

Matlab e Simulink per i sistemi di controllo

Introduzione all'utilizzo di Simulink



Introduzione

- L'utilizzo del toolbox **SIMULINK**® di Matlab facilita la simulazione di sistemi interconnessi, consentendo la loro rappresentazione direttamente per mezzo del corrispondente schema a blocchi
- L'utilizzo congiunto di Matlab e Simulink permette di sviluppare interamente il progetto di un sistema di controllo, verificando agevolmente il soddisfacimento delle specifiche di progetto, nonché la valutazione delle prestazioni di interesse



Il toolbox Simulink (1/2)


- Il toolbox **SIMULINK**® permette di **rappresentare il sistema** direttamente **per mezzo del corrispondente schema a blocchi** e di **simularne il comportamento**

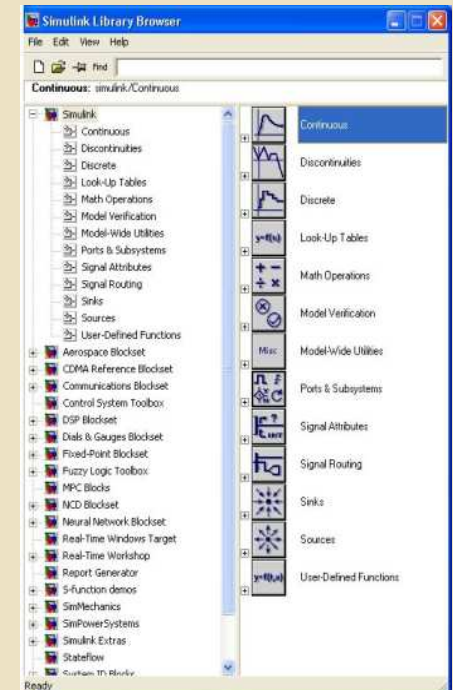


Il toolbox Simulink (2/2)

- In particolare è possibile:
 - Assegnare agevolmente differenti segnali di riferimento
 - Considerare la contemporanea presenza di disturbi lungo l'anello
 - Visualizzare direttamente l'andamento di più variabili di interesse (ad es. l'uscita, l'errore di inseguimento, il comando)
 - Salvare in un file il risultato della simulazione e/o renderlo disponibile nello spazio di lavoro di Matlab

Apertura di Simulink (1/2)

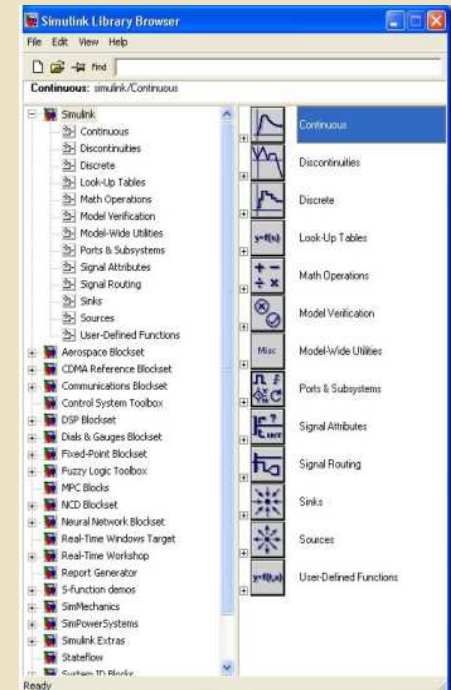
- Per **aprire Simulink**, è sufficiente digitare la parola "simulink" nella finestra di comando di Matlab oppure cliccare sulla corrispondente icona 



Apertura di Simulink (2/2)

➤ Dalla finestra del “Simulink Library Browser” è possibile:

- Creare un nuovo modello o aprirne uno già esistente (file .mdl) dal menu “File”
- Individuare gli elementi di interesse nella libreria principale di Simulink o fra i toolbox disponibili
- Modificare alcune proprietà generali (ad esempio le caratteristiche dei font utilizzati)



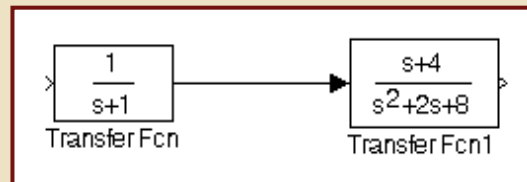


Creazione di un modello Simulink (1/4)

- Per **inserire un blocco nel modello** (o più in generale qualunque elemento disponibile nelle librerie), è sufficiente selezionarlo e trascinarlo nella finestra del modello, mantenendo premuto il tasto sinistro del mouse

Creazione di un modello Simulink (2/4)

- Per **collegare due blocchi mediante un ramo**, è sufficiente cliccare sul morsetto di uscita del primo e trascinare il cursore (tenendo premuto il tasto sinistro del mouse) fino a raggiungere l'ingresso del secondo oppure selezionare i due blocchi (nella sequenza desiderata) tenendo premuto il tasto CTRL





Creazione di un modello Simulink (3/4)

- È possibile **modificare i parametri di un blocco** facendo un doppio click sul blocco stesso: si apre in questo modo una finestra di interfaccia, contenente appositi campi per l'assegnazione dei parametri del blocco modificabili dall'utente
- Per **rinominare un blocco** è sufficiente cliccare sul nome assegnato automaticamente e modificarlo secondo quanto desiderato

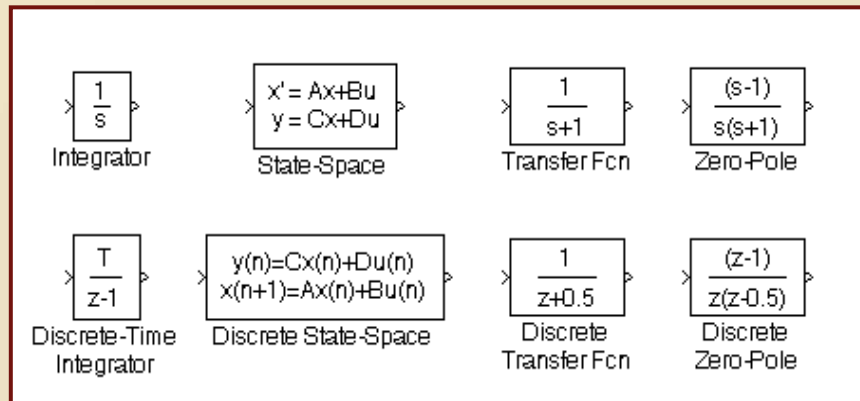


Creazione di un modello Simulink (4/4)

- Premendo il **tasto destro del mouse** in corrispondenza di un blocco selezionato, si apre un menu a tendina che consente di agire su tutte le caratteristiche del blocco, sia di contenuto (parametri) sia grafiche (font, rotazioni del blocco, colori, ecc.)

