

UTILIZAREA PROGRAMULUI SIMULINK

OBJECTIVE

Folosind MATLAB -SIMULINK-ul se va realiza:

- Prezentarea principalelor blocuri din Simulink;
- Crearea schemelor bloc în Simulink, atât pentru sisteme continue cât și pentru sisteme discrete;
- Transferul de date între Matlab – Simulink;
- Exerciții propuse.

Simulink este un program pentru simularea sistemelor dinamice conceput ca o extensie a pachetului de programe MATLAB. Utilizarea programului se face în două faze:

- definirea modelului;
- analiza modelului.

Pentru a putea utiliza programul trebuie mai întâi învățat cum se construiește, din punct de vedere al programului simulink, un model și apoi trebuie învățat cum se manipulează blocurile din bibliotecile programului.

1.1. Realizarea unei sesiuni în simulink

O sesiune tipică începe prin realizarea modelului unui sistem sau apelarea unui model creat anterior. Pentru a facilita definirea modelului se utilizează o clasă de ferestre numită **diagrame bloc**. În aceste ferestre modele sunt create și desenate în principal cu ajutorul mouse-ului.

O mare parte din însușirea programului constă în familiarizarea cu regulile de manipulare a compartimentelor în cadrul acestor ferestre.

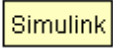
Pentru realizarea unui anumit model blocurile programului sunt copiate în ferestre de lucru și legate după regulile care vor fi analizate mai jos.

Evoluția simulării poate fi urmărită pe parcursul rulării experimentului de simulare și rezultatele finale pot fi găsite în spațiul de lucru al Matlab-ului, atunci când simularea este completă.

Pasul 1. Lansarea programului.

Lansarea programului de simulare se face în două moduri:



- prin apăsarea butonului  ;
- prin tastarea în linia de comandă a cuvântului **simulink**.

Cele două moduri au ca efect deschiderea unei ferestre ce conține bibliotecile cu blocurile de bază reprezentate prin nume și icoană. În această fereastră, se selectează din meniul **File**, comanda **New** pentru a deschide o fereastră activă goală în care se construiește modelul sistemului care urmează a fi analizat, sau se selectează **Open** pentru a deschide o fereastră a unui model editat mai înainte. Fereastra poate fi redimensionată pentru a realiza o rezoluție convenabilă folosind mouse-ul cu ajutorul căruia se trag marginile în poziția dorită. Se pot salva noile dimensiuni ale ferestrei cu comanda **Save** din meniul **File**. La următoarea încărcare a ferestrei ea va apare cu noile dimensiuni stabilite la precedenta încărcare.

Pasul 2. Plasarea blocurilor în fereastra activă.

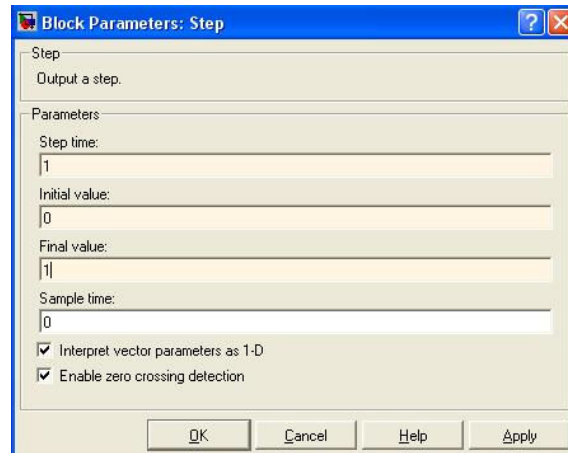
Pentru construirea modelului se vor deschide una sau mai multe biblioteci și blocurile necesare se vor muta cu ajutorul mouse-ului în fereastra activă. Deschiderea unei biblioteci se face prin realizarea unui dublu click pe imaginea acesteia.

Pasul 3. Legarea blocurilor.

După ce blocurile au fost plasate se realizează conectarea lor prin trasarea unor linii de conectare cu ajutorul mouse-ului, mutând pointerul de mouse și ținând apăsat butonul din stânga de la ieșirea unor blocuri la intrarea altora.

Pasul 4. Setarea parametrilor blocurilor.

Se deschid pe rând blocurile printr-un dublu click pe imaginea lor și se setează parametrii care apar în caseta de dialog. Parametrii unui bloc pot fi orice expresie Matlab corectă din punct de vedere sintactic. Un exemplu de casetă de dialog este prezentată în figura 1. Această casetă corespunde blocului **step** (mărimă de intrarea a unui sistem) și setarea constă în introducerea pasului (reprezintă momentul de timp în secunde când semnalul de ieșire sare de la valoarea inițială la valoarea finală), a valorii inițiale (reprezintă momentul de început a semnalului de ieșire), a valorii finale (reprezintă momentul de sfârșit a semnalului de ieșire, amplitudinea semnalului) și a perioadei de eșantionare (în cazul sistemelor discrete).

