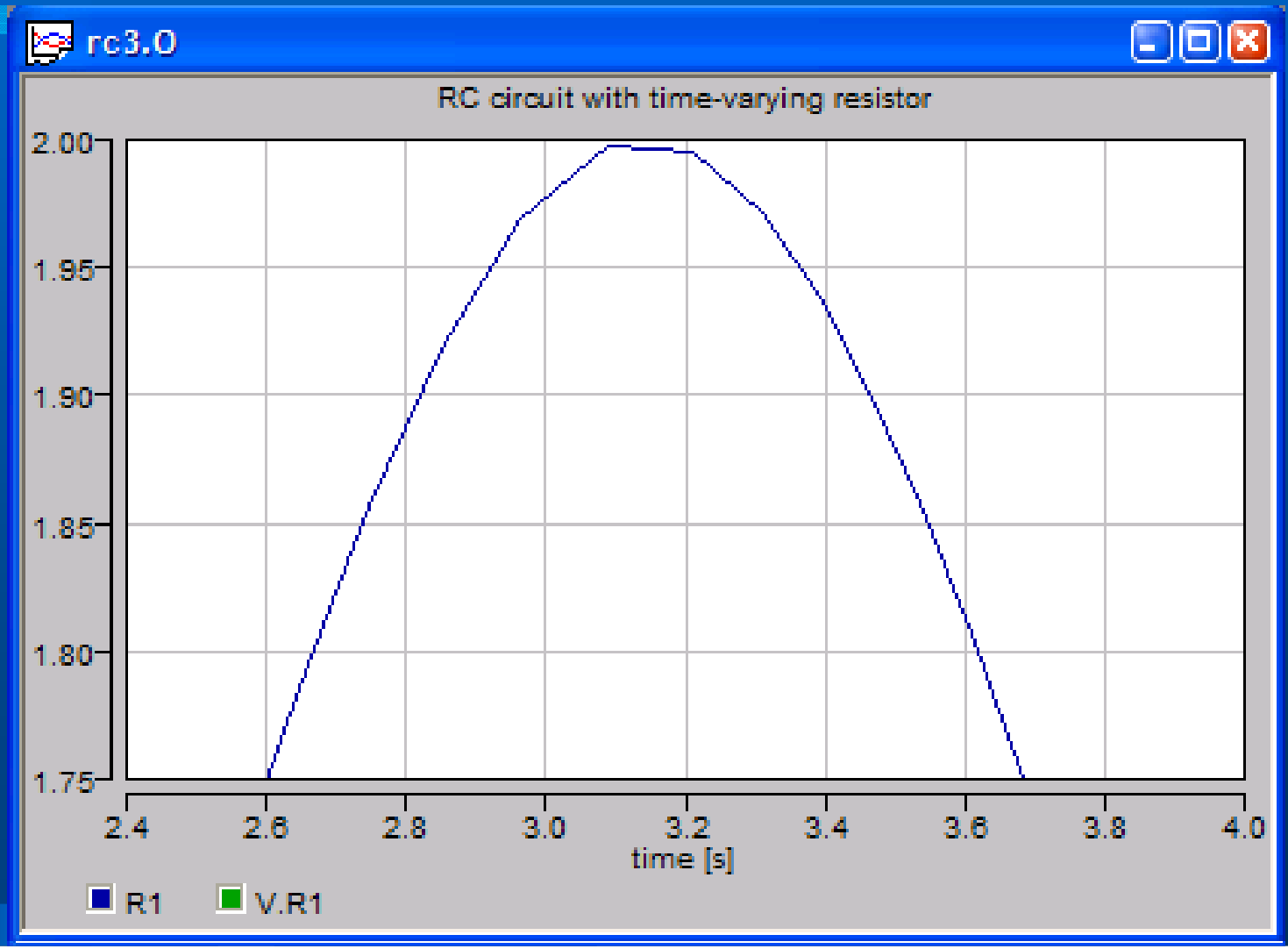
Režimy zobrazování



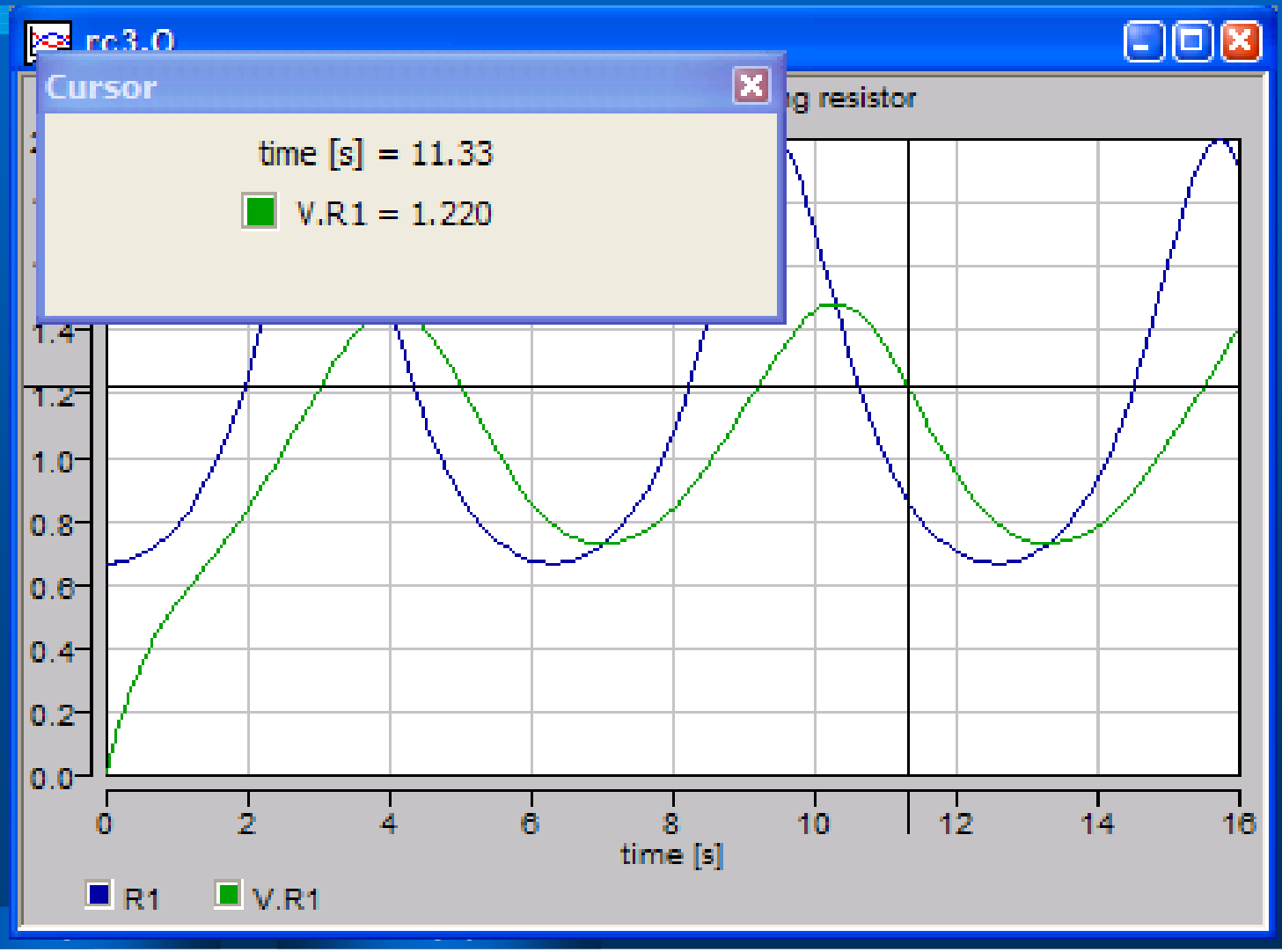
Režimy zobrazování



Detail (zoom)


rc3.0
RC circuit with time-varying resistor
2.00
1.95
1.90
1.85
1.80
1.75
2.4
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
4.0
time [s]
R1
V.R1

Sledování křivky



Textová prezentace výsledků

rc3.o

```
Number of nodes:      1
Number of equations:  2

   RC circuit with time-varying resistor

  X ...     time [s]
  1 ...     R1
  2 ...     V.R1

       X                1                2
  0.000000e+000   6.666667e-001   0.000000e+000
  1.600000e-004   6.666667e-001   1.599616e-004
  3.200000e-004   6.666667e-001   3.198848e-004
  4.800000e-004   6.666667e-001   4.797697e-004
  6.400000e-004   6.666667e-001   6.396162e-004
  8.000000e-004   6.666667e-001   7.994371e-004
  9.600000e-004   6.666668e-001   9.592255e-004
  1.120000e-003   6.666668e-001   1.118976e-003
  1.280000e-003   6.666668e-001   1.278688e-003
  1.553596e-003   6.666669e-001   1.551704e-003
  1.962718e-003   6.666671e-001   1.959748e-003
  2.662306e-003   6.666675e-001   2.656914e-003
  3.858585e-003   6.666683e-001   3.847357e-003
  5.647439e-003   6.666702e-001   5.623505e-003
```

Textová prezentace výsledků

ASTABLE.O

```
Number of implicit equations:  30

   Astable multivibrator

  X ...     time [s]
  1 ...     VC1 [V]
  2 ...     VB1 [V]

       X                1                2
  0.000000e+000  0.000000e+000  1.000000e+000
?Warning: No convergence
  8.000000e-006  3.019246e-002  8.297441e-001
  1.600000e-005  3.203121e-002  8.269257e-001
?Warning: No convergence
?Warning: No convergence
?Warning: No convergence
  2.400000e-005  5.034058e-002  8.042996e-001
  3.200000e-005  8.725907e-001 -4.218552e+000
  4.000000e-005  2.886386e+000 -3.895645e+000
  4.800000e-005  4.526764e+000 -3.579155e+000
  5.600000e-005  5.879368e+000 -3.268597e+000
```

