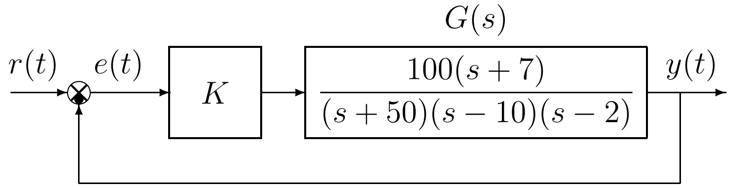
N.

Controlli Automatici B
6 febbraio 2026 - Esercizi

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

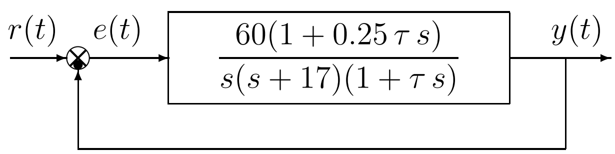
a) Sia dato il seguente sistema retroazionato:



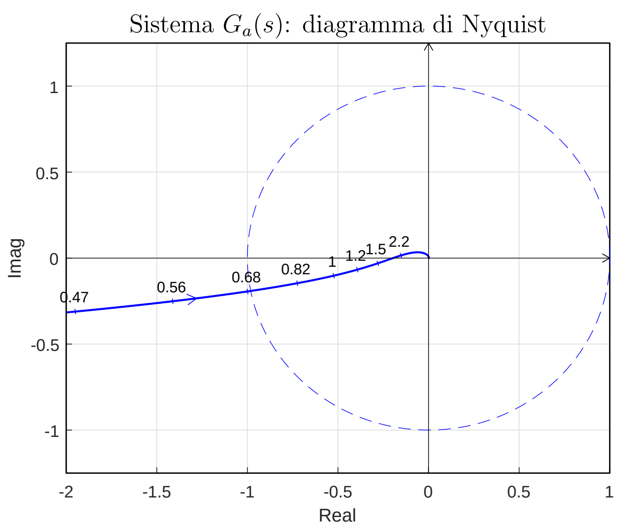
a.1) Tracciare qualitativamente il luogo delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $K > 0$. Determinare esattamente la posizione degli asintoti, le intersezioni ω^* con l'asse immaginario e i corrispondenti valori del guadagno K^*. Determinare la posizione dei punti di diramazione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

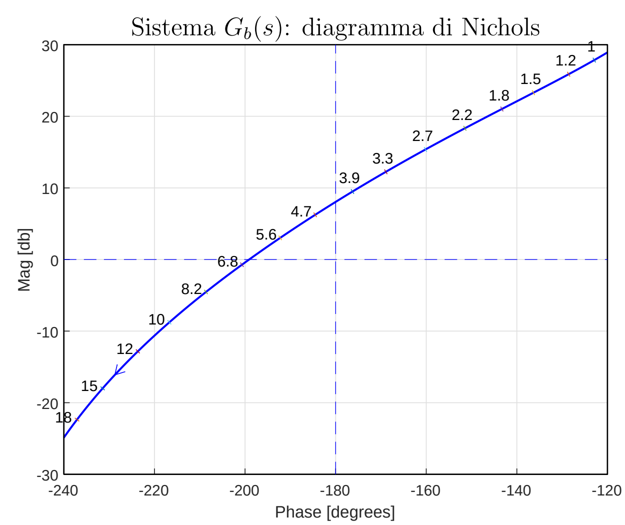
a.2) Determinare per quale valore $\bar{K}$ di K il sistema retroazionato "stabile" ha i poli alla massima distanza dall'asse immaginario.

a.3) Tracciare qualitativamente il contorno delle radici del seguente sistema retroazionato al variare del parametro $\tau > 0$. Determinare la posizione dei punti di diramazione "solo in modo qualitativo".



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

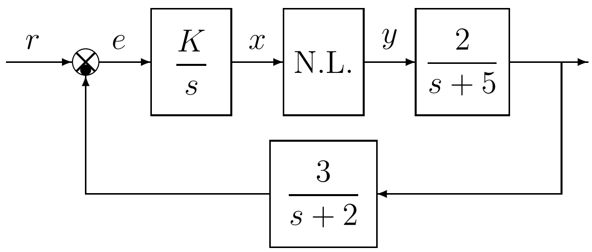


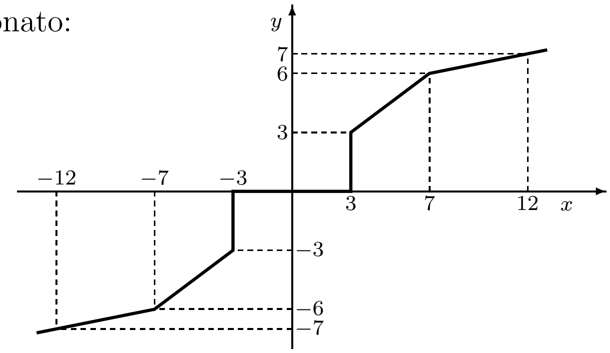


b.1) Per il sistema $G_a(s)$, progettare una rete correttrice $C(s)$ in grado di garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = 60°$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

b.2) Per il sistema $G_b(s)$ progettare una rete ritardatrice in grado di garantire al sistema compensato un margine di ampiezza $M_a = 5$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

c) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:





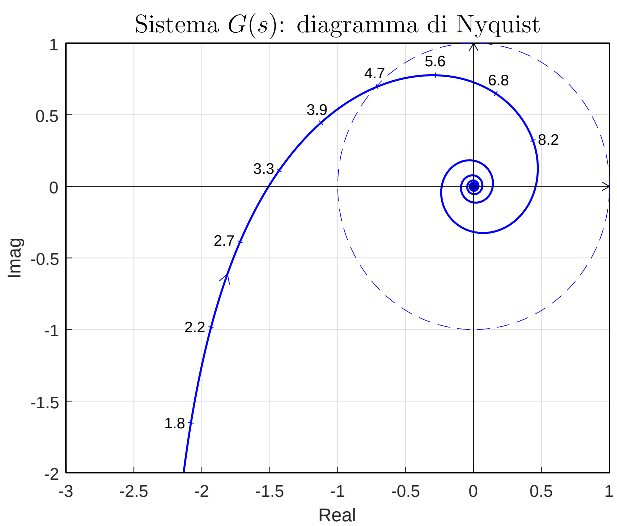
c.1) Posto $K = 1$, determinare per quale valore r_1 dell'ingresso r il punto di lavoro del sistema retroazionato è posizionato in $(x_1, y_1) = (5, 4.5)$.

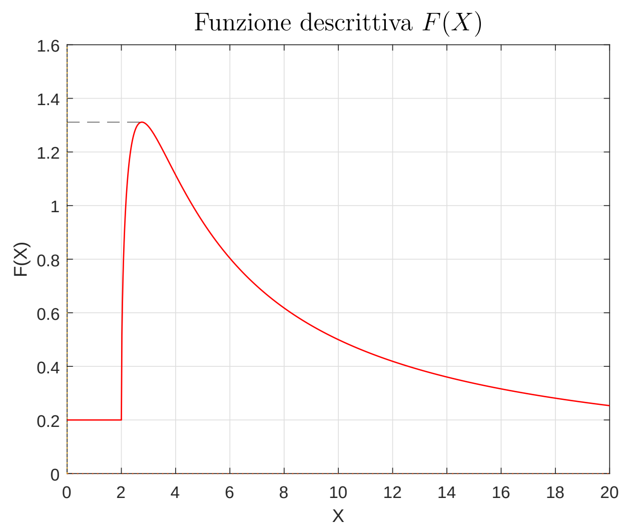
c.2) Posto $K = 1$ ed utilizzando il criterio del cerchio, dire se il sistema retroazionato è stabile o meno nell'intorno del punto $(x_1, y_1) = (5, 4.5)$.

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 $K > 0$.

d) Dato il diagramma di Nyquist di un sistema $G(s)$ posto in retroazione negativa su di una non linearità $y = y(x)$ di cui viene fornita la funzione descrittiva $F(X)$.





d.1) Nei limiti della precisione dei grafici forniti, determinare l'ampiezza X^*, la pulsazione ω^* e la stabilità degli eventuali cicli limite stabili presenti nel sistema retroazionato.

d.2) Progettare i parametri τ_1 e τ_2 di una rete correttrice $C(s) = \frac{1+\tau_1 s}{1+\tau_2 s}$ da mettere in cascata al sistema $G(s)$ in modo che nel sistema retroazionato sia presente un ciclo limite stabile di ampiezza $X^* = 3$ in corrispondenza della pulsazione $\omega^* = 2.2$.

e) Utilizzando il metodo delle differenze all'indietro, discretizzare la seguente rete correttrice

$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = \frac{(s+7)}{(s+2)(s+1)}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.1$.

f) Partendo dalla condizione iniziale non nulla $y(0) = 1$, calcolare la risposta $y(n)$ al gradino unitario $x(n) = (1, 1, 1, \ldots)$ del seguente sistema dinamico discreto:

$$y(n+1) - y(n) = 3\,x(n)$$

Nr.

