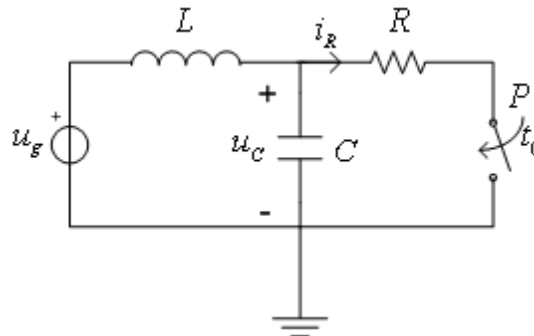


Primeri rešavanja električnih kola u programskom paketu **Matlab** (toolboxes: **Simulink & SimPowerSystems**)

Zadatak 1

U kolu prikazanom na slici 1 poznatih parametara: L , C , $R = \sqrt{L/C}$, deluje generator napona $u_g(t) = U h(t)$. Prekidač P je najpre otvoren. U jednom od trenutaka t_1 kada je napon kondenzatora maksimalan prekidač se zatvara. Rešavanjem u vremenskom domenu odrediti:

- indicionu funkciju napona $u_C(t)$ kada je P otvoren,
- diferencijalnu jednačinu odziva struje otpornika $i_R(t)$ posle zatvaranja prekidača P ,
- struju $i_R(t)$.



Slika 1

Rešenje:

- Indiciona funkcija napona $u_C(t)$ je $f(t) = (1 - \cos(\omega t))h(t)$, a
 $u_C(t) = Uf(t) = U(1 - \cos(\omega t))h(t)$, $\omega = 1/\sqrt{CL}$. (**P-off**, $0 \leq t < t_1$, $t_1 = \pi/\omega$)
- $\left(D^2 + \frac{1}{RC}D + \frac{1}{LC}\right)i_R(t) = \frac{1}{RLC}u_g(t)$, (**P-on**, $t_1^+ \leq t$)
- $i_R(t) = \frac{U}{R} \left[1 + e^{-\frac{1}{2RC}(t-t_1)} \left[\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2RC}(t-t_1)\right) - \sqrt{3} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2RC}(t-t_1)\right) \right] \right]$, $t \geq t_1^+$

Simulacija u Matlabu:

- Brojne vrednosti uzete pri simulaciji: $U = 100$ V, $L = 1$ mH, $C = 10$ μ F, $R = 10$ Ω . Dobija se da je:

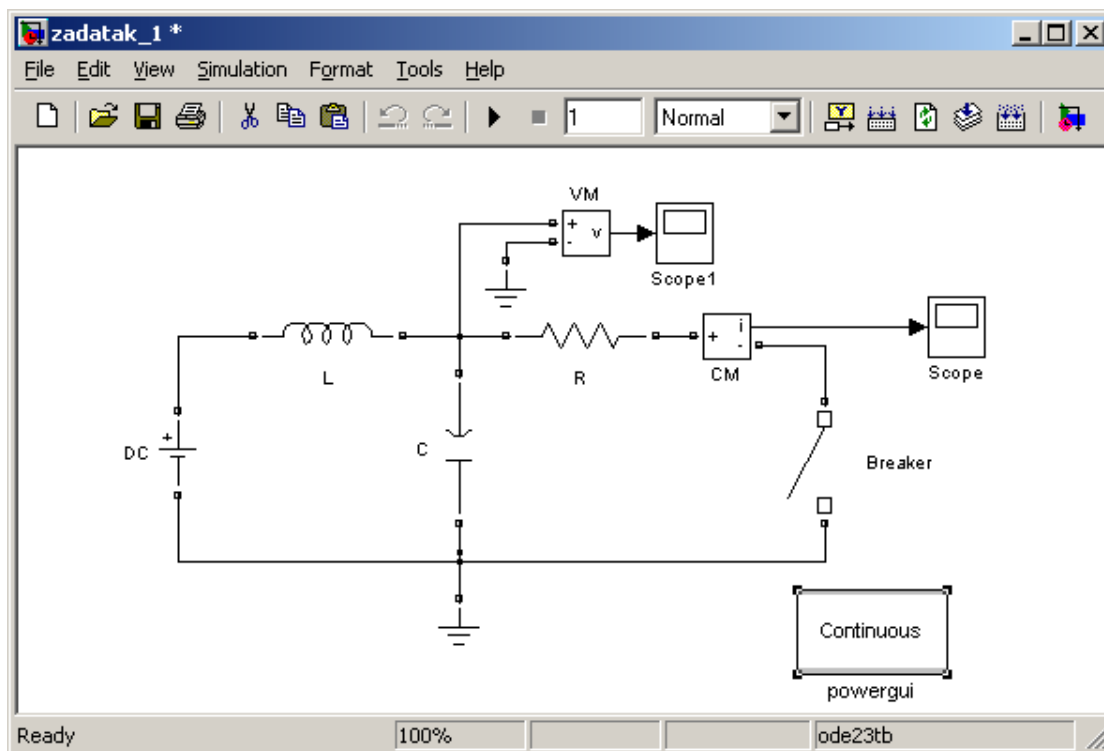
$$t_1 = \pi 10^{-4} \text{ s}, \quad u_C(t) = 100(1 - \cos(10^4 t)), \quad 0 \leq t < t_1,$$

$$i_R(t) = 10 \left[1 + e^{-\frac{1}{0.2 \cdot 10^{-3}}(t-t_1)} \left[\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{0.2 \cdot 10^{-3}}(t-t_1)\right) - \sqrt{3} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{0.2 \cdot 10^{-3}}(t-t_1)\right) \right] \right], \quad t \geq t_1^+$$

OS/OF 2PRK Praktikum iz računarske analize kola

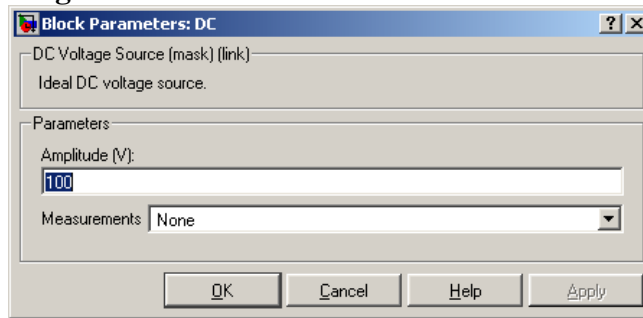
2. Formiranje električnog kola pomoću blokova iz biblioteke **Simulink & Powerlib**:

- Electrical Sources → **DC Voltage Source**
- Elements → **Series RLC Branch**
 - **Breaker**
 - **Ground**
- Measurements → **Current Measurement**
 - **Voltage Measurement**
- Sinks → **Scope**
- **Powergui**



