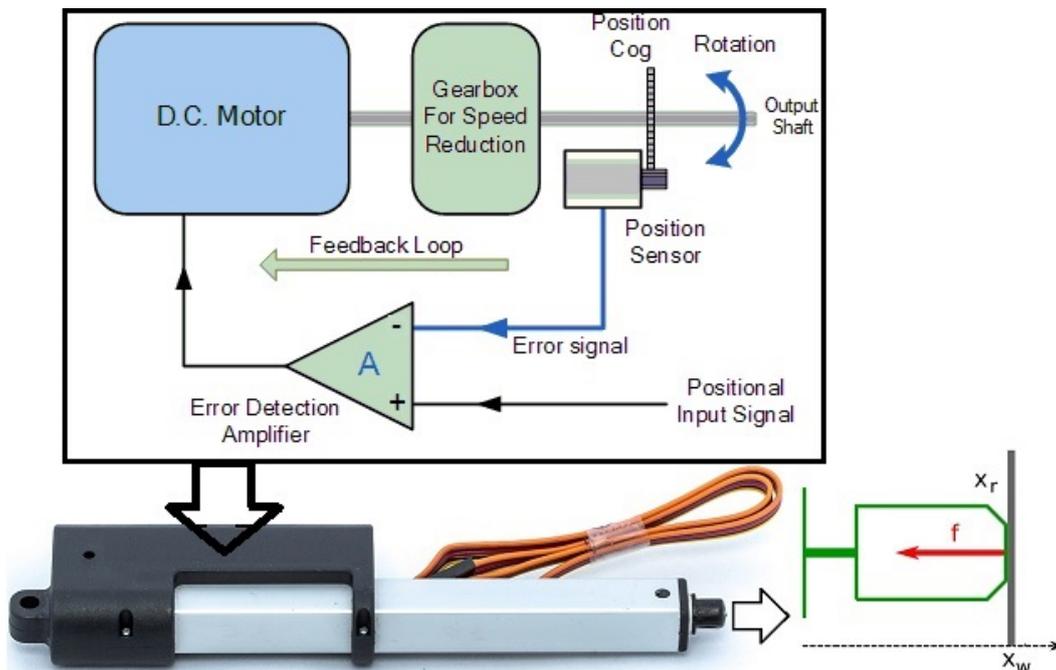


## Prova TIPO – C per:

- **Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU):** 6 degli 8 esercizi numerici + 4 delle 5 domande a risposta multipla (v. ultime due pagine)  
**NOTA:** nell’effettiva prova d’esame i due esercizi e la domanda non richiesti verranno scartati a priori dal docente (lo studente riceverà un testo già adattato al numero di CFU)
- **Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (6 CFU) / “CONTROLLI AUTOMATICI”:** tutti gli 8 esercizi numerici + 5 domande a risposta multipla (v. ultime 2 pagine)

### ESERCIZIO 1.

Si vuole realizzare un sistema robotico, costituito da un attuatore lineare che integra il circuito elettronico di regolazione della posizione, al fine di mantenere una forza di spinta desiderata nel punto di contatto tra il robot ed una superficie dell’ambiente, come mostrato nella figura seguente:



Il modello dinamico di tale sistema si ottiene unendo il modello del circuito elettrico (di tipo RL) di un motore a corrente continua (DC motor), la cui tensione è generata dall’amplificatore di controllo in modo proporzionale alla differenza tra la posizione misurata e la posizione desiderata (ingresso del sistema), con il bilancio delle forze agenti sullo stelo dell’attuatore. In particolare, si ipotizza che la posizione della superficie di contatto  $X_w$  **sia fissata in 0** e che la forza di contatto, misurabile, sia proporzionale alla differenza tra la posizione dello stelo  $X_r$  e  $X_w$ . Per semplicità, si considera anche che i

parametri del motore includano già il rapporto di riduzione e di trasformazione del moto del motore DC da rotativo a lineare.

