Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

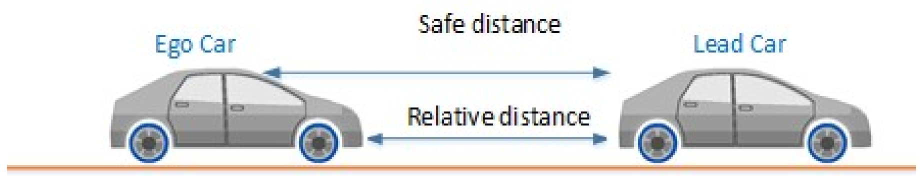
Prova MATLAB (1) – 7 giugno 2022 – Testo B

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 <u>la risposta alle eventuali richieste teoriche sotto forma di commento</u> (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** <u>avendo cura di salvare i file delle figure quando queste mostrano le caratteristiche di interesse per la verifica del progetto</u> (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”, <u>avendo cura che le figure siano salvate quando queste mostrano le caratteristiche di interesse per la verifica del progetto</u>

INTRODUZIONE

Si consideri il sistema di Adaptive Cruise Control (ACC) con interazione Vehicle-to-Vehicle (V2V) schematizzato nella seguente figura:



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

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

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

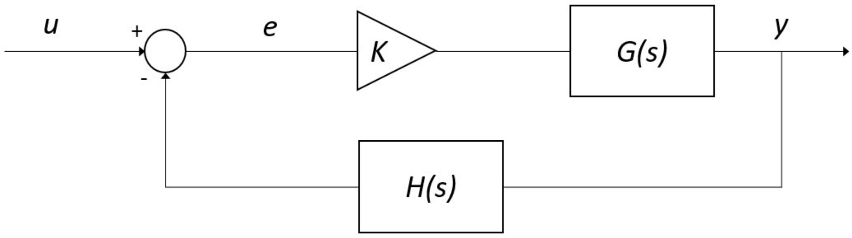
ESERCIZIO 1.

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 dall'Esercizio 1 e H(s) che è già stata inizializzata dallo script **`InitAutomaticaTestoB.p`**.

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.

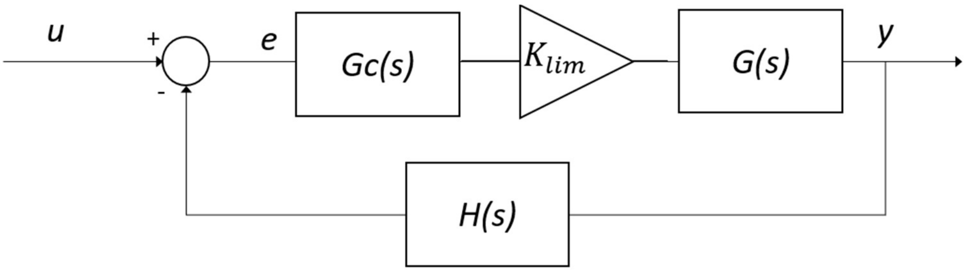
b) Si determini, se esiste, il valore del guadagno K_{lim} per il quale il sistema risulta semplicemente stabile, utilizzando il grafico del luogo delle radici della funzione G(s)*H(s).

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

Si progetti la rete ritardatrice 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 **`lagNetDesignBode.m`** fornita dal docente, che evidenzia l'intervallo di pulsazioni che costituiscono la regione di realizzabilità della rete ritardatrice.

Per dimostrare il completamento del progetto:

a) Si determinino i coefficienti τ_1 e τ_2 (o τ e α) della rete ritardatrice e si verifichi che valga $\tau_1 < \tau_2$ (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):

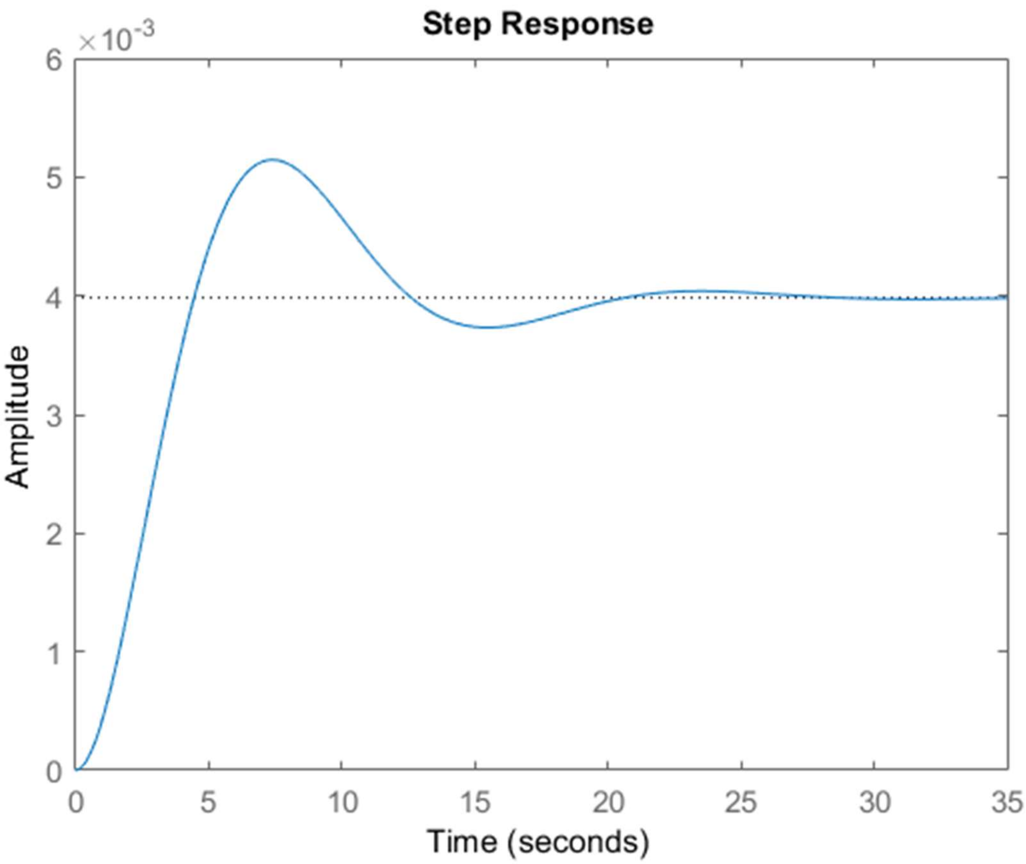
Contenuto di `initAutomaticaTestoB`:

```
% Inizializzazione parametri:
M_L = 1000;
M_E=800;
B_L=500;
B_E=300;
K=150;

% Inizializzazione matrici:
A = [ -B_L/M_L,        0,       0;
       0, -B_E/M_E, K/M_E;
       1,        -1,       0]
B=[1/M_L; 0; 0]
C=[0 0 1]
D=0

% Inizializzazione ramo di feedback:
s=tf('s');
H=1/(1+s*0.1)
```

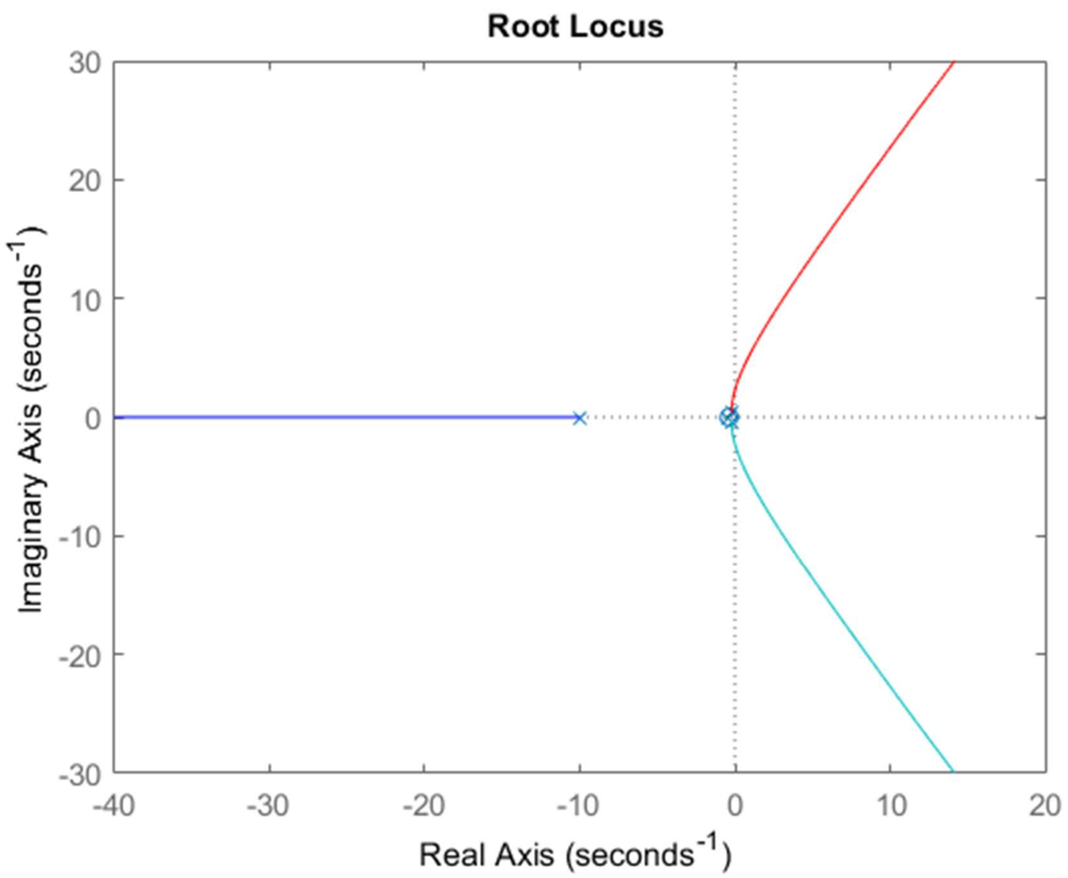
Svolgimento:

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

G=tf(sys)
G =
          0.001 s + 0.000375
  -----------------------------------
  s^3 + 0.875 s^2 + 0.375 s + 0.09375
```

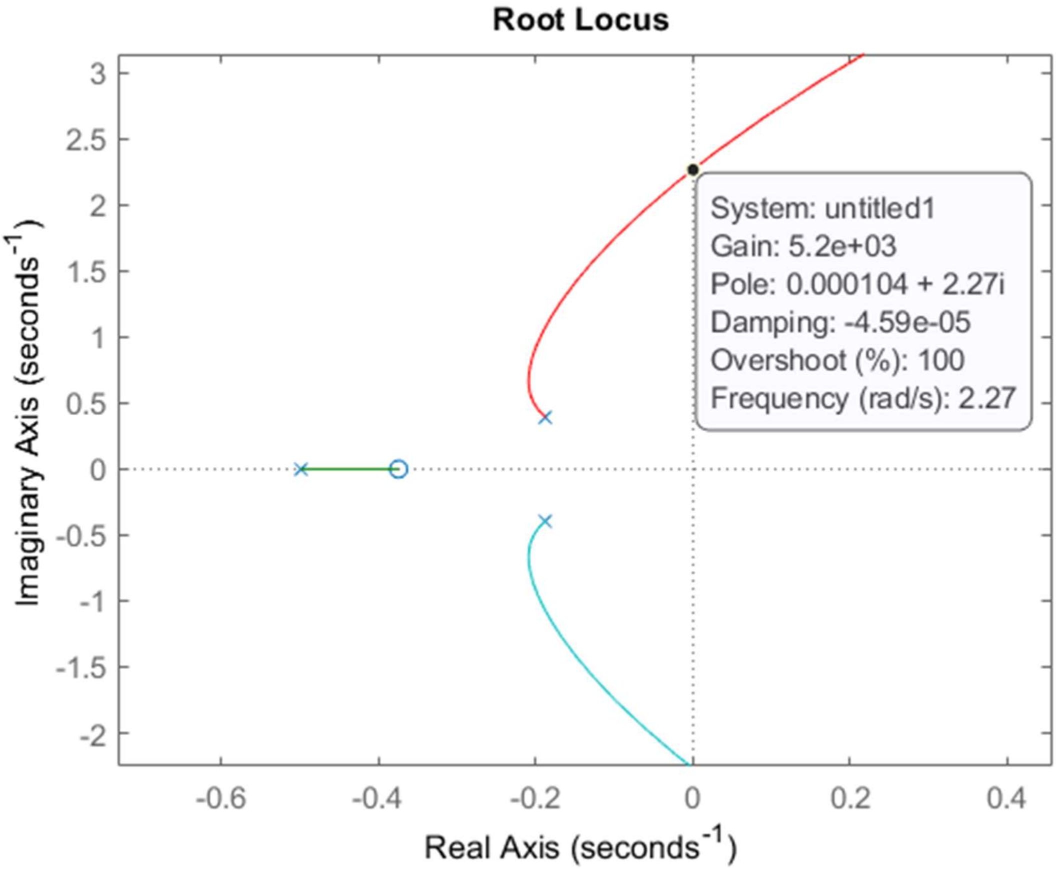
```
pole(G)

ans =

  -0.5000 + 0.0000i
  -0.1875 + 0.3903i
  -0.1875 - 0.3903i

eig(A)

ans =

  -0.1875 + 0.3903i
  -0.1875 - 0.3903i
  -0.5000 + 0.0000i
% Poli e autovalori coincidono (sistema completamente controllabile e osservabile)

Gcl=feedback(G,H)

step(Gcl)
```



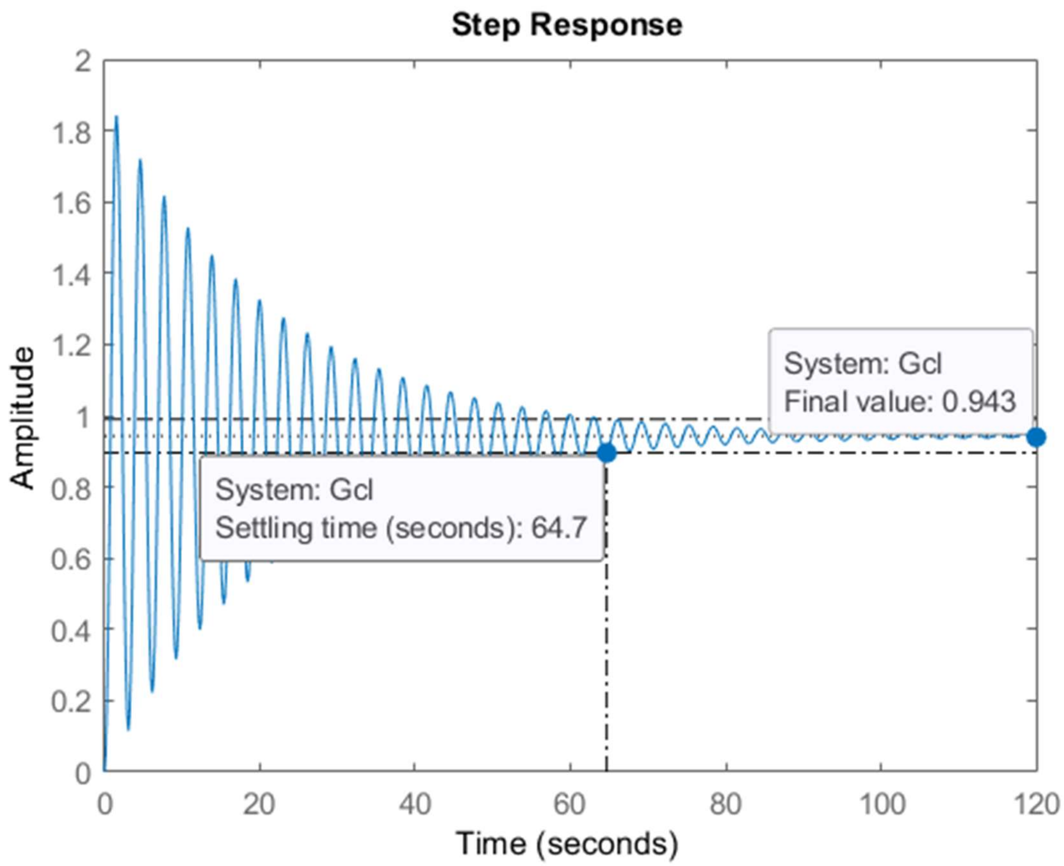
```
rlocus(G*H)
```



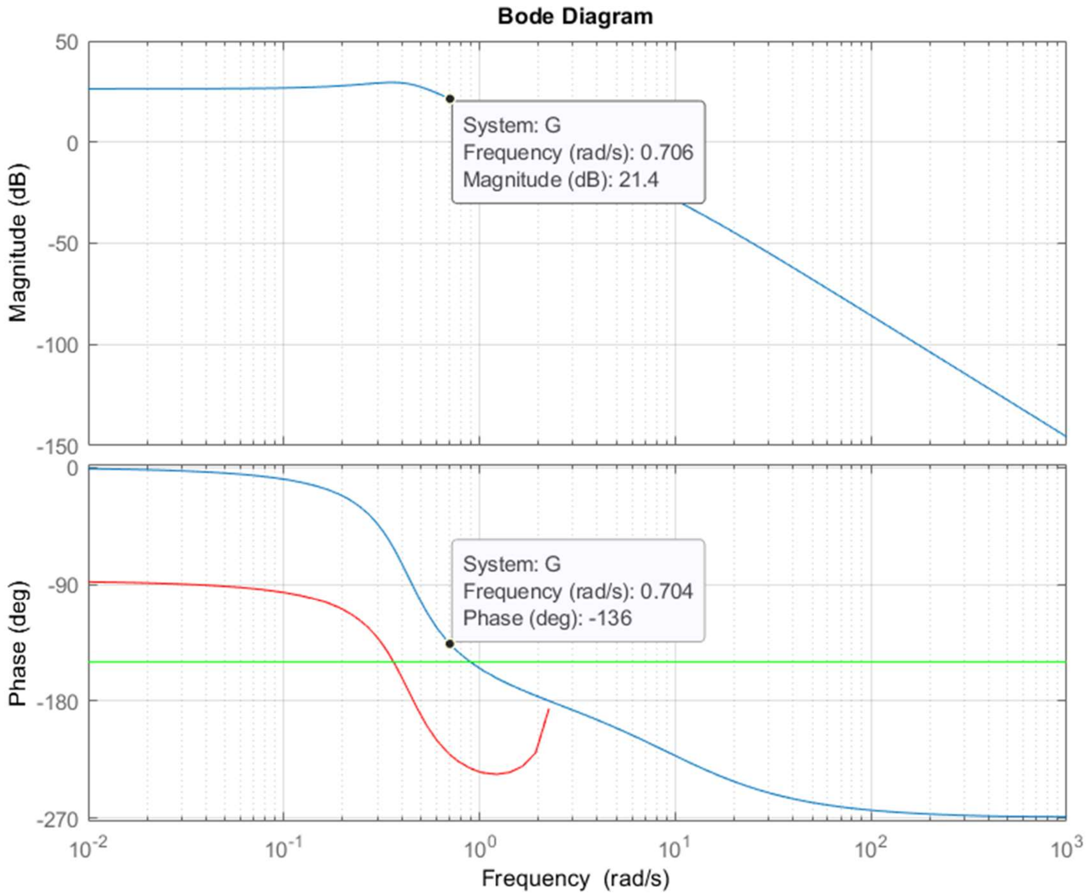
Root Locus
Imaginary Axis (seconds^{-1})
Real Axis (seconds^{-1})
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-30
-20
-10
0
10
20



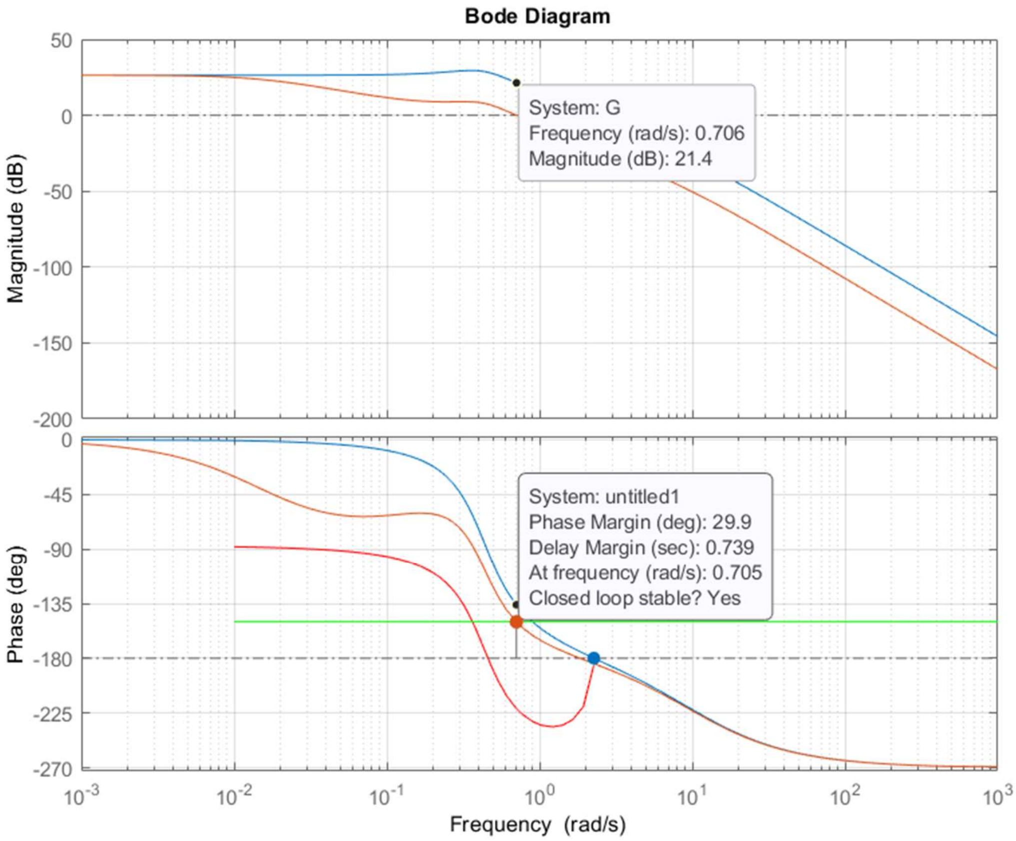

```
Klim = 5.2e03
Klim = 5200

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

step(Gcl)
```




```
% Valore a regime = 0.943 (errore = 0.057 in risposta al
gradino unitario), perché il sistema è di tipo 0, NON ha
poli nell'origine)

lagNetDesignBode(Klim*G*H,30)

% Dal diagramma di Bode arricchito:

M=1/db2mag(21.4)

phi=-180+30-(-136)

omega=0.7
```




```
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*H)
```




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

figure
step(Gcl1)
```