Controlli Automatici - Secondo Compito
24 Giugno 2002 - Esercizi

Compito Nr. $a =$ $b =$

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Negli esercizi che seguono, si sostituisca ad a e b i valori assegnati e si risponda alle domande.

a) Tracciare qualitativamente il luogo delle radici del seguente sistema $G_1(s)$:

$$G_1(s) = \frac{K(s^2 - 32\,s + 400)}{s(s+a)(s+b)}$$

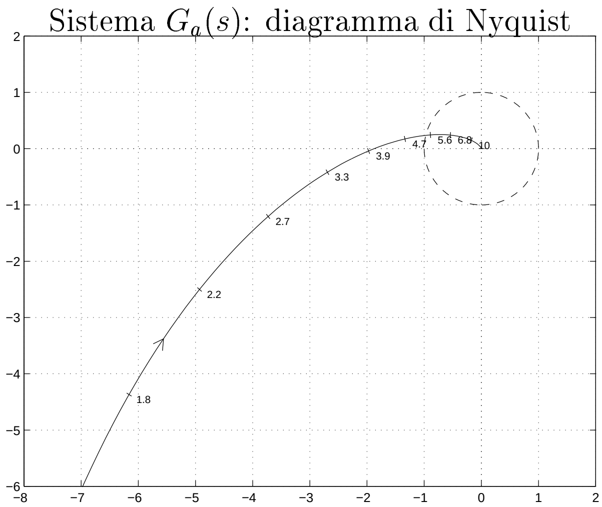
al variare del parametro $K > 0$. Determinare esattamente gli asintoti, le intersezioni ω^* con l'asse immaginario e i corrispondenti valori K^* del guadagno.

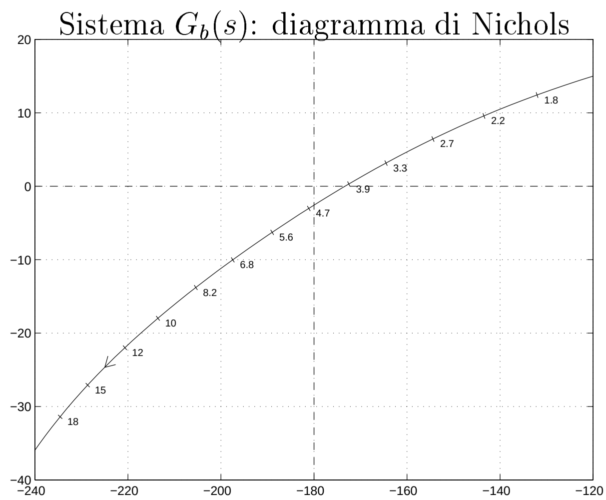
b) Tracciare qualitativamente il contorno delle radici del seguente sistema $G_2(s)$:

$$G_2(s) = \frac{(s+50)}{s(s+b)(1+\tau\,s)}$$

al variare del parametro $\tau > 0$. Calcolare inoltre per quali valori di τ il sistema è stabile.

c) Siano date le seguenti due funzioni di risposta armonica dei sistemi $G_a(s)$ e $G_b(s)$:

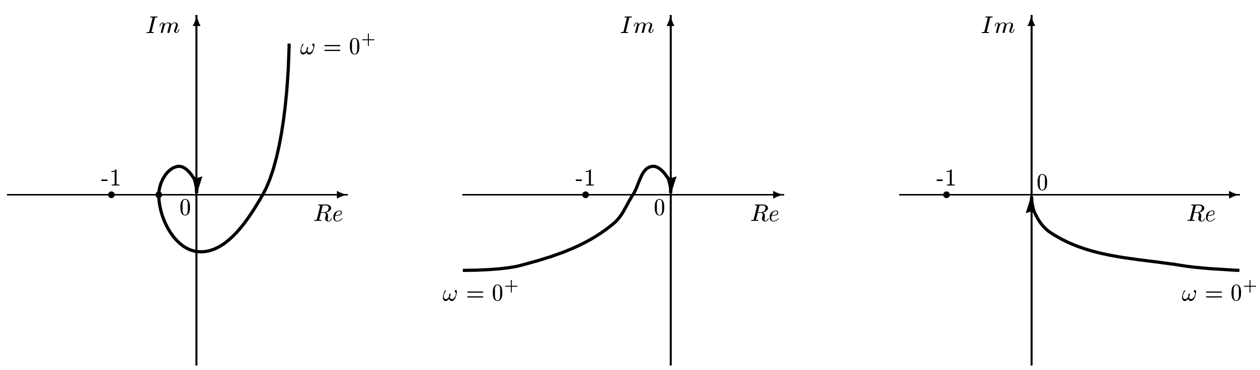




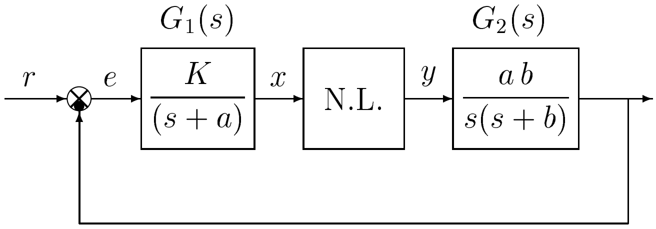
c.1) Per il sistema $G_a(s)$ progettare una rete ritardatrice in grado di garantire al sistema compensato un margine di ampiezza $M_a = 2\,b$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

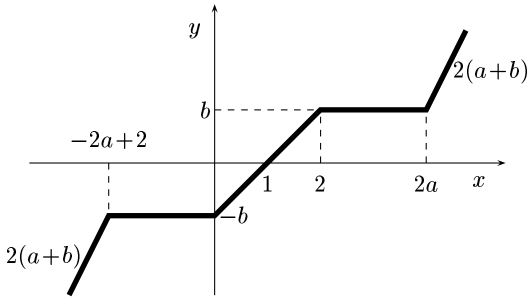
c.2) Per il sistema $G_b(s)$ progettare una rete anticipatrice in grado di garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = (30 + a)^o$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

d) Chiudere all'infinito i seguenti diagrammi di Nyquist e dire se il corrispondente sistema retroazionato è stabile o meno. Nota: tutti i diagrammi di Nyquist fanno riferimento a sistemi con tutti i poli a parte reale negativa eccezion fatta per un polo semplice o doppio nell'origine.



e) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:





e.1) Determinare il punto di lavoro $(x_0,\ y_0)$ corrispondente all'ingresso costante $r = 3$.

e.2) Disegnare in modo qualitativo l'andamento della funzione descrittiva $F(X)$ della non linearità $y(x)$ nell'intorno del punto di equilibrio $(x_0,\ y_0)$.

e.3) Per $K = 1$ determinare se esistono o meno cicli limite nel sistema.

e.4) Dopo aver indicato con m il valore minimo della funzione descrittiva $F(X)$, discutere l'esistenza o meno di cicli limite nel sistema al variare del parametro K.

