Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

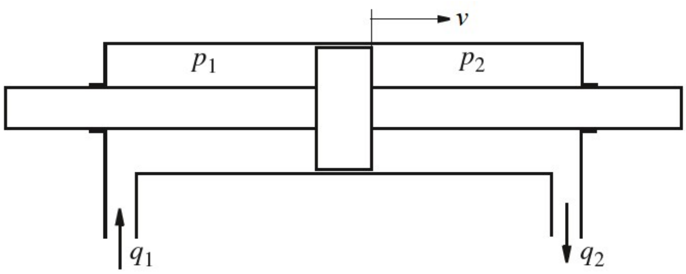
Prova MATLAB (1) – 7 giugno 2022 – Testo A

Istruzioni per lo svolgimento: lo studente deve consegnare al termine della prova una cartella nominata Cognome_Nome, contenente:

1. Un Matlab script file (i.e. file di testo con estensione .m) riportante i comandi eseguiti e la risposta alle eventuali richieste teoriche sotto forma di commento (i.e. riga di testo preceduta dal simbolo %)
   NOTA: per copiare i comandi dalla Command History, visualizzarla tramite menu “Layout → Command History → Docked”, selezionare in tale finestra le righe di interesse tramite *Ctrl+mouse left-click* e dal menu visualizzato tramite *mouse right-click* selezionare “create script”
2. Le figure rilevanti per la dimostrazione dei risultati ottenuti in **formato JPEG o PNG** avendo cura di salvare i file delle figure quando queste mostrano le caratteristiche di interesse per la verifica del progetto (i.e. Settling Time, Stability Margins, ecc.).
   NOTA: per salvare una figura Matlab in formato PNG o JPG, usare il menu “File → Save as” dalla finestra della figura di interesse, assegnarle un nome e selezionare l’estensione *.PNG o *.JPG nel menu a tendina “salva come”, avendo cura che le figure siano salvate quando queste mostrano le caratteristiche di interesse per la verifica del progetto

INTRODUZIONE

Si consideri il cilindro oleodinamico mostrato nella seguente figura:



il cui modello matematico (semplificato) è stato oggetto dei primi esercizi della prova scritta odierna (Testo B). Il modello esteso, del tipo

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t);\; y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

è inizializzato dallo script **`initAutomaticaTestoA.m`** fornito dal docente.

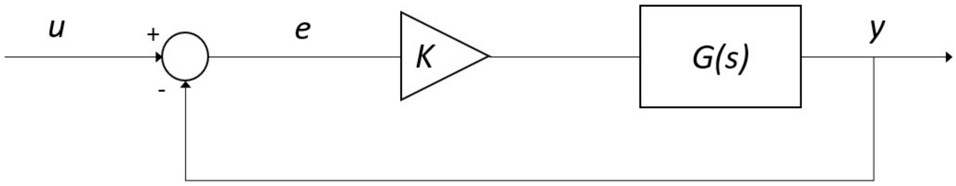
ESERCIZIO 1.

a) Dato il modello ottenuto nell’introduzione, si ricavi la funzione di trasferimento G(s) del sistema in esame.

b) Si determinino i poli della funzione di trasferimento e si verifichi se coincidono con gli autovalori di A. Descrivere il motivo di eventuali discrepanze tramite righe di commento (i.e. precedute dal simbolo %) sul file .m

ESERCIZIO 2

Si consideri il sistema in retroazione unitaria rappresentato in figura:

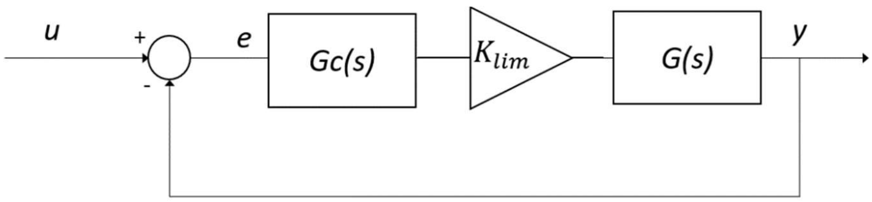


Con G(s) ricavata al punto a) dell'Esercizio 1.

