

Automatica I (Laboratorio)

Silvio Simani

Dipartimento di Ingegneria

Università di Ferrara

Tel. 0532 97 4844

Fax. 0532 97 4870

E-mail: ssimani@ing.unife.it

URL: <http://www.ing.unife.it/simani>

URL: <http://www.ing.unife.it/simani/lessons.html>



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
v. Saragat, 1, I-44100, Ferrara, Italia

Silvio Simani

Elementi di grafica in Matlab



Funzioni di grafica plot(X,Y,S)

⇒ Grafica il vettore Y in funzione di X

⇒ X e Y sono vettori con lo stesso numero di elementi

⇒ S è una stringa formata dai caratteri:

y	yellow	.	point	-	solid
m	magenta	o	circle	:	dotted
c	cyan	x	x-mark	-.	dashdot
r	red	+	plus	--	dashed
g	green	*	star		
b	blue	s	square		
w	white	d	diamond		
k	black	v	triangle (down)		



Elementi di Grafica in Matlab

```
figure, plot(t,x,'-',t,y,'--')
```



Apertura nuova finestra grafica e visualizzazione grafici sovrapposti

```
figure, plot(t,x,'-'), hold on, plot(t,y,'--')
```



Apertura nuova finestra grafica e visualizzazione grafici sovrapposti

⇒ Sono equivalenti: `hold on` mantiene il grafico corrente



Introduzione a Simulink

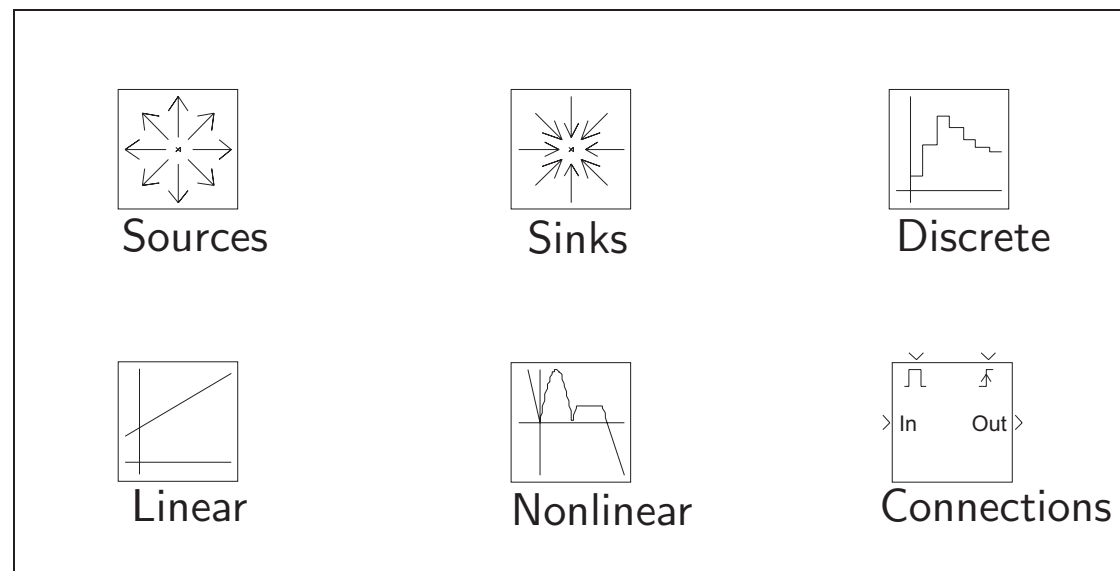
- ⇒ ***Simulink*, prodotto dalla *Mathworks Inc.***
- ⇒ **È un programma per la simulazione di sistemi dinamici**
- ⇒ **Progetto di un sistema dinamico**
 - ⇒ Definizione del modello da simulare
 - ⇒ Analisi del sistema
- ⇒ **Ambiente a finestre ed interfaccia grafica: *Block diagram windows* e *mouse***
- ⇒ ***Simulink* riutilizza l'ambiente e i comandi di *Matlab***
 - ⇒ I risultati sono disponibili nel *Workspace* di *Matlab*



Istruzioni di base di Simulink

 `>> simulink`

⇒ Visualizzazione della finestra *Simulink block library*



Simulink block library.