Controlli Automatici B

6 febbraio 2026 - Domande Teoriche

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

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

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

   $$y_{n+3}+4\,y_{n+2}+5\,y_{n+1}+3\,y_n = 7\,x_{n+2}+2\,x_{n+1} \qquad \rightarrow \qquad G(z) =$$

2. Sia $G(z)$ la $\mathcal{Z}$-trasformata della successione numerica $g(k)$. Scrivere gli enunciati dei teoremi del valore iniziale e del valore finale:

   $$g(0) = g(k)|_{k=0} = \qquad\qquad g(\infty) = \lim_{k\to\infty} g(k) =$$

3. Tracciare i diagrammi di bode (moduli e fasi) di una rete anticipatrice $C(s) = \frac{(1+\tau_1\,s)}{(1+\tau_2\,s)}$, $(\tau_1 > \tau_2)$:

4. Fornire l'enunciato del Teorema del baricentro: *La somma dei poli del sistema ottenuto chiudendo in retroazione un sistema dinamico descritto da una funzione di trasferimento $G(s)$ razionale fratta con ...*

5. In un sistema discreto a segnali campionati, qual è il legame che lega la variabile discreta z e la variabile s di Laplace?

   $$z =$$

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

   $$H_0(s) =$$

7. Calcolare la soluzione $y(n)$ della seguente equazione alle differenze a partire dalla condizione iniziale $y(0) = y_0$:

   $$y(n+1) + 0.4\,y(n) = 0 \qquad \rightarrow \qquad y(n) =$$

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

   $$x(k) = 3\,k \quad \rightarrow \quad X(z) = \qquad\qquad x(k) = e^{2\,k\,T} \quad \rightarrow \quad X(z) =$$

9. Nel piano z i luoghi dei punti a coefficiente di smorzamento δ costante

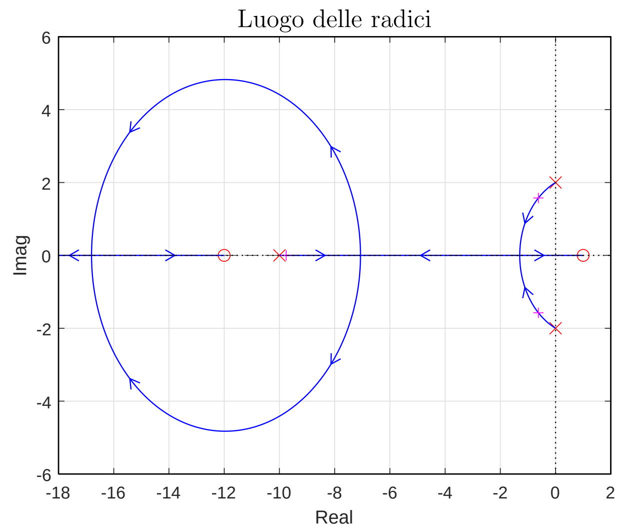
   ○ sono rette uscenti dall'origine ○ sono tratti di spirali verso l'origine
   ○ sono circonferenze centrate nell'origine ○ nessuna delle precedenti risposte

10. L'uso di un regolatore standard di tipo PI è consigliato:
   - ◯ Se si desidera introdurre un anticipo di fase
   - ◯ Se si desidera amplificare alle basse frequenze
   - ◯ Se si desidera introdurre un ritardo di fase alle alte frequenze
   - ◯ Se si desidera avere errore a regime nullo per ingresso a gradino

11. Si consideri il sistema

$$G(s) = \frac{(s-1)(s+12)}{(s^2+4)(s+10)}$$

e il corrispondente luogo delle radici rappresentato in figura.



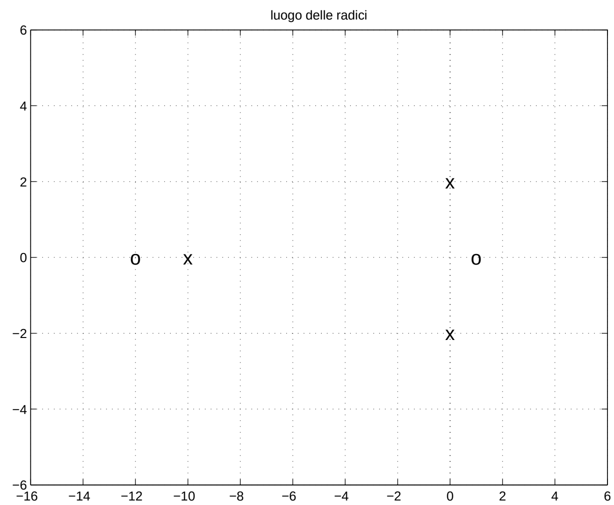
1) Determinare per quali valori di $K > 0$ il sistema retroazionato è stabile.

$$\ldots < K < \ldots$$

2) Nei limiti della precisione consentita dal grafico riportato sopra, calcolare il minimo tempo di assestamento ottenibile al variare di $K > 0$.

$$T_a =$$

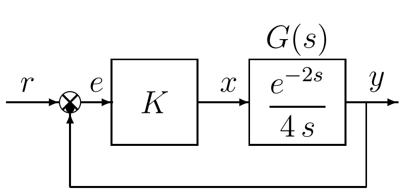
3) Nella figura a fianco, tracciare il luogo delle radici per valori $K < 0$.



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

$$G(s) =$$

13. Sia dato il seguente sistema retroazionato. Per quale valore di K il sistema retroazionato è stabile con un margina di fase $M_\varphi = 60°$?



$$K =$$