

TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

<http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/TeoriaSistemiControllo.html>

INTRODUZIONE AL CONTROL SYSTEM TOOLBOX

Ing. Luigi Biagiotti

e-mail: luigi.biagiotti@unimore.it

<http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti>

Che cos'è il Control System Toolbox

- Il **Control system Toolbox** mette a disposizione una serie di strumenti per la modellazione, l'analisi e il controllo di sistemi dinamici
- E' costituito da una collezione di comandi scritti in *M-file*, che permettono di
 - inserire un sistema LTI (Lineare Tempo Invariante) in vari modi
 - Come funzione di trasferimento
 - In forma di stato
 - manipolare sistemi dinamici
 - analizzare risposte temporali e frequenziali (diagrammi di Bode, Nyquist)
 - progettare un controllore con varie tecniche (luogo delle radici, progetto frequenziale, ecc.)

Come inserire una f.d.t. - 1

- Inserire

$$G(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0} = \frac{s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

```
>> Num = [1 1]; Den = [1 2 3];  
>> G1 = tf(Num,Den)
```

Transfer function:

```
      s + 1  
-----  
s^2 + 2 s + 3
```

Come inserire una f.d.t. - 2

- Inserire

$$G(s) = K \frac{\prod_i (s - z_i)}{\prod_i (s - p_i)} = 20 \frac{(s + 2)(s - 4)}{(s + 3 + j)(s + 3 - j)}$$

```
>> K = 20; Z = [-2 4]; P = [-3+i -3-i];  
>> G2 = zpk(Z,P,K)
```

```
Zero/pole/gain:
```

```
20 (s+2) (s-4)
```

```
-----
```

```
(s^2 + 6s + 10)
```

Come inserire una f.d.t. - 3

- Un modo più intuitivo consiste nel definire la variabile s come $s = \text{tf}('s')$
- Inserire la f.d.t. come funzione razionale fratta in s

```
>> s = tf('s');  
>> G3 = (s + 160) / (s^3 + 12*s^2 + 30*s + 100)
```

Transfer function:

```
      s + 160  
-----  
s^3 + 12 s^2 + 30 s + 100
```

Proprietà delle f.d.t.

- Con `tf()` e `zpk()` è possibile convertire una funzione di trasferimento da una rappresentazione all'altra

```
>> G4 = zpk(G3)
```

```
Zero/pole/gain:
```

```
(s+160)
```

```
-----
```

```
(s+10) (s^2 + 2s + 10)
```

Proprietà delle f.d.t.

- Con `tfdata` si estraggono il numeratore e il denominatore della f.d.t.

```
>> [Num,Den] = tfdata(G3,'v')
```

```
Num =
```

```
0 0 1 160
```

```
Den =
```

```
1 12 30 100
```

- Con `zpkdata` si estraggono gli zeri, i poli e la costante di trasferimento della f.d.t.

```
>> [Z,P,K] = zpkdata(G3,'v')
```

```
Z =
```

```
-160
```

```
P =
```

```
-10.0000
```

```
-1.0000 + 3.0000i
```

```
-1.0000 - 3.0000i
```

```
K =
```

```
1
```

Proprietà delle f.d.t.

- **Minreal** permette di calcolare la realizzazione minima di una f.d.t.

```
>> zpk([-1 -2],[-1 -3],4)
```

```
Zero/pole/gain:
```

```
4 (s+1) (s+2)
```

```
-----
```

```
(s+1) (s+3)
```

```
>> minreal(zpk([-1 -2],[-1 -3],4))
```

```
Zero/pole/gain:
```

```
4 (s+2)
```

```
-----
```

