

Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

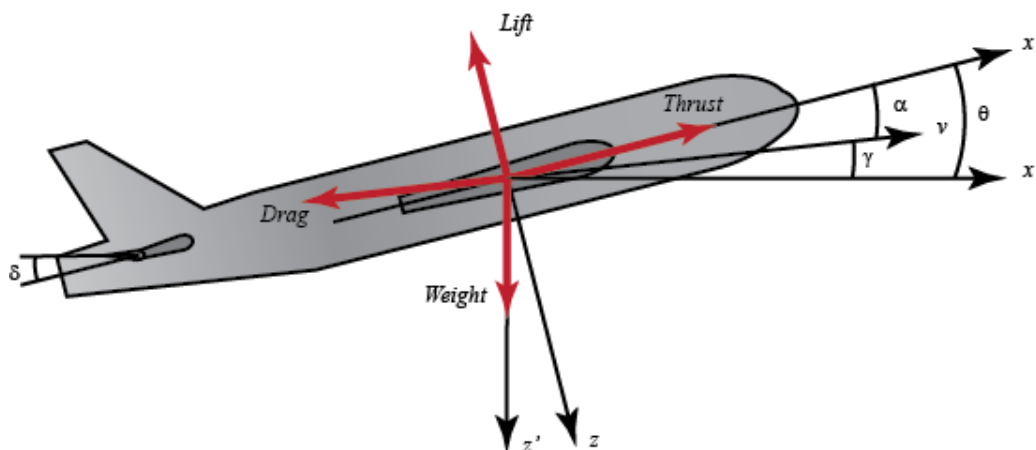
Prova scritta – 20 luglio 2018

COGNOME e NOME: _____

MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1.

Si consideri il modello semplificato della dinamica longitudinale di un aereo, con particolare riferimento al movimento rispetto all'angolo di beccheggio (*pitch angle*) schematizzato dalla seguente figura:



[Fonte: Control Tutorials for Matlab&Simulink, <http://ctms.engin.umich.edu>]

e descritto dalle seguenti equazioni differenziali:

$$\dot{\alpha} = -2\alpha + C_q q + 2\delta$$

$$\dot{q} = -\alpha - 4q + \delta$$

$$\dot{\theta} = C_q q$$

nelle quali α è il cosiddetto angolo di attacco, q è la velocità dell'angolo di beccheggio, θ è l'angolo di beccheggio e δ è l'inclinazione dell'ala di controllo posteriore, mentre C_q è una costante che va sostituita con l'ULTIMA cifra (a destra) del numero di matricola dello studente (se questa cifra è 0, la si sostituisca con 5).

Si determini il corrispondente modello dinamico nello spazio degli stati, del tipo:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t); y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

fissando le seguenti scelte per stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = \alpha; \quad x_2 = q; \quad x_3 = \theta; \quad u = \delta; \quad y = \theta;$$

e si verifichi se il sistema sia o meno completamente controllabile, calcolando la matrice di raggiungibilità ed il relativo rango.

N.B.: tutte le soluzioni richieste vanno determinate sostituendo fin dall'inizio C_q con l'ULTIMA cifra (a destra) del numero di matricola dello studente (se questa cifra è 0, la si sostituisca con 5).

RISPOSTA:

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

$$P =$$

$$\text{rango}(P) =$$

Perciò il sistema E' / NON E' completamente controllabile

ESERCIZIO 2.

Per il sistema con i valori numerici indicati nell'Esercizio 1, si progetti una retroazione stato-ingresso (i.e. $u = Hx + v$), in modo tale che:

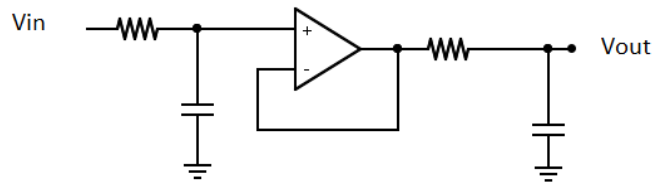
- gli autovalori assegnabili del sistema chiuso in retroazione siano tutti reali e distinti;
- il più lento di tali autovalori abbia tempo di assestamento (al 5%) di 3 secondi e gli altri assegnabili abbiano valori assoluti progressivi di una unità (es. -1, -2, ecc.).