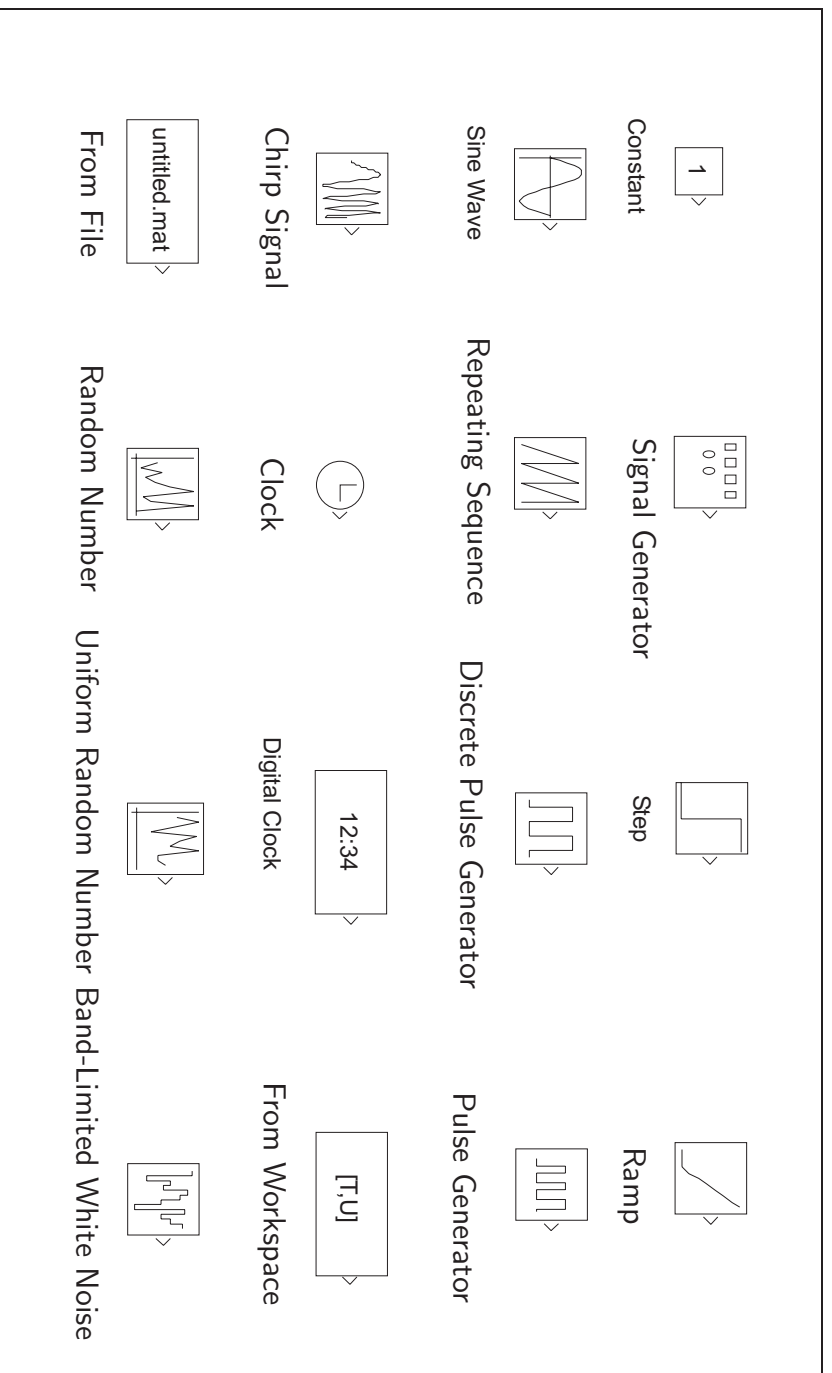


Istruzioni di base di Simulink



Sources Library

⇒ **Sources:** (Library: simulink/Sources),
generatori di segnale



Simulink Signal Source library.