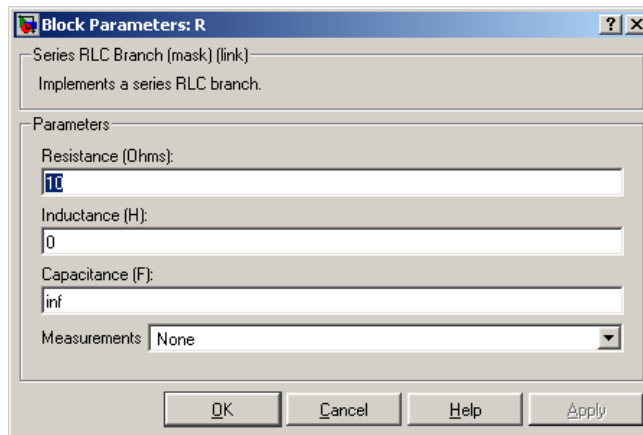
3. Podešavanje parametara simulacije i vrednosti elemenata:

➤ **DC Voltage Source**



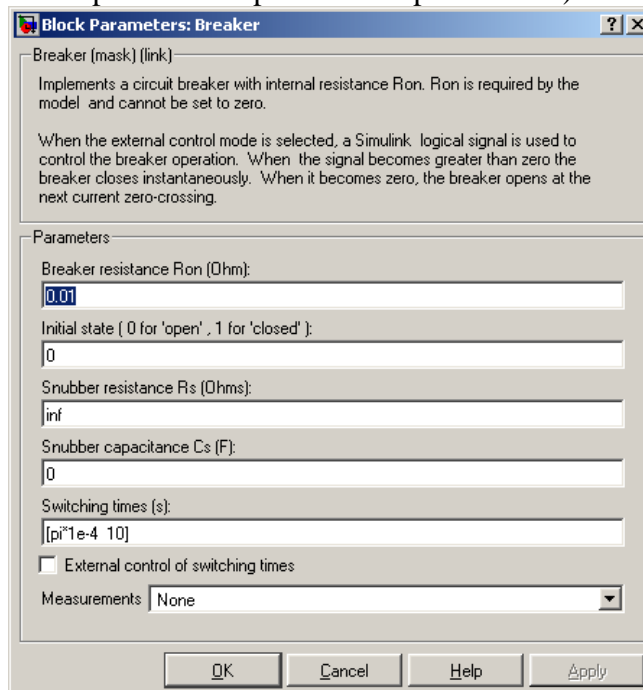
➤ **Series RLC Branch** → R, L, C

$R = 10 \Omega$, $L = 0$, $C = \text{inf}$ (podešavanje otpornosti)

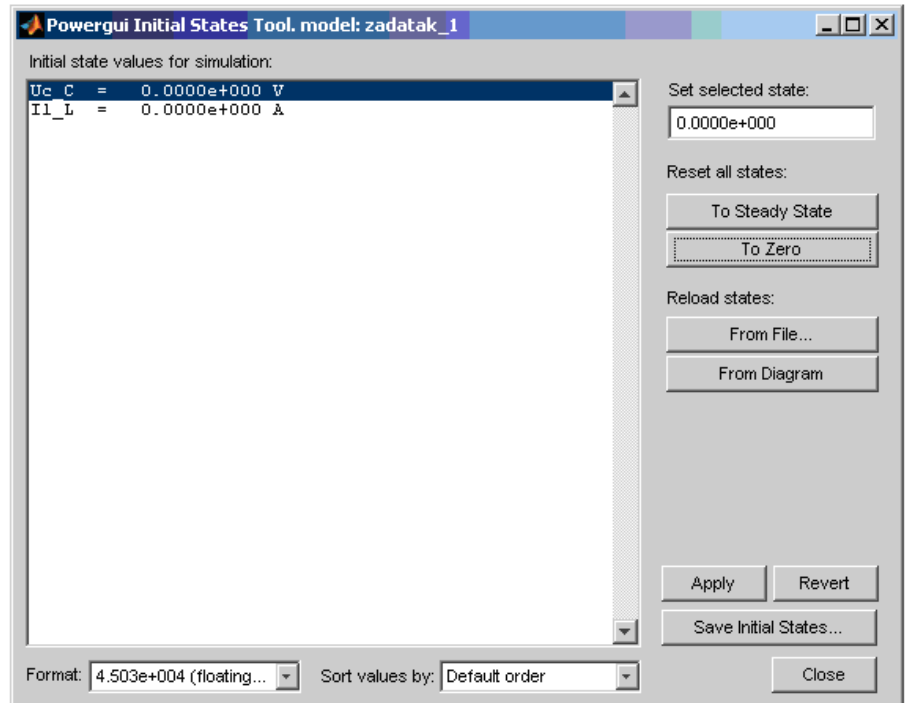
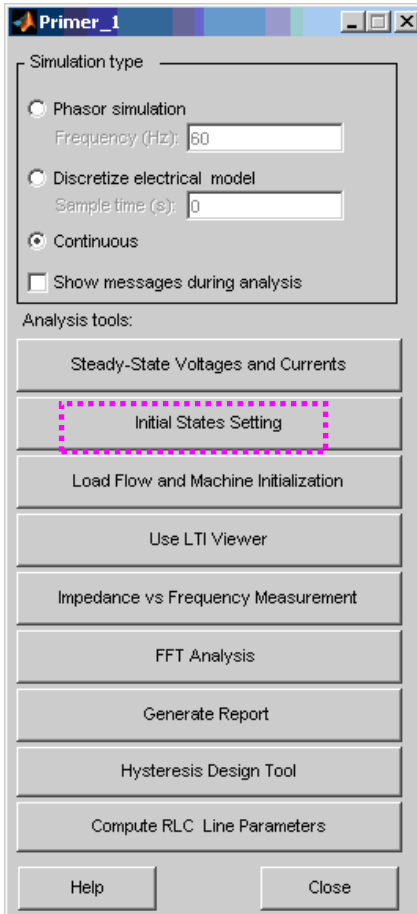