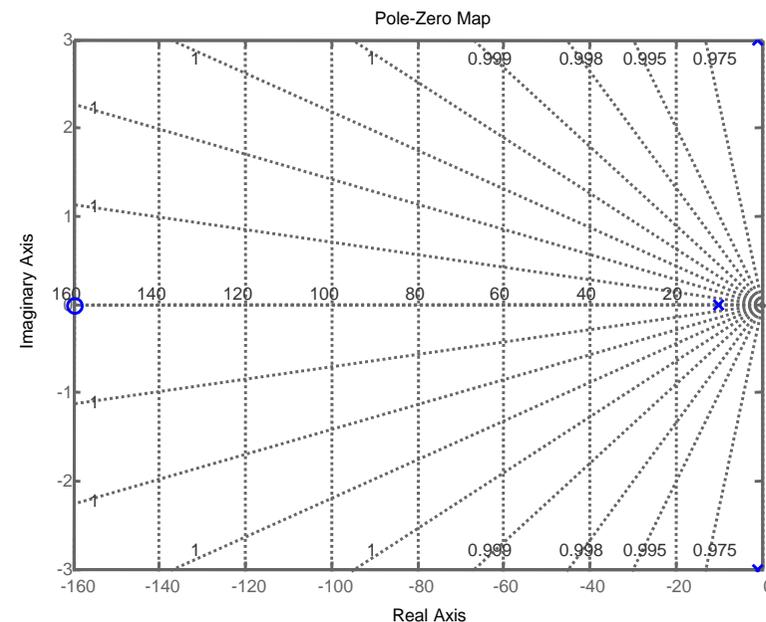
```
(s+3)
```

Proprietà delle f.d.t.

- Altre proprietà delle f.d.t.

- **damp** pulsazione naturale e coeff. di smorz. di poli e zeri
- **dcgain** guadagno statico
- **pole** poli
- **zero** zeri
- **pzmap** grafico di poli e zeri nel piano complesso

```
>> pzmap(G3)  
>> grid
```



Inserimento di una f.d.t. tempo-discreta

- É possibile utilizzare le funzioni `tf()` e `zpk()` per la definizione di una funzione di trasferimento tempo-discreta specificando il periodo di campionamento

$$G(z) = 22 \frac{z + 0.2}{(z - 0.4)(z + 0.8)} = \frac{22z + 4.4}{z^2 + 0.4z - 0.32}$$

```
>> Gz = zpk(-0.2,[0.4 -0.8],22,0.1)
```

```
Zero/pole/gain:
```

```
  22 (z+0.2)
```

```
-----  
(z-0.4) (z+0.8)
```

```
Sampling time: 0.1
```

```
>> Gz = tf([22 4.4],[1 0.4 -0.32],0.1)
```

```
Transfer function:
```

```
  22 z + 4.4
```

```
-----  
z^2 + 0.4 z - 0.32
```

```
Sampling time: 0.1
```

Risposte temporali

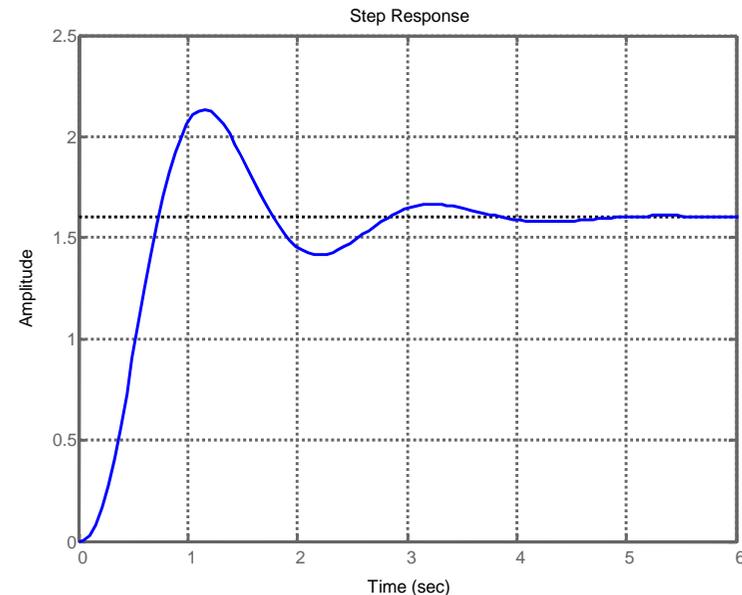
- Comandi per generare risposte temporali
 - **step** Risposta al gradino unitario
 - **impulse** Risposta all'impulso di Dirac
 - **lsim** Risposta a un ingresso generico (definito mediante vettore dell'asse dei tempi e vettore dell'ingresso)

