

Fondamenti di Automatica Ingegneria Industriale

Prof. D.M. Raimondo

Prova scritta - 24 Giugno 2019

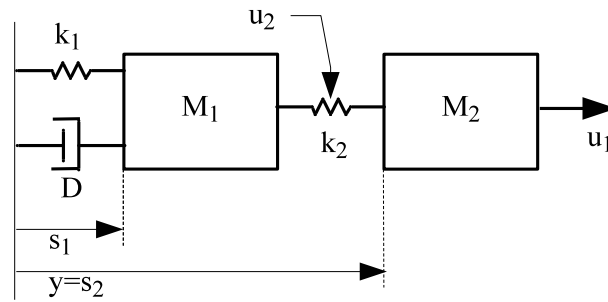
Cognome..... **Nome**.....
Matricola..... **Firma**.....

- Compilare a penna questo foglio all'inizio della prova.
- Durante la prova non è consentito uscire dall' aula per nessun motivo se non consegnando il compito o ritirandosi.
- Durante lo svolgimento della prova, non è consentito l'uso di materiale diverso dai comuni strumenti di calcolo, scrittura e disegno. In particolare non è consentito l'uso di calcolatrici **programmabili e/o con display grafico**.
- Le risposte vanno fornite **esclusivamente negli spazi predisposti**. Solo in caso di correzioni o se lo spazio non è risultato sufficiente, utilizzare la seconda facciata del fascicolo.
- Al termine della prova va consegnato **solo il presente fascicolo**. Ogni altro foglio eventualmente consegnato non sarà preso in considerazione.

Utilizzare questa pagina SOLO in caso di correzioni o se lo spazio a disposizione per qualche domanda non è risultato sufficiente

Esercizio 1 (5 punti)

Si consideri il sistema meccanico in figura



con masse $M_1 = 1Kg$ e $M_2 = 2Kg$. Siano $k_1 = 25Kg/s^2$, $D = 2.50Kg/s$. La molla che collega la massa M_1 alla massa M_2 ha una costante elastica $k_2(t)$ tempo variante il cui andamento è regolato dal seguente sistema dinamico:

$$\dot{k}_2(t) = (\alpha s_2(t) - \beta s_1(t))k_2(t) + 4\sqrt[5]{u_2(t)}$$

ove $\alpha = 3/ms$, $\beta = 2/ms$.

Si ricavino le equazioni del sistema dinamico che descrivono il sistema meccanico complessivo.

Esercizio 2 (4 punti)

Si consideri la seguente funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{1 - \alpha s}{s^2 + 2\alpha + s}$$

con $\alpha \in \mathbb{R}$.

- (a) Per quali valori di $\alpha > 0$ il sistema presenta una risposta inversa a fronte di uno scalino di ingresso unitario? Rispondere nel riquadro motivando (fuori dal riquadro) la risposta.

- (b) Si dica per quali valori di α il sistema è BIBO stabile. Rispondere nel riquadro motivando (fuori dal riquadro) la risposta.

- (c) Sia $\alpha = 1$. Si determini una realizzazione in forma minima di $G(s)$. Si riportino il risultato finale nel riquadro ed i vari passaggi (fuori dal riquadro).

$A = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix} \quad C = [] \quad D = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix}$

- (d) Sia $\alpha = 1$. Determinare l'uscita a regime a fronte dell'ingresso $u(t) = 3\cos(4t) + 2\sin(4t)$. Riportare i passaggi (fuori dal riquadro) ed il risultato finale (nel riquadro).

$y_\infty =$

Esercizio 3 (5 punti)

Si consideri il sistema dinamico

$$\dot{x}_1(t) = (x_2(t) - 1)(x_1(t) + 2)$$

$$\dot{x}_2(t) = x_1(t)^2 - x_2(t)u(t)$$

$$y(t) = \sin(x_1(t))^2 + \cos(x_2(t))^2$$

- (a) Si determinino lo/gli stati di equilibrio per $u(t) = 1, \forall t \geq 0$. Riportare lo svolgimento (fuori dal riquadro) ed il risultato (nel riquadro).

Stato/stati di equilibrio:

(b) Si ricavi l'espressione del sistema linearizzato nell'intorno dell' equilibrio avente componente $x_1 > 0$.

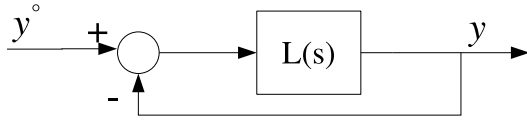
$$A = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix} \quad C = [] \quad D = \begin{bmatrix} \\ \end{bmatrix}$$

(c) Si analizzi la stabilità dello stato di equilibrio tramite il corrispondente sistema linearizzato. Riportare i passaggi (fuori dal riquadro) ed il risultato (nel riquadro).