➤ **Breaker**

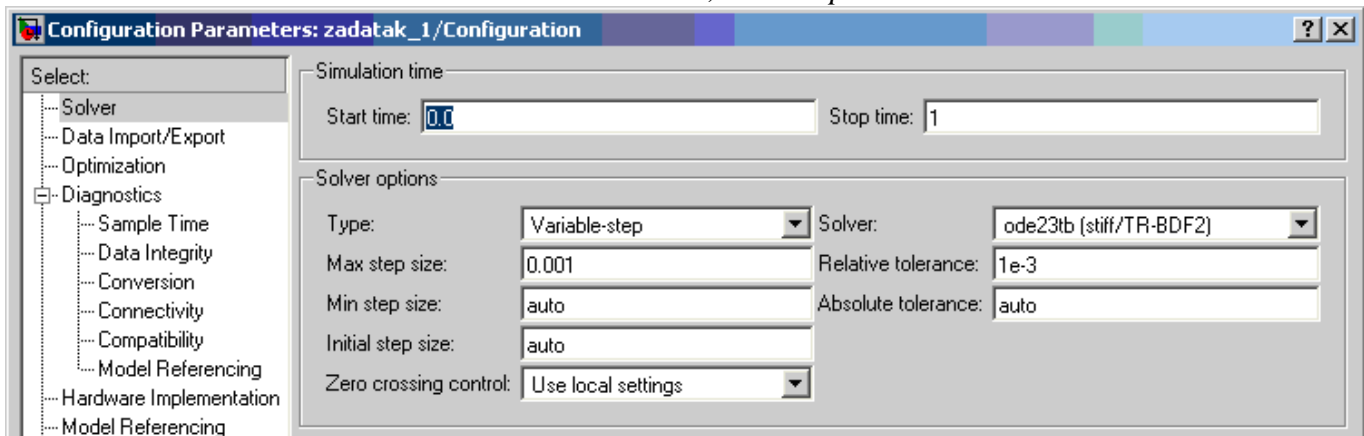
(podešavanje inicijalnog položaja prekidača **0/1**, trenutaka uključivanja i isključivanja prekidača, parazitnih otpornosti i kapacitivnosti)



- **Powergui** → Steady-State Voltages and Currents
- Initial States Settings
- (podesiti da su svi početni uslovi jednaki nuli)

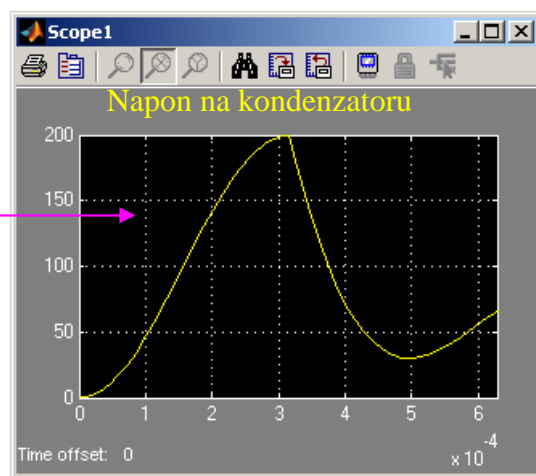
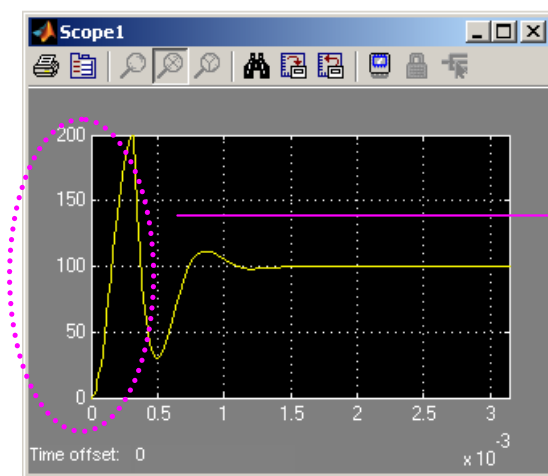
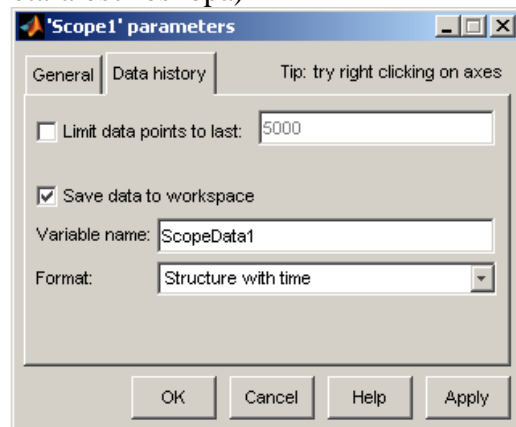
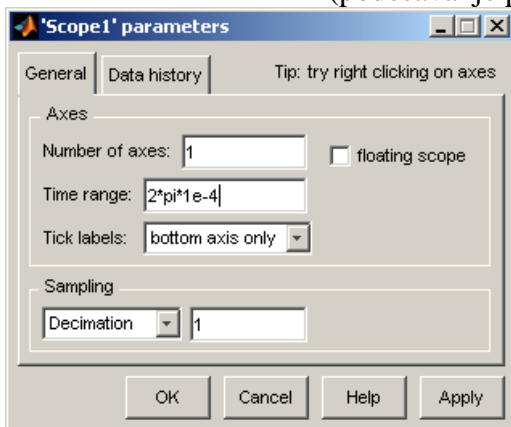


- **Simulation** → Simulation time, Solver options



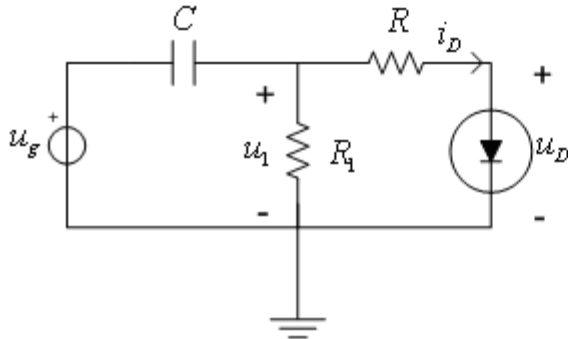
OS/OF 2PRK Praktikum iz računarske analize kola

- **Scope** → Parameters → Number of axes, Time range, Data history...
(podešavanje parametara osciloskopa)

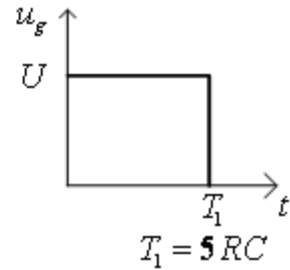


Zadatak 2

U kolu prikazanom na slici 2a deluje eksitacija $u_g(t)$, kao na slici 2b. Odrediti odziv $u_1(t)$. Smatrati da važi $R_1 \gg R$.



