CONTROLLI AUTOMATICI
Ingegneria Meccanica e Ingegneria del Veicolo

http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/ControlliAutomatici.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
    - <u>Come funzione di trasferimento</u>
    - 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

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

```
>> 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 = 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.

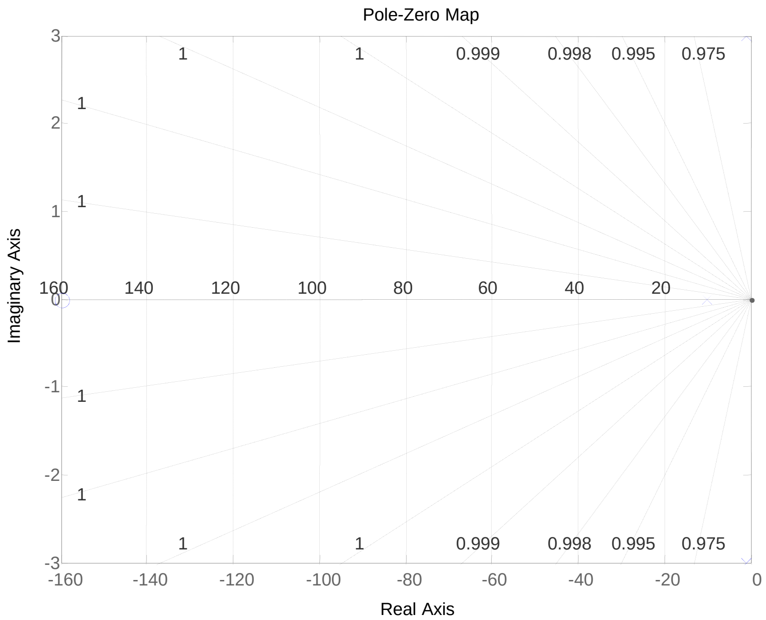
- **`Minreal`** permette di calcolare la realizzazione minima di una f.d.t.

```
>> 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

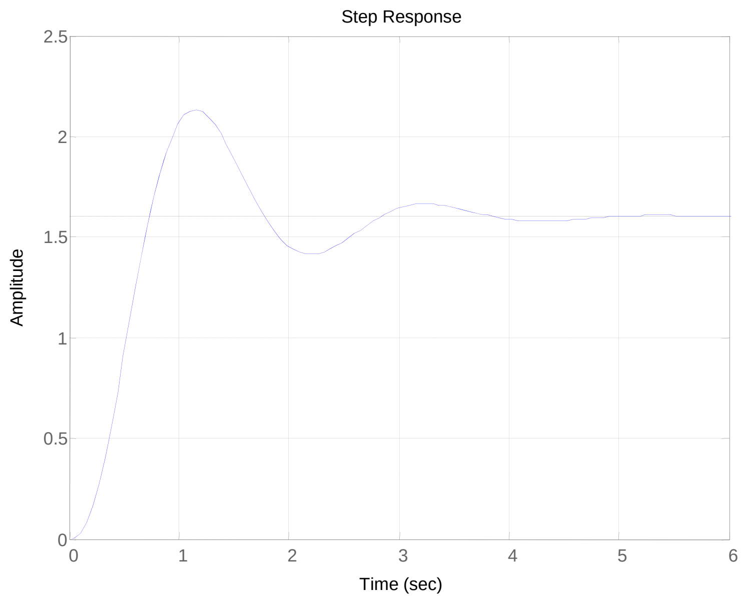
- Comandi per generare risposte temporali
  - **step** Risposta al gradino unitario
  - **Impulse** Risposta ll'impulso di Dirac
  - **lsim** Risposta a un ingresso generico (definito mediante vettore dell'asse dei tempi e vettore dell'ingresso)

