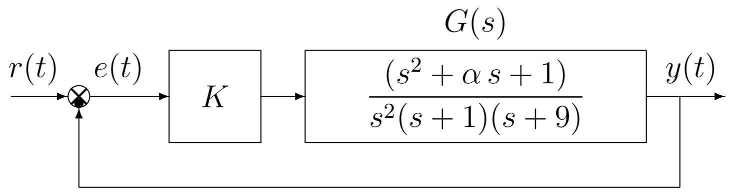
| **Controlli Automatici B** | Nome: | |
|---|---|---|
| **8 Giugno 2017 - Esercizi** | Nr. Mat. | |
| | Firma: | |

a.1) Sia dato il seguente sistema retroazionato:




Posto $\alpha = 1$, tracciare qualitativamente il luogo delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $K$. Tracciare il luogo delle radici per $K > 0$. Determinare esattamente la posizione degli asintoti, le intersezioni $\omega^*$ con l'asse immaginario e i corrispondenti valori del guadagno $K^*$. Determinare la posizione dei punti di diramazione "solo in modo qualitativo".

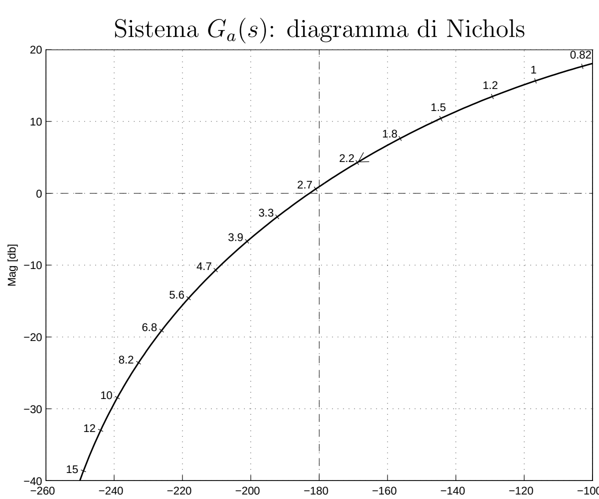
a.2) Posto $K = 20$, tracciare qualitativamente il contorno delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $\alpha > 0$. Determinare la posizione dei punti di diramazione "solo in modo qualitativo". Nella graficazione si tenga conto che: a) la posizione dei poli del sistema retroazionato quando $K = 20$ e $\alpha = 0$ è $p_{1,2} = 0.11 \pm 0.81\, j$ e $p_{3,4} = -5.11 \pm 2.11\, j$; b) il sistema retroazionato è stabile per $\alpha_1^* < \alpha < \alpha_2^*$. Il calcolo dei parametri $\alpha_1^*$ e $\alpha_2^*$ non è necessario. Determinare la posizione dei punti di diramazione "solo in modo qualitativo".

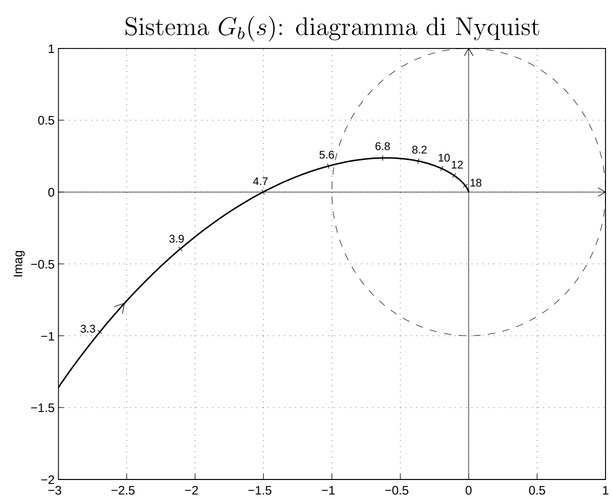
a.3) Sia data la seguente funzione di trasferimento $G_3(s)$ che descrive il legame tra la tensione in ingresso $V(s)$ e la corrente in uscita $I(s)$ di un circuito elettrico:

$$G_3(s) = \frac{I(s)}{V(s)} = \frac{Cs + G}{CLs^2 + (CR + GL)s + GR + 1}$$

Posto $L = 1$, $C = 1$ e $G = 2$, mostrare graficamente come si muovono sul piano complesso i poli della funzione di trasferimento $G_3(s)$ al variare del parametro $R > 0$. Calcolare il valore $R^*$ a cui corrisponde il minimo tempo di assestamento del sistema $G_3(s)$ alla risposta al gradino.

