

# Aplikační počítačové prostředky X15APP

## **MATLAB cvičení 3**

*Ing. Zbyněk Brettschneider*

<http://heat.feld.cvut.cz/>

<http://k315.feld.cvut.cz/download/>

<http://k315.feld.cvut.cz/vyuka/matlab/>

[Brettsz@fel.cvut.cz](mailto:Brettsz@fel.cvut.cz)

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

# Simulink – zápis modelu

- Matlab – orientován na řádkové příkazy
- Simulink – nadstavba Matlabu
  - práce s bloky
  - vyšetřuje chování dynamického systému - určen na časové řešení (simulaci)
  - předpoklad znalosti jeho matematického popisu

Simulace – numerické řešení soustavy nelineárních  
diferenciálních rovnic

nutno určit:

- Metodu řešení (ODE45, ...)
- Volbu kroku (rychlost x přesnost)

# Práce v simulinku

- Výběr bloků z knihoven
- Pospojování vstupů a výstupů odpovídajících signálů
- Zadání parametrů bloků
- Vytvoření subsystémů

## Vstupní signály :

- Z knihovny bloků generujících zákl. typy signálů
- Ze souborů
- Z matic připravených v Matlabu
- Z měření v reálném čase (měřicí karta + Real Time Tbx.)

## Výstupní signály :

- Bloky typu osciloskop či XY graf
- Do pracovního prostoru Matlabu (Workspace)
- Do souboru či opět přímá realizace signálů (hardware)

# Nastavení parametrů simulace

## Záložka: Simulation – Configuration Parameters

- Solver
  - Čas simulace
  - Volbu metody řešení ODE
  - Volba velikosti kroku
- Workspace I/O
  - Možnost napojení na pracovní prostor Matlabu
- Diagnostic
  - Nastavení, které z kontrolovaných druhů chyb či událostí mají vyvolat hlášení a na jaké úrovni
- Advanced
  - Volby k optimalizaci výpočtu
- Spuštění simulace: Simulation-Start