RISPOSTA:

$$H =$$

ESERCIZIO 3.

Un sistema costituito dal circuito elettronico del tipo mostrato a fianco risulta avere il seguente modello nello spazio degli stati:



$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t); y(t) = Cx(t)$$

con:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -P_s \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

dove P_s è una costante che va sostituita con la PENULTIMA cifra (a destra) del numero di matricola dello studente (se questa cifra è **1**, la si sostituisca con **2**).

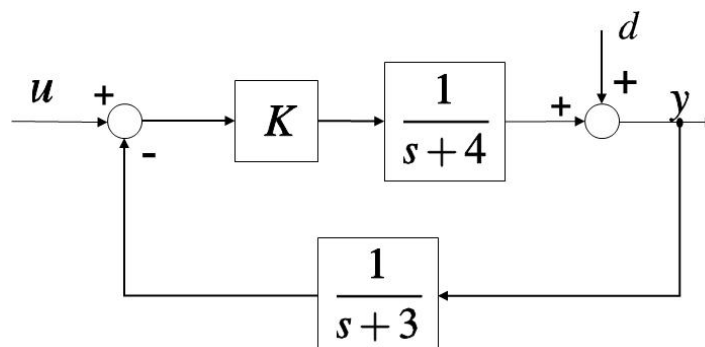
Si determini la risposta impulsiva del sistema considerato.

RISPOSTA:

$$W(t) =$$

ESERCIZIO 4.

Dato il sistema costituito dal seguente diagramma a blocchi:



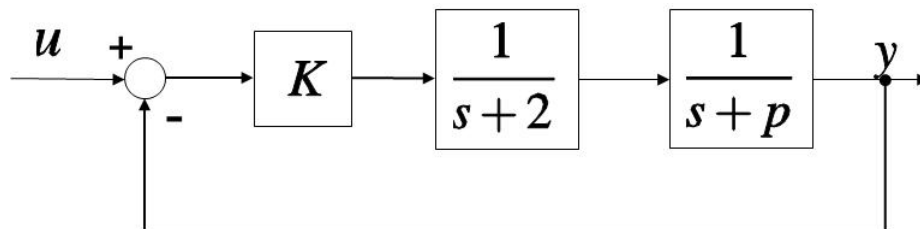
si determini il valore di K tale per cui $y(t) \rightarrow 0,1$ per $t \rightarrow \infty$, imponendo $u(t) = 0$ ed applicando un gradino unitario al segnale $d(t)$ (cioè: $D(s) = 1 / s$).

RISPOSTA:

$$K =$$

ESERCIZIO 5.

Dato il sistema costituito dal diagramma a blocchi della seguente figura:



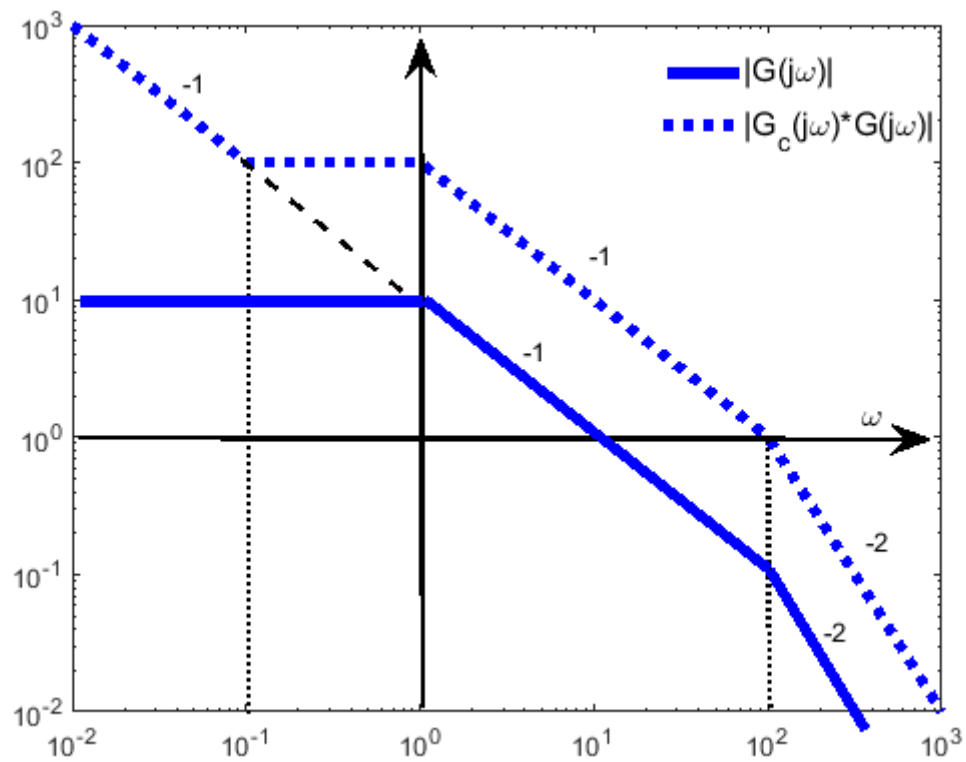
si progettino i valori di K e p in modo che il sistema in retroazione abbia tempo di assestamento $T_a = 3$ secondi e coefficiente di smorzamento $\delta = 0,1$

