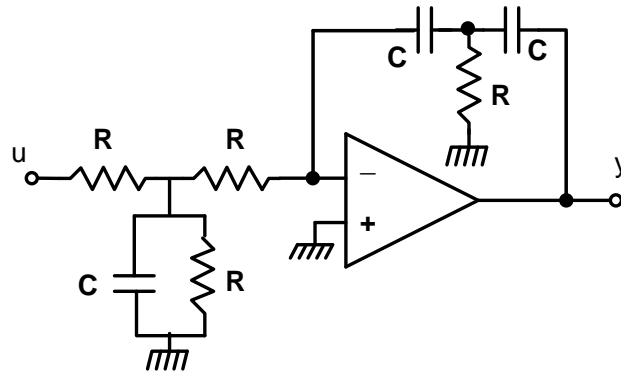


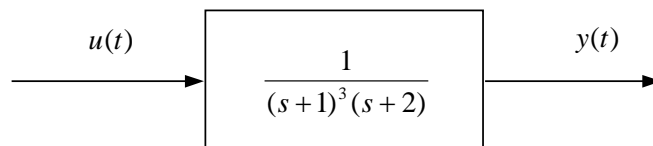
## Parte A

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

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

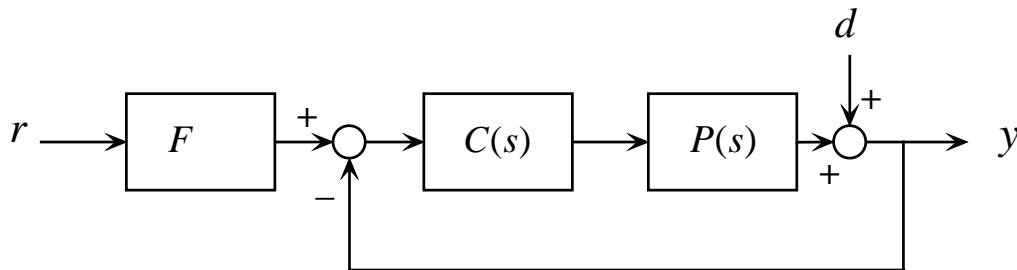
1. Tracciare il diagramma polare di  $L(j\omega)$  determinando le eventuali intersezioni con l'asse reale.
2. Studiare la stabilità del sistema retroazionato con il Criterio di Nyquist.

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

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