Textová specifikace modelů

- **Data pro simulátor lze zadávat ručně v textové podobě, pomocí vstupního jazyka DYNASTu**
- **K tomu slouží specializovaný textový editor**

Textová specifikace modelů

ASTABLE.prb

```
*: Astable multivibrator
*SYSTEM;
BF1 = 100;::[-] forward beta of T1
Vinit = 1;::[V] initial voltage on the collector of T3
Edd Udd = 12;
T1 > @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;
T2 > @npn2 VB2,0,VC2;
R1 Udd-VC1 = 4k; R2 Udd-VB2 = 40k;
R4 Udd-VC2 = 4k; R3 Udd-VB1 = 40k;
C1 VB2-VC1 = 10n; C2 VB1-VC2 = 10n;
*TR; INIT V.VB1 = Vinit;
TR 0 .004; PRINT(501) VC1, VB1; RUN EPS=1E-6;
*END;
::VC1 [V]
::VB1 [V]
```

Textová specifikace modelů

ASTABLE.prb

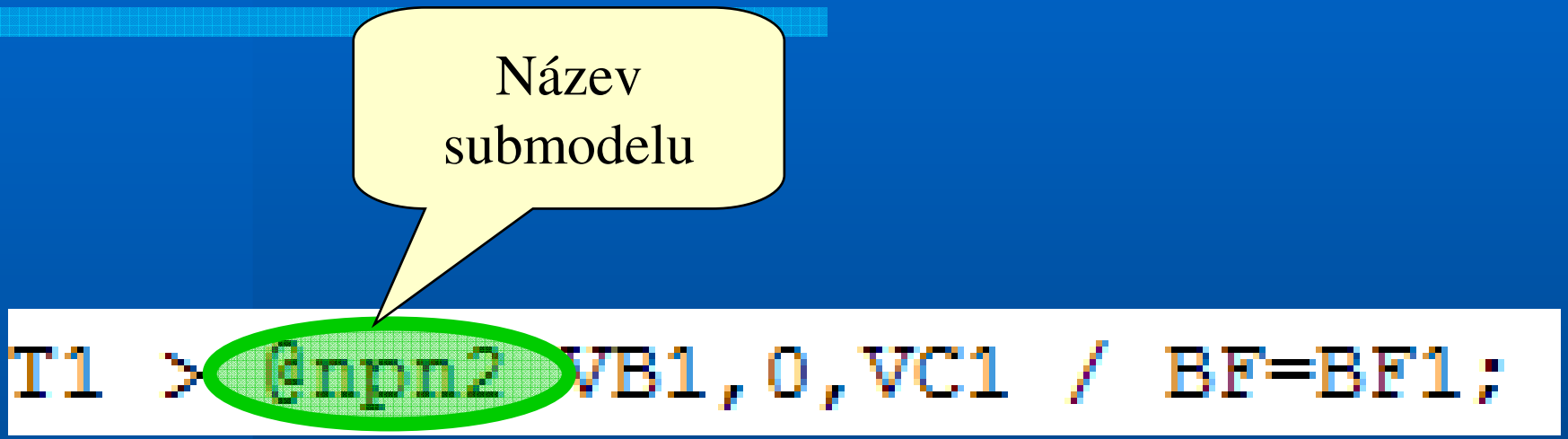
```
*: Astable multivibrator
*SYSTEM;
BF1 = 100;::[-] forward beta of T1
Vinit = 1;::[V] initial voltage on the collector of T3

T1 > @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;

R1 Udd-VC1 = 4k; R2 Udd-VB2 = 40k;
R4 Udd-VC2 = 4k; R3 Udd-VB1 = 40k;
C1 VB2-VC1 = 10n; C2 VB1-VC2 = 10n;
*TR; INIT V.VB1 = Vinit;
TR 0 .004; PRINT(501) VC1, VB1; RUN EPS=1E-6;
*END;
::VC1 [V]
::VB1 [V]
```

Textová specifikace modelů

Název součástky

```
T1 => @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;
```

Textová specifikace modelů

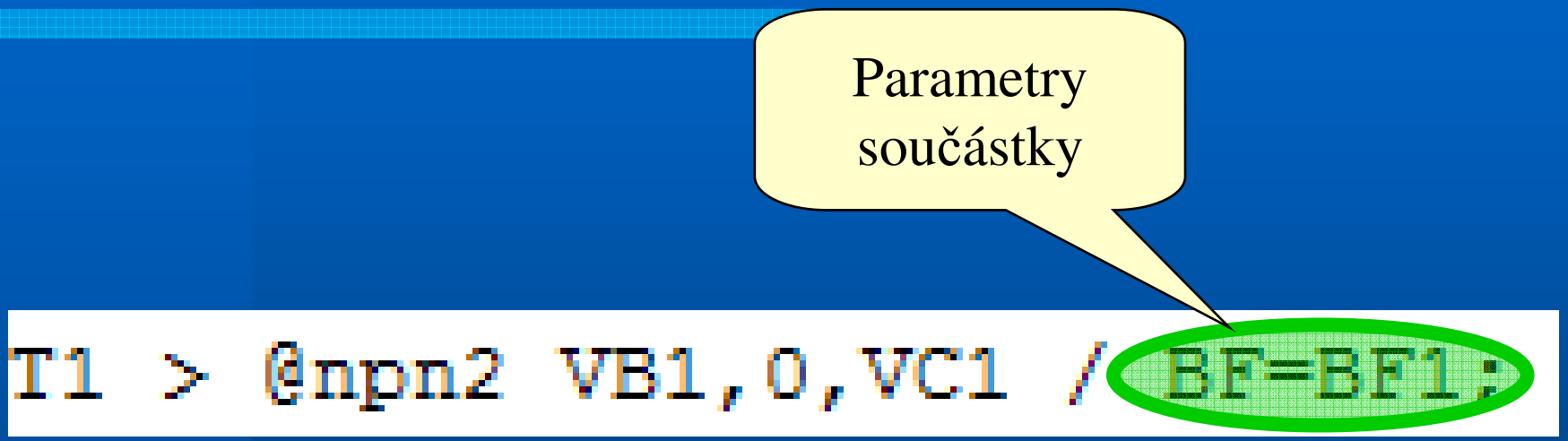


Textová specifikace modelů

Zapojení součástky do systému

```
T1 > @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;
```

Textová specifikace modelů



Tvorba dokumentace

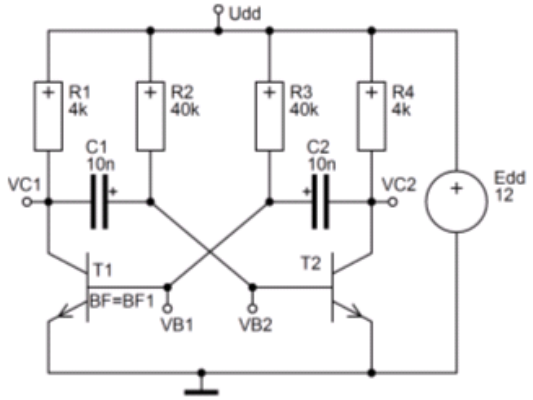
- **Podpora pro tvorbu dokumentace vně DYNSHELLu**
- **Integrovaný dokumentační systém**

Tvorba dokumentace

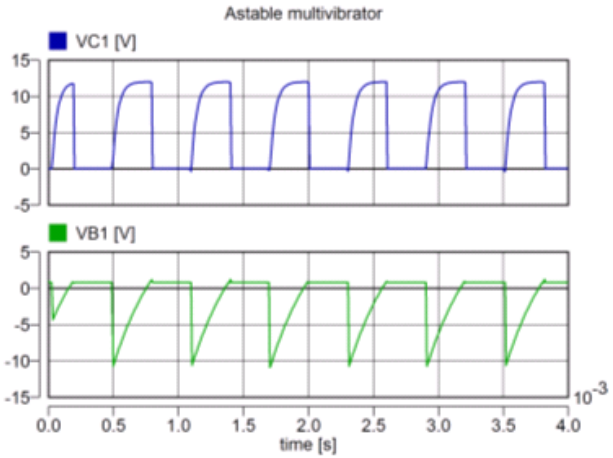
- **Dokumentaci lze vytvářet nezávisle na aplikaci DYNSHELL, pomocí libovolného textového procesoru**
- **Do dokumentace lze kopírovat objekty z DYNSHELLu (diagramy, grafy apod.)**

Tvorba dokumentace

Příklad dokumentace vytvořené v MS Wordu



Obrázek 1: zapojení obvodu



Obrázek 2: výsledky simulace

Integrovaný dokumentační systém

- **Příkazy pro dokumentaci jsou součástí specifikace modelu**
- **Výstup je generován v různých formátech (HTML, PDF, Flash)**
- **Vhodné pro zpracování většího množství dokumentů**