a) Si verifichi se il sistema ad anello chiuso, con guadagno $K = 1$, risulti o meno stabile tramite l'analisi della risposta $y(t)$ al gradino unitario.
b) Si determini, se esiste, il valore del guadagno K_{lim} per il quale il sistema risulta semplicemente stabile, utilizzando il grafico del luogo delle radici della funzione G(s).
c) Si ponga $K_1 = 0.8\, K_{lim}$, si visualizzi l'andamento della risposta al gradino $y(t)$ del sistema chiuso in retroazione con tale guadagno e si determini il tempo d'assestamento al 5%.
d) Si determini il valore a regime della risposta al gradino $y(t)$ e si motivi il risultato tramite righe di commento (i.e. precedute dal simbolo %) sul file .m

ESERCIZIO 3

Si consideri il sistema rappresentato in figura



Con $G_c(s) = \frac{1+\tau_1 s}{1+\tau_2 s} = \frac{1+\tau s}{1+\alpha\tau s}$ rete <u>anticipatrice</u> ($\tau_2 < \tau_1$ o $\alpha < 1$), $G(s)$ ricavata dall'Esercizio 1 e K_{lim} ricavato al punto b) dell'Esercizio 2.

Si progetti la rete anticipatrice che garantisca un margine di fase $M_f = 30°$ utilizzando la procedura empirica riportata nella dispensa FdA-3.1-RetiCorrettrici oppure il metodo delle formule di inversione (v. Appendice).

Per il metodo con le formule di inversione si possono sfruttare i grafici ottenuti con la funzione **`leadNetDesignBode.m`** fornita dal docente, che evidenzia l'intervallo di pulsazioni che costituiscono la regione di realizzabilità della rete anticipatrice.

Per dimostrare il completamento del progetto:

a) Si determinino i coefficienti τ_1 e τ_2 (o τ e α) della rete anticipatrice e si verifichi che valga $\tau_2 < \tau_1$ (o $\alpha < 1$)
b) Si visualizzino in un'unica figura i diagrammi di Bode del sistema non compensato e del sistema compensato, evidenziando i relativi margini di fase;
c) Si verifichi la risposta al gradino del sistema compensato e chiuso in retroazione e se ne determini il tempo d'assestamento al 5%.

APPENDICE (formule d'inversione)

$$\tau_1 = \frac{M^* - \cos\varphi^*}{\omega^* \sin\varphi^*}$$

$$\tau_2 = \frac{\cos\varphi^* - \frac{1}{M^*}}{\omega^* \sin\varphi^*}$$

$\boldsymbol{\varphi}^* = -180° + \mathbf{M_F} - \arg[G(j\omega^*)]$

$\mathbf{M}^* = 1 / |G(j\omega^*)|$

NOTA BENE: si ricordi che in MATLAB le funzioni trigonometriche da utilizzare con argomento espresso in gradi sono **`sind()`**/**`cosd()`**.

SOLUZIONE (traccia):