RISPOSTA:

$$K = \qquad p =$$

ESERCIZIO 6.

Dato il diagramma di Bode dei moduli descritto dalla seguente figura:



Si calcolino $G(s)$ e $G_c(s)$, considerate entrambe a fase minima.

RISPOSTA:

$G(s) =$

$G_c(s) =$

TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.

Una retroazione uscita-ingresso per un sistema dinamico, lineare e stazionario, permette di modificarne gli autovalori della parte:

- ☐ osservabile-ricostruibile, in modo arbitrario
- ☐ raggiungibile-controllabile, in modo arbitrario
- ☐ raggiungibile-controllabile e osservabile-ricostruibile, in modo arbitrario
- ☐ raggiungibile-controllabile e osservabile-ricostruibile, ma non in modo arbitrario

DOMANDA 2.

Il polinomio minimo di un sistema dinamico, lineare e stazionario, a tempo continuo, è dato da:

$$\alpha(\lambda) = \lambda^4 + 2\lambda^3 + 3\lambda^2$$

Tale sistema:

- ☐ è nel complesso semplicemente stabile
- ☐ ha almeno un modo asintoticamente stabile
- ☐ ha almeno un modo semplicemente stabile
- ☐ ha almeno un modo instabile

DOMANDA 3.

Una struttura meccanica costituita da sole masse e molle ideali (senza attriti), è un sistema:

- ☐ certamente non raggiungibile-controllabile
- ☐ instabile
- ☐ semplicemente stabile
- ☐ asintoticamente stabile

DOMANDA 4.

Un sistema descritto dal modello matematico $\dot{x}(t) = u(t); \quad y(t) = x(t)$

- ☐ è completamente raggiungibile
- ☐ è completamente osservabile
- ☐ è semplicemente stabile
- ☐ è asintoticamente stabile

DOMANDA 5.

Il tempo di assestamento (al +/- 5%) del sistema avente la seguente funzione di trasferimento:

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

risulta essere

- ☐ $T_a = 3/2$
- ☐ $T_a = 3$
- ☐ $T_a = 2$
- ☐ $T_a = 1$

DOMANDA 6.

Si indichi quali dei seguenti funzioni di trasferimento sono a fase minima:

☐ $G(s) = e^{-t_0 s}$

☐ $G(s) = \frac{s+1}{s-2}$

☐ $G(s) = \frac{s-1}{s+2}$

☐ $G(s) = \frac{s+1}{s+2}$

DOMANDA 7.

La risposta del sistema avente la seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{1}{1+\tau s}$$

- ☐ ha un valore di regime pari a $1/\tau$
- ☐ ha un valore di regime pari a 1
- ☐ per $t = 0+$ ha una pendenza pari a $1/\tau$
- ☐ per $t = 0+$ ha una pendenza pari a τ

DOMANDA 8.

Una rete anticipatrice, $G(s) = \frac{1+\tau s}{1+\alpha \tau s}$ fornisce un anticipo di fase

- ☐ a tutte le pulsazioni $\omega \in]-\infty; +\infty[$
- ☐ solo per $\omega < \frac{1}{\tau\sqrt{\alpha}}$
- ☐ solo per $\omega > \frac{1}{\tau\sqrt{\alpha}}$
- ☐ mai