Blocchi ed elementi principali (1/9)

- Nella cartella "**Continuous**" sono disponibili i principali blocchi associati alla rappresentazione di **sistemi dinamici a tempo continuo**, mentre nella cartella "**Discrete**" si possono trovare quelli associati alla rappresentazione di **sistemi dinamici a tempo discreto**

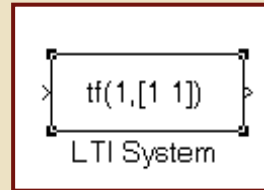
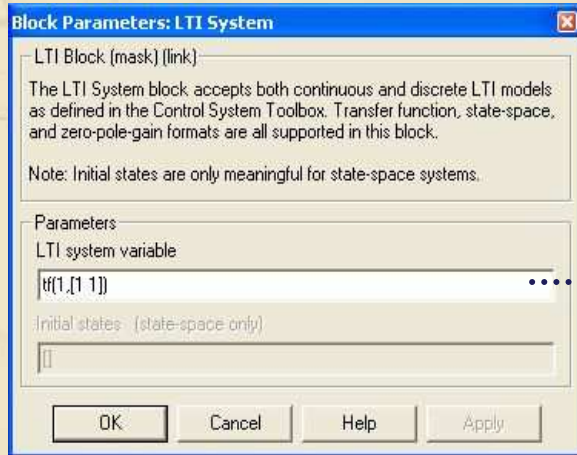




Blocchi ed elementi principali (2/9)

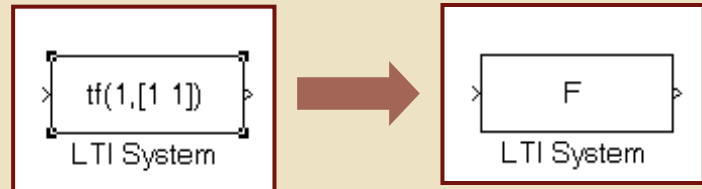
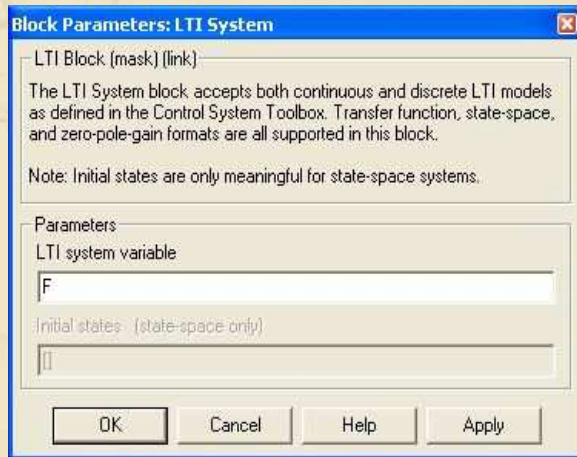
- È possibile definire direttamente un **sistema Lineare Tempo-Invariante**, sia a tempo continuo sia a tempo discreto, secondo tutte le modalità ammesse dal "Control System Toolbox" (fdt o rappresentazione in variabili di stato) usando il blocco "**LTI System**" disponibile nella libreria di tale toolbox

Blocchi ed elementi principali (3/9)



La definizione della fdt viene automaticamente proposta per mezzo del comando `tf`

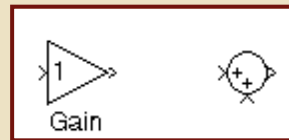
Blocchi ed elementi principali (3/9)



- Se il sistema è già stato definito nello spazio di lavoro di MATLAB, è sufficiente associare al blocco la sua fdt già calcolata

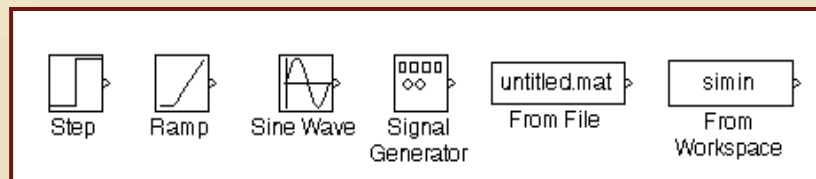
Blocchi ed elementi principali (4/9)

- Nella cartella "**Math Operations**" si trovano tutti gli elementi che realizzano le operazioni matematiche, tra cui i blocchi "**Gain**" (**guadagno**) e "**Sum**" (**sommatore**)



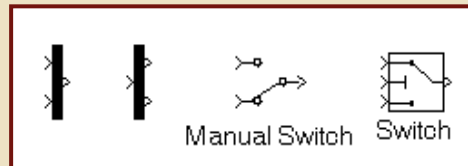
Blocchi ed elementi principali (5/9)

- Nella cartella "**Sources**" si trovano i blocchi che permettono di applicare un segnale generato a piacere, tra cui "**Step**", "**Ramp**", "**Sine Wave**" e "**Signal generator**", oppure salvato in un file .mat o predefinito nello spazio di lavoro di MATLAB



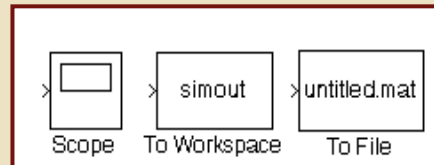
Blocchi ed elementi principali (6/9)

- Nella cartella "**Signal Routing**" si trovano blocchi utili per la gestione dei segnali, tra cui "**Mux**" e "**Demux**" (per le funzioni di multiplexer e demultiplexer) e gli interruttori manuale ("**Manual Switch**") ed automatico ("**Switch**")