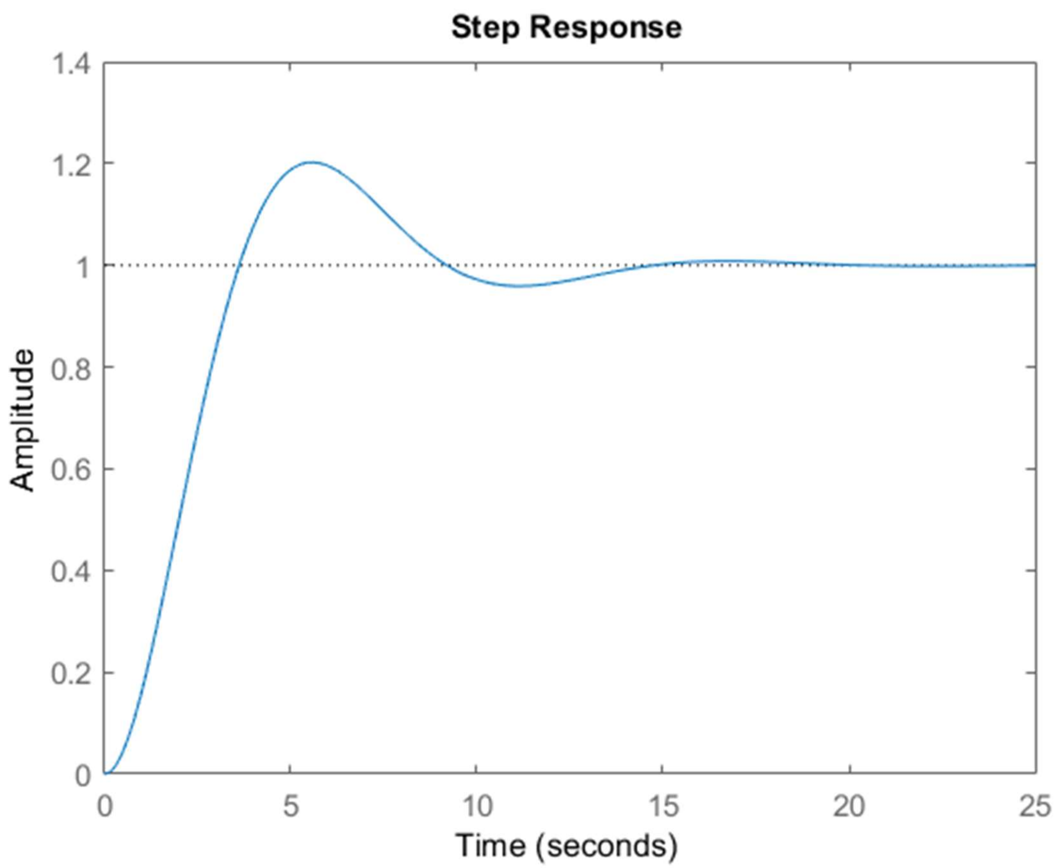
Contenuto di `initAutomaticaTestoA`

```
% Inizializzazione parametri
Cl=0.5;
Cf=1;
M=3;
V=2;
Ac=0.6;
beta=50;

% Inizializzazione matrici
A=[ 0 1 0 0;
    0 -Cf/M Ac/M -Ac/M;
    0 -Ac*beta/V -Cl*beta/V Cl*beta/V;
    0 Ac*beta/V -Cl*beta/V -Cl*beta/V]
B=[0;0;beta/V;-beta/V]
C=[1 0 0 0]
D=0
```

