ESEMPI DI ANALISI DI SISTEMI LINEARI TEMPO-INVARIANTI CON LA CONTROL SYSTEM TOOLBOX DI MATLAB

Comandi base di MATLAB control system toolbox:
definire una funzione di trasferimento chiamandola f1
f1=tf([coeff. num. in ordine potenza di s decresc.], [coeff. den.])
definire una funzione di trasferimento ff prodotto di 3 funzioni f1, f2, f3, **ff=f1*f2*f3**
calcolare la funzione di trasferimento in ciclo chiuso data la funzione in catena diretta g e la retroazione h chiamando il risultato gc
gc=feedback(g,h)
idem come sopra con retroazione unitaria h=1
gc=feedback(g,1)
trovare i poli di una funzione di trasferimento g
damp(g)
tracciare il diagramma di Bode di una funzione di trasferimento g
bode(g)
idem come sopra definendo il campo di frequenza (rad/s) tra omega_min e omega_max che si desidera visualizzare
bode(g,{omega_min,omega_max})
tracciare i diagrammi di Bode di 3 funzioni di trasferimento g1, g2, g3 sovrapposti
bode(g1,g2,g3)
tracciare il diagramma di Bode di una funzione di trasferimento g e calcolarne margini di fase e di guadagno
margin(g)
cancellare tutte le definizioni effettuate
clear
listare tutte le variabili
who
attivare l'ambiente di visualizzazione dei sistemi lineari
ltiview

SEMPLICI ESERCIZI SVOLTI O DA SVOLGERE CON MATLAB

<u>Esercizio</u>
Data la f.t. G (v. funzione sottostante), calcolar i valori di MF e MG

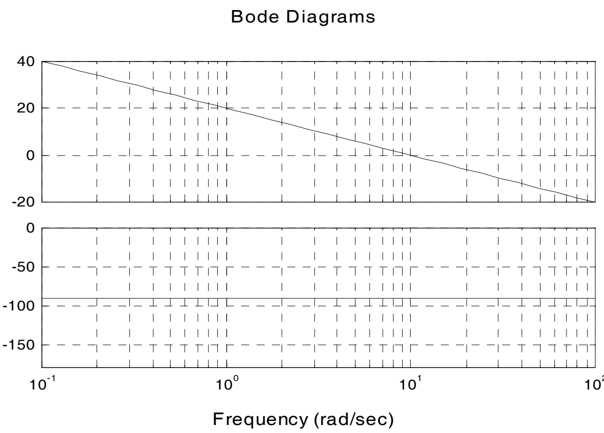
Data la funzione di trasferimento

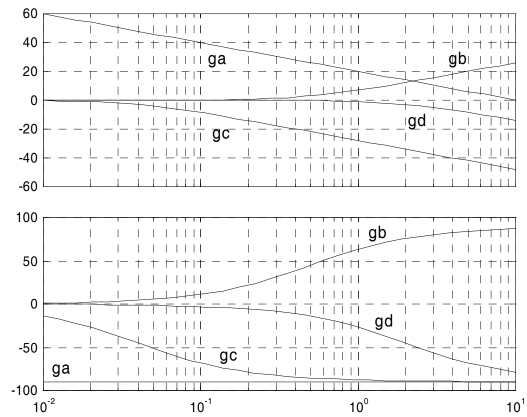
$$G = \frac{10(2s+1)}{s(25s+1)(0{,}5s+1)}$$

vengono definite le 4 funzioni di trasferimento parziali

$$GA = \frac{10}{s}, \quad GB = (2s+1), \quad GC = \frac{1}{(25s+1)}, \quad GD = \frac{1}{(0{,}5s+1)}$$