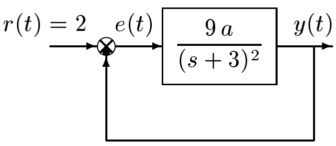
e.5) Determinare la pulsazione ω^* corrispondente agli eventuali cicli limite presenti nel sistema.

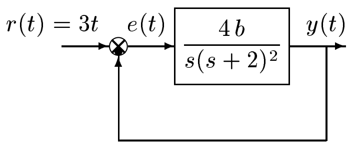
f) Utilizzando il metodo della corrispondenza poli/zeri, discretizzare la seguente rete correttrice:

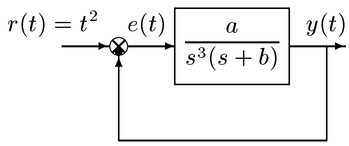
$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = \frac{s+a}{s+b}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.1$. Per chi ha $a = b$, utilizzare $b = 2\,a$.

g) Calcolare l'errore a regime $e(\infty)$ per i seguenti sistemi retroazionati:

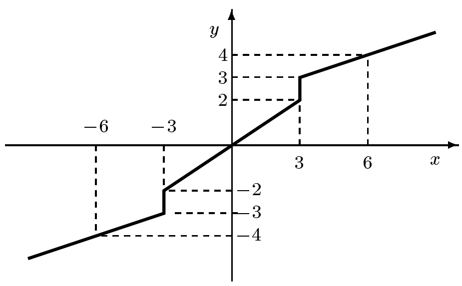


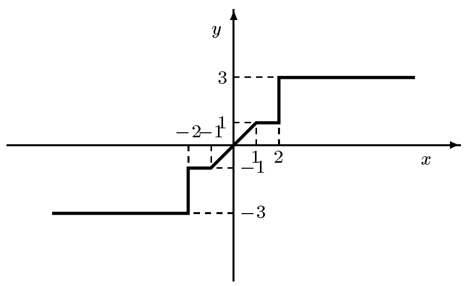


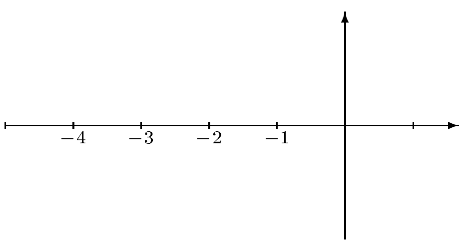


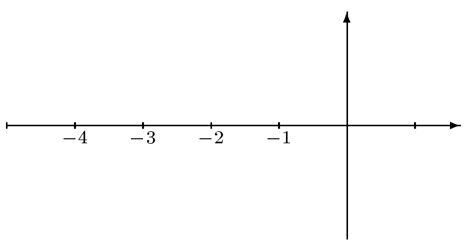
$e(\infty) =$ $\qquad$ $e(\infty) =$ $\qquad$ $e(\infty) =$

h) Sia $(0,\ 0)$ il punto di lavoro. Disegnare il cerchio critico corrispondente alle seguenti non linearità:









Controlli Automatici - Secondo Compito
24 Giugno 2002 - Esercizi

Compito Nr. $a =$ | $b =$

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Negli esercizi che seguono, si sostituisca ad a e b i valori assegnati e si risponda alle domande.

a) Tracciare qualitativamente il luogo delle radici del seguente sistema $G_1(s)$:

$$G_1(s) = \frac{K(s^2 - 32\,s + 400)}{s(s+a)(s+b)}$$

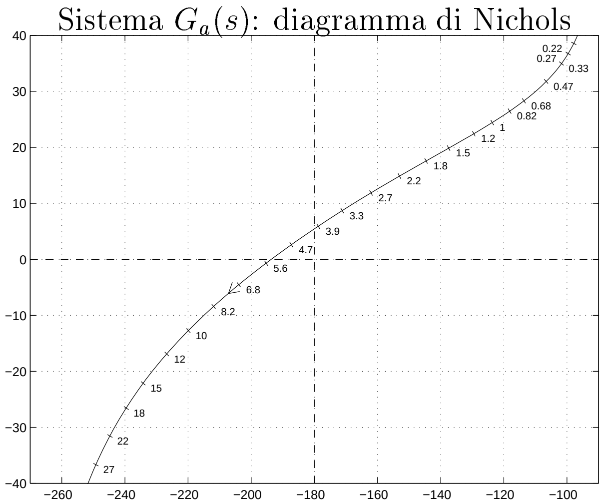
al variare del parametro $K > 0$. Determinare esattamente gli asintoti, le intersezioni ω^* con l'asse immaginario e i corrispondenti valori K^* del guadagno.

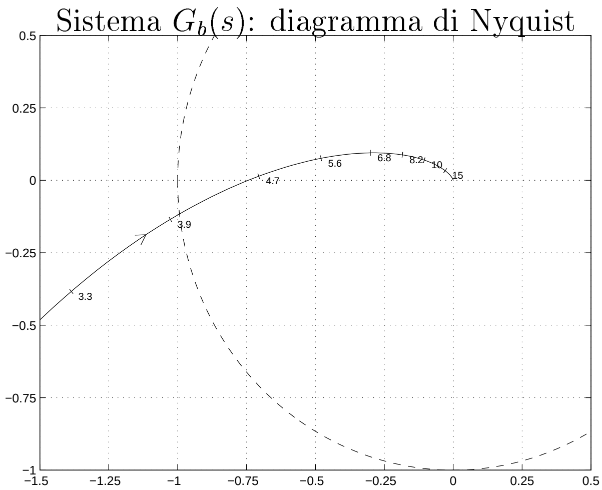
b) Tracciare qualitativamente il contorno delle radici del seguente sistema $G_2(s)$:

$$G_2(s) = \frac{(s+50)}{s(s+b)(1+\tau\,s)}$$

al variare del parametro $\tau > 0$. Calcolare inoltre per quali valori di τ il sistema è stabile.

c) Siano date le seguenti due funzioni di risposta armonica dei sistemi $G_a(s)$ e $G_b(s)$:

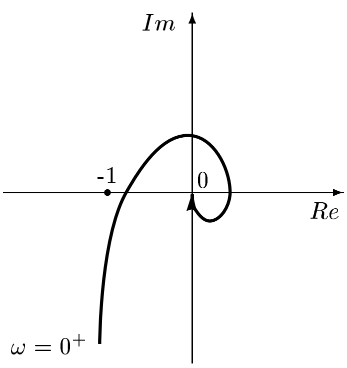


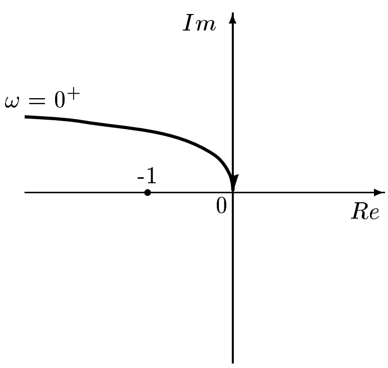


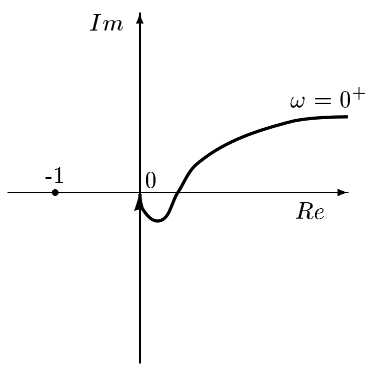
c.1) Per il sistema $G_a(s)$ progettare una rete ritardatrice in grado di garantire al sistema compensato un margine di ampiezza $M_a = 2\,b$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

c.2) Per il sistema $G_b(s)$ progettare una rete anticipatrice in grado di garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = (30 + a)^o$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