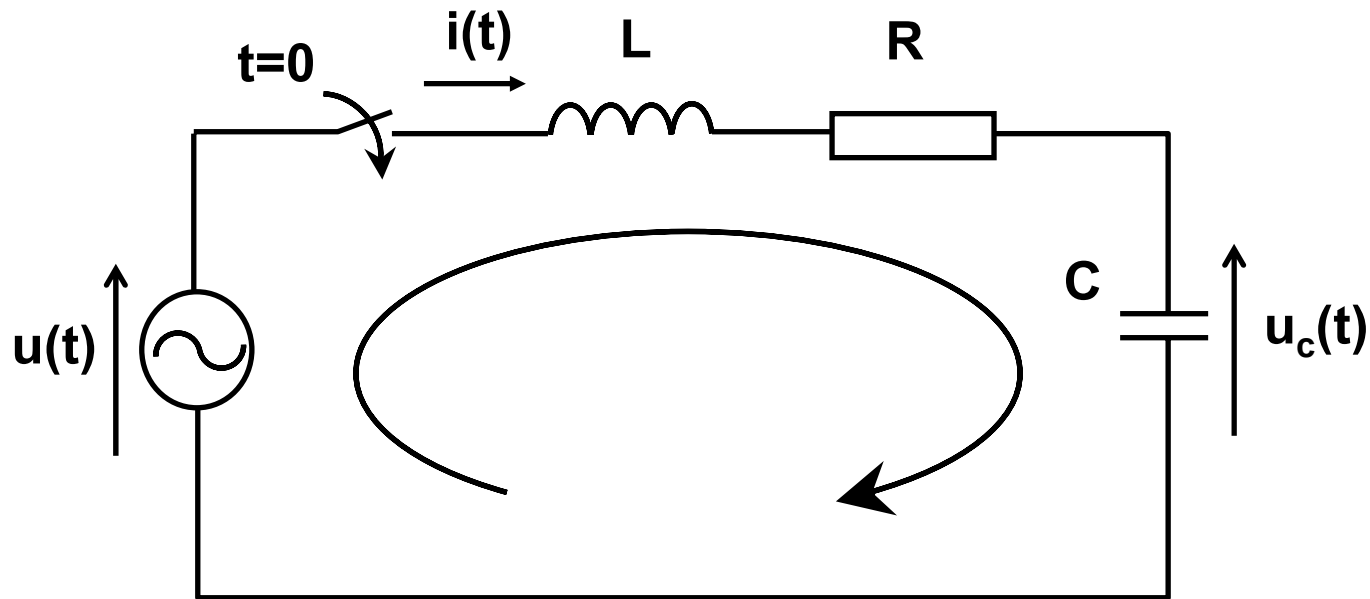
# Knihovny v Simulinku 1

- Základní knihovna – Simulink
  - Continuous
    - Bloky pro vytvoření spojitéch dynamických modelů z diferenciálních rovnic
  - Discrete
    - Bloky pro vytvoření diskrétních dynamických modelů
  - Function and Tables
    - Nabízí např. interpolaci mezi hodnotami tabulkového zadávání průběhů
    - Přepočítá vstupní signál pomocí zadaného polynomu
  - Math
    - Bloky pro realizaci algebraické části modelu

# Knihovny v Simulinku 2

- Nonlinear
  - Bloky typických nelinearit (Saturace, Switch, Releová nelinearita)
- Signal and Systems
  - Bloky ke spojování a změně struktury signálů
- Sinks
  - Bloky ke zpracování výsledků
- Sources
  - Bloky jako zdroje signálů
- Zbylé knihovny – souvisí s nainstalovanými toolboxy

# Příklad v Simulinku – RLC obvod



Obvodové rovnice:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot i'(t) + u_c(t)$$