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

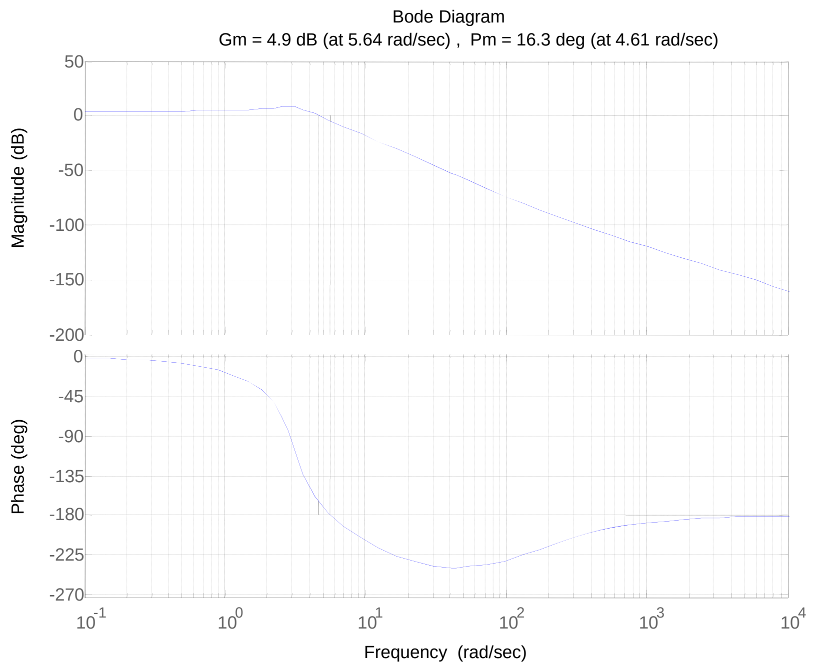
```
>> [ModGj10,ArgGj10]=Bode(G3,10)

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)

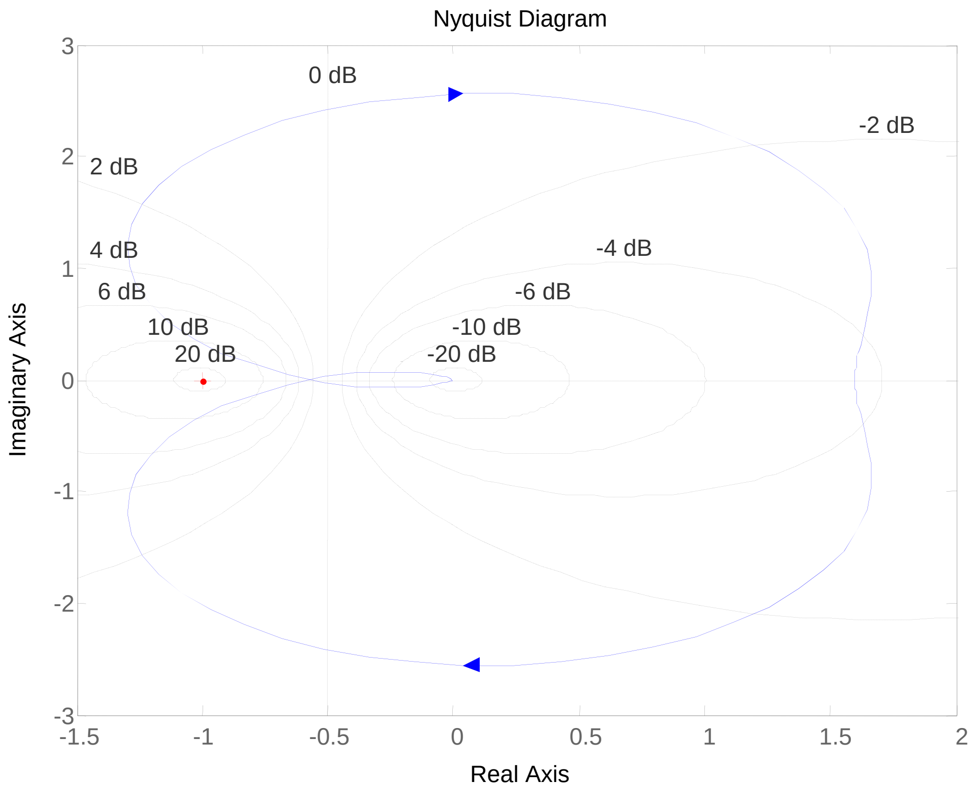
```
>> bode(G3)
>> grid
>> margin(G3)
```



Diagrammi di Nyquist