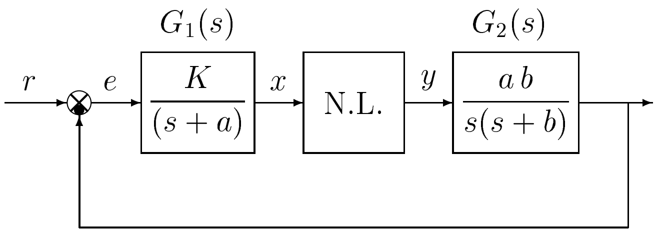
d) Chiudere all'infinito i seguenti diagrammi di Nyquist e dire se il corrispondente sistema retroazionato è stabile o meno. Nota: tutti i diagrammi di Nyquist fanno riferimento a sistemi con tutti i poli a parte reale negativa eccezion fatta per un polo semplice o doppio nell'origine.

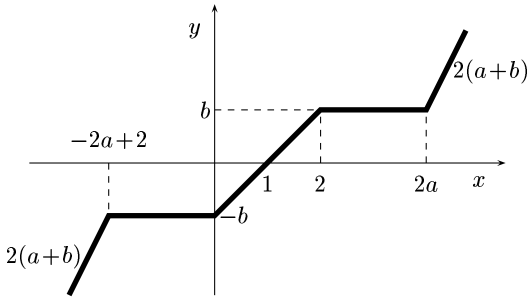






e) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:





e.1) Determinare il punto di lavoro $(x_0,\ y_0)$ corrispondente all'ingresso costante $r = 3$.

e.2) Disegnare in modo qualitativo l'andamento della funzione descrittiva $F(X)$ della non linearità $y(x)$ nell'intorno del punto di equilibrio $(x_0,\ y_0)$.

e.3) Per $K = 1$ determinare se esistono o meno cicli limite nel sistema.

e.4) Dopo aver indicato con m il valore minimo della funzione descrittiva $F(X)$, discutere l'esistenza o meno di cicli limite nel sistema al variare del parametro K.

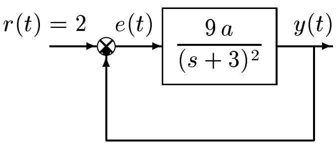
e.5) Determinare la pulsazione ω^* corrispondente agli eventuali cicli limite presenti nel sistema.

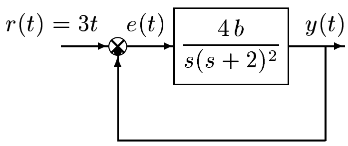
f) Utilizzando il metodo della corrispondenza poli/zeri, discretizzare la seguente rete correttrice:

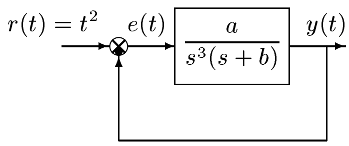
$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = \frac{s+a}{s+b}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.1$. Per chi ha $a = b$, utilizzare $b = 2\,a$.

g) Calcolare l'errore a regime $e(\infty)$ per i seguenti sistemi retroazionati:

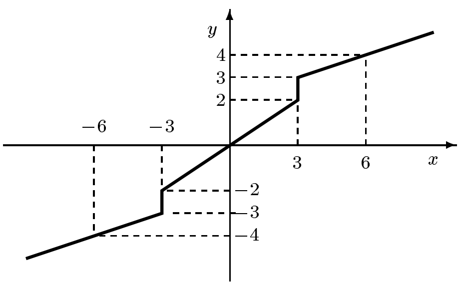


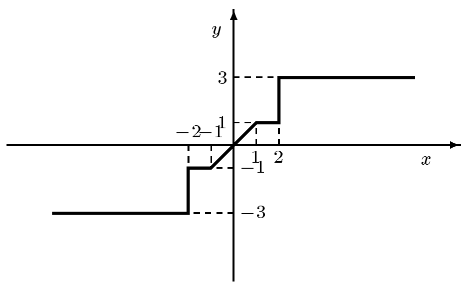


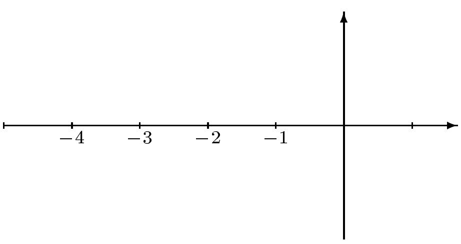


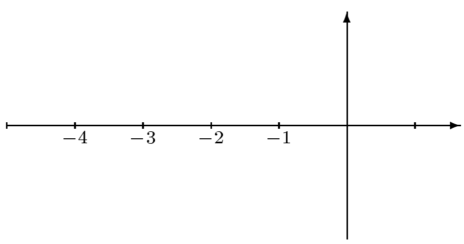
$e(\infty) =$ $e(\infty) =$ $e(\infty) =$

h) Sia $(0,\ 0)$ il punto di lavoro. Disegnare il cerchio critico corrispondente alle seguenti non linearità:









Secondo compito di "Controlli Automatici" - 24 Giugno 2002 - Risposte

a) La posizione degli zeri della funzione $G_1(s)$ è la seguente:

$$(s^2 - 32\,s + 400) = (s-16)^2 + 12^2 = 0 \qquad \rightarrow \qquad s_{1,2} = 16 \pm 12j$$

L'andamento qualitativo del luogo delle radici al variare del parametro $K > 0$ è mostrato in Fig. 1. Nel luogo delle radici è presente un solo asintoto orizzontale (semiasse rele negativo).

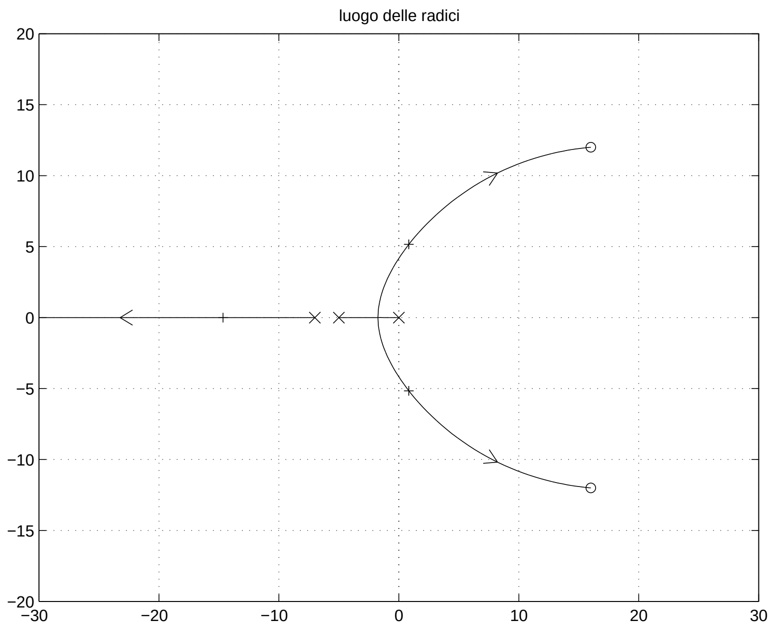


Figura 1: Luogo delle radici della funzione $G_1(s)$ al variare del parametro $K > 0$. Caso $a = 5$, $b = 7$.