Grafico:

```
>> step(G3)  
>> grid
```

Memorizza i dati:

```
>> [Y,T] = step(G3);  
>> plot(T,Y)
```



Comandi sul grafico col tasto destro

Funzione di risposta armonica e Diagrammi di Bode

- Comandi relativi alla funzione di risposta armonica
 - `freqresp(G3,w)` fornisce il valore della funzione di risposta armonica di G3 alla pulsazione w
 - `bode(G3,w)` come `freqresp`

```
>> Gj10 = freqresp(G3,10)
```

```
Gj10 =
```

```
-0.1076 + 0.0594i
```

```
>> ModG = abs(Gj10)
```

```
ModG =
```

```
0.1230
```

```
>> ArgG = angle(Gj10)
```

```
ArgG =
```

```
2.6373 in radianti
```

```
>> [ModGj10,ArgGj10]=Bode(G3,10)
```

```
ModGj10 =
```

```
0.1230
```

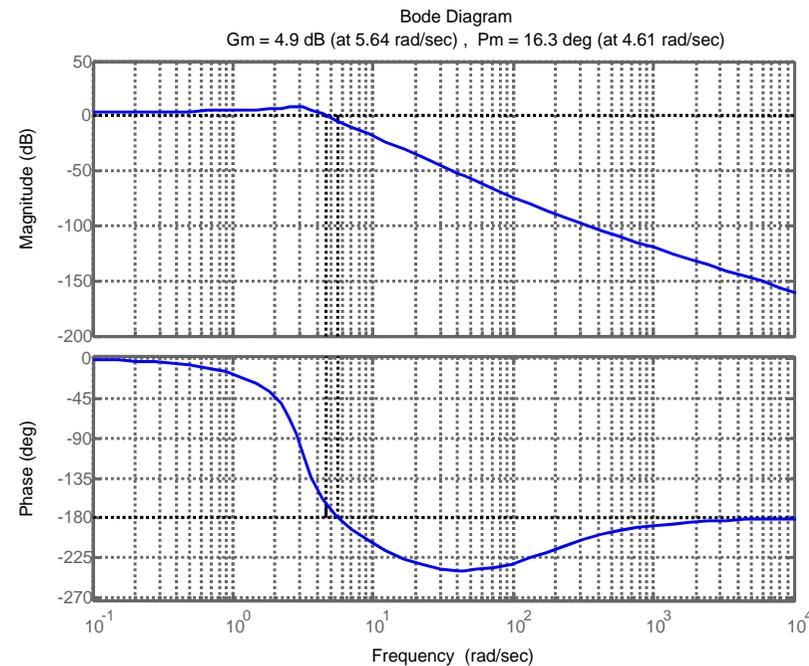
```
ArgGj10 =
```

```
-208.8949 in gradi
```

Funzione di risposta armonica e Diagrammi di Bode

- Comandi relativi alla funzione di risposta armonica
 - **bode(G3)** plottaggio dei diagrammi (Ampiezza e fase) di bode di G3
 - **margin(G3)** disegna sul diagramma di bode i margini di stabilità del sistema (m. di ampiezza, m. di fase)

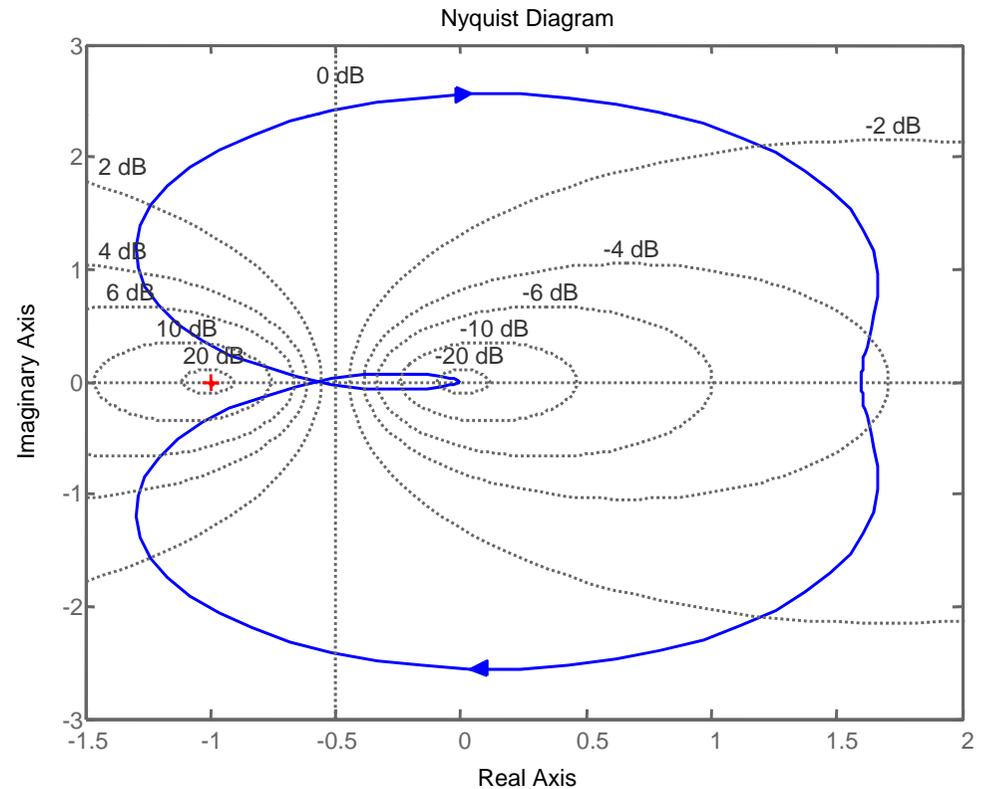
```
>> bode(G3)  
>> grid  
>> margin(G3)
```



