

# 7. SIMULINK

SIMULINK je modul integrisan u MATLAB. Služi za simulaciju dinamike linearnih, nelinearnih, vremenski kontinualnih ili diskretnih multivarijabilnih sistema sa koncentrisanim parametrima. Elementi sistema se predstavljaju pomoću blokova. Svaki blok predstavlja matematički model određenog elementa. Povezivanjem blokova gradi se sistem, koji se naziva SIMULINK model. Simulacija dinamike sistema se ostvaruje pomoću SIMULINK ili MATLAB funkcija za numeričko rešavanje diferencijalnih jednačina, kojima je opisan sistem, odnosno SIMULINK model. Pri kreiranju SIMULINK modela, automatski mu se pridružuje m-datoteka, koja prestavlja niz MATLAB i SIMULINK komandi i funkcija.

# 7.1 Osnovne grupe blokova u SIMULINK-u



### Commonly Used Blocks – Opšti blokovi, blokovi koji se najčešće koriste.



#### Gde su:

In1 – ulaz u posmatrani sistema

Out1 – izlaz iz posmatranog sistema

Ground – uzemljuje ulazni port koji nije povezan sa drugim blokovima

Terminator – povezuje izlaz bloka koji nije povezan sa drugim blokovima (zatvara blok)

Constant – generator konstantne vrednosti (realne ili kompleksne)

**Scope** – prozor za grafičko prikazivanje rezultata u funkciji vremena trajanja simulacije (nema vidljive oznake na osama)

Mux – multiplekser

**Demux** – demultiplekser

Switch – izlaz je prvi ili treći ulaz u zavisnoti od vrednosti na drugom ulazu

Sum – sabirač

Praktikum iz MATLAB programiranja 103

Gain – pojačavač Product – množač Relational Operator – relacioni operator Logical Operator – logički operator Saturation – zasićenje (ograničava ulazni signal između gornje i donje granice) Integrator – integrator Unit Delay – jedinično kašnjenje Discrete-Time Integrator – diskretni integrator Data Type Conversion – pretvaranje i skaliranje ulaznih signala zadati tip podataka na izlazu Subsystem – deo ukupnog sistema

## Continuous – Kontinualni sistemi



**Derivate** – numerički diferencijator

State Space – sistem definisan preko modela u prostoru stanja Transfer Fcn – transfer funkcija; sistem definisan preko broioca i imenioca prenosne f-je. Zero Pole – sistem definisan preko nula, polova i pojačanja prenosne funkcije

### Discontinuities – Diskontinualni sistemi



Discrete – Diskretni sitemi



#### Logic and Bit Operations - Logički i bit operatori



Math Operations – Matematički operatori



From

Goto Tag

Visibility

Goto

Out



Multiport

Switch

Switch

>\_#1

Manual Switch







# 7.2 Formiranje SIMULINK modela

SIMULINK modeli se formiraju u odgovarajućem prozoru koji se otvara kada se izabere: File, New, Model iz menija komandnog prozora MATLAB-a. Posle otvaranja prozora, u prozor se ubacuju potrebni blokovi iz odgovarajuće grupe blokova. Blokovi se uzimaju tako što se prvo otvori prozor ogovarajuće grupe blokova, zatim se strelica miša dovede do odgovarajućeg bloka, pritisne se levi taster miša i blok jednostavno prevuče u novootvoreni prozor SIMULINK modela. Kada se svi potrebni blokovi smeste u prozor SIMULINK modela, vrši se njihovo povezivanje. Zatim se definišu parametri blokova u dijalogu za definisanje parametara, koji se otvara dvostrukim pritiskom miša na blok. Nakon toga se iz menija Simulation bira opcija Parameters i vrši podešavanje parametara simulacije, što podrazumeva izbor jedne od raspoloživih metoda za numeričko rešavanje običnih diferencijalnih jednačina kojima je opisan model, kao i podešavanje koraka integracije, vremena simulacije, itd. Na kraju, izborom opcije Simulation, Start počinje simulacija.

<u>**Primer 7.1**</u> Za električno kolo na slici je pri početnim uslovima  $i_L(0^-) = 0$ , i  $v_C(0^-) = 0,5$  V određena diferencijalna jednačina promena napona na kondenzatoru:

$$\frac{d^{2}v_{c}}{dt^{2}} + 4\frac{dv_{c}}{dt} + 3v_{c} = 3u_{0}(t) \qquad t > 0.$$

$$R \qquad L$$

$$I \qquad 0$$

$$R \qquad L$$

$$V_{c}(t) \qquad V_{c}(t)$$

$$V_{s}(t) = u_{0}(t)$$

Napraviti SIMULINK model za rešavanje ovog kola.