In questo caso la posizione σ_a del centro degli asintoti non è significativa:

$$\sigma_a = -a - b - 32$$

Le intersezioni con l'asse immaginario si ricavano applicando il criterio di Routh all'equazione caratteristica:

$$1 + \frac{K(s^2 - 32\,s + 400)}{s(s+a)(s+b)} = 0 \qquad \rightarrow \qquad s^3 + (a+b+K)s^2 + (a\,b - 32\,K)s + 400\,K = 0$$

$$\begin{array}{c|cc}
3 & 1 & (a\,b - 32\,K) \\
2 & (a+b+K) & 400\,K \\
1 & (a+b+K)(a\,b - 32\,K) - 400\,K & \\
0 & 400\,K &
\end{array}$$

Imponendo che tutti i coefficienti della prima colonna siano positivi si ottiene:

$$K > -a - b, \qquad -32\,K^2 + [a\,b - 32(a+b) - 400]K + a\,b(a+b) > 0, \qquad K > 0$$

Risolvendo l'equazione del secondo ordine si ottiene:

$$K_{1,2} = \frac{-[a\,b - 32(a+b) - 400] \pm \sqrt{[a\,b - 32(a+b) - 400]^2 + 4 \cdot 32a\,b(a+b)}}{-2 \cdot 32}$$

Il coefficiente della riga 1 è positivo se il valore di K è compreso tra i valori estremi K_1 e K_2. Complessivamente il sistema è stabile per:

$$0 < K < K_1 = K^*$$

L'intersezione con l'asse immaginario si alla per $K = K^*$ in corrispondenza del punto

$$\omega^* = \sqrt{\frac{400\,K^*}{(a+b+K^*)}}$$

b) L'equazione caratteristica del sistema retroazionato è la seguente:

$$1 + G_2(s) = 0 \qquad \rightarrow \qquad 1 + \frac{(s+50)}{s(s+b)(1+\tau\, s)} = 0$$

Trasformando l'equazione si ottiene:

$$s(s+b)(1+\tau\, s) + (s+50) = 0 \qquad \rightarrow \qquad 1 + \frac{\tau\, s^2(s+b)}{s(s+b)+(s+50)} = 0$$

La posizione dei poli della nuova funzione è:

$$s^2 + (1+b)s + 50 = 0 \qquad \rightarrow \qquad s_{1,2} = \frac{-(1+b) \pm j\sqrt{200-(1+b)^2}}{2}$$

L'andamento qualitativo del contorno delle radici della funzione $G_2(s)$ al variare del parametro $\tau > 0$ è mostrato in Fig. 2.

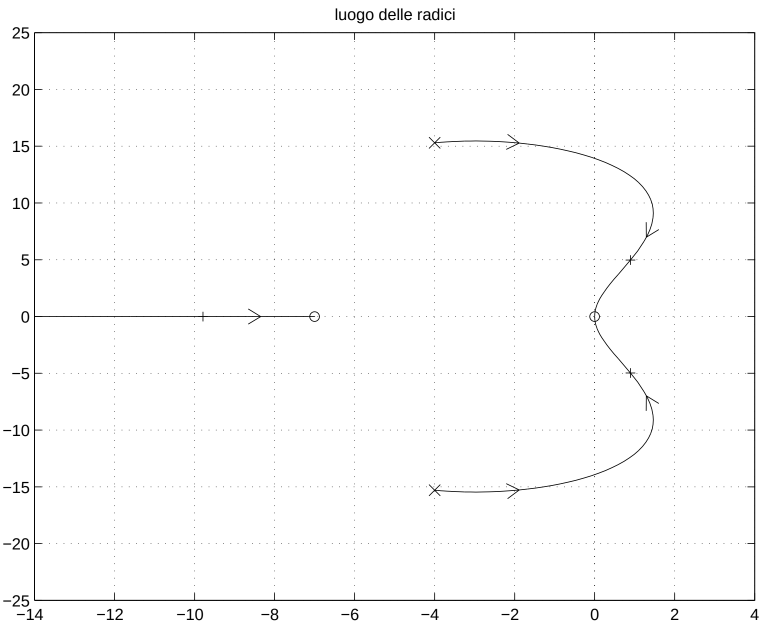


Figura 2: Contorno delle radici della funzione $G_2(s)$ al variare del parametro $\tau > 0$. Caso $b = 7$.

Nel contorno delle radici è presente un solo asintoto orizzontale (semiasse rele negativo) che è percorso dall'infinito al finito.

Le intersezioni con l'asse immaginario si ricavano applicando il criterio di Routh all'equazione caratteristica:

$$s(s+b)(1+\tau\, s) + (s+50) = 0 \qquad \rightarrow \qquad \tau s^3 + (1+b\,\tau)s^2 + (b+1)s + 50 = 0$$

$$\begin{array}{c|cc} 3 & \tau & (b+1) \\ 2 & (1+b\,\tau) & 50 \\ 1 & (1+b\,\tau)(b+1) - 50\,\tau & \\ 0 & 50 & \end{array}$$

Imponendo che tutti i coefficienti della prima colonna siano positivi si ottiene:

$$\tau > 0, \qquad 0 < \tau < \frac{b+1}{50-b(b+1)} = \tau^*$$

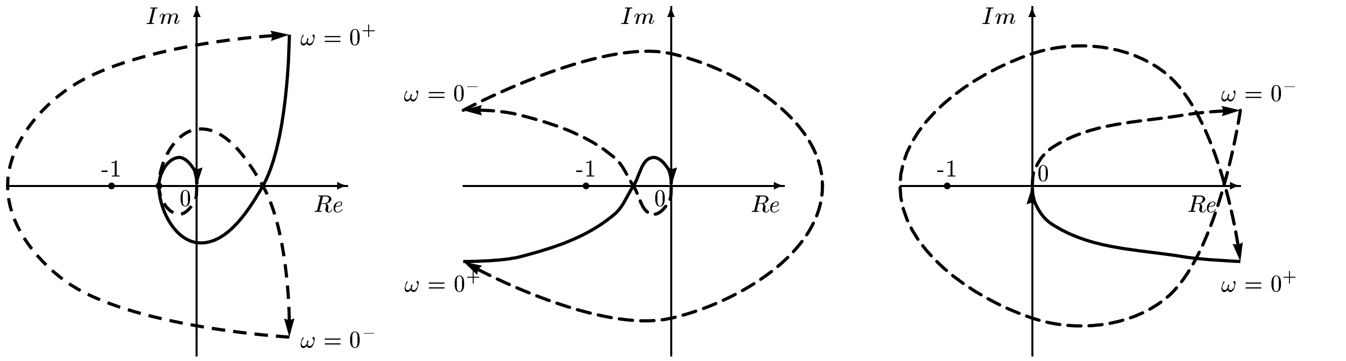
L'intersezione con l'asse immaginario si alla per $K = K^*$ in corrispondenza del punto