Diagrammi di Nyquist

- Comandi relativi alla funzione di risposta armonica
 - `nyquist(G3)` disegna il diagramma di nyquist della funzione di trasferimento $G3$

```
>> nyquist(G3)  
>> grid
```



Luogo delle radici

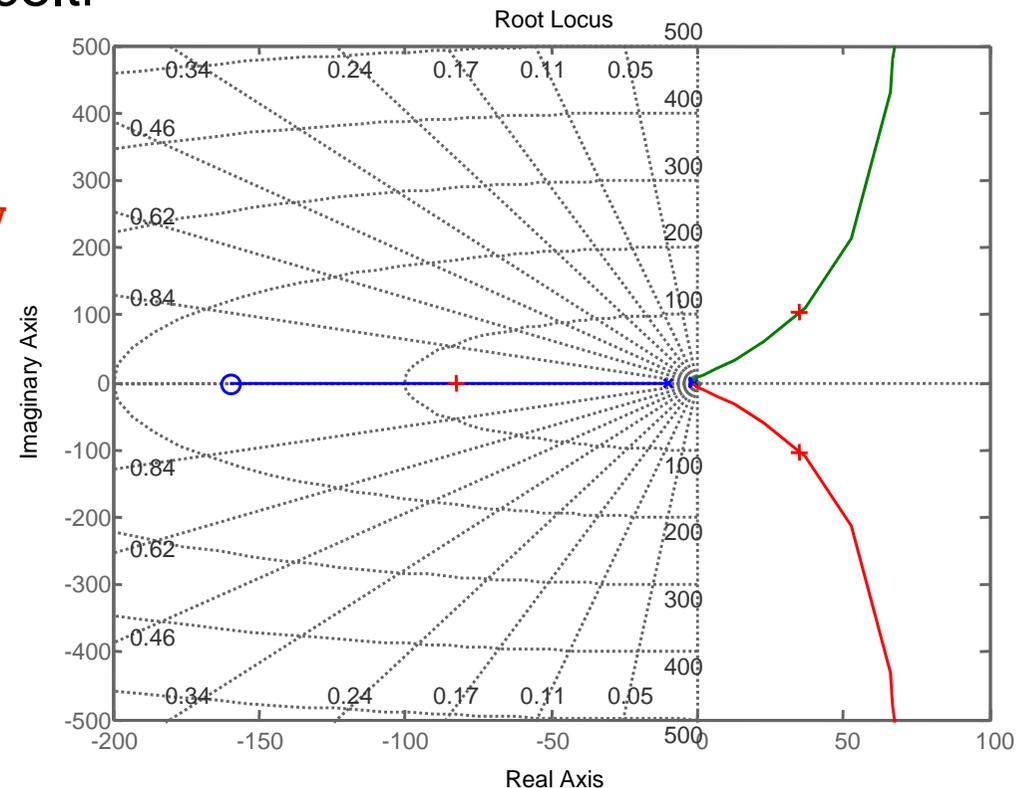
- Comandi per il plottaggio del luogo delle radici
 - `rlocus(G3)` plottaggio del luogo delle radici
 - `sgrid` tracciamento della griglia
 - `rlocfind(G3)` dopo avere tracciato il luogo delle radici consente di scegliere il guadagno k del regolatore tale per cui il sistema in retroazione presenta i poli scelti

```
>> rlocus(G3)
>> sgrid
>> [K,POLI] = rlocfind(G3)
Select a point in the graphics window
```

```
selected_point =
  4.7749e+001 +1.8168e+002i
K =
```