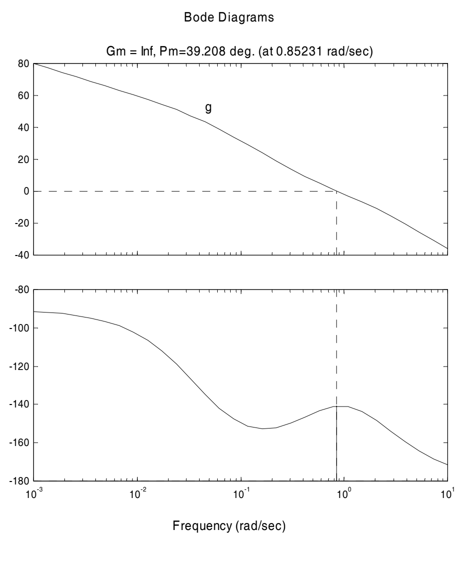
con i comandi (rispettare le maiuscole/minuscole) **ga=tf(10,[1,0]), gb=tf([2,1],1), gc=tf(1,[25,1]), gd=tf(1,[0.5,1])**
e viene definita la G come prodotto delle 4 parziali col comando **g=ga*gb*gc*gd.**
I diagrammi di Bode delle funzioni parziali si ottengono o separatamente coi comandi **bode(ga)**





bode(gb), bode(gc), bode(gd), o sovrapposti col comando **bode(ga,gb,gc,gd)**

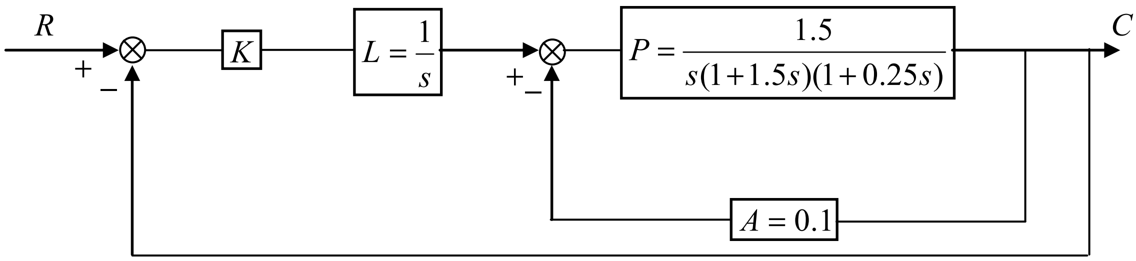
Il diagramma di Bode della funzione G e i margini di fase e guadagno si ottengono col comando **margin(g)**



Osservazione: perché il margine di guadagno MG è infinito ?
Si poteva prevedere questo risultato guardando l'espressione della f.t. *G* ?

Esercizio
Data il sistema dinamico rappresentato in figura:

1) *determinare l'espressione della F.T. C/R in ciclo aperto*
2) *determinare il valore del guadagno K che porta il sistema al limite di stabilità*
3) *determinare l'intervallo di valori di K che fornisce un MF compreso fra 30° e 60°*



1) Si determina la funzione di trasferimento P della catena diretta dell'anello interno definendo

$$GA = \frac{1.5}{s}, \quad GB = \frac{1}{(1.5s+1)}, \quad GC = \frac{1}{(0.25s+1)}$$

con i comandi **ga=tf(1.5,[1,0]), gb=tf(1,[1.5,1]), gc=tf(1,[0.25,1]), p=ga*gb*gc**
e da questa la FT in ciclo chiuso M dell'anello interno **emme=feedback(p,0.1)**
La funzione di trasferimento G dell'anello completo in ciclo aperto, posto

$$L = \frac{1}{s}$$

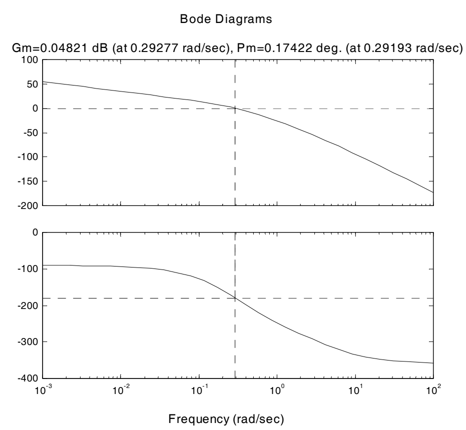
si ottiene definendo **elle=tf(1,[1,0])** e **gca=elle*emme**. Si ottiene

Transfer function:

```
                  1.5
---------------------------------------------
0.375 s^4 + 1.75 s^3 + s^2 + 0.15 s
```

