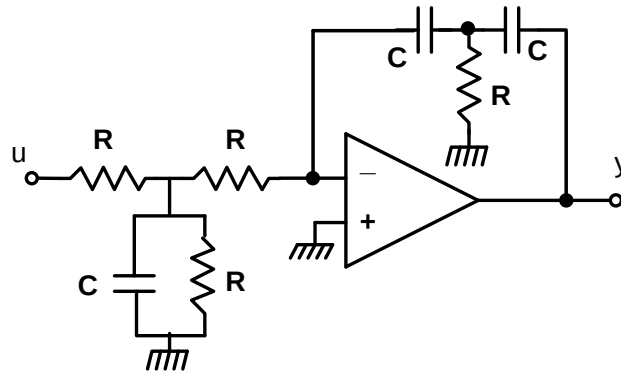


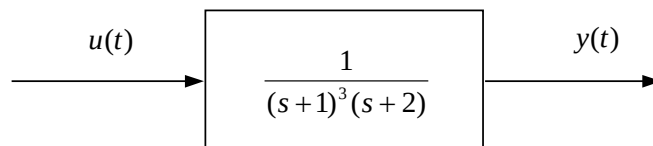
Parte A

1. **[punti 4.5]** Sia dato un sistema in retroazione unitaria con guadagno di anello $L(s)$. Si presenti e discuta l'analisi a regime della risposta ai segnali tipici del riferimento.
2. **[punti 4.5]** L'amplificatore operazionale di figura definisce un sistema dinamico orientato da u (tensione all'ingresso) ad y (tensione all'uscita).



Di questo sistema si determinino: 1) la funzione di trasferimento; 2) l'equazione differenziale; 3) gli zeri, i poli e i modi.

3. **[punti 4.5]** Sia dato il sistema di figura con funzione di trasferimento $P(s) = \frac{1}{(s+1)^3(s+2)}$.



Determinare l'evoluzione forzata $y(t)$ del sistema in risposta al gradino unitario $u(t) = 1(t)$.

4. **[punti 4.5]** Si consideri un sistema lineare a tempo discreto. Enunciare e dimostrare una condizione necessaria e sufficiente affinché il sistema sia asintoticamente stabile alle perturbazioni.

Parte B

5. [punti 4.5] Dato un sistema retroazionato con guadagno di anello

$$L(s) = 50 \frac{(s+1)^2}{s^3(s+10)}$$

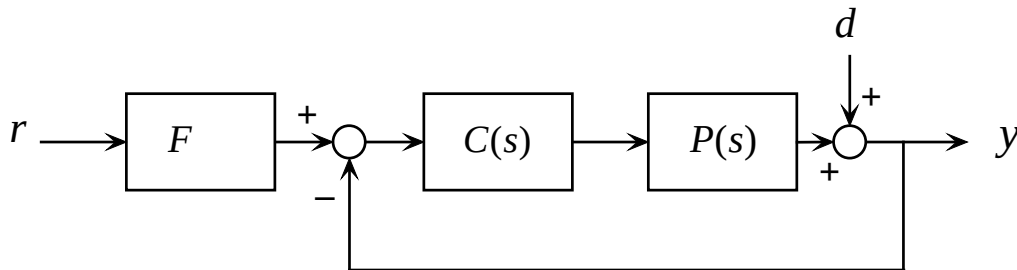
1. Tracciare il diagramma polare di $L(j\omega)$ determinando le eventuali intersezioni con l'asse reale.
2. Studiare la stabilità del sistema retroazionato con il Criterio di Nyquist.

6. [punti 4.5] Tracciare il luogo delle radici della seguente equazione caratteristica:

$$1 + K_1 \frac{s-1}{(s+1)^3(s+2)^2} = 0$$

per $K_1 \in [0, +\infty)$, determinando in particolare gli asintoti e le eventuali radici doppie.

7. [punti 4.5] Sia dato lo schema di sistema di controllo di figura



dove $P(s) = \frac{4}{s+2}$. Determinare un controllore $C(s)$ di ordine minimo ed il blocco algebrico $F \in \mathbb{R}$

affinché il sistema di controllo soddisfi le seguenti specifiche:

1. reiezione infinita asintotica al disturbo sinusoidale $d(t) = 3\sin(2t + 4)$,
2. sistema retroazionato con poli dominanti in $-2 \pm j$,
3. costante di posizione $K_p = 4$,
4. in condizioni nominali l'errore a regime in risposta ad un gradino del riferimento sia nullo.

8. [punti 4.5] Determinare il segnale a tempo discreto $x(k)$, $k \geq 0$ la cui trasformata zeta è

$$\mathcal{Z}[x(k)] = \frac{2z^3 + z + 1}{(z-1)(z-2)^2}.$$