Integrovaný dokumentační systém

astable.prb

```
*: Astable multivibrator
:::DIAGRAM{Circuit configuration.}
:::TASK
:::\begin{enumerate}
:::\item
:::Compute transient analysis for $0 \leq t \leq 2m$s and obtain the
:::collector and base potentials of T1, $V_{C1}$ and $V_{B1}$.
:::\item
:::Set $V_{init} = 0$ and obtain transient analysis.
:::\item
:::Let $V_{init} = 0$ and set $BF_{1} = 99$. Compute transient analysis
:::again.
:::\end{enumerate}
:::ASSUM
:::T1 and T2 are using the Gummel-Poon model of the npn bipolar transistor,
:::NPN2.
:::PARA
*SYSTEM;
:::DATA
BF1 = 100;::[-] forward beta of T1 :::BF_{1}
Vinit = 1;::[V] initial voltage on the collector of T3
Edd Udd = 12;
T1 > @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;
T2 > @npn2 VB2,0,VC2;
R1 Udd-VC1 = 4k; R2 Udd-VB2 = 40k;
R4 Udd-VC2 = 4k; R3 Udd-VB1 = 40k;
C1 VB2-VC1 = 10n; C2 VB1-VC2 = 10n;
*TR; INIT V.VB1 = Vinit;
TR 0 .004; PRINT(501) VC1, VB1; RUN EPS=1E-6;
*END;
```

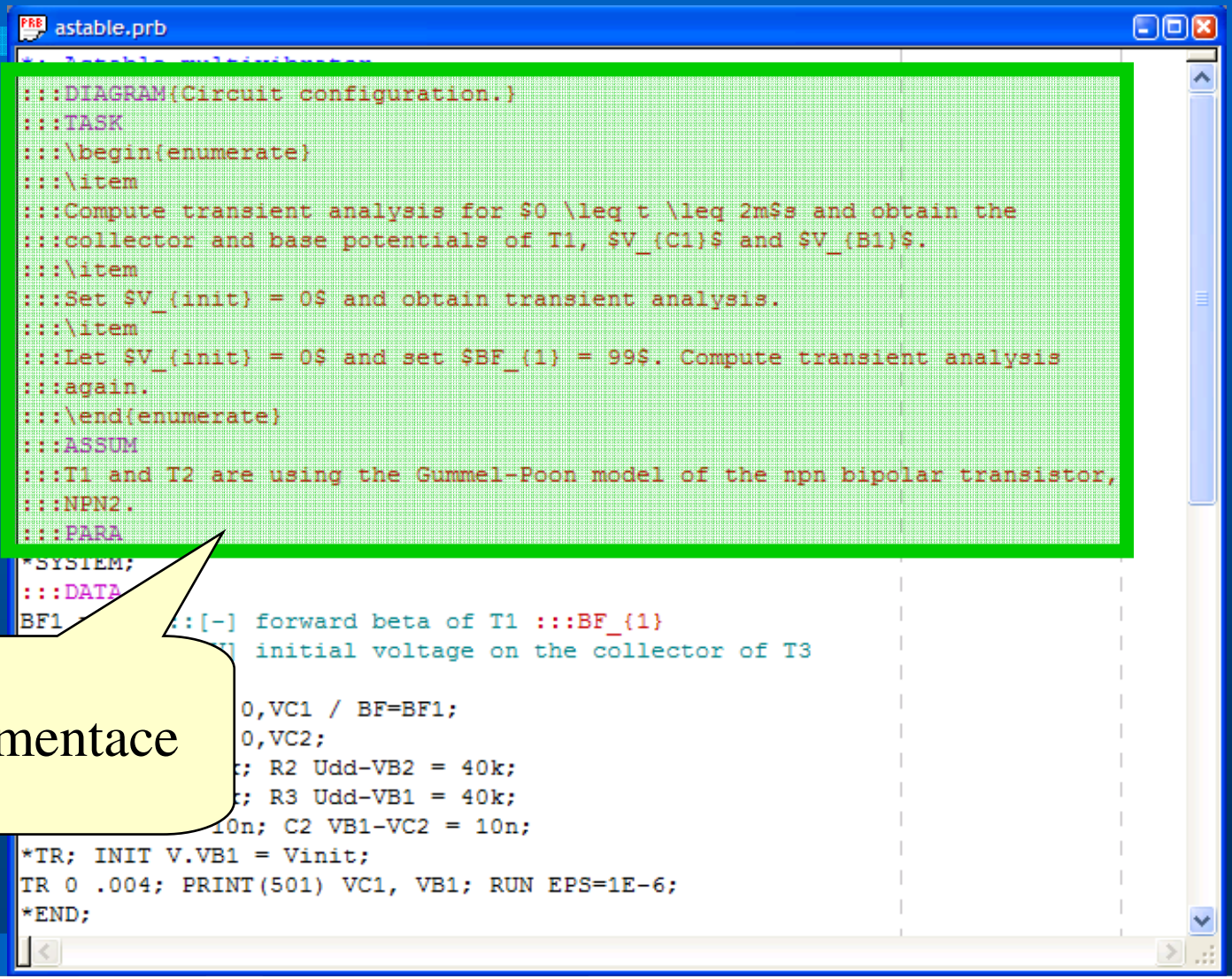
Integrovaný dokumentační systém

Data pro simulátor

astable.prb

```
*: Astable multivibrator
:::DIAGRAM{Circuit configuration.}
:::TASK
:::\begin{enumerate}
:::\item
:::Compute transient analysis for $0 \leq t \leq 2m$s and obtain the
tor and base potentials of T1, $V_{C1}$ and $V_{B1}$.

{init} = 0$ and obtain transient analysis.

{init} = 0$ and set $BF_{1} = 99$. Compute transient analysis

enumerate}
UM
d T2 are using the Gummel-Poon model of the npn bipolar transistor,
:::NPN2

SYSTEM;
::DATA
BF1 = 100;::[-] forward beta of T1 :::BF_{1}
Vinit = 1;::[V] initial voltage on the collector of T3
Udd Udd = 12;
T1 > @npn2 VB1,0,VC1 / BF=BF1;
T2 > @npn2 VB2,0,VC2;
R1 Udd-VC1 = 4k; R2 Udd-VB2 = 40k;
R4 Udd-VC2 = 4k; R3 Udd-VB1 = 40k;
C1 VB2-VC1 = 10n; C2 VB1-VC2 = 10n;
TR; INIT V.VB1 = Vinit;
TR 0 .004; PRINT(501) VC1, VB1; RUN EPS=1E-6;
END;
```

Integrovaný dokumentační systém



Integrovaný dokumentační systém

Example: ASTABLE

Astable multivibrator

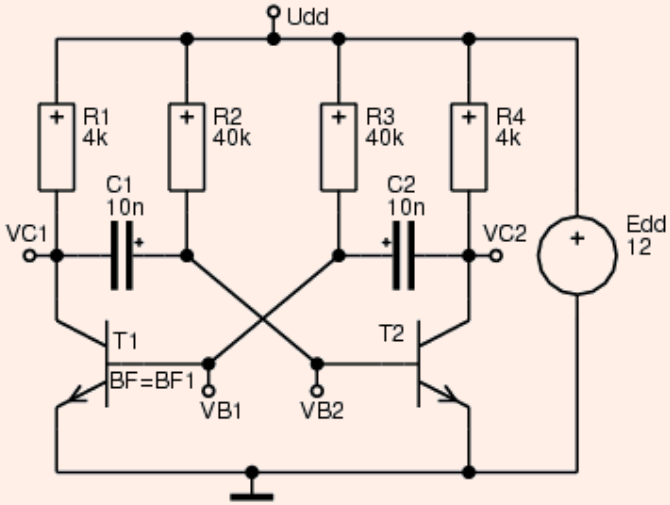


Figure 1: Circuit configuration.

Task

1. Compute transient analysis for $0 \leq t \leq 2ms$ and obtain the collector and base potentials of T1, V_{C1} and V_{B1}.
2. Set $V_{init} = 0$ and obtain transient analysis.
3. Let $V_{init} = 0$ and set $BF_1 = 99$. Compute transient analysis again.