$$\omega^* = \sqrt{\frac{(b+1)}{\tau^*}} = \sqrt{50-b(b+1)}$$

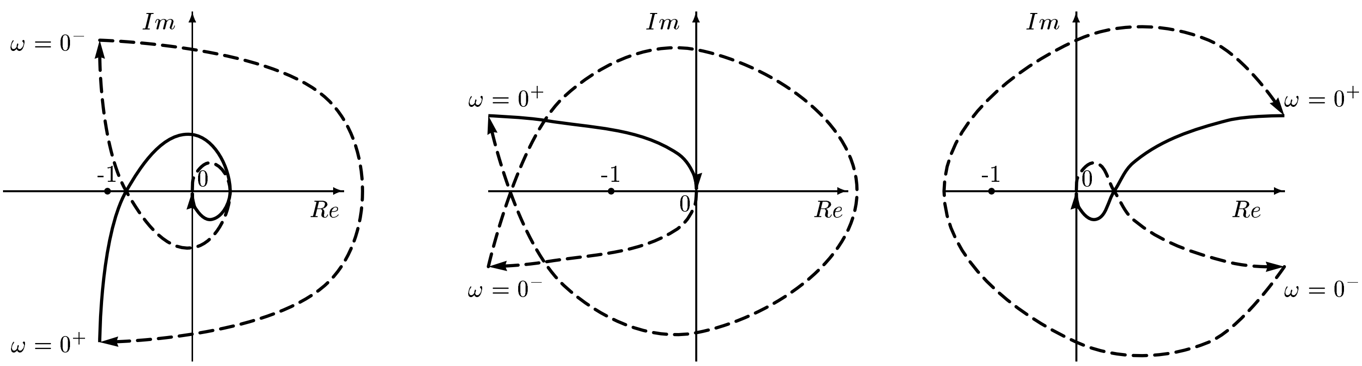
c.1) Da fare.

c.2) Da fare.

d) I diagrammi di Nyquist vanno chiusi all'infinito partendo da $\omega = 0^-$, arrivando a $\omega = 0^+$ e inserendo una semicirconferenza percorsa in senso orario per ogni polo che il sistema ha nell'origine.



Il primo e il terzo sistema sono instabili. Il secondo sistema è stabile.



In questo secondo caso, il primo sistema retroazionato è stabile, gli altri due sono instabili.

e.1) La funzione $G_2(s)$ è di tipo 1, per cui la retta di carico coincide con l'asse reale. Il punto di lavoro $(x_0,\ y_0)$ è indipendente dal valore di r e coincide con il punto è $(1,\ 0)$.

e.2) L'andamento qualitativo della funzione descrittiva $F(X)$ della non linearità $y(x)$ nell'intorno del punto di equilibrio $(1,\ 0)$ è mostrato in Fig. 3. Il valore di $F(X)$ per $X < 1$ è $F(X) = b$. Il

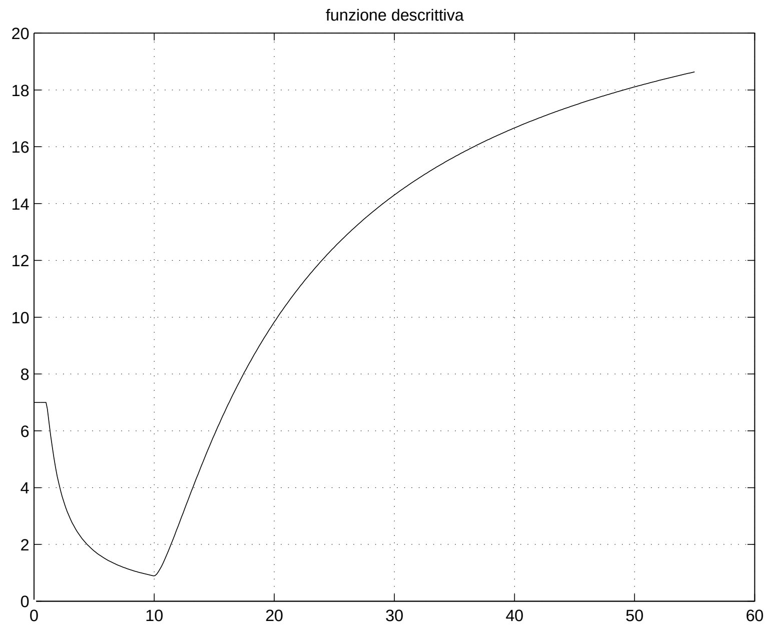


Figura 3: Funzione descrittiva $F(X)$ della $y(x)$ nell'intorno del punto di equilibrio $(1,\ 0)$. Caso $a = 5$, $b = 7$.

valore a cui tende $F(X)$ quando $X \to \infty$ è $F(X) = 2(a + b)$.

e.3) Per $K = 1$ la funzione $G(s)$ del sistema è:

$$G(s) = \frac{a\,b}{s(s+a)(s+b)}$$

Il margine di ampiezza di questo sistema è

$$M_a = K^* = \frac{a\,b\,(a+b)}{a\,b} = a+b$$

L'intersezione del diagramma di Nyquist con il semiasse reale negativo si ha nel punto $\sigma^* = -1/K^*$. L'intersezione del diagramma di Nyquist della funzione $G(s)$ con la funzione $-1/F(X)$ è mostrato in Fig. 4.

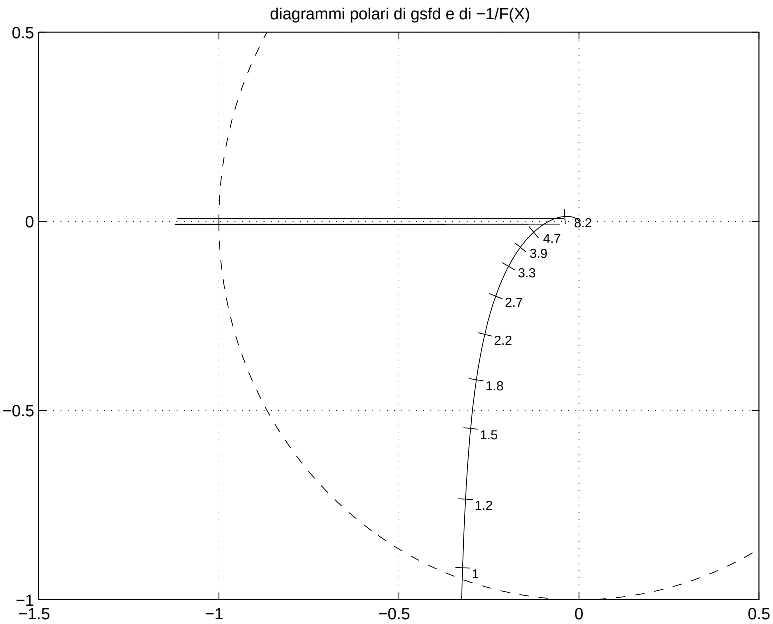


Figura 4: Intersezioni sul piano complesso tra le funzioni $G(j\omega)$ e $-1/F(X)$. Caso $a = 5$, $b = 7$.

