

Esercitazione di laboratorio #7 - Controlli Automatici

Esercizio #1

Autori: M. Indri, M. Taragna (ultima modifica: 28/05/2020)

Contents

- Comandi di pulizia iniziali
- Definizione del sistema e calcolo del guadagno stazionario
- Analisi delle specifiche
- Funzione d'anello di partenza e valutazione azioni da intraprendere
- Progetto delle reti di compensazione
- Verifica del soddisfacimento dei requisiti su G_a e definizione del controllore
- Verifica delle specifiche in catena chiusa
- Valutazione delle prestazioni in catena chiusa
- Nota finale

Comandi di pulizia iniziali

```
clear all, close all
```

Definizione del sistema e calcolo del guadagno stazionario

```
s=tf('s');  
F=13.5*(s+4)*(s+10)/(s+3)^3;  
KF=dcgain(F)  
  
Kr=1;
```

KF =

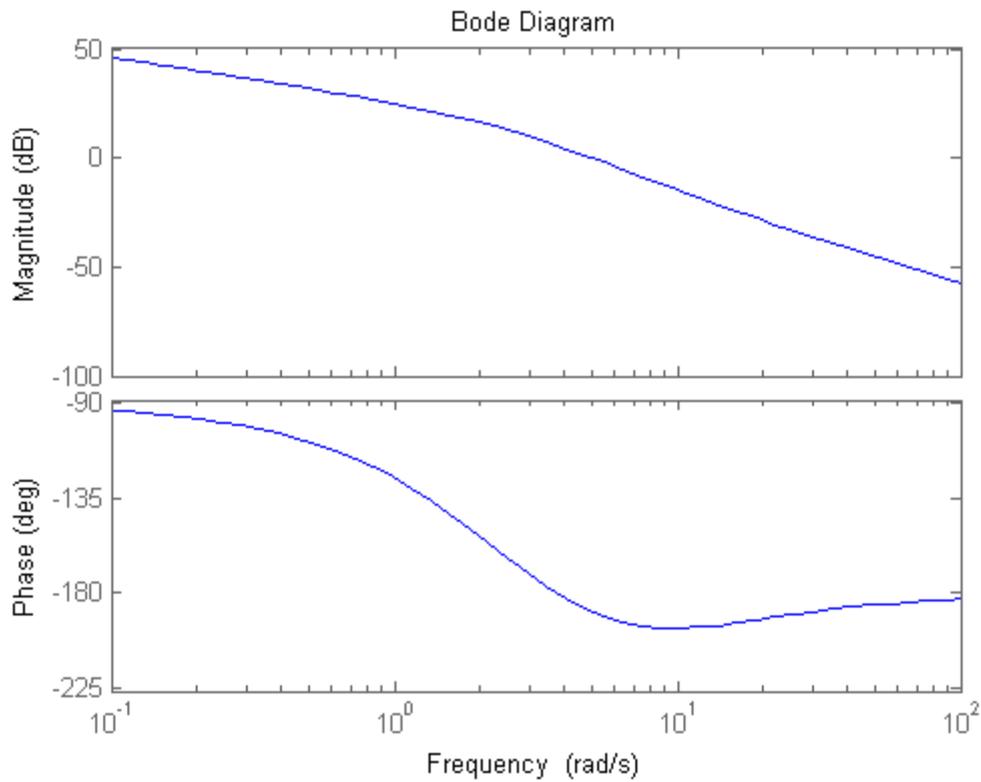
20

Analisi delle specifiche

```
% specifica a) =>  
% 1) C(s) con 1 polo nell'origine,  
% 2)  $|K_r/K_G a| \leq 0.01 \Rightarrow |K_c| \geq 100 * K_r^2 / |K_F| \Rightarrow |K_c| \geq 5$   
  
% specifica b) e' soddisfatta se C(s) ha 1 polo nell'origine  
  
% segno di Kc positivo: il sistema è a stabilità regolare  
bode(F/s)  
  
% specifica c) =>  $\omega_c < B_3 < 2 * \omega_c \Rightarrow \omega_c \approx 0.63 * B_3$   
  
wc_des=3.8  
  
% specifica d) => (su Nichols) margine_di_fase  $\geq 45 \text{deg} \Rightarrow$  meglio  $\sim 50 \text{deg}$ 
```

wc_des =

3.8000



Funzione d'anello di partenza e valutazione azioni da intraprendere

```
Kc=5 % minimo valore ammissibile
```

```
Ga1=(Kc/s)*F/Kr
```

```
figure, bode(Ga1)
```

```
[m_wc_des,f_wc_des]=bode(Ga1,wc_des)
```

```
% In wc_des il modulo vale circa 19.3 dB e la fase -180.8 deg
```

```
% Risultata necessario recuperare circa 60 deg prevedendo di dover inserire
```

```
% anche una rete attenuatrice per ridurre il modulo.
```

```
% Il recupero della fase sarà ottenuto usando due reti derivate.
```

```
% Si consiglia di provare a risolvere l'esercizio anche utilizzando uno zero
```

```
% reale negativo (fisicamente realizzabile insieme al polo già inserito
```

```
% nell'origine) al posto delle reti derivate.
```