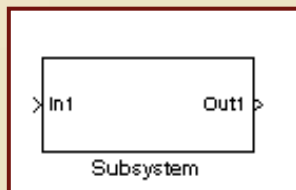
Blocchi ed elementi principali (7/9)

- Nella cartella "**Sinks**" sono disponibili i blocchi per visualizzare immediatamente una variabile ("**Scope**"), per renderla disponibile nello spazio di lavoro di Matlab ("**To Workspace**") o per salvarla in un file .mat ("**To File**")

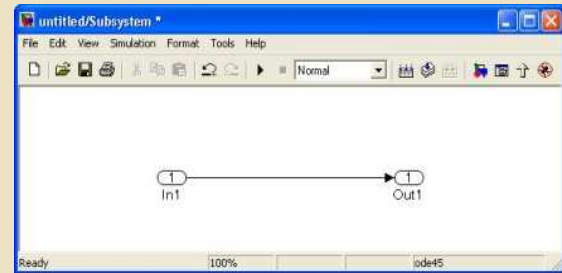
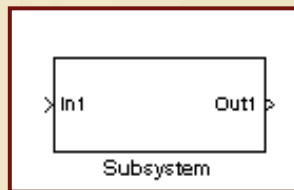


Blocchi ed elementi principali (8/9)

- È possibile **raggruppare** una parte di un sistema complesso **in un unico blocco di sottosistema** ("Subsystem"), mantenendo inalterati i suoi collegamenti per mezzo di **porte di ingresso e di uscita** ("In" e "Out"), utilizzando gli elementi disponibili nella cartella **"Ports & Subsystems"**



Blocchi ed elementi principali (9/9)



- Con un doppio click sul blocco di sottosistema, si apre la finestra in cui dovrà essere costruito il suo modello. È possibile inserire ulteriori ingressi e/o uscite aggiungendo ulteriori elementi di **"In"** e **"Out"**

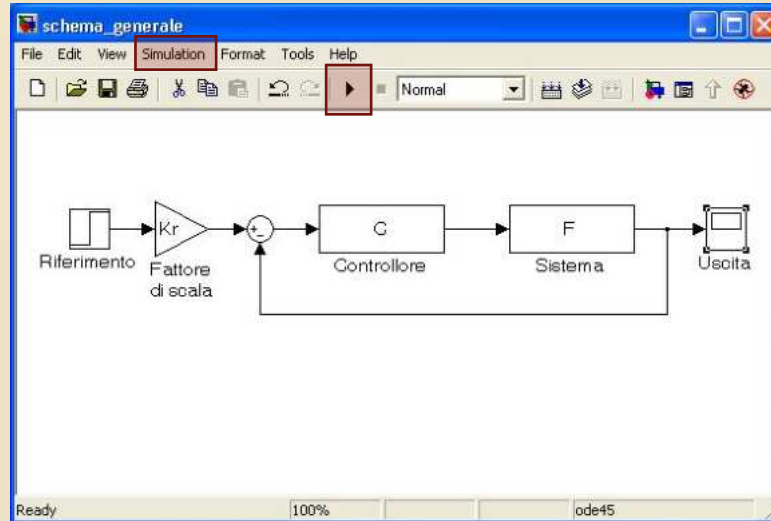
Esecuzione della simulazione (1/2)

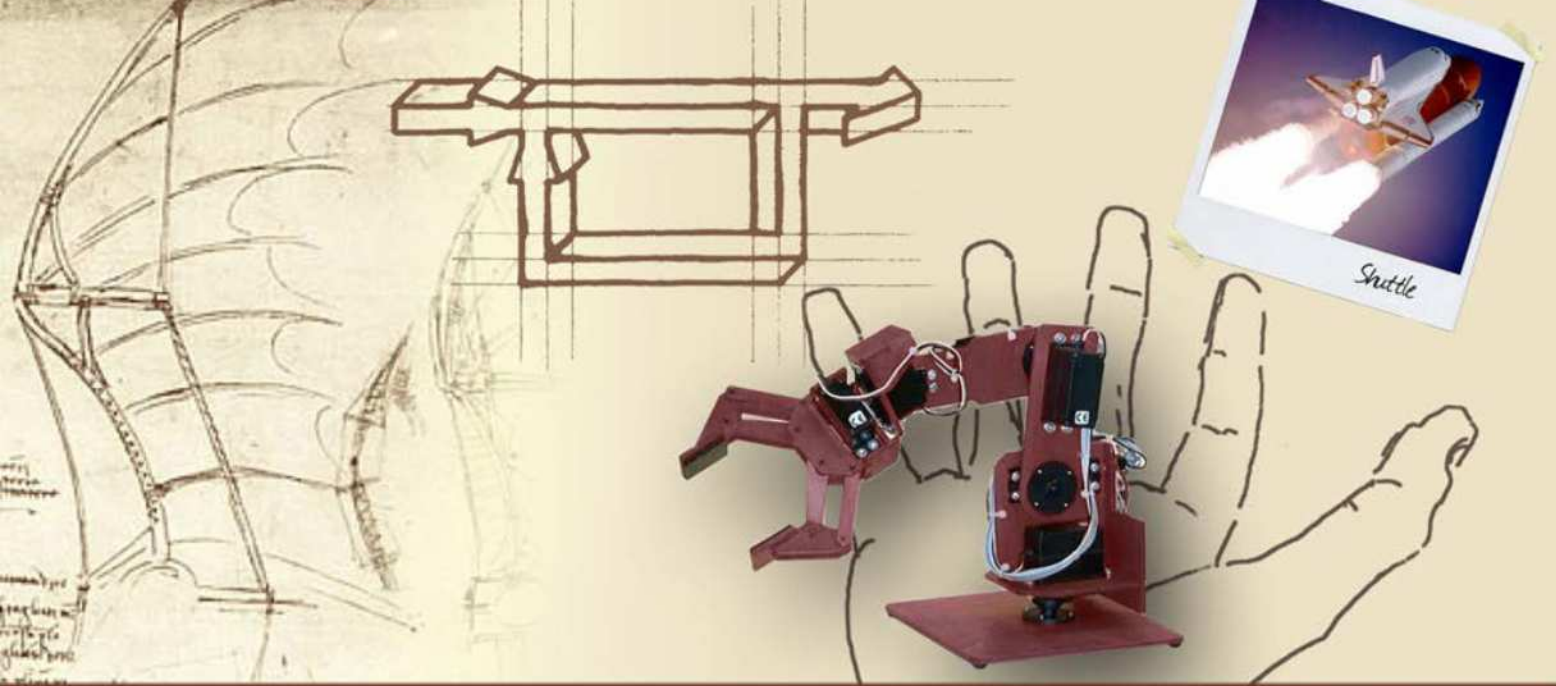
- I **parametri di simulazione** (istante iniziale ed istante finale, algoritmo di integrazione numerica, passo di integrazione e tolleranze sull'errore) possono essere modificati selezionando **"Simulation parameters"** dal menu **"Simulation"**



