

**Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)  
(A.A. fino al 2017/2018)**

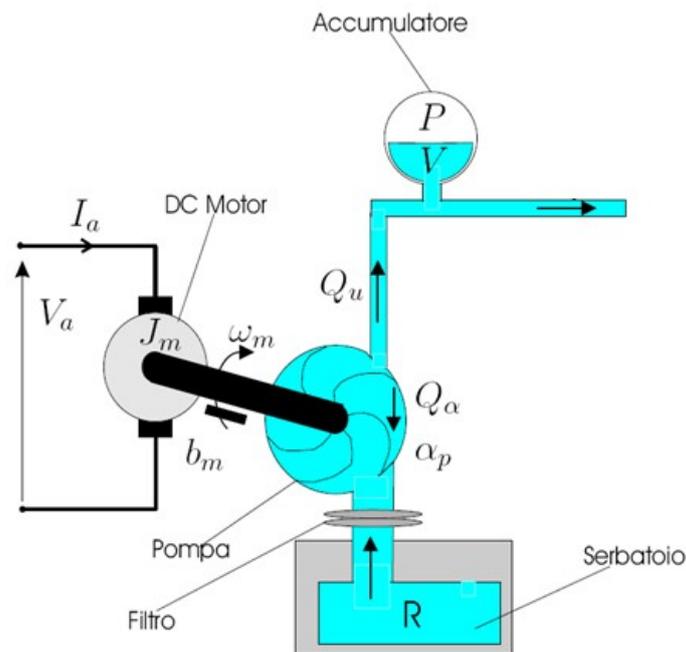
**Prova scritta – 19 novembre 2019**

**COGNOME e NOME:** \_\_\_\_\_

**MATRICOLA:** \_\_\_\_\_

**ESERCIZIO 1.**

Si consideri il sistema per la regolazione della pressione in un circuito idraulico, costituito da un motore elettrico a corrente continua, una pompa la cui girante è azionata dal motore stesso, da un serbatoio di fluido e da un accumulatore di volume fissato. Lo schema del circuito è mostrato nella seguente figura:



Applicando le opportune leggi fisiche per il circuito di tipo RL del motore e per la dinamica del fluido attraverso la pompa e l'accumulatore, il modello matematico del sistema può essere descritto tramite le seguenti equazioni differenziali:

$$V_a = RI_a + L\dot{I}_a + K_m\omega_m$$

$$J_m\dot{\omega}_m + b_m\omega_m = K_m I_a - K_p P$$

$$\dot{P} = K_o(K_p\omega_m - \alpha_p P)$$

nelle quali  $R$  e  $L$  sono rispettivamente la resistenza e l'induttanza dell'avvolgimento del motore elettrico,  $J_m$  e  $b_m$  il momento di inerzia e il coefficiente di attrito viscoso del motore,  $K_m$  è la costante di coppia/BEMF del motore,  $K_p$  è la cilindrata della pompa,  $\alpha_m$  è la resistenza fluidica del circuito idraulico e  $K_o$  è il coefficiente di comprimibilità.  
 Si determini il corrispondente modello dinamico nello spazio degli stati, di ordine 3 e del tipo:

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

fissando le seguenti scelte per le variabili di stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = I_a; x_2 = \omega_m; x_3 = P; u = V_a; y = P = x_3;$$

**RISPOSTA:**

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

## ESERCIZIO 2.

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

$$R = 2; \quad L = 0,2; \quad K_m = 5; \quad J_m = 0,5; \quad b_m = 0,5; \\ K_p = 0,25; \quad K_o = 2; \quad \alpha_p = 1;$$

