18AKSOA/19AKSPG – CONTROLLI AUTOMATICI
(esame del 21/07/2017)

1) Si consideri il sistema meccanico rappresentato dalla seguente equazione differenziale:

$$m\ddot{q}(t)+c\dot{q}(t)+k\,q(t)=f(t)$$

Considerando come ingresso la forza *f(t)* a gradino unitario e come uscita la velocità $\dot{q}(t)$, determinare la trasformata dell'uscita *Y(s)*

A) $Y(s)=\dfrac{1}{ms^2+cs+k}$ B) $Y(s)=\dfrac{s}{ms^2+cs+k}$

C) $Y(s)=\dfrac{1}{ms^2+cs+k}\dfrac{1}{s}$ D) $Y(s)=\dfrac{s}{s^2+cs+k}$

2) Un sistema dinamico, lineare e tempo invariante, con ingresso *u(t)* e uscita *y(t)* è descritto dalla seguente equazione differenziale

$$\ddot{y}(t)+8\dot{y}(t)+15\,y(t)=u(t)$$

supponendo di alimentare il sistema con una sinusoide ad ampiezza unitaria, determinare quali delle seguenti funzioni è rappresentativa della sua risposta a regime:

A) $y(t)=K_1e^{-3t}\sin(\omega t+\varphi_1)+K_2$ B) $y(t)=K_1\sin(\omega t+\varphi_1)$

C) $y(t)=K_1e^{-3t}\sin(\omega t+\varphi_1)+K_2$ D) $y(t)=K_1e^{-8t}\sin(\omega t+\varphi_1)$

3) Dato il sistema a tempo discreto descritto dalle seguenti equazioni

$$\begin{aligned}
x_1(k+1)&=3x_2(k)+2u_1(k)\\
x_2(k+1)&=0.7x_1(k)+2u_2(k)\\
y(k)&=x_1(k)+x_2(k)
\end{aligned}$$

dire se il sistema si può classificare come:

A) lineare, tempo invariante, SISO B) non lineare, tempo invariante, MISO

C) lineare, tempo invariante, MISO D) non lineare, tempo variante, SISO

4) Un sistema dinamico tempo invariante a tempo continuo in variabili di stato è descritto dalle seguenti matrici:

$$A=\begin{bmatrix}0 & 2 & 0\\ -2 & 0 & 1.1892\\ 0 & 0 & -3\end{bmatrix},B=\begin{bmatrix}0\\0\\4\end{bmatrix},C=\begin{bmatrix}2.1022 & 2.1022 & 0\end{bmatrix},D=0$$

Dire se il sistema è:

A) marginalmente stabile B) asintoticamente stabile

C) instabile D) non si può dire nulla sulla stabilità del sistema

5) Dato un sistema dinamico, lineare e tempo invariante descritto dalla seguente funzione di trasferimento

$$G(s)=\frac{s+1}{s^2+p\,s+0.25}$$

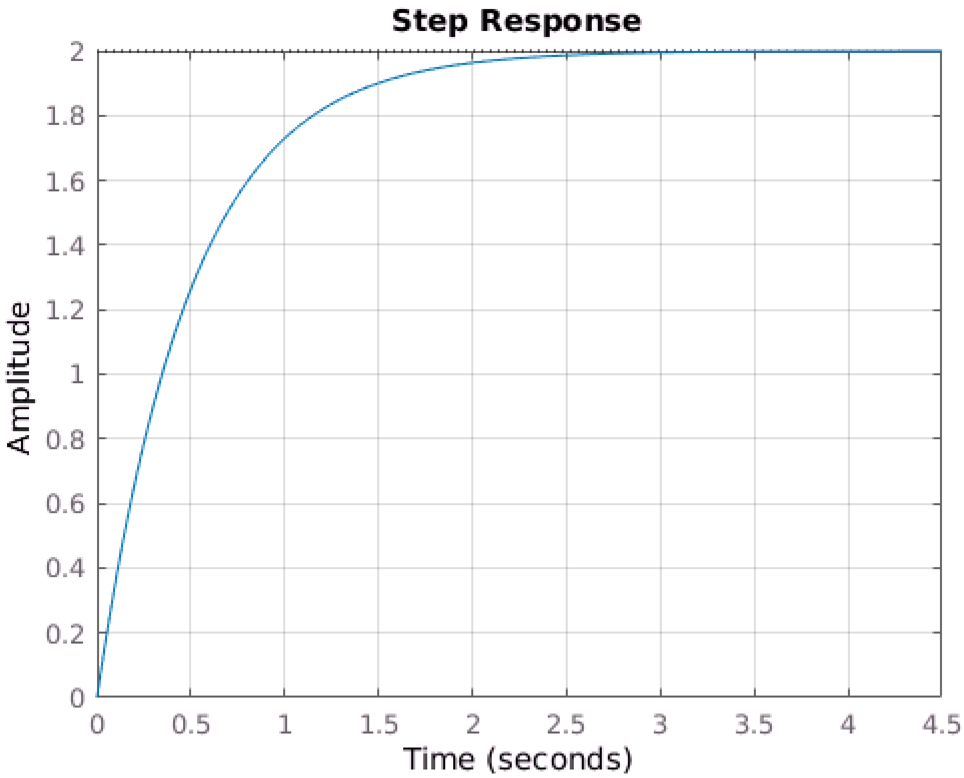
Determinare il valore del parametro p affinché la risposta a un gradino di ampiezza unitaria sia priva di oscillazioni.