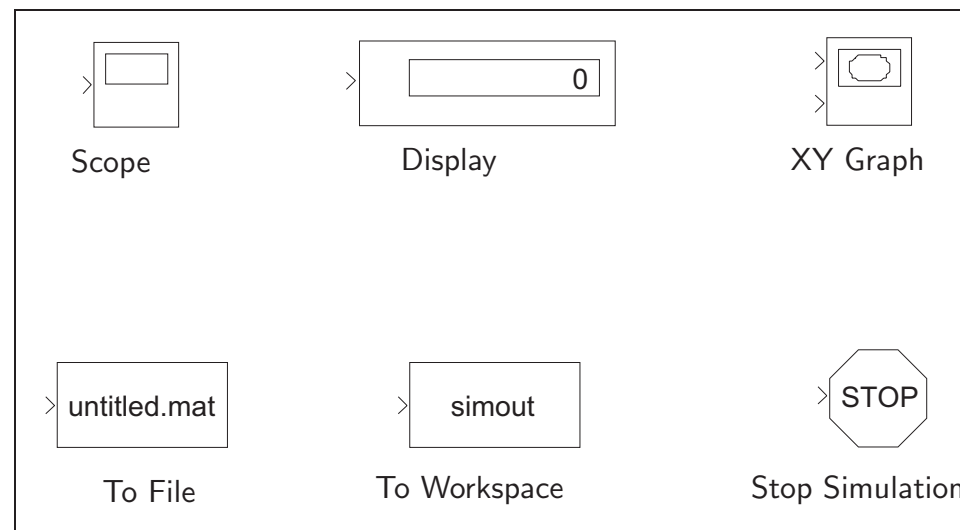


Istruzioni di base di Simulink



Sink Library

⇒ *Library: simulink/Sinks* contiene alcuni rivelatori di segnale



Simulink Signal Sinks library.