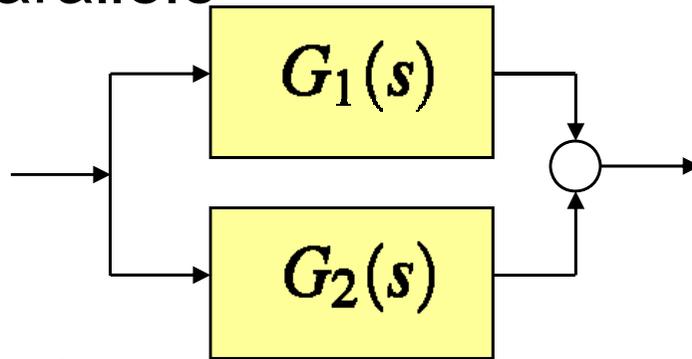
```
2.4435e+004
POLI =
```

```
1.0e+002 *
  0.4928 + 1.8148i
  0.4928 - 1.8148i
 -1.1056
```



Interconnessione di sistemi

- Parallelo

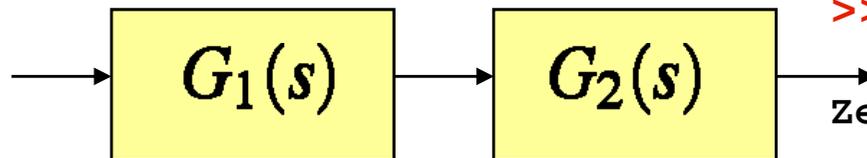


`>> Gtot = G1+G2`

Zero/pole/gain:
 $20 (s-3.922) (s+2.006) (s^2 + 1.967s + 2.987)$

 $(s^2 + 6s + 10) (s^2 + 2s + 3)$

- Serie