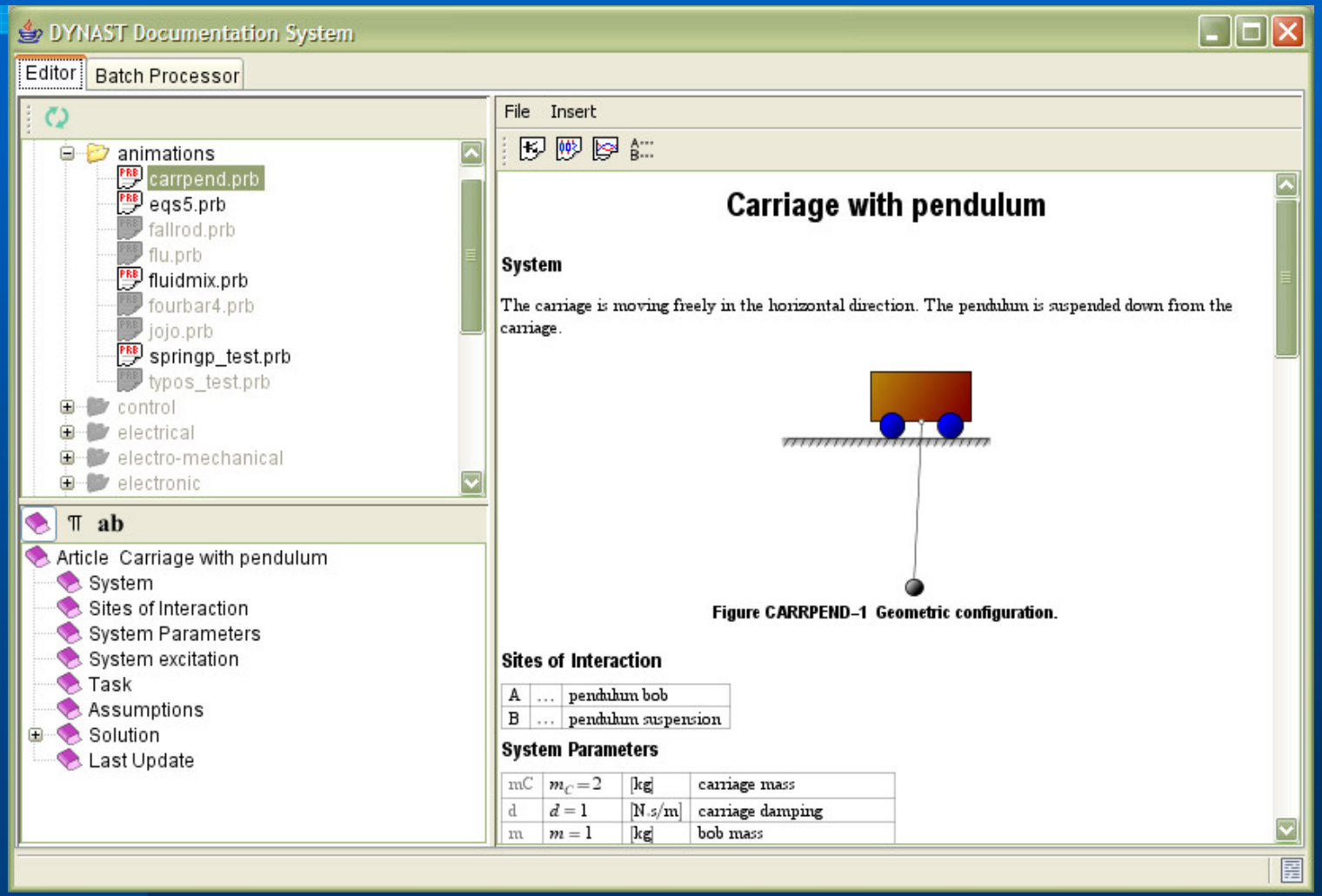
Assumptions

T1 and T2 are using the Gummel-Poon model of the npn bipolar transistor, NPN2.

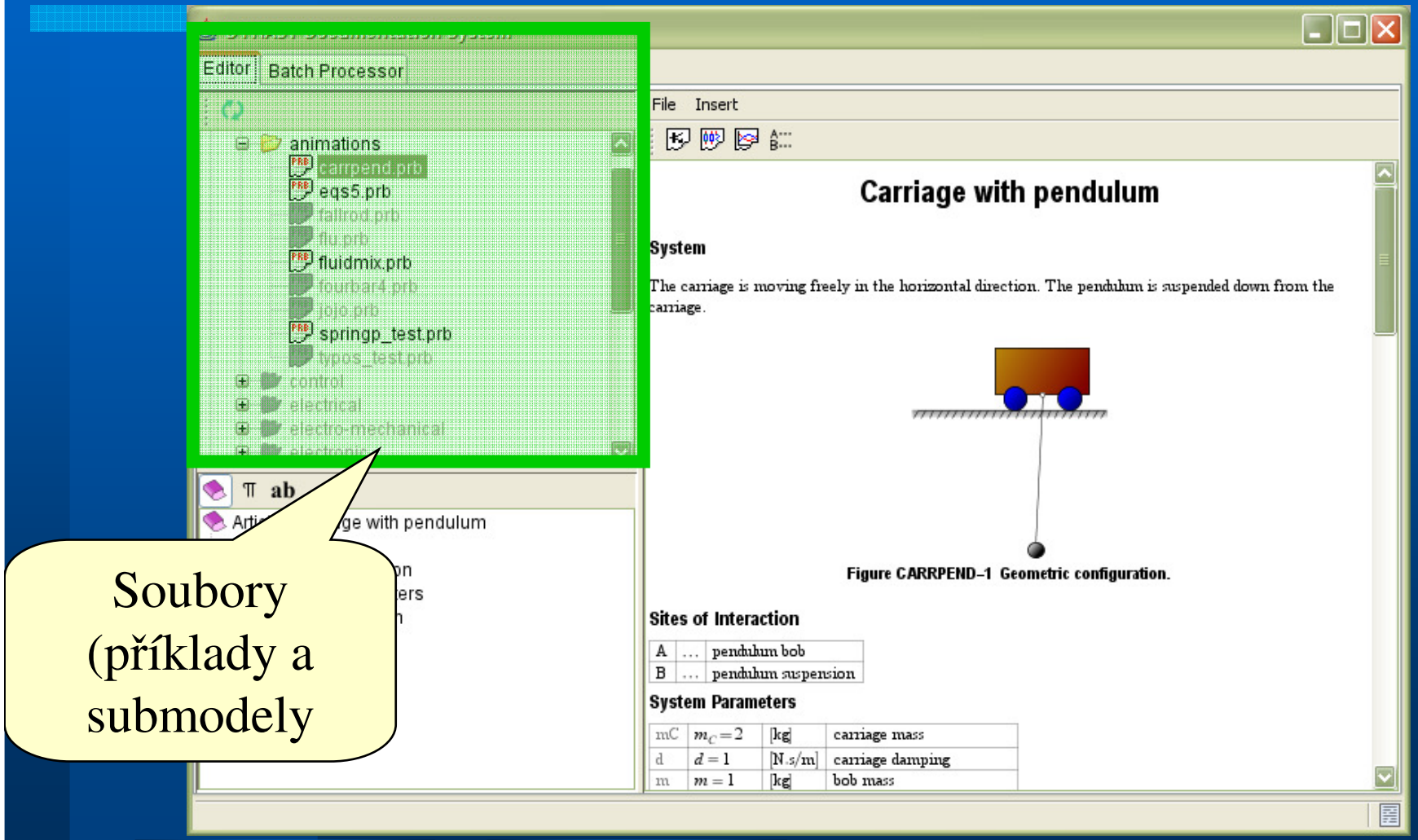
Nový dokumentační systém

- **Založen na WYSIWYG editačním systému**
- **Lze používat jak běžné struktury (tabulky, seznamy, obrázky atd.), tak speciální DYNASTové objekty (diagramy, grafy, symboly)**