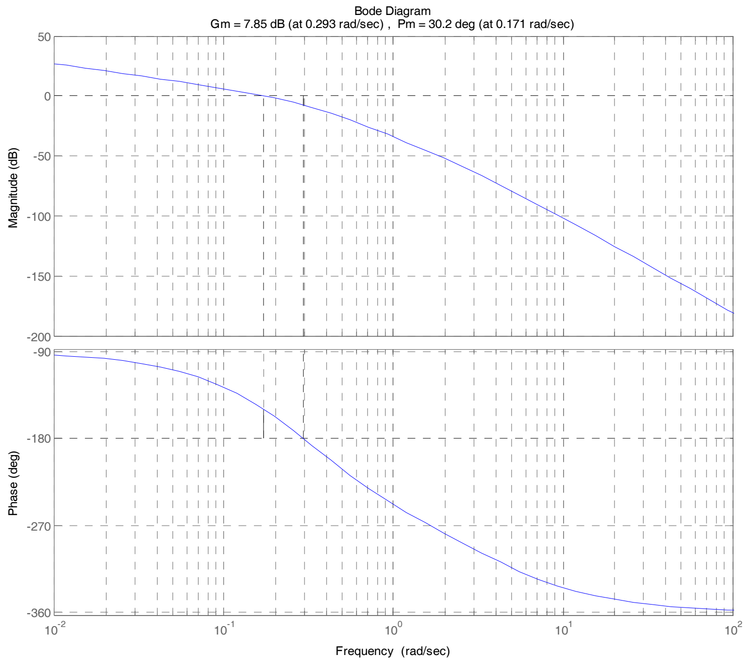
2) Con il comando **margin(gca)**, si determina un MG di -25.1 dB (Attenzione: sistema INSTABILE, per K=1), corrispondente a un valore di Klim (al limite di stabilità) di circa 0.0553

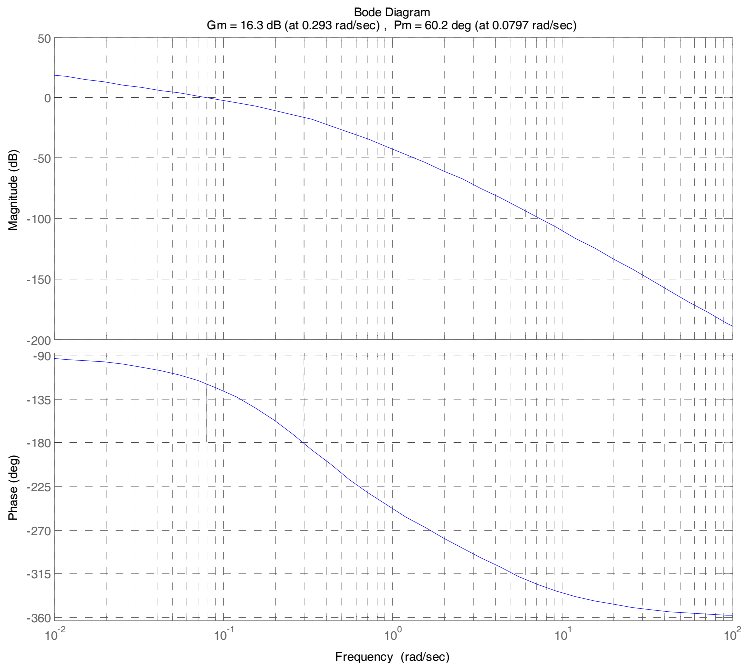
Per verificare la stabilità del sistema si calcola il margine di fase di **gcalim=Klim*gca** G con il comando **margin(gcalim)**, e si vede che il margine di fase e il MG sono quasi nulli (limite di stabilità).



