

Cognome e nome: \_\_\_\_\_ Matr.: \_\_\_\_\_

Non è ammessa la consultazione di libri o quaderni, né l'uso di calcolatrici programmabili.

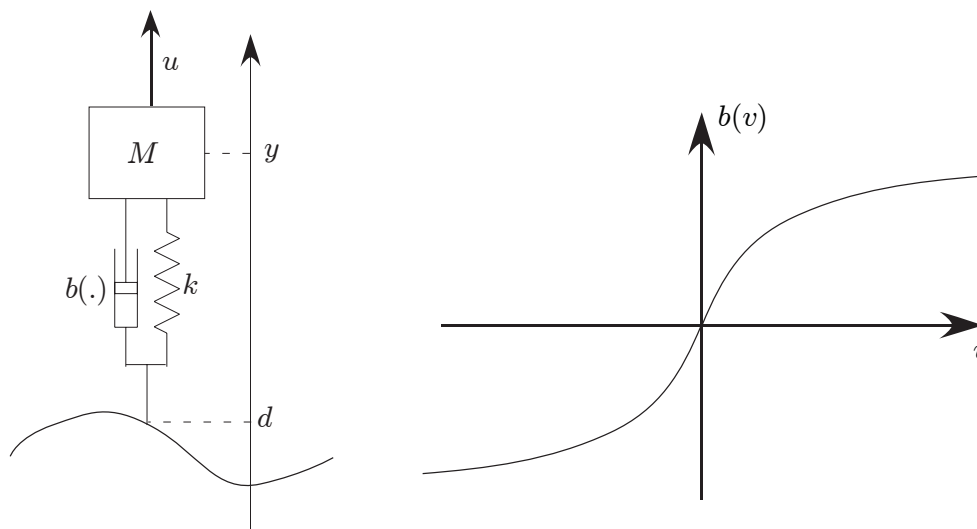
Scrivere in modo chiaro e ordinato, motivare ogni risposta e fornire traccia dei calcoli.

Indicare quale esame si intende sostenere:

Secondo compitino (Esercizi 3,4,5) tempo: 2 ore
---

Primo appello (Esercizi 1,2,3,4,5) tempo: 3 ore
---

**Esercizio 1.** Si consideri il seguente sistema meccanico



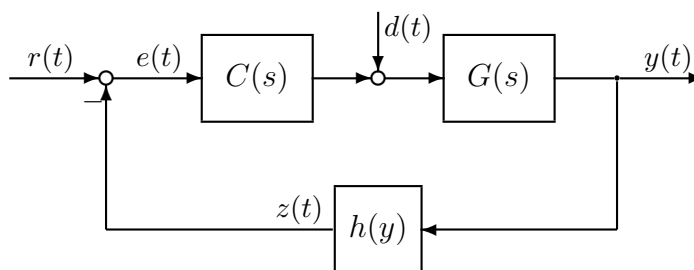
Si tratta di una sospensione. La molla è ideale con costante di elasticità  $k$ , mentre lo smorzatore non è ideale e genera una forza di attrito pari a  $F_a = -b(v)$ , dove  $v$  è la velocità relativa delle due estremità dello smorzatore e

$$b(v) = \text{arctg}(v)$$

dove  $\text{arctg}$  è l'arcotangente. L'andamento di  $b(v)$  è illustrato nella figura precedente. Alla massa  $M$  è applicata una forza  $u$  e la forza di gravità  $Mg$  verso il basso.

1. Determinare le equazioni del moto del sistema.
2. Supponiamo che vengano applicati ingressi costanti  $d(t) = \bar{d} = 0$  e  $u(t) = \bar{u} = 0$ . Determinare la corrispondente evoluzione di equilibrio  $y(t) = \bar{y}$ .
3. Sia  $\tilde{y}(t) := y(t) - \bar{y}$ . Supponendo che  $u(t), d(t), \tilde{y}(t)$  siano piccoli, determinare le funzioni di trasferimento  $W_1(s)$  tra l'ingresso  $u(t)$  e l'uscita  $\tilde{y}(t)$  e  $W_2(s)$  tra l'ingresso  $d(t)$  e l'uscita  $\tilde{y}(t)$ .

**Esercizio 2.** Si consideri lo schema a blocchi mostrato nella figura seguente.



Si supponga che

$$C(s) = K \frac{1}{s+a} \quad G(s) = \frac{s^2+1}{(s+2)^2}, \quad h(y) = y$$

dove  $a$  e' un parametro reale.

1. Determinare  $a$  in modo tale che  $-1$  sia punto doppio del luogo dei poli in catena chiusa.
2. Si fissi  $a$  pari al valore trovato nel punto precedente. Si tracci il luogo dei poli del sistema in catena chiusa al variare di  $K > 0$ . Si determinino eventuali asintoti e punti doppi.
3. Determinare i valori di  $K$  tali che il sistema in catena chiusa contiene il modo  $e^{-t}$ . Determinare gli eventuali altri modi del sistema.

**Esercizio 3.** Si consideri lo schema della figura precedente dove

$$G(s) = \frac{s+4}{s(s-1)}.$$

1. Supponendo che  $C(s) = K$  e che  $h(y) = y$ , tramite il criterio di Nyquist si determinino il numero di poli instabili in catena chiusa del sistema, al variare del parametro reale  $K$  (negativo e positivo);
2. Supponendo che  $C(s) = 1$  e che  $3 < h(y)/y < 6$  e  $h(0) = 0$ , studiare tramite il criterio del cerchio la stabilit  del sistema in catena chiusa.

**Esercizio 4.** Si consideri lo schema della figura precedente dove

$$G(s) = \frac{5}{(s+20)^2} \quad h(y) = y$$

1. Attraverso la sintesi di Bode si determini un compensatore  $C(s)$  in grado di soddisfare alle seguenti specifiche:
  - (a) errore a regime in risposta al gradino circa uguale a 0.001;
  - (b) margine di fase circa  $m_\phi \simeq 90^\circ$ ;
  - (c) pulsazione di attraversamento  $\omega_A \simeq 200$ .
2. Attraverso la sintesi diretta si determini un compensatore  $C(s)$  in modo tale che il sistema in catena chiusa abbia tutti i modi del tipo  $t^i e^{-t}$ . Si richiede di impostare il sistema lineare che da' i parametri del controllore senza determinare le soluzioni.

**Esercizio 5 (Teorico)** Dare la definizione di sistema dissipativo e descriverne il significato fisico.

(Facoltativo) Ricorrendo alla definizione, dimostrare che il sistema meccanico in figura e' dissipativo rispetto alla funzione di alimentazione  $\dot{y}(t)u(t)$ . Sia che la molla che lo smorzatore sono ideali.

