

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>



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

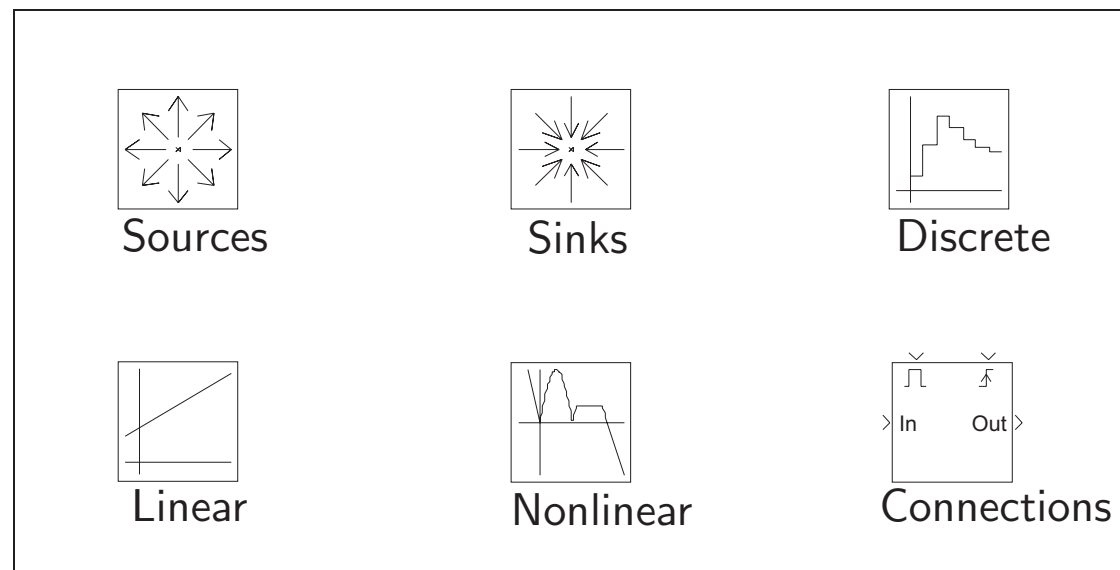
- ➔ ***Simulink*, prodotto dalla *Mathworks Inc.***
- ➔ **È un programma per la simulazione di sistemi dinamici**
- ➔ **Progetto di un sistema dinamico**
 - ⇒ Definizione del modello da simulare
 - ⇒ Analisi del sistema
- ➔ **Ambiente a finestre ed interfaccia grafica: *Block diagram windows* e mouse**
- ➔ ***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

Constant		Signal Generator		Step		Ramp	
Sine Wave		Repeating Sequence		Discrete Pulse Generator		Pulse Generator	
Chirp Signal		Clock		Digital Clock		From Workspace	
From File		Random Number		Uniform Random Number Band-Limited White Noise			

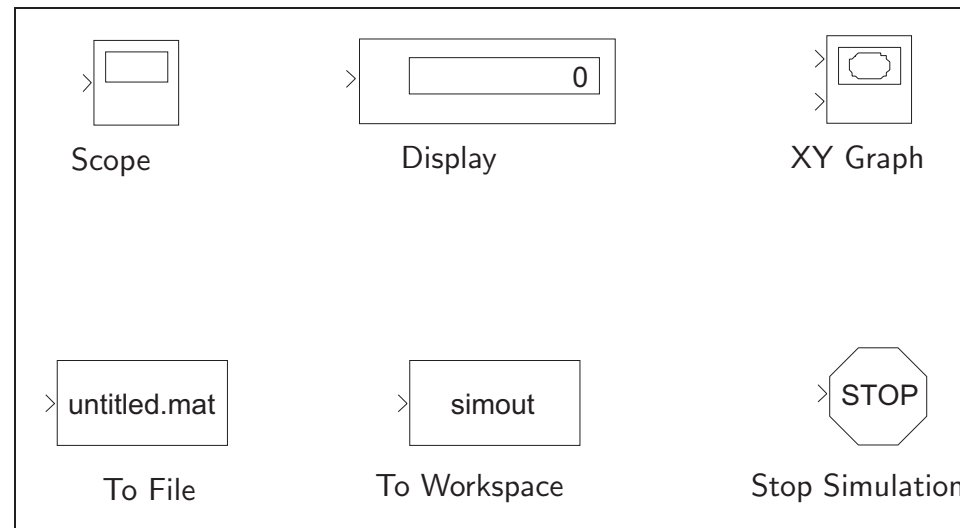
Simulink Signal Source library.