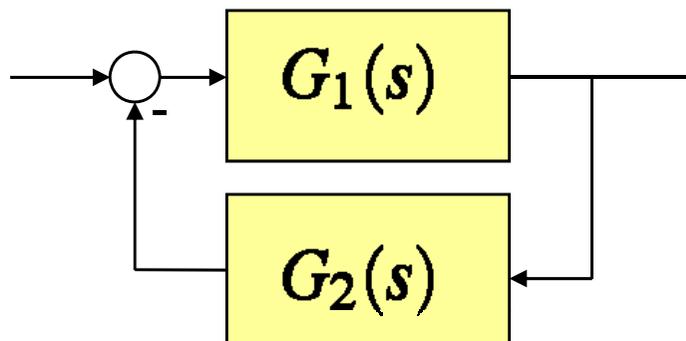


`>> Gtot = G1*G2`

Zero/pole/gain:
 $20 (s+1) (s+2) (s-4)$

 $(s^2 + 6s + 10) (s^2 + 2s + 3)$

- Retroazione



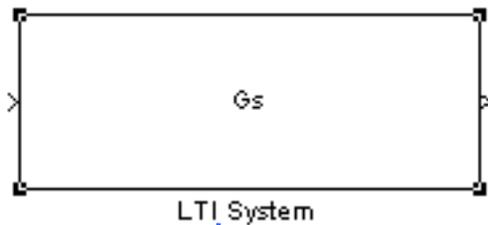
`>> Gtot = feedback(G1,G2)`

Zero/pole/gain:
 $(s+1) (s^2 + 6s + 10)$

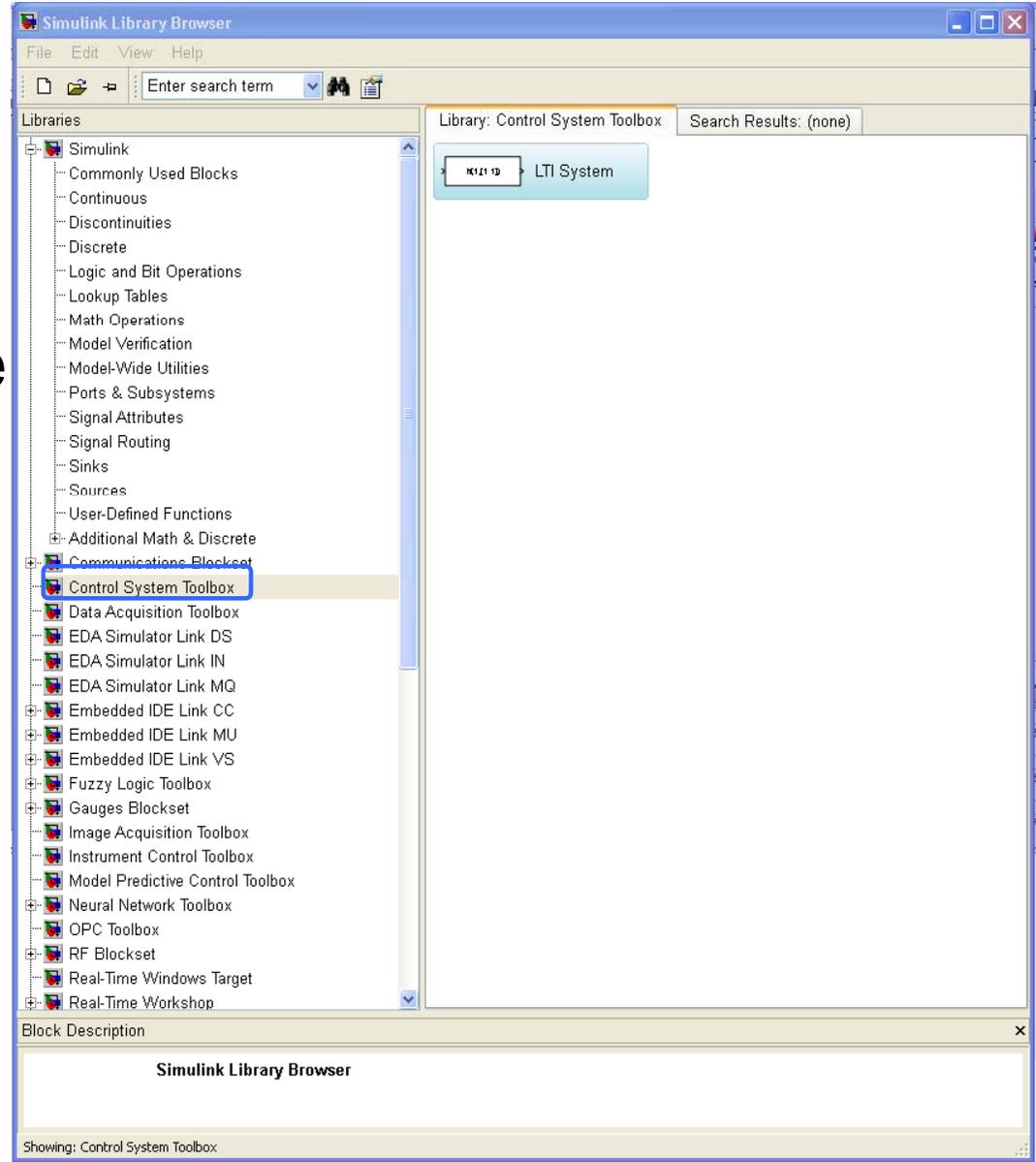
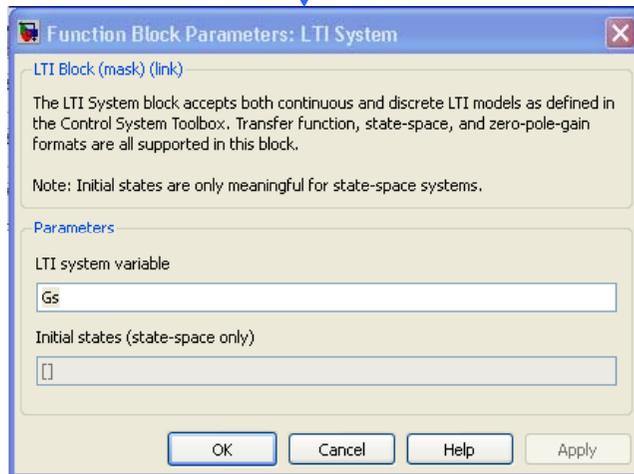
 $(s+27.61) (s-2.558) (s+2.047) (s+0.8991)$