In tali condizioni, le equazioni che descrivono il modello dinamico del sistema sono le seguenti:

$$L_a \dot{I}_a + R_a I_a + k_m \dot{x}_r = A(x_i - x_r)$$

$$m \ddot{x}_r + b \dot{x}_r + f = k_m I_a$$

$$f = k_w(x_r - x_w) = k_w x_r$$

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:

$$x_1 = I_a; x_2 = x_r; x_3 = \dot{x}_r; u = x_i; y = f;$$

**RISPOSTA:**

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

---

## ESERCIZIO 2.

Dato il modello ottenuto nell'Esercizio 1, si sostituiscano i seguenti valori per i parametri fisici:

$$R_a = 0,2; L_a = 0,2; k_m = 0,2; A = 2;$$

$$m = 0,2; b = 0,2; k_w = 2;$$

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

**RISPOSTA:**

$$P =$$

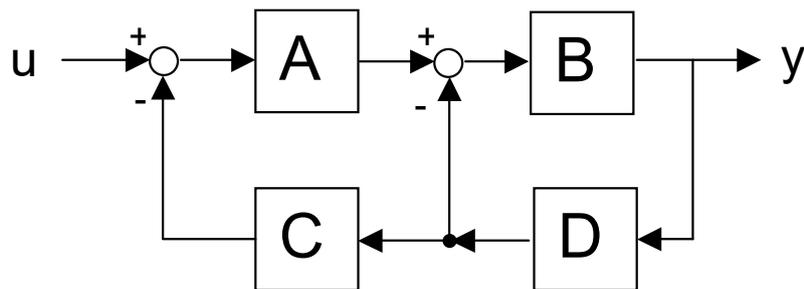
$$\text{rango}(P) =$$

Perciò il sistema E' / NON E' completamente controllabile.

---

**ESERCIZIO 3.**

Si determini la funzione di trasferimento del seguente schema a blocchi:



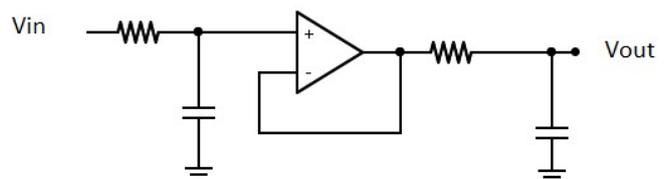
**RISPOSTA:**

$$Y / U =$$


---

**ESERCIZIO 4.**

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:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Si determini la risposta impulsiva del sistema considerato.

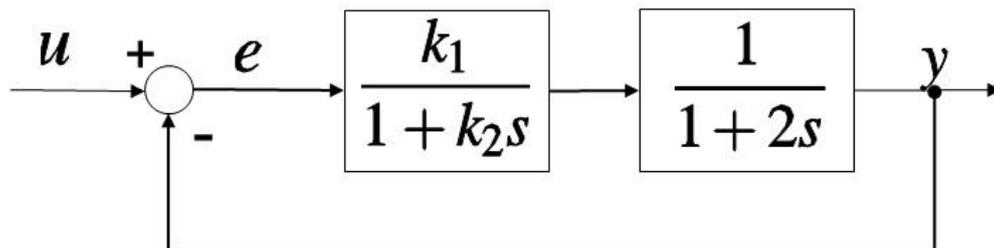
**RISPOSTA:**

$$W(t) =$$


---

### ESERCIZIO 5.

Dato il seguente sistema in retroazione:



si progettino i valori di  $k_1$  e  $k_2$  tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti avere tempo di assestamento  $T_a = 1$  secondo e pulsazione naturale  $\omega_n = 5$  rad/s.

**RISPOSTA:**

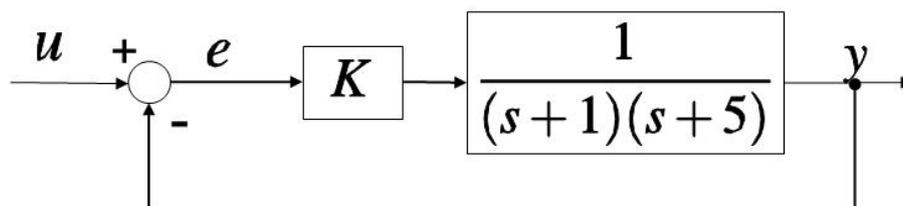
$$k_1 =$$

$$k_2 =$$


---

### ESERCIZIO 6.

Dato il seguente sistema in retroazione:



si calcoli il valore di  $K$  tale per cui risulti:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0, 1$$

qualora ad  $U$  sia applicato un gradino unitario:

$$u(s) = \frac{1}{s}$$

Una volta determinato il valore di  $K$ , si calcoli il coefficiente di smorzamento  $\delta$  che il sistema chiuso in retroazione risulta avere per tale valore di progetto.