Esecuzione della simulazione (2/2)

- Per **eseguire la simulazione**, è sufficiente selezionare "**Start**" dal menu "**Simulation**" (oppure utilizzare il tasto rapido di "Start simulation" sulla barra degli strumenti)



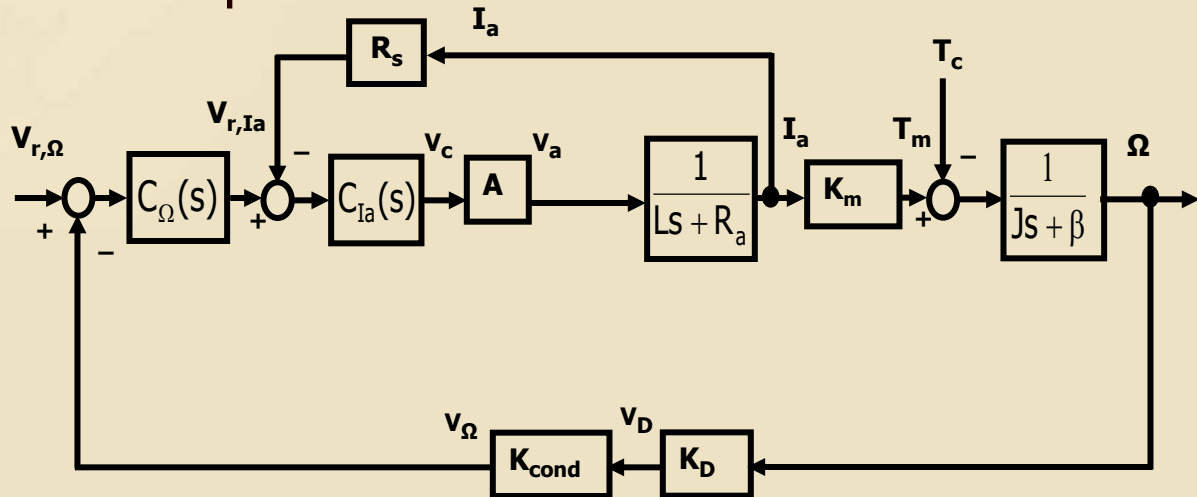


Matlab e Simulink per i sistemi di controllo

Simulazione in ambiente Simulink

Applicazione ad un servomotore in c.c. (1/3)

- Il modello del **servomotore in c.c.** (rappresentato dal suo schema a blocchi equivalente) può essere facilmente realizzato in Simulink, **dopo** aver definito nello spazio di lavoro in Matlab tutti i parametri e le fdt che in esso compaiono





Applicazione ad un servomotore in c.c. (2/3)

- Il modello del **servomotore in c.c.** (rappresentato dal suo schema a blocchi equivalente) può essere facilmente realizzato in Simulink, **dopo** aver definito nello spazio di lavoro in Matlab tutti i parametri e le fdt che in esso compaiono
 - A tale scopo è sufficiente eseguire la prima parte del file Matlab prima creato, completata dalla definizione della fdt dei controllori che si vogliono applicare (ad esempio i controllori P e PI precedentemente considerati)



Applicazione ad un servomotore in c.c. (3/3)

- Per simulare il comportamento del sistema controllato non sarà necessario calcolare preventivamente la fdt del servomotore $F(s)$, così come sarà possibile includere anche la contemporanea presenza di una coppia di disturbo T_c



File Matlab di definizione del modello

- Dopo l'esecuzione del file, i parametri e le fdt presenti nello spazio di lavoro saranno **automaticamente** riconosciuti dai blocchi Simulink che li contengono ed a ciascuno di essi sarà associata la rispettiva espressione definita in Matlab


```
clear all  
close all  
s=tf('s');  
Ra=6;  
L=3.24e-3;  
Km=0.0535;  
J=20e-6;  
beta=14e-6;  
KD=0.0285;  
Kcond=0.67;  
Rs=7.525;  
A=2.925;  
K=1000;  
CIa=K/s;
```

Prima parte del file: definizione dei parametri del servomotore



File Matlab di definizione del modello

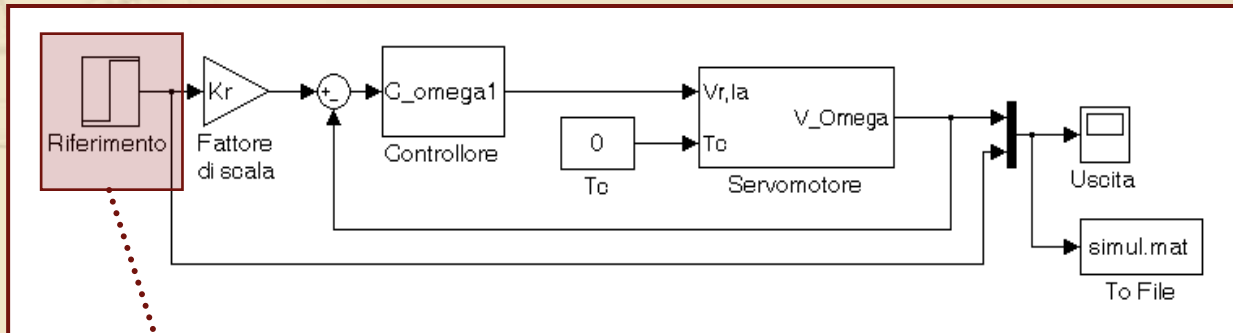
- Dopo l'esecuzione del file, i parametri e le fdt presenti nello spazio di lavoro saranno **automaticamente** riconosciuti dai blocchi Simulink che li contengono ed a ciascuno di essi sarà associata la rispettiva espressione definita in Matlab



```
Kr=1;  
Kp=0.4;  
C_omega1=Kp;  
Ki=2;  
C_omega2=Kp+Ki/s;
```

Seconda parte del file:
definizione dei controllori P e PI

Modello Simulink del servomotore (1/7)



Blocco **Step**
da **Sources**



Block Parameters: Riferimento

Step
Output a step.