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

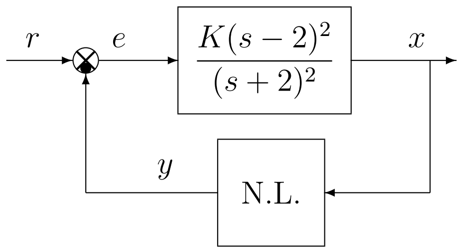


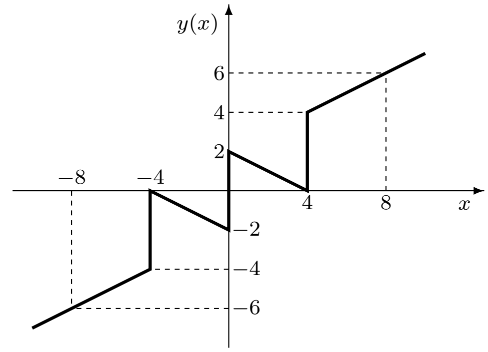




b.1) Per il sistema $G_a(s)$, progettare una rete ritardatrice in modo che la funzione di risposta armonica del sistema compensato passi per il punto $B = (-160°,\ -10\ \text{db})$. Scegliere il valore della pulsazione $\omega$ che si ritiene più opportuno.

b.2) Per il sistema $G_b(s)$ progettare i parametri $K$, $\tau_1$ e $\tau_2$ di una rete anticipatrice $C(s) = K\,\dfrac{1+\tau_1\, s}{1+\tau_2\, s}$ in modo da garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = 50°$ in corrispondenza della pulsazione $\omega_A = 4.7$.

c) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:




c.1) Posto $K = 1$, determinare per quali valori $r_0$ ed $r_1$ dell'ingresso $r$ i punti di lavoro del sistema retroazionato sono posizionati in $(x_0,\, y_0) = (0,\, 0)$ e in $(x_1,\, y_1) = (8,\, 6)$.

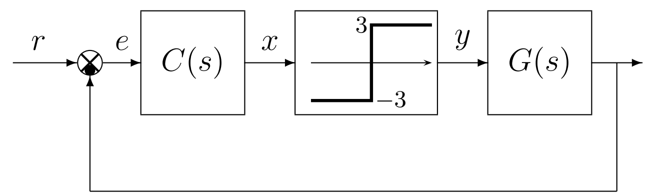
c.2) Posto $K = 1$ ed utilizzando il criterio del cerchio, dire se il sistema retroazionato è stabile o meno nell'intorno del punto $(x_1,\, y_1) = (8,\, 6)$.

c.3) Disegnare in modo qualitativo l'andamento della funzione descrittiva $F(X)$ della non linearità $y(x)$ nell'intorno del punto $(0,\, 0)$. Utilizzare delle variabili (per esempio: $m_1,\, m_2,\, \ldots$) per rappresentare gli eventuali valori non noti minimi e massimi della funzione $F(X)$.

c.4) Discutere "qualitativamente" (in funzione anche dei parametri $m_1,\, m_2,\, \ldots$) l'esistenza o meno di cicli limite nel sistema retroazionato al variare del guadagno $K > 0$.

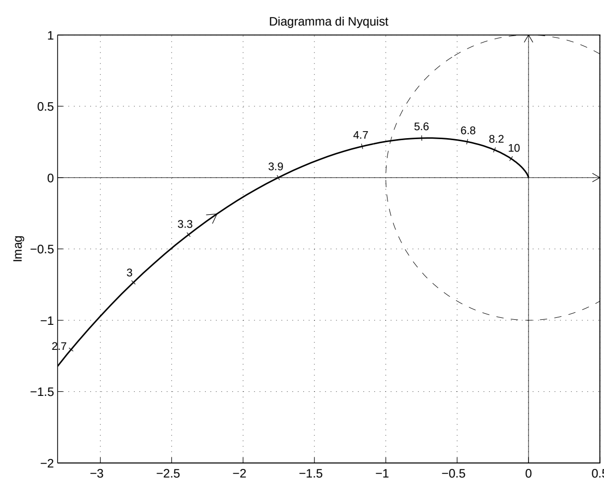
c.5) Posto $K = 1$, calcolare l'ampiezza $X^*$ e la pulsazione $\omega^*$ del più piccolo ciclo limite stabile presente nel sistema retroazionato.

d) Sia dato il sistema retroazionato riportato a fianco, e il diagramma di Nyquist della funzione $G(s)$ riportato sotto.




d.1) Posto $C(s) = 1$, determinare l'ampiezza $X^*$ e la pulsazione $\omega^*$ dell'oscillazione autosostenuta che è presente all'interno del sistema quando $r = 0$.