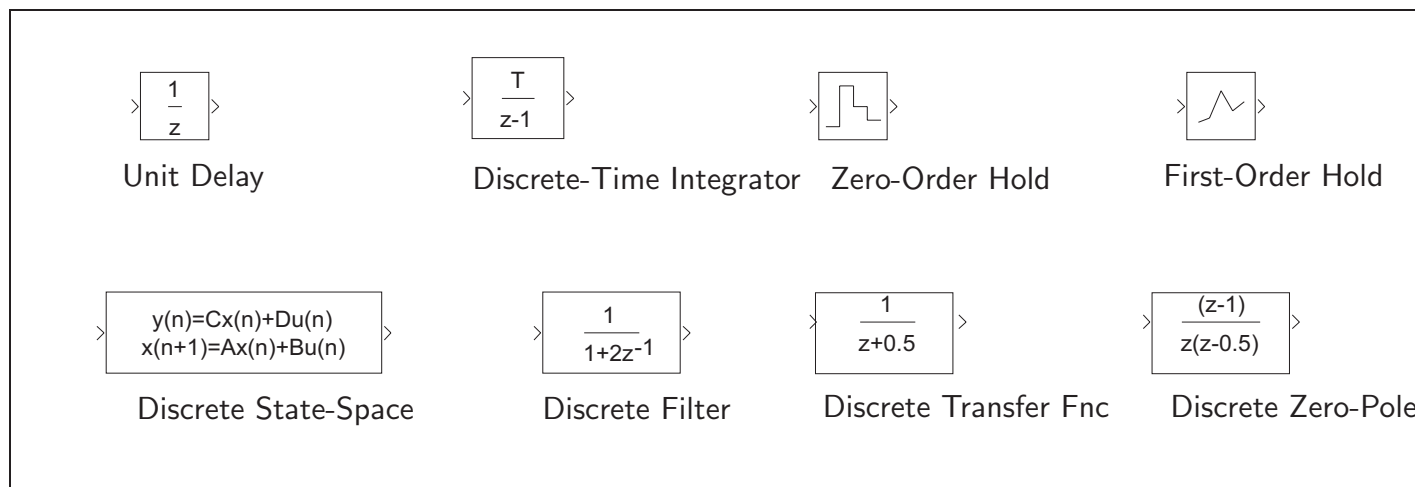


Istruzioni di Simulink



Discrete Library

⇒ *Library: simulink/Discrete* analisi dei sistemi lineari tempo-discreti



Simulink Discrete-Time library.

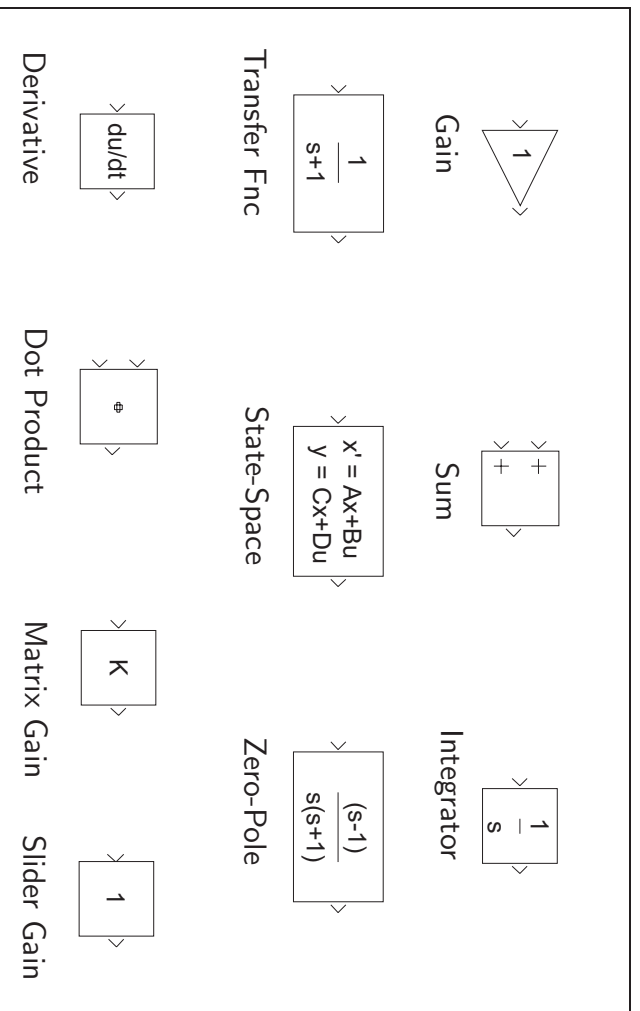


Istruzioni di Simulink



Linear Library

⇒ *Library: simulink/Linear* analisi dei sistemi lineari tempo-continui



Simulink Linear library.