Nový dokumentační systém

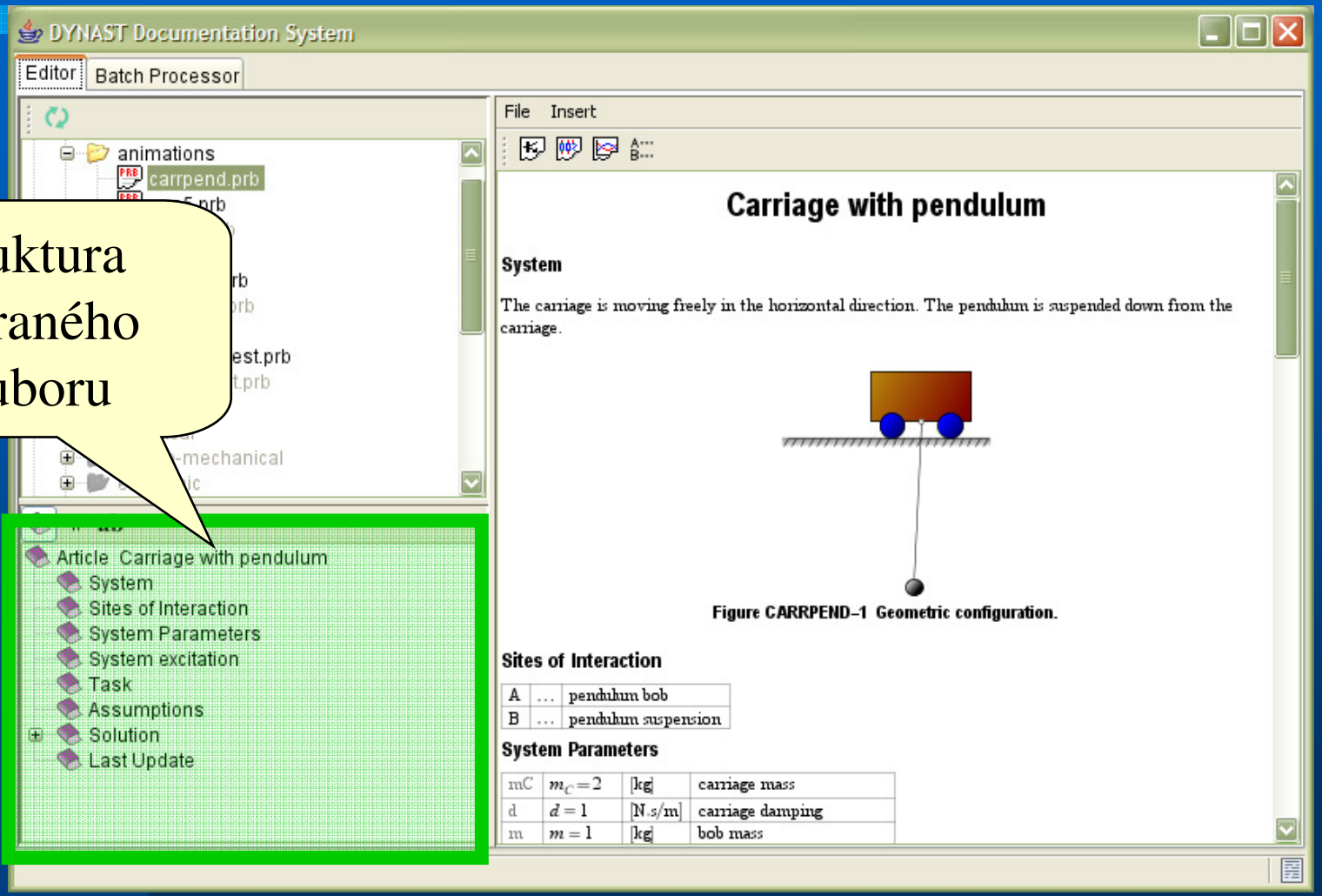


Nový dokumentační systém



Soubory (příklady a submodely

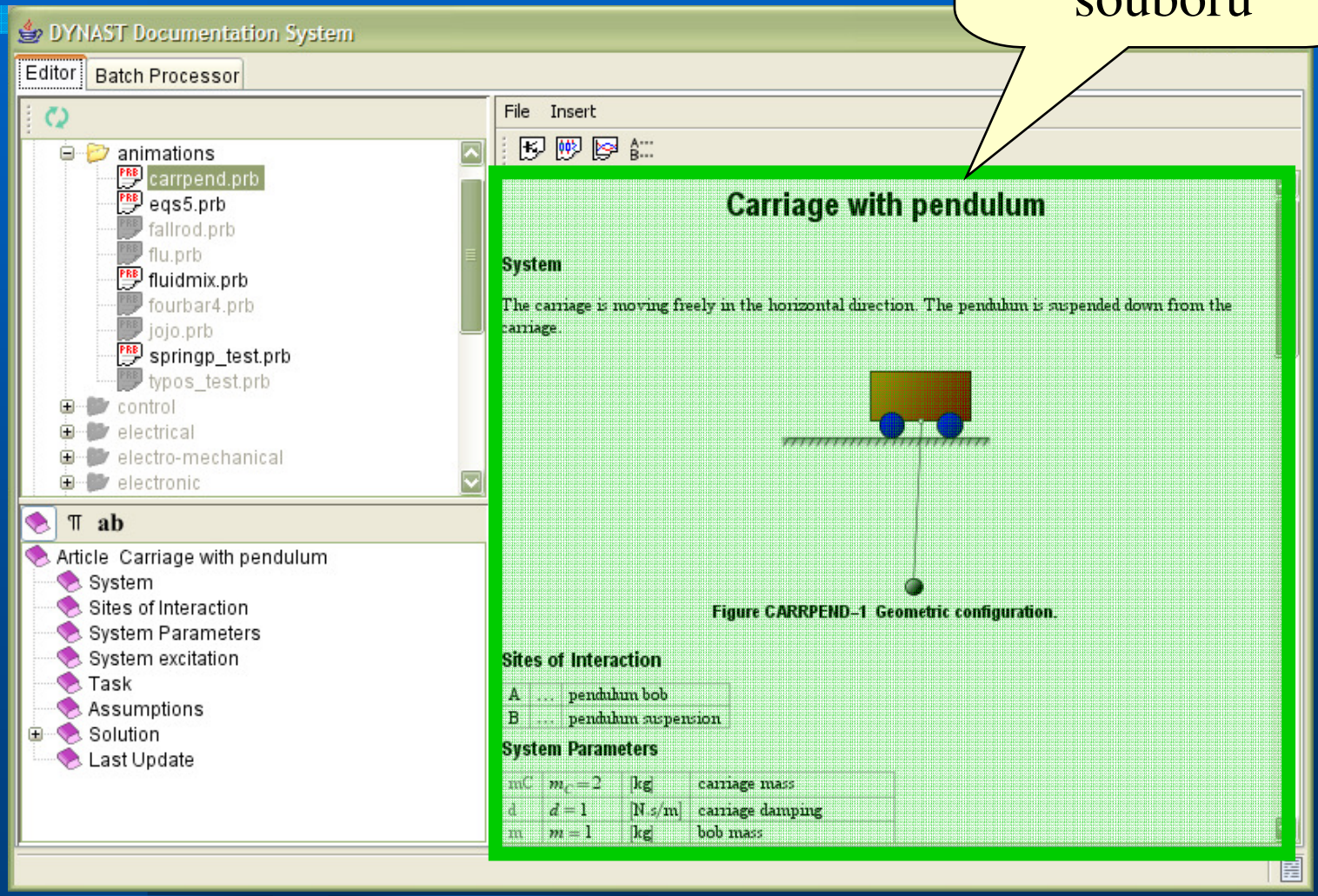
Nový dokumentační systém



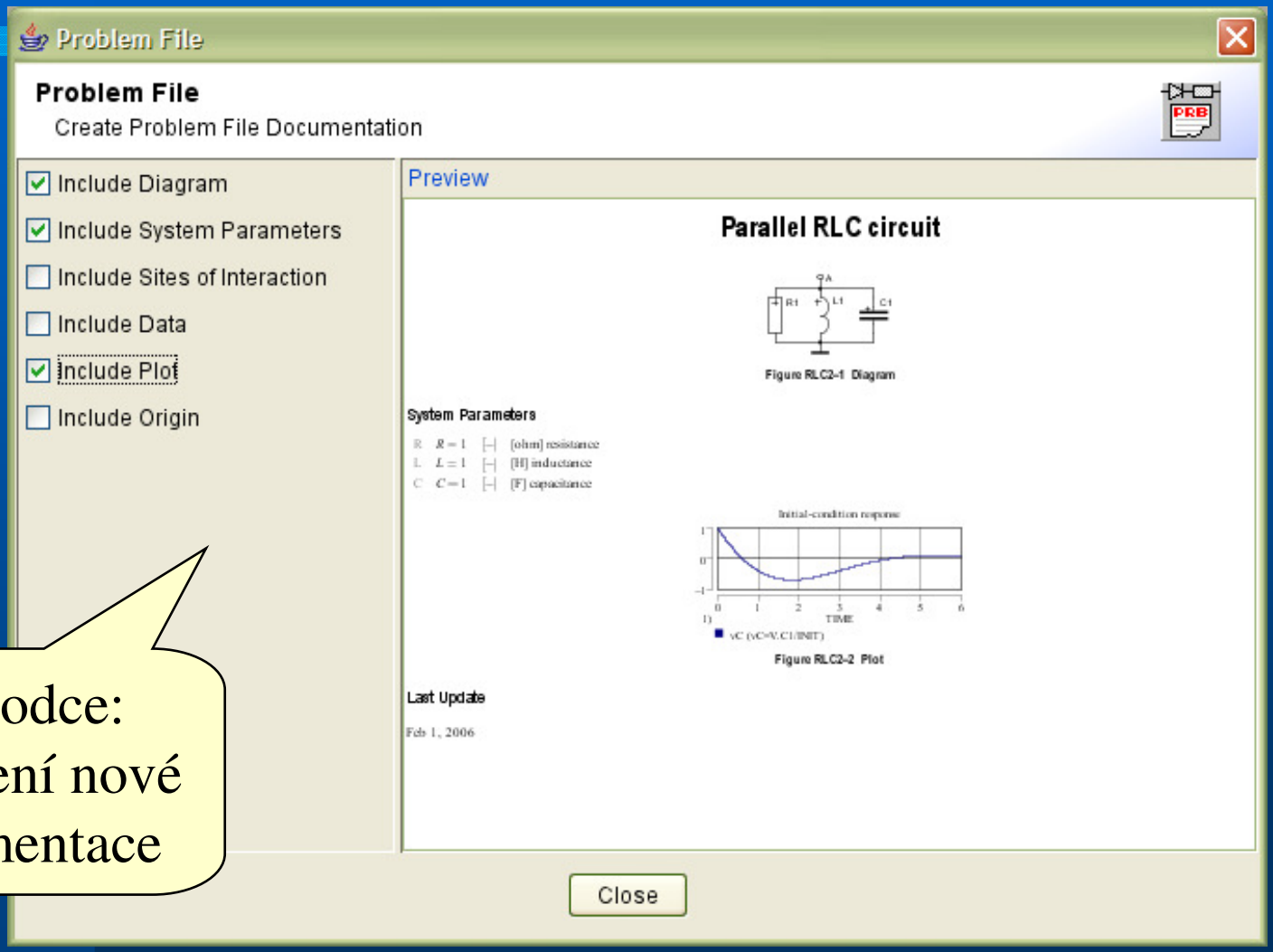
Struktura vybraného souboru

Nový dokumentační syst

Úprava vybraného souboru

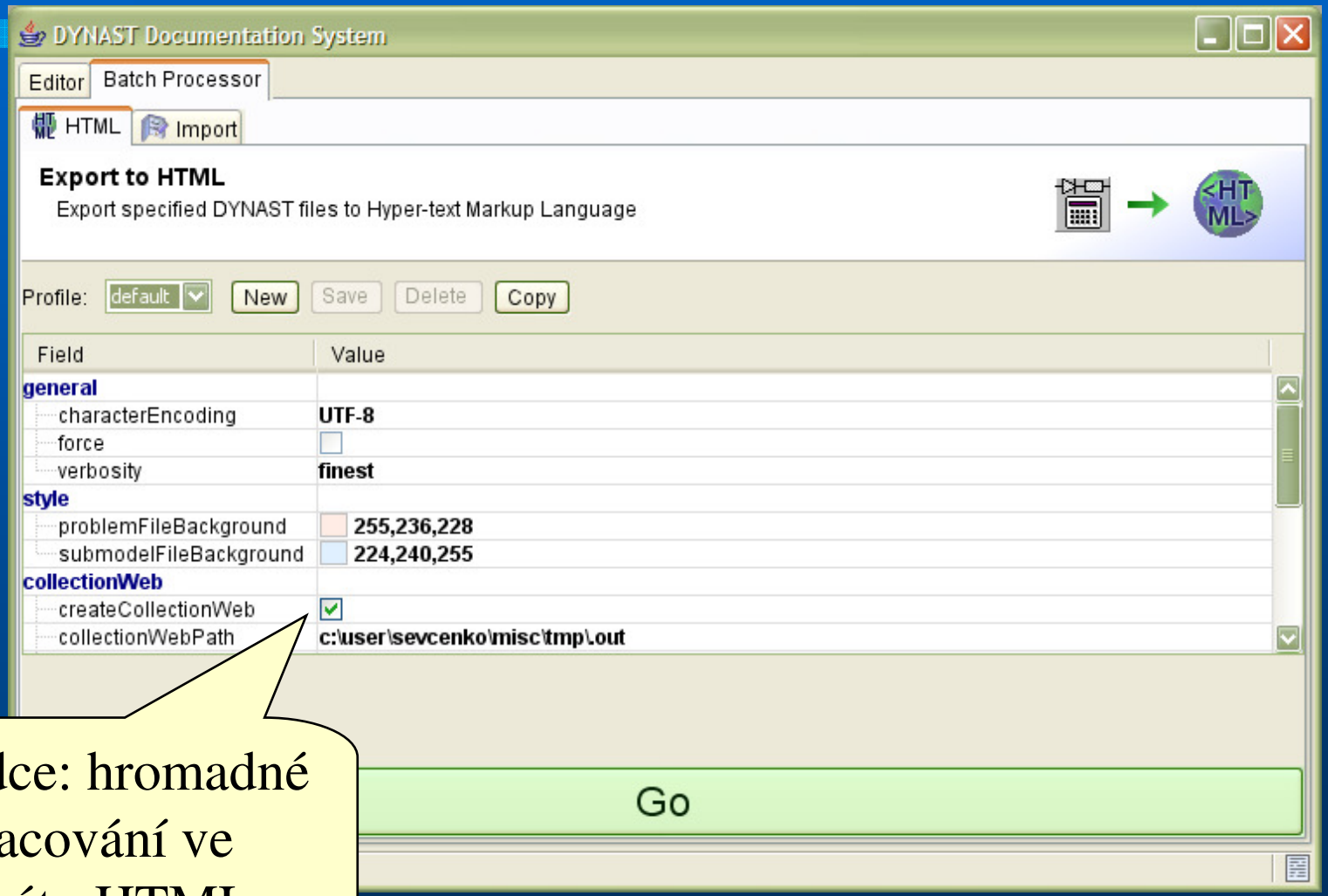


Nový dokumentační systém



Průvodce: vytvoření nové dokumentace

Integrovaný dokumentační systém



Průvodce: hromadné zpracování ve formátu HTML

Nový dokumentační systém

Example: EQS5

Four-bar linkage kinematic analysis

System

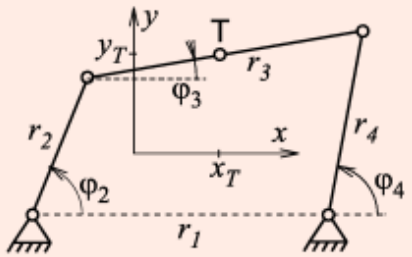
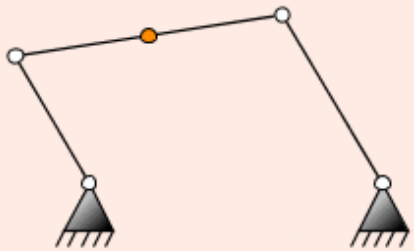


Figure EQS5-1 Four-bar mechanism.



Prezentace ve formátu HTML – výsledek

Doplňkové nástroje systému DYNAST

- **DYNAST na webu**
- **DYNAST Server a DYNAST Monitor**
- **Propojení se systémem MATLAB/SIMILINK**
- **„virtuální experimenty“**

DYNAST na Webu

- **http://virtual.cvut.cz/dyn/**
  - **Sbírka interaktivních příkladů a simulačních modelů**
  - **Kurs modelování a simulace**
  - **Download uživatelského prostředí**

DYNAST na Webu

Simulation examples - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

- Examples
  - Equations
  - Electrical