e.4) Al variare di K si possono avere le seguenti situazioni operative:

$K < 0.5$	Non vi sono intersezioni tra la $G(j\omega)$ e $-1/F(X)$ per cui nel sistema non ci sono cicli limite. La funzione descrittiva è tutta esterna al diagramma polare completo per cui il sistema retroazionato è stabile.
$0.5 < K < \dfrac{a+b}{b}$	Esiste una sola intersezione in corrispondenza della quale la funzione $-1/F(X)$ esce dal diagramma polare completo della funzione $G(j\omega)$. Nel sistema è quindi presente un ciclo limite instabile.
$\dfrac{a+b}{b} < K < \dfrac{a+b}{m}$	Esistono 2 intersezioni tra le funzioni $G(j\omega)$ e $-1/F(X)$ per cui nel sistema sono presenti 2 cicli limite, uno stabile e l'altro instabile. La pulsazione dei 2 cicli limite è $\omega^* = \sqrt{a\,b}$ (vedi punto d.5).
$K > \dfrac{a+b}{m}$	Non vi sono intersezioni tra le funzioni $G(j\omega)$ e $-1/F(X)$. Siccome la funzione descrittiva è, in questo caso, tutta interna al diagramma polare completo, possiamo affermare che il sistema retroazionato è instabile.

e.5) La pulsazione ω^* corrispondente ai cicli limite presenti nel sistema è $\omega^* = \sqrt{a\,b}$. Questo valore si ricava dall'equazione ausiliaria che si ottiene dalla tabella di Routh quando $K = K^*$.

f) Utilizzando il metodo della corrispondenza poli/zeri si ottiene

$$D(s) = \frac{s+a}{s+b} \qquad \rightarrow \qquad D(z) = k\frac{1-e^{-aT}z^{-1}}{1-e^{-aT}z^{-1}} = \frac{k-\alpha z^{-1}}{1-\beta z^{-1}}$$

dove si è posto $\alpha = k\,e^{-aT}$ e $\beta = e^{-bT}$. Il valore di k si calcola imponendo l'uguaglianza dei guadagni statici delle due funzioni

$$D(s)|_{s\to 0} = D(z)|_{z=1} \qquad \leftrightarrow \qquad \frac{a}{b} = k\frac{1-e^{-aT}}{1-e^{-bT}} \qquad \rightarrow \qquad k = \frac{a(1-e^{-bT})}{b(1-e^{-aT})}$$

La corrispondente equazione alle differenze si ricava dalla seguente equazione polinomiale

$$M(z)(1-\beta z^{-1}) = E(z)(k-\alpha z^{-1})$$

Antitrasformando si ricava:

$$m(k) = \beta m(k-1) + k\,e(k) - \beta\,e(k-1)$$

Nel caso $a = 5$ e $b = 7$ si ottiene:

$$m(k) = 0.4966\,m(k-1) + 0.9139\,e(k) - 0.5543\,e(k-1)$$

La risposta al gradino delle funzioni $G(s)$ e $G(z)$ è mostrata in Fig. 5.

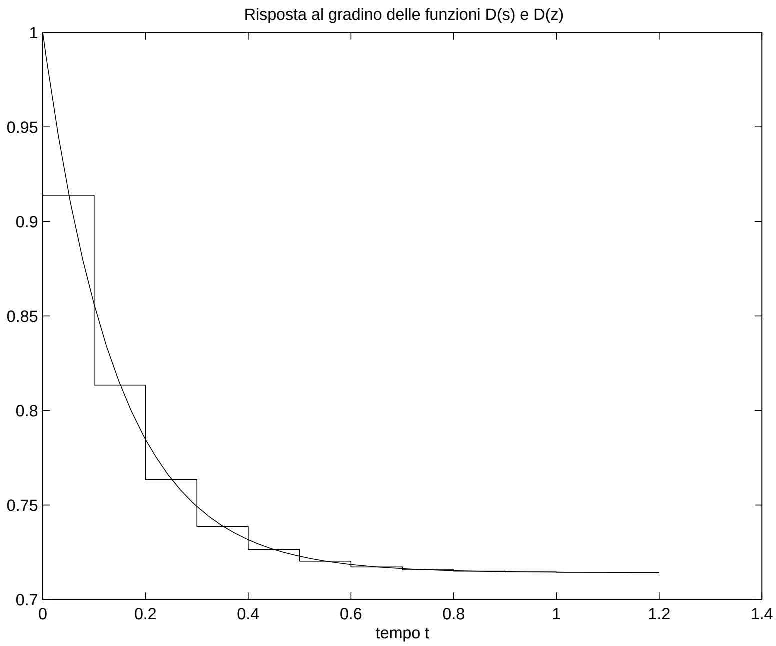
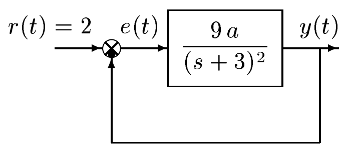
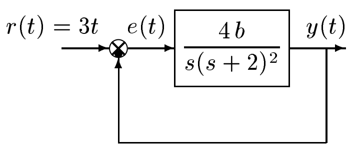
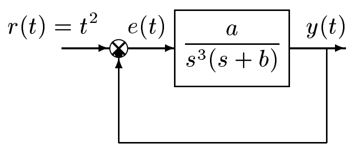


Figura 5: La risposta al gradino delle funzioni $G(s)$ e $G(z)$. Caso $a = 5$, $b = 7$.

g) L'errore a regime richiesto è il seguente:

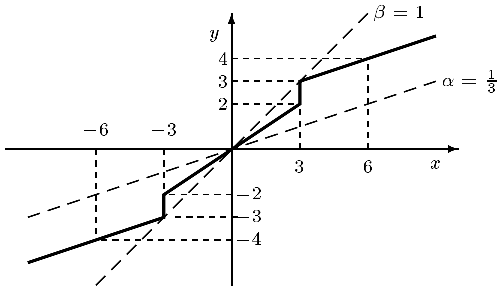


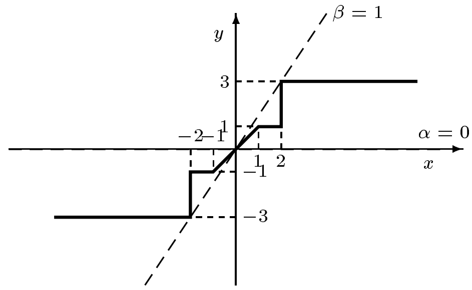


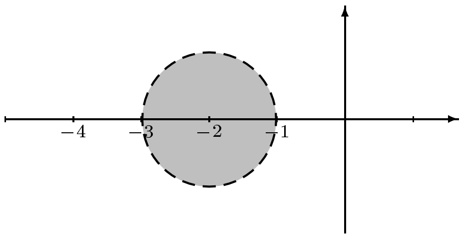


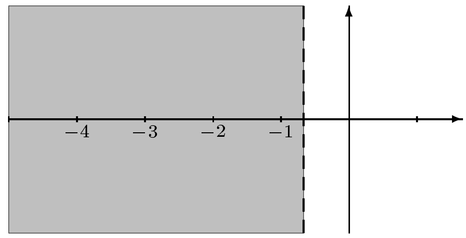
$$e(\infty) = \frac{2}{1+a} \qquad\qquad e(\infty) = \frac{3}{b} \qquad\qquad e(\infty) = 0$$

h) Il cerchio critico corrispondente alla prima non linearità passa per i punti -1 e -3. Il cerchio critico corrispondente alla seconda non linearità è un semipiano che passa per il punto $-\frac{2}{3}$.


$\beta = 1$
$\alpha = \frac{1}{3}$
y
x
4
3
2
-2
-3
-4
-6
-3
3
6


$\beta = 1$
$\alpha = 0$
y
x
3
1
-1
-3
-2
-1
1
2


-4
-3
-2
-1


-4
-3
-2
-1

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Controlli Automatici - Secondo Compito
24 Giugno 2002 - Domande Teoriche

Per ciascuno dei seguenti test segnare con una crocetta le affermazioni che si ritengono giuste. Alcuni test sono seguiti da più affermazioni giuste e si considerano superati quando queste vengono contrassegnate tutte.

1. Se i coefficienti dell'equazione caratteristica di un sistema retroazionato sono tutti positivi, allora è possibile affermare che il sistema retroazionato

   ○ è stabile
   ○ è instabile
   ⊗ può essere stabile

2. Nella seconda formulazione del criterio di Nyquist, quella valida anche per sistemi "instabili", si fa l'ipotesi che il sistema, oltre a poter avere un polo semplice o doppio nell'origine,

   ○ sia a fase minima
   ○ abbia poli semplici sull'asse immaginario
   ⊗ non abbia poli sull'asse immaginario

3. Una rete ritardatrice $D(s) = \frac{1+\tau_1 s}{1+\tau_2 s}$, con $\tau_2 > \tau_1$,

   ⊗ sfasa a tutte le pulsazioni $\omega \in]0, \infty[$
   ⊗ è utile per stabilizzare sistemi fortemente instabili
   ○ rende "più pronto" il sistema retroazionato

4. Per poter applicare il criterio del cerchio, la caratteristica non lineare $y(x)$ deve:

   ○ essere simmetrica rispetto all'origine
   ⊗ essere ad un sol valore
   ⊗ passare per l'origine

5. Il metodo della funzione descrittiva per determinare l'ampiezza e la pulsazione di eventuali autooscillazioni presenti nel sistema

   ○ è un metodo esatto
   ⊗ è un metodo approssimato
   ○ è un metodo esatto solo se l'autooscillazione è stabile

6. Il sistema $G(s) = \frac{1}{s^2}$ posto in retroazione unitaria negativa può essere stabilizzato utilizzando

   ○ un regolatore standard PI
   ⊗ una rete anticipatrice
   ○ una rete ritardatrice

7. L'utilizzo di un controllore PI è preferibile rispetto ad un controllore PD

   ⊗ quando il margine di fase del sistema da controllare è fortemente negativo;
   ○ quando si vuole aumentare la prontezza di risposta del sistema controllato;
   ⊗ per sistemi di tipo 0, se si vuol avere un errore a regime nullo nella risposta al gradino;

8. Il contorno delle radici studia le curve descritte sul piano complesso dalle radici dell'equazione caratteristica al variare di un parametro. Tale parametro

   ○ può essere un qualunque parametro dell'equazione caratteristica
   ⊗ deve essere un parametro che entra linearmente nell'equazione caratteristica
   ○ deve essere una costante di tempo relativa ad un polo o ad uno zero del sistema

9. Il teorema del baricentro del luogo delle radici si applica solamente alle funzioni razionali fratte $G(s) = N(s)/D(s)$ ($m = grado[N(s)]$ e $n = grado[D(s)]$) tali che

   ○ $n > m$
   ⊗ $n > m + 1$
   ○ $n > m + 2$

10. Per poter applicare il metodo base della funzione descrittiva ad un sistema $G(s)$ retroazionato su una non linearità $y = f(x)$

   ○ il sistema $G(s)$ deve essere a fase minima
   ○ la non linearità $y = f(x)$ deve essere di tipo "a settore"
   ⊗ la non linearità $y = f(x)$ deve essere simmetrica rispetto all'origine

11. Indicare quale di questi sistemi discreti $G(z)$ è asintoticamente stabile:

   ○ $G(z) = \frac{1}{(z+2)}$
   ⊗ $G(z) = \frac{1}{z(z-0.5)}$
   ⊗ $G(z) = \frac{1}{z(z+0.5)}$

12. Calcolare la funzione di trasferimento $G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$ corrispondente alla seguente equazione alle differenze:

$$2\,y(k+2) + 5\,y(k+1) + 4\,y(k) = x(k+1) + 3\,x(k) \qquad \rightarrow \qquad G(s) = \frac{z+3}{2\,z^2 + 5\,z + 4}$$

13. Calcolare la $\mathcal{Z}$-trasformata $X(z)$ delle seguenti due successioni di numeri $x(k)$:

$$x(k) = k \quad \rightarrow \quad X(z) = \frac{z}{(z-1)^2}, \qquad\qquad x(k) = 2^k \quad \rightarrow \quad X(z) = \frac{z}{(z-2)}$$

14. Scrivere le formule di inversione per la sintesi dei parametri τ_1 e τ_2 di una rete correttrice:

$$\tau_1 = \frac{M - \cos\varphi}{\omega\,\sin\varphi}, \qquad\qquad \tau_2 = \frac{\cos\varphi - \frac{1}{M}}{\omega\,\sin\varphi}$$