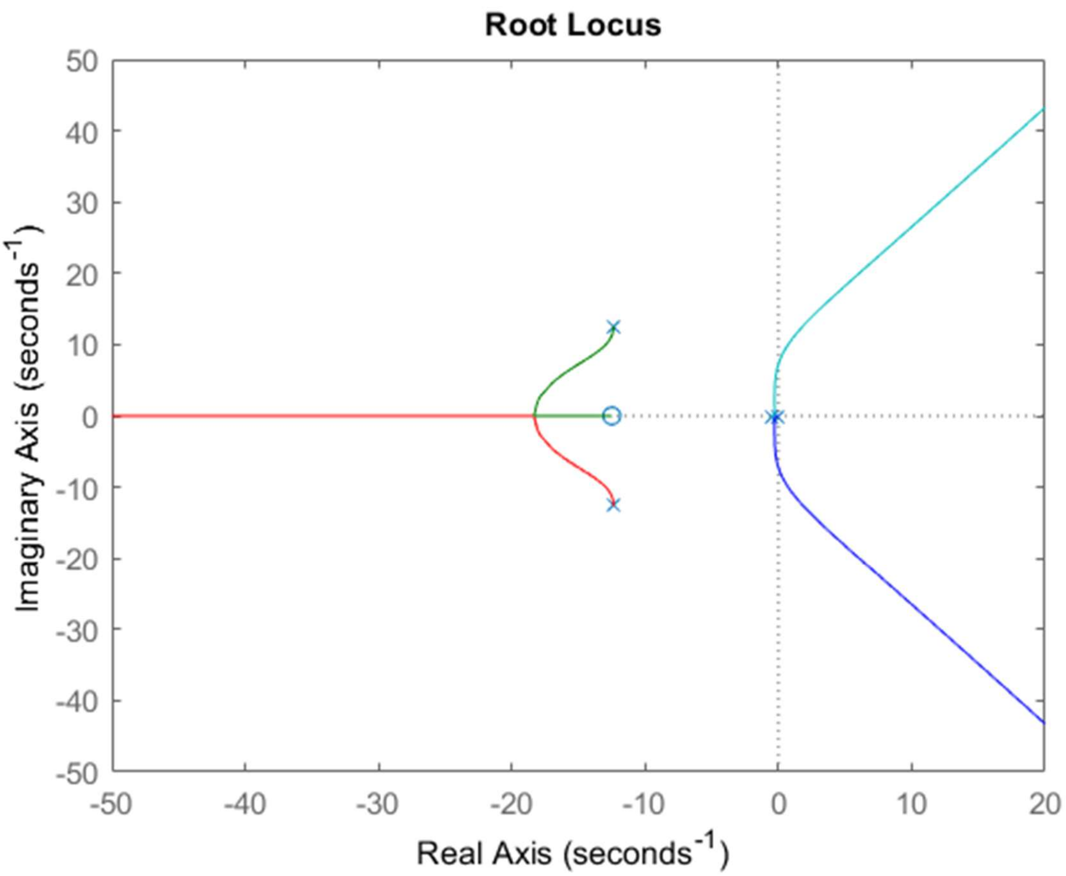
Svolgimento:

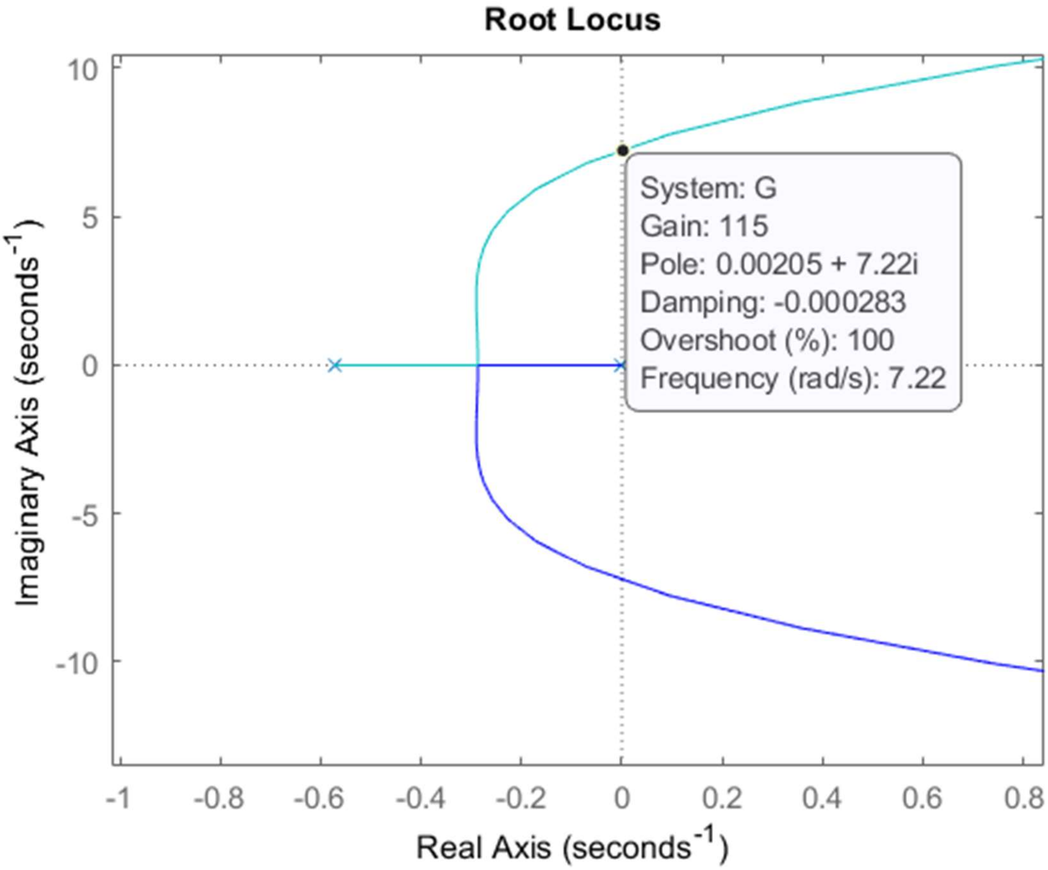
```
sys=ss(A,B,C,D)
G=tf(sys)

G =
                10 s + 125
  -------------------------------------
  s^4 + 25.33 s^3 + 326.8 s^2 + 179.2 s
```

```
pole(G)

ans =
    0.0000 + 0.0000i
 -12.3801 +12.6244i
 -12.3801 -12.6244i
  -0.5731 + 0.0000i

eig(A)

ans =
    0.0000 + 0.0000i
  -0.5731 + 0.0000i
 -12.3801 +12.6244i
 -12.3801 -12.6244i

% Poli e autovalori coincidono (sistema completamente controllabile e osservabile)

Gcl=feedback(G,1)

step(Gcl)
```

