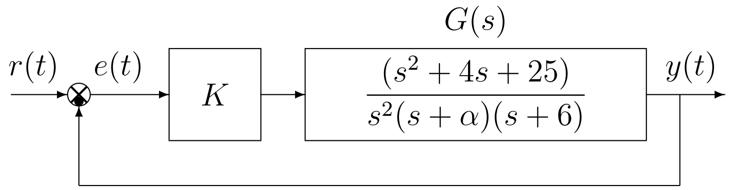
Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Controlli Automatici B

5 Luglio 2023 - Esercizi

a) Sia dato il seguente sistema retroazionato:



a.1) Posto $\alpha = 2$, tracciare qualitativamente il luogo delle radici del sistema retroazionato per $K > 0$. Determinare esattamente la posizione degli asintoti, le intersezioni ω^* con l'asse immaginario e i corrispondenti valori del guadagno K^*. Determinare la posizione di eventuali punti di diramazione "solo in modo qualitativo".

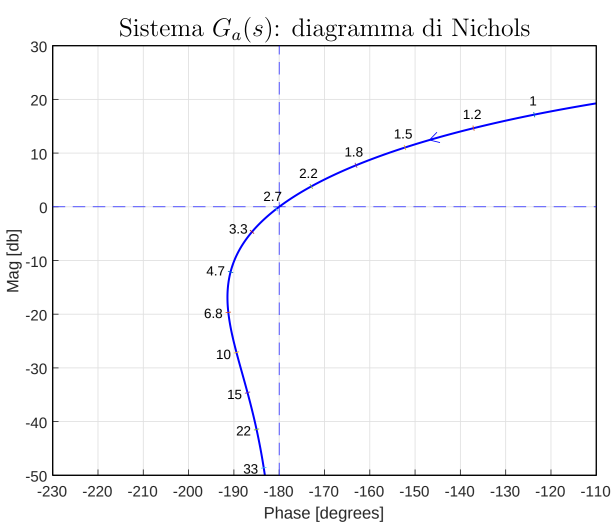
a.2) Posto $K = 89$, tracciare qualitativamente il contorno delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $\alpha > 0$. Nella graficazione si tenga conto che: a) la posizione dei poli del sistema retroazionato quando $K = 89$ e $\alpha = 0$ è: $p_{1,2} \simeq 0.5 \pm 7.5\,j$ e $p_{3,4} \simeq -3.5 \pm 5.2\,j$; b) il sistema retroazionato é stabile per $\alpha > \alpha^* > 0$ (il valore di α^* non deve essere determinato). Determinare la posizione dei punti di diramazione "solo in modo qualitativo".

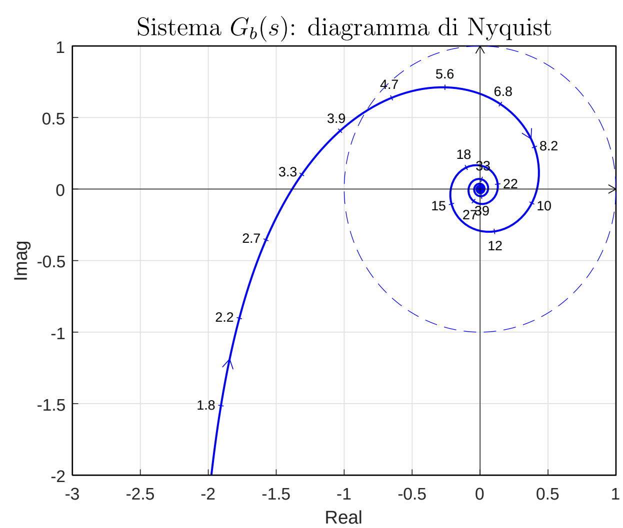
a.3) Sia data la seguente funzione di trasferimento $G_3(s)$ che descrive il legame tra la tensione in ingresso $V(s)$ e la corrente in uscita $I(s)$ di un circuito elettrico:

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

Posto $L = 1$, $R = 1$ e $G = 1$, mostrare graficamente come si muovono sul piano complesso i poli della funzione di trasferimento $G_3(s)$ al variare del parametro $C > 0$. Calcolare il valore C^* 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 $G_b(s)$:

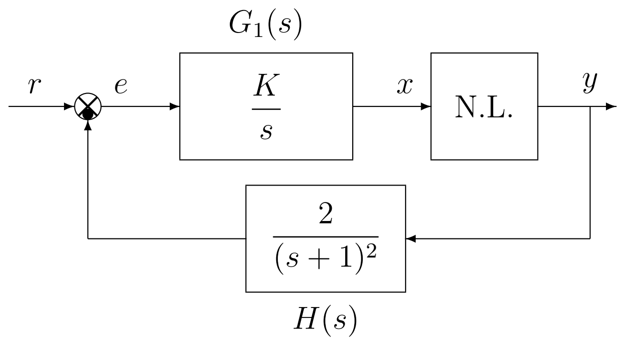


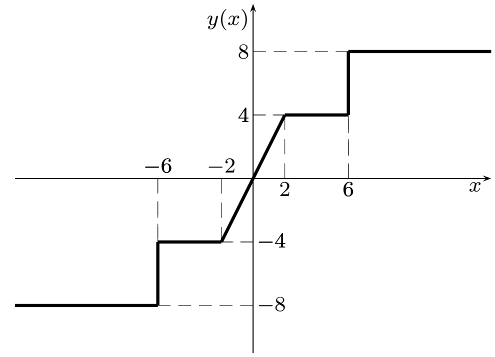


b.1) Per il sistema $G_a(s)$ progettare una rete anticipatrice in modo da imporre al sistema retroazionato un margine di fase $M_\varphi = 50^o$. Scegliere il valore della pulsazione ω che si ritiene più opportuno;

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

c) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:





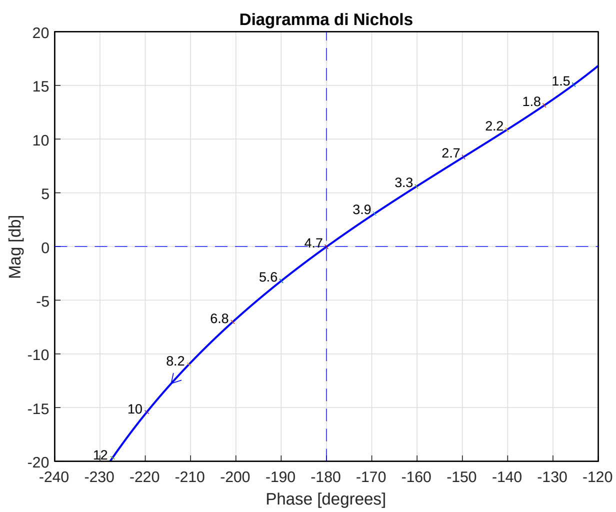
c.1) Posto $K = 1$, determinare il punto di lavoro (x_0, y_0) del sistema retroazionato quando in ingresso é presente il segnale costante $r = r^* = 12$.

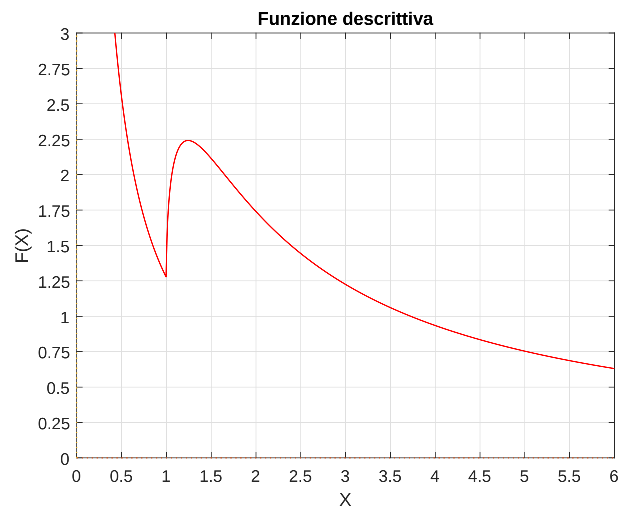
c.2) Posto $K = 1$ ed utilizzando il criterio del cerchio, dire se il sistema retroazionato è stabile o meno nell'intorno del punto $(x_1, y_1) = (1, 2)$.

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 le variabili $m_1, m_2, \ldots$ per rappresentare gli eventuali valori minimi e massimi "non noti" della funzione $F(X)$.

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

d) Sia dato il diagramma di Nichols 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 $\bar{X}^*$, la pulsazione $\bar{\omega}^*$ e la stabilità degli eventuali cicli limite 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 il sistema retroazionato abbia un ciclo limite stabile di ampiezza $X^* = 0.5$ in corrispondenza della pulsazione $\omega^* = 2.7$.

e) Utilizzando il metodo della trasformazione bilineare, discretizzare il seguente regolatore:

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

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.2$.

f) Partendo da condizioni iniziali nulle, calcolare la risposta $y(n)$ della seguente equazione alle differenze

$$y(n+1) = 0.6\, y(n) + 4\, x(n)$$

quando in ingresso è presente il gradino unitario $x(n) = 1$.

Nome:	
Nr. Mat.	
Firma:	

Controlli Automatici B

5 Luglio 2023 - 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. Si scriva, in termini delle sequenze $x(k)$ ed $y(k)$, l'equazione alle differenze corrispondente alla seguente funzione di trasferimento $G(z)$:

$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{z + 10}{z^4 + 2\,z + 3} \qquad \rightarrow$$