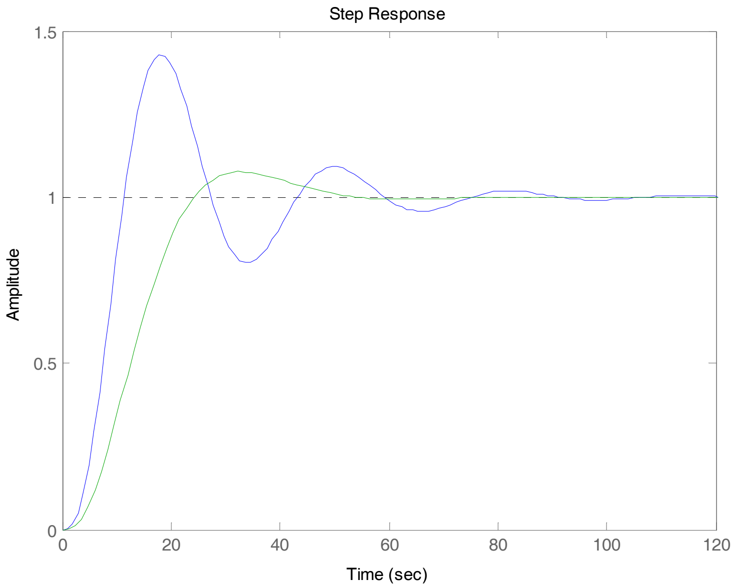
Con lo strumento **ltiview**, applicato al sistema "**gca**" si determinano: a) le frequenze per cui la fase vale -150° e
-120° (corrispondenti, se fossero omega di taglio, a MF di 30° e 60° rispettivamente): per queste due frequenze, nel diagramma delle ampiezze, si determinano i guadagni (positivi) della FT **gca**. Per portare il sistema ad avere i MF richiesti, sarà necessario diminuire il guadagno globale della FT di tali valori.
(soluzione (dati approssimati!): per MF=30° (fase=-150°), la pulsazione è: 0.17 rad/s, il guadagno è: 33 db, per cui il guadagno è ***K***=0.0224 (cioè -33 db); per MF=60° (fase=-120°), la pulsazione è: 0.08 rad/s, il guadagno è: 41.2 db, per cui il guadagno è ***K***=0.0085 (cioè -41.2 db)).

Nelle figure sottostanti sono mostrati i diagrammi di bode delle FT con i due guadagni calcolati (verificare la correttezza dei propri risultati)





Nella figura sottostante sono mostrati gli andamenti delle risposte a step dei due sistemi in ciclo chiuso ottenuti dai sistemi in ciclo aperto precedenti. Quale è la risposta del sistema con MF= 30°? Come si fa a capirlo ? Perché il valore finale è unitario ? Perché esso non cambia al cambiare del guadagno del sistema in c.a.?