Parameters
Step time:
0

Initial value:
0

Final value:
1

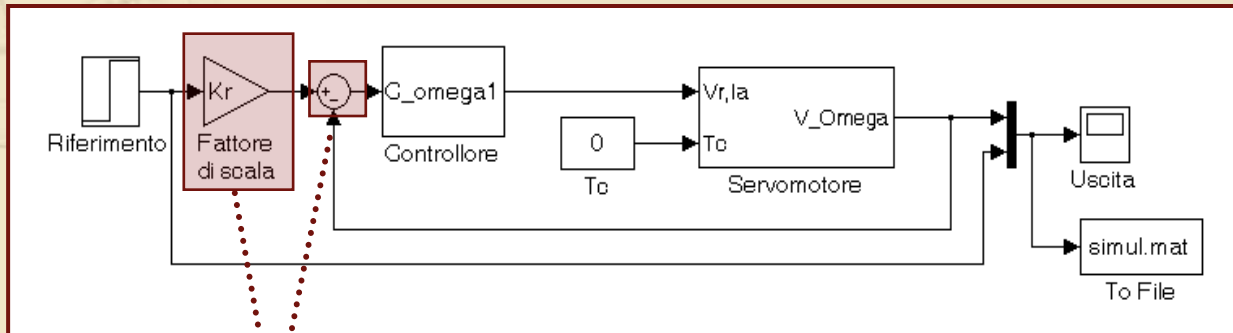
Sample time:
0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero crossing detection

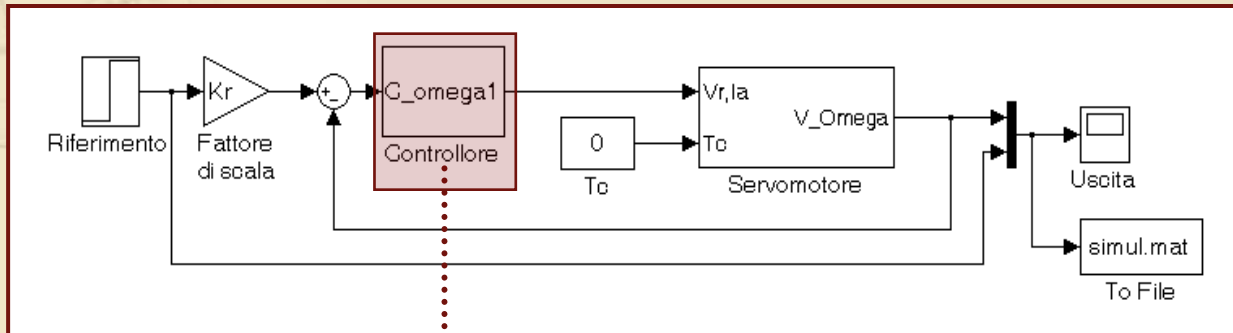
OK Cancel Help Apply

Modello Simulink del servomotore (2/7)



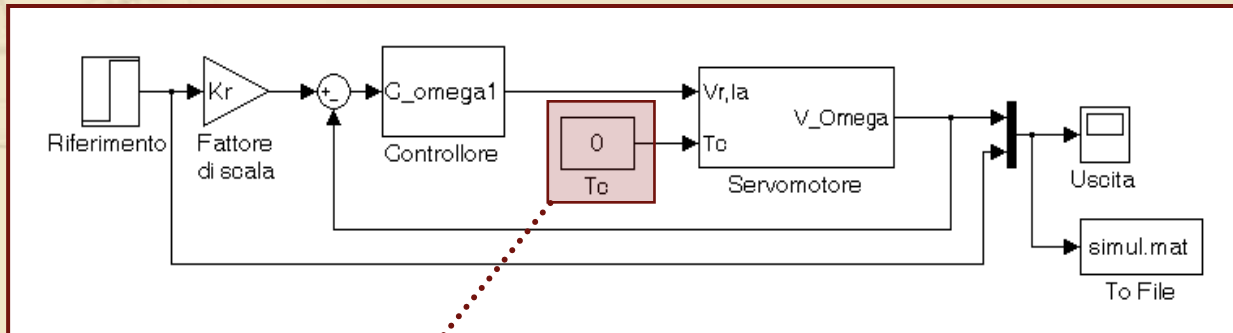
Blocchi **Gain** e **Sum**
da **Math**
Operations

Modello Simulink del servomotore (3/7)



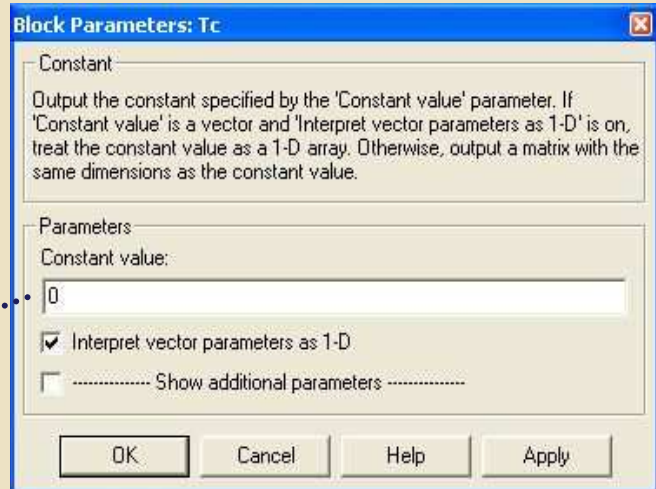
**Blocco LTI System da
Control System
Toolbox**