Istruzioni di base di Simulink

⇒ Sink Library

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



Simulink Signal Sinks library.

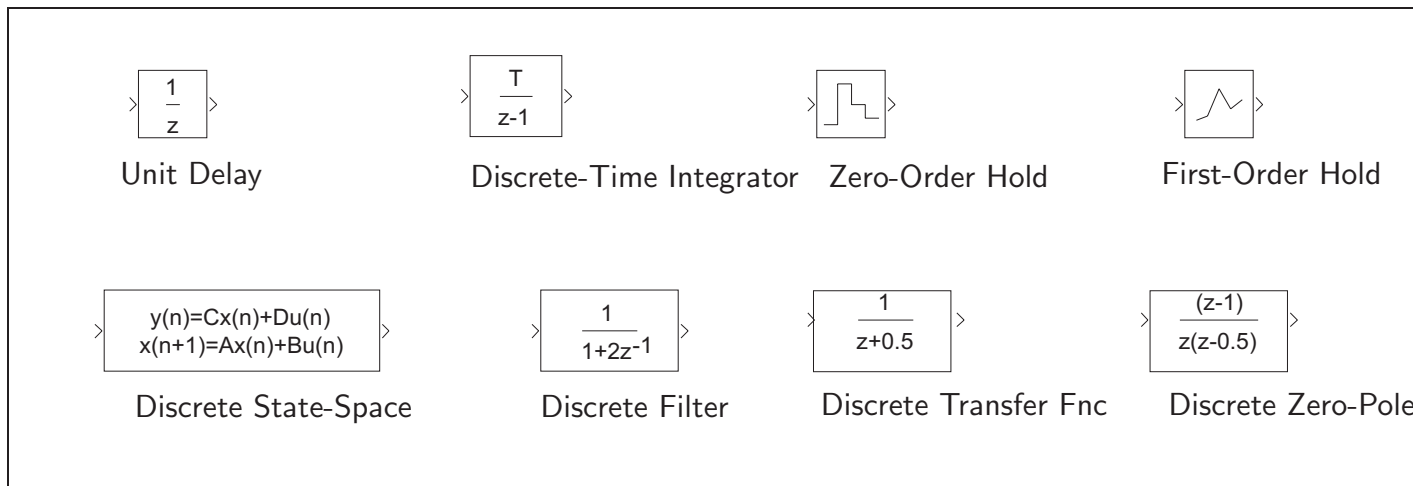


Istruzioni di Simulink



Discrete Library

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



Simulink Discrete-Time library.