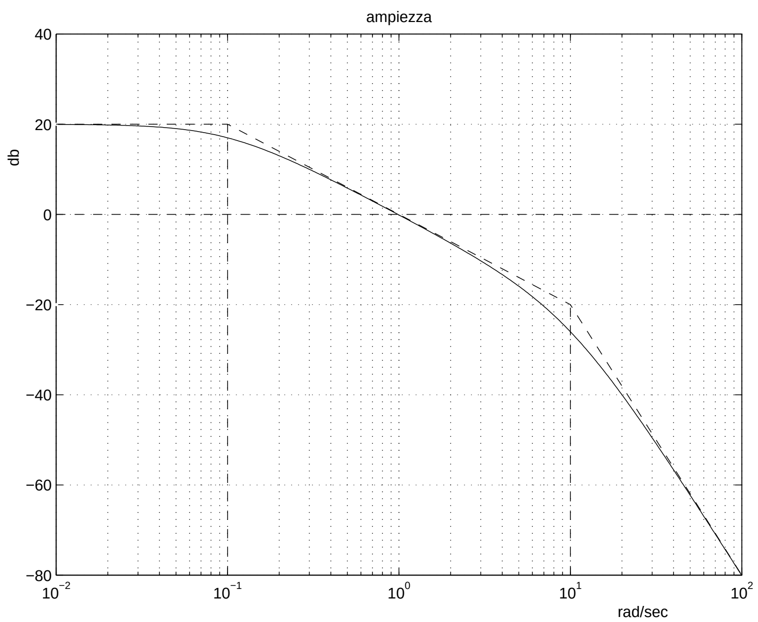
15. Facendo riferimento al diagramma di Bode della funzione $G(s)$ riportato a fianco, rispondere alle seguenti domande:

15.a) Fornire una stima della larghezza di banda ω_f del sistema $G(s)$: $\omega_f = 0.1$;

15.b) Fornire una stima della larghezza di banda ω_{0f} del sistema retroazionato $G_0(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)}$: $\omega_{0f} = 1$;

15.c) Fornire una stima del margine di fase M_φ del sistema $G(s)$: $M_\varphi \simeq 80 \div 90^0$;

15.d) Fornire una stima del margine di fase M_φ del sistema $G_1(s) = 1000\,G(s)$: $M_\varphi \simeq -80 \div 90^0$;



Controlli Automatici - Secondo Compito
24 Giugno 2002 - Domande Teoriche

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Per ciascuno dei seguenti test segnare con una crocetta le affermazioni che si ritengono giuste. Alcuni test sono seguiti da più affermazioni giuste e si considerano superati quando queste vengono contrassegnate tutte.

1. Se i coefficienti dell'equazione caratteristica di un sistema retroazionato sono tutti positivi, allora è possibile affermare che il sistema retroazionato

   ⊗ può essere stabile
   ⊗ può essere instabile
   ○ è stabile

2. Nella seconda formulazione del criterio di Nyquist, quella valida anche per sistemi "instabili", si fa l'ipotesi che il sistema, oltre a poter avere un polo semplice o doppio nell'origine,

   ○ sia a fase minima
   ⊗ non abbia poli sull'asse immaginario
   ○ abbia poli semplici sull'asse immaginario

3. Una rete anticipatrice $D(s) = \frac{1+\tau_1 s}{1+\tau_2 s}$, con $\tau_1 > \tau_2$,

   ⊗ anticipa a tutte le pulsazioni $\omega \in]0, \infty[$
   ○ è utile per stabilizzare sistemi fortemente instabili
   ⊗ rende "più pronto" il sistema retroazionato

4. Per poter applicare il criterio del cerchio, la caratteristica non lineare $y(x)$ deve:

   ⊗ passare per l'origine
   ⊗ essere ad un sol valore
   ○ essere simmetrica rispetto all'origine

5. Il metodo della funzione descrittiva per determinare l'ampiezza e la pulsazione di eventuali autooscillazioni presenti nel sistema

   ○ è un metodo esatto
   ⊗ è un metodo approssimato
   ⊗ è un metodo la cui precisione aumenta se $G(s)$ è un sistema "passa basso"

6. Il sistema $G(s) = \frac{1}{s^2}$ posto in retroazione unitaria negativa può essere stabilizzato utilizzando

   ⊗ un regolatore standard PD
   ⊗ una rete anticipatrice
   ○ una rete ritardatrice

7. L'utilizzo di un controllore PD è preferibile rispetto ad un controllore PI

   ○ quando il margine di fase del sistema da controllare è fortemente negativo;
   ⊗ quando si vuole aumentare la prontezza di risposta del sistema controllato;
   ○ per sistemi di tipo 0, se si vuol avere un errore a regime nullo nella risposta al gradino;

8. Il contorno delle radici studia le curve descritte sul piano complesso dalle radici dell'equazione caratteristica al variare di un parametro. Tale parametro

   ○ può essere un qualunque parametro dell'equazione caratteristica
   ○ deve essere una costante di tempo relativa ad un polo o ad uno zero del sistema
   ⊗ deve essere un parametro che entra linearmente nell'equazione caratteristica

9. Il teorema del baricentro del luogo delle radici si applica solamente alle funzioni razionali fratte $G(s) = N(s)/D(s)$ ($m = grado[N(s)]$ e $n = grado[D(s)]$) tali che

   ○ $n \geq m$
   ○ $n \geq m + 1$
   ⊗ $n \geq m + 2$

10. Per poter applicare il metodo base della funzione descrittiva ad un sistema $G(s)$ retroazionato su una non linearità $y = f(x)$

   ○ il sistema $G(s)$ deve avere tutti i poli e tutti gli zeri a parte reale negativa
   ○ la non linearità $y = f(x)$ deve essere di tipo "a settore"
   ⊗ la non linearità $y = f(x)$ deve essere simmetrica rispetto all'origine

11. Indicare quale di questi sistemi discreti $G(z)$ è asintoticamente stabile:

   ⊗ $G(z) = \frac{1}{z(z-0.5)}$
   ⊗ $G(z) = \frac{1}{z(z+0.5)}$
   ○ $G(z) = \frac{1}{(z+2)}$

12. Calcolare la funzione di trasferimento $G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$ corrispondente alla seguente equazione alle differenze:

$$3\,y(k+2) + 6\,y(k+1) + 5\,y(k) = x(k+1) + 4\,x(k) \qquad \rightarrow \qquad G(s) = \frac{z+4}{3\,z^2 + 6\,z + 5}$$

13. Calcolare la $\mathcal{Z}$-trasformata $X(z)$ delle seguenti due successioni di numeri $x(k)$:

$$x(k) = 2\,k \quad \rightarrow \quad X(z) = \frac{2\,z}{(z-1)^2}, \qquad\qquad x(k) = 3^k \quad \rightarrow \quad X(z) = \frac{z}{(z-3)}$$

14. Scrivere le formule di inversione per la sintesi dei parametri τ_1 e τ_2 di una rete correttrice:

$$\tau_1 = \frac{M - \cos\varphi}{\omega\,\sin\varphi}, \qquad\qquad \tau_2 = \frac{\cos\varphi - \frac{1}{M}}{\omega\,\sin\varphi}$$

15. Facendo riferimento al diagramma di Bode della funzione $G(s)$ riportato a fianco, rispondere alle seguenti domande:

15.a) Fornire una stima della larghezza di banda ω_f del sistema $G(s)$: $\omega_f = 1$;

15.b) Fornire una stima della larghezza di banda ω_{0f} del sistema retroazionato $G_0(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)}$: $\omega_{0f} = 10$;

15.c) Fornire una stima del margine di fase M_φ del sistema $G(s)$: $M_\varphi = 80 \div 90$;

15.d) Fornire una stima del margine di fase M_φ del sistema $G_1(s) = 1000\,G(s)$: $M_\varphi = -80 \div 90$;