Modello Simulink del servomotore (4/7)

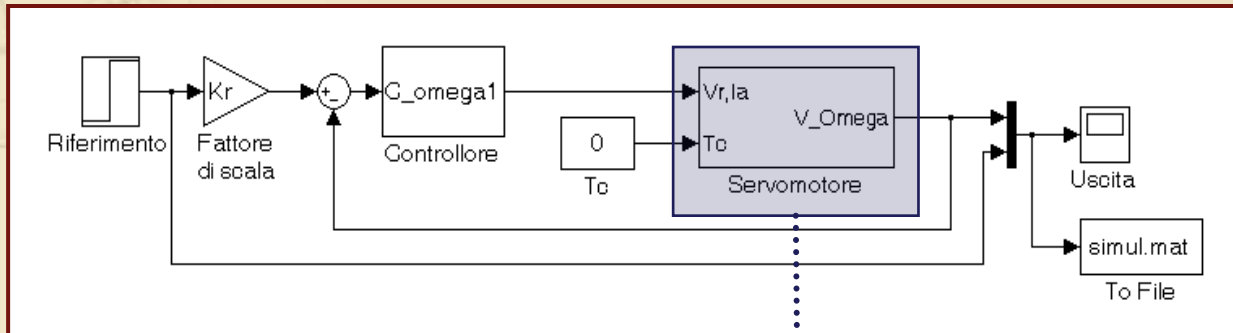


Blocco
Constant da
Sources

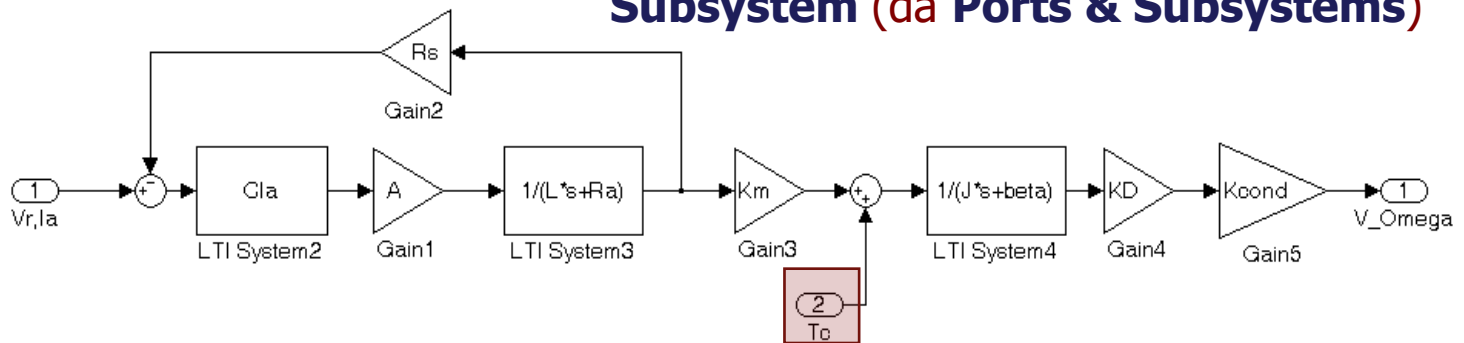
Il disturbo è imposto
nullo come nella
simulazione in Matlab



Modello Simulink del servomotore (5/7)

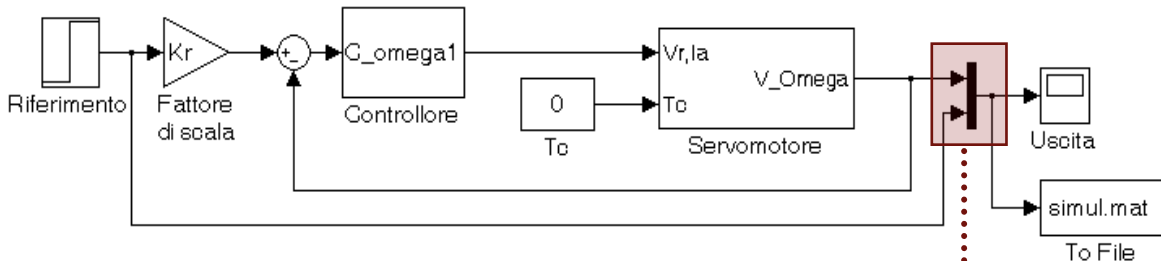


Subsystem (da Ports & Subsystems)



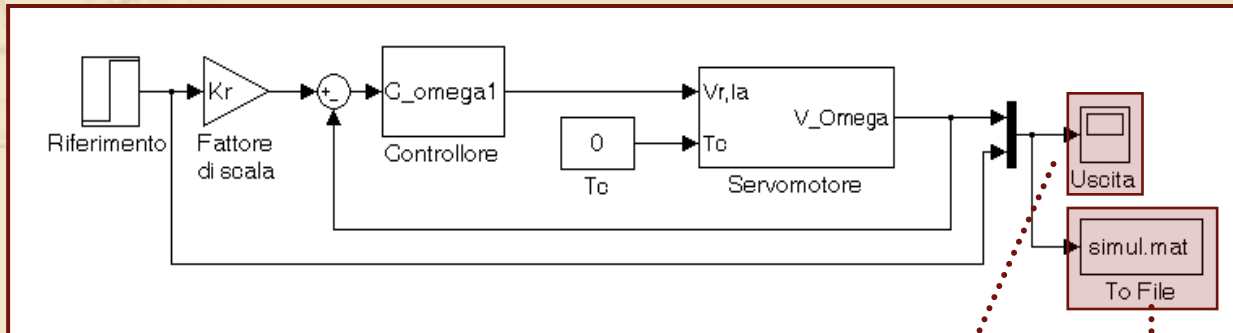
Blocco **In** aggiuntivo rispetto agli **In** e **Out** preesistenti

Modello Simulink del servomotore (6/7)