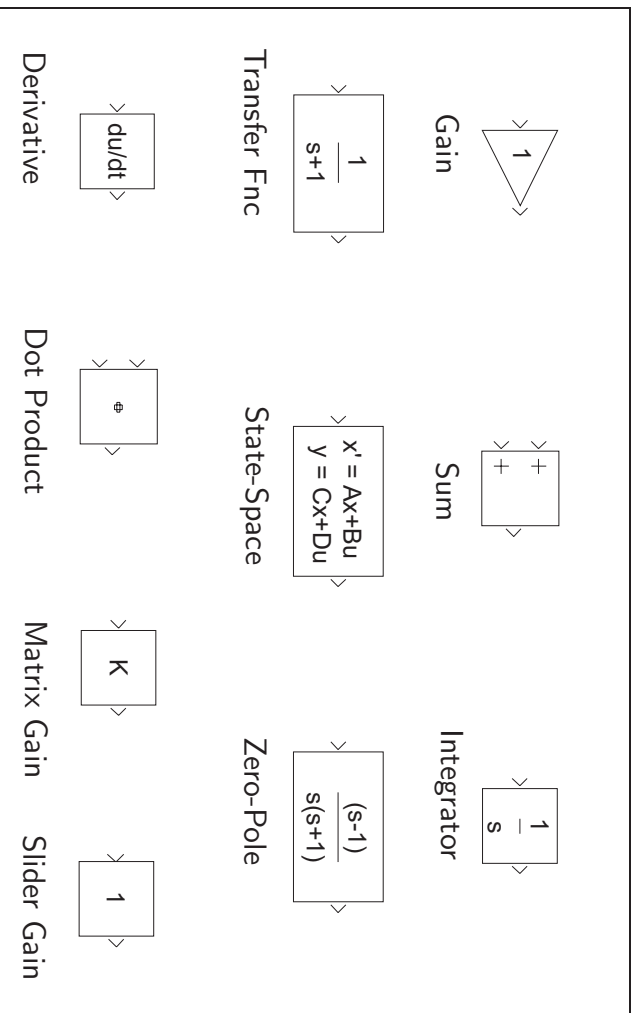


Istruzioni di Simulink



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*

Abs	Trigonometric Function	Math Function	Rounding Function
MinMax	Product	Combinatorial Logical Operator	
Relational Operator	Sign	Backlash	Rate Limiter
Transport DelayMemory	Look-Up Table	Hit Crossing	Look-Up Table (2-D)
Saturation	Quantizer	Coulomb & Viscous Friction	Dead Zone
Fcn	Switch	Manual SwitchVariable	TransportDelay
Relay	MATLAB Fcn	Algebraic Constraint	Multiport Switch

Simulink Nonlinear library.