  - Electronic
  - Power electronic
  - Electro-mechanical
  - Mechanical
    - Viscous friction experiment
    - Body driven by given velocity
    - Vertical throw of a ball
    - Body driven by given force
    - Body driven by a frequency-variable force
    - Static equilibrium of forces
    - Composition of motions
    - Jumping ball
    - Mass-spring system with dry friction
    - Motor on vibration isolator with stop
    - Transformer mounted in a case
    - Car suspension system 1
    - Physical pendulum 1
    - Rocket liftoff
    - Surge waves of a long spring
    - Impact of a long spring
    - Prof. Nozicka's drive
    - Oblique throw
    - Central star and planet
    - Rolling cylinder
    - Truck model

Example: MT6

Rocket liftoff

Purpose

Time-variable mass, variable gravitation

System

The first stage of Saturn V rocket is fired vertically up from the earth's surface at the north pole. It accelerates until the fuel, which burns at a constant rate, is exhausted.

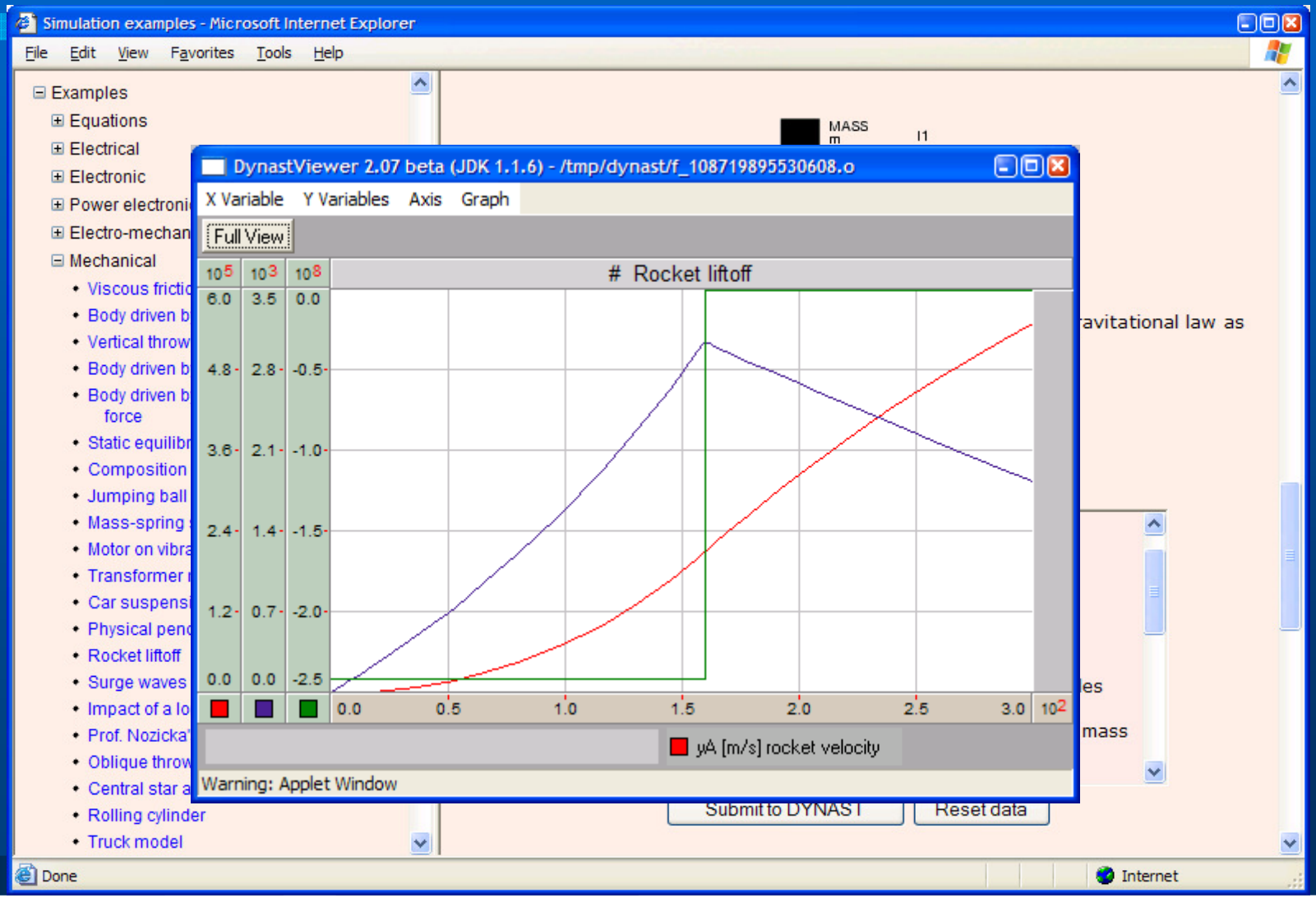
Figure 1: Saturn V rocket

System Parameters

m_r = 6.32me	[kg]	mass of rocket without fuel
m_f = 4.56me	[kg]	launch mass of fuel
t_1 = 160	[s]	period of fuel burnout
u = 8470	[m/s]	exhaust velocity of burned gases