Kc =

5

Ga1 =

$$67.5 s^2 + 945 s + 2700$$

$$s^4 + 9 s^3 + 27 s^2 + 27 s$$

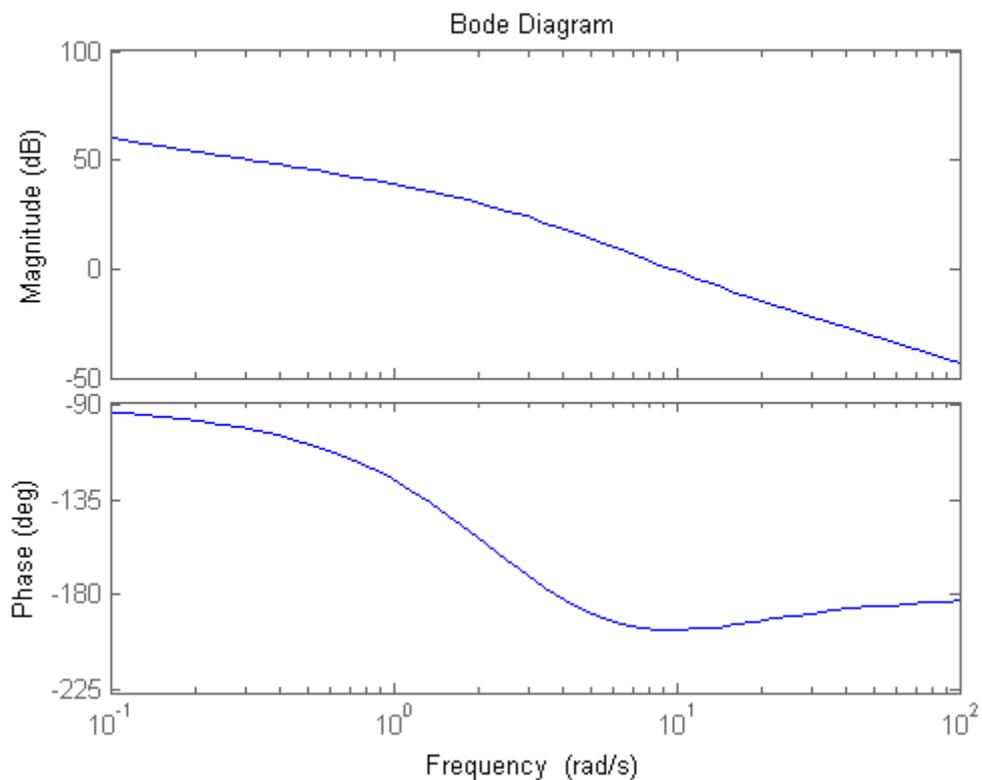
Continuous-time transfer function.

m_wc_des =

9.2384

f_wc_des =

-180.7915



Progetto delle reti di compensazione

```
% Inserimento di due reti derivate uguali da 4 per recuperare 60deg in w=wc_des,  
% progettate sul fronte di salita del recupero di fase in xd = 1 per limitare l'aumento di modulo  
% ed evitare la successiva necessità di una rete attenuatrice molto forte
```

```
m_a=4  
xd=1  
tau_a=xd/wc_des  
Rd=(1+tau_a*s)/(1+tau_a/m_a*s)
```

```
[m1_wc_des,f1_wc_des]=bode(Rd^2*Ga1,wc_des)  
figure, bode(Rd^2*Ga1)
```

```
% Inserimento di una rete integrativa con m_i=m1_wc_des ~= 17.4 per avere wc_finale=wc_des  
% e progettata in xi=150 per perdere meno di 10 gradi di fase in w=wc_des  
% (vedere i diagrammi di Bode normalizzati della rete tracciati in Matlab)
```

```
m_i=17.4  
figure,bode((1+s/m_i)/(1+s))  
xi=150  
tau_i=xi/wc_des  
Ri=(1+tau_i/m_i*s)/(1+tau_i*s)
```

m_a =

4

xd =

1

tau_a =

0.2632

Rd =

$$\frac{0.2632 s + 1}{0.06579 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

m1_wc_des =

17.3899

f1_wc_des =

-118.8640

m_i =

17.4000

xi =

150

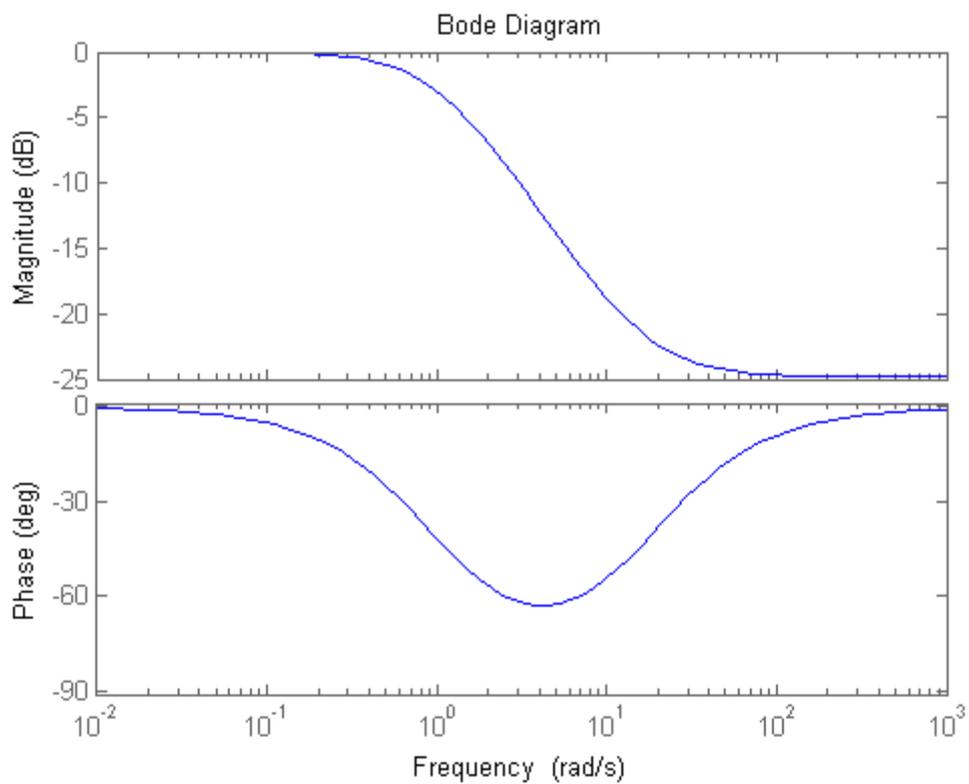
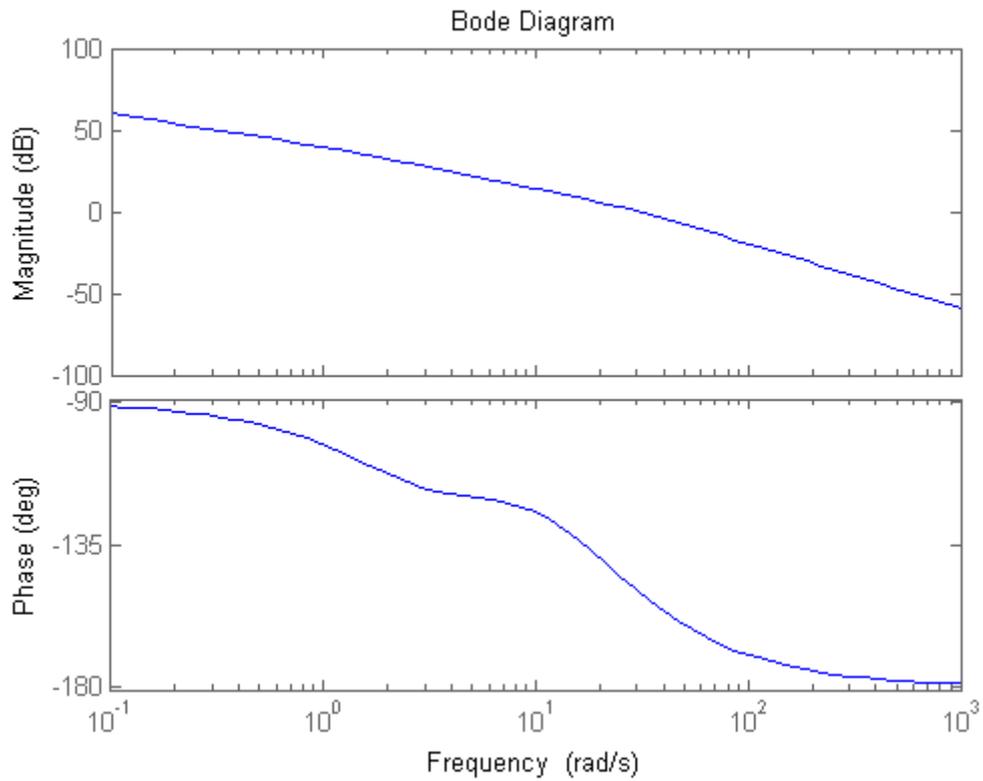
tau_i =

39.4737

Ri =

$$\frac{2.269 s + 1}{39.47 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.



Verifica del soddisfacimento dei requisiti su G_a e definizione del controllore

```
figure, margin(Rd^2*Ri*Ga1)
```

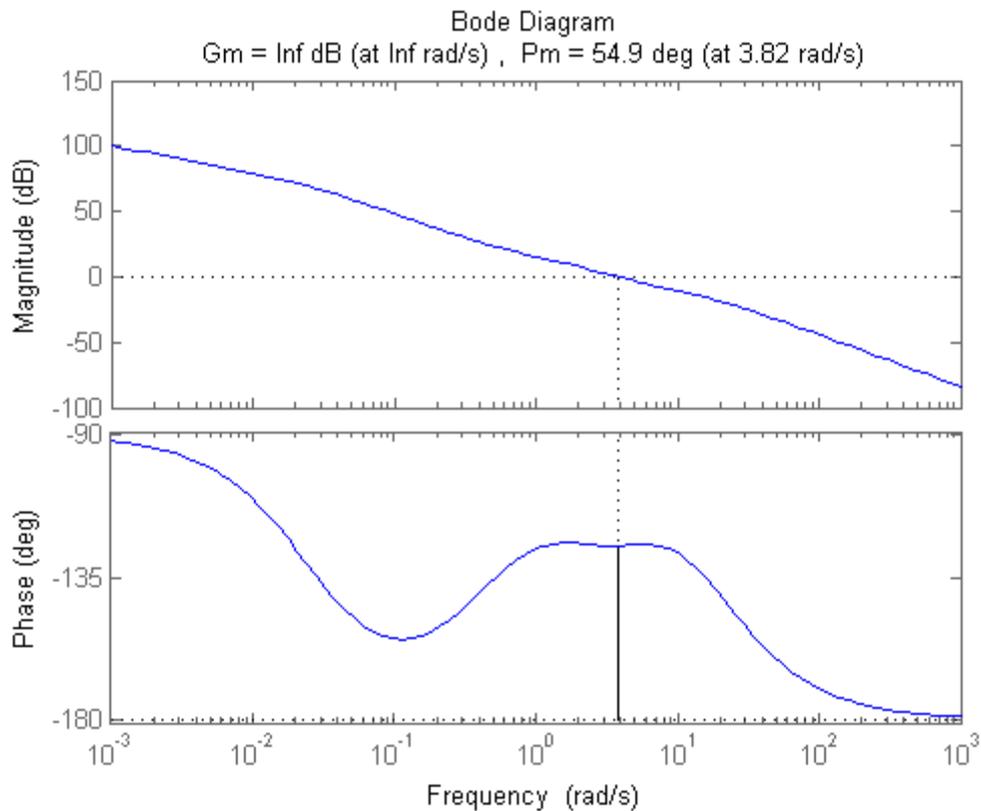
$$C = K_c / s * R_d^2 * R_i$$

$$G_a = C * F / K_r$$

C =

$$\frac{0.7855 s^3 + 6.316 s^2 + 13.97 s + 5}{0.1709 s^4 + 5.198 s^3 + 39.61 s^2 + s}$$

Continuous-time transfer function.

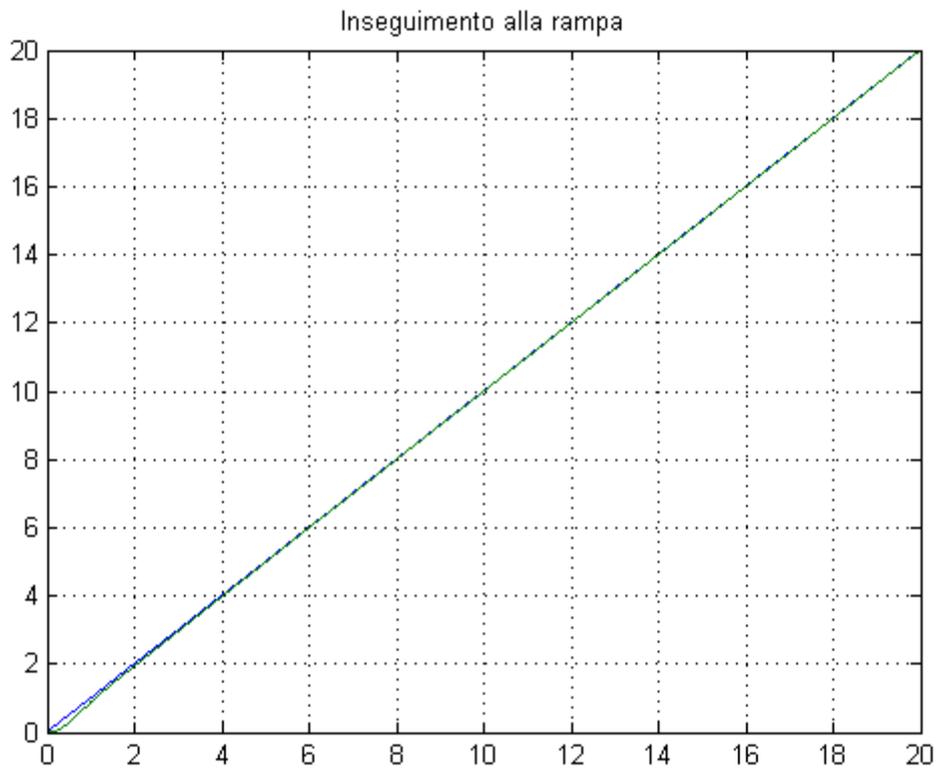
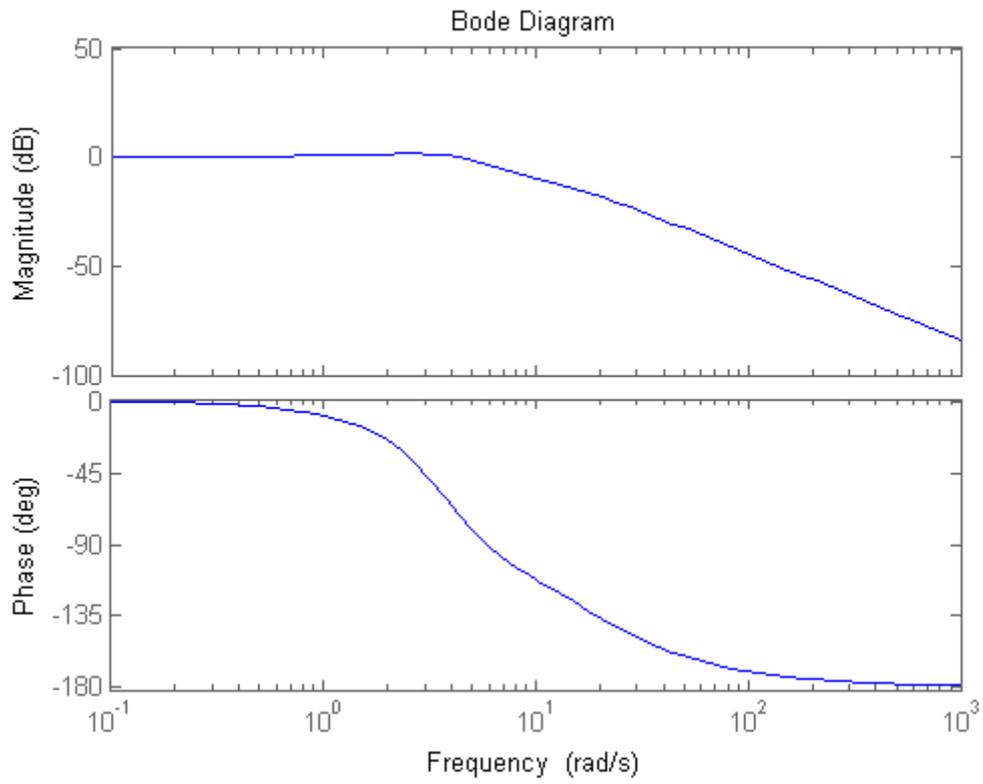


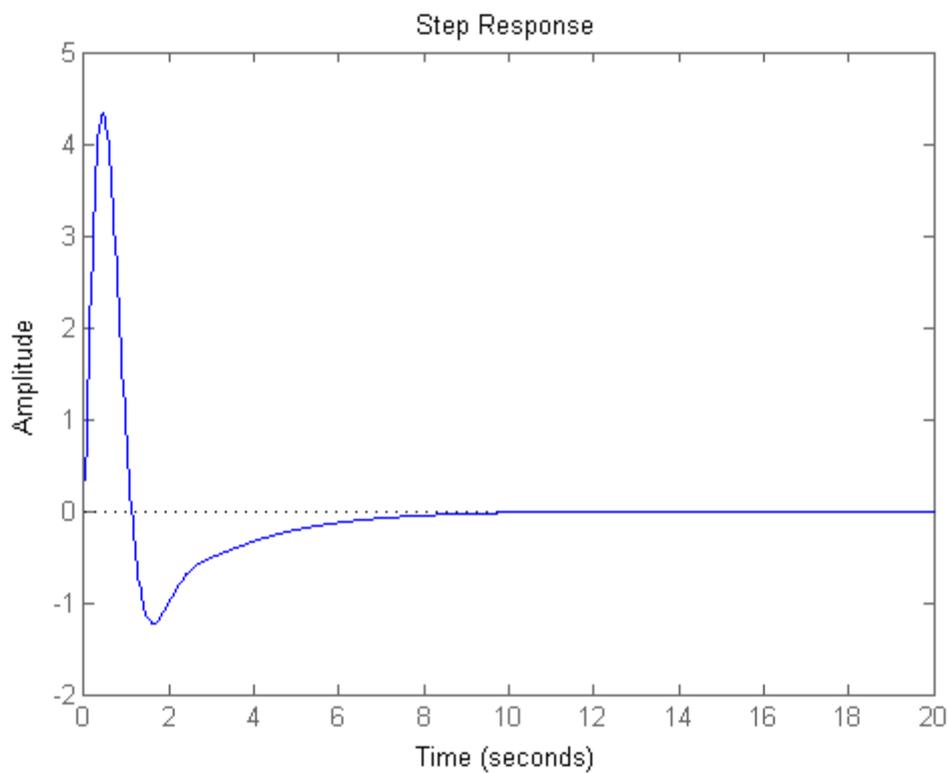
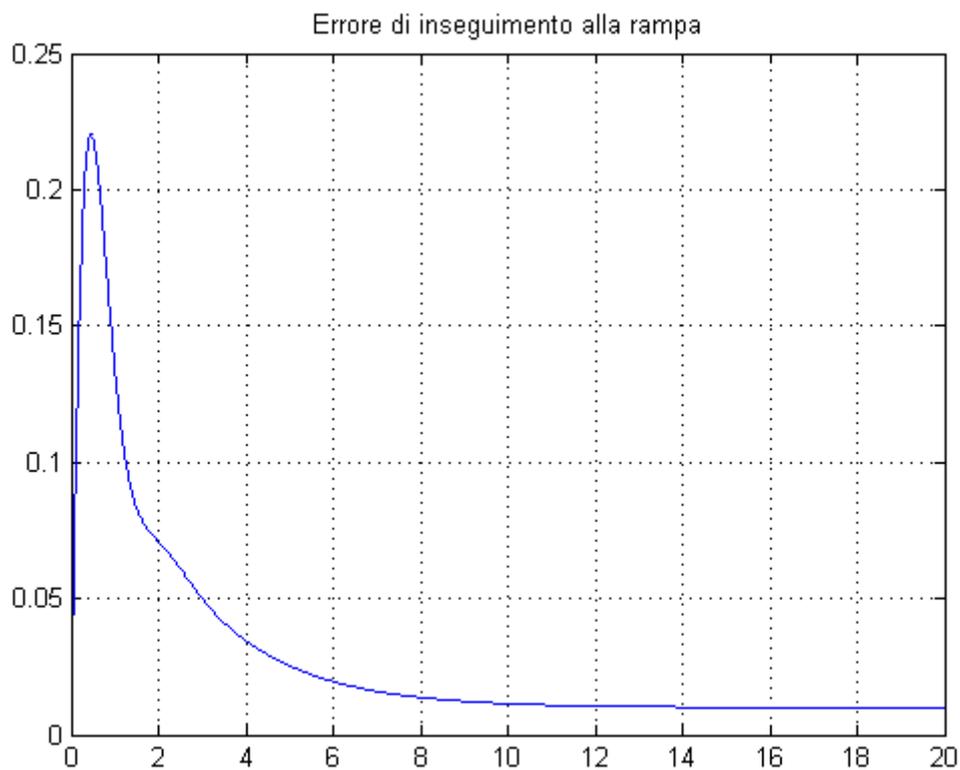
Verifica delle specifiche in catena chiusa

```
% Verifica della banda passante e del picco di risonanza
% (si ottiene wB = 5.7 rad/s, Mr = 1.7 dB < 2 dB)
W=feedback(C*F,1/Kr);
figure, bode(W)

% Verifica dell'errore di inseguimento alla rampa
% (si ottiene errore = 0.01 in regime permanente)
t=0:0.01:20;
r=t';
y_rampa=lsim(W,r,t);
figure, plot(t,r,t,y_rampa), title('Inseguimento alla rampa'), grid on
figure, plot(t,Kr*r-y_rampa), title('Errore di inseguimento alla rampa'), grid on

% Verifica dell'effetto (nullo) del disturbo (astaticità)
Wd=feedback(F,1/Kr*C);
figure, step(Wd,20)
```





Valutazione delle prestazioni in catena chiusa

```

% Calcolo dell'errore di inseguimento in regime permanente
% a riferimento sinusoidale sin(0.1*t)
w_r=0.1;
Sens=feedback(1,Ga);
errore_sin=bode(Sens,w_r)*Kr

% Verifica dell'errore di inseguimento in regime permanente

```

```

% a riferimento sinusoidale sin(0.1*t)
t=0:0.01:200;
r=sin(w_r*t)';
y=lsim(W,r,t);
figure, plot(t,r,t,y,'--'), title('Inseguimento ad un riferimento sinusoidale'), grid on
figure, plot(t,Kr*r-y), title('Errore di inseguimento ad un riferimento sinusoidale'), grid on

% Attenuazione di disturbi sinusoidali entranti sul riferimento,
% aventi pulsazione=100rad/s
w_disturbi_r=100;
attenuazione_disturbi_r=bode(W,w_disturbi_r)

% Verifica dell'attenuazione di disturbi sinusoidali entranti insieme
% al riferimento a gradino unitario, nel caso che tali disturbi abbiano
% ampiezza=0.1, pulsazione=100rad/s
% Nel grafico: in rosso la risposta del sistema, in verde il riferimento a
% soggetto al disturbo

t=0:0.001:20;
r_disturbato=ones(size(t))+0.1*sin(w_disturbi_r*t);
y_r_disturbato=lsim(W,r_disturbato,t);
figure, plot(t,r_disturbato,'g',t,y_r_disturbato,'r'), grid on,
title('Inseguimento di un riferimento a gradino con disturbo sinusoidale sovrapposto')

```

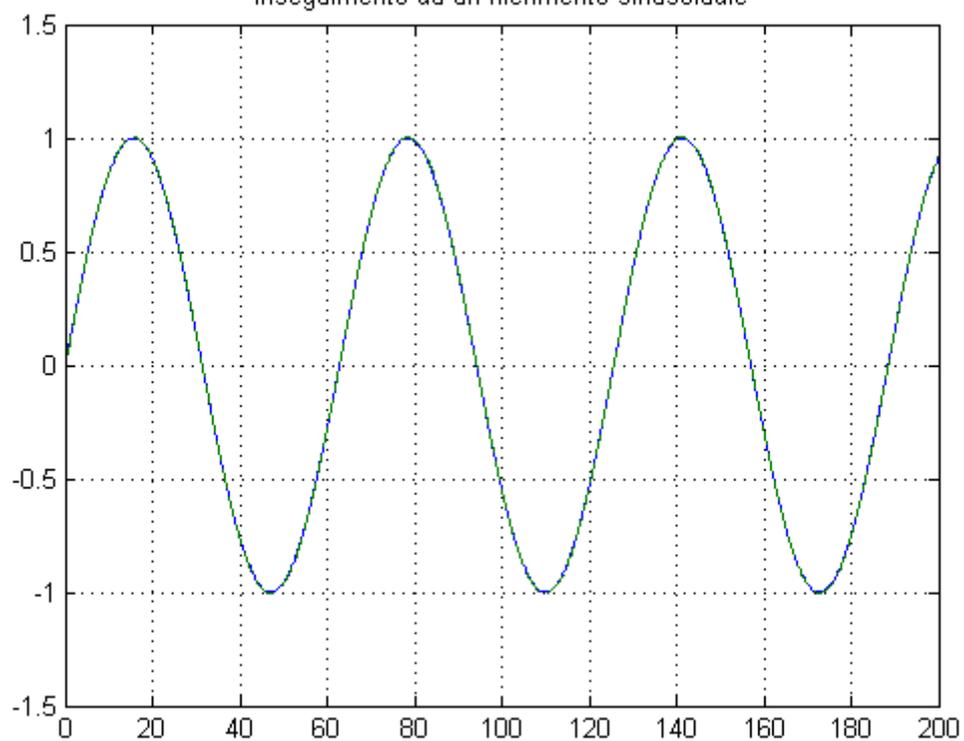
errore_sin =

0.0040

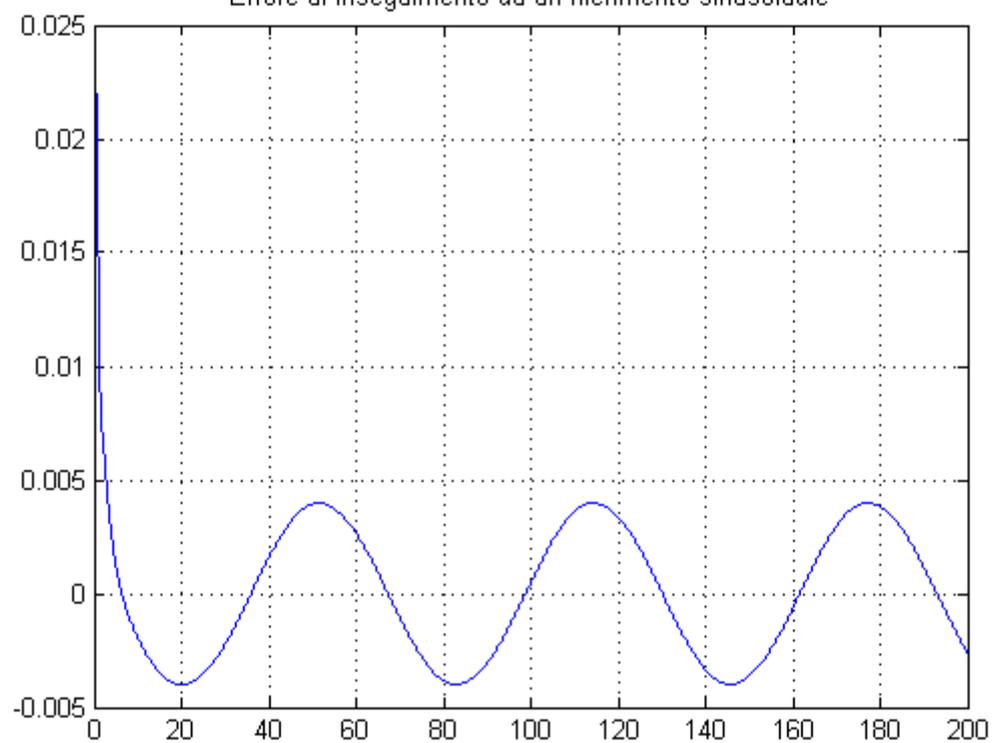
attenuazione_disturbi_r =

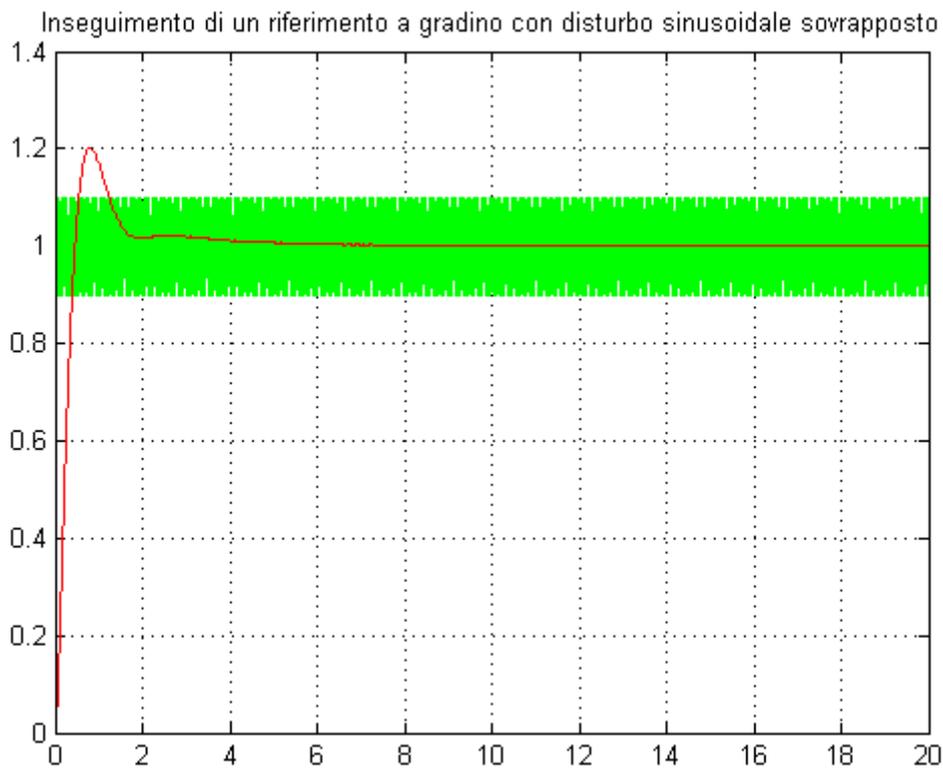
0.0061

Inseguimento ad un riferimento sinusoidale



Errore di inseguimento ad un riferimento sinusoidale





Nota finale

```
% In questa soluzione proposta tutte le simulazioni sono state eseguite  
% utilizzando soltanto Matlab al fine di avere un unico file comprensivo di tutte le parti.  
% Gli studenti sono invitati a costruire il corrispondente schema Simulink  
% ed a svolgere con esso le verifiche delle specifiche e le valutazioni  
% richieste in catena chiusa.
```