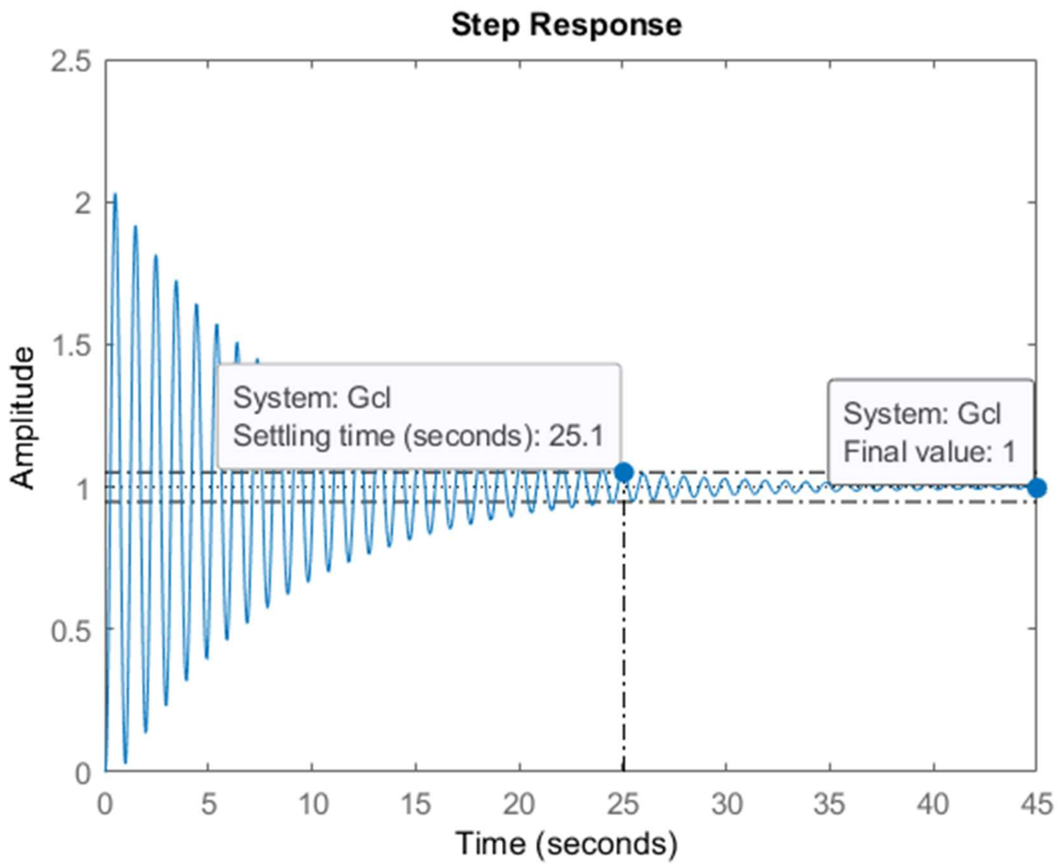


```
rlocus(G)
```

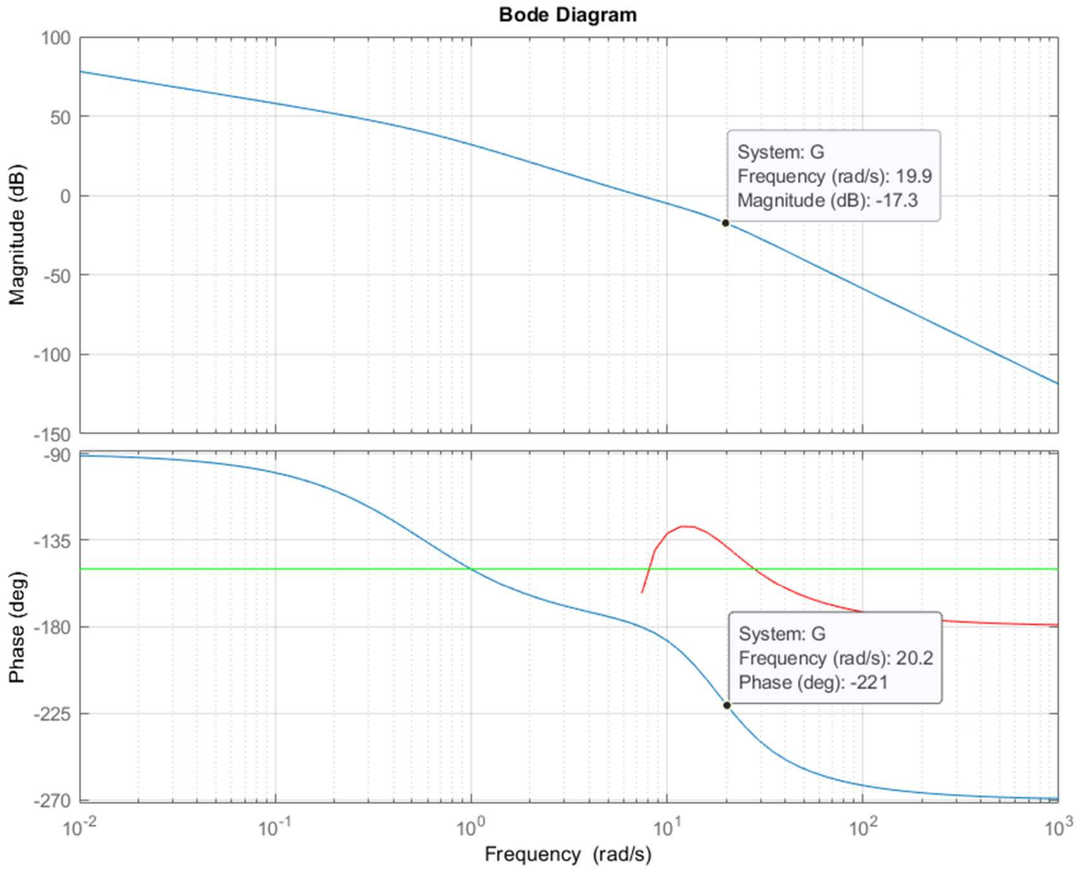

Root Locus
Imaginary Axis (seconds^{-1})
Real Axis (seconds^{-1})
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20