Done Internet

DYNAST na Webu



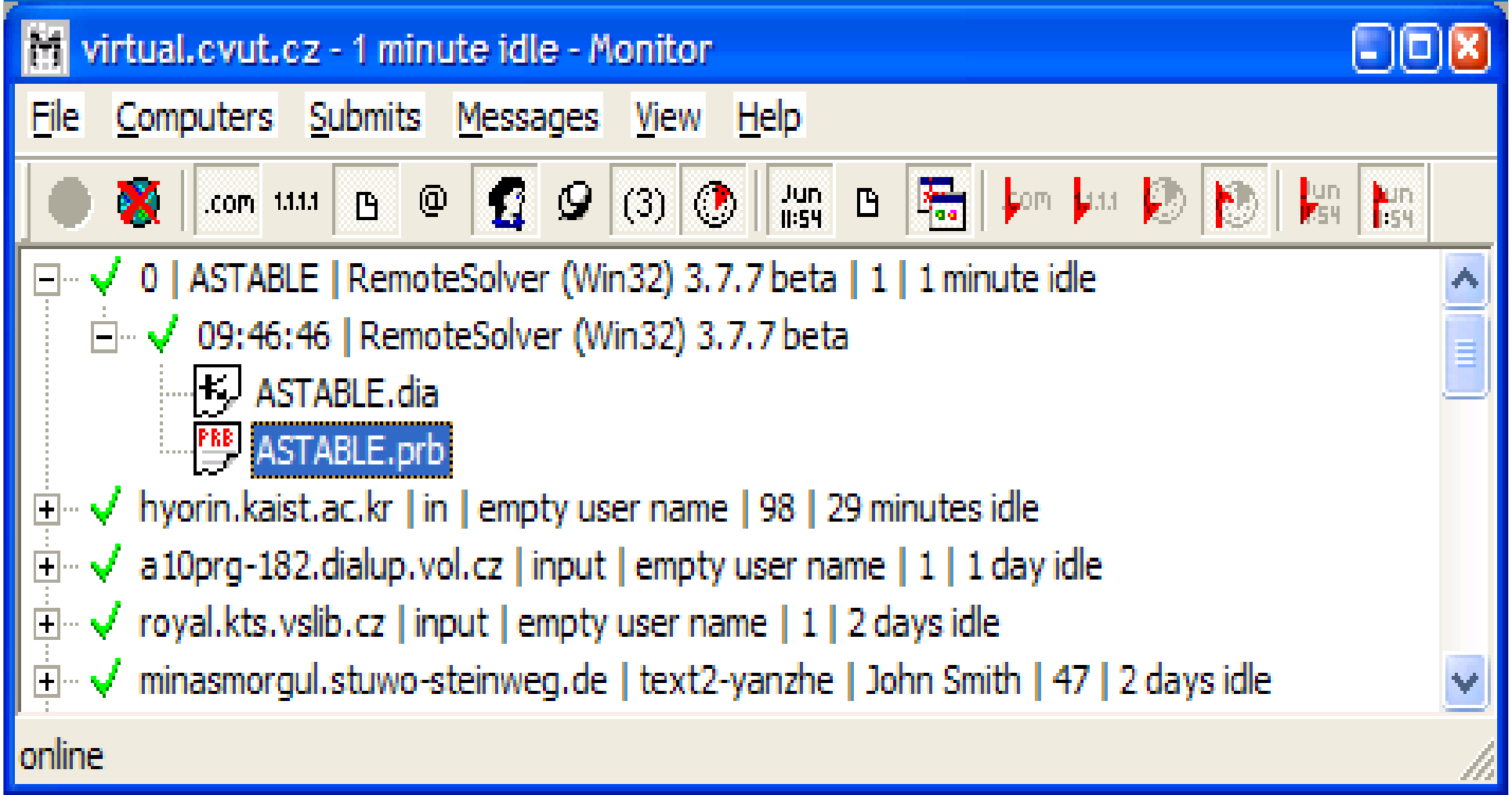
DYNAST Server

- Výpočetní server umožňující vzdálené výpočty z pracovních stanic
- Vhodný např. pro výuku
- Možnost sledování provozu na serveru a archivace spočítaných úloh (DYNAST Monitor)

DYNAST Monitor

- **Doplňková aplikace k DYNAST serveru**
- **Zobrazuje archiv úloh spočítaných na serveru**

DYNAST Monitor

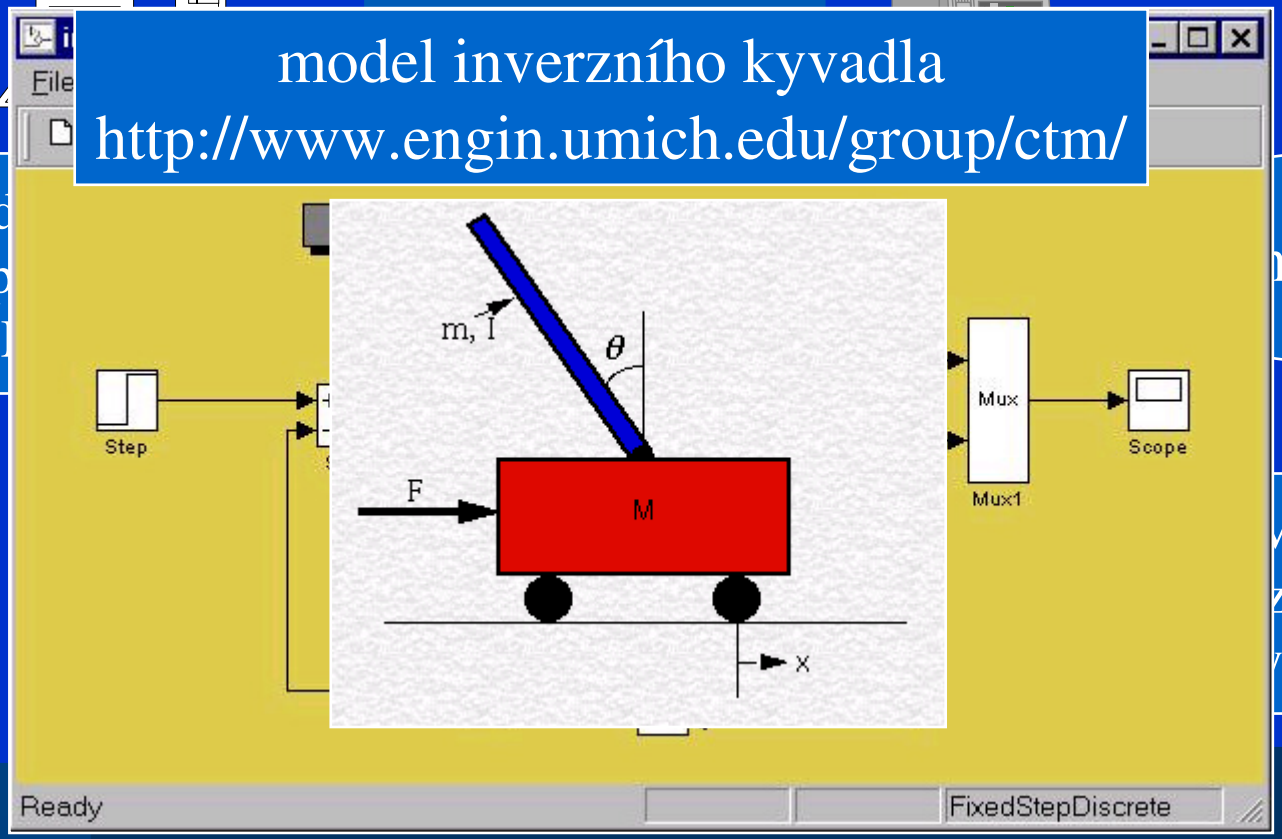


Propojení s MATLABem

- **DYNAST lze využít jako modelovací toolbox pro systém MATLAB**
- **Vhodné pro návrh řízení**
  - **DYNAST se použije pro modelování a simulaci řízené soustavy**
  - **MATLAB se použije pro návrh a implementaci řídící struktury**
- **Systém lze implementovat zčásti v DYNASTu a zčásti v MATLABU**