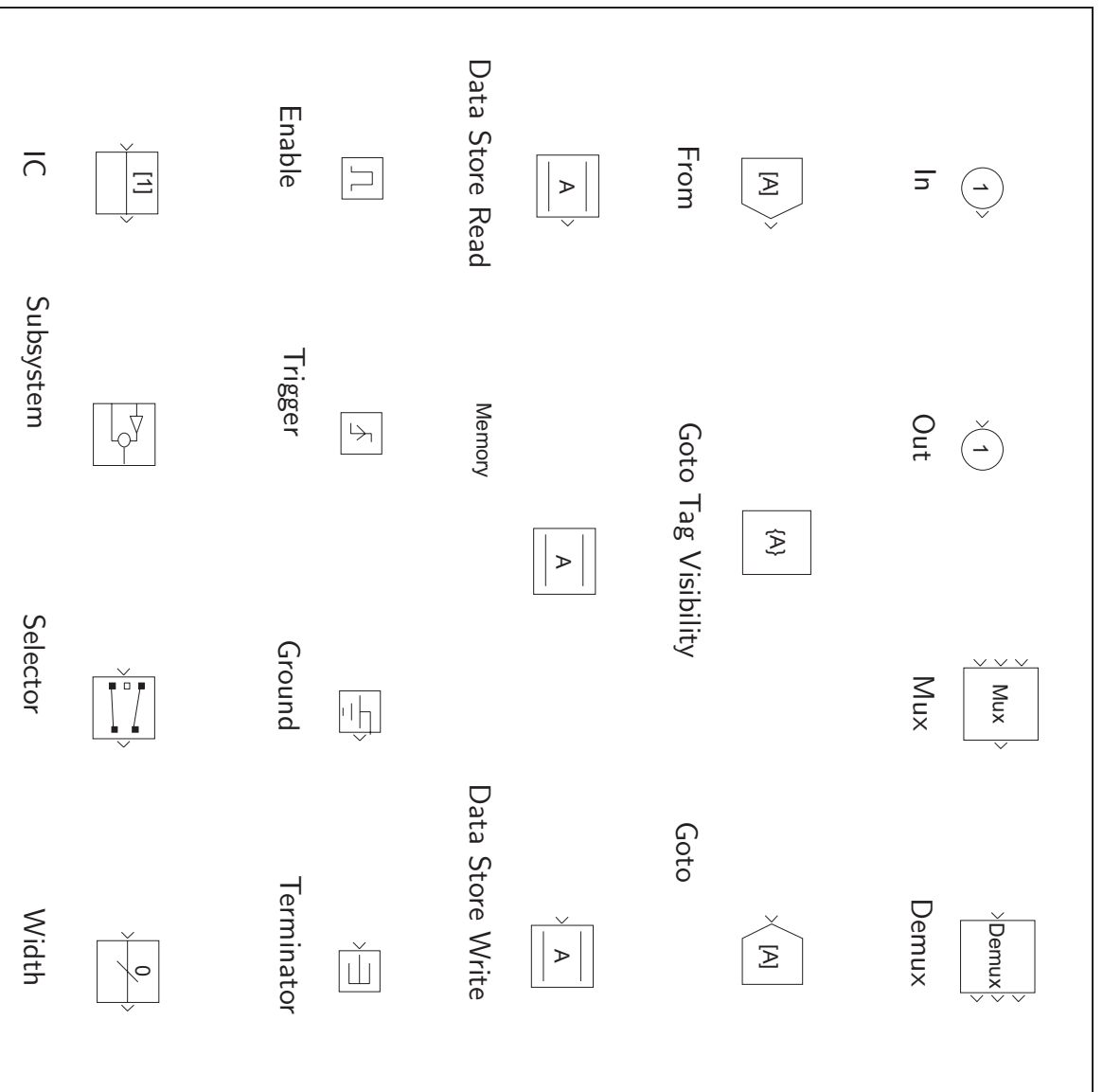


Istruzioni di Simulink



Connections Library

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



Simulink Connection library.



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)

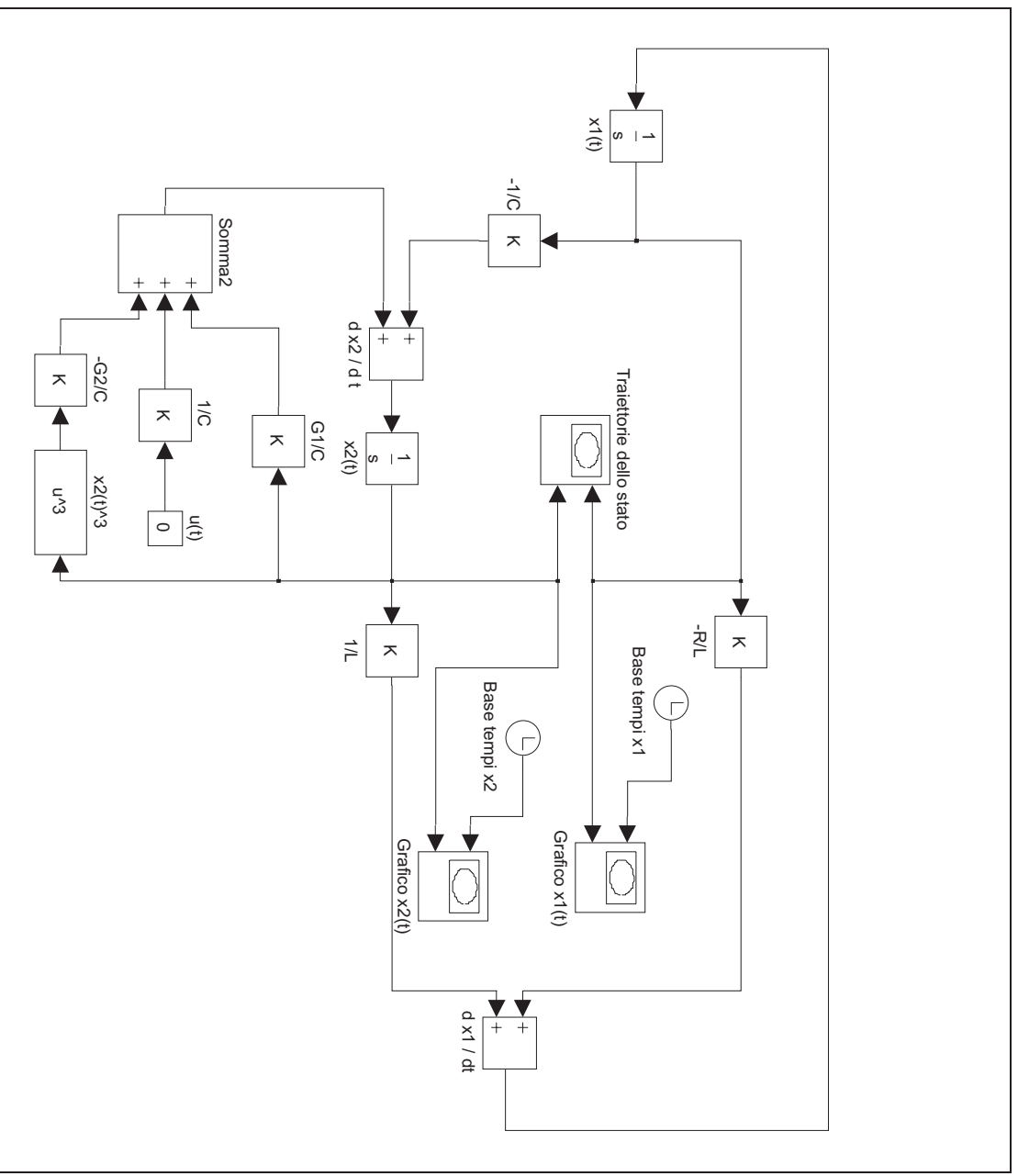
⇒ **Solver Options:** scelta della funzione di integrazione ottimale: ode45, ode23, ode113, ode15s, ode23s, e discrete