d.2) Progettare una rete correttrice $C(s)$, in modo che l'oscillazione autosostenuta che è presente all'interno del sistema quando $r = 0$ sia caratterizzata da un'ampiezza $X^* = 2$ e da una pulsazione $\omega^* = 3$.




e) Utilizzando il metodo della trasformazione bilineare, discretizzare la seguente rete correttrice:

$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = 3\,\frac{s+1}{s+5}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.05$.

f) Calcolare la risposta all'impulso unitario $x(n) = (1,\, 0,\, 0,\, \ldots)$ del seguente sistema dinamico discreto, partendo da condizioni iniziali nulle:

$$y(n+2) - 0.36\, y(n) = 6\, x(n+1)$$

| | |
|---|---|
| Nome: | |
| Nr. Mat. | |
| Firma: | |

**Controlli Automatici B**

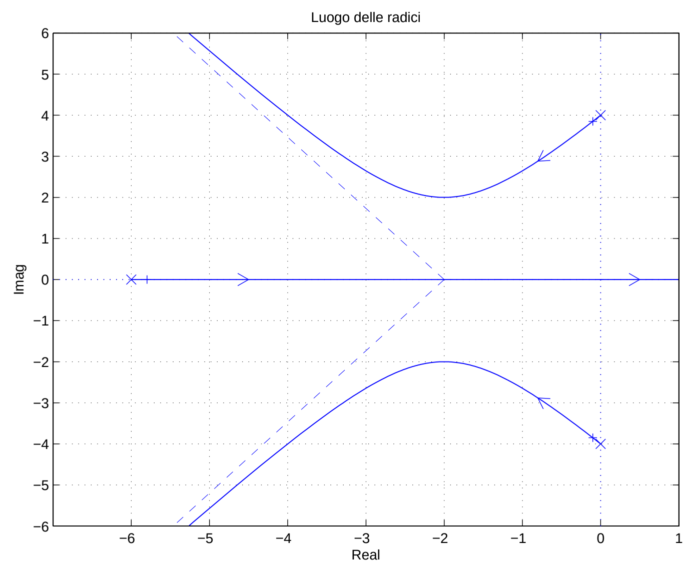
**8 Giugno 2017 - Domande Teoriche**

Rispondere alle domande e ai test che seguono. Per ciascuno dei test segnare con una crocetta le affermazioni che si ritengono corrette.

1. Il tempo di assestamento $T_a$ della risposta impulsiva $g(k)$ del sistema discreto $G(z) = \frac{z}{z-0.3}$ è:

   ◯ $T_a = 3\,|\frac{1}{T}\log_{10}(0.3)|$; ◯ $T_a = 3/|T\log_{10}(0.3)|$; ◯ $T_a = 3\,|T\log_{10}(0.3)|$;
   ◯ $T_a = 3\,|\frac{1}{T}\ln(0.3)|$; ◯ $T_a = 3/|\frac{1}{T}\ln(0.3)|$; ◯ $T_a = 3\,|T\ln(0.3)|$;

2. A fianco è riportato il luogo delle radici del sistema $G(s) = \frac{-10}{(s+6)(s^2+16)}$ al variare del parametro $K > 0$. Calcolare:




   4.1) L'ascissa $\sigma_0$ corrispondente alla condizione di allineamento dei tre poli:

   $\sigma_0 =$

   4.2) Il valore $K_0$ corrispondente alla condizione di allineamento dei tre poli:

   $K_0 =$

   4.3) Per quali valori di $K$ il sistema retroazionato è stabile:

   $\ldots < K < \ldots$

3. Scrivere la funzione di trasferimento $G(s)$ di un regolatore standard PD e a fianco disegnare qualitativamente il corrispondente diagramma di Bode dei moduli:

   $G(s) =$


4. Tipicamente, quali delle seguenti reti correttrici è bene utilizzare se si vuole stabilizzare un sistema in retroazione caratterizzato da un margine di fase fortemente negativo?

   ◯ una rete anticipatrice; ◯ una rete ritardatrice;
   ◯ un regolatore PI; ◯ un regolatore PD;

5. Sia $X(z) = \mathcal{Z}[x(k)]$ la $\mathcal{Z}$-trasformata della successione $x(k)$. Per $n = 1, 2, \ldots$, enunciare il teorema della traslazione nel tempo nei seguenti 2 casi: a) ritardo e b) anticipo:

   $a)\;\; \mathcal{Z}[x(k-n)] =$ $\qquad$ $b)\;\; \mathcal{Z}[x(k+n)] =$

6. La funzione discreta $D(z)$ riportata sotto è stata ottenuta dalla funzione $D(s)$ utilizzando il metodo della corrispondenza poli-zeri. Calcolare il parametro $k$ imponendo l'uguaglianza dei guadagni alle alte frequenze:

$$D(s) = \frac{s}{s+2} \quad \rightarrow \quad D(z) = k\,\frac{z-1}{z-e^{-2T}} \quad \rightarrow \quad k =$$