Fig.1 Caseta de dialog a blocului **step****Pasul 5.** Setarea parametrilor simulării.

Parametrii simulării se setează selectând comanda **Configuration Parameters** din meniul **Simulation**. Pentru rularea unei simulări pe PC, este nevoie de o tehnică numerică de rezolvare a ecuațiilor diferențiale (ex **ode45**). Sistemul poate fi simulat ca un sistem continuu sau ca un sistem discret, în funcție de blocurile ce formează sistemul. Prin setarea parametrilor se înțelege: alegerea metodei de integrare, stabilirea limitelor pentru variabila independentă (timpul), stabilirea limitelor pentru funcție, stabilirea pasului minim și maxim de integrare.

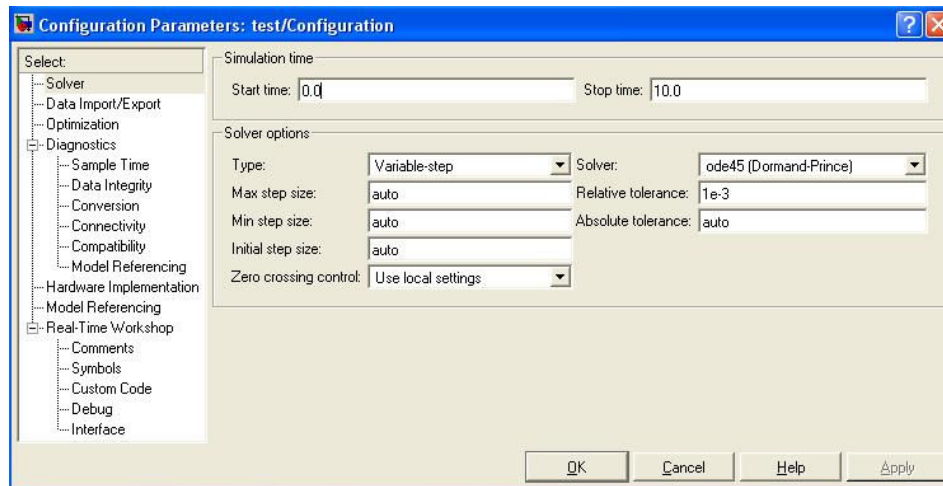


Fig.2 Caseta de dialog pentru setarea parametrilor simulării

Pasul 6. Simularea.












Pornirea simulatorului se poate face selectând comanda **Start** din meniul



Simulation sau prin apăsarea butonului **Start simulation**. În timpul simulării în locul comenzii **Start** apare comanda **Stop**, prin intermediul căreia se poate opri

simularea. Este recomandat ca înainte de simulare să se salveze modelul prin alegerea comenzii **Save** din meniul **File**.

Pentru a vizualiza rezultatelor simulării, se utilizează blocul **Scope**, care poate fi conectat în locurile în care se dorește, prin realizarea unei legături spre intrarea acestora din punctul dorit. Blocul scope conține o serie de butoane care au următoarea semnificație:

- | | | | |
|--|-----------------------|---|----------------------------|
|  | - tipărire; |  | - setare parametri; |
|  | - zoom pe axa x și y; |  | - zoom pe axa x; |
|  | - zoom pe axa y; |  | - scalare automată; |
|  | - salvare setare axe; |  | - întoarce vechile setări; |
|  | - scope variabil; |  | - deblocare setare axe; |
|  | - selectare semnal. | | |

Scalarea automată realizează un zooming pe ambele axe. Apăsând butonul **setare parametri(parameters)** se va deschide fereastra din figura 3:

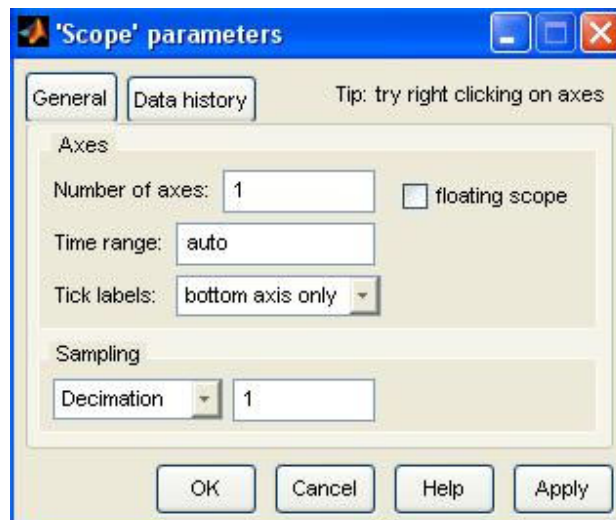


Fig.3 Caseta de dialog pentru setarea parametrilor

unde:

- number of axes (numărul de axe) permite selectarea numărului de axe y folosite (de exemplu dacă numărul de axe este 1, atunci pe același grafic putem reprezenta două sau mai multe semnale, iar dacă numărul de axe este 2 (sau 3 etc), atunci fiecare semnal va fi

reprezentat pe un grafic separat), axa x rămânând neschimbată pentru fiecare grafic; dimensiunile axei y pot varia de la un grafic la altul; numărul de axe este egal cu numărul porturilor de intrare;

- **time range** permite fixarea limitelor axei x prin introducerea unui număr (număr de secunde) sau a cuvântului **auto**; prin introducerea numărului de secunde, obținem limitele axei x, iar introducând **auto**, înseamnă că limitele axei x sunt egale cu durata simulării;
- **tick labels** permite prezentarea axelor graficului, sau omiterea acestora;
- **floating scope** permite transformarea blocului **Scope** într-un scope variabil sau mai simplu se copiază blocul **Floating Scope** din biblioteca **Sinks** în fereastra activă; blocul **Floating Scope** are parametrul **floating scope** selectat automat; pentru a folosi un **Floating Scope** în timpul simulării, mai întâi se deschide blocul, după care se apasă butonul de selectare a semnalului (signal selection); se va deschide o altă fereastră de unde vom putea selecta semnalul care se dorește a fi simulat în blocul **Floating Scope**; se poate selecta orice semnal inclusiv cele din cadrul subsistemelor care nu sunt deschise;
- **sampling** reprezintă un factor de decimare; dacă se dorește o reprezentare sub formă de perioade de eșantionare se va alege opțiunea **sampling time**.

Putem controla “cantitatea” de informație (numărul de puncte) care să apară în blocul **Scope** prin setarea opțiunii **Data History**. Putem limita numărul de puncte salvate prin selectarea opțiunii **Limit data points to last**.

Datele obținute în urma simulării pot fi salvate automat prin selectarea opțiunii **Save data to workspace**. Se va introduce un nume în câmpul **Variable name**, specificându-se și formatul sub care se salvează datele respective, selectând una din opțiunile din câmpul **Format**.

Pentru selectarea limitelor axei y, se va da click dreapta pe grafic și se va selecta opțiunea **Axes properties**. Pe ecran va apărea fereastra din figura 4:

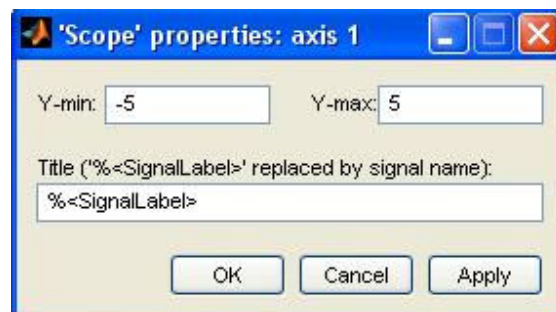


Fig.4 Setarea proprietăților axei y

În Y-min se va scrie valoarea minimă pentru axa y, în Y-max se va scrie valoarea maximă pentru axa y, iar în title se va preciza titlul graficului.

Se poate utiliza blocul **To Workspace** pentru a trimite rezultatele în mediul Matlab unde pot fi prelucrate utilizând funcțiile Matlab.

În cazul apariției unor erori, acestea trebuie eliminate, schimbând una sau mai multe conexiuni, ștergând blocuri sau schimbând parametrii unor blocuri. Comenzile pentru ștergere sunt comune aplicațiilor Windows. Elementul care urmează să fie șters va fi selectat și apoi cu tasta **Del** va putea fi șters.

Se pot utiliza modificări ale traseelor legăturilor cu ajutorul mouse-ului. De asemenea, în cazul în care modelul este prea mare (conține prea multe blocuri) se poate realiza o grupare a acestora într-un singur bloc prin comanda **Block**.

Orientarea unui bloc se poate schimba din meniul **Format**. Dimensiunea unui bloc se poate schimba, ca la orice obiect grafic Windows, prin selectare cu mouse-ul și apoi redimensionare.

Blocurile pot fi mutate în orice loc în fereastră. Orice linie care este conectată la un bloc care se mută rămâne conectată. Dacă sunt mutate mai multe blocuri ele își mențin poziția relativă.