**RISPOSTA:**

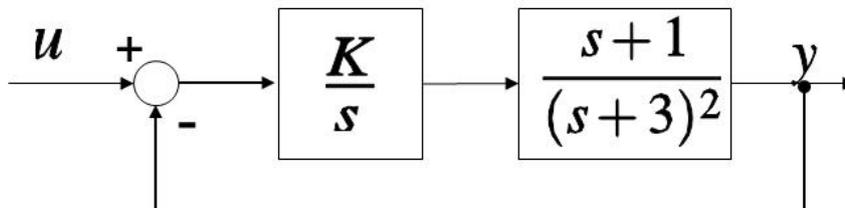
$$K =$$

$$\delta =$$

---

### ESERCIZIO 7.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



si determini l'intervallo di valori di  $K$  tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti essere ASINTOTICAMENTE STABILE.

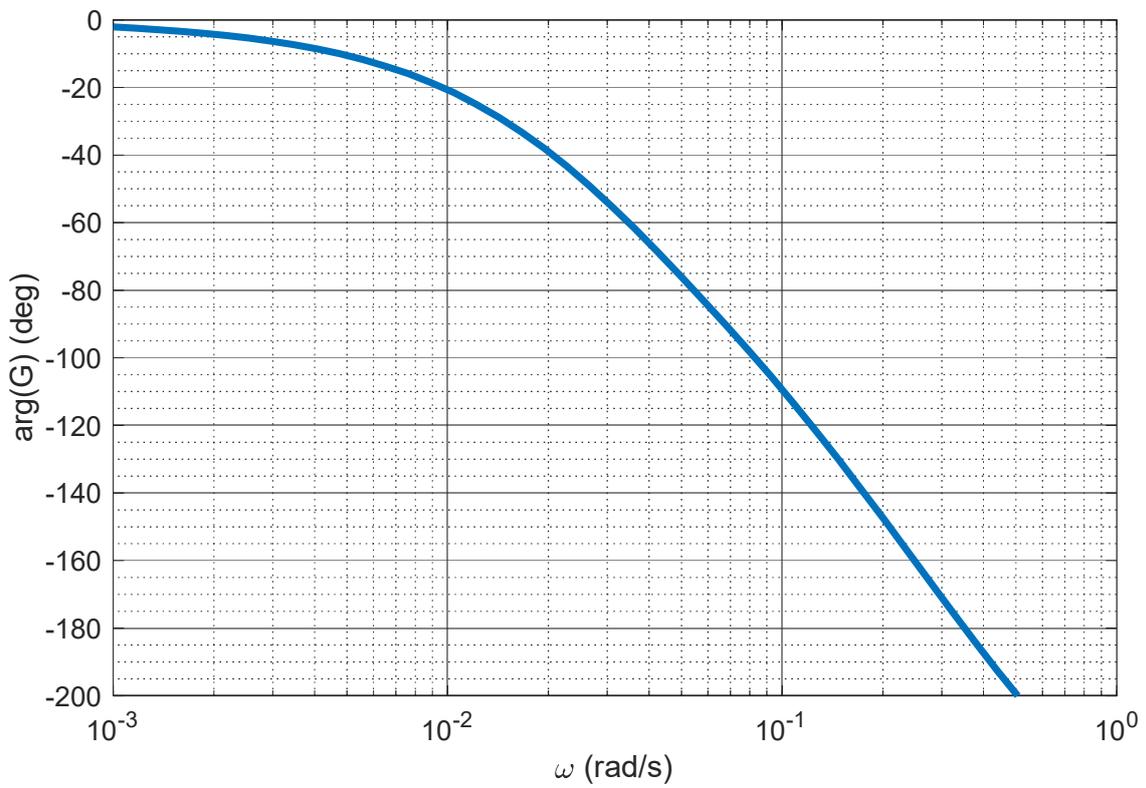
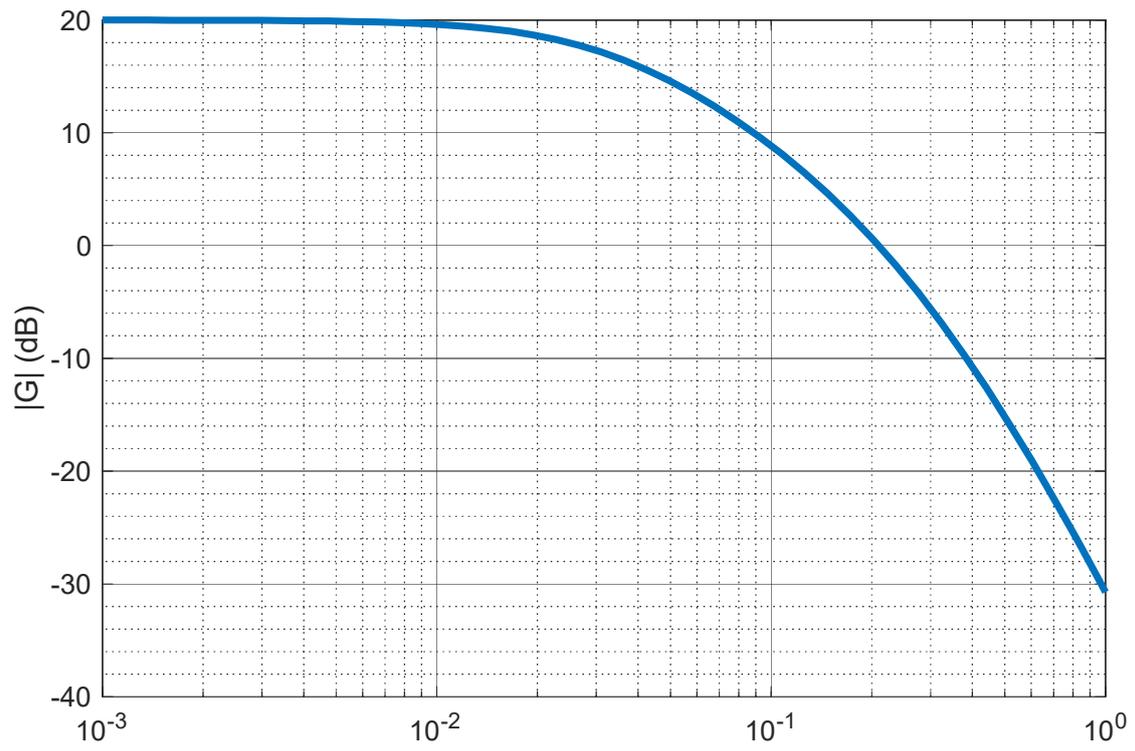
**RISPOSTA:**