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

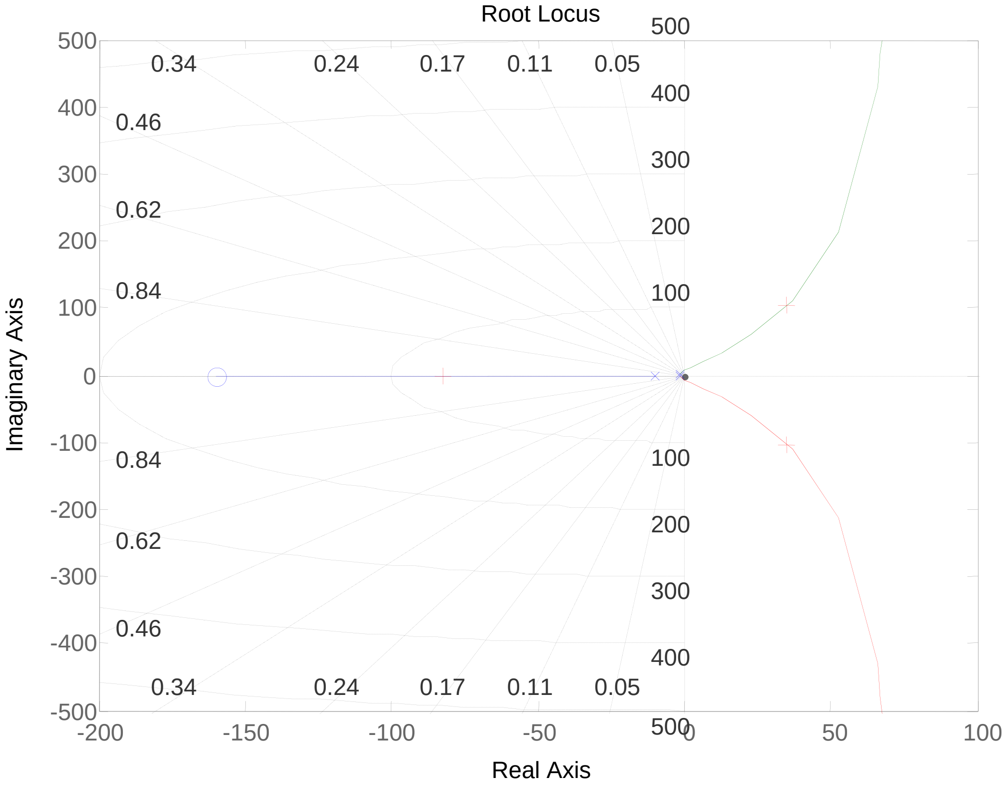
```
>> nyquist(G3)
>> grid
```



Luogo delle radici

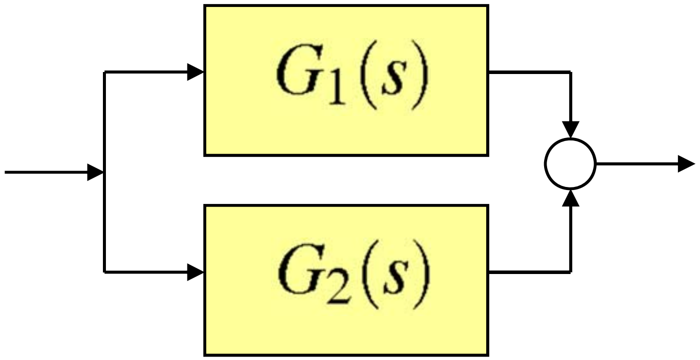
- Comandi per il plottaggio del luogo delle radici
  - **rlocus(G3)** plottaggio del luogo delle radici
  - **sgrid** tracciamento della griglia