$$i(t) = C \cdot u_c'(t)$$

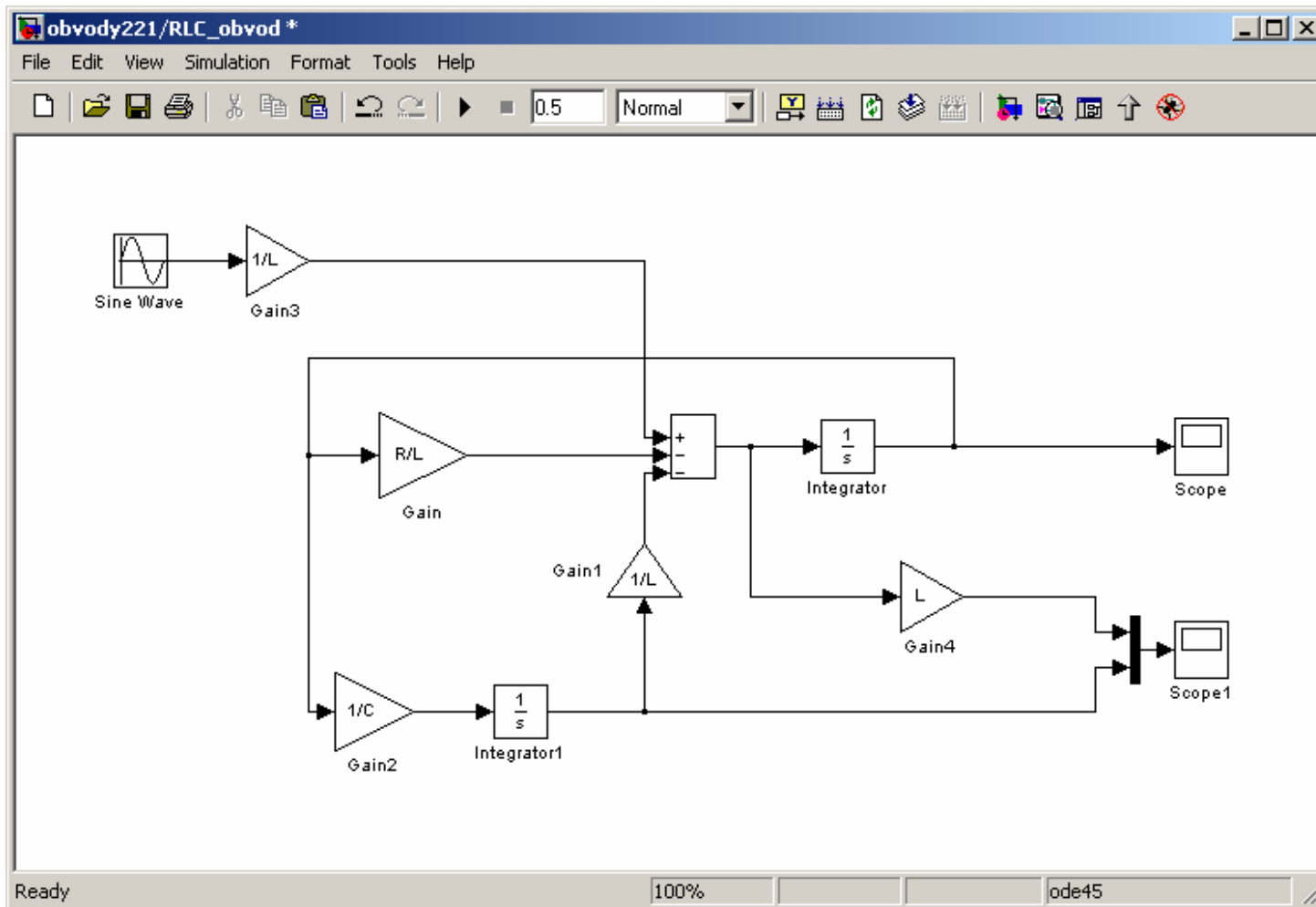
$$i(0) = 0$$

$$u_c(0) = 0$$

# Stavové schéma – RLC obvod

$$i'(t) = \frac{1}{L} \cdot u(t) - \frac{R}{L} \cdot i(t) - \frac{1}{L} \cdot u_c(t)$$