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



Analisi di un circuito non lineare

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= -\frac{R}{L} x_1(t) + \frac{1}{L} x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) &= -\frac{1}{C} x_1(t) + \frac{1}{C} (G_1 x_2(t) - G_2 x_2^3(t)) + \frac{1}{C} u(t) \end{aligned}$$



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



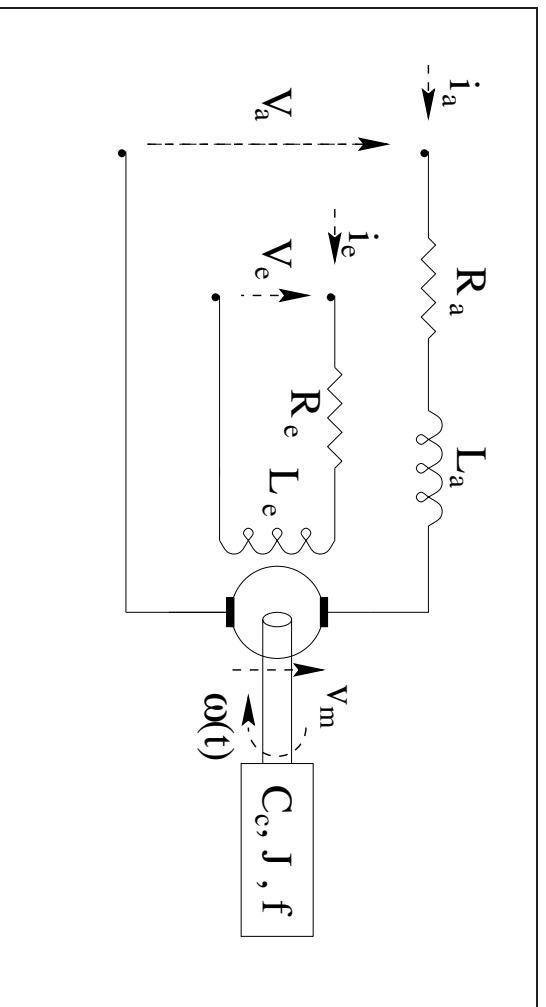
Controllo d'armatura e avvolgimento d'eccitazione
ad alimentazione costante

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

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



Motore in corrente continua



Schema di un motore in corrente continua



Modello di un motore in corrente continua

⇒ **Matrici di sistema**

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

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

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



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 $\alpha(t)$

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

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