  - **rlocfind(G3)** dopo avere tracciato il luogo delle radici consente di scegliere il guadagno **k** del regolatore tale per cui il sistema in retroazione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



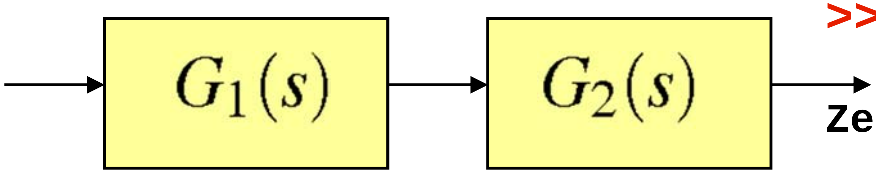
Interconnessione di sistemi

- Parallelo



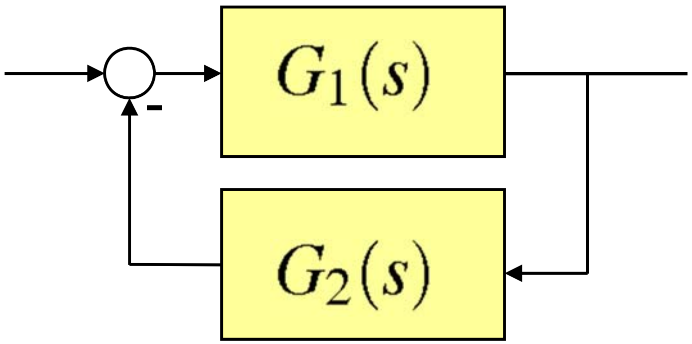

```
>> Gtot = G1+G2

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)
```

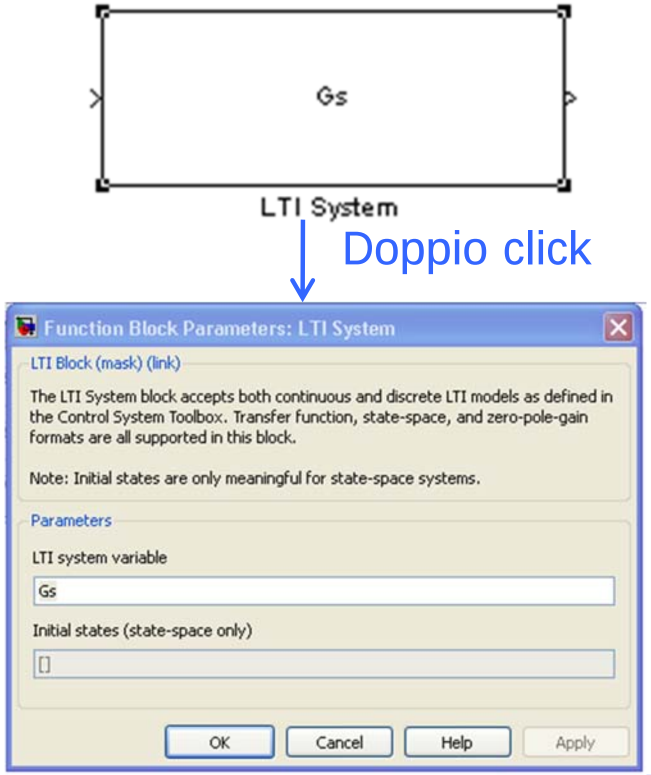
- Retroazione

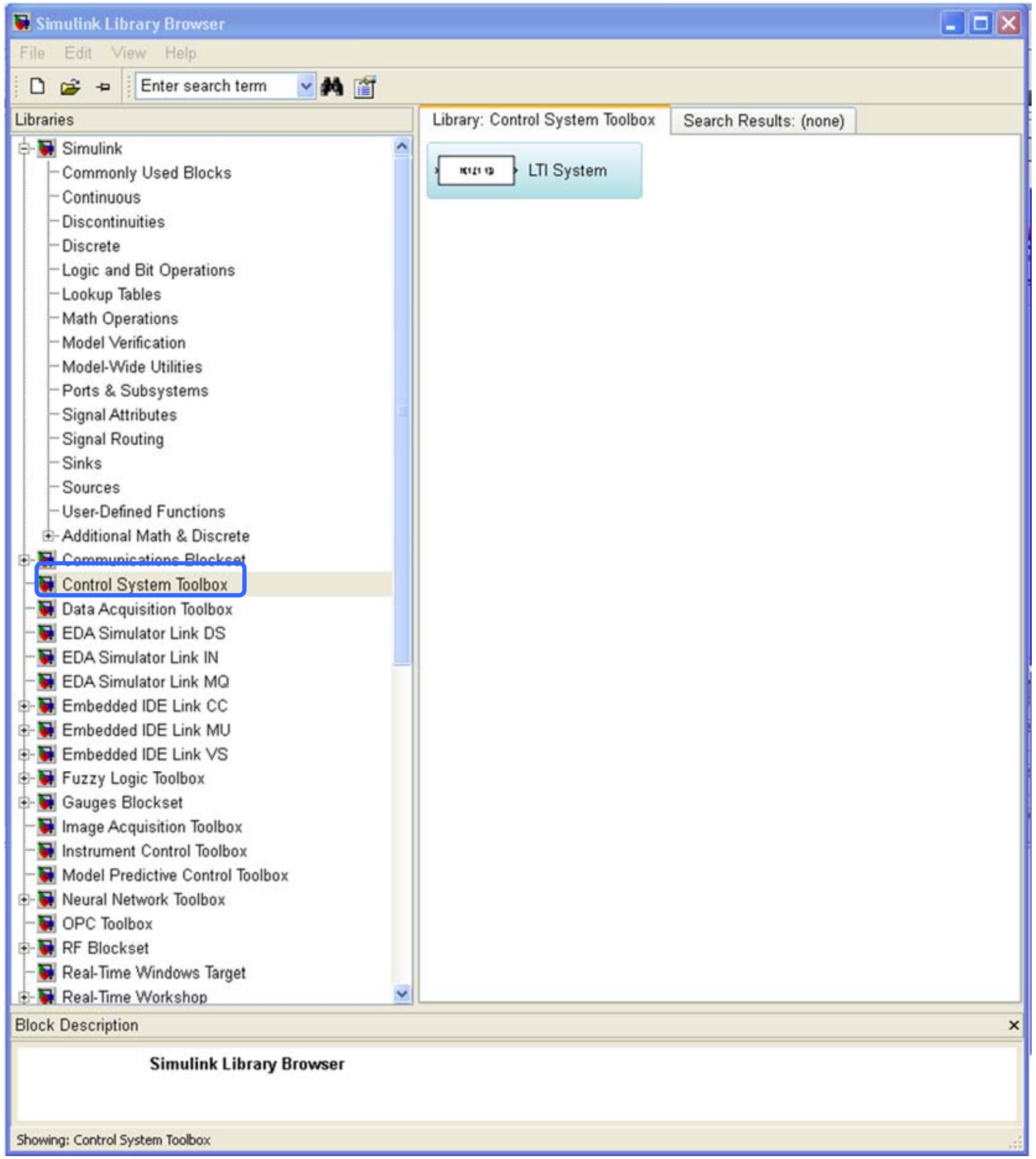



```
>> Gtot = feedback(G1,G2)