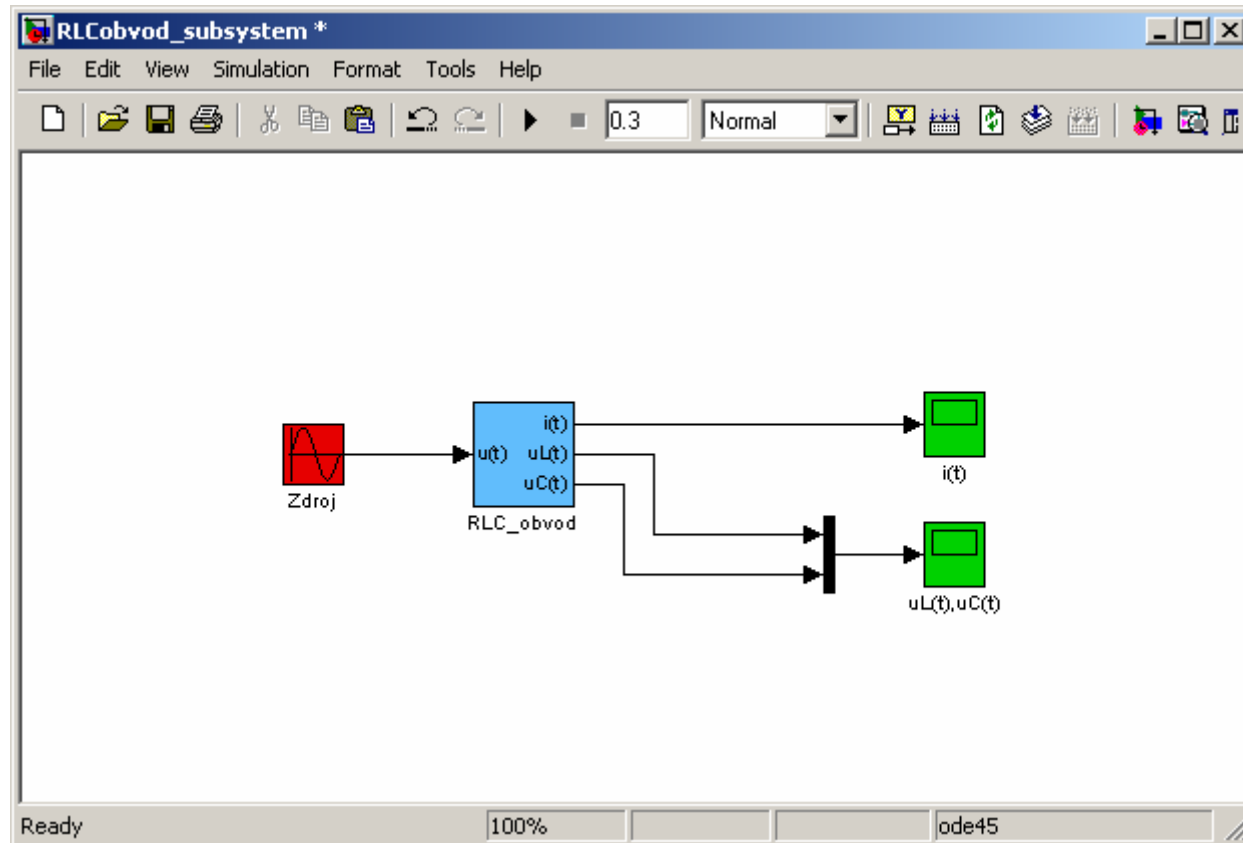
$$u_c'(t) = \frac{1}{C} \cdot i(t)$$





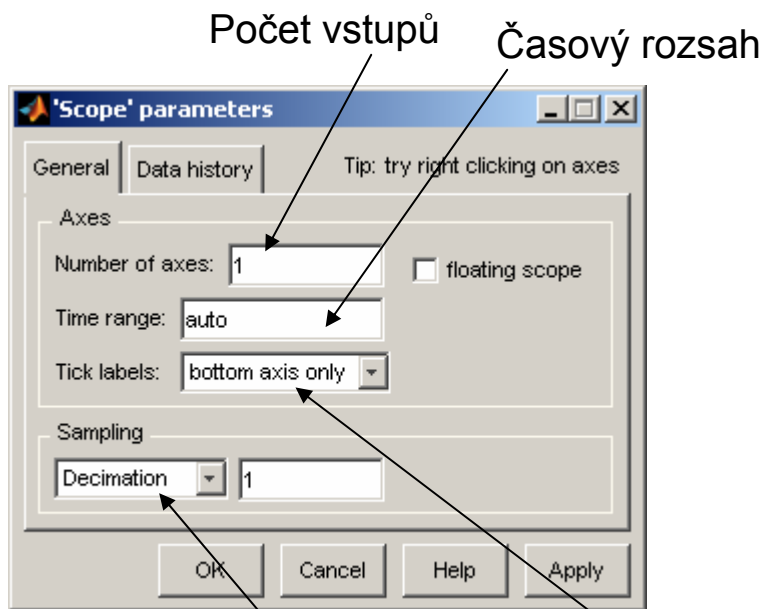
# Subsystem

Sloučení několika bloků do jednoho celku, představujících určitý podsystém celkového systému.



