

Esercizio 1

Dato il sistema dinamico

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + bu \\ y &= cx + du\end{aligned}$$

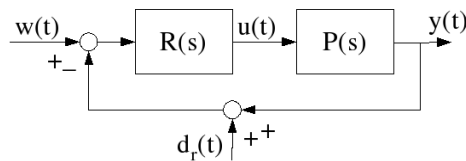
dove $A = \begin{bmatrix} -4 & 0 \\ 1 & \alpha \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} 1 \\ \beta \end{bmatrix}$, $c = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$, $d = \gamma$,

- 1) dire di che ordine è il sistema;
- 2) dire per quali valori della terna (α, β, γ) il sistema è asintoticamente stabile;
- 3) dire per quali valori della terna (α, β, γ) il sistema è strettamente proprio;
- 4) calcolarne la funzione di trasferimento $G(s)$ nel caso $\alpha = -2$, $\beta = 1$, $\gamma = 0$.

Risultato:**L'ordine del sistema è****Il sistema è asintoticamente stabile per****Il sistema è strettamente proprio per** **$G(s) =$**

Esercizio 2

Dato il sistema di controllo



dove $P(s) = \frac{5e^{-0.5s}}{(1+10s)^2(1+0.5s)}$, $w(t) = sca(t)$, $d_r(t) = D_r \sin(\omega_r t)$, $|D_r| \leq 10$, $\omega_r \geq 5$

1) determinare il regolatore $R(s)$ in modo che il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile e che

- a) l'errore a transitorio esaurito prodotto da $w(t)$ sia nullo,
- b) la pulsazione critica ω_c sia maggiore di 0.1 r/s,
- c) il margine di fase ϕ_m sia di almeno 50° ;
- d) l'ampiezza dell'effetto asintotico prodotto su $y(t)$ dal disturbo $d_r(t)$ in presenza del regolatore $R(s)$ progettato non sia maggiore di 0.1.

2) valutare il massimo ritardo che il processo $P(s)$ può presentare, in presenza del regolatore $R(s)$ progettato, perché si preservi la stabilità del sistema in anello chiuso.

Risultato: **$R(s) =$** **Il massimo ritardo tollerabile è**

Esercizio 3

Calcolare i primi 5 valori della risposta $y(k)$ del sistema dinamico a tempo discreto descritto dalla funzione di trasferimento

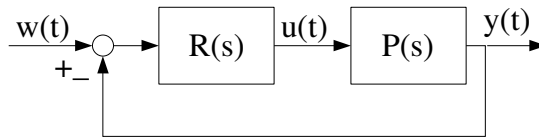
$$G(z) = \frac{z - 0.5}{z^2 - 0.5z + 1}$$

all'ingresso $u(k) = k \cdot 11^{-k}$ sca(k-1), partendo dall'istante $k = 0$ e da condizioni iniziali nulle.

Risultato: $y(0) =$ $y(1) =$ $y(2) =$ $y(3) =$ $y(4) =$

Esercizio 4

Dato il sistema di controllo



dove $P(s) = \frac{e^{-0.4s}}{1+5s}$, $R(s) = 10 \frac{1+5s}{5s}$

- 1) valutare approssimativamente la pulsazione critica ω_c e il margine di fase ϕ_m ;
- 2) dovendo implementare $R(s)$ con tecnologia digitale, scegliere il tempo di campionamento T_s in modo che la riduzione del margine di fase dovuta all'effetto di campionamento e tenuta, trascurando quello del tempo di calcolo, non superi i 5° ;
- 3) scrivere a legge di controllo a tempo discreto corrispondente al regolatore digitale ottenuto, con il tempo di campionamento scelto, impiegando il metodo di Eulero esplicito.

Risultato: = $\omega_c =$ $\phi_m =$ $T_s =$ $u(k+1) =$

Domande

1. L'ordine di un sistema dinamico a tempo continuo è pari
 - ☐ al numero delle sue variabili di stato.
 - ☐ al numero dei poli della sua funzione di trasferimento.
 - ☐ al massimo ritardo in esso contenuto.
2. Se gli autovalori di un sistema dinamico LTI a tempo continuo si trovano nel semipiano sinistro chiuso, tale sistema
 - ☐ è asintoticamente stabile.
 - ☐ è instabile.
 - ☐ certamente non è asintoticamente stabile.
3. La trasformata di Laplace è un operatore
 - ☐ algebrico.
 - ☐ binario.
 - ☐ lineare.
4. I diagrammi di Bode servono per descrivere i sistemi dinamici LTI in quanto ne rappresentano graficamente
 - ☐ la risposta in frequenza
 - ☐ guadagno, poli e zeri.
 - ☐ lo spazio di stato.
5. Se interessa il solo andamento della variabile controllata, il tipico schema di controllo in retroazione soggetto a disturbi si può trattare come un sistema dinamico
 - ☐ a un ingresso e un'uscita.
 - ☐ a più ingressi e un'uscita.
 - ☐ a più ingressi e più uscite.
6. Se in un sistema di controllo vi è un disturbo sinusoidale sulla linea di retroazione, perché il regolatore possa contrastare tale disturbo è necessario che la pulsazione di quest'ultimo sia
 - ☐ nulla o quasi.
 - ☐ molto maggiore della pulsazione critica.
 - ☐ molto minore della pulsazione critica.
7. Quando si realizzano con tecnologia digitale dei regolatori progettati a tempo continuo, è bene che la pulsazione di campionamento sia
 - ☐ molto maggiore della pulsazione critica.
 - ☐ almeno pari al doppio della pulsazione del segnale di riferimento.
 - ☐ inversamente proporzionale al margine di fase desiderato.
8. I metodi di “discretizzazione approssimata” quali quelli di Eulero esplicito, Eulero implicito e Tustin si basano
 - ☐ sull'evoluzione del sistema a tempo continuo lungo un passo di campionamento.
 - ☐ sul criterio di Nyquist a tempo discreto.
 - ☐ sull'approssimazione della derivata temporale con il rapporto incrementale.
9. Enunciare, in sintesi ma con precisione, il criterio di Nyquist.

10. Spiegare brevemente perché la realizzazione digitale di un regolatore analogico comporta inevitabilmente una riduzione del margine di fase del sistema in anello chiuso.

11. Scrivere le istruzioni Matlab che definiscono come R il regolatore PID ISA con $K=1$, $T_i=10$, $T_d=1.5$, $N=2$ e come P il processo descritto da una funzione di trasferimento a tempo continuo con guadagno unitario e due poli coincidenti con costante di tempo di 10s. Scrivere quindi le istruzioni che calcolano come y la risposta del sistema di controllo in retroazione formato da R e P ad un disturbo additivo sull'uscita del processo costituito da uno scalino di ampiezza 2, per una lunghezza di 100s a passi di 0.2s, e quindi mostrano l'andamento temporale di y.

12. Con riferimento all'esperimento di controllo di temperatura svolto in laboratorio, disegnare il relativo schema a blocchi e illustrare brevemente il significato dei simboli usati.