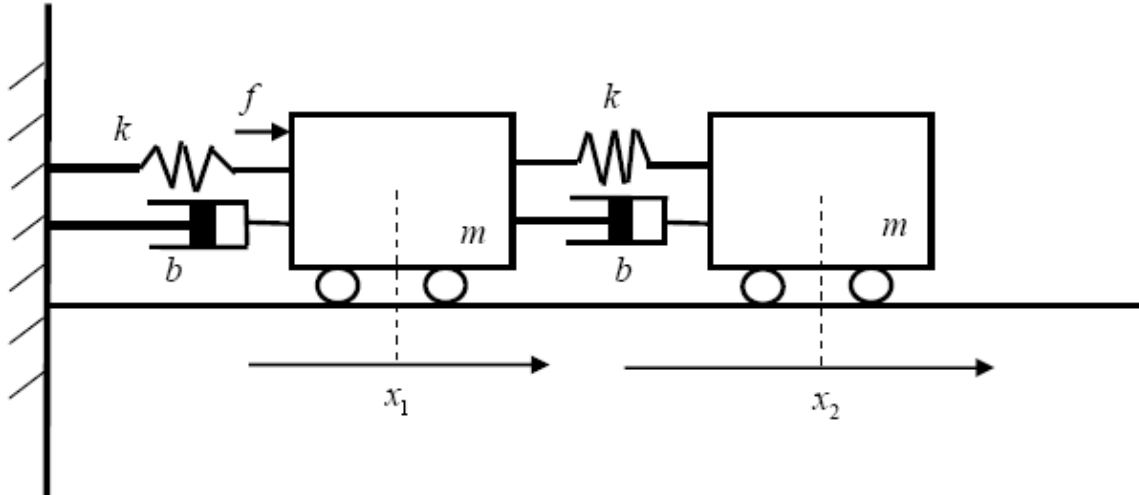


Parte A

1. [punti 4] Sia dato un sistema in retroazione unitaria con guadagno di anello $L(s)$. Si presenti e si discuta l'analisi a regime della risposta ai segnali tipici del riferimento.

2. [punti 5] Due carrelli di massa m collegati come mostrato in figura costituiscono un sistema dinamico Σ orientato da f forza applicata al carrello di sinistra ad x_2 posizione del carrello di destra (in condizione di riposo delle molle sia $x_1 = 0$ e $x_2 = 0$).



1. Determinare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema Σ .
2. Scrivere l'equazione differenziale che descrive il comportamento di Σ .
3. Dimostrare che il sistema è asintoticamente stabile per ogni valore positivo di m , k e b .

3. [punti 4] Determinare l'evoluzione forzata $y(t)$ in risposta al gradino unitario $u(t) = 1(t)$ di un

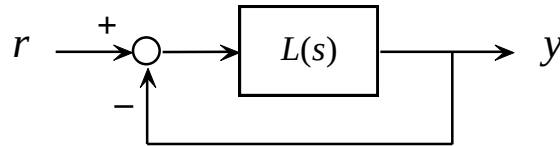
sistema con funzione di trasferimento $G(s) = \frac{s-2}{(s+2)^3(s+1)}$.

Determinare inoltre il grado massimo di continuità di $y(t)$ su $\mathbb{R}$.

4. [punti 4] Presentare e dimostrare la formula di antitrasformazione zeta, ovvero l'espressione che determina la sequenza a tempo discreto $x(k)$ nota che sia $X(z) \triangleq \mathcal{Z}[x(k)]$.

Parte B

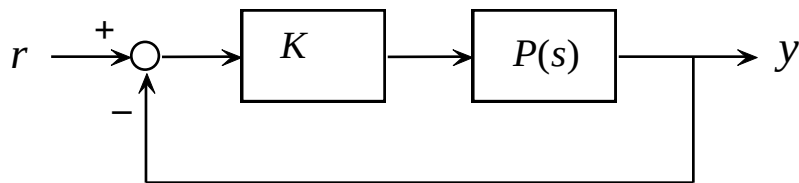
5. [punti 5] Sia dato il seguente sistema retroazionato



dove $L(s) = 16 \frac{1-s}{(s+2)^4}$.

- Tracciare il diagramma polare associato alla funzione di trasferimento $L(s)$ determinando in particolare l'intersezione con l'asse reale negativo.
- Dimostrare mediante il criterio di Nyquist che il sistema retroazionato è asintoticamente stabile e determinare il corrispondente margine di ampiezza M_A .

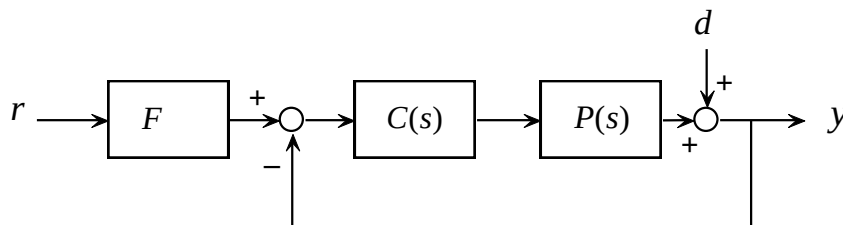
6. [punti 5] Sia dato il sistema in retroazione di figura



dove $P(s) = \frac{1}{s(s+4)^3}$.

- Tracciare il luogo delle radici dell'equazione caratteristica del sistema retroazionato per $K > 0$ determinando in particolare
 - Asintoti del luogo.
 - Eventuali radici doppie.
 - Angoli di partenza del luogo.
- Determinare i valori di $K \in \mathbb{R}$ per i quali il sistema retroazionato è asintoticamente stabile. Determinare inoltre le intersezioni del luogo delle radici dell'equazione caratteristica con l'asse immaginario del piano complesso.
- Determinare il valore di K che massimizza il grado di stabilità del sistema retroazionato: $K^* = \arg \max_{K \in \mathbb{R}} G_S(K)$.

7. [punti 5] Sia dato lo schema di sistema di controllo di figura



dove $P(s) = \frac{1}{s+4}$. Determinare un controllore $C(s)$ di ordine 4 (quattro) ed il blocco algebrico

$F \in \mathbb{R}$ affinché il sistema di controllo soddisfi le seguenti specifiche:

- reiezione infinita asintotica al disturbo $d(t) = 7\sin(2t) + 9\sin(t+5)$;
- sistema retroazionato con poli dislocati in $-1, -2, -3, -5, -6$;
- in condizioni nominali l'errore a regime in risposta ad un gradino del riferimento sia nullo.

8. [punti 4] Dato il sistema a tempo discreto definito dall'equazione

$$y(k) + 0.5y(k-1) + 0.5y(k-2) + 0.5y(k-3) = u(k-3)$$

ed orientato da $u(k)$ (ingresso) a $y(k)$ (uscita) se ne studi la stabilità alle perturbazioni.