2a



2b

Slika 2

Rešenje:

Traženi napon ima sledeći oblik:

$$u_1(t) = Ue^{-\frac{t}{R_{ek}C}}, \quad 0 < t < T_1, \quad \text{gde je } R_{ek} = \frac{RR_1}{R + R_1}$$

$$u_1(t) = -Ue^{-\frac{(t-T_1)}{R_1C}}, \quad t \geq T_1^+$$

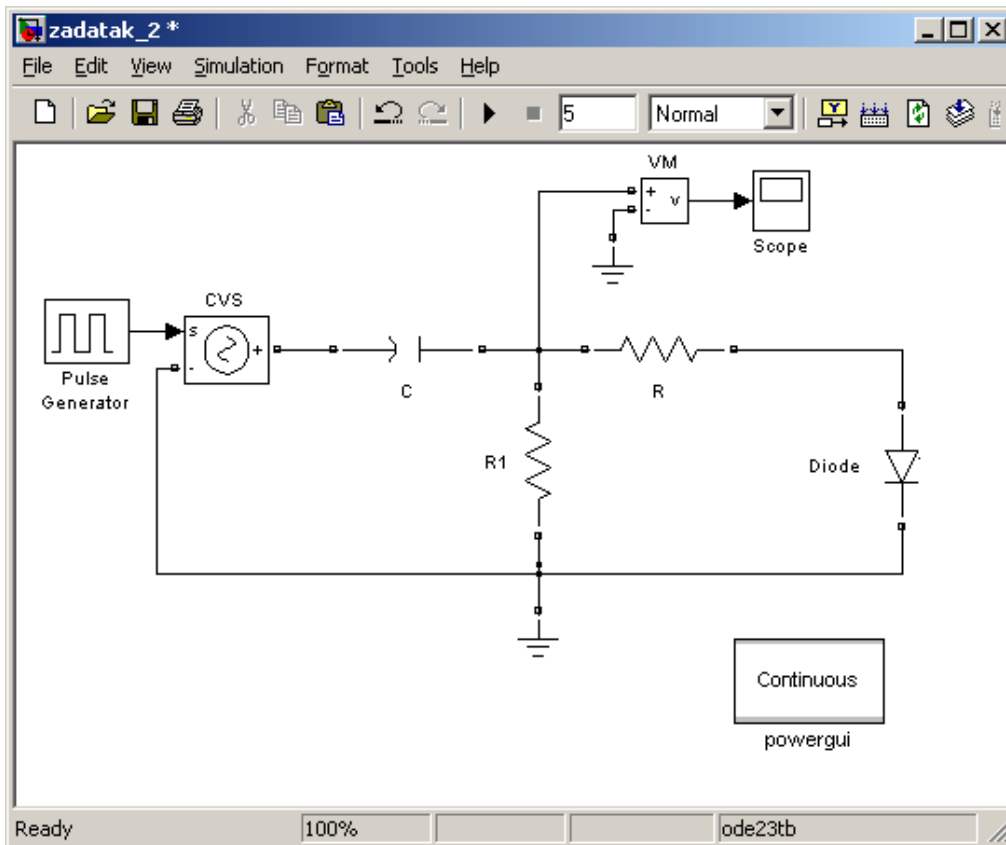
Simulacija u Matlabu:

1. Brojne vrednosti uzete pri simulaciji: $U = 100 \text{ V}$, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$, $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$. Dobija se da je:

$$T_1 = 5RC = 5 * 10^{-4} \text{ s}, \quad R_{ek} = \frac{RR_1}{R + R_1} \approx 100 \Omega.$$

2. Formiranje električnog kola pomoću blokova iz biblioteke **Simulink & Powerlib**:

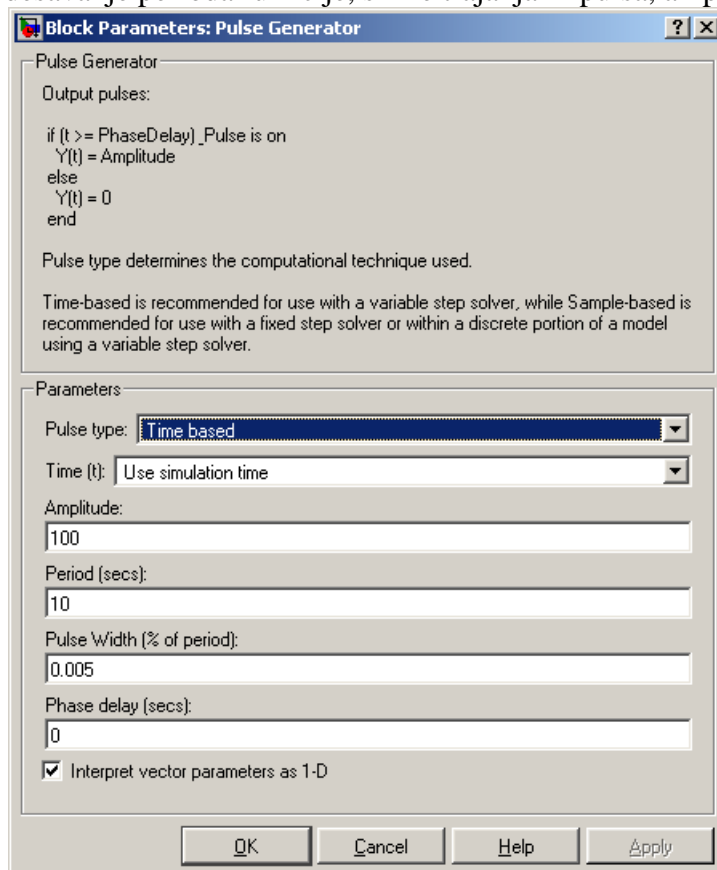
- Electrical Sources → **Pulse Generator**
→ **Controlled Voltage Source**
- Elements → **Series RLC Branch**
→ **Ground**
- Power Electronics → **Diode**
- Measurements → **Voltage Measurement**
- Sinks → **Scope**
- **Powergui**



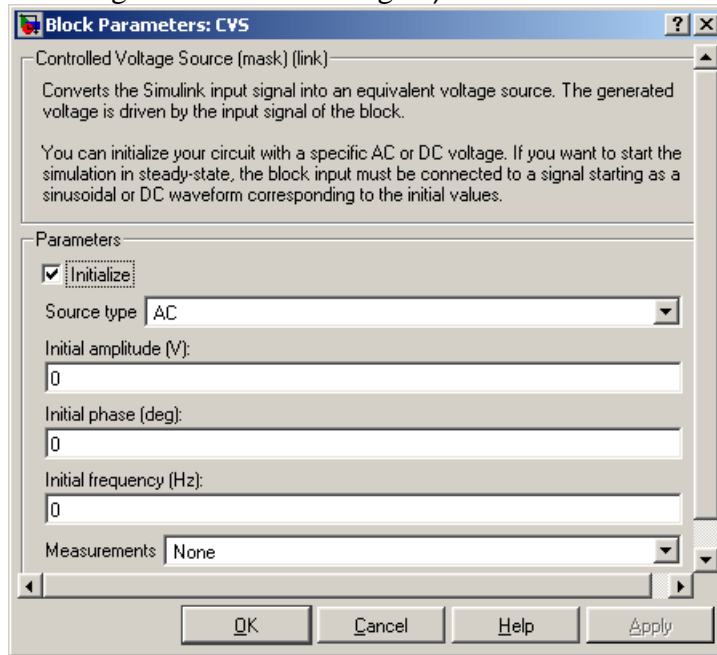
3. Podešavanje parametara simulacije i vrednosti elemenata:

➤ **Pulse Generator**

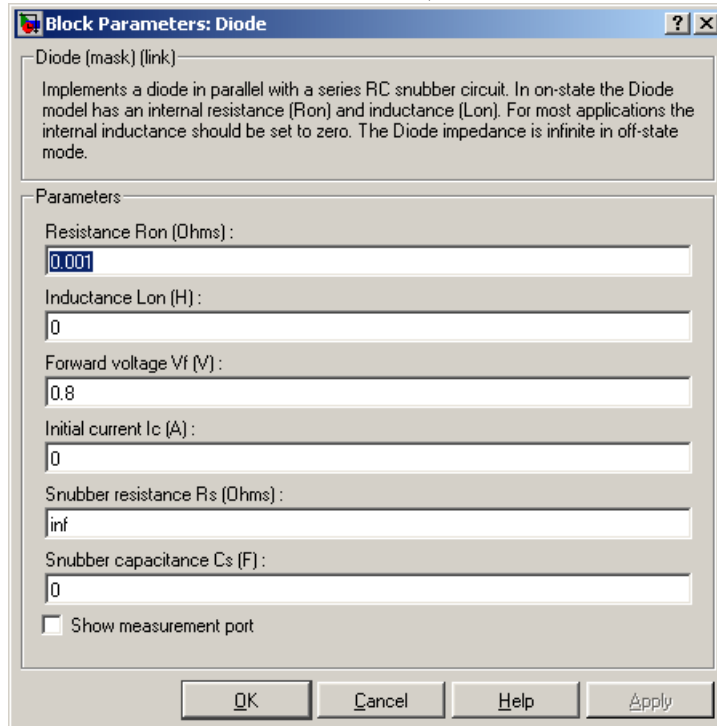
(podešavanje perioda funkcije, širine trajanja impulsa, amplitude)



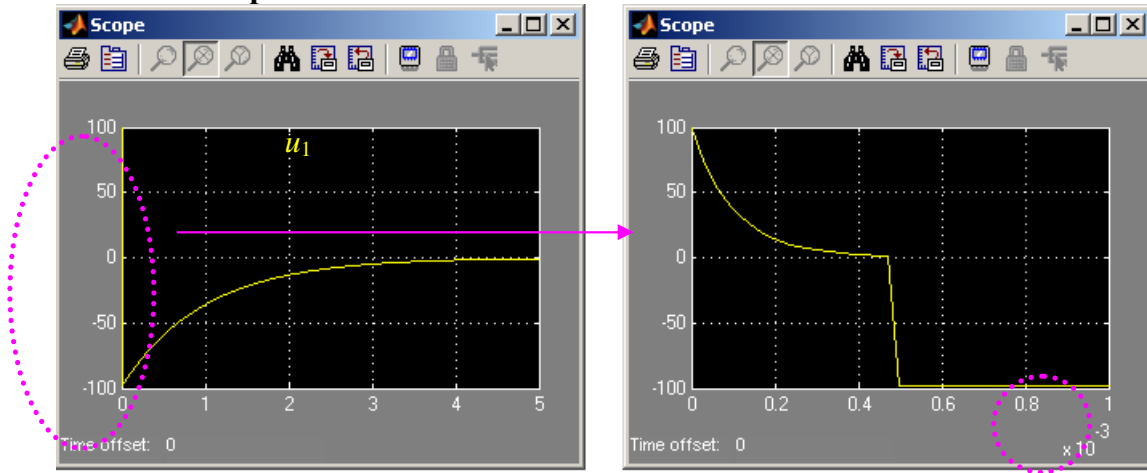
- **Controlled Voltage Source**
(kontrolisani naponski izvor vrši transformaciju Simulink-signala u SimPower-signal)



- **Diode**
(podešavanje praga provođenja diode, parametara kada dioda vodi/ne vodi)

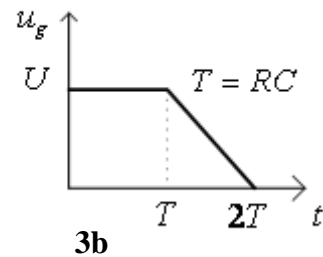
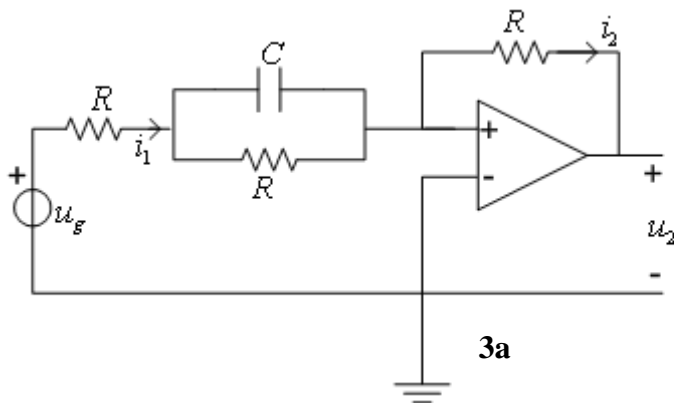


➤ Scope



Zadatak 3

Kolo na slici 3a je bez akumulisane energije. Primenom konvolucionog integrala odrediti $u_2(t)$ ako se eksitacija menja sa vremenom kao na diagramu, slika 3b.