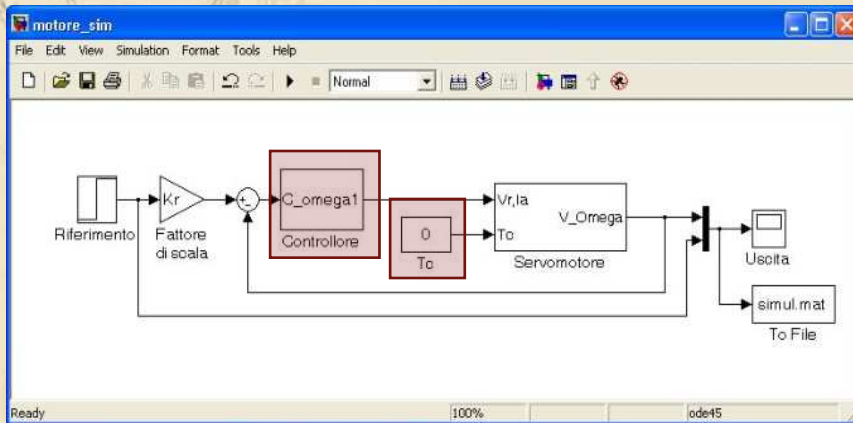
Blocco **Mux** da
Signal
Routing

Modello Simulink del servomotore (7/7)



**Blocchi Scope e
To File da
Sinks**

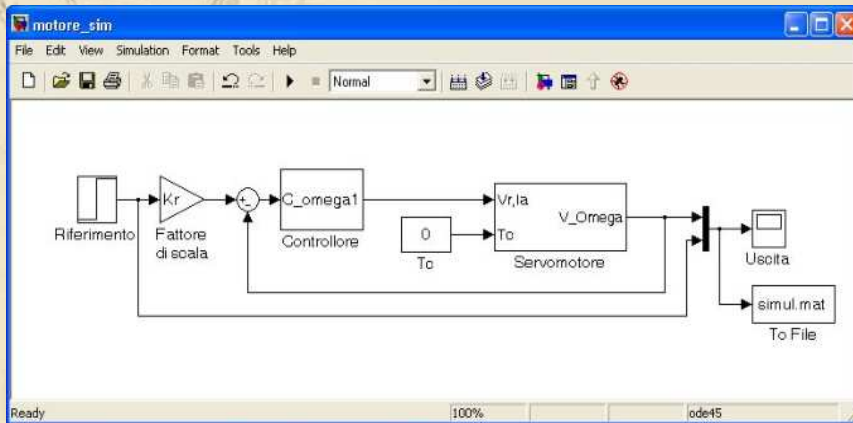
Simulazione 1: controllore P, $T_c = 0$ (1/3)



Parametri di simulazione

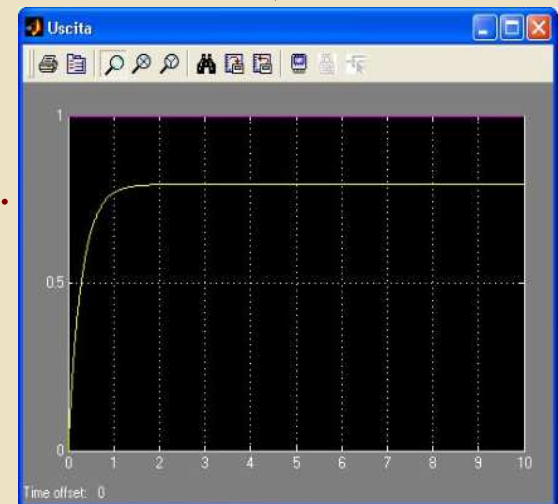


Simulazione 1: controllore P, $T_c = 0$ (2/3)

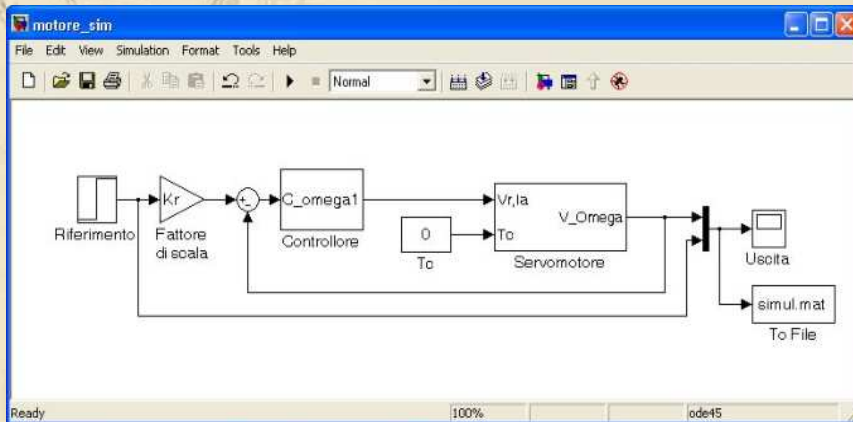


Risultato visibile
sull'oscilloscopio

Conferma del risultato
ottenuto con Matlab:
**elevato errore
finale**



Simulazione 1: controllore P, $T_c = 0$ (3/3)



Creazione del file
"simul.mat" contenente
la variabile "simulazione"



La variabile "simulazione" generata ha tre righe:

- 1) campioni del tempo
- 2) campioni dell'uscita
- 3) campioni del riferimento

Block Parameters: To File

To File
Write time and input to specified MAT file in row format. Time is in row 1.