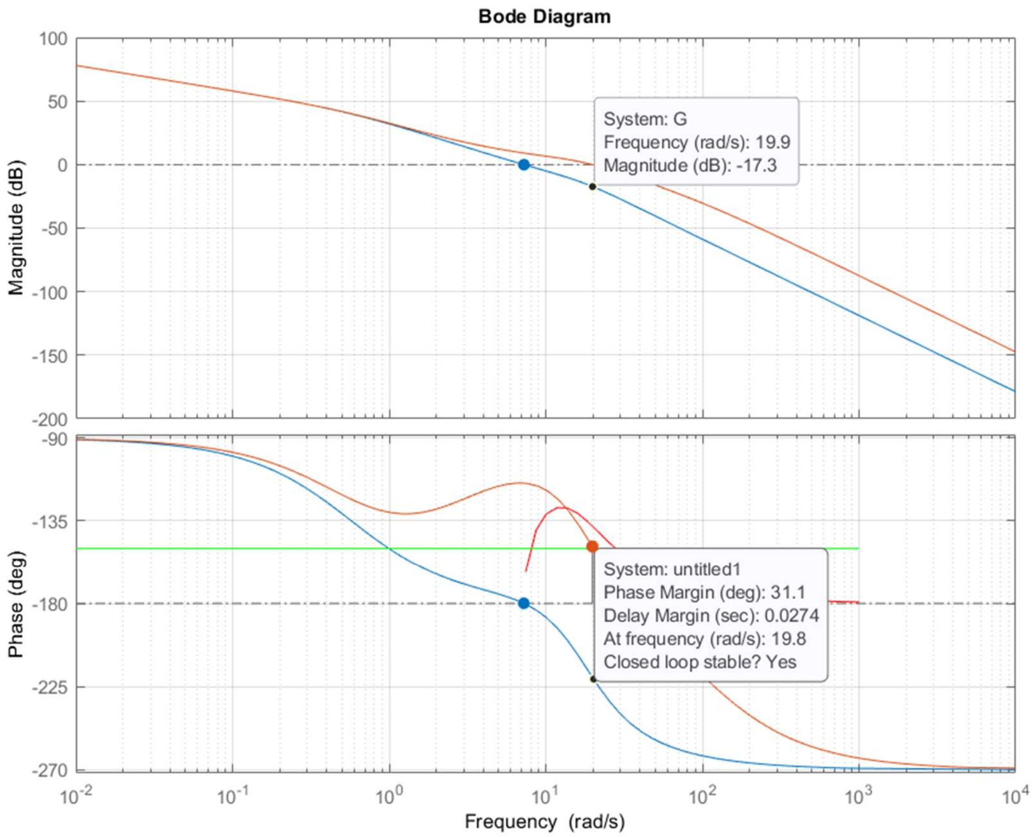

```
Klim = 115

Gcl=feedback(0.8*Klim*G,1)

step(Gcl)
```




```
% Valore a regime = 1 (errore nullo in risposta al gradino
unitario), perché il sistema è di tipo 1, cioè ha un polo
nell'origine)

leadNetDesignBode(Klim*G,30)

% Dal diagramma di Bode arricchito:


M=1/db2mag(-17.3)

phi=-180+30-(-221)

omega=20
```




```
tau1=(M-cosd(phi))/(omega*sind(phi))

tau2=(cosd(phi)-1/M)/(omega*sind(phi))

s=tf('s')

Gc=(1+tau1*s)/(1+tau2*s)

hold on

bode(Gc*Klim*G)
```




```
Gcl1=feedback(Gc*Klim*G,1)

figure
step(Gcl1)
```