

Esercizio 1

Dato il sistema dinamico

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

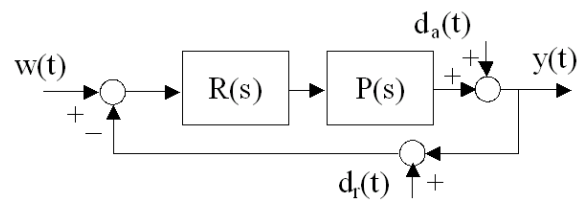
dove $A = \begin{bmatrix} 7 & 2 \\ 1 & 8 \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$, $c = [0 \quad 1]$, $d = 0$,

- 1) dire se il sistema è a tempo continuo o discreto, lineare o non lineare, tempo-invariante o tempo-variante, strettamente proprio o non strettamente proprio;
- 2) dire di che ordine è il sistema;
- 3) dire, motivando la risposta, se esso è asintoticamente stabile, semplicemente stabile o instabile;
- 4) calcolarne la funzione di trasferimento $G(s)$;
- 5) calcolarne la risposta $y_s(t)$ allo scalino unitario a partire da condizioni iniziali nulle.

Risultato:**Il sistema è****Il suo ordine è****Quanto alla stabilità esso è** **$G(s) =$** **$y_s(t) =$**

Esercizio 2

Dato il sistema di controllo



dove

$$P(s) = \frac{10(1 - 0.25s)}{(1 + 5s)(1 + s)(1 + 0.2s)},$$

$$w(t) = sca(t),$$

$$d_a(t) = 10\sin(0.1t), \quad d_r(t) = \cos(20t),$$

- 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 compresa tra 0.5 e 2 r/s,
 - c) il margine di fase φ_m sia di almeno 55° ;
- 2) valutare approssimativamente le ampiezze A e B degli effetti asintotici prodotti su $y(t)$ rispettivamente dai disturbi $d_a(t)$ e $d_r(t)$ in presenza del regolatore $R(s)$ progettato.

Risultato:**R(s) =****A =****B =**

Esercizio 3

Calcolare i primi 4 valori della risposta $y(k)$ del sistema dinamico a tempo discreto descritto dalla funzione di trasferimento

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

all'ingresso $u(k) = k^2$, partendo dall'istante $k = 0$ e da condizioni iniziali nulle.

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

Esercizio 4

Dato il sistema di controllo in retroazione a tempo continuo in cui il processo e il regolatore sono rispettivamente descritti dalle funzioni di trasferimento

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

e supponendo di dover realizzare $R(s)$ con tecnologia digitale,

- 1) scegliere il tempo di campionamento T_s in modo che la pulsazione di campionamento sia almeno 30 volte la pulsazione critica dell'anello e che il decremento di margine di fase, considerando sia l'effetto di campionamento e tenuta che il ritardo di calcolo, non superi i 10° ;
- 2) detti rispettivamente $e(k)$ e $u(k)$ l'errore e il segnale di controllo a tempo discreto, ossia l'ingresso e l'uscita del regolatore a tempo discreto, scrivere la corrispondente legge di controllo, ovvero esprimere $u(k+1)$, impiegando il metodo di Eulero implicito e il tempo di campionamento precedentemente determinato.

Risultato:

$T_s =$

$u(k+1) =$

Domande

1. Le dimensioni dello spazio di stato di un sistema dinamico LTI SISO a tempo continuo contenente un ritardo in serie sono
 - ☐ infinite.
 - ☐ nulle.
 - ☐ pari all'ordine del sistema più il valore del ritardo.
2. Il movimento libero dello stato di un sistema dinamico LTI descritto dalle matrici A, b, c, d
 - ☐ non dipende da A.
 - ☐ dipende da b.
 - ☐ non dipende da c.
3. Se un sistema dinamico LTI a tempo continuo ha tutti gli autovalori nel semipiano sinistro, certamente il diagramma di Nyquist della sua risposta in frequenza
 - ☐ non ha tratti all'infinito.
 - ☐ è simmetrico rispetto all'asse immaginario.
 - ☐ non passa per l'origine.
4. Il criterio di Routh permette di determinare le proprietà di stabilità di un sistema dinamico LTI a tempo continuo in base
 - ☐ ai suoi diagrammi di Bode.
 - ☐ al suo polinomio caratteristico.
 - ☐ ai suoi autovalori.
5. Se in un sistema di controllo contenente un regolatore in retroazione vi è un disturbo sinusoidale sulla linea d'andata, per attenuare tale disturbo è necessario un compensatore in anello aperto se
 - ☐ il sistema in anello chiuso non è stabile.
 - ☐ il disturbo ha ampiezza maggiore del margine di guadagno.
 - ☐ la frequenza del disturbo è molto maggiore della frequenza critica.
6. Perché si possa applicare il criterio di Bode è necessario che la funzione di trasferimento d'anello aperto del sistema retroazionato in questione
 - ☐ abbia soltanto poli con parte reale negativa o nulla.
 - ☐ non abbia zeri nel semipiano destro.
 - ☐ sia asintoticamente stabile.
7. Quando si realizzano con tecnologia digitale dei regolatori progettati a tempo continuo, la precisione di calcolo (finita) della macchina
 - ☐ non ha in generale alcun effetto.
 - ☐ impone un limite inferiore al tempo di campionamento.
 - ☐ riduce il margine di guadagno.
8. Quando si realizza con tecnologia digitale un regolatore LTI in retroazione progettato a tempo continuo, è opportuno tenere conto di un "ritardo aggiuntivo" nell'anello per via
 - ☐ dell'effetto di campionamento e tenuta, e a volte del tempo di calcolo.
 - ☐ della precisione di calcolo del sistema digitale.
 - ☐ della variazione di guadagno del regolatore.
9. Spiegare in breve il concetto di "linearizzazione" di un sistema dinamico non lineare.