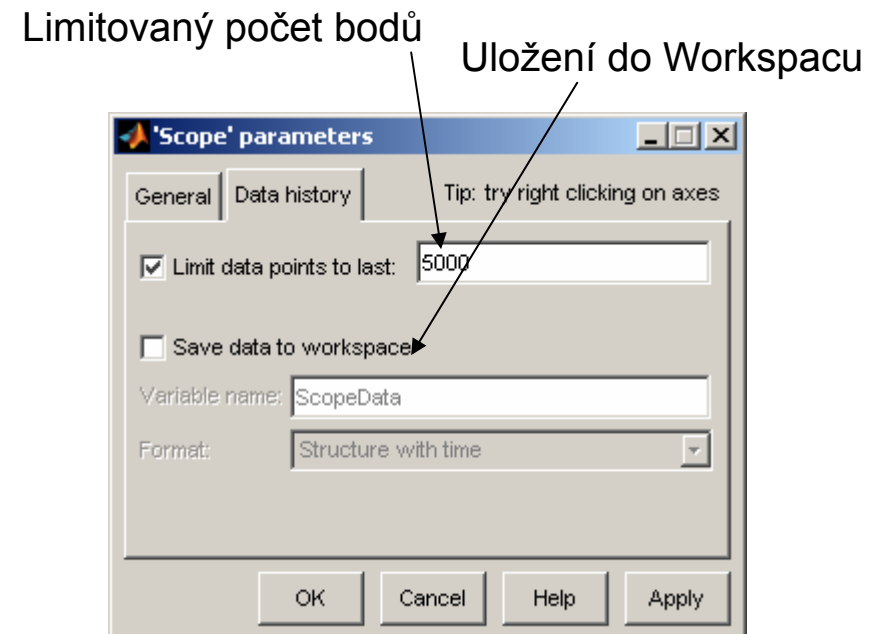
# Zobrazení průběhů - Scope

- Blok Scope slouží k zobrazení průběhů
- Parametry bloku



Vzorkování

Vlastnosti  
zobrazení okna



# Zobrazení průběhů

Vlastní kmitočet obvodu:  $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

Kmitočet zdroje:  $\omega_z = 2 \cdot \pi \cdot f$

Je-li  $\omega_o = \omega_z$

Hodnoty:

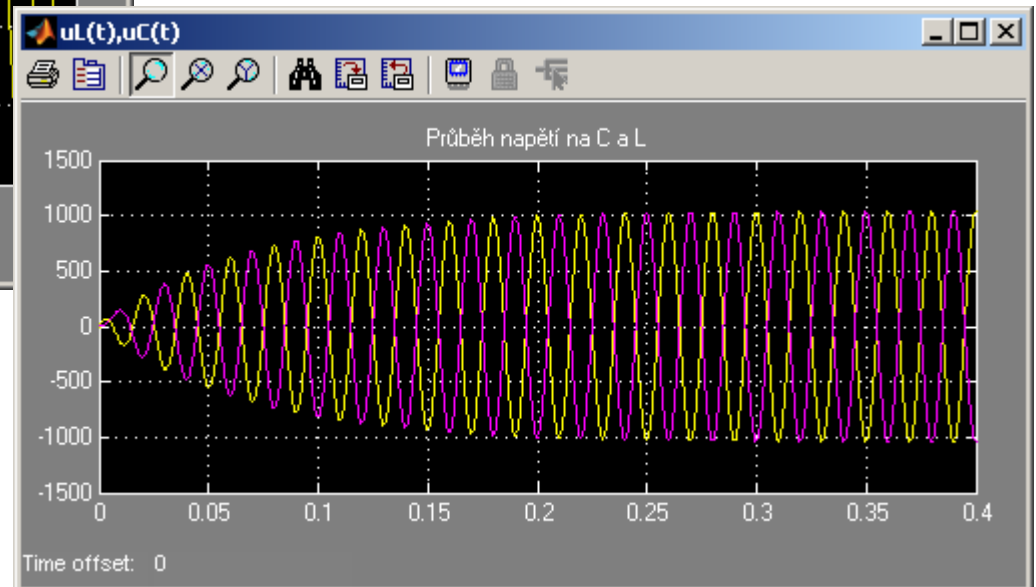
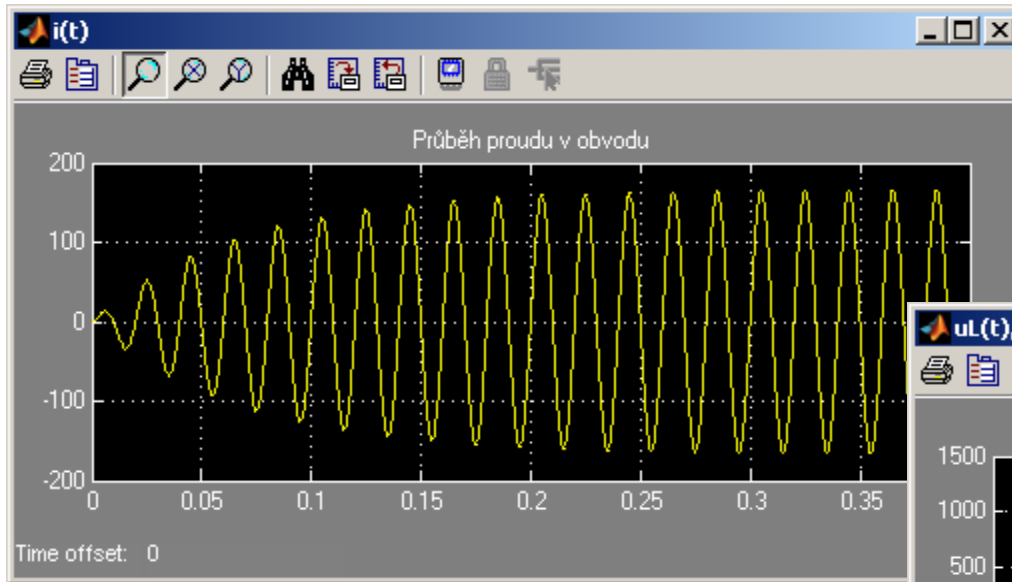
$$U_{\max} = 100V$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$$

$$R = 0.5$$

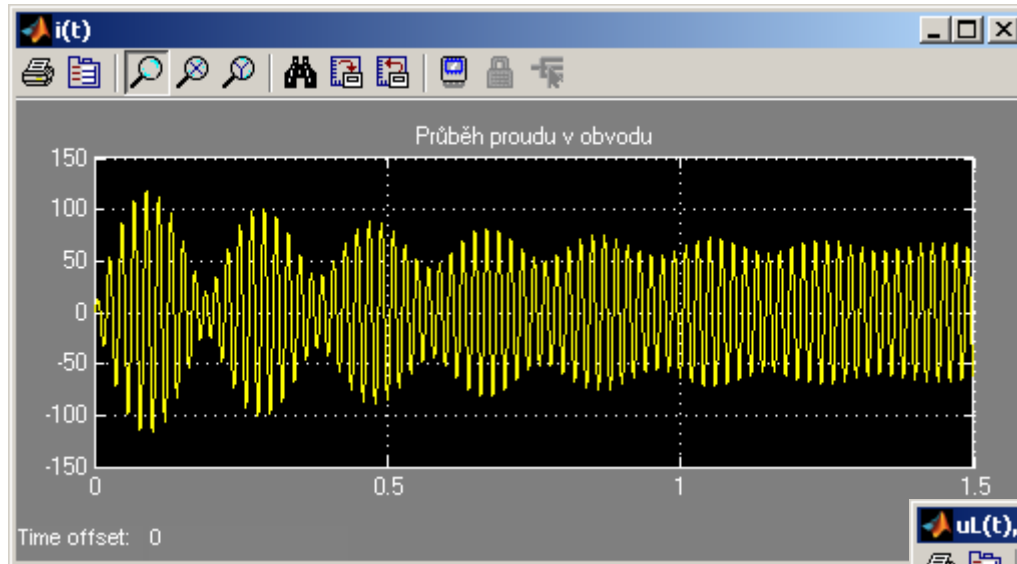
$$L = 0.02$$

$$C = 5.05 \cdot 10^{-4}$$



# Zobrazení průběhů

Vznik rázů při  $\omega_o \approx \omega_z$



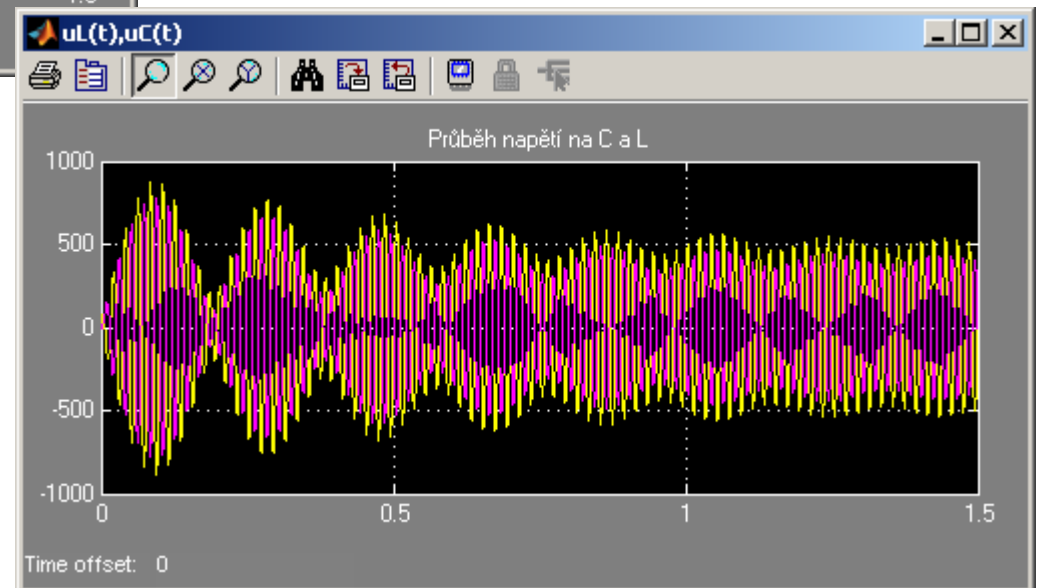
Hodnoty:

$$U_{\max} = 100\text{V}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$$

$$R = 0.1 \quad L = 0.025$$

$$C = 5.05 \cdot 10^{-4}$$

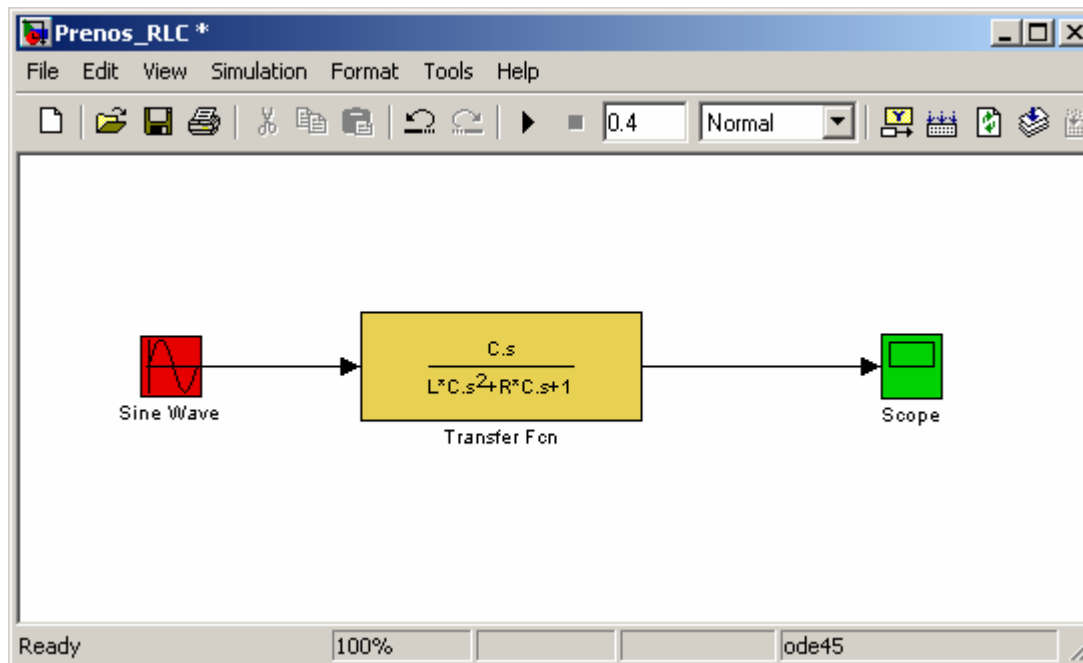


# Přenos obvodu v Laplaceově obraze

Obvodová rovnice a přenos v Laplaceově obraze s nulovými počátečními podmínkami:

$$U(s) = R \cdot I(s) + L \cdot s \cdot I(s) + \frac{1}{s} \cdot C \cdot I(s)$$

$$P(s) = \frac{I(s)}{U(s)} = \frac{C \cdot s}{LC \cdot s^2 + RC \cdot s + 1}$$



# Metoda stavových proměnných

- Obvod popsán soustavou rovnic prvního řádu
- Každou obyčejnou diferenciální rovnici vyššího řádu lze vyjádřit jako soustavu diferenciálních rovnic prvního řádu
- Zavedeme stavové proměnné  $\mathbf{x}$
- Soustavu diferenciálních rovnic zapíšeme v maticovém tvaru:

$\mathbf{x}$  – vektor stavových proměnných

$\mathbf{u}$  – vektor vstupních veličin

$\mathbf{y}$  – vektor výstupních veličin

$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}$  – matice stavového modelu

# Stavový model RLC obvodu

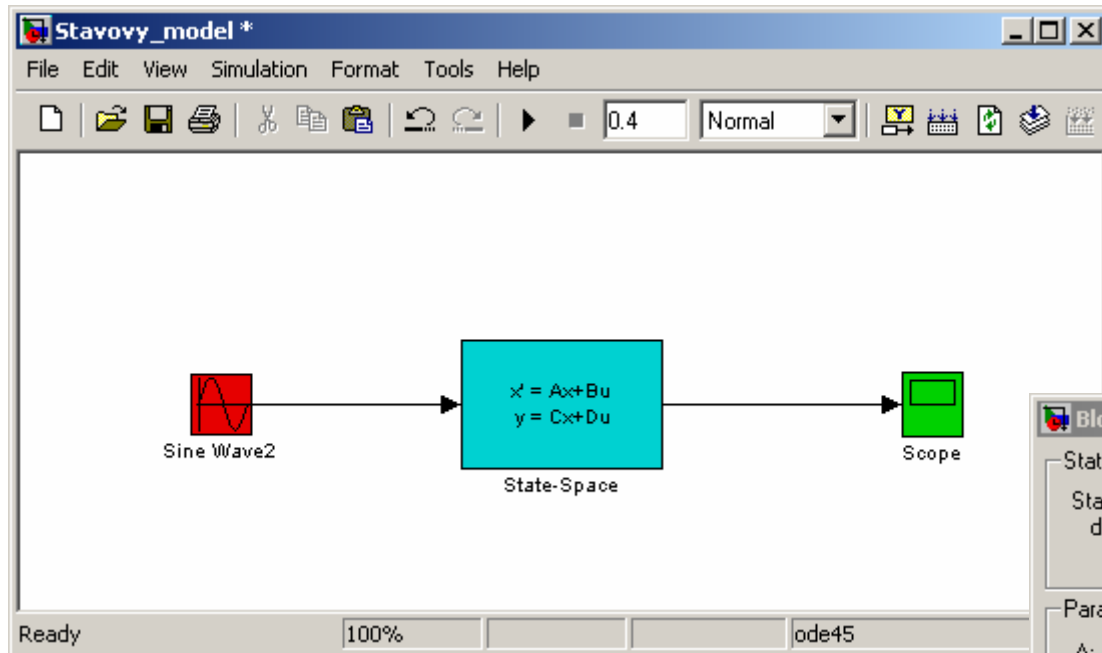
$$i'(t) = \frac{1}{L} \cdot u(t) - \frac{R}{L} \cdot i(t) - \frac{1}{L} \cdot u_c(t) \qquad u_c'(t) = \frac{1}{C} \cdot i(t)$$

- Stavové proměnné:  $i$ ,  $u_c$
- Vstupní proměnné:  $u$
- Výstupní proměnné:  $i$

$$\begin{pmatrix} i' \\ u_c' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i \\ u_c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{pmatrix} \cdot (u)$$

$$(i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i \\ u_c \end{pmatrix} + (0) \cdot (u)$$

# Stavový model obvodu v Simulinku



The "Block Parameters: State-Space" dialog box is open, showing the state-space model equations and parameter values. The "State Space" section displays the equations  $\dot{x} = Ax + Bu$  and  $y = Cx + Du$ . The "Parameters" section contains the following values:

- A:  $[-R/L, -1/L; 1/C, 0]$
- B:  $[1/L; 0]$
- C:  $[1, 0; 0, 0]$
- D:  $[0]$
- Initial conditions:  $[0]$
- Absolute tolerance:  $auto$

The dialog box has "OK", "Cancel", "Help", and "Apply" buttons at the bottom.



# SimPowerSystems

RLC obvod s využitím knihovny SimPowerSystems