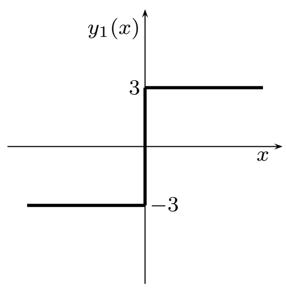
2. Si scriva la $\mathcal{Z}$-Trasformata della rampa unitaria $x(t) = t$ ottenuta tramite campionamento $t = K\,T$ del segnale tempo continuo:

$$X(z) =$$

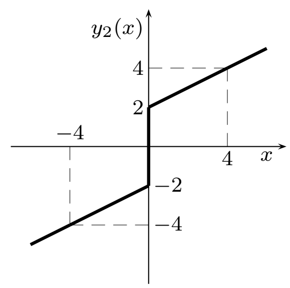
3. Con riferimento all'equazione caratteristica $1 + KG(s) = 0$ di un sistema retroazionato, con $G(s)$ in forma fattorizzata poli-zeri, si scelgano le affermazioni corrette fra le seguenti:

- ◯ la distanza angolare fra i vari asintoti non è costante
- ◯ il luogo delle radici è simmetrico rispetto all'asse reale
- ◯ il luogo delle radici è simmetrico rispetto all'asse immaginario
- ◯ gli asintoti del luogo delle radici formano una stella di raggi centrati in un punto appartenente all'asse reale

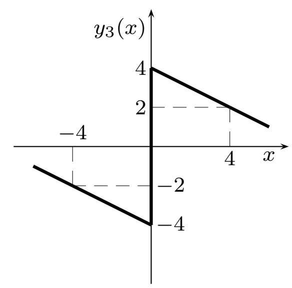
4. Si scriva l'espressione analitica della funzione descrittiva associata alle seguenti nonlinearità:



$F_1(X) =$



$F_2(X) =$



$F_3(X) =$

5. Con riferimento all'equazione caratteristica $1+KG(s) = 0$ di un sistema retroazionato, si scriva l'enunciato della **Proprietà 3** del luogo delle radici: *Se la costante K è positiva, un punto dell'asse reale appartiene al luogo delle radici se ...*

6. Sia dato un sistema retroazionato la cui funzione guadagno d'anello contiene un termine trascendente $e^{-t_0\,s}$. Si scelgano le affermazioni corrette fra le seguenti:

- ◯ si può utilizzare il criterio di Routh su tale sistema
- ◯ si può utilizzare il criterio di Nyquist su tale sistema
- ◯ si può utilizzare la metodologia del luogo delle radici su tale sistema
- ◯ non è possibile determinare i poli di questo sistema

7. Sia data una rete correttrice $G(s) = \frac{1+\tau_1\,s}{1+\tau_2\,s}$. Assumendo $\tau_1 < \tau_2$, si scelgano le affermazioni corrette fra le seguenti:

- ◯ la rete introduce un'attenuazione
- ◯ la rete introduce un ritardo di fase
- ◯ la rete introduce un'amplificazione
- ◯ la rete introduce un anticipo di fase

8. Sia data una rete correttrice $G(s) = \frac{1+\tau_1 s}{1+\tau_2 s}$. Le regioni di ammissibilità della rete correttrice:

   ○ sono tracciabili sui diagrammi di Nyquist e di Nichols

   ○ sono tracciabili sui diagrammi di Bode, di Nyquist e di Nichols

   ○ sono univocamente definite a partire dalla posizione del punto B corrispondente ad una specifica di progetto sul margine di fase M_φ o sul margine di ampiezza M_a

   ○ identificano tutti i punti del piano complesso che possono essere spostati in B utilizzando la rete correttrice nella sua forma a fase minima: $\tau_1 > 0$ e $\tau_2 > 0$

9. Il valore iniziale $y(0)$ della successione $y(k)$ corrispondente alla seguente funzione di trasferimento discreta $Y(z) = \frac{z(z-0.2)}{(z-1)(z-0.6)}$ è:

   ○ $y(0) = 0$ ○ $y(0) = 1$ ○ $y(0) = 2$ ○ $y(0) = \infty$

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

    $G(s) =$

11. Sia $X(z) = \mathcal{Z}[x(k)]$. Enunciare il teorema della traslazione "in anticipo" nel tempo:

    $\mathcal{Z}[x(t + nT)] =$

12. Sia $Y(X)\sin(\omega\, t + \varphi(X))$ la fondamentale del segnale periodico $y(t)$ presente all'uscita di una non linearità algebrica $y(t) = f(x(t))$ in risposta al segnale $x(t) = X\sin(\omega t)$ in ingresso. Fornire la definizione di funzione descrittiva $F(X)$:

    $F(X) =$

13. Quale dei seguenti parametri della risposta al gradino di un sistema $G(s)$ è maggiormente influenzato dalla larghezza di banda ω_f del sistema stesso:

    ○ massima sovraelongazione S ○ tempo di ritardo T_r

    ○ tempo di assestamento T_a ○ tempo di salita T_s

14. Il metodo di Ziegler-Nichols per determinare i valori di primo tentativo dei parametri di un regolatore standard PID

    ○ richiede la conoscenza della risposta impulsiva del sistema da controllare

    ○ richiede la conoscenza della risposta al gradino del sistema da controllare

    ○ richiede la conoscenza della funzione di risposta armonica sistema da controllare

    ○ non richiede la conoscenza esatta della funzione di trasferimento del sistema da controllare