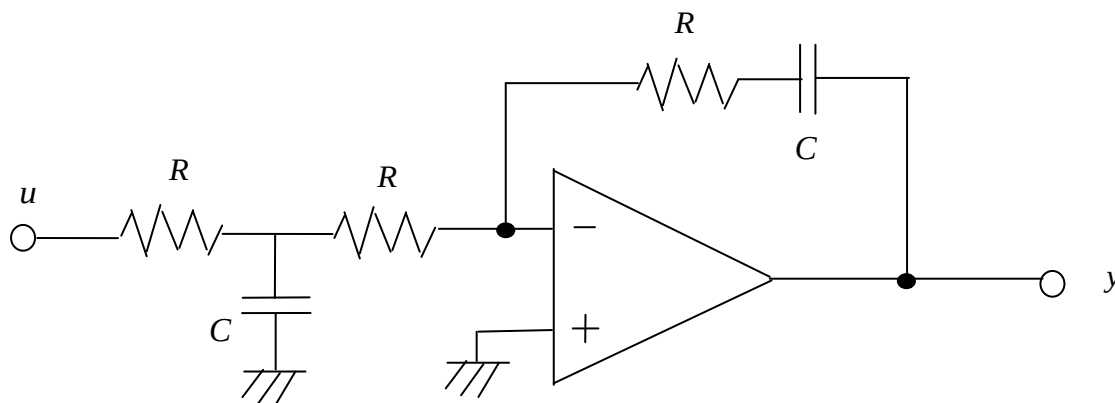


Parte A

1. [punti 4] Riportare e commentare le regole di riduzione per gli schemi a blocchi. Spiegare il significato della riduzione alla forma minima ed esporne un esempio.

2. [punti 4] Il seguente schema elettrico definisca un sistema dinamico Σ orientato da u (tensione di ingresso) ad y (tensione d'uscita).



Si assuma l'amplificatore operazionale come ideale e si introduca il parametro $T \triangleq RC$:

1. Determinare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema Σ .
2. Scrivere $G(s)$ nella forma standard con poli e zeri e disegnare la configurazione poli-zeri di Σ .
3. Determinare l'equazione differenziale che descrive il comportamento di Σ .

3. [punti 5] Da una elaborazione di dati sperimentali su di un sistema dinamico è nota la risposta al gradino unitario $g_s(t) = \frac{1}{2} + e^{-t} - \frac{3}{2}e^{-2t}$.

- a) Determinare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema esprimendola nella forma standard con poli e zeri.
- b) Determinare la risposta forzata $y(t)$, $t \geq 0$ del sistema al segnale di ingresso $u(t) = \begin{cases} 0 & \text{per } t < 0 \\ 1+t & \text{per } t \geq 0 \end{cases}$

4. [punti 4]

a) Sia $X(z)$ la trasformata zeta di un segnale a tempo discreto x . Presenta e dimostra la relazione fra

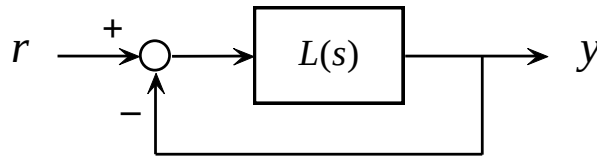
$$\frac{dX}{dz} \text{ e } X(z).$$

b) Calcolare, riportando i passaggi algebrici necessari, la trasformata zeta della funzione armonica

$$\sin(\omega k), \quad k \in \mathbb{Z} : \mathcal{Z}[\sin(\omega k)] . \text{ [Suggerimento: } \mathcal{Z}[a^k] = \frac{z}{z-a} \text{]}$$

Parte B

5. [punti 4] Sia dato il sistema retroazionato di figura dove $L(s) = \frac{1000}{(s+1)(s+2)(s+5)(s+10)}$.



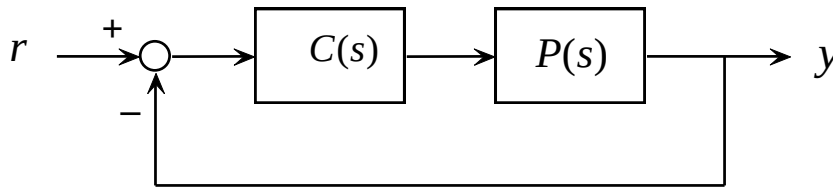
- Tracciare il diagramma di Nyquist di $L(j\omega)$ determinando in particolare l'intersezione con l'asse reale negativo.
- Applicando il criterio di Nyquist studiare la stabilità del sistema retroazionato.

6. [punti 5] Tracciare il luogo delle radici dell'equazione

$$1 + \frac{s+a}{(s+1)(s+2)(s+2a)} = 0 \quad \text{per } a \geq 0.$$

Si determinino mediante una stima numerica le radici doppie presenti nel luogo. Esporre dettagliatamente il metodo numerico scelto considerando che un errore di $\pm 10\%$ nella stima è accettabile al fine del tracciamento qualitativo richiesto.

7. [punti 5] Sia dato il sistema in retroazione di figura



dove $P(s) = \frac{10}{(s+1)^3}$. Progettare un controllore con struttura di rete ritardatrice

$C(s) = K \cdot \frac{1 + \alpha\tau s}{1 + \tau s}$ affinché si abbia: 1) costante di posizione $K_p = 20$; 2) stabilità con margine di fase $M_F = 40^\circ$.

8. [punti 5] Sia dato un sistema a tempo discreto con funzione di trasferimento

$$H(z) = \frac{z^2 - z - 1}{(z-1)\left(z + \frac{1}{2}\right)}.$$

- Determinare l'equazione alle differenze che caratterizza il sistema.
- Determinare la risposta forzata $y(k)$ all'ingresso $u(k) = k \cdot 1(k)$.