Esercizio svolto: esempi di inserimento di semplici reti di correzione

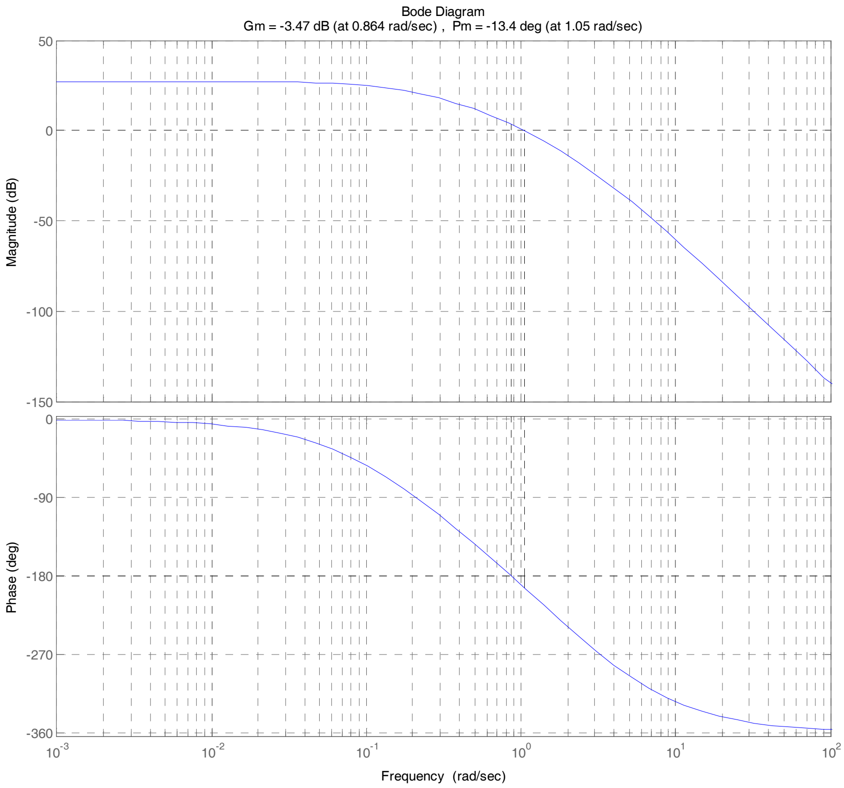
E' data la FT di un sistema

$$g = \frac{22.4}{(1+7.25s)(1+2s)(1+0.58s)(1+0.25s)}$$

che viene definita in MATLAB con i seguenti comandi **a1=22.4, a2=tf(1,[7.52,1]), a3=tf(1,[2,1]), a4=tf(1,[0.58,1]), a5=tf(1,[0.25,1]), g=a1*a2*a3*a4*a5.**
Il diagramma di Bode e i margini di fase e di guadagno di ottengono con il comando **margin(g)** (v. figura sottostante).
Se si inserisce la g in un ciclo chiuso il sistema che si ottiene è instabile (DOMANDA: come si fa a capirlo?).

La FT ***g*1** del sistema in ciclo chiuso, con retroazione unitaria, si ottiene con il comando **g1=feedback(g,1)**. I poli di *g*1, si ottengono con il comando **pole(g1)**. Si ottengono 4 poli (-3.2631+0.1948i, -3.2631-0.1948i, 0.0846+0.9985i, 0.0846-0.9985i). (DOMANDA: da questo risultato si potrebbe capire se il sistema in c.c. è stabile o no ?)

Si introduce una rete di correzione proporzionale inserendo nella catena diretta un guadagno *cp*=0.2. La FT in ciclo aperto *GCP* si ottiene coi comandi: **cp=0.2**, **gcp=cp*g**. La corrispondente FT in ciclo chiuso con il comando **g1cp=feedback(gcp,1)** (DOMANDA: **g1cp** è stabile o no ? Come si fa a capirlo?)



Si introduce in alternativa alla precedente una rete di correzione proporzionale-integrale inserendo nella catena diretta una FT

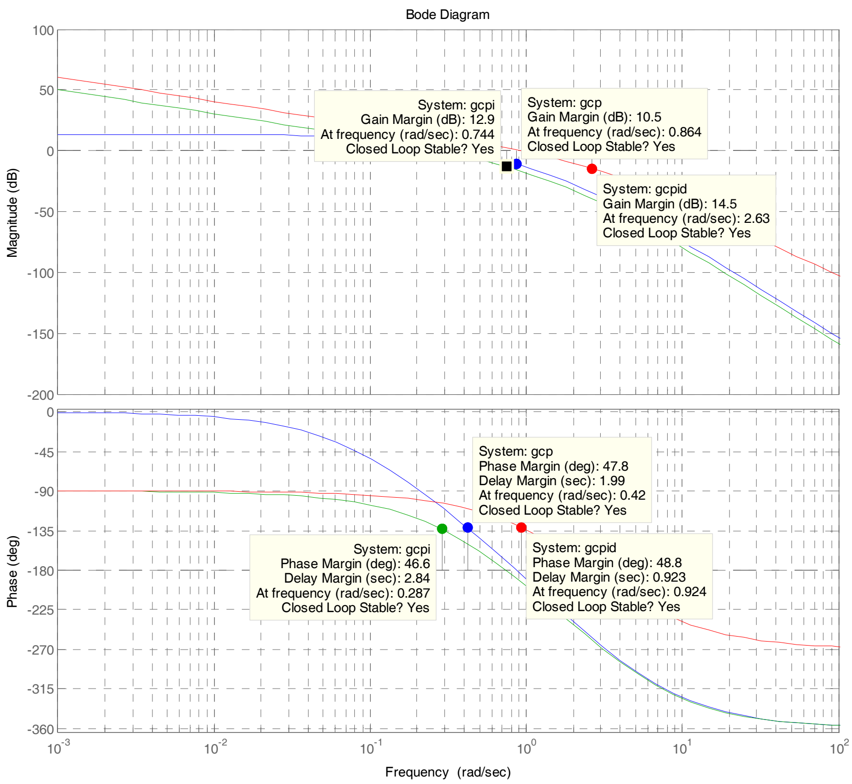
$$cpi = \frac{0.015(1+7.52s)}{s}$$

che viene definita con i comandi MATLAB: **cpia=tf(0.015,[1,0])**, **cpib=tf([7.52,1],1)**, **cpi=cpia*cpib**. La FT in ciclo aperto *gcip* si ottiene col comando **gcpi=cpi*g**. La FT in ciclo chiuso con il comando **g1cpi=feedback(gcpi,1).** (DOMANDA: **g1cpi** è stabile o no ? Pensare ad almeno DUE modi diversi per rispondere alla precedente domanda)