Programul simulink realizează adăugarea unui nume pentru fiecare bloc utilizat. Dacă mai multe blocuri sunt de același fel atunci programul adaugă un număr la numele blocului deoarece fiecare bloc trebuie să aibă un nume distinct. Utilizatorul poate schimba numele blocului pentru a realiza o documentare cât mai bună, cu condiția respectării regulii de mai sus.

Ca și exemplu, se va încerca în continuare reprezentarea funcției sinus. Din fereastra ce conține bibliotecile cu blocurile de bază se vor alege blocurile:

- **Sine wave și Scope**

În fereastra activă se va construi următorul model:

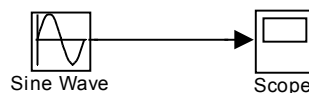


Fig.5 Model pentru simularea funcției sinus

După terminarea simulării, prin dublu click pe **Scope** se poate vizualiza rezultatul.

1.2. Transfer de date între Simulink și Matlab

Pentru a realiza transferul de date către programul MATLAB, se adaugă la programul din SIMULINK, două blocuri **To Workspace**, din biblioteca **Sinks**. În exemplul următor (figura 6), se va prezenta un sistem cu buclă închisă, realizând transferul de date între MATLAB și SIMULINK. Se vor folosi următoarele blocuri:

- **Sum** din biblioteca **Math**;
- două blocuri **To Workspace** din biblioteca **Sinks**.

Ieșirea din blocul **Step**, notată cu *u*, va fi conectată la intrarea unui bloc **To Workspace**, iar intrarea din blocul **Scope**, notată cu *y*, va fi conectată la celălalt bloc **To Workspace**; în cele două blocuri **To Workspace** se modifică următoarele câmpuri:

- Variable name= Out se va schimba cu u pentru primul bloc, respectiv cu y pentru celălalt bloc;
- Maximum number of row=inf- numărul real de elemente va fi decis în urma simulării;
- Save format=Structure se modifică în Array.
- Parametrii decimation și sample time pot fi ignorați.

Variabila timp t (timpul de simulare), este transmisă către MATLAB folosind blocul **Clock** (ceas) din biblioteca **Source** și blocul **To Workspace**. Utilizând funcția `plot(t,y)` în linia de comandă a MATLAB-ului se va obține o figură asemănătoare cu figura din fereastra grafică SIMULINK.

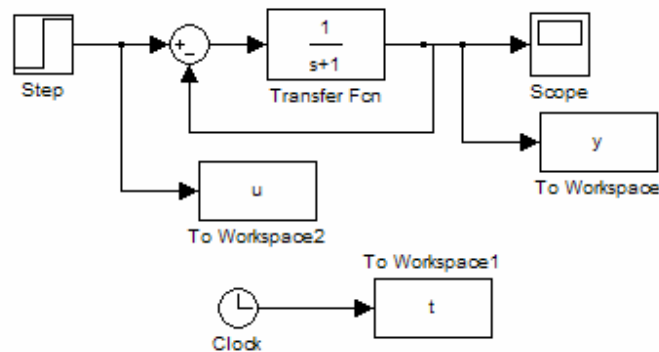


Fig.6 Transfer de date către MATLAB

Transferul de date către SIMULINK se realizează introducându-se, de exemplu numărătorul `num` și numitorul `den` al funcției de transfer în mediul MATLAB (figura 7). În linia de comandă MATLAB se vor seta următoarele valori `num=1` și `den=[1 1]`. Se va observa că valorile u și y au fost transferate în MATLAB Workspace.

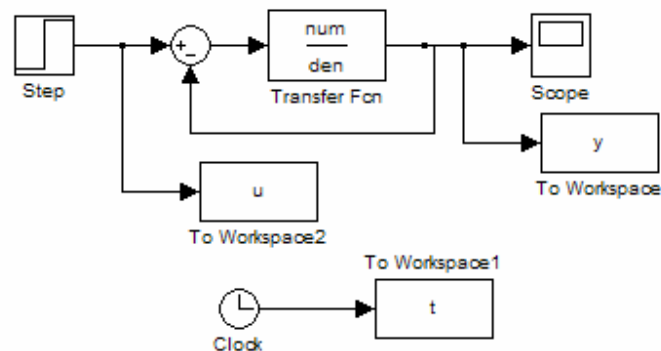


Fig. 7 Transfer de date către SIMULINK

1.3. Exerciții propuse

Exercițiul 1.

Calculați valoarea polinomului $f(x) = x^2 + 2x + 3$ în punctul 2. În Simulink, se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Math Operations**, blocul **Polynomial**;
- din biblioteca **Sources**, blocul **Constant**;
- iar pentru vizualizarea rezultatului din biblioteca **Sinks** se va alege blocul **Display**.