Řídící struktura implementovaná v MATLABu

model inverzního kyvadla
http://www.engin.umich.edu/group/ctm/



Říd
Imp
v

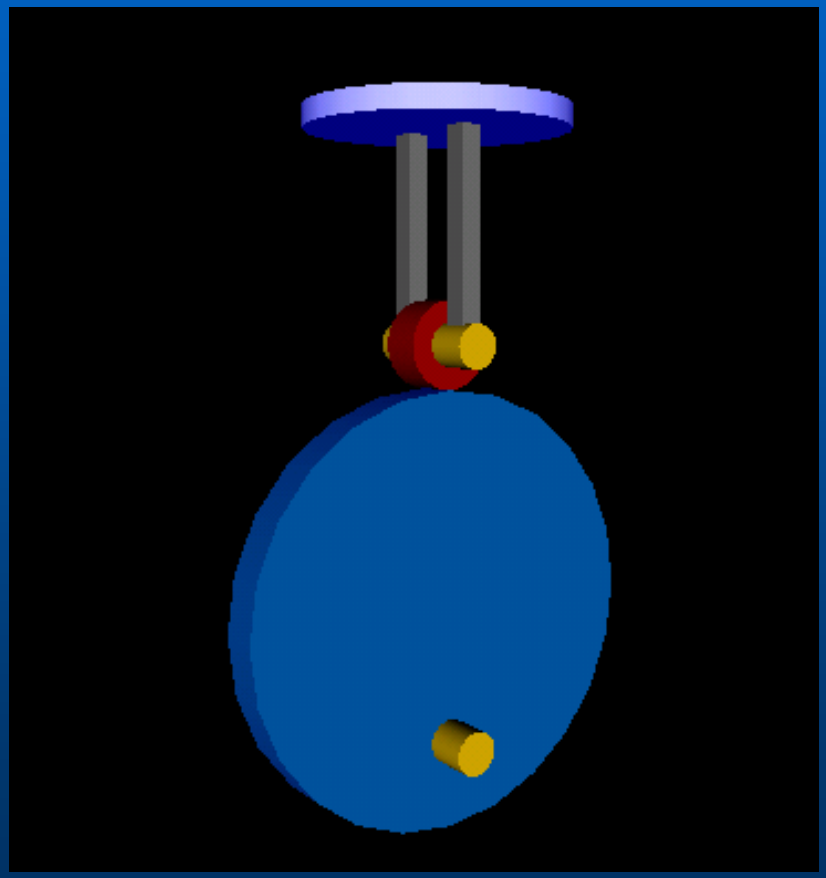
ulátor

Model
zeného
ystému

Virtuální experimenty

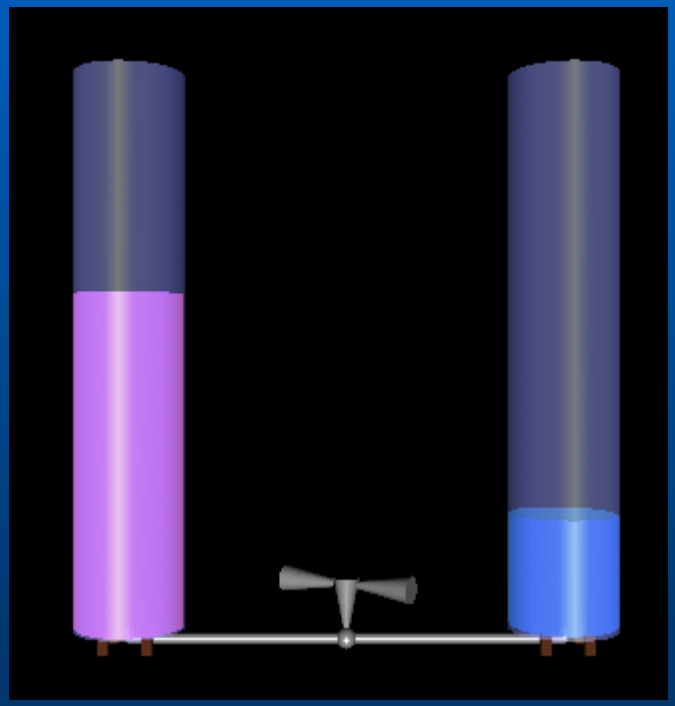
- **Simulace soustav v reálném čase**
- **Vizualizace ve 3D**

Virtuální experimenty



Virtuální experimenty

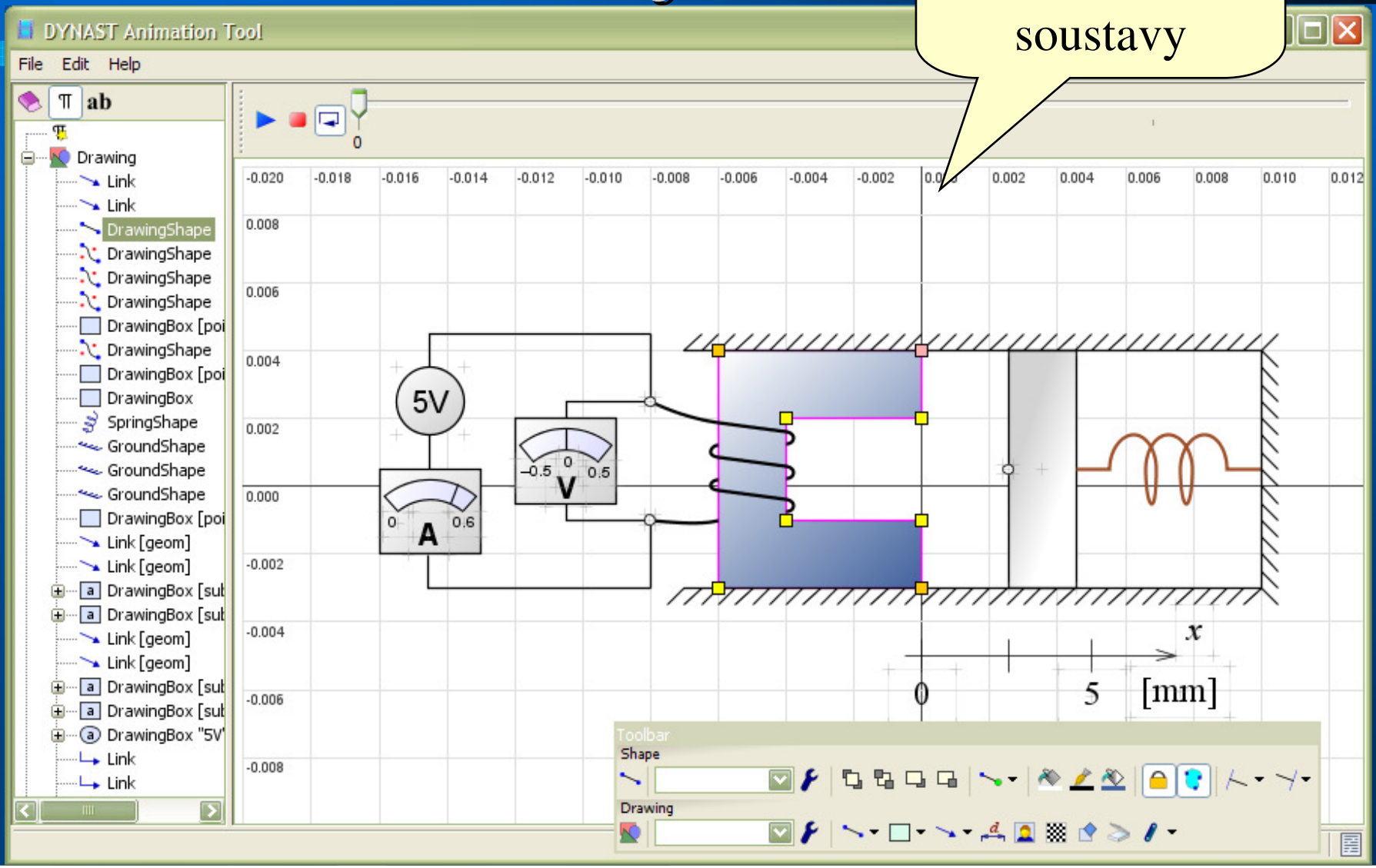
Virtuální experimenty



Animační nástroj DYNASTu

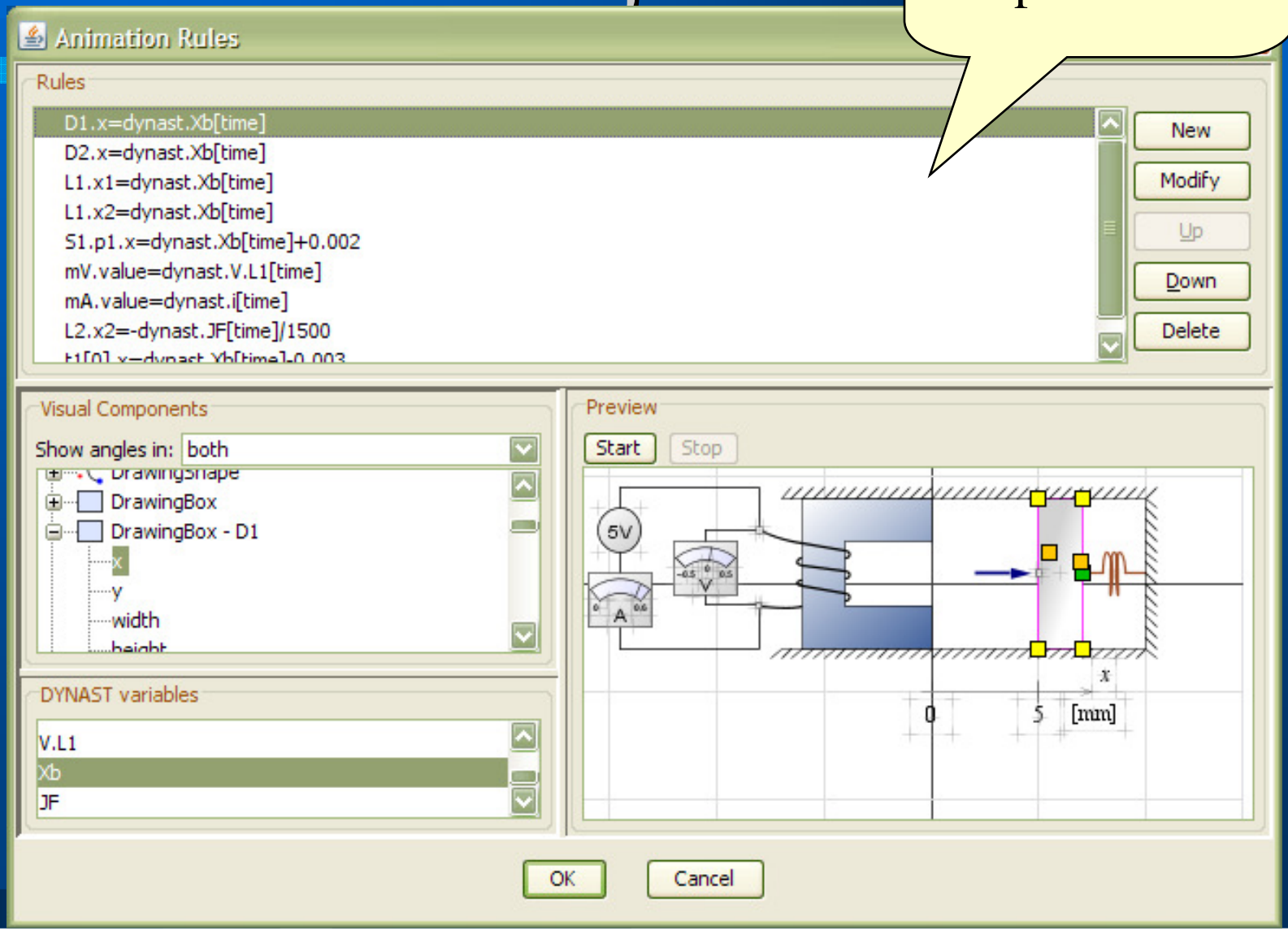
- **Nástroj pro vizualizaci dynamických jevů pomocí 2D grafiky**
- **Neinteraktivní animace (“video”)**
- **Automatický export do formátu Adobe Flash, umožňující prezentaci na Internetu**

Animační nástroj



Animační nástroj

Animační pravidla



Animační nástroj

Výsledek

Animační nástroj

Příklady animací