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

**RISPOSTA:**

$$P =$$

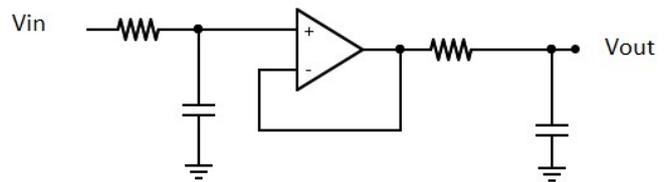
$$\text{rango}(P) =$$

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

---

### ESERCIZIO 3.

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 il valore dell'uscita  $y(t)$  (i.e. tensione  $V_{out}$ ) all'istante  $t = 1$  secondo, ponendo l'ingresso  $u(t) = 0$  e considerando lo stato all'istante iniziale  $t = 0$  pari a:

$$x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

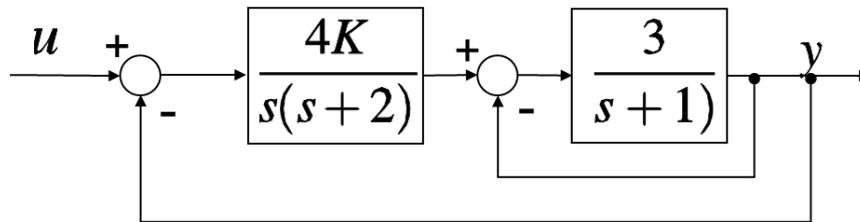
**RISPOSTA:**

$$y(1) =$$

---

### ESERCIZIO 4.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



si calcolino i valori di  $K$  per i quali il sistema chiuso in retroazione risulti asintoticamente stabile:

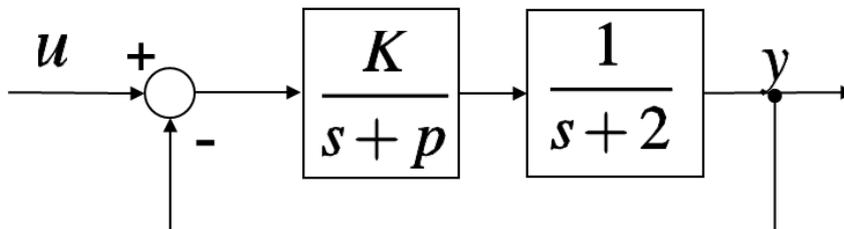
**RISPOSTA:**

$K$

---

### ESERCIZIO 5.

Dato il seguente sistema in retroazione:



si progettino i valori di  $K$  e  $p$  tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti avere tempo di assestamento  $T_a = 2$  secondi e coefficiente di smorzamento  $\delta = 0,5$ .

**RISPOSTA:**

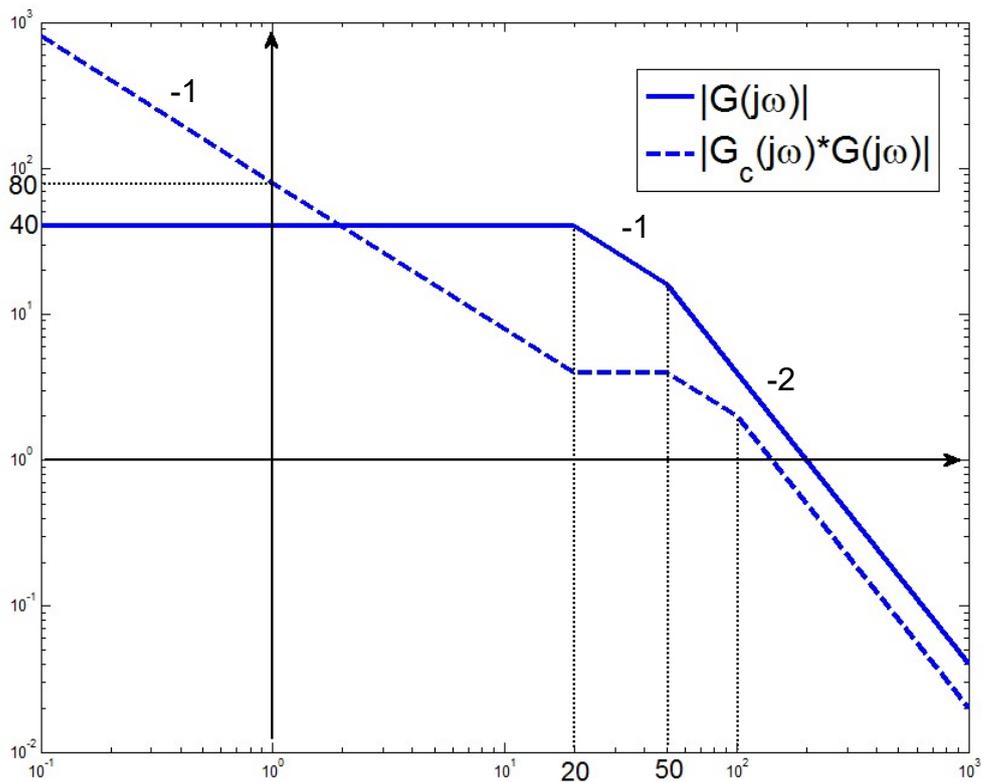
$K =$

$p =$

---

### ESERCIZIO 6.

Dato il seguente diagramma di Bode delle ampiezze:



si determinino le funzioni di trasferimento  $G(s)$  e  $G_c(s)$ , supposte entrambe a fase minima.

**RISPOSTA:**

$G(s) =$

$G_c(s) =$

## TEST A RISPOSTA MULTIPLA

---

### DOMANDA 1.

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

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

### DOMANDA 2.

Il moto libero di un sistema dinamico, lineare, stazionario, continuo e di ordine due, è del tipo:

$$\begin{aligned}x_1(t) &= e^{-t}x_1(0) \\x_2(t) &= e^{-2t}x_2(0)\end{aligned}$$

Il sistema considerato:

- è completamente controllabile
- può essere completamente controllabile
- è asintoticamente stabile
- è semplicemente stabile

### DOMANDA 3.

La retroazione tra stato stimato (mediante osservatore identità) e ingresso in un sistema dinamico, lineare e stazionario, consente di assegnare arbitrariamente gli autovalori del sistema chiuso in retroazione se il sistema osservato è:

- completamente raggiungibile
- completamente osservabile
- completamente osservabile e raggiungibile
- asintoticamente stabile

### DOMANDA 4.

La matrice di trasferimento è una rappresentazione ingresso-uscita che può essere utilizzata:

- per i sistemi non lineari stazionari
- per i sistemi non lineari e non stazionari
- per i sistemi lineari stazionari
- per i sistemi lineari non stazionari

### DOMANDA 5.

In base al principio del modello interno, per neutralizzare con errore a regime nullo un modo in ingresso corrispondente ad un polo doppio nell'origine (i.e. un segnale a rampa), 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 6.**

Il luogo delle radici di una funzione di trasferimento di anello, con  $n$  poli ed  $m$  zeri ( $n > m$ ), presenta almeno un asintoto reale:

- quando  $K > 0$  (luogo diretto) e  $n - m$  è dispari
- quando  $K > 0$  (luogo diretto) e  $n - m$  è pari
- quando  $K < 0$  (luogo inverso) e  $n - m$  è dispari
- quando  $K < 0$  (luogo inverso) e  $n - m$  è pari

**DOMANDA 7.**

Il regolatore standard di tipo PID espresso con la cosiddetta *formulazione classica*:

$$C(s) = K_p \left( 1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right)$$

- è un sistema fisicamente realizzabile
- non è un sistema fisicamente realizzabile
- è sempre caratterizzato da una coppia di zeri reali distinti
- è sempre caratterizzato da una coppia di poli reali distinti

**DOMANDA 8.**

Il sistema avente la seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{K}{s^2}$$

può essere reso asintoticamente stabile con uno schema ad anello chiuso che includa:

- un regolatore P
- un regolatore PI
- un regolatore PD
- un filtro passa-basso del primo ordine