$$K$$

---

### ESERCIZIO 8.

Dato il seguente diagramma di Bode completo (ampiezze in alto, fasi in basso), si determini per via grafica il margine di fase della funzione di trasferimento corrispondente (con arrotondamento al multiplo di  $5^\circ$  più vicino).



**RISPOSTA:**

$$M_f =$$


---

## TEST A RISPOSTA MULTIPLA

---

### DOMANDA 1.

Due sistemi dinamici, lineari e stazionari, asintoticamente stabili, collegati in cascata (i.e. in serie tra loro) danno luogo ad un sistema:

- asintoticamente stabile
- semplicemente stabile
- completamente controllabile
- completamente osservabile

### DOMANDA 2.

Una rete elettrica costituita da soli elementi reattivi (induttori e condensatori) ideali, è un sistema:

- non completamente controllabile
- asintoticamente stabile
- semplicemente stabile
- instabile

### DOMANDA 3.

Il polinomio caratteristico di un sistema dinamico lineare, stazionario e tempo continuo, è:

$$\lambda^3(\lambda + 2)$$

Il sistema:

- ha un modo semplicemente stabile
- ha un modo asintoticamente stabile
- ha dei modi instabili
- potrebbe avere dei modi instabili

### DOMANDA 4.

In base al principio del modello interno, per neutralizzare con errore a regime nullo un segnale in ingresso corrispondente al modo di un polo doppio nell'origine (i.e. un segnale a rampa, cioè con trasformata di Laplace =  $1/s^2$ ), occorre che nella funzione di trasferimento di anello del sistema retroazionato:

- sia presente almeno un polo nell'origine
- siano presenti almeno tre poli nell'origine
- siano presenti almeno due poli nell'origine
- il guadagno statico sia finito

### DOMANDA 5.

Dato il diagramma di Bode delle ampiezze di una funzione  $G(j\omega)$ , da esso si può dedurre il diagramma delle fasi:

- solo se il diagramma di Bode delle ampiezze ha sempre pendenza negativa o nulla
- solo la corrispondente funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti poli e tutti gli zeri a parte reale negativa
- solo la corrispondente funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti poli a parte reale negativa
- solo la corrispondente funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti gli zeri a parte reale negativa