

Esercizio 1

Dato il sistema dinamico LTI a tempo continuo la cui matrice dinamica è

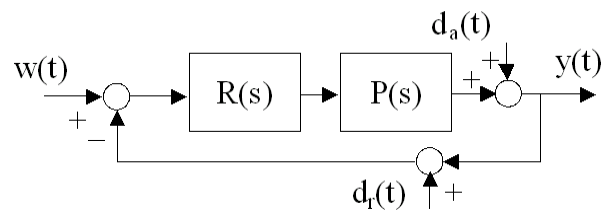
$$A = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

dire per quali valori della coppia (α, β) esso è asintoticamente stabile.

Risultato:

Esercizio 2

Dato il sistema di controllo



dove
$$P(s) = \frac{3e^{-0.2s}}{(1+10s)^3},$$

$$w(t) = 4\text{sca}(t), \quad d_a(t) = A\sin(\omega_a t), \quad |A| < 1, \quad \omega_a < 0.03 \text{ r/s},$$

$$d_r(t) = B\sin(\omega_r t), \quad |B| < 10, \quad \omega_r > 8 \text{ r/s},$$

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

- l'errore a transitorio esaurito prodotto da $w(t)$ sia nullo,
- la pulsazione critica ω_c sia compresa tra 0.2 e 2 r/s,
- il margine di fase ϕ_m sia di almeno 50° ,
- le ampiezze degli effetti prodotti asintoticamente su $y(t)$ dai disturbi $d_a(t)$ e $d_r(t)$ non superino 0.1.

Risultato: **$R(s) =$**

Esercizio 3

Dato il sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto

$$\begin{aligned}x(k+1) &= \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u(k) \\ y(k) &= [1 \quad 0.5] x(k) + 1.5 u(k)\end{aligned}$$

- a) dire, motivando la risposta, se è asintoticamente stabile, semplicemente stabile o instabile;
- b) calcolarne la funzione di trasferimento $G(z)$;
- c) calcolare i primi 3 valori della sua risposta $y(k)$ all'ingresso $u(k)=2\text{sca}(k)$, partendo dallo stato iniziale $x(0)=[1 \ 1]'$.

Risultato:

Il sistema è

b) $G(z) =$

c) $y(0) =$

$y(1) =$

$y(2) =$

Esercizio 4

Dato il sistema di controllo in retroazione a tempo continuo in cui il processo è descritto dalla funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{e^{-0.3s}}{1+s}$$

mentre il regolatore $R(s)$ è un PI con $K=2$ e $T_i=0.95$

- determinare *approssimativamente* la pulsazione critica ω_c ed il margine di fase ϕ_m ;
- scegliere il tempo di campionamento T_s per la realizzazione digitale di $R(s)$ in modo che l'attenuazione introdotta dalla risposta in frequenza d'anello $|L(j\omega)|$ alla pulsazione di Nyquist non sia inferiore a 40 dB;
- scrivere la corrispondente legge di controllo a tempo discreto ottenuta discretizzando $R(s)$ col metodo di Tustin.

Risultato:

a) $\omega_c =$

$\phi_m =$

b) $T_s =$

c) $u(k+1) =$

Domande

1. Un sistema dinamico LTI a tempo continuo soggetto a ingresso costante
 - ☐ ha sempre uno e un solo stato di equilibrio.
 - ☐ può avere un numero di stati di equilibrio pari a 0, 1 o ∞ .
 - ☐ ha un numero di stati di equilibrio pari al suo ordine.
2. L'espressione della funzione di trasferimento $G(s)$ di un sistema dinamico LTI SISO a tempo continuo descritto dalle matrici (A, b, c, d) è
 - ☐ $c[sI - A]^{-1}b + d$.
 - ☐ $c[sI - A]b + d$.
 - ☐ $d(s)/A(s)$.
3. Il criterio di Routh serve
 - ☐ a valutare la stabilità di un sistema dinamico LTI a tempo continuo calcolandone gli autovalori.
 - ☐ a stabilizzare un sistema dinamico instabile.
 - ☐ a valutare la stabilità di un sistema dinamico LTI a tempo continuo in base al suo polinomio caratteristico.
4. In un sistema di controllo in retroazione LTI a tempo continuo con funzione di trasferimento d'anello $L(s)$ e pulsazione critica ω_c l'espressione del margine di fase è
 - ☐ $\arg^\circ(L(j\omega_c))$.
 - ☐ $180^\circ - |\arg^\circ(L(j\omega_c))|$.
 - ☐ $180^\circ - |L(j\omega_c)|$.
5. Dato un sistema dinamico LTI SISO a tempo discreto con funzione di trasferimento $G(z)$ soggetto a un ingresso con trasformata Zeta $U(z)$, l'espressione $G(z)U(z)$ è la trasformata Zeta
 - ☐ del movimento libero dell'uscita.
 - ☐ dello stato di equilibrio, se esso esiste ed è unico.
 - ☐ del movimento forzato dell'uscita.
6. Nel progetto del regolatore in retroazione per un processo LTI SISO descritto dalla funzione di trasferimento $P(s)$, il criterio di Bode certamente non può essere impiegato se
 - ☐ $P(s)$ ha poli con parte reale positiva.
 - ☐ il diagramma di Bode del modulo della risposta in frequenza di $P(s)$ non taglia l'asse 0 dB una sola volta.
 - ☐ la pulsazione critica richiesta è negativa o nulla.
7. Discretizzando a passo di campionamento T_s un regolatore LTI SISO con funzione di trasferimento $R(s)$ tramite il metodo di Eulero implicito, la funzione di trasferimento $R^*(z)$ del regolatore a tempo discreto che si ottiene è
 - ☐ $R((z-1)/T_s)$.
 - ☐ $R(zT_s)$.
 - ☐ $R((z-1)/(zT_s))$.
8. Dovendo realizzare con tecnologia digitale un regolatore LTI SISO progettato a tempo continuo, nella scelta del tempo di campionamento intervengono
 - ☐ la pulsazione critica e il margine di fase del sistema di controllo a tempo continuo.
 - ☐ il guadagno del processo e quello del regolatore.
 - ☐ il numero di poli del processo e il numero di zeri del regolatore.
9. Enunciare, sinteticamente ma con precisione e definendo correttamente tutte le entità menzionate, il criterio di Nyquist.

10. Disegnare il tipico schema di controllo in retroazione per un processo LTI SISO a tempo continuo, evidenziando e definendo gli ingressi e le uscite d'interesse.

11. Dire quanto vale D dopo le seguenti istruzioni Matlab (o Scilab):

```
A = [ 1 2; 3 4];  
B = [ 1; 2];  
C = [ 1 1];  
D = C*[A,B];
```

12. Con riferimento all'esperimento svolto in laboratorio, dire in sintesi quali considerazioni sono state fatte per giungere alla scelta dell'ordine del modello dinamico del sistema fisico da controllare.