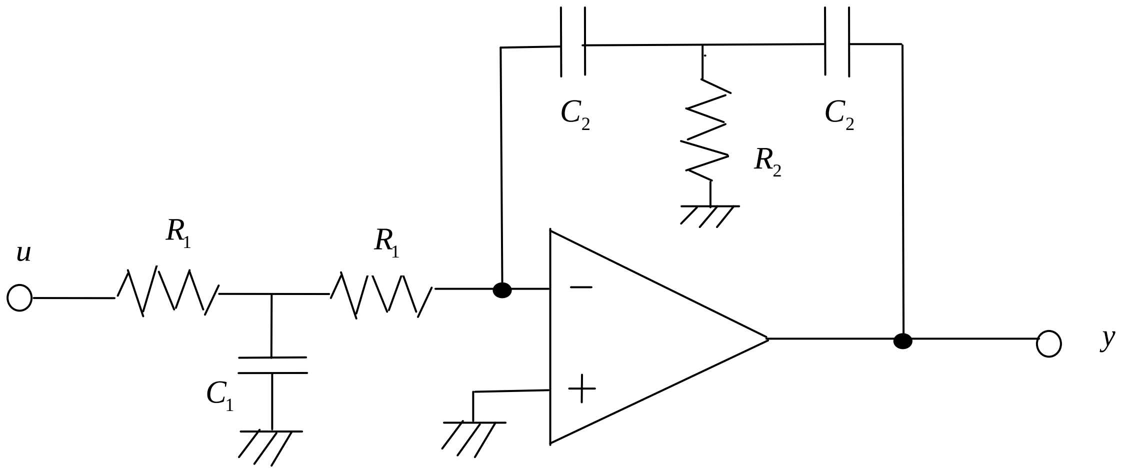
## Parte A

**1. [punti 4]** 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]** Il seguente circuito elettrico definisca un sistema dinamico $\Sigma$ orientato da $u$ (tensione di ingresso) ad $y$ (tensione d'uscita).




Si assuma l'amplificatore differenziale come ideale:

1. Determinare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema $\Sigma$.
2. Determinare poli, zeri e modi di $\Sigma$.
3. Scrivere l'equazione differenziale che descrive il comportamento di $\Sigma$.

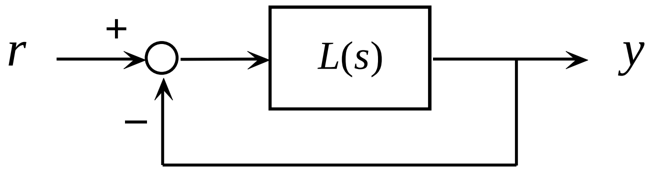
**3. [punti 4]** Dato un sistema con funzione di trasferimento $G(s)=\frac{1}{s+1}$, a partire da condizioni iniziali nulle, determinarne la risposta $y(t),\ t\in[0,+\infty)$ al segnale di ingresso così definito:

$$u(t)=\begin{cases} 2t+2 & 0\le t<\frac{1}{2} \\ 1 & t\ge\frac{1}{2} \end{cases}$$

**4. [punti 4]** Data un generico segnale a tempo discreto $x(k)$, $k\in\mathbb{Z}$ determinare le trasformate zeta dei segnali ritardati e anticipati di $n$ passi ($n\in\mathbb{N}$), $\mathcal{Z}\left[x(k-n)\right]$ e $\mathcal{Z}\left[x(k+n)\right]$.

## Parte B

**5. [punti 5]** Sia dato il seguente sistema retroazionato




dove $L(s) = 2\dfrac{1+5s}{(1+s)^2(1+0{,}5s)^2}$ .

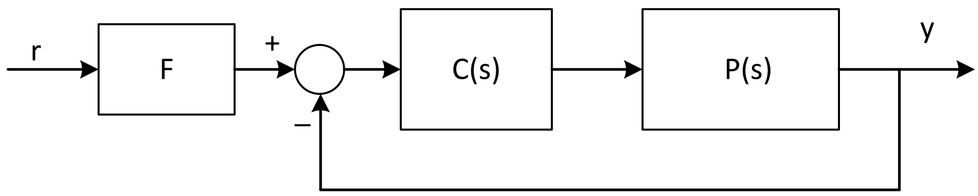
a) Tracciare il diagramma polare associato alla funzione di trasferimento $L(s)$ determinando in particolare le intersezioni con l'asse reale.
b) Studiare la stabilità del sistema retroazionato utilizzando il Criterio di Nyquist.

**6. [punti 5]** Si tracci il luogo delle radici della seguente equazione caratteristica:

$$1 + K\frac{1-s}{(s+1)^3(s+2)^3} = 0 \quad , \quad K \in [0, +\infty)$$

determinando in particolare asintoti e radici doppie.

**7. [punti 5**] Sia dato il sistema di controllo schematizzato in figura




dove $P(s) = \dfrac{8}{(s+2)^4}$ . Determinare un controllore con struttura di rete anticipatrice $C(s) = K\dfrac{1+\tau s}{1+\alpha\tau s}$ ed il blocco algebrico $F \in \mathbb{R}$ affinché le seguenti specifiche siano soddisfatte:

a) $K_p = 3{,}5$ (costante di posizione del sistema retroazionato);
b) $M_F = 30°$ (margine di fase del sistema retroazionato);
c) $e_r = 0$ (errore a regime in risposta ad un gradino del riferimento $r$ ).

**8. [punti 5**] Determinare la risposta forzata $y(k)$ all'ingresso $u(k) = 1(k)$ (gradino unitario) di un sistema a tempo discreto descritto dall'equazione alle differenze

$$y(k) + y(k-1) + \frac{1}{4}y(k-2) = u(k) + 4u(k-1) + 4u(k-2) \ .$$