Parameters

Filename:
simul.mat

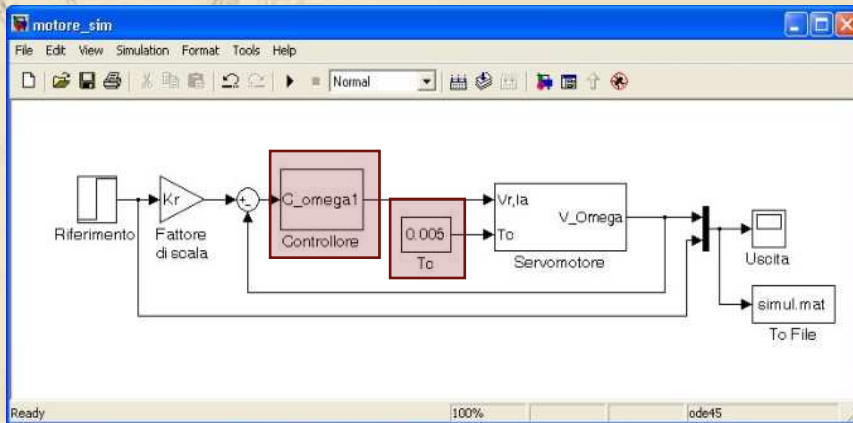
Variable name:
simulazione

Decimation:
1

Sample time [-1 for inherited]:
-1

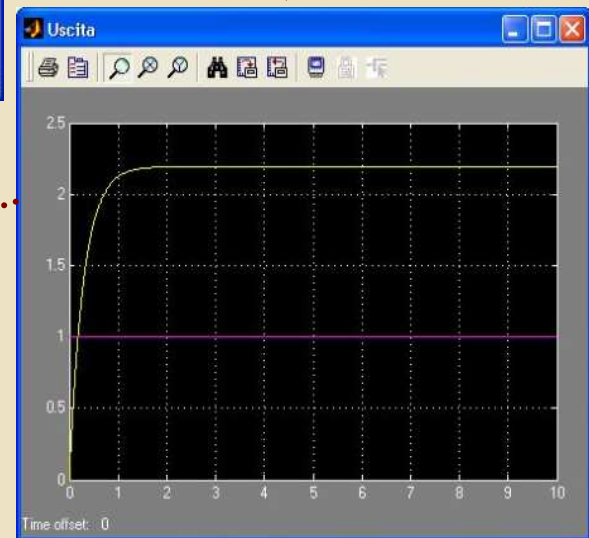
OK Cancel Help Apply

Simulazione 2: controllore P, $T_c = 0.005$

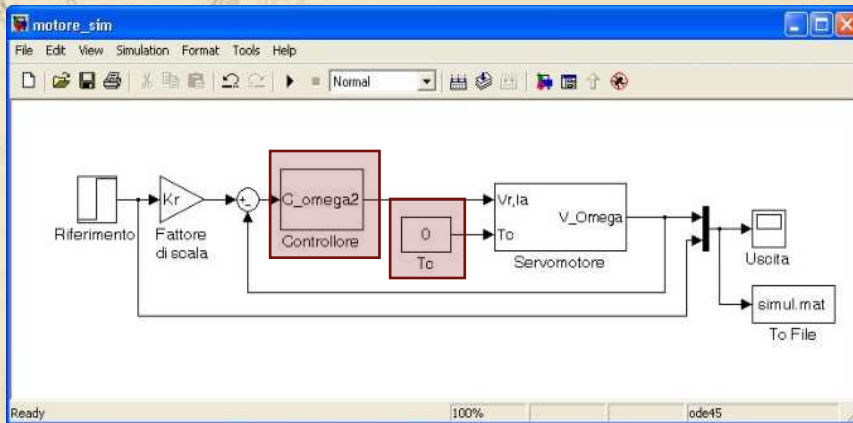


Risultato visibile
sull'oscilloscopio

Si riscontra una
significativa **variazione**
dell'errore finale

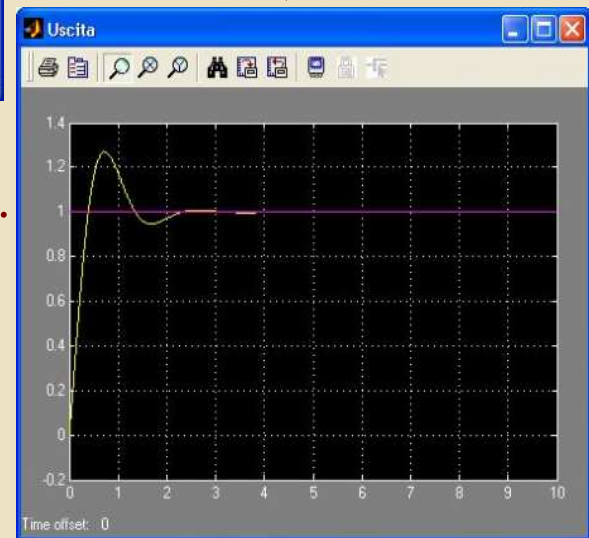


Simulazione 3: controllore PI, $T_c = 0$

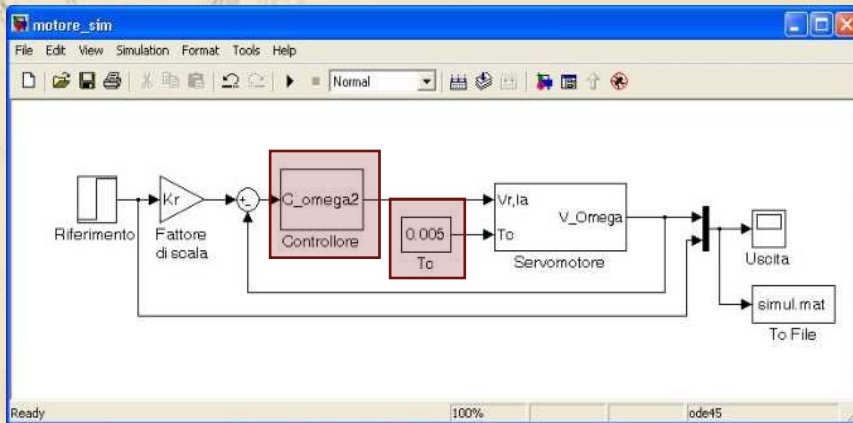


Risultato visibile
sull'oscilloscopio

Conferma del risultato
ottenuto con Matlab:
presenza di
**significativa
sovraelongazione,
errore finale nullo**



Simulazione 4: controllore PI, $T_c = 0.005$



Risultato visibile
sull'oscilloscopio



Si riscontra un elevato
**aumento della
sovraelongazione,**
mentre l'errore finale
rimane **nullo**