<u>Rešenje:</u>

Gornja diferencijalna jednačina se može napisati u sledećem obliku:

$$\frac{d^2 v_{\rm C}}{dt^2} = -4 \frac{d v_{\rm C}}{dt} - 3 v_{\rm C} + 3 u_0(t) \qquad t > 0$$

Ova jednačina se može predstaviti pomoću blok dijagrama na sledećoj slici:



Sada se može formirati SIMULINK model primenom odgovarajućih blokova, prema prethodnom dijagramu.

Praktikum iz MATLAB programiranja 108



Blok Step se uzima iz grupe blokova Sources; Blokovi Gain i Add se uzimaju iz krupe blokova Math Operators; Blok Integrator se uzima iz grupe blokova Continuous; Blok Scope iz grupe blokova Sinks.

Nakon formiranja SIMULINK modela podešavaju se parametari blokova. Prvi početni uslov (0) se upisuje u prvi integrator a drugi početni uslov (0,5) u drugi integrator. Nakon toga se podese parametri simulacije (prihvataju se automatski podešeni parametri). Zatim se model sačuva pod određenim

imenom (opcija save) i tek tada se može izvršiti simulacija. Simulacija se vrši pritiskom na ikonu koja označava Start simulation ili iz menija Simulation odabere Start. Rezultat simulacije se prikazuje

dvostrukim pritiskom na Scope i izborom ikone 🧖. Rezultat simulacije je prikazan na sledećoj slici.



**Primer 7.2** Za električno kolo na slici, formirati SIMULINK model za simulaciju i prikazivanje promene napona na kondenzatoru. Ulazni napon je jedinična odskočna funkcija vremena (step funkcija). Početni islovi u kolu su  $i_L(0) = 0$  i  $u_C(0) = 0$ . Koristiti transfer prenosnu funkciju (Transfer Fcn). Za prikazivanje rezultata izabrati blok Scope.



#### Praktikum iz MATLAB programiranja 109

#### <u>Rešenje:</u>

Prvo se električno kolo prevede u s – domen:

$$\frac{1}{s} \underbrace{+}_{V_{IN}(s)} \underbrace{L_s}_{1/sC} \underbrace{+}_{V_C(s)} = V_{OUT}(s)$$

$$\frac{1}{s} \underbrace{+}_{V_{IN}(s)} \underbrace{+}_{1/s} \underbrace{+}_{V_C(s)} = V_{OUT}(s)$$

$$\frac{1}{s} \underbrace{+}_{V_{IN}(s)} \underbrace{+}_{V_{IN}(s)} \underbrace{+}_{1/s} \underbrace{+}_{V_C(s)} = V_{OUT}(s)$$

$$V_{OUT}(s) = \frac{(s \cdot 1/s)/(s + 1/s)}{(s \cdot 1/s)/(s + 1/s) + 1} \cdot V_{IN}(s) = \frac{s}{s^2 + s + 1} \cdot V_{IN}(s)$$

Tako da je prenosna ili transfer funkcija:

$$G(s) = \frac{V_{OUT}(s)}{V_{IN}(s)} = \frac{s}{s^2 + s + 1}$$

Sada se formira SIMULINK model:



Pošto u trenutku t = 0, step funkcija nije definisana, onda se parametri Step bloka podešavaju na sledeći način:

🐱 Source Block Parameters: Step 🛛 🛛 🜔	×
Step	
Output a step.	
Parameters	
Step time:	
1	
Initial value:	
0.1	
Final value:	
1	
Sample time:	
15	
Interpret vector parameters as 1-D	
Enable zero crossing detection	
	2
OK Cancel Help	

Pri podešavanju parametara simulacije, za vreme trajanja simulacije treba upisati 15 s. Nakon toga, pokrene se simulacija i dobija se sledeći rezultat:



<u>Primer 7.3</u> Kretirati SIMULINK model za kombinovanje istovremeno prikazivanje funkcija: sin2t,  $\frac{d}{dt}$  sin2t i  $\int$  sin2tdt.

Rešenje:



U ulaznom bloku Sine Wave se definise funkcija sin2t. Rezultat simulacije je grafik sve tri funkcije:



#### **Primer 7.4** Za sisteme čije su prenosne funkcije:

a) 
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{5}{15s^2 + 10s + 1};$$
 b)  $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{10s + 1}{15s^2 + 10s + 1};$  c)  $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{10s^2 + 5s + 1}{15s^2 + 10s + 1};$ 

formirati SIMULINK model za određivanje odziva na različite vrste ulaznog signala (step, constant, ramp, sine wave...). Za prikazivanje rezulatata simulacija koristiti blokove: Scope, To Workspace i XY Gaph.

<u>Rešenje:</u>