Simulink e Control System Toolbox

- Il Control system Toolbox fornisce un blocchetto Simulink tramite il quale è possibile inserire direttamente una funzione di trasferimento

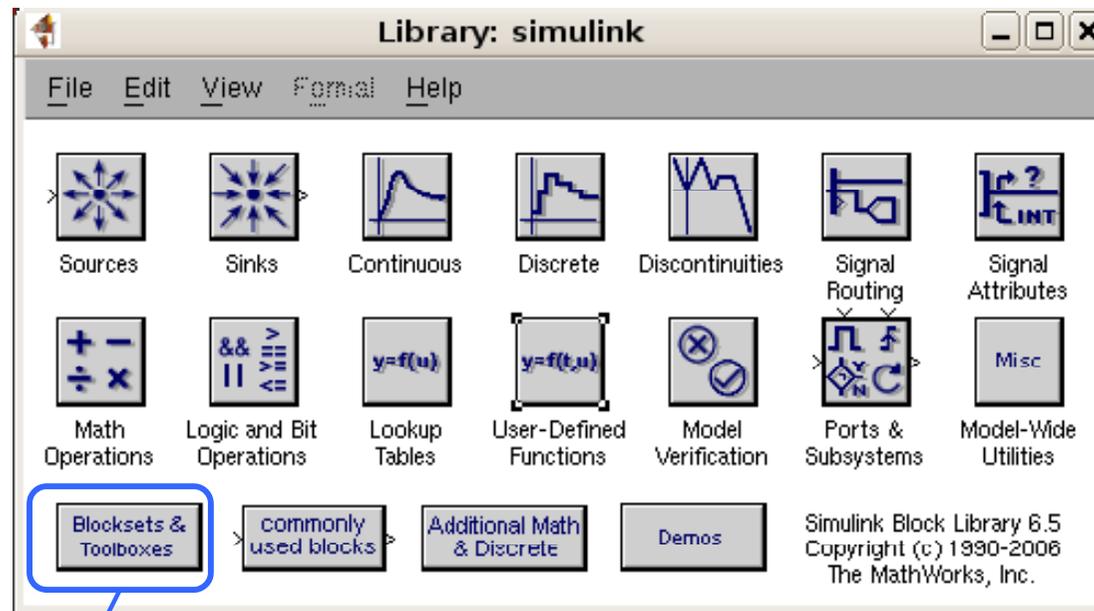


Doppio click

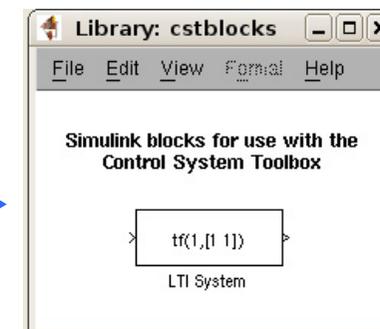
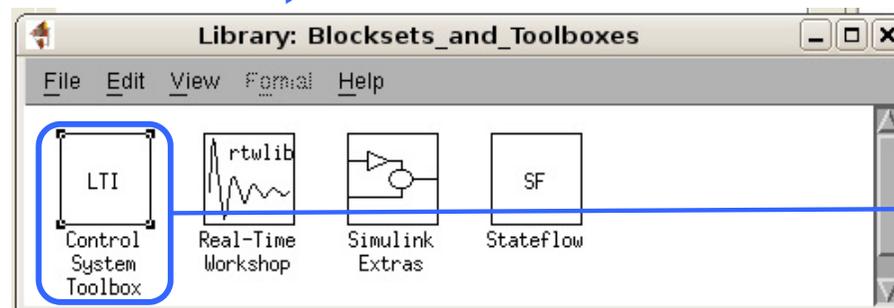


Control system toolbox in ambiente Linux

- In ambiente Linux, le librerie di Simulink appaiono come in figura (mentre nulla cambia nei comandi Matlab tra la versione Windows, la versione Linux e quella Mac)



- In particolare per ritrovare il blocchetto LTI del control system toolbox occorre andare in **Blocksets & Toolboxes** e quindi **Control System Toolbox**



TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

<http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/TeoriaSistemiControllo.html>

INTRODUZIONE AL CONTROL SYSTEM TOOLBOX

Ing. Luigi Biagiotti

e-mail: luigi.biagiotti@unimore.it

<http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti>