

Fondamenti di Automatica B

2 Luglio 2004

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3°

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

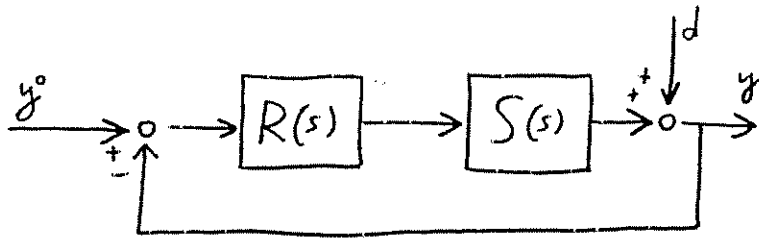
Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

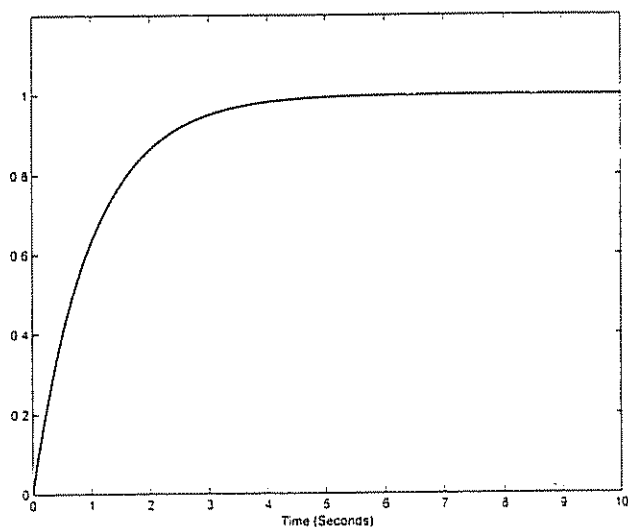
1. Si consideri il sistema di controllo rappresentato in figura dove

$$S(s) = \frac{2}{(s+1)(0.01s+1)^2}$$



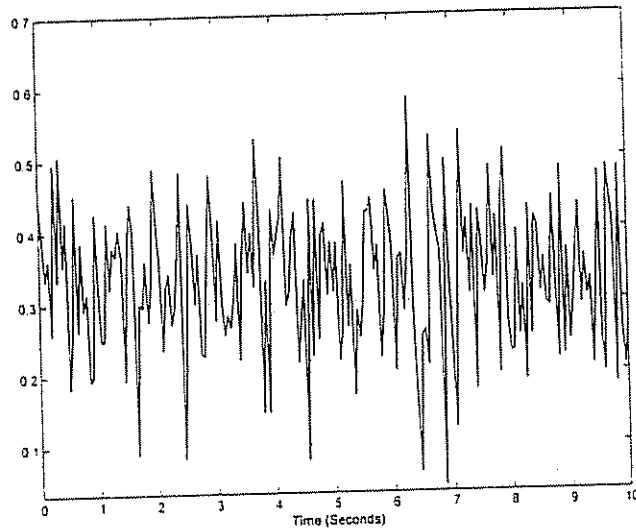
1.1 Si progetti $R(s)$ in modo tale che:

- i) se $d(t) = \text{sca}(t)$ e $y^o(t) = 0$, a regime $y(t) = 0$;
- ii) la risposta allo scalino del sistema ($y^o(t) = \text{sca}(t)$, $d(t) = 0$) sia quanto piu' possibile simile all'andamento rappresentato in figura.



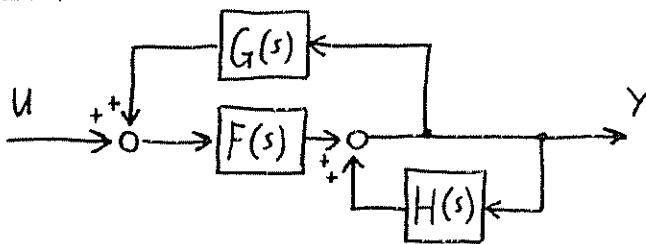
$R(s) =$

1.2 Si supponga ora che sul sistema agisca il disturbo rappresentato in figura. Giustificando la risposta, si dica se esso influenza significativamente il segnale di uscita $y(t)$.



influenza significativamente: ☐ SI ☐ NO

2. 2.1 Si ricavi la funzione di trasferimento Y/U per lo schema a blocchi in figura, lasciando $F(s)$, $G(s)$ e $H(s)$ generiche funzioni di trasferimento (si consiglia di eseguire i conti con attenzione, eventualmente introducendo simboli per indicare opportune variabili ausiliarie).



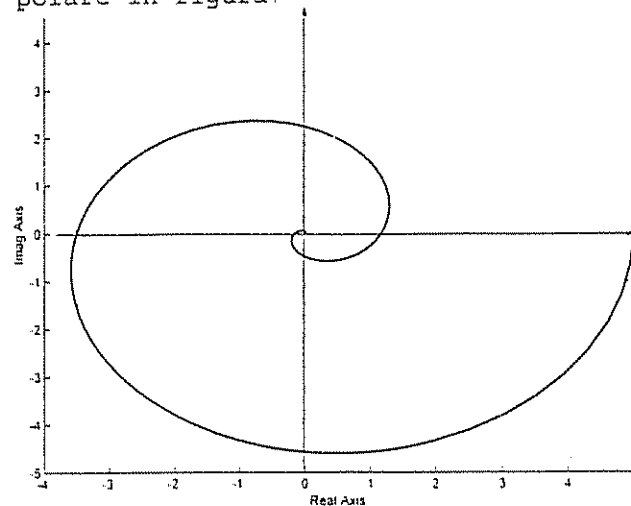
$\frac{Y}{U} =$

2.2 Posto $F(s) = \frac{1}{s+1}$, $G(s) = -\frac{s+1}{s}$, $H(s) = -\frac{9}{s}$, si determini Y/U .

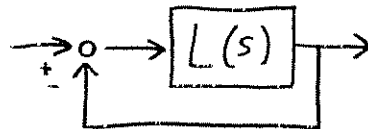
$\frac{Y}{U} =$

2.3 Si disegni il diagramma di Bode di $|Y/U|$ e, a partire dal diagramma tracciato, si rappresenti la risposta allo scalino approssimata del sistema (si ponga attenzione alla scala dei tempi e ai valori in ordinata).

3. La funzione di trasferimento $L(s)$ di un sistema asintoticamente stabile ha il diagramma polare in figura.



Il sistema $L(s)$ viene retroazionato come mostrato nella figura sottostante.



Si risponda alle seguenti domande:

a. Si dica quanti poli instabili ha il sistema retroazionato.

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ piu' di 2

giustificazione:

b. Si dica se il sistema retroazionato ha poli immaginari puri.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

c. Si calcoli il guadagno del sistema retroazionato.

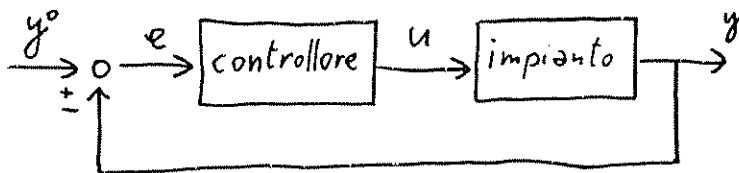
guadagno =

d. Si dica a quale valore tende la risposta allo scalino del sistema retroazionato.

tende a =

4. 4.1 Si dica cosa si intende per "precisione statica" di un sistema di controllo.

4.2 Si supponga che un impianto abbia guadagno $\mu_I = 7$ e sia di tipo 0. Esso viene retroazionato con un controllore di tipo 0 il cui guadagno è $\mu_c = 200$ in modo tale che il sistema retroazionato sia asintoticamente stabile (vedi figura).



Posto $y^o(t) = \text{sca}(t)$, si dica quanto vale $y(\infty)$, $u(\infty)$, $e(\infty)$.

$y(\infty) =$, $u(\infty) =$, $e(\infty) =$

4.3 Facendo riferimento all'esempio del punto 2, si giustifichi la seguente affermazione: "la precisione statica del sistema di controllo risente poco delle variazioni di μ_I ".

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

16 Luglio 2004

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3°

FIRMA

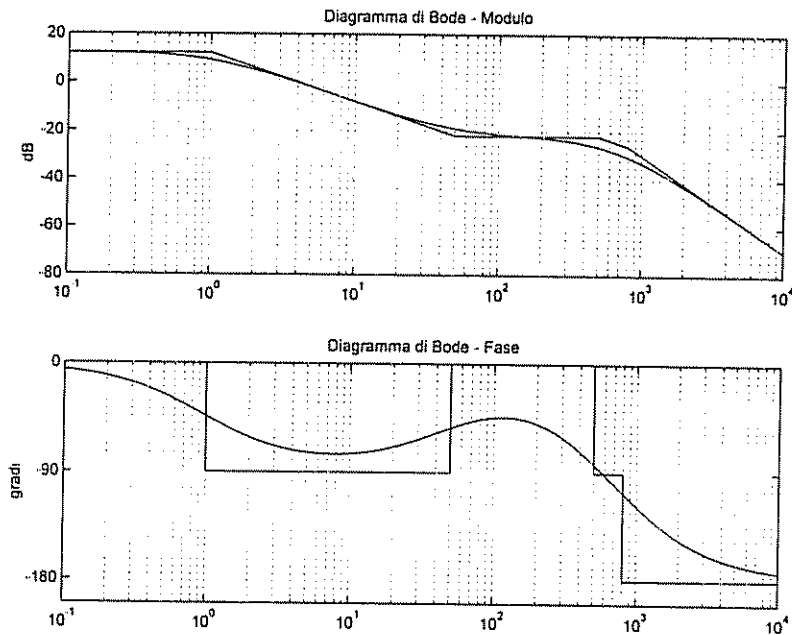
Controllare che il fascicolo sia costituito da 7 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un sistema \mathcal{Y} del 3° ordine ha il diagramma di Bode rappresentato in figura.



Si risponda alle domande che seguono.

a. Si dica se il sistema e' asintoticamente stabile.

☐ SI ☐ NO

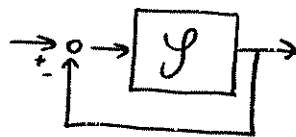
giustificazione:

b. Si dica se il sistema e' a fase minima.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

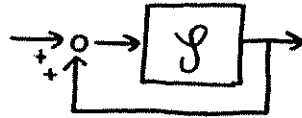
c. Si dica se il sistema retroazionato mostrato in figura e' asintoticamente stabile.



☐ SI ☐ NO

giustificazione:

d. Si dica se il sistema retroazionato mostrato in figura e' asintoticamente stabile.

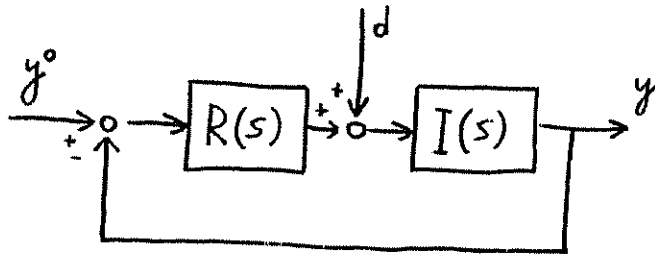


☐ SI ☐ NO

giustificazione:

e. Si alimenti g con l'ingresso $u(t) = t$. Si rappresenti l'andamento qualitativo della corrispondente uscita forzata (si indichi la scala dei tempi in ascissa e quella dei valori dell'uscita in ordinata).

2. Un impianto ha funzione di trasferimento $I(s) = \frac{1}{(s+1)(0.1s+1)}$. Esso e' inserito in uno schema di controllo retroazionato come mostrato in figura.



2.1 Si determini $R(s)$ in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

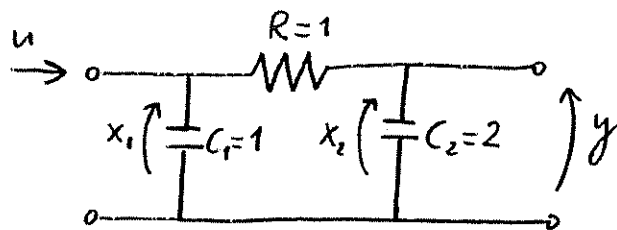
- i) se $d(t) = sca(t)$, $y(t) \rightarrow y^o$, quando $y^o = \text{costante}$;
- ii) la costante di tempo dominante del sistema retroazionato sia $\cong 10$.
- iii) $\phi_m \geq 70^\circ$;
- iv) $R(s)$ sia di ordine piu' basso possibile.

$R(s) =$

2.2 Si rappresenti il diagramma di Bode asintotico del modulo di $R(s)$, di $I(s)$ e di $L(s) := R(s)I(s)$ e, a partire da essi, si rappresenti il diagramma di Bode approssimato del modulo della funzione di anello chiuso fra d e y .

2.3 A partire dal diagramma tracciato al punto 2, si rappresenti l'andamento approssimato di $y(t)$ quando $y'(t)=0$ e $d(t)=sca(t)$.

3. 3.1 Si scrivano le equazioni in variabili di stato della la rete elettrica in figura.



equazioni in
variabili di stato:

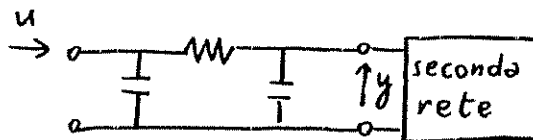
3.2 Si ricavi la funzione di trasferimento Y/U .

$Y/U =$

3.3 Si alimenti la rete con $u(t) = \sin(2t)$. Si determini l'ampiezza della corrispondente sinusoide ottenuta all'uscita asintoticamente.

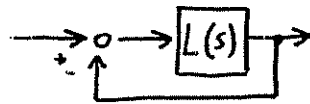
ampiezza =

3.4 Si supponga ora di collegare in cascata alla rete elettrica una seconda rete come mostrato in figura. Si dica se, sempre alimentando la rete con $u(t) = \sin(2t)$, il risultato al punto 3.3 cambia in dipendenza da come e' fatta la seconda rete o se, al contrario, esso resta inalterato qualunque sia la seconda rete.

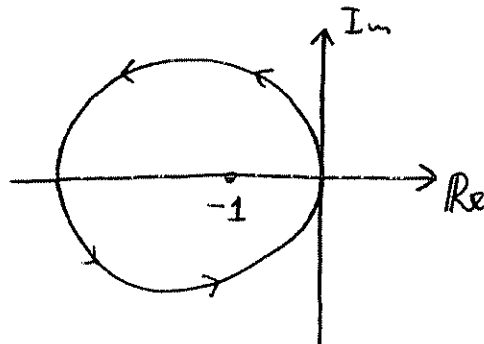


cambia: ☐ SI ☐ NO

4. 4.1 Si enunci con la massima precisione possibile il criterio di Nyquist per la verifica della stabilita' del sistema in figura.



4.2 Si supponga ora che la funzione di trasferimento $L(s)$ abbia i seguenti poli: -1 , -7 , -8 . Il diagramma di $L(s)|_{s=-2+i\omega}$ e' rappresentato in figura.



Giustificando la risposta, si dica cosa si puo' concludere circa la posizione nel piano complesso dei poli del sistema retroazionato.

Fondamenti di Automatica B

13 Settembre 2004

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3°

FIRMA

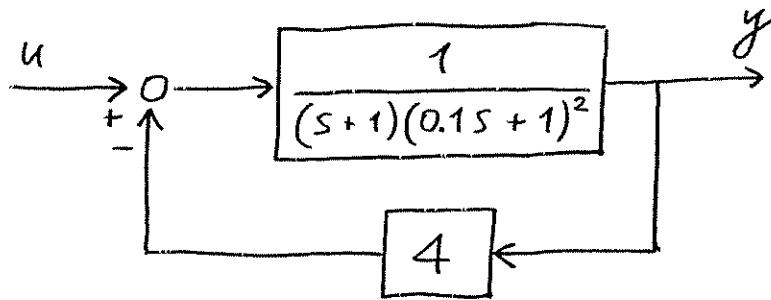
Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Si consideri lo schema a blocchi in figura.



1.1 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$, si determini $y(0)$, $\dot{y}(0)$ e $y(\infty)$ con i teoremi del valore iniziale e del valore finale.

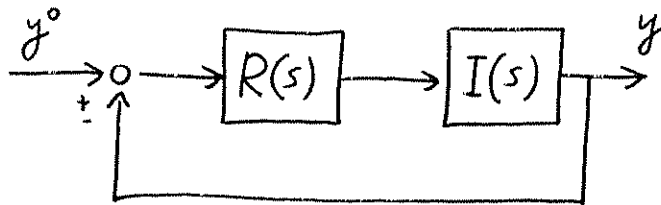
$y(0) =$	$\dot{y}(0) =$	$y(\infty) =$
----------	----------------	---------------

1.2 Si scriva un approssimante di bassa frequenza del 1° ordine per il sistema in figura.

approssimante =

1.3 Si rappresenti la risposta allo scalino del sistema trovato al punto 2 e la si sovrapponga alla risposta allo scalino approssimata (basata cioè sui risultati trovati al punto 1, senza eseguire alcuna antitrasformazione) del sistema iniziale.

2. Nel sistema di controllo in figura, $I(s) = \frac{3}{s(s+1)(0.1s+1)}$.

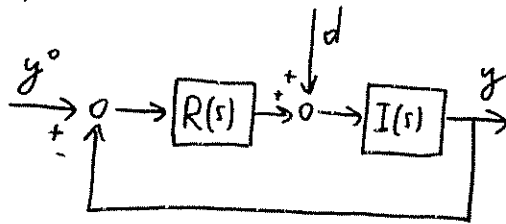


Si determini $R(s)$ in modo tale da soddisfare le seguenti specifiche:

- i) se $y^o(t) = A \cdot s_c(t)$, allora $y(\infty) = A$, qualunque sia il valore di A ;
- ii) $\omega_c \cong 1$;
- iii) la risposta del sistema a $y^o(t) = s_c(t)$ non oscilli;
- iv) il regolatore sia di ordine il più basso possibile.

$$R(s) =$$

2.1 Si supponga ora che sul sistema agisca un disturbo di carico $d(t)$ (vedi figura).



Si rappresenti l'andamento approssimato di $y(t)$ in risposta a $d(t) = \text{sca}(t)$, $y^o(t) = 0$.

3. 3.1 Si calcolino i modi del sistema

$$\dot{\bar{x}} = \begin{bmatrix} -40 & 1 \\ 0 & -0.1 \end{bmatrix} \bar{x} + \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix} u$$

$$y = [0 \quad 0.05] \bar{x}$$

modi:

3.2 Posto $u = 1$, si determini il corrispondente \bar{x} e \bar{y} di equilibrio.

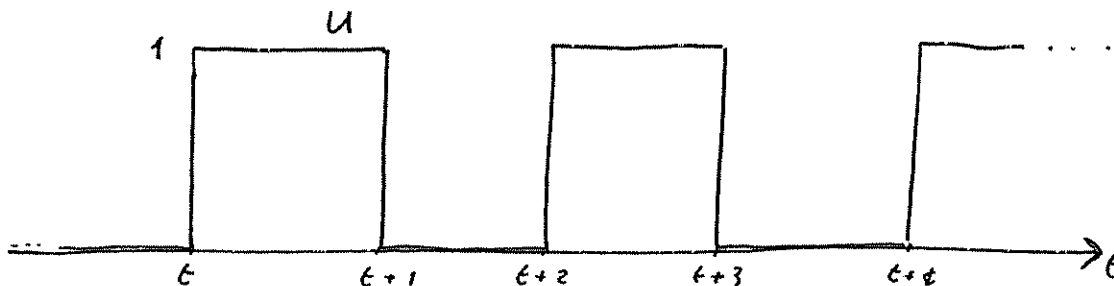
$\bar{x} =$ $\bar{y} =$

3.3 Si dica quanto vale il guadagno del sistema (si consiglia di non eseguire alcun conto).

guadagno =

Spiegazione:

3.4 Si supponga ora che il sistema sia alimentato da un'onda quadra come mostrato in figura.



Si rappresenti, sovrapposto alla figura di u , l'andamento di regime (cioè si supponga che si sia iniziato ad applicare l'onda quadra da lungo tempo) di y (si utilizzino le risposte ai punti precedenti).

4. 4.1 Si consideri un sistema \mathcal{P} asintoticamente stabile. Si enunci per esso il teorema della risposta in frequenza.

4.2 In un sistema \mathcal{P} asintoticamente stabile, l'uscita vale $y(t) = 2 \sin(5t)$. Si dica quali delle affermazioni sotto riportate sono certamente false:

i) \mathcal{P} ha ingresso $u(t) = \sin(5t)$.

certamente falso: ☐ SI ☐ NO

giustificazione:

ii) \mathcal{P} ha ingresso $u(t) = \sin(5t) + \sin(10t)$.

certamente falso: ☐ SI ☐ NO

giustificazione:

iii) \mathcal{P} ha ingresso $u(t) = \sin(10t)$.

certamente falso: ☐ SI ☐ NO

giustificazione:

Fondamenti di Automatica B

6 Dicembre 2004

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3°

FIRMA

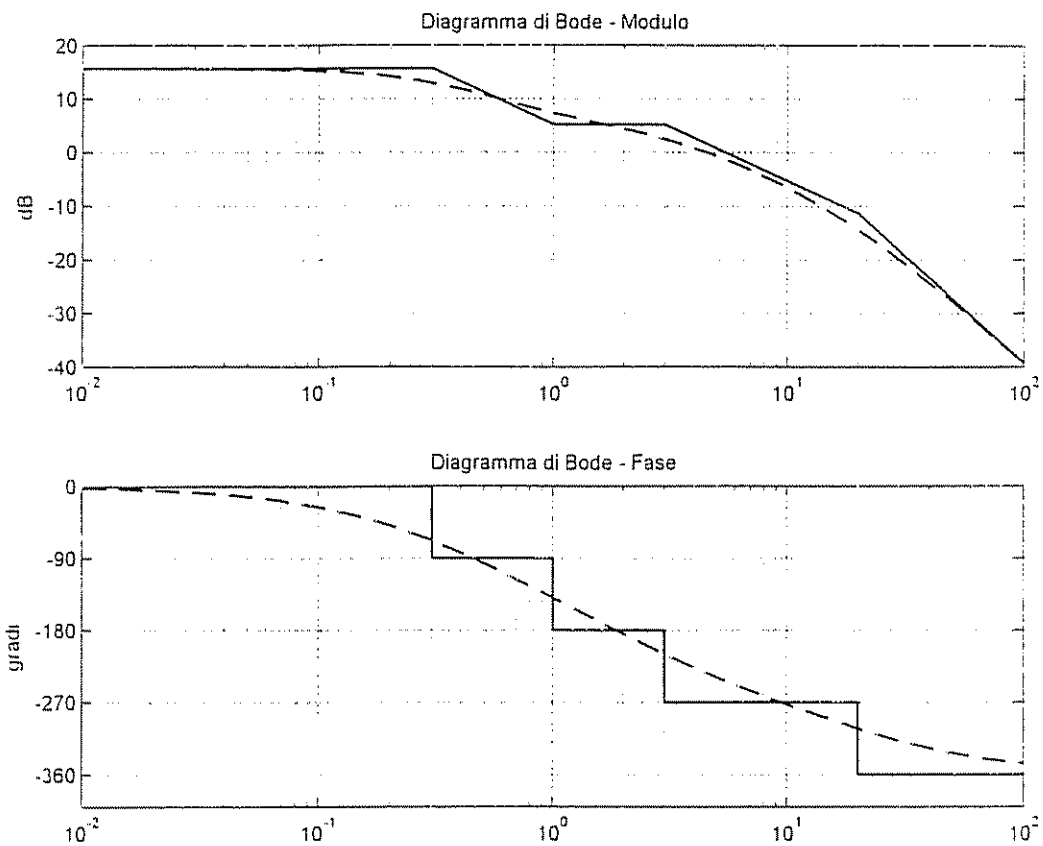
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Nella figura sottostante, sono riportati i diagrammi di Bode di un sistema $G(s)$.



Giustificando le risposte, si dica quali delle seguenti affermazioni sono vere.

a. La risposta allo scalino del sistema resta limitata.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

b. La risposta allo scalino del sistema tende a 1.

☐ SI ☐ NO

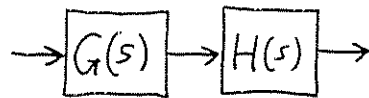
giustificazione:

c. La risposta allo scalino del sistema ha derivata nulla per $t=0$.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

d. E' possibile porre in cascata al sistema assegnato un secondo sistema con funzione di trasferimento $H(s)$ non identicamente nulla (vedi figura) in modo tale che la risposta allo scalino del sistema complessivo sia identicamente nulla.

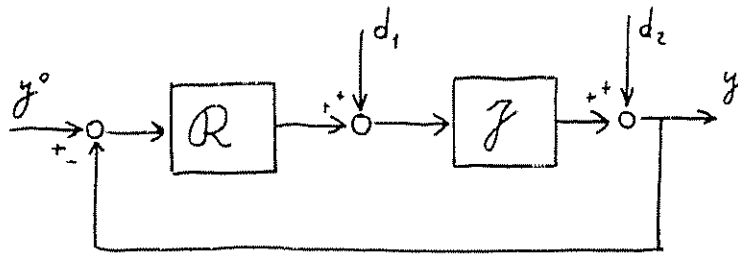


☐ SI ☐ NO

giustificazione:

2. Si consideri il sistema di controllo in figura dove I e' un impianto descritto dalla funzione di trasferimento

$$I(s) = \frac{10(s+1)^2}{(s^2 + 0.1s + 1)(0.001s + 1)}$$



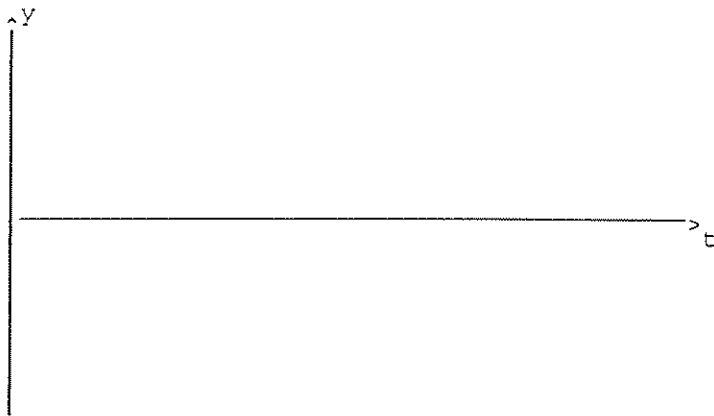
2.1 Si progetti un regolatore $R(s)$ in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

- i) a transitorio esaurito, un disturbo $d_1(t)$ costante non abbia alcun effetto sull'uscita $y(t)$;
 - ii) a transitorio esaurito, un disturbo $d_2(t)$ costante non abbia alcun effetto sull'uscita $y(t)$;
 - iii) $\omega_c \cong 100$;
 - iv) il sistema sia asintoticamente stabile con $\phi_m \geq 70^\circ$.
- (si mantenga il regolatore di ordine il piu' basso possibile)

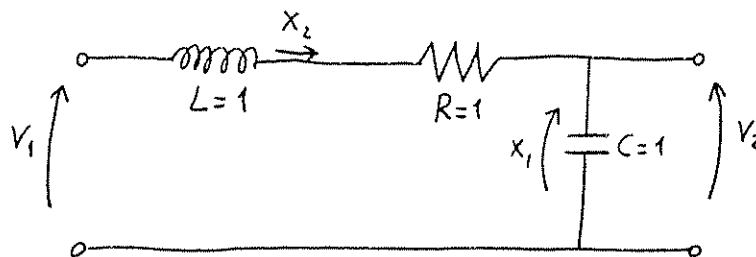
$R(s) =$

[illegible]

2.2 Si supponga che il sistema di controllo stia operando da lungo tempo con $y^o(t) = \text{cost.} = 1$, $d_1(t) = 0$ e $d_2(t) = 0$. Al tempo $t=0$, sopraggiunge un disturbo $d_2(t) = \text{sca}(t)$, mentre y^o resta a 1 e d_1 resta a zero. Si disegni l'andamento qualitativo di $y(t)$.



3. Nel circuito elettrico in figura, la tensione v_1 e' l'ingresso del sistema e la tensione v_2 e' l'uscita.



3.1 Si calcoli la funzione di trasferimento fra v_1 e v_2 .

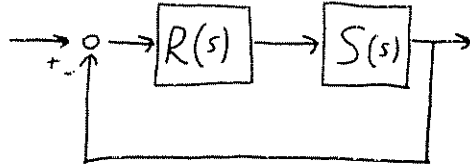
f di t. =

3.2 Si mostri che il sistema e' asintoticamente stabile.

3.3 Si supponga ora che la tensione v_1 sia imposta attraverso un generatore comandato dalla tensione v_2 : $v_1 = \tau v_2$. Si dica per quali valori di τ il sistema e' asintoticamente stabile.

valori per τ :

4. In figura e' rappresentato uno schema di controllo classico. Si supponga che ciascun blocco $R(s)$ e $S(s)$ rappresenti un sistema asintoticamente stabile completamente raggiungibile e completamente osservabile.



Si dimostri con precisione che: condizione necessaria e sufficiente per l'asintotica stabilita' del sistema di controllo e' che i poli della funzione di trasferimento fra y^o e y siano tutti a parte reale negativa.

Fondamenti di Automatica B

8 Aprile 2005

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

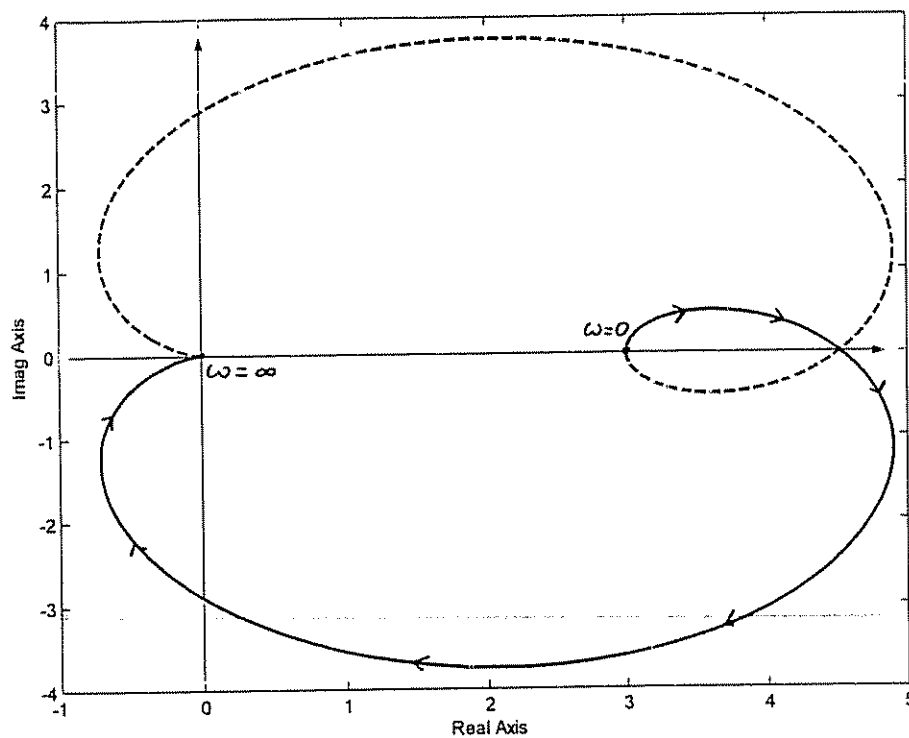
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. In figura e' rappresentato il diagramma di Nyquist di un sistema \mathcal{P} asintoticamente stabile e a fase minima. Giustificando le risposte, si dica quali affermazioni sono vere.



a) La risposta allo scalino di \mathcal{P} tende a 3.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

b) La risposta allo scalino di \mathcal{P} ha una sovraelongazione.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

c) La risposta allo scalino di \mathcal{P} retroazionato con retroazione negativa unitaria tende a $3/4$.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

d) La risposta allo scalino di \mathcal{P} retroazionato con retroazione ^{positiva} ~~negativa~~ unitaria tende a $-3/4$.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

e) \mathcal{P} non ha zeri.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

f) \mathcal{P} e' strettamente proprio.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

g) \mathcal{P} puo' essere destabilizzato attraverso una retroazione proporzionale negativa.

☐ SI ☐ NO

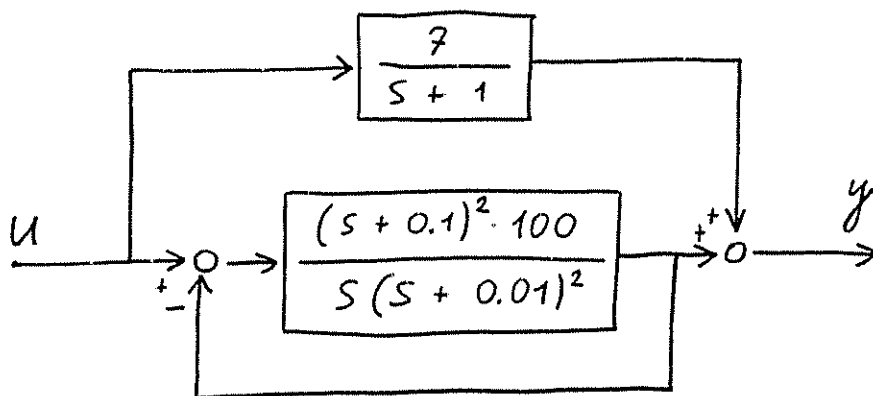
Motivazione:

h) \mathcal{P} puo' essere destabilizzato retrazionandolo negativamente con un ritardo puro.

☐ SI ☐ NO

Motivazione:

2. In figura e' rappresentato uno schema a blocchi di due sistemi interconnessi. I due sistemi non hanno parti "nascoste".



2.1 Si dica se il sistema complessivo e' asintoticamente stabile.

as. stabile: ☐ SI ☐ NO

2.2 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$ e supponendo la condizione iniziale interna dei due sistemi nulla, si calcoli $y(0)$ e $y(\infty)$.

$y(0) =$ $y(\infty) =$

2.3 Si trovi un approssimante del 1° ordine di bassa frequenza del sistema complessivo rappresentato nello schema a blocchi.

(si consiglia di approssimare prima la parte del sistema complessivo

costituito dalla funzione di trasferimento $\frac{(s+0.1)^2 100}{s(s+0.1)^2}$ retroazionata).

approssimante:

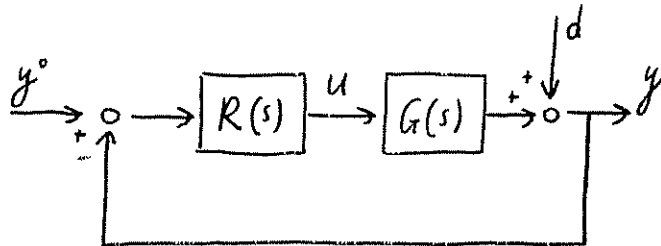
2.4 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$ e supponendo la condizione iniziale interna dei due sistemi nulla, si calcoli il valore approssimato di $y(0)$ e $y(\infty)$ usando l'approssimante calcolato al punto precedente.

$y(0) =$ $y(\infty) =$

3. Un sistema ha funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{12}{(s + 1)^2}.$$

Al fine di controllarne il comportamento, esso viene retroazionato come mostrato in figura.



3.1 Si progetti un regolatore $R(s)$ che soddisfi le seguenti specifiche:

i) se $d(t) = \text{costante}$ e $y^o(t) = \text{costante}$, a regime $y = y^o$;

ii) $\omega_c \cong 10$;

iii) $\phi_m \geq 70^\circ$.

$R(s) =$

3.2 Si rappresenti graficamente la risposta qualitativa di $y(t)$ per $y^o(t) = 3sca(t)$, $d(t) = sca(t)$.

3.3 Nella condizione descritta al punto 2, si determini il valore asintotico assunto dalla variabile di controllo u .

valore asint. di u =

4. 4.1 Sia enunci il teorema della risposta infrequenza per un sistema (A,b,c) instabile senza autovalori immaginari puri.

4.2 Si spieghino le ragioni per le quali il teorema enunciato al punto 4.1 e' di scarsa utilita' pratica.

Fondamenti di Automatica B

28 Giugno 2005

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

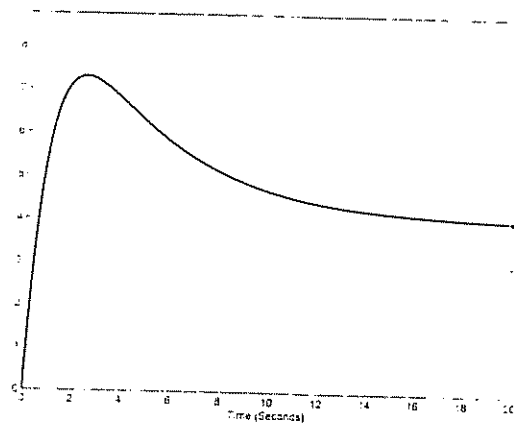
Controllare che il fascicolo sia costituito da 7 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

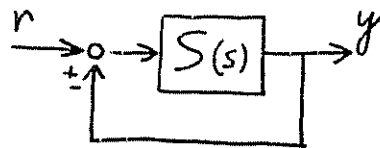
La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli addizionali.

1. Un sistema $S(s)$ del secondo ordine ha la risposta allo scalino rappresentata in figura.



Il sistema $S(s)$ viene retroazionato come mostrato in figura.



Giustificando la risposta, si dica quale fra i quattro andamenti sotto riportati rappresenta la risposta $y(t)$ a $r(t) = \text{sca}(t)$.

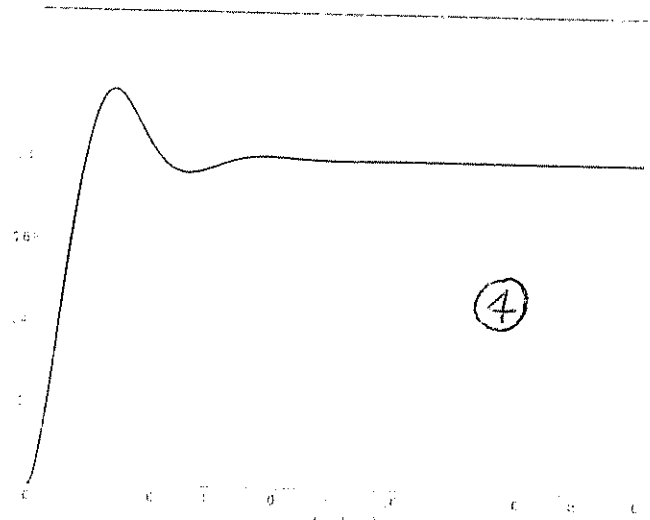
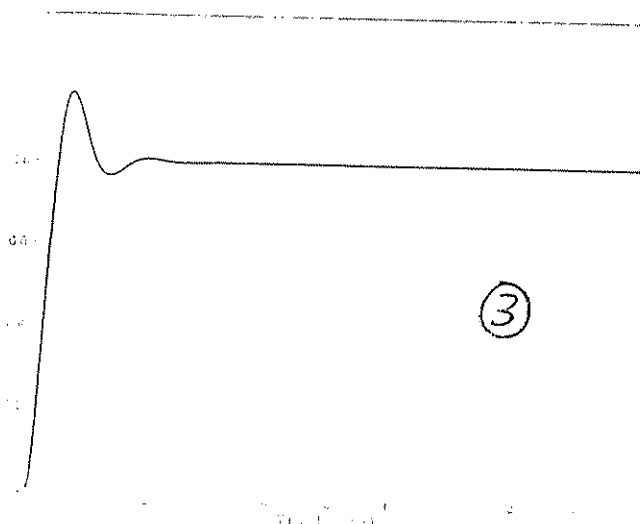
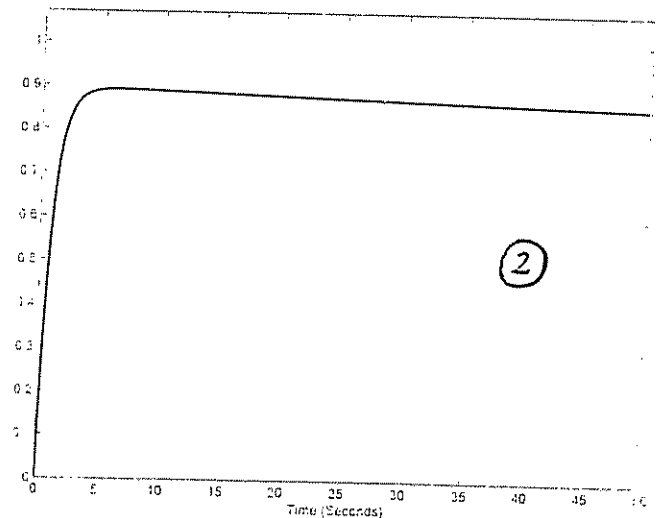
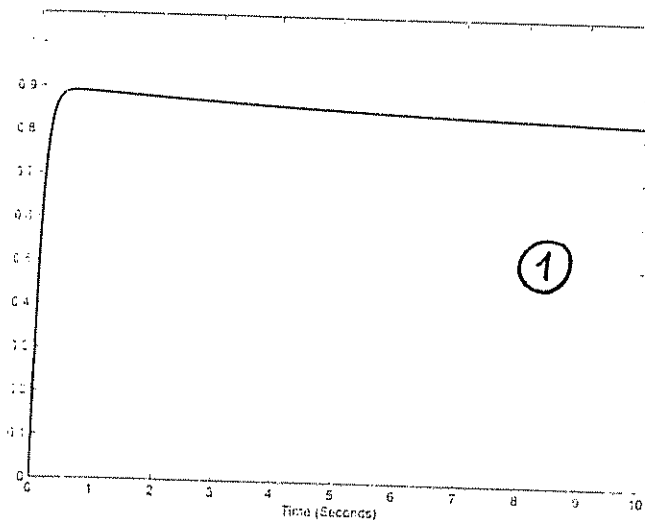
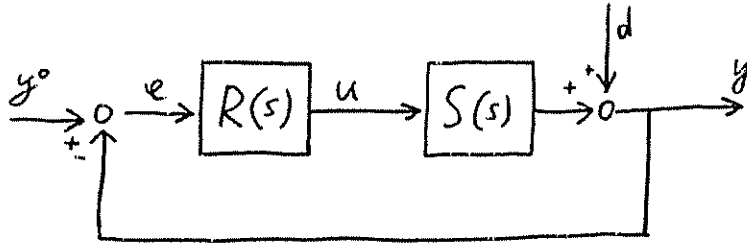


grafico corretto: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

2. In figura e' rappresentato un sistema di controllo in cui l'impianto e' dato da

$$S(s) = \frac{10}{s(s+1)}$$

e $R(s)$ e' un regolatore da progettare.



2.1 Si determini $R(s)$ in modo tale da soddisfare le seguenti specifiche:

- a) un disturbo $d(t)$ costante venga eliminato completamente su $y(t)$ a transitorio esaurito;
- b) se $y^o(t) = \text{sca}(t)$, $y(t)$ segue $y^o(t)$ con costante di tempo 0.1 e senza oscillazioni;
- c) $R(s)$ sia del 1° ordine.

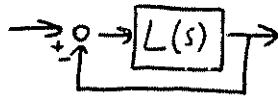
$R(s) =$

2.2 Per il sistema di controllo progettato, si calcoli con la massima precisione possibile il tempo di assestamento al 2% nella risposta a $y^\circ(t) = sca(t)$.

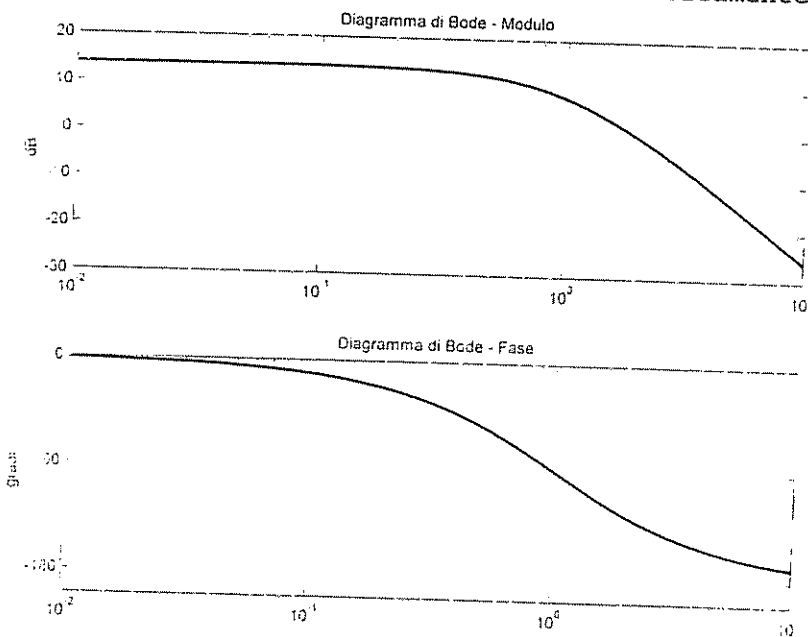
$T_{a2} =$

2.3 Posto $y^\circ(t) = sca(t)$ e $d(t) = 0$, si rappresenti il grafico qualitativo di $u(t)$.

3. 3.1 Si enunci con precisione il criterio di Nyquist per la stabilita' del sistema retroazionato mostrato in figura (si assuma che il sistema in linea di andata non abbia parti nascoste).



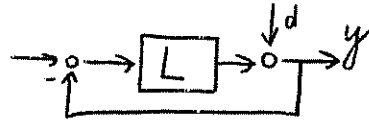
3.2 Si supponga che $L(s) = e^{-\tau s} \bar{L}(s)$, dove $\bar{L}(s)$ e' asintoticamente stabile e ha il diagramma di Bode in figura. Si determini - almeno approssimativamente - l'insieme di valori per il ritardo τ tale che il sistema retroazionato (1) sia asintoticamente stabile.



As. stabile per i seguenti valori di τ :

4. 4.1 In relazione ad una proprieta' di un sistema di controllo, si dica cosa significa che tale proprieta' vale "in modo robusto".

4.2 In relazione al sistema di controllo in figura (assunto asintoticamente stabile), si giustifichi la seguente proprieta': "il disturbo d viene attenuato significativamente su y in quell'insieme di frequenze in cui L ha modulo elevato".



4.3 Si dica se la proprieta' enunciata al punto 2 vale in modo robusto.

Fondamenti di Automatica B

22 Luglio 2005

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

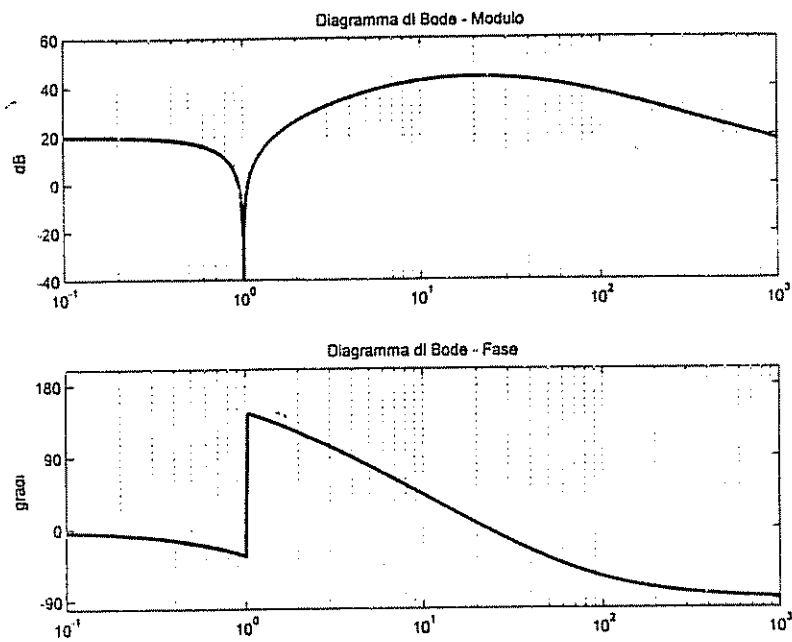
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. In figura e' rappresentato il diagramma di Bode di un sistema $G(s)$ con tre variabili di stato.



Dando giustificazione delle risposte fornite, si risponda alle domande che seguono.

a. Il sistema e' asintoticamente stabile.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

b. Esiste una pulsazione $\bar{\omega}$ tale che, se l'ingresso al sistema e' $\sin(\bar{\omega}t)$, l'uscita a regime e' nulla.

☐ SI ☐ NO

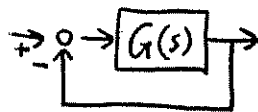
giustificazione:

c Esiste una pulsazione $\bar{\omega}$ tale che, se l'ingresso al sistema e' $\sin(\bar{\omega}t)$, l'uscita a regime e' $\sin(\bar{\omega}t)$.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

d. Se $G(s)$ viene retroazionato con retroazione negativa unitaria (vedi figura) il sistema retroazionato e' asintoticamente stabile.



☐ SI ☐ NO

giustificazione:

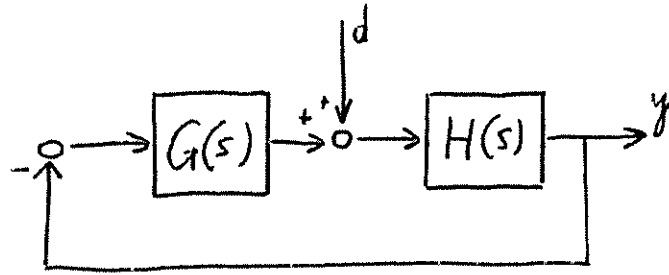
e Se $G(s)$ viene retroazionato con retroazione positiva unitaria (vedi figura) il sistema retroazionato e' asintoticamente stabile.



☐ SI ☐ NO

giustificazione:

2. In figura e' rappresentato un sistema retroazionato. Si vuole determinare l'insieme delle frequenze in cui un disturbo sinusoidale d viene attenuato sull'uscita almeno di un fattore 100. A tal fine, si risponda ai punti che seguono.



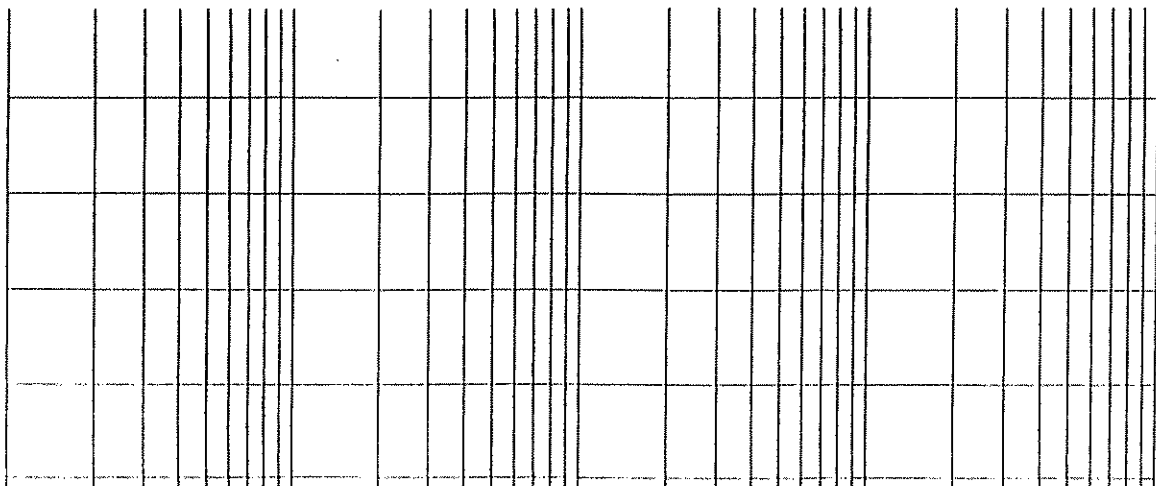
2.1 Si scriva la funzione di trasferimento $\frac{Y}{D}$ in funzione di $H(s)$ e $G(s)$.

$$\frac{Y}{D} =$$

2.2 Operando la consueta semplificazione a seconda che $|G(s)H(s)| > 1$ o $|G(s)H(s)| \leq 1$, si determini un'espressione approssimata per la funzione di trasferimento $\frac{Y}{D}$ in funzione di $H(s)$ e $G(s)$.

$$\frac{Y}{D} =$$

2.3 Si ponga ora $H(s) = \frac{0.4}{s(s+4)}$, $G(s) = \frac{1}{s+10}$. Si rappresenti il diagramma di Bode approssimato di $|H|$, $|GH|$, $|\frac{Y}{D}|$.



2.4 Si calcoli l'insieme delle frequenze in cui un disturbo sinusoidale d viene attenuato sull'uscita y almeno di un fattore 100.

insieme in cui d viene attenuato
almeno di un fattore 100:

3. Si consideri la funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 0.02s + 1}$$

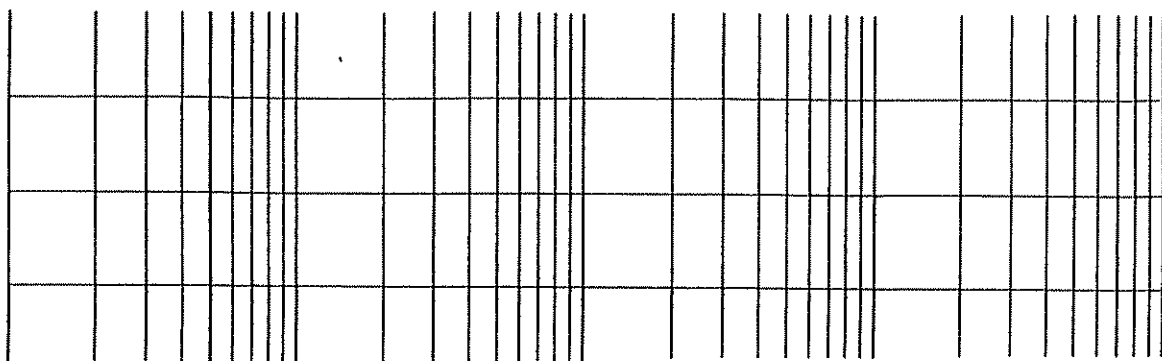
3.1 Si calcoli il guadagno, il coefficiente di smorzamento e la parte reale dei poli di $G(s)$.

$\mu =$; $\xi =$; parte reale poli =

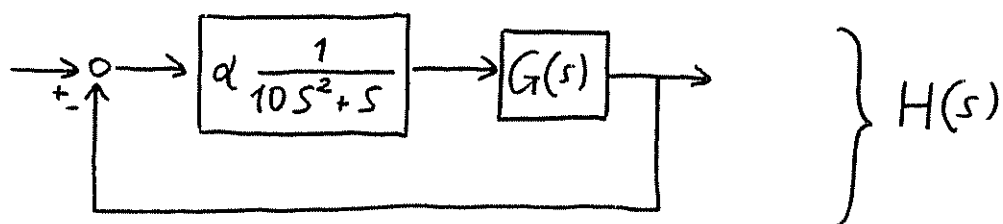
3.2 Si calcoli il tempo di assestamento approssimato all'1% - si ricorda che $T_{a\epsilon} \approx -1/\xi\omega_n \ln(0.01\epsilon)$.

$T_{a\epsilon} =$

3.3 Si disegni il diagramma di Bode asintotico del modulo di $G(s)$ e, sovrapposto a questo, si rappresenti pure il diagramma non asintotico (si dia una rappresentazione il piu' precisa possibile).



3.4 Si vuole ora retroazionare $G(s)$ al fine di ottenere un sistema $H(s)$ che ha approssimativamente lo stesso guadagno e lo stesso tempo di assestamento di $G(s)$, ma che non presenta oscillazioni nella risposta allo scalino. A tale fine, si retroaziona $G(s)$ come mostrato in figura, dove α e' un parametro da fissare.

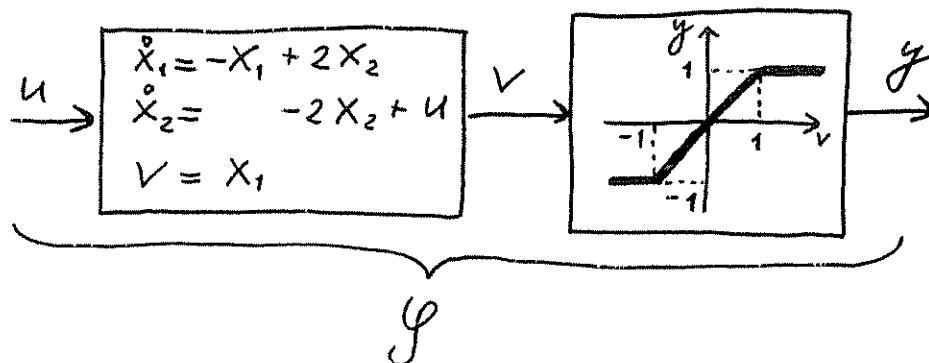


Si determini il valore di α .

$$\alpha =$$

4. 4.1 Sia \mathcal{P} un sistema asintoticamente stabile (A,b,c) . Si enunci per esso il teorema della risposta in frequenza.

4.2 Si consideri ora il sistema \mathcal{P} con saturazione sull'uscita rappresentato in figura.



Posto $u(t) = U \sin(t)$, si determini il massimo valore U_{\max} per U tale che l'uscita sia $y(t) = Y \sin(t + \phi)$, dove Y e ϕ sono dati dal teorema della risposta in frequenza applicato al solo blocco lineare.

$U_{\max} =$

4.3 Si disegni l'andamento di $y(t)$ a regime per il sistema al punto 2 quando $u(t) = 2 U_{\max} \sin(t)$.

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

13 Settembre 2005

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

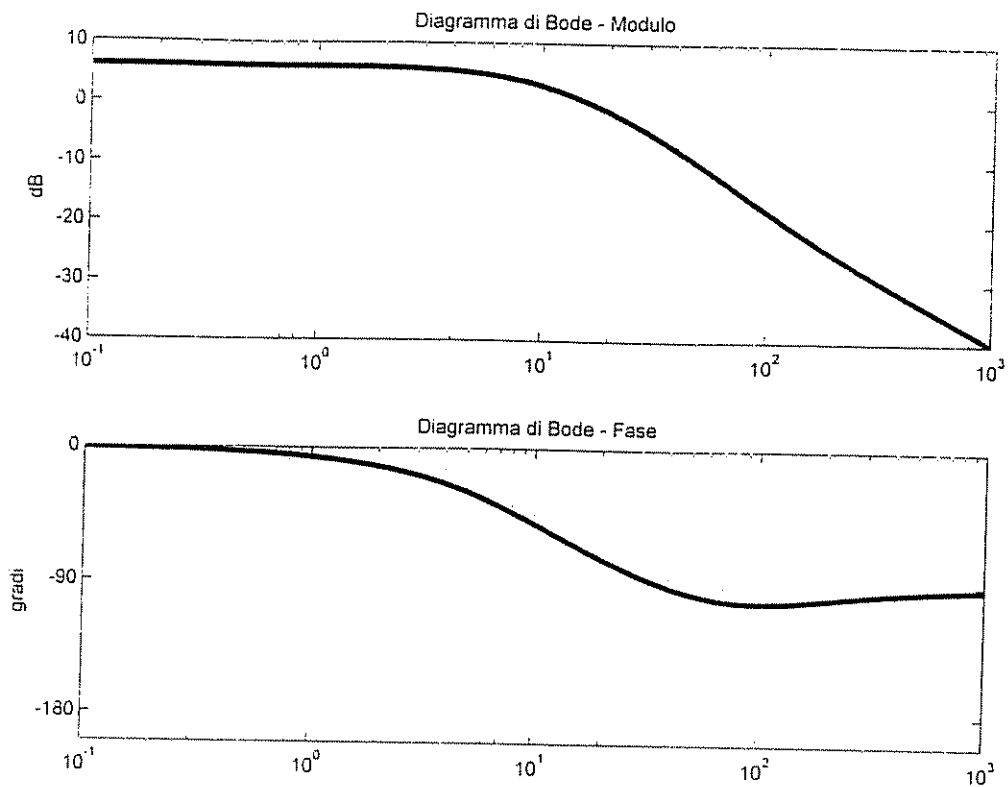
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli addizionali.

1. In figura e' rappresentato il diagramma di Bode di un sistema asintoticamente stabile.



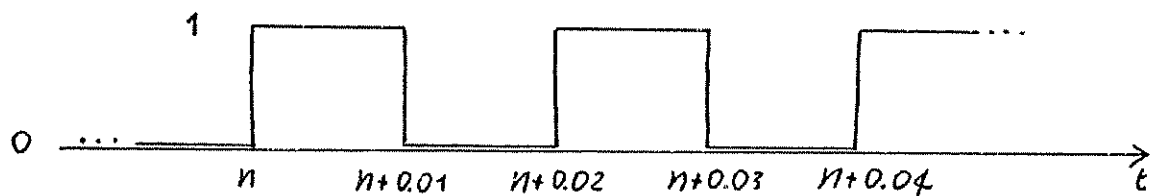
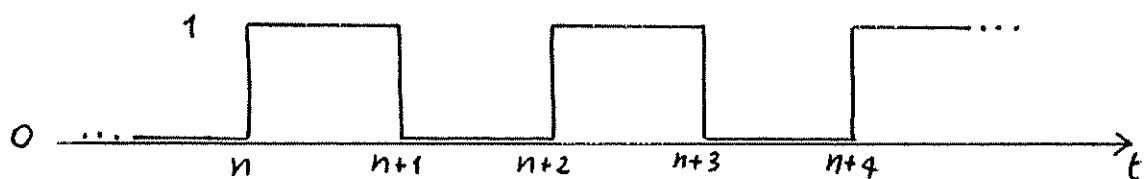
1.1 Si valuti il valore a cui tende la risposta allo scalino del sistema.

valore a cui tende la risp. allo scalino =

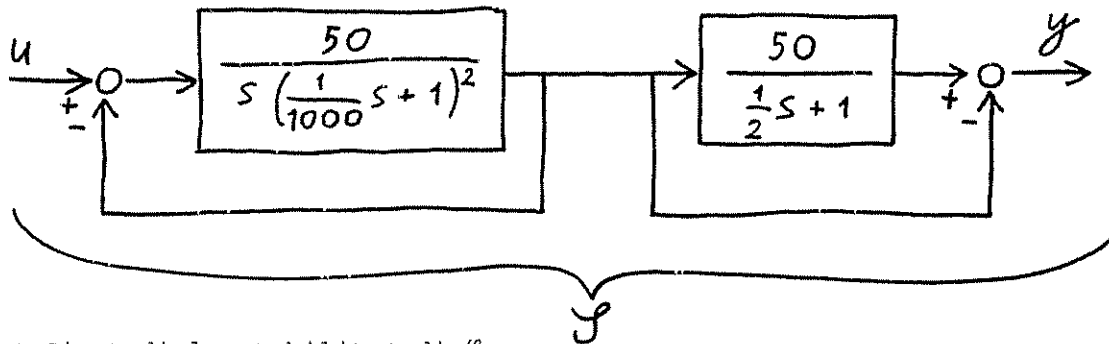
1.2 Si valuti il valore della costante di tempo dominante del sistema.

costante di tempo dominante =

1.3 Il sistema viene alimentato per lungo tempo con un'onda quadra. Per le due situazioni sotto riportate (CASO A = onda quadra con periodo 2; CASO B = onda quadra con periodo 0.02) si disegni l'andamento qualitativo dell'uscita del sistema sovrapposto a quello dell'ingresso.



2. Si consideri lo schema a blocchi in figura dove ogni blocco rappresenta un sistema senza parti nascoste.



2.1 Si studi la stabilita' di \mathcal{P} .

\mathcal{P} as. stabile: ☐ SI ☐ NO

2.2 Si calcoli il guadagno di \mathcal{P} .

guadagno =

2.3 Si determini il polo dominante di \mathcal{P} .

polo dominante =

2.4 Si determini una funzione di trasferimento del 1° ordine che sia un approssimante di bassa frequenza di \mathcal{P} .

appross. di bassa freq. =

2.5 Si rappresenti graficamente la risposta alla scalino dell'approssimante calcolato al punto 2.4.

2.6 Si dica se la risposta disegnata al punto 2.5 e' piu' fedele (cioe' meglio descrive la vera risposta di \mathcal{P}) nei primi istanti dopo lo zero o per $t \rightarrow \infty$.

piu' fedele dopo lo zero ☐ piu' fedele per $t \rightarrow \infty$ ☐

giustificazione:

3. Si consideri il seguente sistema non lineare con una sola variabile di stato:

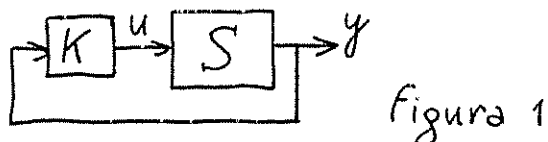
$$S: \begin{cases} \dot{x} = -x - x^3 + u \\ y = x - x^4 \end{cases}$$

3.1 Posto $u=0$, si mostri che $x=0$ e' uno stato di equilibrio.

3.2 Attraverso linearizzazione del sistema, si mostri che $x=0$ e' un equilibrio stabile e si calcoli la costante di tempo con cui $x(t) \rightarrow 0$ quando $x(0)$ viene perturbato di poco rispetto allo 0 e $u(t)=0$.

costante di tempo =

3.3 Si consideri una legge di controllo $u=ky$ (vedi figura 1).



Si determini k in modo tale che $x=0$ sia ancora un equilibrio stabile e che la costante di tempo con cui $x(t) \rightarrow 0$ quando $x(0)$ viene perturbato di poco rispetto allo 0 sia 10 volte piu' grande che per il sistema S in anello aperto.

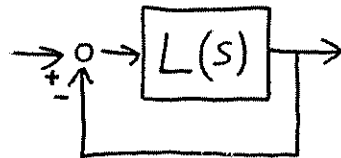
$k =$

3.4 Per il sistema in figura 1 con k al valore determinato al punto 3.3, si dica se $x(t) \rightarrow 0$ qualunque sia la perturbazione di $x(0)$.

$x(t) \rightarrow 0$, qualunque sia $x(0)$ ☐ SI ☐ NO

4. 4.1 Si spieghi la ragione per la quale il requisito di asintotica' stabilita' e' assolutamente imprescindibile in qualunque sistema di controllo.

4.2 In figura e' rappresentato un sistema di controllo retroazionato dove $L(s)$ rappresenta un sistema senza parti nascoste.



Si giustifichi con precisione la seguente affermazione: il sistema di controllo e' asintoticamente stabile se e solo se i suoi poli sono asintoticamente stabili (in altre parole, la stabilita' del sistema retroazionato puo' essere valutata studiando unicamente i suoi poli).

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

20 Dicembre 2005

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

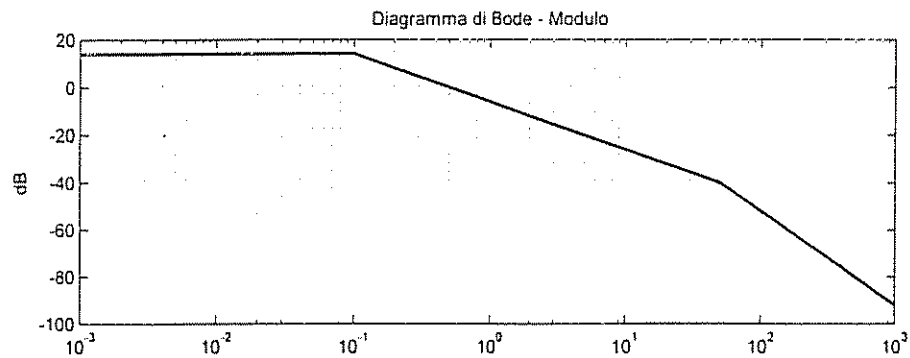
Controllare che il fascicolo sia costituito da 7 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

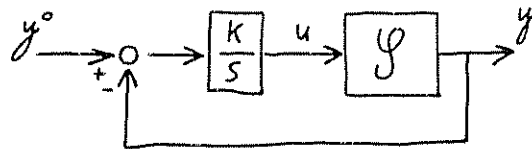
La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1 Un sistema \mathcal{G} asintoticamente stabile e a fase minima ha il diagramma asintotico di Bode del modulo rappresentato in figura.



Esso viene chiuso in un anello di controllo in cui il controllore e' puramente integrale (vedi figura).



1.1 Si determini k in modo tale che $\omega_c \cong 1$.

$k =$

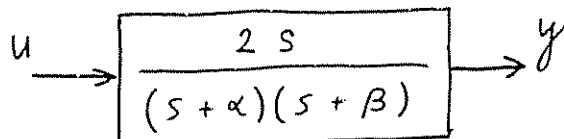
1.2 Si disegni nel modo piu' fedele possibile il diagramma non-asintotico di Bode del modulo della funzione di trasferimento fra y^o e y (si ricorda che $\xi = \sin(\phi_m/2)$).

1.3 Posto $y^\circ(t) = \text{sca}(t)$, si disegni l'andamento di $y(t)$.

1.4 Posto $y^\circ(t) = \text{sca}(t)$, si dica a quale valore tende asintoticamente la variabile di controllo.

$u(\infty) =$

2. Il sistema seguente:

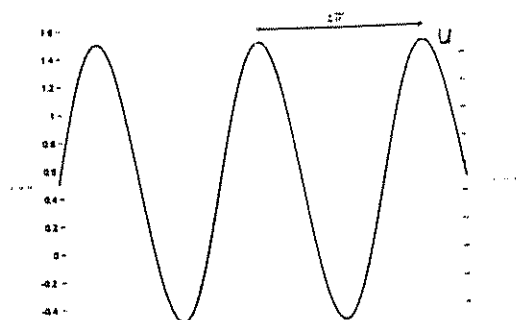


ha due parametri, α e β , che possono essere fissati liberamente

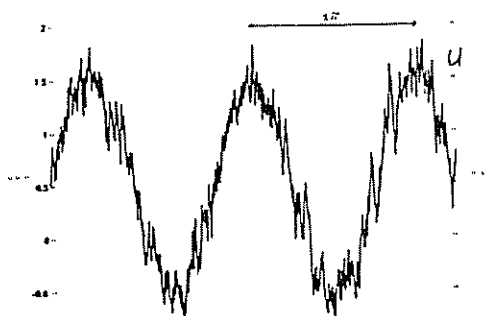
2.1 Si fissino i valori di α e β in modo tale che un segnale di ingresso $u(t) = \sin(t)$ passi a regime inalterato (sia in modulo che in fase) sull'uscita.

$\alpha = \quad \beta =$

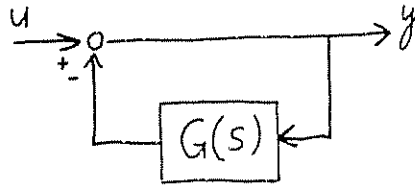
2.2 Si disegni $y(t)$ a regime quando l'ingresso e' quello in figura (si disegni l'andamento di $y(t)$ sullo stesso grafico di $u(t)$).



2.3 Si disegni $y(t)$ a regime quando l'ingresso e' quello in figura (si disegni l'andamento di $y(t)$ sullo stesso grafico di $u(t)$).



3. Si consideri il sistema in figura



dove $G(s) = \frac{100}{s(s+10)^2}$ rappresenta un sistema senza parti nascoste.

3.1 Si studi la stabilità del sistema retroazionato.

sistema retroaz. as. stabile: ☐ SI ☐ NO

3.2 Si disegni il diagramma asintotico di Bode del modulo di $G(s)$ e, sovrapposto a questo, si disegni il diagramma approssimato di Bode del modulo della funzione di trasferimento Y/U .

3.3 Si determini un approssimante del 1° ordine della funzione di trasferimento Y/U .

approssimante del 1° ordine:

3.4 Si disegni la risposta allo scalino dell'approssimante trovato al punto precedente.

3.5 Utilizzando i teoremi del valore iniziale e del valore finale, si ricavi $y(0)$ e $y(\infty)$ nella risposta allo scalino per il sistema retroazionato iniziale.

$y(0) =$	$y(\infty) =$
----------	---------------

4. 4.1 Si spieghi il significato della frase "la funzione di trasferimento e' una rappresentazione esterna completa di un sistema lineare".

4.2 Si dimostri che se due sistemi lineari sono ottenuti l'uno dall'altro attraverso un cambiamento di base, allora le loro funzioni di trasferimento sono uguali.

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

19 Aprile 2006

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

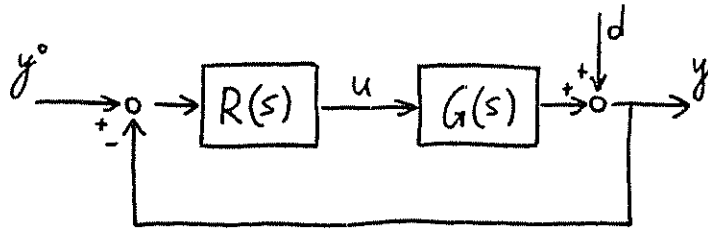
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un impianto con funzione di trasferimento $G(s) = \frac{5}{s + 1}$ viene retroazionato come mostrato in figura.

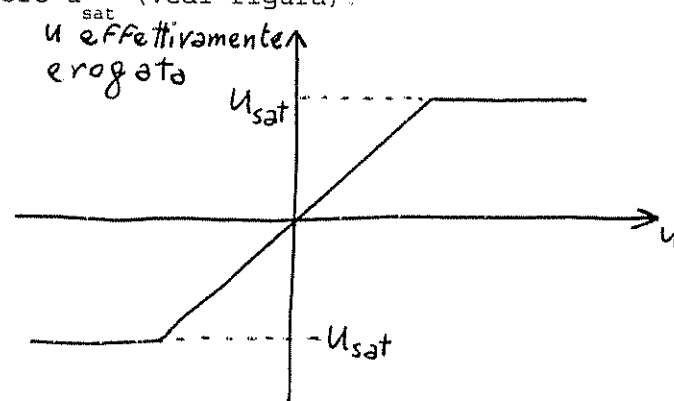


1.1 Si determini $R(s)$ in modo tale da soddisfare le seguenti specifiche:

- i) se $y^o(t) = \text{sca}(t)$, $y(t)$ segue $y^o(t)$ con costante di tempo 0.1 e senza oscillazioni;
- ii) un disturbo $d(t)$ costante viene eliminato completamente su $y(t)$ a transitorio esaurito;
- iii) $R(s)$ e' del primo ordine.

$R(s) =$

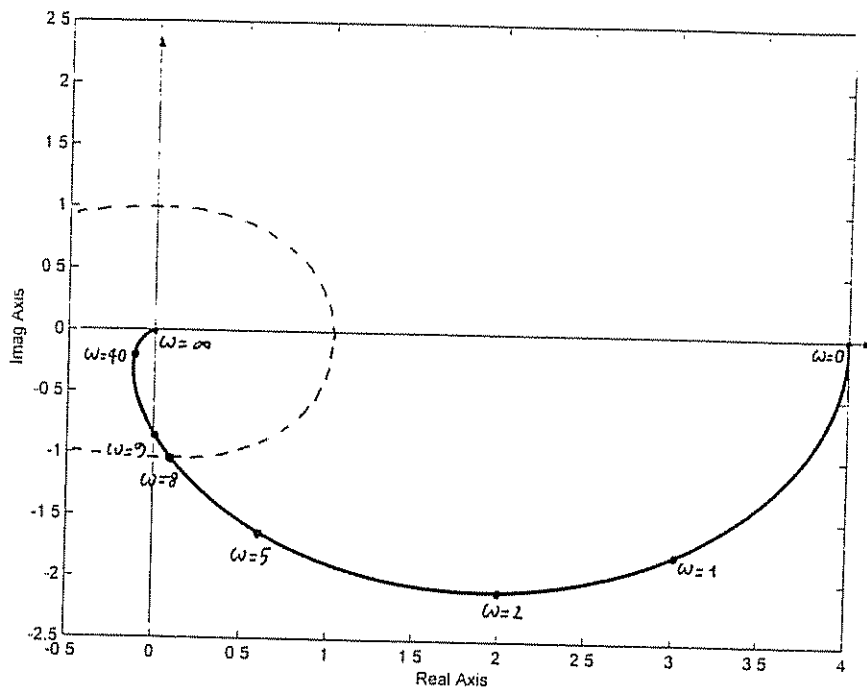
1.2 L'azione di controllo u viene erogata da un attuatore che va in saturazione al valore u_{sat} (vedi figura).



Si vuole che l'attuatore non vada in saturazione quando $y^\circ(t) = Y_{sca}(t)$ con $|Y| < 10$ e $d(t) = 0$. Si dimensioni l'attuatore, si determini cioè u_{sat} affinché ciò non accada (si scelga u_{sat} il più piccolo possibile).

$u_{sat} =$

2. Un sistema $G(s)$ ha 2 poli e nessun zero. Il suo diagramma di Nyquist e' rappresentato in figura.



Si risponda ai quesiti che seguono.

i) Si dica se il sistema e' asintoticamente stabile.

☐ SI ☐ NO

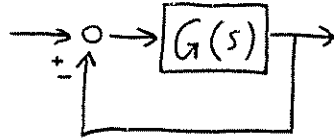
giustificazione:

ii) Si faccia una stima del valore del polo dominante del sistema
polo dominante =

giustificazione:

iii) Si rappresenti la risposta allo scalino del sistema.

Si supponga ora di retroazionare il sistema come rappresentato in figura.



iv) Si dica se il sistema retroazionato e' asintoticamente stabile.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

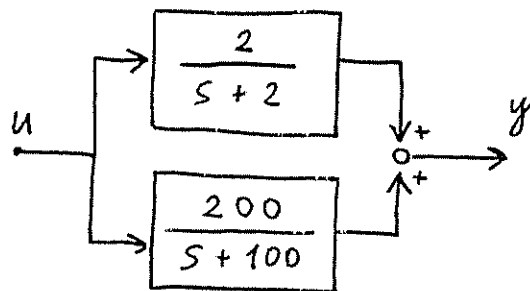
ii) Si faccia una stima del valore del polo dominante del sistema retroazionato.

polo dominante =

giustificazione:

iii) Si rappresenti la risposta allo scalino del sistema retroazionato.

3. In figura e' rappresentato un sistema ottenuto per interconnessione di due sistemi del primo ordine.



3.1 Si dica se \mathcal{Y} e' asintoticamente stabile.

as. stabile: ☐ SI ☐ NO

3.2 Si ponga $u(t) = \text{sca}(t)$. Si calcoli $y(0)$, $\dot{y}(0)$, $y(\infty)$.

$y(0) =$ $\dot{y}(0) =$ $y(\infty) =$

3.3 Si determini un approssimante di bassa frequenza del 1° ordine di \mathcal{Y} .

apprssim. bassa frequenza =

3.4 Si tracci la risposta allo scalino dell'approssimante calcolato al punto precedente.

3.5 Si determini un approssimante del 1° ordine di \mathcal{F} attorno alla pulsazione $\omega=100$.

apprssim. attorno a $\omega=100$ =

4. 4.1 Si enunci il teorema della risposta in frequenza per sistemi lineari (A,b,c) .

4.2 Il teorema della risposta in frequenza acquista un particolare valore in relazione all'esistenza della teoria dello sviluppo di Fourier. Si spieghi la ragione di questo fatto.

//////

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

11 Luglio 2006

//////

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

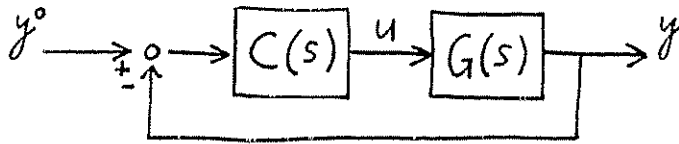
Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

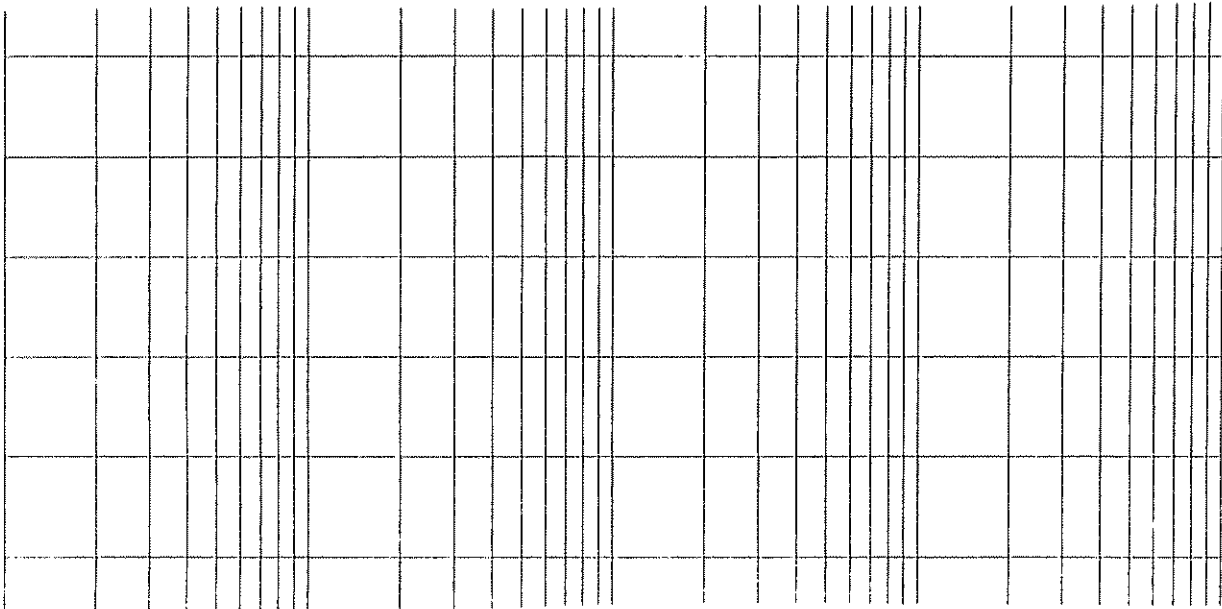
Non consegnare fogli aggizionali.

1. Un sistema $G(s) = \frac{20}{(s+1)(s/200+1)}$ viene controllato in retroazione (vedi figura).



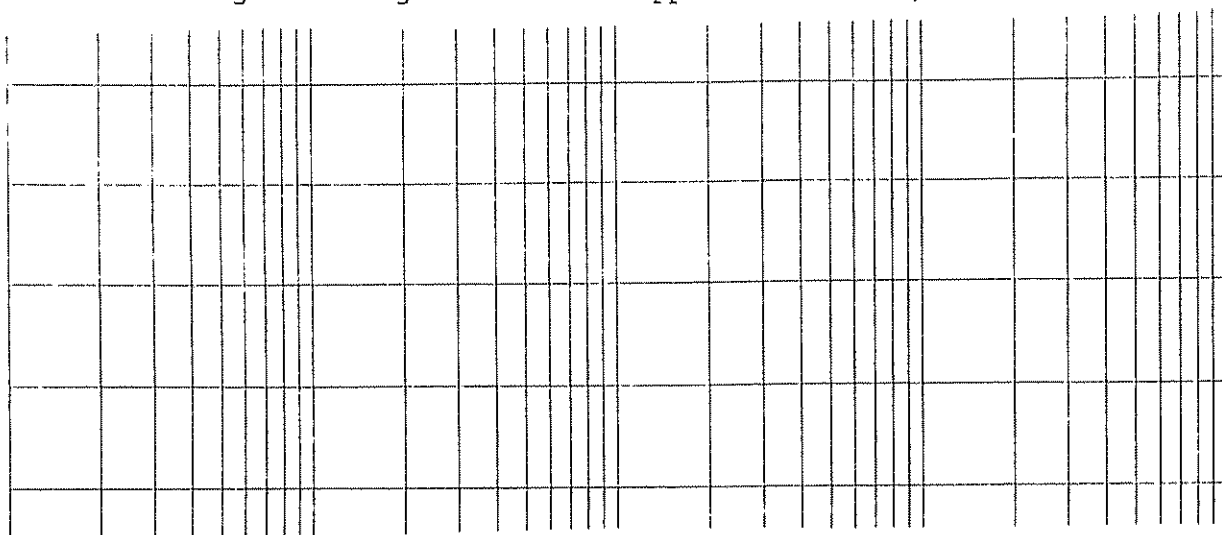
1.1 Si determini $C(s)$ affinché:

- i) $y(\infty) = 1$ quando $y^o = \text{sca}(t)$;
- ii) $\omega_c \cong 10$;
- iii) la risposta a $y^o(t) = \text{sca}(t)$ non oscilli;
- iv) il regolatore sia di ordine 1.



$C(s) =$

1.2 Si disegni il diagramma di Bode approssimato di U/Y° .



1.3 Si supponga che $u(t)$ saturi al valore 10. Posto $y^\circ(t) = Y^\circ \text{sca}(t)$, si calcoli, almeno approssimativamente, qual e' il massimo valore di Y° affinche' $u(t)$ non vada in saturazione.

massimo valore di $Y^\circ =$

2. Si consideri il sistema retroazionato in figura 1 in cui $G(s)$ e' asintoticamente stabile e ha il diagramma polare riportato in figura 2.

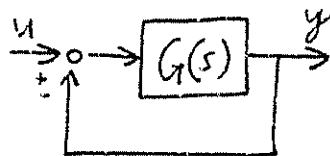


Figura 1

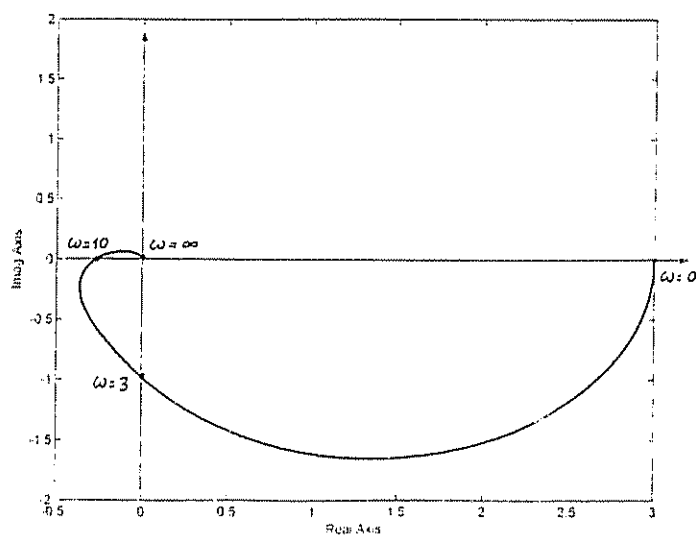


Figura 2

Giustificando la risposta, si risponda ai quesiti che seguono.

i) Si dica se il sistema retroazionato e' asintoticamente stabile.

as. stabile: ☐ SI ☐ NO

ii) Posto $u(t) = \text{sca}(t)$, si determini $y(\infty)$.

$y(\infty) =$

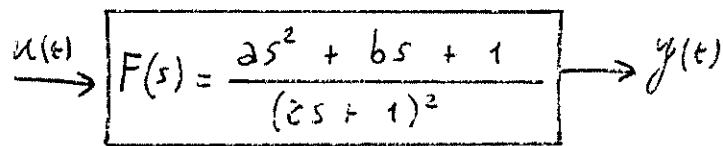
iii) Si scriva un approssimante di bassa frequenza del sistema retroazionato.

approssimante di bassa frequenza =

iv) Posto $u(t) = \text{sca}(t)$, si valuti, almeno approssimativamente, il tempo in cui $y(t)$ si assesta in $[0.99 \cdot y(\infty), 1.01 \cdot y(\infty)]$.

tempo =

3. Si consideri il filtro $F(s)$ in figura dove a, b e τ sono parametri di progetto.

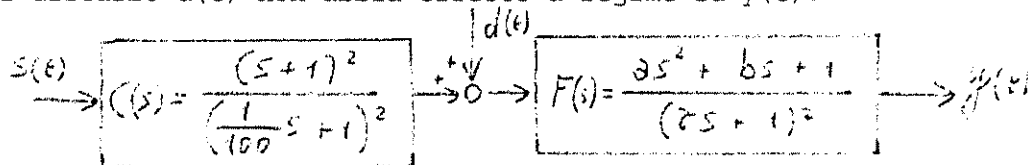


3.1 Posto $u(t) = \sin(100t)$, si determini la condizione su a, b e τ tale che $y(t)$ sia nullo a regime.

condizione:

3.2 Si consideri ora la cascata in figura dove $s(t)$ e' un segnale trasmesso le cui componenti frequenziali sono tutte a $\omega \leq 10$, $C(s)$ e' un canale di trasmissione e il disturbo $d(t)$ e' sinusoidale a pulsazione 100. Si determini a, b e τ in modo tale che $y(t)$ assomigli a $s(t)$ e cioe':

- il filtro $F(s)$ elimini il piu' possibile la distorsione introdotta da $C(s)$;
- il disturbo $d(t)$ non abbia effetto a regime su $y(t)$.



$a =$, $b =$, $\tau =$

4. 4.1 Si dimostri la seguente affermazione: "i poli di un sistema sono sempre autovalori della matrice di stato del sistema".

4.2 Un sistema del 4° ordine ha un ingresso u e tre uscite y_1 , y_2 e y_3 . La funzione di trasferimento Y_1/U ha poli -4 e -2 , Y_2/U ha poli -2 e -1 e Y_3/U ha poli -4 e -3 . Si dica cosa si può concludere circa la stabilità del sistema.

Fondamenti di Automatica B

5 Settembre 2006

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 5 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Al fine di determinare le equazioni che descrivono un sistema, si svolge un esperimento: il suo stato viene inizializzato a zero e ad esso viene iniettato il segnale $u(t) = \text{rampa}(t)$. La risposta rilevata del sistema è $y(t) = \text{sca}(t) - e^{-3t}$.

1.1 Si ricavi la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema.

$G(s) =$

1.2 Si determini una realizzazione di $G(s)$.

realizzazione:

2. Un sistema dinamico e' descritto dalla funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{2}{0.2s + 1}.$$

2.1 $G(s)$ viene retroazionato come mostrato in figura 1. Si determini $M(s)$ in modo tale che $y(t) \rightarrow 0$ quando $u(t) = \sin(\omega t)$ ed inoltre la convergenza a zero avvenga con costante di tempo pari circa a 1.

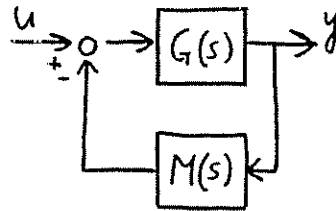


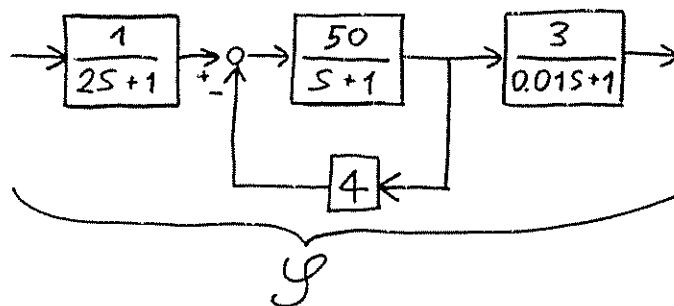
figura 1

$M(s) =$

2.2 Con riferimento allo schema in figura 1 dove $M(s)$ e' la funzione di trasferimento progettata al punto precedente, si ponga $u(t) = \sin(\omega t)$. Si dica, almeno approssimativamente, in quale campo di pulsazioni ω l'ampiezza di y e' maggiore di 1.

$\omega \in$

3. Si consideri il sistema \mathcal{Y} in figura.



3.1 Supponendo che i singoli blocchi siano completamente raggiungibili ed osservabili, si dica se \mathcal{Y} e' asintoticamente stabile.

as. stabile: ☐ SI ☐ NO

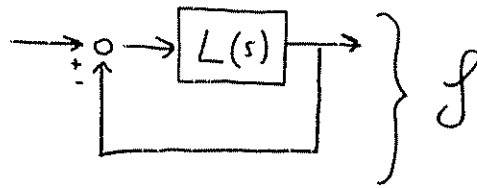
3.2. Si determini un approssimante di bassa frequenza del 1° ordine di \mathcal{Y} .

approssimante:

3.3 Si dica se l'approssimante e' "fedele" (cioe' esso non introduce una variazione sul segnale di uscita maggiore del 10%) nella banda di frequenze $\omega \in [0, 1]$.

approssimante fedele: ☐ SI ☐ NO

4. In figura e' rappresentato un sistema di controllo \mathcal{P} , dove $L(s)$ non ha parti nascoste.



4.1 Si supponga che \mathcal{P} abbia 2 poli: $p_1 = -2$ e $p_2 = -4$. Si dica cosa si puo' concludere circa la stabilita' di \mathcal{P} .

4.2 Si supponga che la risposta allo scalino di \mathcal{P} resti limitata. Si dica cosa si puo' concludere circa la stabilita' di \mathcal{P} .

Fondamenti di Automatica B

20 Dicembre 2006

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un sistema con ingresso u e uscita y ha funzione di trasferimento

$$S(s) = \frac{s + 1}{s}.$$

1.1 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$ e condizione iniziale nulla, si ricavi $y(t)$ lavorando nel dominio delle trasformate di Laplace.

$y(t) =$

1.2 Si determini una realizzazione di $S(s)$.

realizzazione:

1.3 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$ e condizione iniziale nulla, si ricavi $y(t)$ lavorando nel dominio dei tempi.

$y(t) =$

2. Un sistema ha funzione di trasferimento $S(s) = \frac{50}{\tau s + 1} e^{-Ts}$.

2.1 Il sistema viene retroazionato (vedi figura 1) e il sistema retroazionato viene alimentato con un ingresso a scalino: $u(t) = \text{sca}(t)$. L'uscita del sistema retroazionato e' mostrata in figura 2.

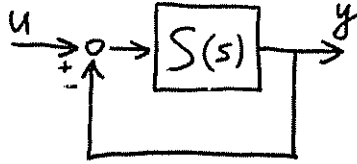


Figura 1

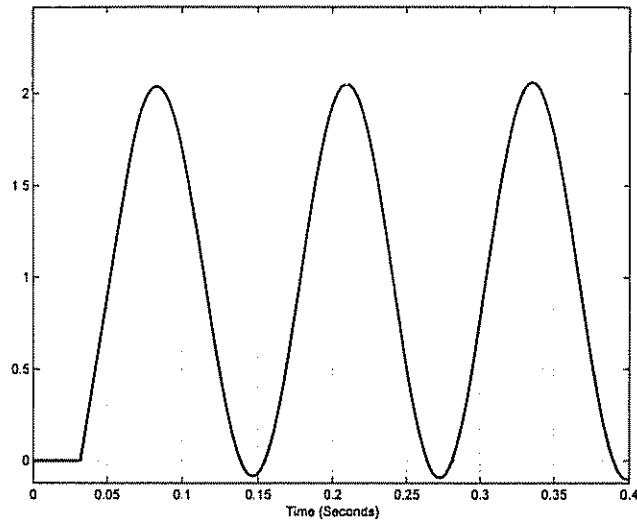


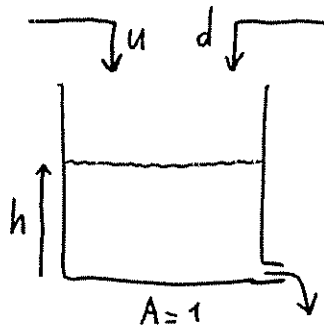
Figura 2

Si determini - almeno approssimativamente - il valore di T e di τ .

T = τ =

2.2 Si disegni la risposta allo scalino di $S(s)$ in anello aperto.

3. In figura e' rappresentato un serbatoio dove la portata u e' una variabile di controllo, la portata d e' un disturbo, la portata in uscita dall'ugello e' pari a \sqrt{h} .



3.1 Si scriva l'equazione di stato del serbatoio.

equazione di stato:

3.2 Posto $d = \bar{d} = 0.5$, si determini \bar{u} in modo tale che h a regime sia pari a $\bar{h} = 1$.

$\bar{u} =$

3.3 Si progetti un regolatore $R(s)$ che lega $h - \bar{h}$ a $u - \bar{u}$ in modo tale che piccole variazioni costanti del disturbo rispetto al valore $\bar{d} = 0.5$ vengano riassorbite a regime (cioe' h si riporti al valore $\bar{h} = 1$) con costante di tempo pari circa a 10 (si lavori con il sistema linearizzato).

$$R(s) =$$

4. 4.1 Si enunci il teorema della risposta in frequenza per un sistema lineare (A,b,c) .

4.2 Vengono fatti alcuni esperimenti su impianti lineari asintoticamente stabili. Dando giustificazione delle risposte fornite, si dica quali fra i risultati sperimentali sotto riportati sono possibili.

i. Con $u(t) = \sin(t)$, si e' ottenuto in uscita $y(t) = \sin(10t + \pi/3)$.

☐ possibile ☐ impossibile

motivazione:

ii. Con $u(t) = \sin(t)$, si e' ottenuto in uscita $y(t) = \sin(t + \pi/3)$.

☐ possibile ☐ impossibile

motivazione:

iii. Con $u(t) = \sin(t) + \sin(3t)$, si e' ottenuto in uscita $y(t) = \sin(t + \pi/3)$.

☐ possibile ☐ impossibile

motivazione:

iv. Con $u(t) = 1$, si e' ottenuto in uscita $y(t) = 2$ e con $u(t) = \sin(t) + 1$, si e' ottenuto in uscita $y(t) = \sin(t + \pi/3) + 1$.

☐ possibile ☐ impossibile

motivazione:

Fondamenti di Automatica B

12 Aprile 2007

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 7 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un sistema \mathcal{G} senza parti nascoste ha i diagrammi di Bode riportati nella figura 1 sottostante.

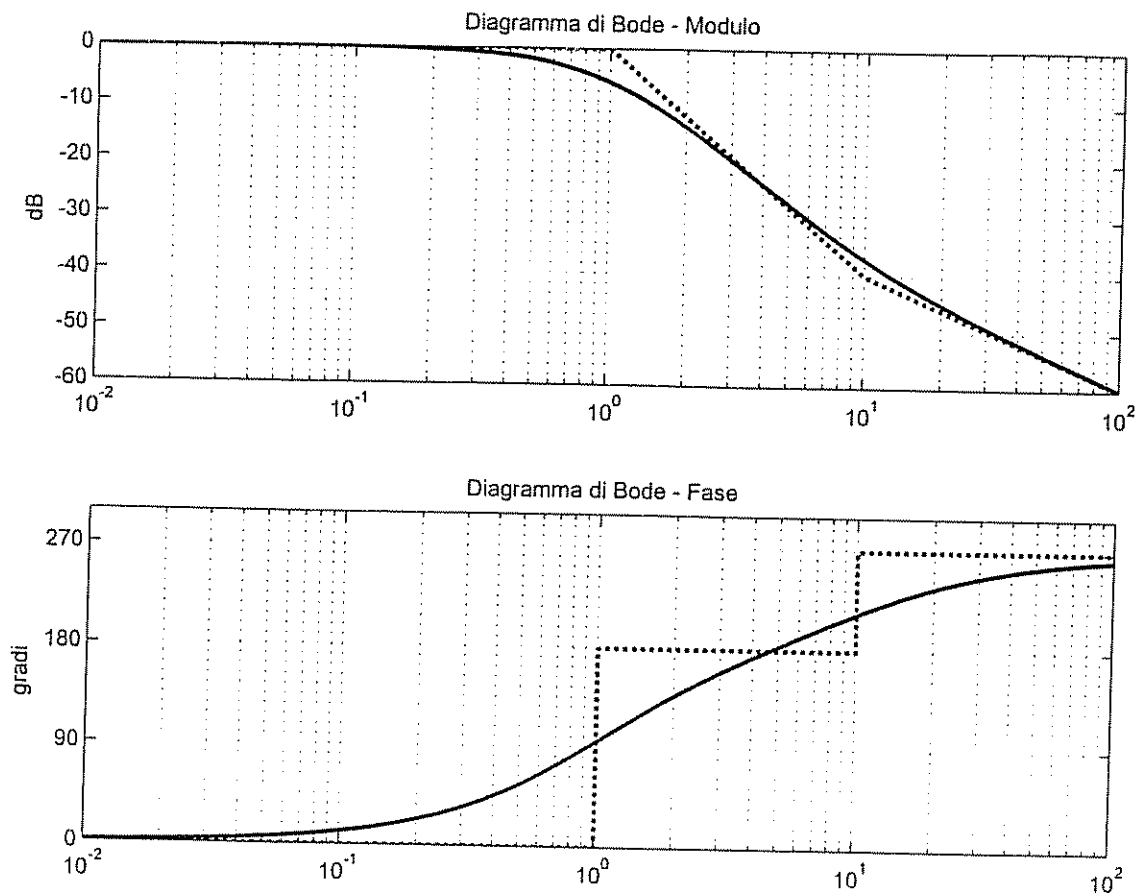


Figura 1

Si dica quali delle seguenti affermazioni sono vere.

(i) Il sistema e' asintoticamente stabile.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(ii) La risposta allo scalino del sistema tende a 1.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(iii) La risposta allo scalino del sistema ha derivata nulla per $t=0$.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(iv) Il sistema retroazionato proporzionalmente in Figura 2 e' asintoticamente stabile per ogni valore di μ positivo.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

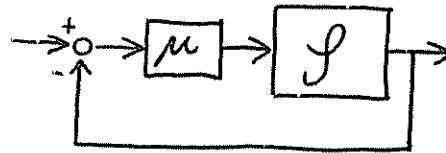


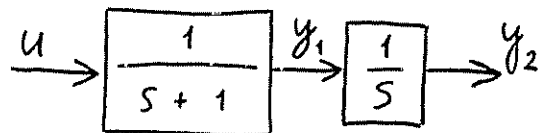
Figura 2

(iv) Il sistema retroazionato proporzionalmente in Figura 2 e' asintoticamente stabile per qualche valore di μ positivo.

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

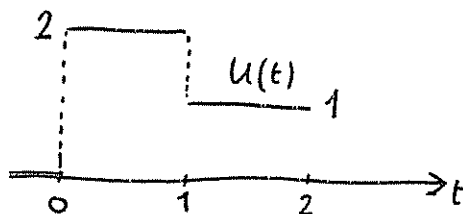
2. Si consideri il sistema in figura.



2.1 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$, si determini l'espressione analitica di $y_1(t)$ e di $y_2(t)$.

$y_1(t) =$	$y_2(t) =$
------------	------------

2.3 Si determini il valore assunto da y_2 al tempo $t=2$ in risposta al segnale $u(t)$ sotto riportato (si consiglia di utilizzare il risultato ottenuto al punto precedente).



$y_2(2) =$

3. Un sistema $S(s)$ ha la risposta allo scalino rappresentata in figura 1.

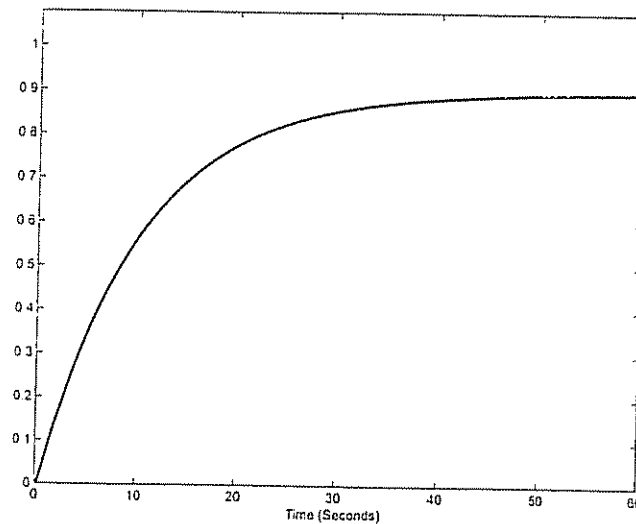


Figura 1

Esso viene retroazionato come mostrato in figura 2.

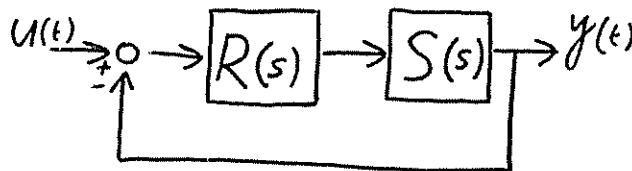


Figura 2

3.1 Si determini il guadagno di $R(s)$ in modo tale che la risposta allo scalino $u(t) = sca(t)$ del sistema retroazionato tenda a 0.9 (cioè allo stesso valore cui tendeva la risposta di $S(s)$ in assenza di retroazione).

guadagno di $R(s) =$

3.2 Si determini $R(s)$ in modo tale che il valore 0.9 in risposta a $u(t) = sca(t)$ venga raggiunto dall'uscita $y(t)$ del sistema retroazionato senza oscillazioni ed in un tempo approssimativamente pari a 1/50 di quello in cui esso veniva raggiunto in assenza di retroazione.

$$R(s) =$$

4. 4.1 Si enunci il teorema della risposta in frequenza per il sistema

$$\mathcal{P}: \begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = cx \end{cases}$$

dove A e' una matrice asintoticamente stabile.

4.2 Si dica quali delle seguenti affermazioni sono corrette.

a. Posto $u(t) = \sin(\omega t)$, l'ampiezza della sinusoide di regime tende a zero quando $\omega \rightarrow \infty$.

☐ SI ☐ NO

motivazione:

b. Posto $u(t) = \sin(t) + \sin(2t)$, esiste una condizione iniziale $x(0)$ tale che l'uscita sia, per ogni istante temporale t , costituita dalla somma di due sinusoidi.

☐ SI ☐ NO

motivazione:

c. Si supponga che la risposta allo scalino di \mathcal{P} si assesti al valore 2. Allora, qualunque altro ingresso il cui valore in modulo non supera 1 ($|u(t)| \leq 1, \forall t$) produce in uscita a regime un segnale con ampiezza inferiore a 2.

☐ SI ☐ NO

motivazione:

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

2 Luglio 2007

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

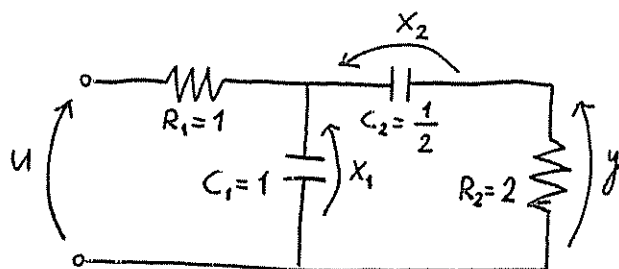
Controllare che il fascicolo sia costituito da 7 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Si consideri la rete elettrica in figura.



1.1 Si scrivano le equazione della rete nel dominio del tempo.

equazioni

rete:

1.2 Si ricavi la funzione di trasferimento $Y(s)/U(s)$.

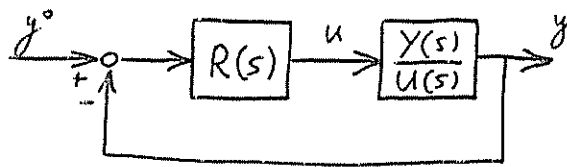
$$\frac{Y(s)}{U(s)} =$$

1.3 Si ricavi l'espressione analitica della risposta $y(t)$ della rete elettrica allo scalino $u(t) = \text{sca}(t)$.

$$y(t) =$$

1.4 Si rappresenti graficamente la risposta allo scalino calcolata al punto precedente.

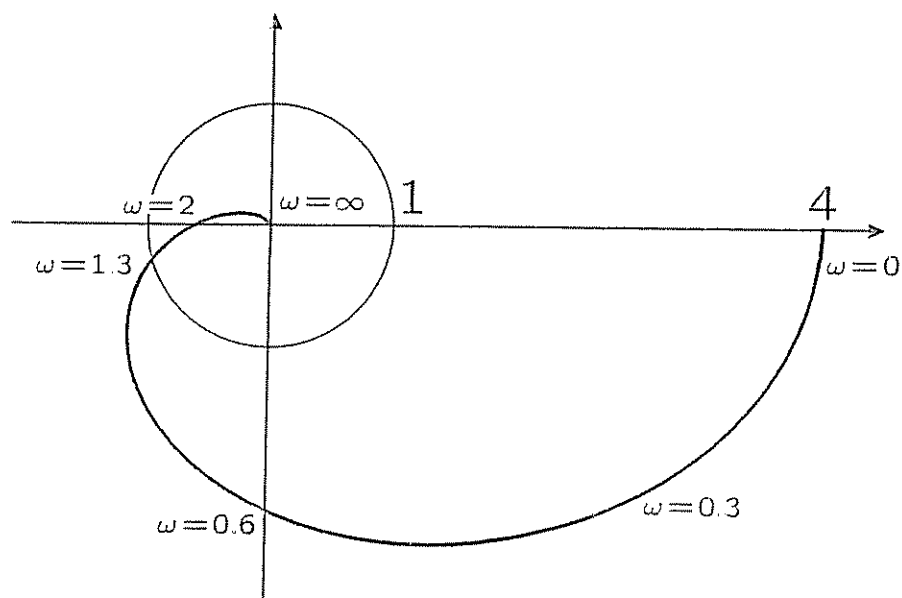
1.5 Si supponga ora di retroazionare la rete elettrica con una seconda rete che comanda u in dipendenza dalla differenza fra una tensione di riferimento y° e la tensione y (vedi figura).



Si dica se e' possibile progettare $R(s)$ in modo tale che l'anello di retroazione sia asintoticamente stabile ed inoltre $y(t)$ tenda a 1 quando $y^\circ(t)$ e' sca(t)

possibile: ☐ SI ☐ NO

2. In figura e' rappresentato il diagramma polare della funzione di trasferimento $H(s)$ di un sistema asintoticamente stabile.



Si risponda ai quesiti che seguono.

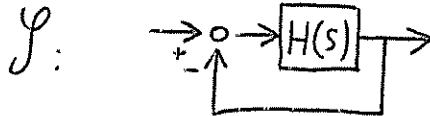
(i) Si determini l'insieme di pulsazioni alle quali $H(s)$ amplifica.

$\omega \in$

(ii) Si determini il valore asintotico a cui tende la risposta allo scalino di $H(s)$.

valore asint. =

Si supponga ora di retroazionare $H(s)$ come mostrato in figura e si chiami \mathcal{P} il sistema retroazionato.



(iii) Si dica se \mathcal{P} e' asintoticamente stabile.

as. stabile: ☐ SI ☐ NO

(iv) Si dica se esistono pulsazioni alle quali \mathcal{P} amplifica.

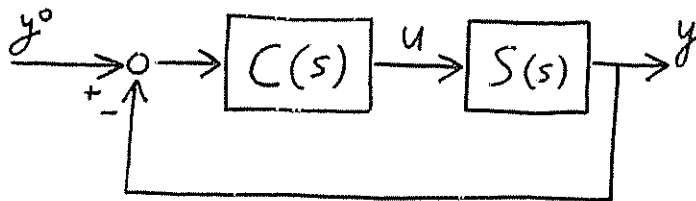
esistono: ☐ SI ☐ NO

(v) Si determini il valore asintotico a cui tende la risposta allo scalino di \mathcal{P} .

valore asint. =

3. Un sistema e' descritto dalla funzione di trasferimento

$$S(s) = \frac{10}{(s+0.1)(s+1)}$$
 . Esso viene controllato come mostrato in figura.



3.1 Si determini $C(s)$ in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

- i) il sistema retroazionato e' asintoticamente stabile con polo dominante reale;
- ii) se y^o e' costante, y tende a y^o ;
- iii) la costante di tempo dominante del sistema retroazionato e' circa 10.

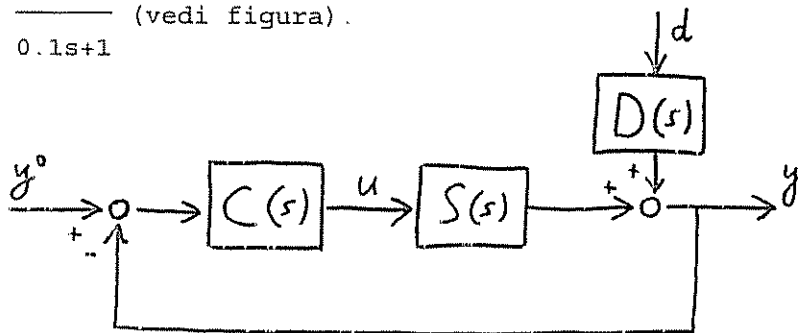
$C(s) =$

3.2 Si determini il valore a cui tende $u(t)$ quando $y^\circ(t) = \text{sca}(t)$.

$u(t) \rightarrow$

3.3 Si supponga che il sistema di controllo sopra progettato sia affetto da un disturbo d che opera attraverso la funzione di trasferimento

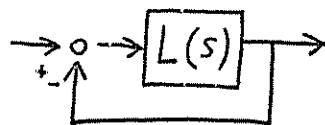
$$D(s) = \frac{1}{0.1s+1} \quad (\text{vedi figura}).$$



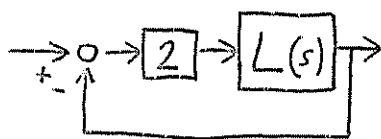
Si determini - almeno approssimativamente - il massimo effetto prodotto su $y(t)$ dal disturbo $d(t) = \text{sca}(t)$, vale a dire, posto $y_d(t) = \text{risposta a } d(t) = \text{sca}(t)$ del sistema con $y^\circ(t) = 0$, si determini $\max_t |y_d(t)|$.

$\max_t |y_d(t)| \cong$

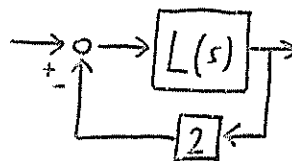
4. 4.1 Si enunci con la massima precisione possibile il criterio di Nyquist per la verifica dell'asintotica stabilita' del sistema in figura.



4.2 In relazione agli schemi (a) e (b) sottostanti, si dica se la seguente affermazione e' vera: "(a) e' asintoticamente stabile se e solo se (b) e' asintoticamente stabile".



(a)



(b)

F o n d a m e n t i d i A u t o m a t i c a B

18 Luglio 2007

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 5 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un sistema lineare \mathcal{P} e' descritto dalla funzione di trasferimento

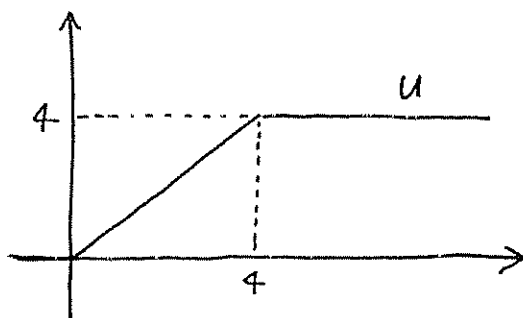
$$F(s) = \frac{1}{s+1}$$

1.1 Si determini l'espressione analitica della risposta $y(t)$ di \mathcal{P} alla rampa (cioe' all'ingresso $u(t)=t$, $t \geq 0$).

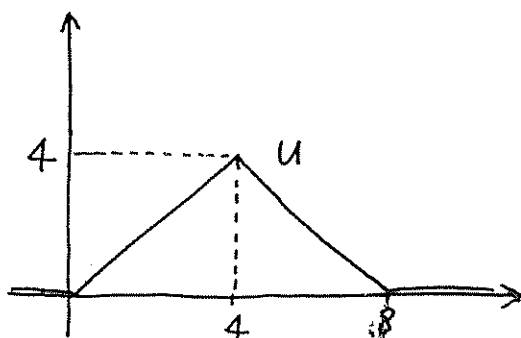
$y(t) =$

1.2 Si rappresenti graficamente la risposta alla rampa.

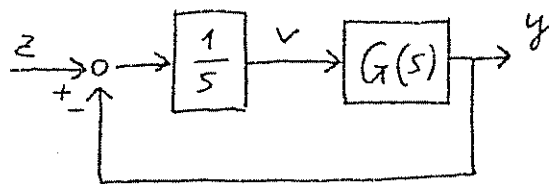
1.3 Si rappresenti graficamente la risposta all'ingresso sotto riportato.



1.4 Si rappresenti graficamente la risposta all'ingresso sotto riportato.



2. Un integratore $1/s$ viene posto in cascata a un sistema $G(s)$ e la cascata viene retroazionata come mostrato in figura.



2.1 Si scrivano le espressioni delle funzioni di trasferimento $Y(s)/Z(s)$ e $V(s)/Z(s)$ in funzione di $G(s)$.

$$\frac{Y(s)}{Z(s)} =$$

$$\frac{V(s)}{Z(s)} =$$

2.2 Si dica quale condizione deve soddisfare $G(s)$ affinché $y(t)$ tenda a 1 quando $z(t) = \text{sca}(t)$.

condizione su $G(s)$:

2.3 Si dica quale condizione deve soddisfare $G(s)$ affinché $v(t)$ tenda a 1 quando $z(t) = \text{sca}(t)$.

condizione su $G(s)$:

2.4 Si progetti $G(s)$ in modo tale che posto $z(t) = \text{sca}(t)$ si abbia:
(i) $y(t)$ tende a 1 senza oscillazioni e con costante di tempo dominante pari a 10, (ii) $v(t)$ tende a 1.

$$G(s) =$$

3. Un sistema $H(s)$ viene retroazionato unitariamente (vedi figura 1) e la risposta allo scalino del sistema retroazionato e' rappresentata in figura 2.

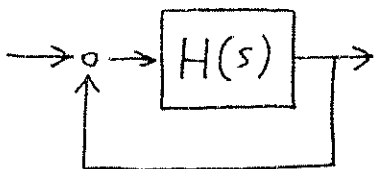


Figura 1

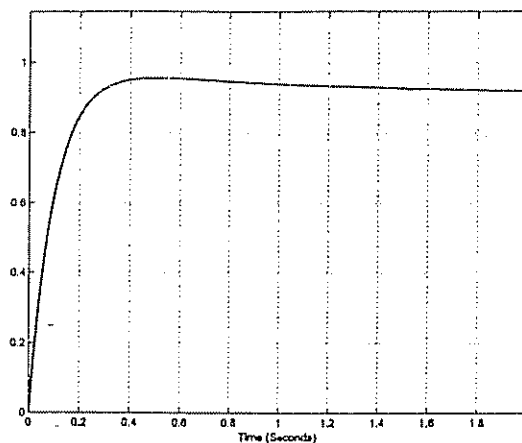


Figura 2

Si dica quale fra gli andamenti in figura 3 rappresenta la risposta allo scalino in anello aperto di $H(s)$.

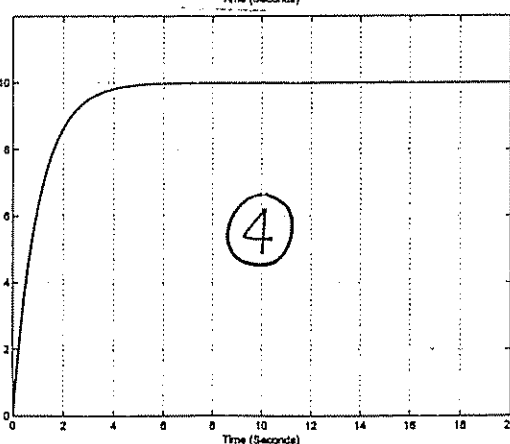
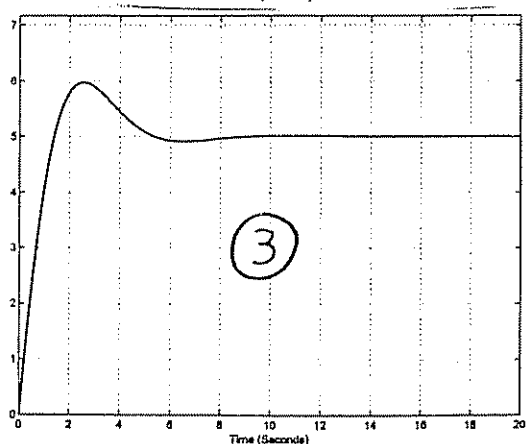
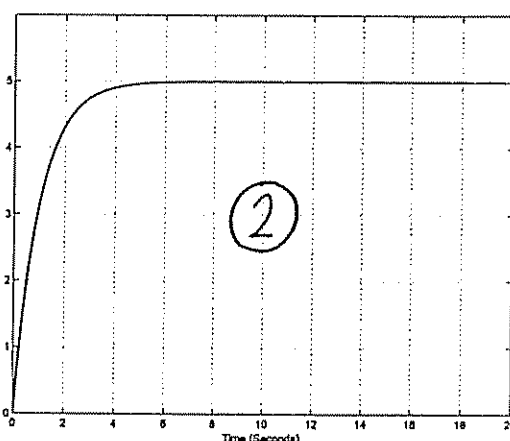
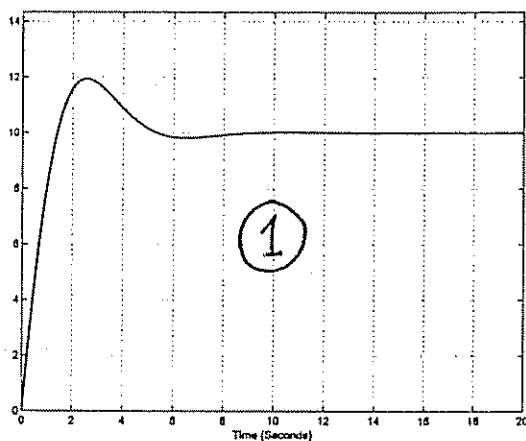


Figura 3

andamento: 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

giustificazione:

4. In relazione a un sistema \mathcal{Y} : $\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = cx \end{cases}$ asintoticamente stabile:

4.1 Si enunci il teorema della risposta in frequenza.

4.2 Si dimostri che l'ampiezza della sinusoide di regime in risposta a $u(t) = \sin(\omega t)$ tende a zero quando $\omega \rightarrow \infty$.

4.3 Si dimostri che l'ampiezza della sinusoide di regime in risposta a $u(t) = \sin(\omega t)$ tende a $-cA^{-1}b$ quando $\omega \rightarrow 0$.

Fondamenti di Automatica B

10 Settembre 2007

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

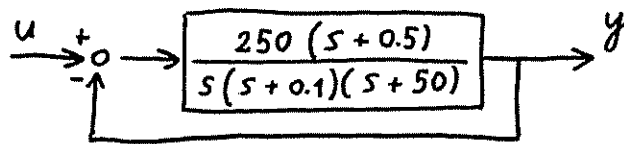
Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. 1.1 Si ricavi la funzione di trasferimento $H(s)$ del sistema retroazionato in figura.



$H(s) =$

1.2 Si consideri la risposta allo scalino del sistema ($u(t) = \text{sca}(t)$). Si determini $y(0)$, $\dot{y}(0)$, $\ddot{y}(0)$ e $y(\infty)$ con i teoremi del valore iniziale e del valore finale.

$y(0) = \quad \dot{y}(0) = \quad \ddot{y}(0) = \quad y(\infty) =$

1.3 Si ricavi un un approssimante di bassa frequenza del 1° ordine per il sistema retroazionato.

approssimante =

1.4 Si rappresenti la risposta allo scalino del sistema ricavato al punto precedente e la si sovrapponga alla risposta allo scalino approssimata basata sui risultati trovati al punto 2 (senza eseguire alcun ulteriore conto) del sistema iniziale.

2. Un sistema lineare \mathcal{P} asintoticamente stabile viene alimentato con un segnale sinusoidale $u(t) = \sin(10t + \pi/3)$. Si dica quali delle seguenti affermazioni possono essere vere.

a) A regime, l'uscita è $y(t) = 10\sin(10t + \pi/2)$

puo' essere vero ☐ sicuramente falso ☐

giustificazione:

b) A regime, l'uscita è $y(t) = 10\sin(5t + \pi/3)$

puo' essere vero ☐ sicuramente falso ☐

giustificazione:

c) A regime, l'uscita è $y(t) = 0$

puo' essere vero ☐ sicuramente falso ☐

giustificazione:

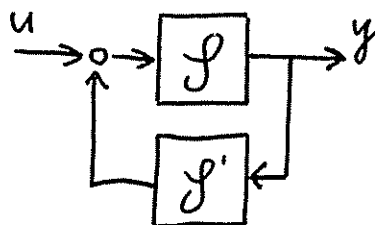
d) E' possibile mettere in cascata a \mathcal{P} un secondo sistema lineare asintoticamente stabile \mathcal{P}' (vedi figura) in modo tale che l'uscita di \mathcal{P}' sia $y'(t) = 10\sin(5t + \pi/3)$



puo' essere vero ☐ sicuramente falso ☐

giustificazione:

e) E' possibile mettere in retroazione a \mathcal{P} un secondo sistema lineare \mathcal{P}' (vedi figura) in modo tale che il sistema complessivo sia asintoticamente stabile e l'uscita di \mathcal{P} sia $y(t) = 10\sin(5t + \pi/3)$



puo' essere vero ☐ sicuramente falso ☐

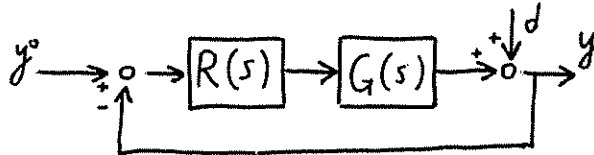
giustificazione:

3. Un impianto e' descritto dalla seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{40}{s(0.1s + 1)^2}$$

3.1 In relazione allo schema in figura, si determini un regolatore $R(s)$ tale che il sistema di controllo soddisfi le seguenti specifiche:

- 1) se $y^o = \text{costante}$, a transitorio esaurito $y = y^o$;
- 2) $\omega_c \cong 1$;
- 3) un disturbo d in linea di andata a pulsazione minore di 10^{-2} venga attenuato sull'uscita almeno di un fattore 500.



$R(s) =$

3.2 Si supponga ora che il guadagno $\mu = 40$ della funzione di trasferimento $G(s)$ dell'impianto sia in realta' incerto. Si determini, almeno approssimativamente, l'insieme dei valori di μ tali che, con il controllore trovato al punto precedente, il sistema di controllo permanga asintoticamente stabile.

valori per μ :

4. 4.1 Si scriva la relazione che intercorre fra la trasformata di Laplace di un segnale $g(t)$ e la trasformata di Laplace del segnale derivato $\dot{g}(t)$.

4.2 Si consideri il sistema $\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = cx \end{cases}$ e si ponga $u(t) = 0$, mentre la condizione iniziale $x(0)$ è non nulla. Si scriva la relazione che lega la trasformata di Laplace di $y(t)$ alla condizione iniziale $x(0)$.

Fondamenti di Automatica B

28 Novembre 2007

COGNOME

NOME

MATRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

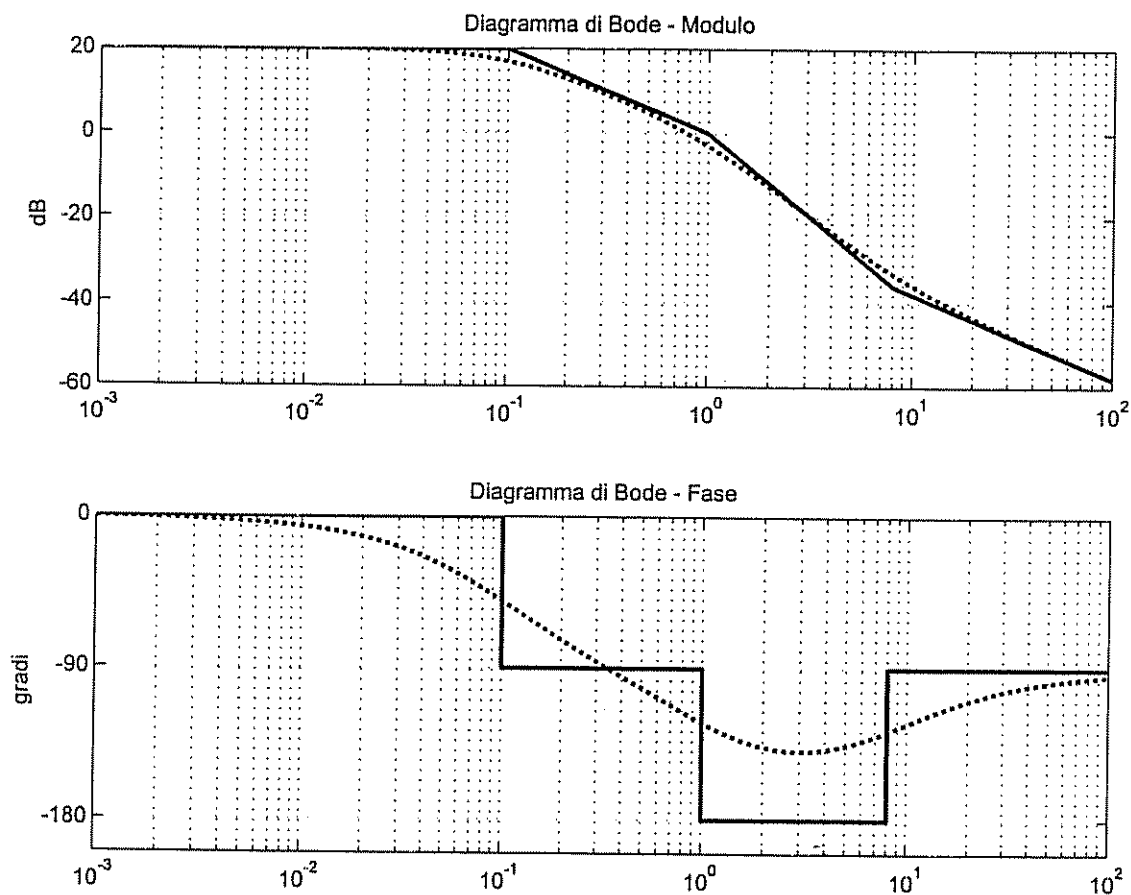
Controllare che il fascicolo sia costituito da 8 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli addizionali.

1. Un sistema \mathcal{S} del 2° ordine e' descritto dalla funzione di trasferimento i cui diagrammi di Bode sono riportati nella figura sottostante.



Si risponda ai seguenti quesiti.

(i) Il sistema e' asintoticamente stabile?

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(ii) La risposta allo scalino raggiunge il 90% del valore asintotico prima del tempo $t=5$?

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(iii) La risposta allo scalino tende a 10?

☐ SI ☐ NO

giustificazione:

(iii) La risposta allo scalino ha derivata iniziale nulla?

☐ SI ☐ NO

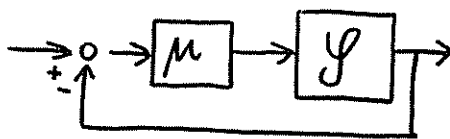
giustificazione:

(iv) Si determini, almeno approssimativamente, l'insieme di pulsazioni alle quali il sistema amplifica.

insieme pulsazioni:

giustificazione:

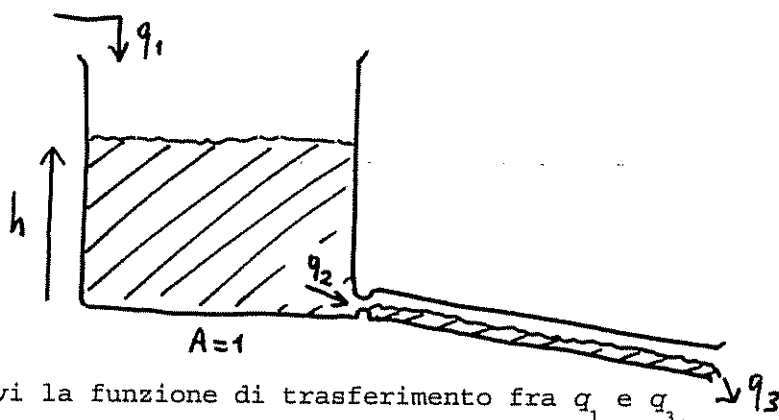
(iv) Si determini l'insieme dei valori di μ (sia positivi che negativi) del sistema retroazionato sottostante per i quali il sistema retroazionato e' instabile.



valori di μ :

giustificazione:

2. Si consideri il sistema idraulico in figura, dove q_2 e' proporzionale a h con costante di proporzionalita' pari a 0.001 ($q_2=0.001h$) e il tempo di percorrenza del condotto vale $\tau=10$.



2.1 Si ricavi la funzione di trasferimento fra q_1 e q_3 .

$Q_1/Q_3 =$

Il sistema complessivo viene retroazionato e la portata q_1 viene fatta dipendere dalla differenza fra un valore desiderato di portata di uscita $y^o=q_3^o$ e l'uscita misurata $y=q_3$.

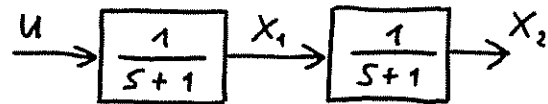
2.2 Si disegni lo schema a blocchi del sistema retroazionato.

2.3 Nell'ipotesi in cui il controllore sia semplicemente proporzionale, si determini il massimo valore della banda passante ottenibile in anello chiuso in modo tale che il sistema retroazionato non abbia oscillazioni apprezzabili.

banda passante massima =

2.4 Si supponga di volere rendere piu' veloce il sistema retroazionato, mantenendo sempre un controllore proporzionale, ma retroazionando una variabile diversa da q_3 . Si dica dove si posizionerebbe il sensore che misura la variabile da retroazionare al fine di ottenere questo risultato.

3. In figura e' rappresentato un sistema cascata.



3.1 Posto $u(t) = \text{sca}(t)$, si determini l'espressione analitica di $x_1(t)$ e di $x_2(t)$.

$x_1(t) =$	$x_2(t) =$
------------	------------

3.2 Posto $u(t) = \text{sca}(t) + \text{rampa}(t)$, si determini l'espressione analitica di $x_1(t)$ e di $x_2(t)$.

$x_1(t) =$	$x_2(t) =$
------------	------------

3.3 Si determini il valore assunto dal vettore $[x_1(t) \ x_2(t)]$ al tempo $t=1$ sia quando $u(t) = sca(t)$, sia quando $u(t) = sca(t) + rampa(t)$.

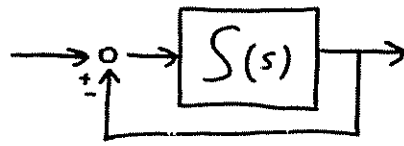
$$u(t)=sca(t) \quad \Rightarrow \quad [x_1(1) \ x_2(1)] =$$

$$u(t)=sca(t)+rampa(t) \quad \Rightarrow \quad [x_1(1) \ x_2(1)] =$$

3.4 Basandosi esclusivamente sul risultato ottenuto al punto precedente, si dica se scegliendo un ingresso opportuno e' possibile pilotare il vettore $[x_1(t) \ x_2(t)]$ verso un qualunque valore in \mathbb{R}^2 all'istante $t=1$.

possibile: ☐ SI ☐ NO

4. 4.1 Si enunci il criterio di Nyquist per la verifica dell'asintotica stabilita' del sistema in figura.



4.2 Si dica se e' possibile che il diagramma di Nyquist di un sistema asintoticamente stabile compia due giri in senso antiorario attorno al punto -1.

Fondamenti di Automatica B

18 Marzo 2008

COGNOME

NOME

MAIRICOLA

ANNO DI CORSO ☐ 2° ☐ 3° ☐ fuori corso

FIRMA

Controllare che il fascicolo sia costituito da 6 pagine compreso il frontespizio.

Inserire negli spazi che seguono ogni quesito i passaggi fondamentali nella derivazione del risultato.

La chiarezza, la precisione e l'ordine nelle risposte costituiscono elementi di valutazione.

Non consegnare fogli aggiuntivi.

1. Un sistema ha funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)^2}$$

1.1 Utilizzando la trasformata di Laplace, si ricavi la risposta allo scalino del sistema.

$$y(t) =$$

1.2 Si realizzi il sistema, si determini cioè una descrizione del sistema in variabili di stato.

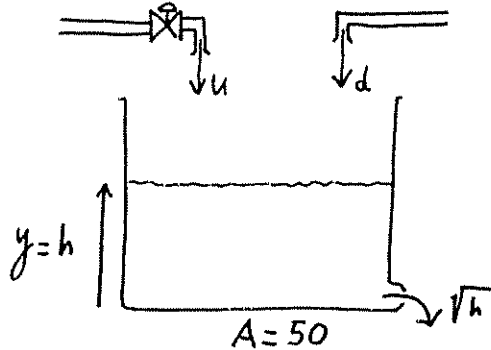
realizzazione:

1.3 A partire dalla descrizione in variabili di stato ottenuta al punto 2, si scriva l'equazione differenziale che lega l'ingresso del sistema u alla sua uscita y .

eq. differenz. per y :

1.4 Si verifichi che $y(t)$ calcolata al punto 1 soddisfa l'equazione differenziale determinata al punto 3.

2. Si vuole controllare il livello di acqua nel recipiente rappresentato in figura. u e' una portata di ripristino (variabile di controllo), d e' una portata il cui valore e' deciso dall'esterno (disturbo), la portata in uscita dall'ugello e' pari a \sqrt{h} e y (uscita) e' il livello nel recipiente.



2.1 Si scriva l'equazione che descrive l'evoluzione del livello nel recipiente.

equaz. del livello:

2.2 Posto $d = \bar{d} = 0$, si determini \bar{u} in modo tale che h sia a regime pari a $\bar{h} = 4$.

$\bar{u} =$

2.3 Si linearizzi il sistema attorno alla condizione di lavoro determinata al punto precedente.

sistema linearizzato:

2.4 Utilizzando il sistema linearizzato, si progetti un regolatore $R(s)$ che lega $u-\bar{u}$ a $h-\bar{h}$ in modo tale che a fronte di piccoli disturbi d costanti il livello torni a regime al valore $\bar{h} = 4$, con costante di tempo dominante pari circa a 1000.

$R(s) =$

2.5 Si scriva la legge di controllo nel dominio del tempo legando direttamente $u(t)$ a $h(t)$ (cioè legando i segnali e non le loro variazioni).

legge di controllo:

3. 3.1 Si dia una definizione di margine di fase.

3.2 Quando il margine di fase e' basso, il sistema retroazionato e' soggetto ad oscillazioni. Si dia giustificazione di questo comportamento.

4. 4.1 Si enunci il teorema della risposta in frequenza per un sistema lineare (A,b,c) asintoticamente stabile.

4.2 Si dica come si modifica il teorema se non vi e' l'ipotesi di asintotica stabilita'.

4.3 Si spieghi perche' in pratica il teorema della risposta in frequenza ha meno importanza per sistemi non asintoticamente stabili che non per quelli asintoticamente stabili.