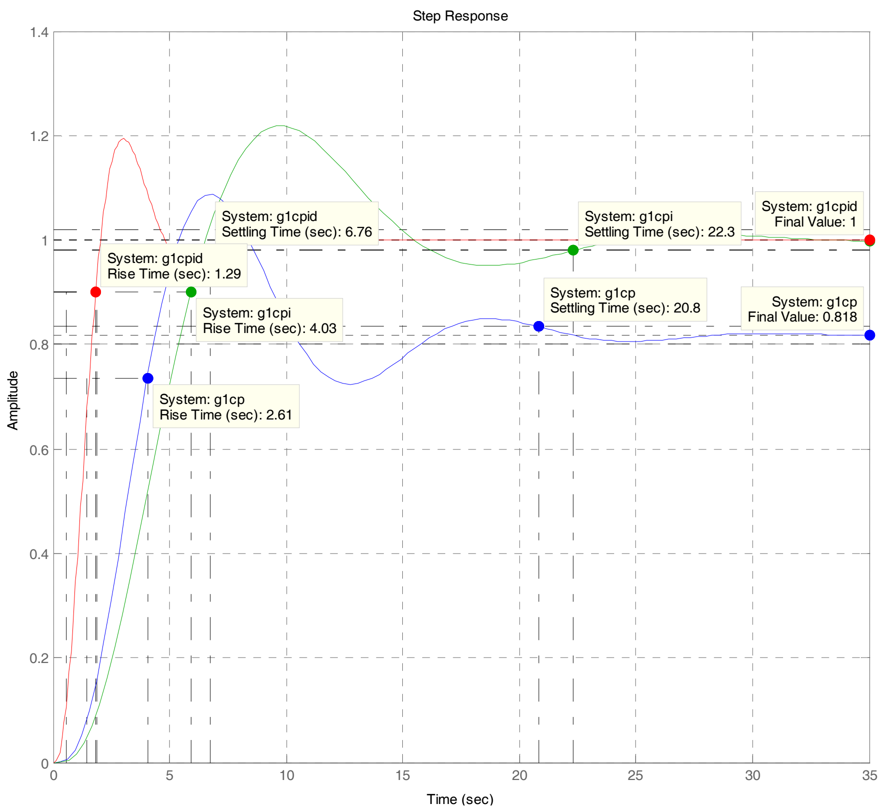
Si introduce in alternativa alle precedenti una rete di correzione proporzionale-integrale-derivativa inserendo nella catena diretta una FT

$$cpid = \frac{0.048(1+7.52s)(1+2s)}{s}$$

che viene definita con i comandi MATLAB: **cpida=tf(0.048,[1,0])**, **cpidb=tf([7.52,1],1)**, **cpidc=tf([2,1],1)**, **cpid=cpida*cpidb*cpidc**. La FT in ciclo aperto *gcpid* si ottiene col comando **gcpid=cpid*g**. La FT in ciclo chiuso con il comando **g1cpid=feedback(gcpid,1).**
I diagrammi di Bode delle tre FT corrette in ciclo aperto si ottengono con il comando **bode(gcp,gcpi,gcpid).** (v. figura sottostante)



Le risposte nel tempo per ingresso a gradino delle rispettive funzioni in ciclo chiuso possono esser visualizzate con il comando **step(g1cp,g1cpi,g1cpid)** e poi con menù a tendina e selezioni facendo comparire i dati quantitativi relativi alle tre curve di risposta. (v. figura sottostante)



<u>DOMANDA: discutere la correlazione (in termini di risposta transitoria e a regime) fra gli andamenti delle risposte a gradino dei cicli chiusi e quelli delle risposte in frequenza dei cicli aperti.</u>