

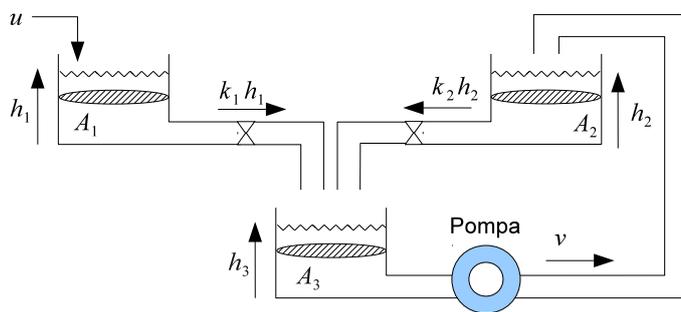
# Fondamenti di Automatica Ingegneria Industriale

Prof. D.M. Raimondo

Testo Prova scritta - 06 Luglio 2020

## Esercizio 1 (5 punti)

Si consideri il sistema idraulico in figura



$$\Sigma : \begin{cases} \dot{x} &= -x + h_3 \\ v &= x \end{cases}$$

$$A_1 = A_2 = 1 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 2 \text{ m}^2$$

$$k_1 = k_2 = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

ove  $u$  è una portata (in  $\text{m}^3/\text{s}$ ) e  $h_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  sono i livelli di liquido nei serbatoi (in  $\text{m}$ ) che hanno sezioni  $A_i$ . Le portate uscenti dai serbatoi 1 e 2 sono proporzionali ai rispettivi livelli con costanti  $k_1$  e  $k_2$ . La portata  $v$  prodotta dalla pompa è descritta dal sistema  $\Sigma$  il cui ingresso è  $h_3$ . Si noti inoltre che l'ingresso reale del sistema è la tensione  $V$  applicata ad un motore elettrico che fornisce la portata  $u$ . Il legame tra queste due grandezze è dato dal seguente sistema dinamico

$$\dot{u}(t) = -u(t) + V^2(t)$$

Le uscite del sistema sono i livelli di liquido nei serbatoi. Si ricavino le equazioni del sistema dinamico che descrivono il sistema complessivo.

## Esercizio 2 (4 punti)

Si consideri il sistema LTI

$$\dot{x}_1 = -\alpha x_1 - x_3 + u$$

$$\dot{x}_2 = -x_2 + 2x_3 - u$$

$$\dot{x}_3 = -x_1 + x_3$$

$$y = x_3$$

- Si calcoli la funzione di trasferimento e si dica per quali  $\alpha \in \mathbb{R}$  il sistema è in forma minima. Si riportino nel riquadro (nel quiz e sui fogli da consegnare) la f.d.t. ed i valori di  $\alpha$  soddisfacenti la richiesta.
- Si dica se il sistema è BIBO stabile per  $\alpha = 1$ . Si risponda nel riquadro (quiz e fogli) motivando la risposta (fuori dal riquadro).
- Per  $\alpha = -1$  calcolare il valore di  $y(1)$  quando  $u(t) = \text{imp}(t)$ . Riportare il risultato nel riquadro motivando la risposta (fuori dal riquadro).

### Esercizio 3 (5 punti)

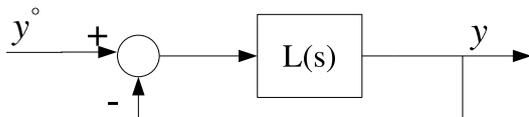
Si consideri il sistema dinamico

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -(1 + x_1^2)(x_1 + 3) + u \\ \dot{x}_2 &= (x_1 - x_2)(x_2 - 1)\end{aligned}$$

- Si determinino lo/gli stati di equilibrio per  $\bar{u} = 0$ .
- Si ricavi l'espressione dei sistemi linearizzati nell'intorno degli equilibri.
- Si analizzi la stabilità degli stati di equilibrio tramite i corrispondenti sistemi linearizzati.

### Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il sistema di controllo



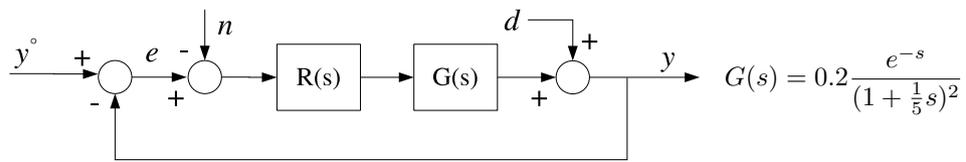
$$L(s) = \rho \frac{(s + 5)^2}{(s - 2)(s + 10)^3}$$

- Per  $\rho < 0$  si tracci il luogo delle radici con la massima precisione. Riportare tutti i calcoli necessari al tracciamento.
- Si determini inoltre per quali valori di  $\rho < 0$  il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile.

### Esercizio 5 (5 punti)

Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false. Punteggio: risposta esatta= 1, errore= -0.5, non risponde= 0.

- |  | V                        | F                        |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. La risposta $y(t)$ all'ingresso $u(t) = -e^{-t}, \forall t \geq 0$ di $G(s) = \frac{3-s}{s+20}$ verifica $y(0^+) = +1$  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Sia $G(s)$ la funzione di trasferimento di un sistema LTI. Se i poli di $G(s)$ hanno parte reale $\leq 0$ allora il sistema non può avere modi illimitati.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Sia $G(s)$ una funzione di trasferimento del primo ordine, asintoticamente stabile e con guadagno positivo. Se la risposta allo scalino è maggiore o uguale a zero ad ogni istante, allora $G(s)$ non possiede zeri a parte reale positiva.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Sia $g_x(t), t \geq 0$ la risposta all'impulso dello stato di un sistema LTI SISO e sia $x_f(t)$ il movimento forzato di stato prodotto dall'ingresso $u(t)$ . Allora si ha $x_f(t) = \int_0^t g_x(t - \tau)u(\tau)d\tau, \forall t \geq 0$ . | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Un regolatore PI ha una funzione di trasferimento propria ma non strettamente.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



## Esercizio 6 (8 punti)

Si consideri il sistema di controllo in figura:

- Si determini la funzione di trasferimento del regolatore  $R(s)$  in modo che:
  1. l'errore a transitorio esaurito  $e_\infty$  verifichi  $|e_\infty| = 0$  quando  $d(t) = 20\text{sca}(t)$ ,  $y^0(t) = 12\text{sca}(t)$ ;
  2. il margine di fase  $\phi_m$  verifichi  $\phi_m \geq 25^\circ$ ;
  3. la banda passante in anello chiuso sia almeno pari a 1 rad/s;
  4. il disturbo di misura  $n(t) = 7 \sin(\omega t)$ ,  $\omega \geq 50$  rad/s sia attenuato sull'errore a regime di un fattore almeno pari a 10.
- Utilizzando il regolatore progettato al punto precedente, si stimi il tempo di assestamento all'1%.