Exercițiul 2.

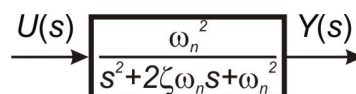
$$\text{Fie funcțiile: } f(x) = \begin{cases} x^2, & x \geq 1 \\ x^3, & x < 1 \end{cases} \text{ și } g(x) = \begin{cases} (x+y)^2, & 0 \leq (x+y) \leq 2 \\ x^2 + y^2, & \text{în restul cazurilor} \end{cases}.$$

Să se calculeze în Simulink $f(2), f(-2), g(1, -2)$. Mai întâi în mediul MATLAB se va realiza un fișier **funcțief**, respectiv **funcțieg** după care se vor alege din Simulink următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Constant**;
- din biblioteca **User-Defined Functions**, blocul **MATLAB Fcn**;
- iar pentru vizualizarea rezultatului din biblioteca **Sinks** se va alege blocul **Display**.

Exercițiul 3.

Fie sistemul din figură, având o intrare $U(s)$ și o ieșire $Y(s)$.



Acest sistem are următorii parametri: $t = [0 : 1]$ cu pasul 0.02, $\omega_n = 5$, $\zeta = 0.6$.

Reprezentați răspunsul la intrarea treaptă a sistemului de ordinul 2 folosind simulink-ul.

Din Simulink se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Step**;
- din biblioteca **Continuous**, blocul **Transfer Fcn**;
- din biblioteca **Sinks**, blocul **Source**.

Exercițiul 4.

Fie sistemul discret reprezentat prin:

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 2 \\ 0 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad \Gamma = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

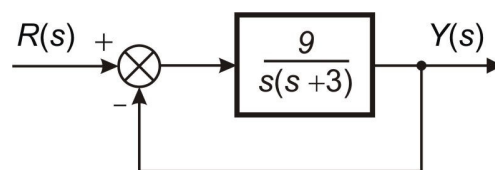
Reprezentați grafic (folosind simulink-ul) răspunsul obținut prin aplicarea unui semnal de tip treaptă unitară pe fiecare canal de intrare (2 canale de intrare) cu $t = [0 : 0.1 : 1]$, respectiv $t_1 = [0 : 1]$.

Din Simulink se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Step**;
- din biblioteca **Discrete**, blocul **Discrete State-Space**;
- din biblioteca **Sinks**, blocul **Scope**.

Exercițiul 5.

Fie sistemul continuu din figură:



Să se simuleze răspunsul sistemului închis la intrarea treaptă unitară, cu $t = [0 : 0.1 : 1]$.

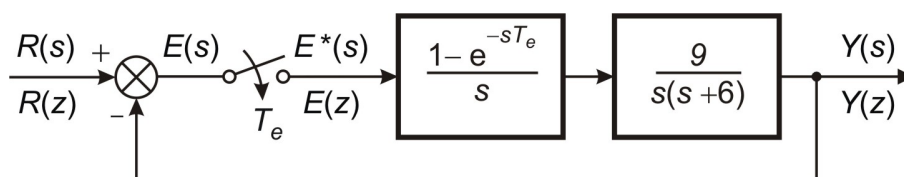
Din Simulink se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Step**;
- din biblioteca **Continuous**, blocul **Transfer Fcn**;
- din biblioteca **Math Operations**, blocul **Sum**;
- din biblioteca **Sinks**, blocul **Scope**.

Transferați apoi datele din SIMULINK în MATLAB și realizați simularea în MATLAB.

Exercițiul 6.

Fie sistemul discret din figură:



Să se simuleze răspunsul sistemului închis la intrarea treaptă unitară, cu $t = [0 : 0.1 : 1]$.

Din Simulink se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Step**;
- din biblioteca **Discrete**, blocul **Discrete Transfer Fcn**;
- din biblioteca **Math Operations**, blocul **Sum**;
- din biblioteca **Sinks**, blocul **Source**.

Observație:

Trecerea de la sistem continuu la sistem discret se va realiza în MATLAB.

Exercițiul 7.

Fie sistemul continuu reprezentat în spațiul stărilor:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} u$$

$$x(0) = 0$$

Reprezentați grafic (folosind simulink-ul) răspunsul sistemului obținut prin aplicarea unui semnal de tip rampă unitară la intrare.

Din Simulink se vor alege următoarele blocuri:

- din biblioteca **Sources**, blocul **Ramp**;
- din biblioteca **Continuous**, blocul **State-Space**;
- din biblioteca **Sinks**, blocul **Source**.