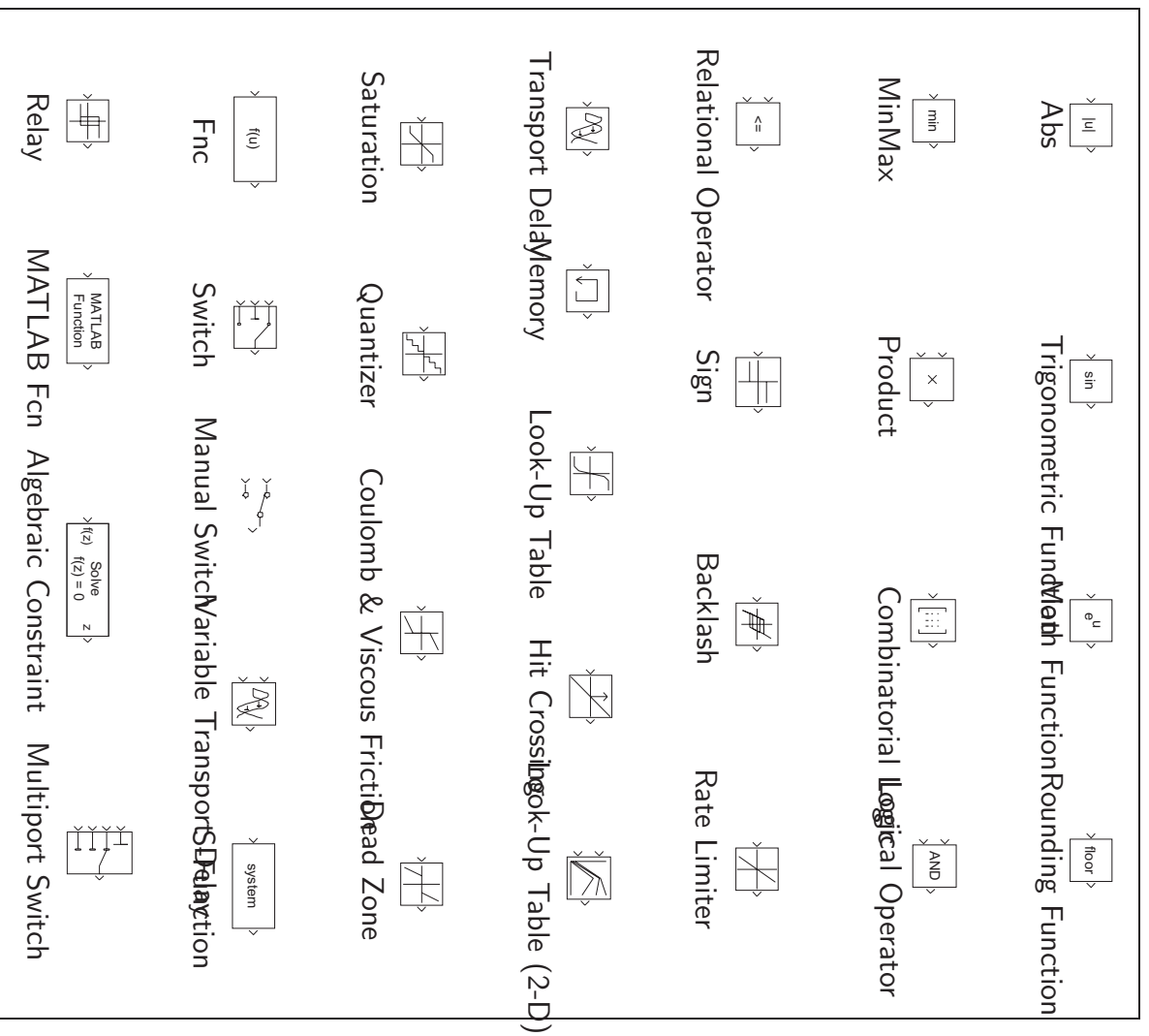


Istruzioni di Simulink



Nonlinear Library

⇒ *Library: simulink/Nonlinear* funzioni non lineari



Simulink Nonlinear library.



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
v. Saragat, 1, I-44100, Ferrara, Italia