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

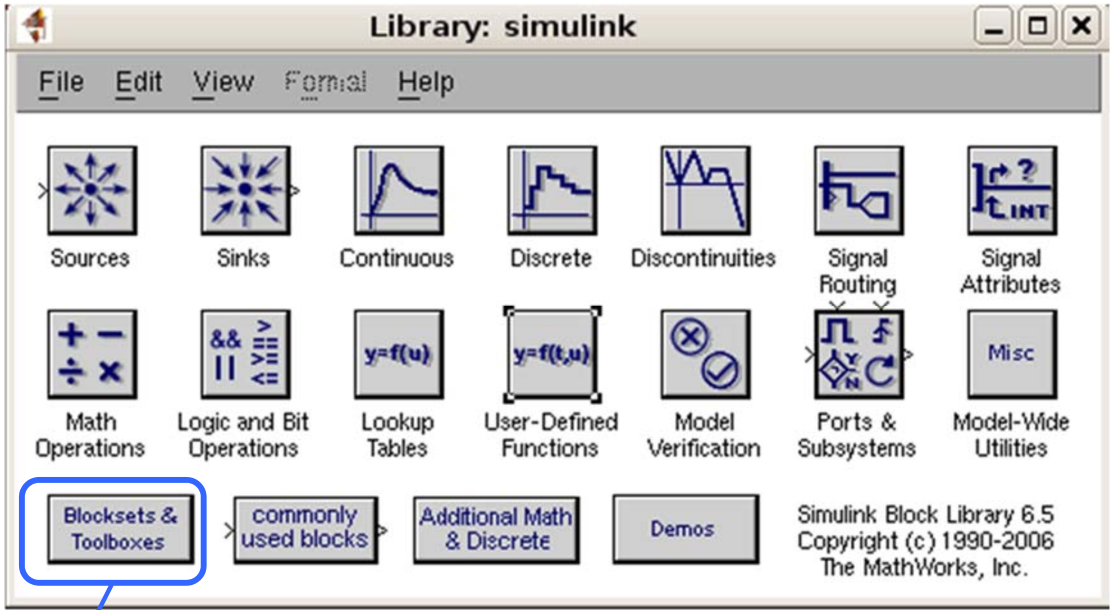
- Il Control system Toolbox fornisce un blocchetto Simulink tramite il quale è possibile inserire direttamente una funzione di trasferimento



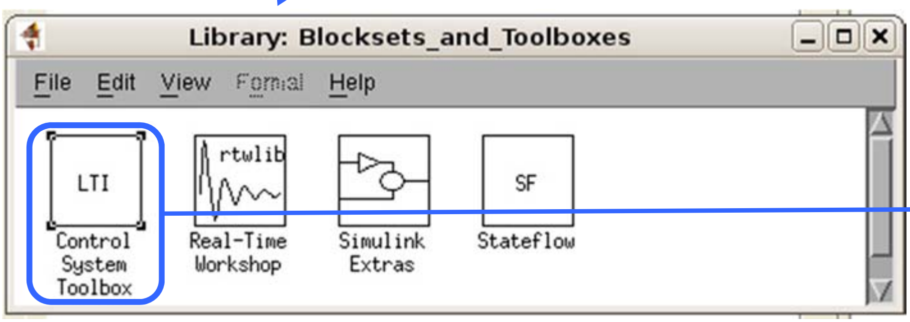


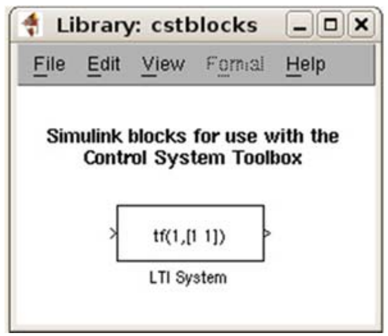
Control system toolbox in ambiente Linux

- 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**





CONTROLLI AUTOMATICI
Ingegneria Meccanica e Ingegneria del Veicolo

http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/ControlliAutomatici.html

INTRODUZIONE AL CONTROL SYSTEM TOOLBOX

Ing. Luigi Biagiotti

e-mail: luigi.biagiotti@unimore.it

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