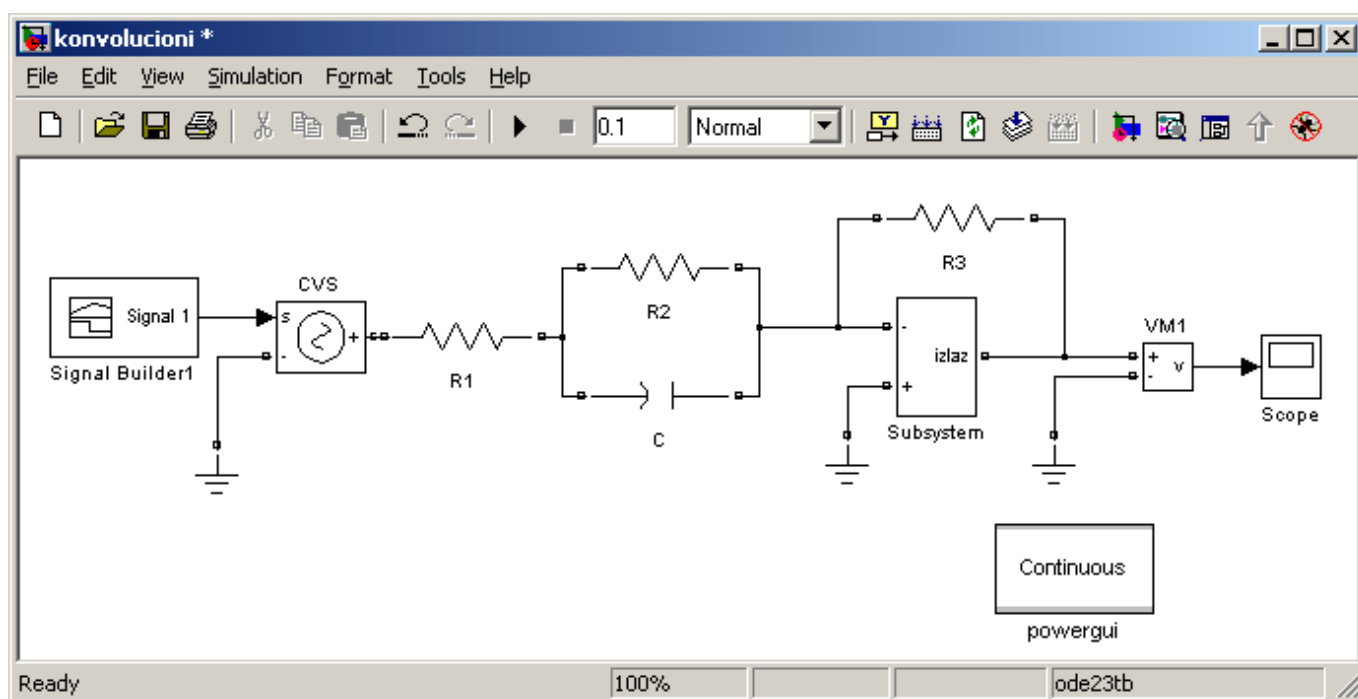
Slika 3

Rešenje:

$$u_2(t) = \begin{cases} -\frac{U}{2} \left(1 + e^{-\frac{2t}{T}} \right), & 0 \leq t < T \\ -\frac{U}{2} \left(-\frac{t}{T} + \frac{3}{2} + \left(1 + e^{-\frac{2t}{T}} \right) e^{-\frac{2t}{T}} \right) & T \leq t < 2T \\ -\frac{U}{2} \left(1 + \frac{e^2}{2} - \frac{e^4}{2} \right) e^{-\frac{2t}{T}} & 2T \leq t \end{cases}$$

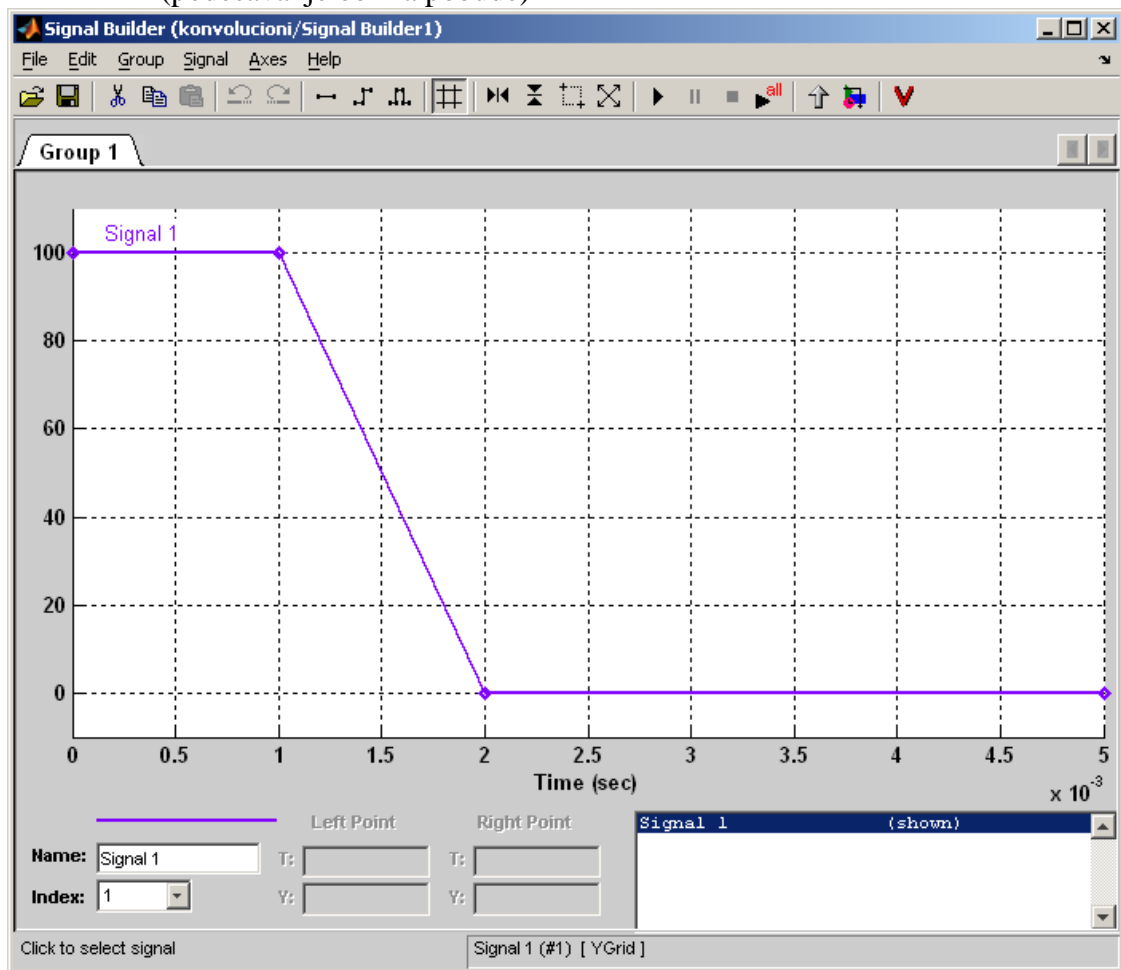
Simulacija u Matlabu:

1. Brojne vrednosti uzete pri simulaciji: $U = 100 \text{ V}$, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 1 \text{ K}\Omega$. Dobija se da je: $T = 1 \text{ ms}$.
2. Formiranje električnog kola pomoću blokova iz biblioteke **Simulink & Powerlib**:
 - Electrical Sources → **Controlled Voltage Source**
 - Sources → **Signal Builder**
 - Elements → **Series RLC Branch**
→ **Ground**
 - Measurements → **Voltage Measurement**
 - Sinks → **Scope**
 - **Subsystem**
 - **Powergui**

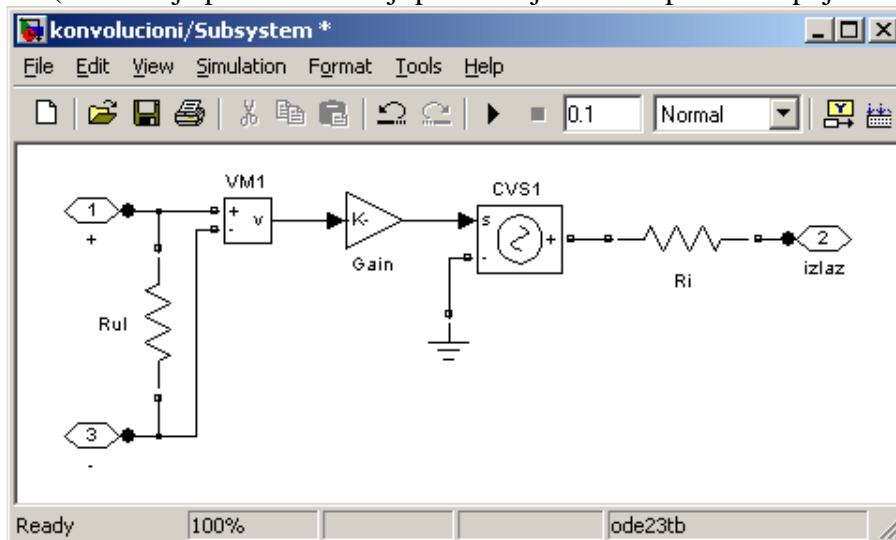


3. Podešavanje parametara simulacije i vrednosti elemenata:

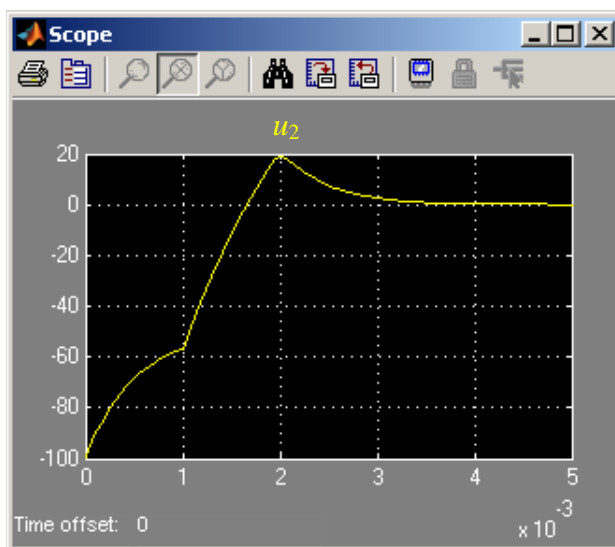
➤ **Signal Builder**
(podešavanje oblika pobude)



➤ **Subsystem**
(formiranje podsistema koji predstavlja realan operacioni pojačavač)



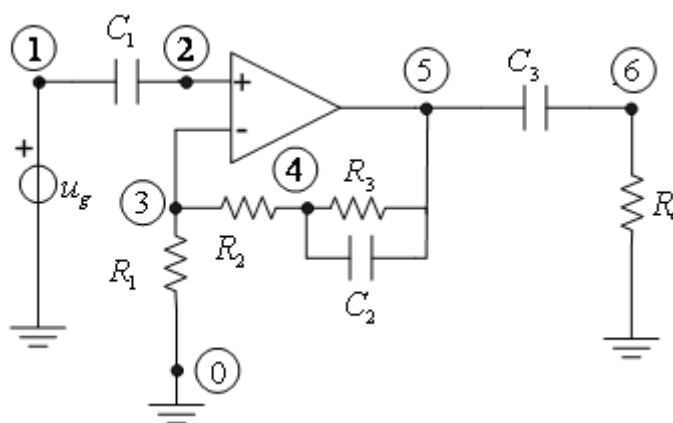
3. Rezultati simulacije:



Zadatak 4

U kolu poznatih parametara slika 4 sa idealnim operacionim pojačavačem, odrediti:

- naponsko pojačanje $\underline{T}(s) = \frac{V_6(s)}{U_g(s)}$,
- nule i polove ove kompleksne funkcije mreže,
- u posebnom slučaju $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, $C_1 = C_2 = C_3 = C$, odrediti $3dB$ propusni opseg,
- nacrtati amplitudsku karakteristiku.



Slika 4

Rešenje:

$$\text{a) } \underline{T}(s) = \frac{V_6(s)}{U_g(s)} = \frac{C_3 R_4 s (R_1 + R_2 + R_3 + C_2 R_3 (R_1 + R_2) s)}{R_1 (1 + C_2 R_3 s) (1 + C_3 R_4 s)},$$

$$\text{b) } \text{polovisu: } \underline{s_{p1}} = -\frac{1}{C_2 R_3}, \underline{s_{p2}} = -\frac{1}{C_3 R_4}, \text{ a nule: } \underline{s_{n1}} = 0, \underline{s_{n2}} = -\frac{R_1 + R_2 + R_3}{C_2 R_3 (R_1 + R_2)},$$

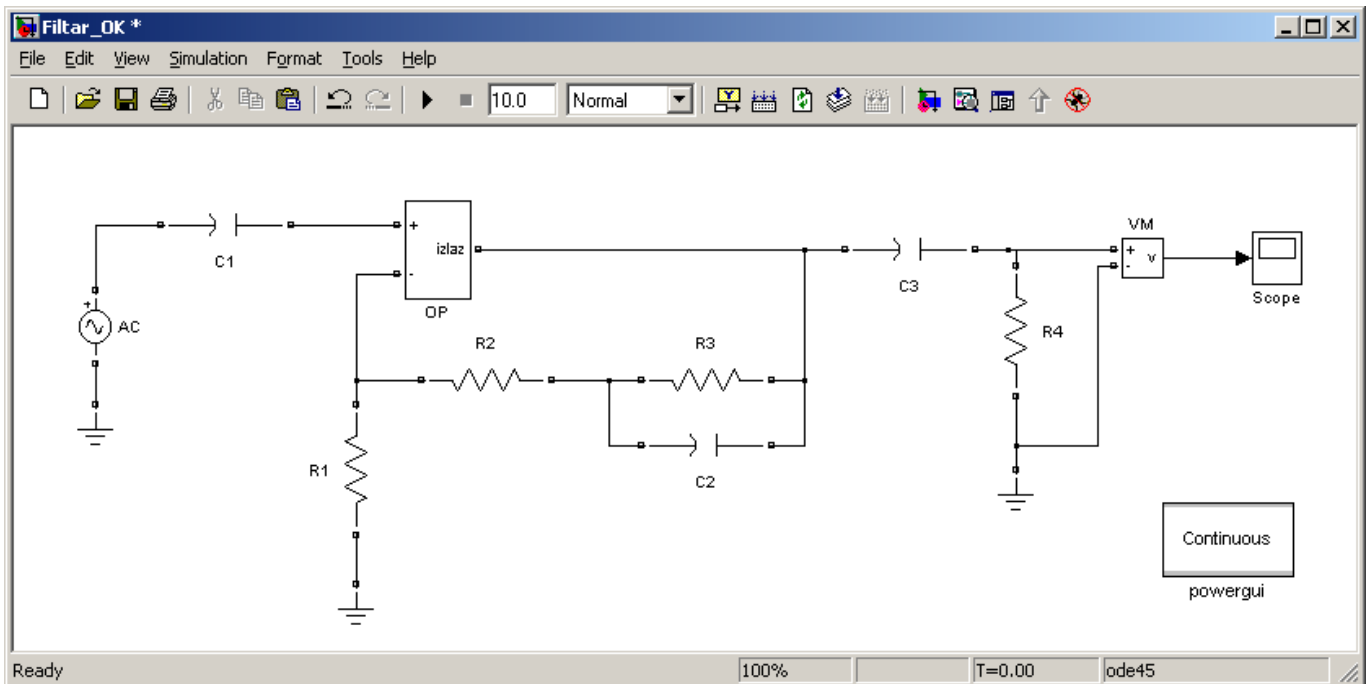
OS/OF 2PRK Praktikum iz računarske analize kola

- c) granična učestanost VF filtra je: $\omega_g = \frac{1}{2RC} \sqrt{-5 + \sqrt{41}}$,
- d) amplitudska karakteristika je data u rezultatima simulacije.