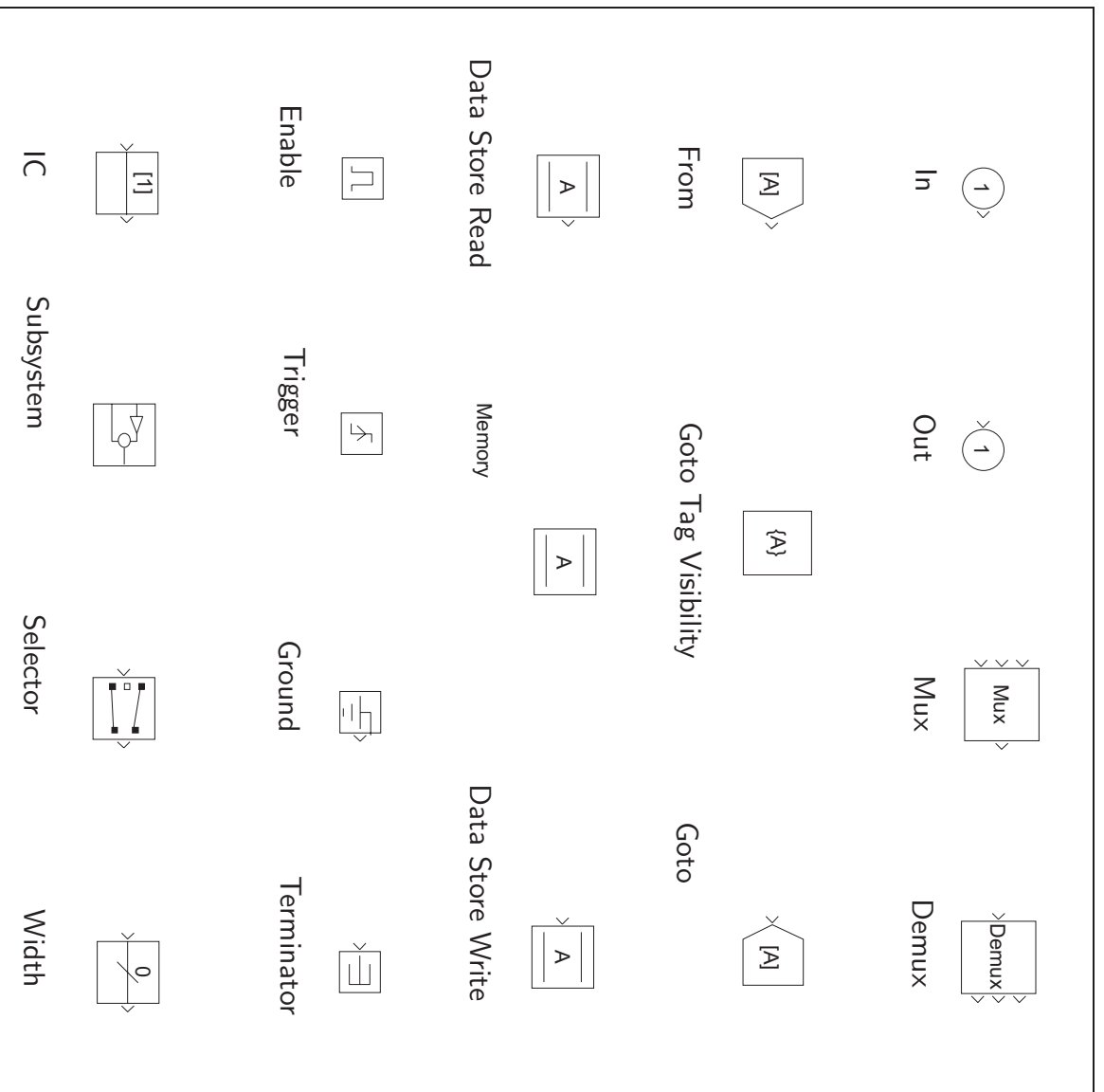
Silvio Simani

Istruzioni di Simulink



Connections Library

⇒ *Library:* *simulink/Connections* blocchi per effettuare connessioni



Simulink Connection library.



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
v. Saragat, 1, I-44100, Ferrara, Italia

Silvio Simani

Simulazione di sistemi dinamici con SIMULINK

↳ **Simulazione** ↔ **integrazione delle equazioni differenziali**

↳ **Simulatore di Simulink**

↳ **Simulink Control Panel** ↔ **Simulation** ↔ **Parameters**

↳ **Opzione Solver nella finestra Simulation Parameters** (cfr. *odesolver Matlab*)

⇒ **Simulation time: Start time:** istante iniziale della simulazione

⇒ **Simulation time: Stop time:** istante finale della simulazione

⇒ **Solver Options: Type:** passo di integrazione fisso (Fixed-step) o variabile (Variable-step)

