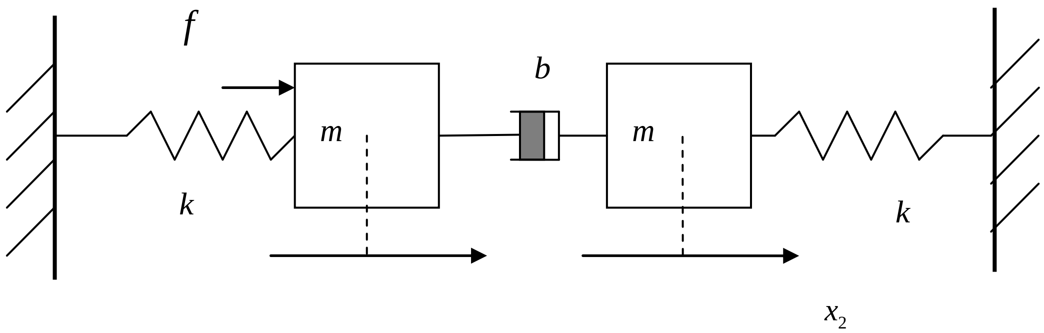
Parte A

1. [punti 4]
Fornire una definizione generale di margine di ampiezza M_A e margine di fase M_F per un sistema retroazionato asintoticamente stabile. Giustificare tali definizioni enunciando e dimostrando le pertinenti proprietà geometriche. Definire una procedura per il calcolo di M_A ed M_F nel caso di intersezioni multiple del diagramma polare con l'asse reale negativo e con la circonferenza unitaria.

2. [punti 4]
Tracciare i diagrammi di Bode ed il diagramma polare della rete ritardatrice $C(s)=\dfrac{1+\alpha\tau s}{1+\tau s}$ determinando in particolare il ritardo massimo di fase e la corrispondente pulsazione.

3. [punti 3]
Nota la risposta al gradino unitario $g_s(t)$ di un sistema lineare dedurre la risposta forzata $y_F(t)$ del sistema ad un ingresso forzante $u(t)$.

4. [punti 5]
Sia assegnato il sistema meccanico vibrante di figura

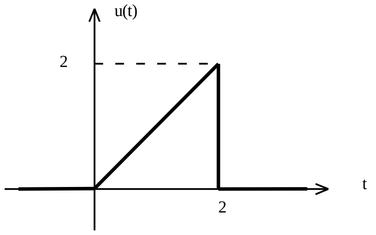


caratterizzato da due molle di costante elastica k e due corpi di massa m accoppiati da uno smorzatore viscoso di coefficiente b. Il corpo di sinistra sia soggetto ad una forza f e le posizioni delle due masse siano descritte dalle variabili x_1 e x_2 (quando il sistema è in quiete $x_1 = x_2 = 0$).

a) Determinare le equazioni differenziali che descrivono il moto delle due masse.
b) Determinare la funzione di trasferimento del sistema orientato dall'ingresso f all'uscita x_1.

Parte B

5. [punti 5] Dato un sistema con funzione di trasferimento $G(s)=\dfrac{10}{s+3}$ determinare la risposta forzata $y(t),\ \ t\in(0,+\infty)$ al segnale di ingresso definito in figura:

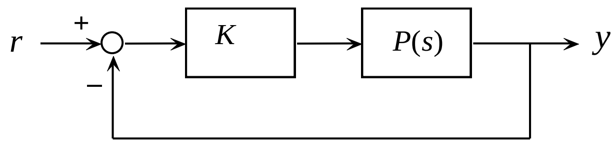


6. [punti 5]
1) Tracciare il diagramma polare associato alla funzione di trasferimento

$$P(s)=\frac{10(1-s)^2}{s(s+1)^3}$$

determinando in particolare asintoti e le intersezioni con l'asse reale negativo.
2) Utilizzando il Criterio di Nyquist si studino le radici dell'equazione caratteristica $1+P(s)=0$ (quante a parte reale negativa, quante puramente immaginarie, quante a parte reale positiva).

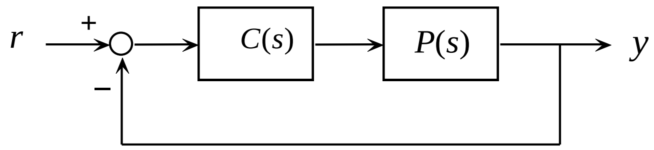
7. [punti 5] Sia dato il sistema in retroazione di figura



dove $P(s)=\dfrac{1}{s^2(s+2)(s+4)^2}$.

1. Dimostrare che non esistono valori $K\in\mathbb{R}$ per i quali il sistema retroazionato è asintoticamente stabile.
2. Tracciare i luoghi delle radici dell'equazione caratteristica del sistema retroazionato per $K>0$ e $K<0$ determinando in entrambi i casi:
   a) gli asintoti del luogo;
   b) le eventuali radici doppie.

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



dove $P(s)=\dfrac{1}{s^3}$.

1. Progettare un controllore $C(s)$ di ordine due affinché i poli del sistema retroazionato siano posti in $-1,-2,-4,-5,-6$.

2. Con il controllore progettato al punto **1,** si applichi un gradino $r(t)=3\cdot 1(t)$ al sistema retroazionato e si determini una stima del tempo di assestamento T_a e l'errore di regolazione a regime e_r . $\left[e_r := \lim_{t\to+\infty} r(t)-y(t)\right]$