Simulacija u Matlabu:

1. Brojne vrednosti uzete pri simulaciji: $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 1 \text{K}\Omega$.
2. Formiranje električnog kola pomoću blokova iz biblioteke **Simulink & Powerlib**:

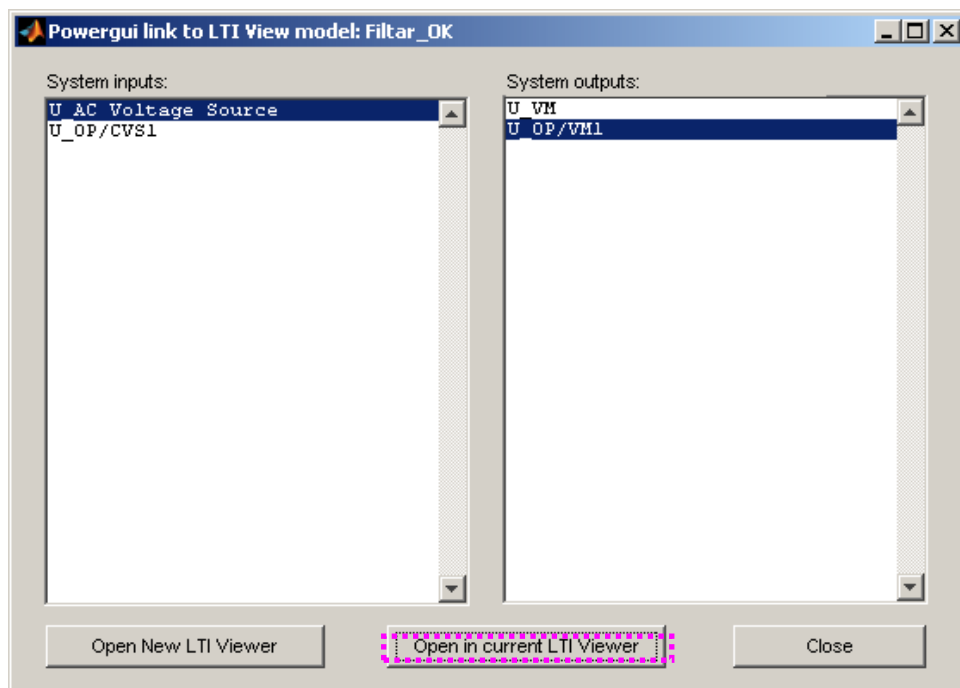
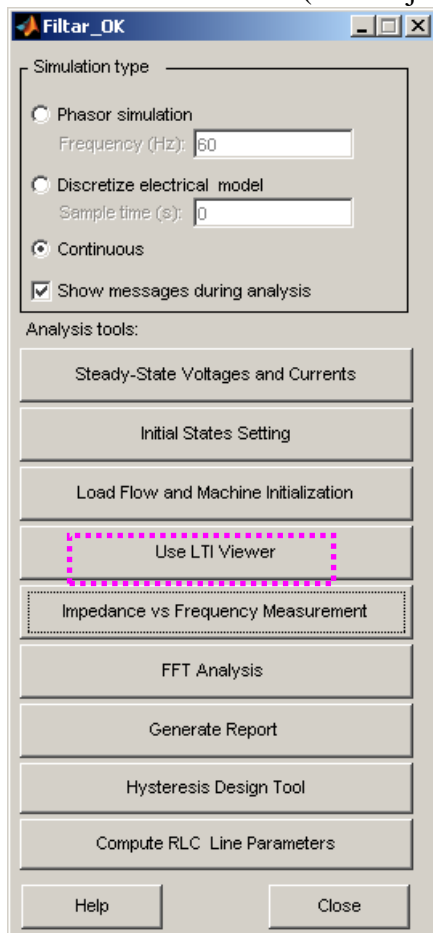
- Electrical Sources → *AC Voltage Source*
- Elements → *Series RLC Branch*
→ *Ground*
- Measurements → *Voltage Measurement*
- Sinks → *Scope*
- **Subsystem**
- **Powergui**



3. Podešavanje parametara simulacije i vrednosti elemenata:

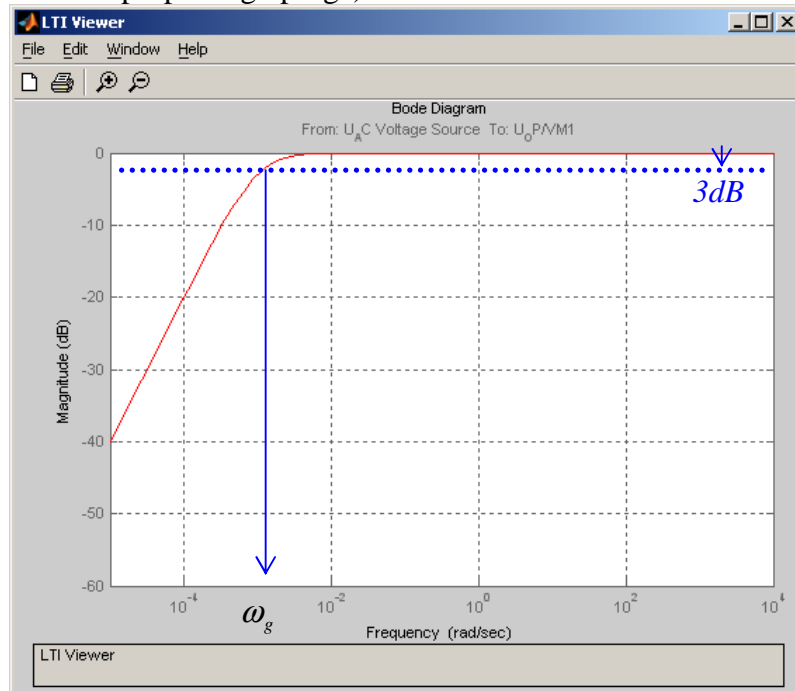
➤ **Powergui**

(otvaranje **LTI Viewer-a**, i podešavanje ulaza i izlaza, a zatim otvaranje grafika)



OS/OF 2PRK Praktikum iz računarske analize kola

→ prikazivanje **Bode-ove karakteristike** i određivanje granične učestanosti propusnog opsega)



→ prikazivanje **nula i polova** prenosne funkcije date mreže