Il sistema linearizzato è:
Il punto di equilibrio è:

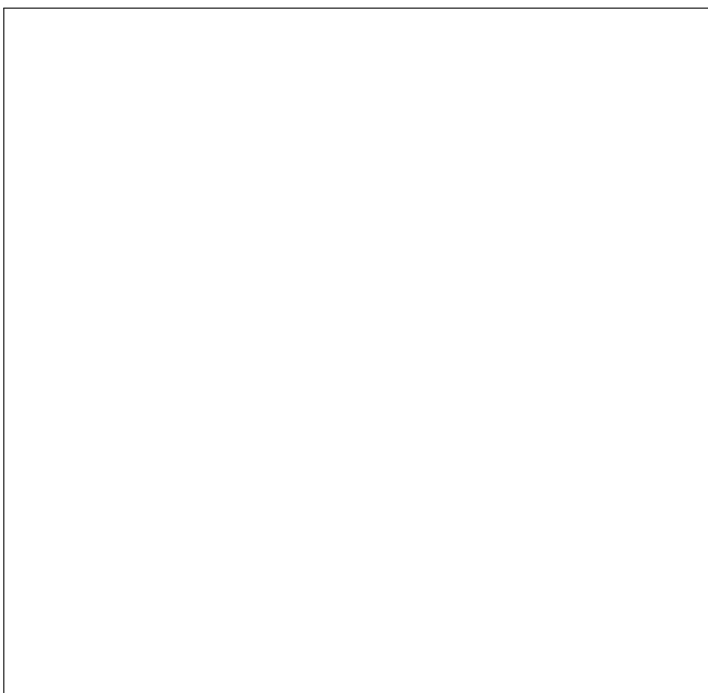
Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il sistema di controllo



$$L(s) = \rho \frac{(s+3)^2}{(s+1)(s+5+j)(s+5-j)}$$

- (a) Per $\rho < 0$ si tracci il luogo delle radici con la massima precisione. **È obbligatorio tracciare il luogo opportuno nel riquadro sottostante**



(b) Si determini inoltre per quali valori di $\rho < 0$ il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile.

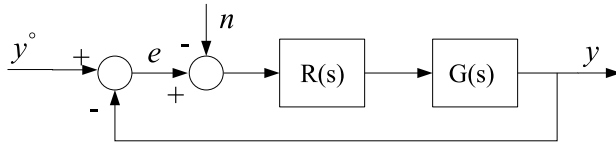
Esercizio 5 (5 punti)

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

- | | V | F |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. La risposta allo scalino di un sistema del primo ordine non può essere mai oscillatoria. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Un sistema a fase minima è sempre asintoticamente stabile. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. La risposta forzata allo scalino del sistema avente $G(s) = \frac{1}{s+4}$ è $y(t) = \frac{1}{4}(1 - e^{-4t})$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Si consideri un sistema di controllo in anello chiuso con funzione di trasferimento d'anello $L(s)$ e retroazione unitaria e negativa. Se $L(s)$ ha due poli a parte reale maggiore di zero e un diagramma delle fasi compreso tra 0° e -180° , allora non esiste $\mu \neq 0$ per cui il sistema in anello chiuso risulti essere asintoticamente stabile. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Un sistema in forma minima è completamente raggiungibile. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Esercizio 6 (8 punti)

Si consideri il sistema di controllo in figura:



$$G(s) = 5 \frac{e^{-0.04s} \left(\frac{s}{30} + 1 \right)}{\left(\frac{s}{10} + 1 \right) \left(\frac{s}{100} + 1 \right)}$$

(a) Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:

- (a) si abbia robusta regolazione a zero dell'errore quando $y^o(t) = 15\text{sca}(t)$;
- (b) il margine di fase ϕ_m verifichi $\phi_m \geq 70^\circ$;
- (c) la banda passante del sistema di controllo sia almeno pari a 2 rad/s ;
- (d) il disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 100 \text{ rad/s}$ sia attenuato sull'uscita a regime di almeno 40db .

E' obbligatorio rappresentare i diagrammi di Bode delle funzioni d'anello e le regioni proibite sul foglio di carta semilogaritmica.

- (b) Utilizzando il regolatore progettato al punto precedente, si stimi il fattore di attenuazione di $y^o(t) = \sin(0.2t)$ sull'errore a regime.