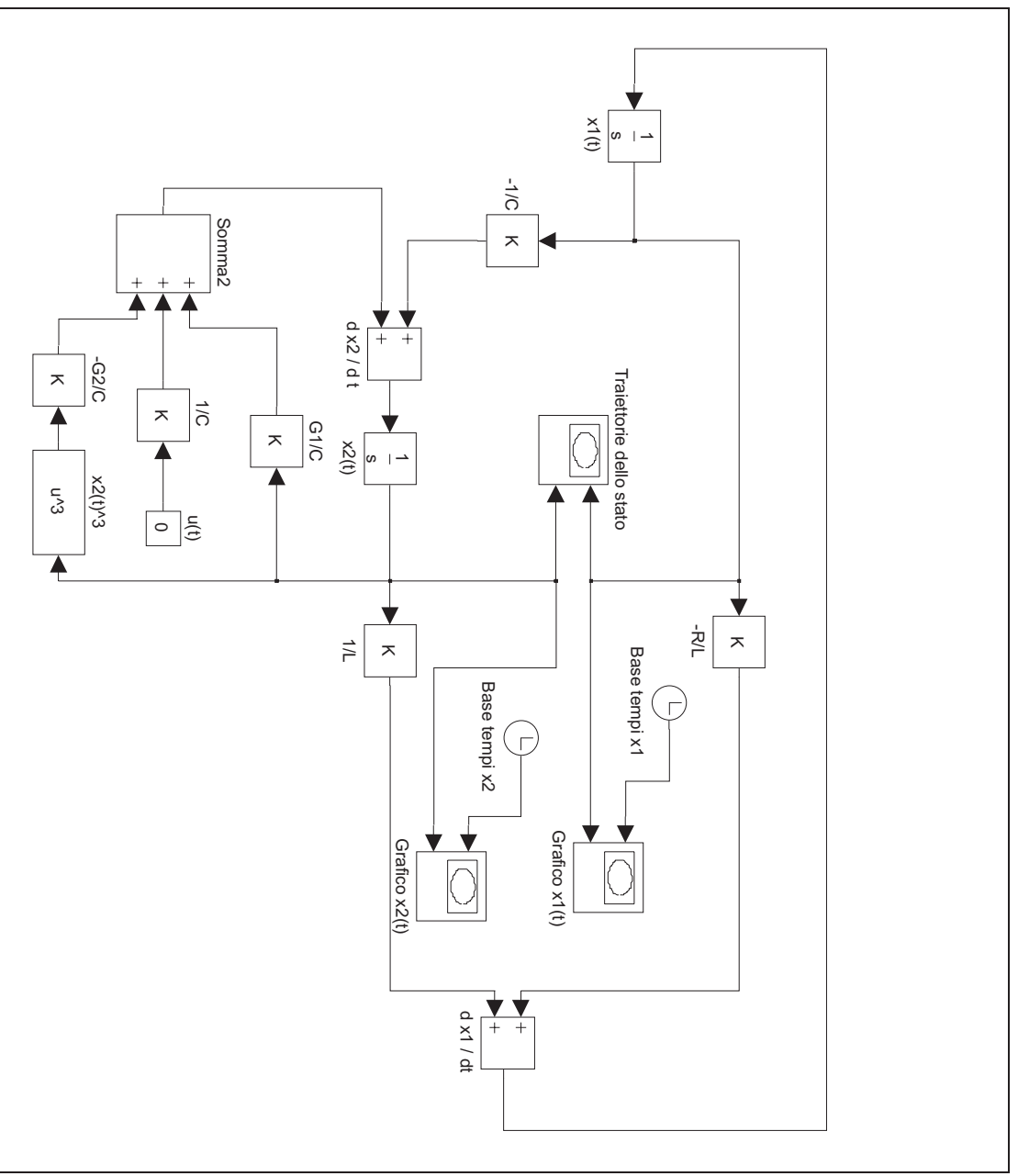
⇒ **Solver Options:** scelta della funzione di integrazione ottimale: ode45, ode23, ode113, ode15s, ode23s, e discrete

⇒ **Solver Options:** Max step size e Initial step size, Relative e Absolute tolerance



Analisi di un circuito non lineare

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= -\frac{R}{L}x_1(t) + \frac{1}{L}x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) &= -\frac{1}{C}x_1(t) + \frac{1}{C}(G_1x_2(t) - G_2x_2^3(t)) + \frac{1}{C}u(t)\end{aligned}$$



Circuito non lineare in *Simulink*.



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
v. Saragat, 1, I-44100, Ferrara, Italia

Silvio Simani

Modello di un motore in corrente continua



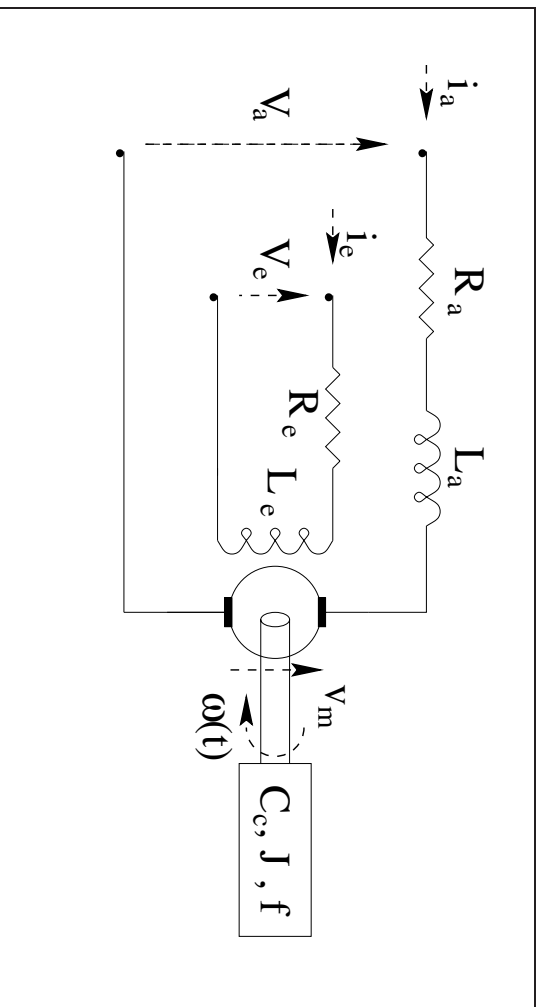
**Controllo d'armatura e avvolgimento d'eccitazione
ad alimentazione costante**

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_a(t) \\ \dot{\omega}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{k_m}{L_a f} \\ \frac{k_m}{J} & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a(t) \\ C_c(t) \end{bmatrix}$$

$$\omega(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$



Motore in corrente continua



Schema di un motore in corrente continua



Modello di un motore in corrente continua



Matrici di sistema

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{k_m}{L_a} \\ \frac{k_m}{J} & -\frac{f}{J} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \text{ e } C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}.$$



Ingressi ed uscite: $y(t) = \omega(t)$

$$x(t) = \begin{bmatrix} i_a(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} \text{ e } u(t) = \begin{bmatrix} V_a(t) \\ C_c(t) \end{bmatrix}.$$



Modello di un motore in corrente continua



Condizioni di funzionamento

1. Alimentazione del motore con un gradino di tensione di armatura costante a 0V da 0s a 50s e al valore di 5V per altri 50s.
2. Impulso di tensione di ampiezza $V_a(t) = 10V$ e durata $\tau = 40s$.
3. Posizione del rotore $\alpha(t)$

$$\dot{\alpha}(t) = \omega(t) , x(t) = \begin{bmatrix} i_a(t) \\ \omega(t) \\ \alpha(t) \end{bmatrix} \text{ e } y(t) = \begin{bmatrix} \omega(t) \\ \alpha(t) \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{k_m}{L_a} & 0 \\ \frac{k_m}{J} & -\frac{f}{J} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} , B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ e } C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