7. Scrivere la funzione di trasferimento $H_0(s)$ del ricostruttore di ordine 0:

$$H_0(s) =$$

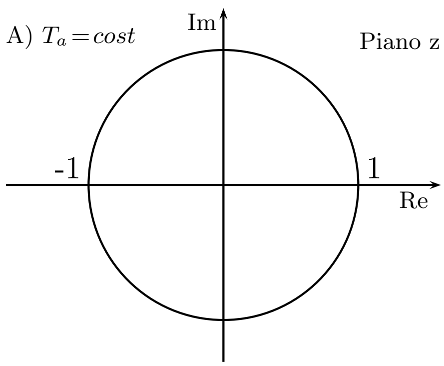
8. Come si determina la funzione di risposta armonica $F(\omega)$ di un sistema discreto $G(z)$?

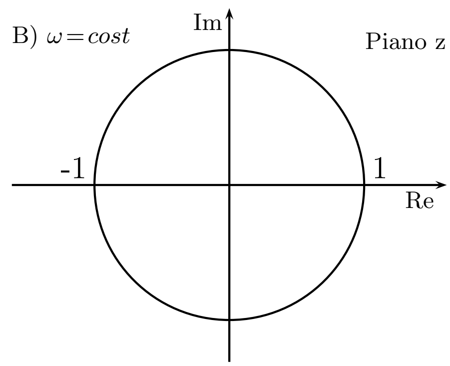
○ $F(\omega) = G(j\omega T)$ ○ $F(\omega) = G(e^{j\omega T})$ ○ $F(\omega) = G(j\omega)$ ○ $F(\omega) = G(e^{j\omega})$

9. Scrivere l'equazione alle differenze corrispondente alla seguente funzione di trasferimento:

$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{3z+5}{4\,z^2+2\,z+1+2\,z^{-2}} \qquad \rightarrow$$

10. Tracciare qualitativamente sul piano $z$: A) i luoghi a tempo di assestamento costante; B) i luoghi a pulsazione $\omega$ costante.




11. Un sistema in retroazione negativa avente $G(s)$ sul ramo diretto, $H(s)$ sul ramo di retroazione e con un elevato guadagno statico d'anello

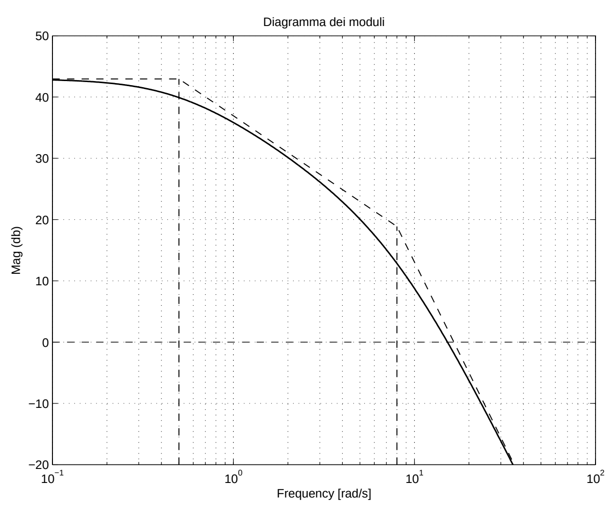
○ è poco sensibile alle variazioni parametriche di $H(s)$
○ è poco sensibile alle variazioni parametriche di $G(s)$
○ è poco sensibile alla presenza di disturbi costanti esterni agenti sul sistema

12. Fornire una stima della larghezza di banda $\omega_f$ e del tempo di salita $t_r$ del sistema $G_1(s)$ di cui a fianco è riportato il diagramma di Bode dei moduli:

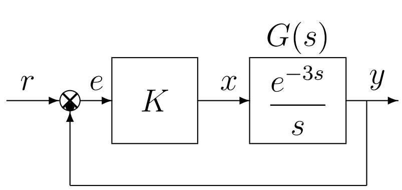
$\omega_f \simeq$ $t_r \simeq$

Fornire inoltre una stima della larghezza di banda $\omega_{f0}$ e del tempo di salita $t_{r0}$ del corrispondente sistema retroazionato:

$\omega_{f0} \simeq$ $t_{r0} \simeq$




13. Sia dato il seguente sistema retroazionato. Per quale valore di $K$ il sistema retroazionato è stabile con un margina di fase $M_\varphi = 45°$?




$K =$