A) $p=0.5$
B) per nessun valore di p
C) per qualunque valore di p
D) $p=1$

6) Dato un sistema dinamico, lineare e tempo invariante descritto dalla seguente funzione di trasferimento:

$$G(s)=\frac{K}{s+\lambda}$$

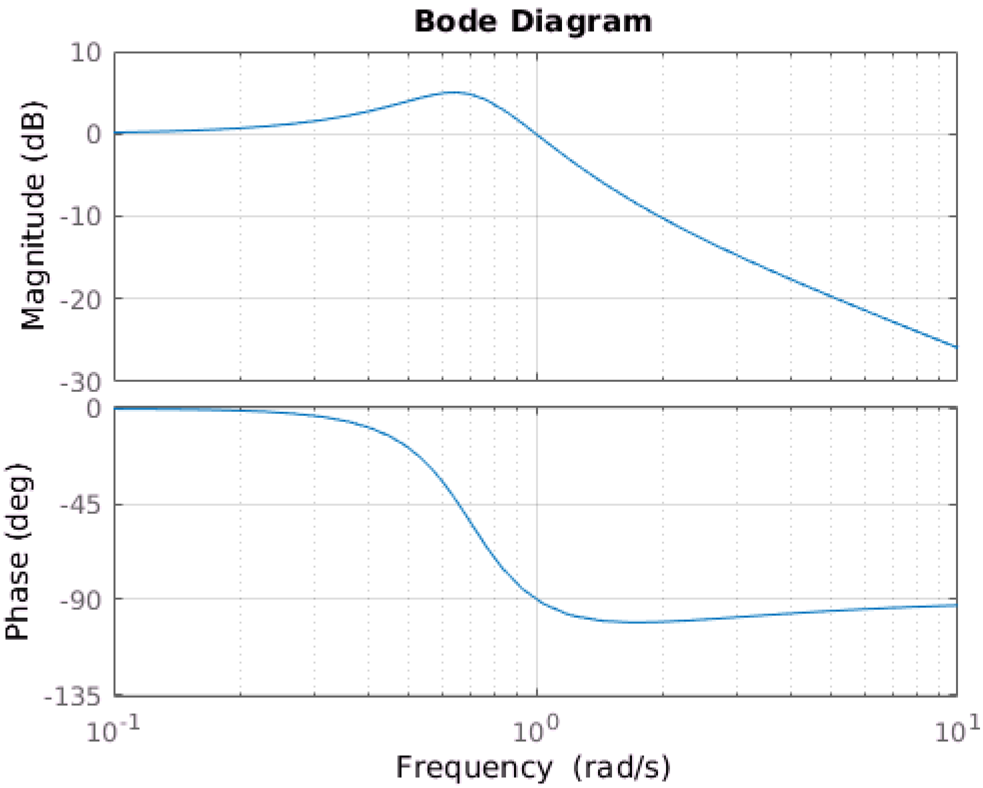
la cui risposta al gradino unitario è rappresentata nella figura seguente



Determinare i parametri K e λ della funzione di trasferimento

A) K = 2, λ = 0.5 rad/s
B) K = 4, λ = -2 rad/s
C) K = 4, λ = 2 rad/s
D) K = 2, λ = -0.5 rad/s

7) Dato un sistema dinamico, lineare e tempo invariante descritto dal seguente diagramma di Bode:



La risposta di tale sistema ad un ingresso sinusoidale di ampiezza unitaria e frequenza di 0.4 rad/s a regime risulta caratterizzata come segue

A) Sinusoide a frequenza inferiore a 0.4 rad/s e ampiezza unitaria
B) Sinusoide a frequenza pari a 0.4 rad/s e ampiezza unitaria
C) Sinusoide a frequenza pari a 0.4 rad/s e ampiezza superiore a 1
D) Sinusoide a frequenza superiore a 0.4 rad/s e ampiezza superiore a 1

8) Dato un sistema dinamico, lineare e tempo invariante descritto dalla seguente funzione di trasferimento:

$$G(s)=\frac{s^2+(p-3)s+5}{s^3+10s^2+18s+2}$$

Determinare per quali valori di p il sistema risulta stabile:

A) $p > 3$ B) $p < 3$ C) per nessun valore di p D) per qualunque valore di p

9) Un sistema dinamico continuo lineare e tempo invariante è caratterizzato dalla seguente matrice di stato:

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

Il sistema è instabile per i seguenti valori di p

A) nessun valore B) qualunque valore C) $p < 2$ D) $p > 2$

10) Dato il sistema a tempo continuo descritto dalle seguenti matrici di stato:

$$A = \begin{bmatrix} -10.4 & -2 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}, D = 0$$

nell'ottica di voler progettare un regolatore dinamico in grado di posizionare le costanti di tempo in catena chiusa pari a 0.05 e 0.07 s con un osservatore degli stati 5 volte più veloce, dire quali delle seguenti affermazioni è vera:

A) non è possibile progettare il regolatore
B) è possibile progettare il regolatore, ma gli autovalori in catena chiusa non potranno essere posizionati ai valori richiesti
C) è possibile progettare il regolatore con K = [11.94 70.42] e L = [2731 161]'
D) è possibile progettare il regolatore con L = [11.94 70.42]' e K = [2731 161]

11) Dato un sistema descritto dalla funzione di trasferimento

$$F(s) = \frac{5000}{(s+1)^2\,(s^2+10s+25)\,(s^2+16s+100)}$$

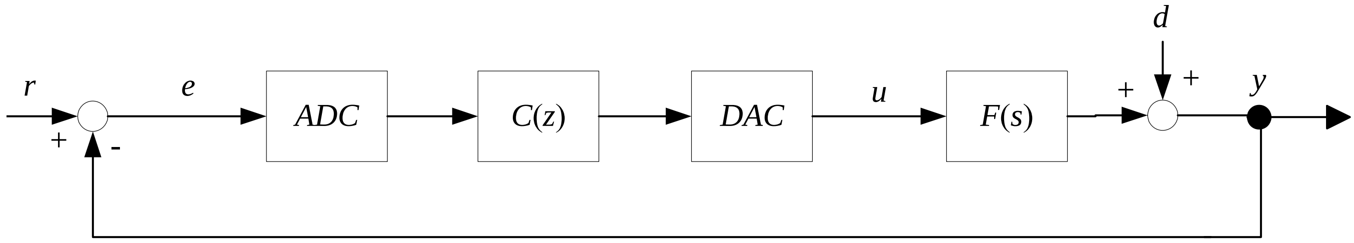
progettare un controllore PID "***reale***" con il metodo di Ziegler-Nichols in **catena aperta** (si scelga N=20 nella realizzazione del polo di chiusura).

IMPORTANTE: - si realizzi il controllo con il PID nella struttura "***modificata***" (retroazioni P e D dall'uscita);
- indicare il metodo utilizzato per determinate la costante di tempo:
  a = metodo del 63% del valore asintotico;
  b = metodo del flesso.

Della catena chiusa così ottenuta valutare:

- il tempo di salita 10%÷90%, t_r, della risposta al gradino unitario
- la sovraelongazione $\hat{s}$ (%)
- la banda passante ω_B
- OPZIONALE: ω_c e i margini di stabilità m_G e m_φ (della catena aperta).

12) Progettare il compensatore C(z) per il seguente sistema di controllo:



<u>Dati</u>

- $F(s) = \frac{8}{9} \cdot \frac{s+15}{s(s+1)(s^2+s+100)}$; $d(t) = +6t + 3t^2$ (rampa e parabola)
- *ADC* e *DAC* sono caratterizzati dal medesimo numero di bit e dalla medesima dinamica in tensione;
- il *DAC* utilizza uno *zoh*.

<u>Specifiche relative alla catena chiusa (da verificare con il compensatore C(z) a tempo discreto!)</u>

1. errore stazionario indotto dal disturbo d(t), $|e_d| \le 45$;
2. errore stazionario di inseguimento del gradino unitario, $|e_g| = 0$;
3. errore stazionario di inseguimento alla rampa unitaria, $|e_r| = 0$;
4. tempo di salita, $t_r = 4$ (±5%) s;
5. sovraelongazione, $\hat{s} \le 30$ %.

Riportare il passo di campionamento T_s scelto, la fdt del compensatore C(s) nella forma qui di seguito suggerita e il metodo di discretizzazione di C(s).

$$C(s) = \frac{K_c}{s^h} \cdot \frac{(1+\tau_{z1}s)\cdots\cdots}{(1+\tau_{p1}s)\cdots\cdots}$$

Scrivere una <u>breve</u> relazione relativa al progetto. Riportare inoltre i valori effettivamente ottenuti (**con C(z)!**) per le grandezze elencate nella Tabella 1.

PAGINA DELLE RISPOSTE

cognome (in stampatello)	nome

problema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
risposta										

problema 11	metodo	K_F	θ_F	τ_F	K_p	T_I	T_D	t_r (10-90)%	$\hat{s}_{\%}$	ω_B	m_G	m_φ	ω_c

problema 12

Breve relazione (per es. $|\cdot|$ e segno di K_c, ω_c desiderata, m_φ desiderato, ecc. …):

C(s)	metodo di discretizzazione di C(s)	T_s
_______ · _______________________________		

puls. di crossover ω_c	margine/i di fase m_φ	margine/i di guad. m_G	tempo di salita t_r	sovraelongazione $\hat{s}_{\%}$	banda passante ω_B	picco di risonanza $M_{r,dB}$	errore staz. indotto da d(t) $|e_d|$	err. staz. parabola $|e_p|$	$|u_{max}|$

Tabella 1: valori effettivamente ottenuti con $C(z)$

N.B: $|u_{max}|$ rappresenta il valore massimo in modulo del comando $u(\cdot)$ indotto da un riferimento r a gradino unitario.