

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

***Prova scritta – 7 giugno 2019***

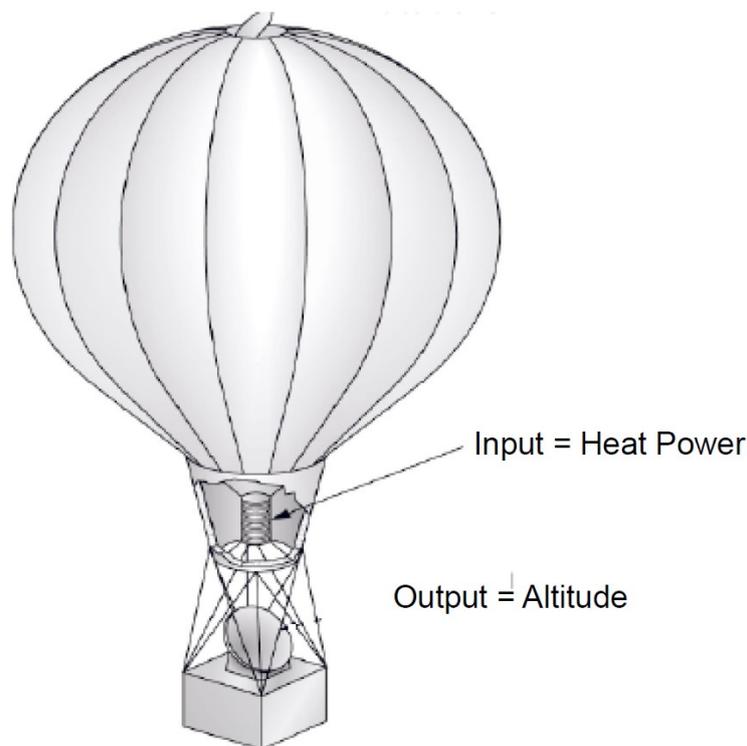
**COGNOME e NOME:** \_\_\_\_\_

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

---

**ESERCIZIO 1.**

Si consideri il problema della regolazione di quota dell'aerostato ad aria calda mostrato nella seguente figura:



Ipotizzando di considerare le quantità fisiche come piccole variazioni rispetto ad una opportuna condizione operativa, il modello matematico del sistema si può esprimere con le seguenti equazioni differenziali che descrivono la dinamica della temperatura interna all'aerostato  $T$  e della quota  $Z$ :

$$C_t \dot{T} + \frac{1}{R_t} T = q$$

$$m \ddot{z} + f \dot{z} = E_q T$$

nelle quali  $C_t$  e  $R_t$  sono rispettivamente la capacità termica e la resistenza termica del contenitore di aria calda,  $q$  è il calore generato dal bruciatore,  $m$  è la massa complessiva dell'aerostato,  $f$  il coefficiente d'attrito corrispondente alla resistenza aerodinamica ed  $E_q$  esprime il rapporto tra la spinta ascensionale data dall'aria calda e la temperatura dell'aria all'interno dell'aerostato.

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 stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = T; x_2 = z; x_3 = \dot{z}; u = q; y = x_2;$$

**RISPOSTA:**

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

## ESERCIZIO 2.

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

$$C_t = 500; R_t = 0,5; m = 25; f = 2,5; E_q = 5;$$

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

**RISPOSTA:**

$$Q^T =$$

$$\text{rango}(Q^T) =$$

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

### ESERCIZIO 3.

Per il sistema con i valori numerici indicati nell'Esercizio 2, si progetti un osservatore in catena chiusa dello stato (osservatore identità), cioè del tipo:

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + K(C\hat{x}(t) - y(t))$$

i cui autovalori assegnabili risultino tutti uguali a  $-1$ .

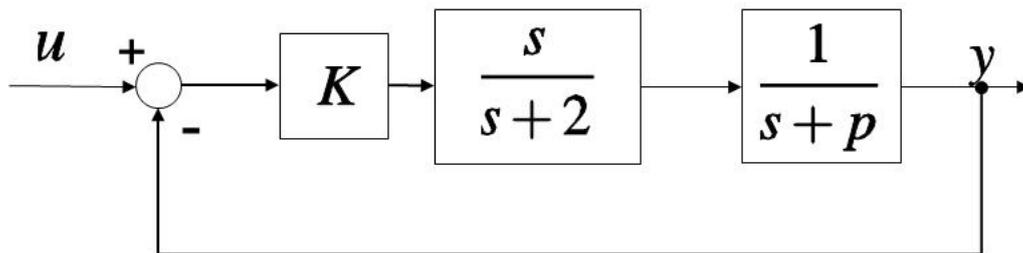
**RISPOSTA:**

$$K =$$

---

### ESERCIZIO 4.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



si determinino i valori di  $K$  e  $p$  tali che il sistema ad anello chiuso risulti avere pulsazione naturale  $\omega_n = 8$  e tempo di assestamento  $T_a = 0.8$  secondi.

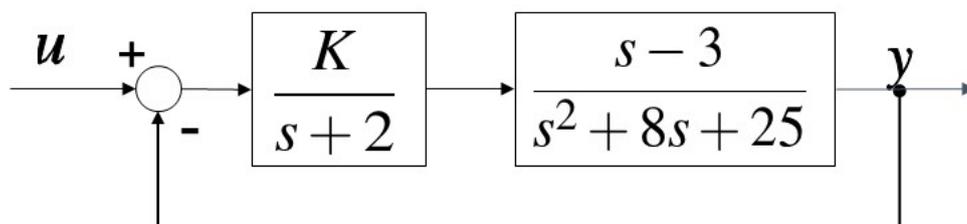
**RISPOSTA:**

$$K = \qquad p =$$

---

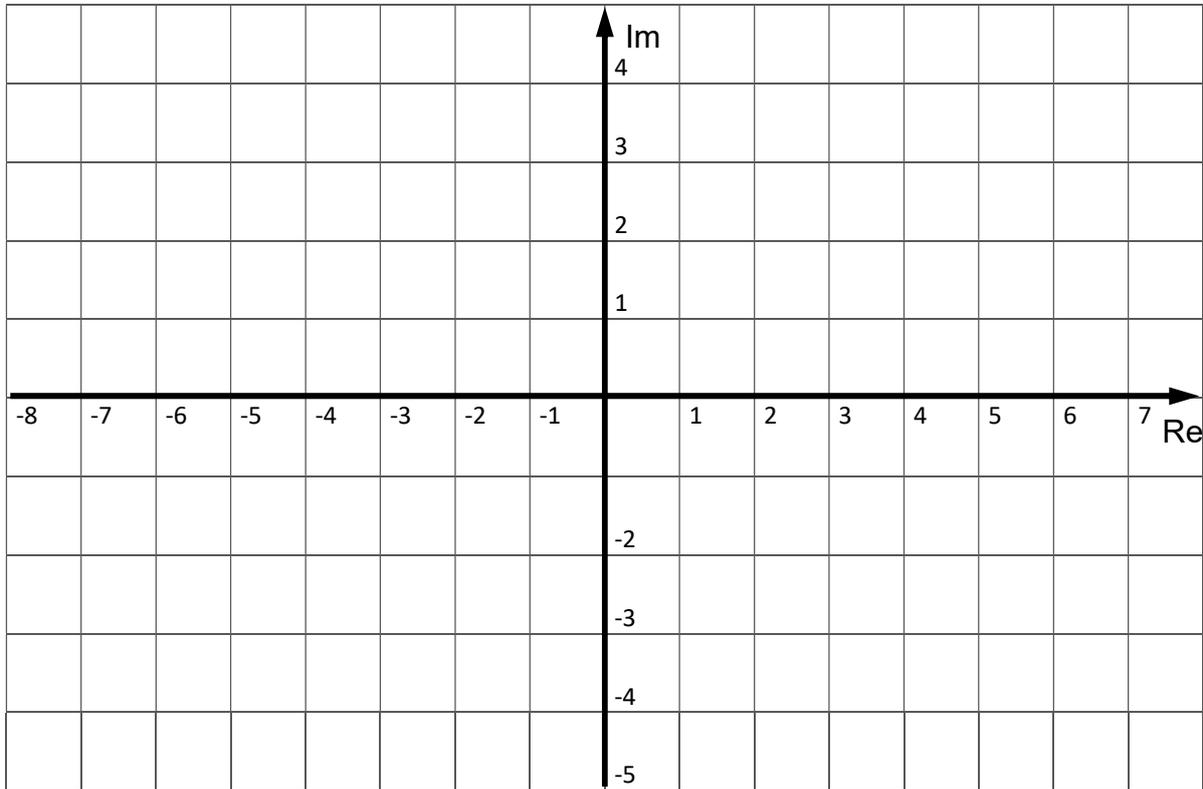
### ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



si disegni il corrispondente luogo delle radici valido per  $K > 0$  (luogo diretto) e si determini, se esiste, il valore di  $K$  compatibile con il luogo diretto per cui il sistema risulti semplicemente stabile.

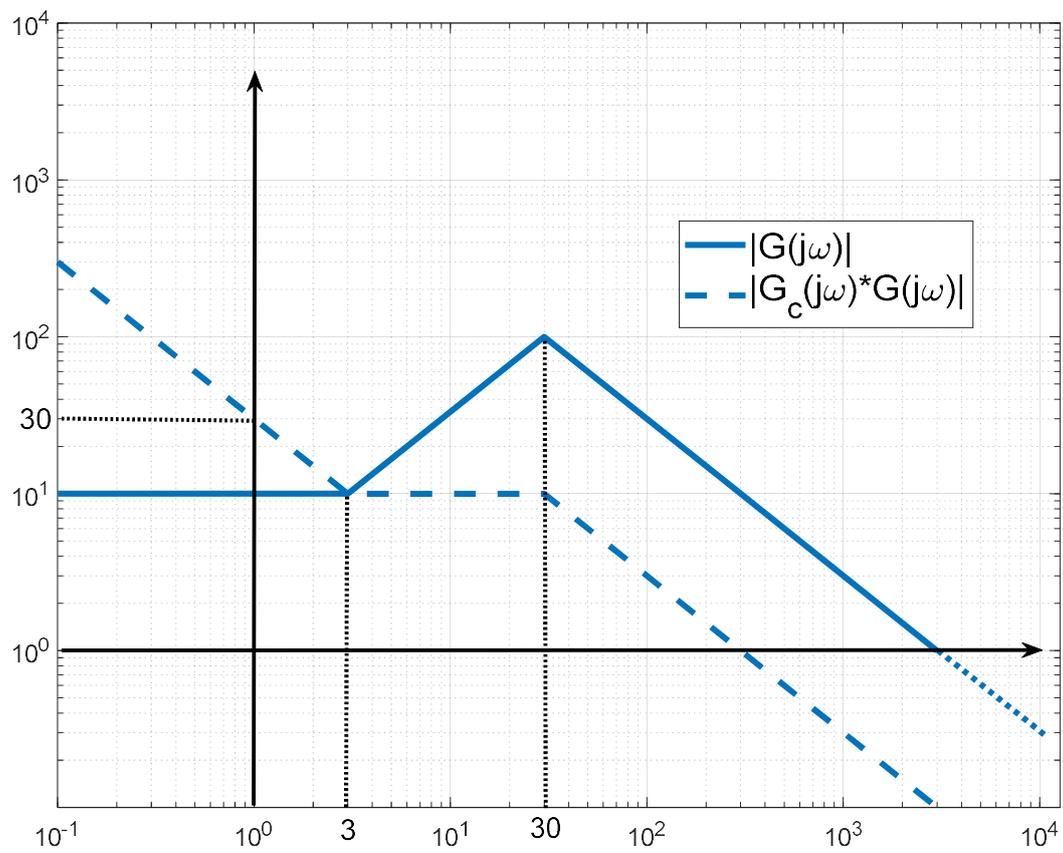
**RISPOSTA:**



$K =$

**ESERCIZIO 6.**

Dati i seguenti diagrammi di Bode delle ampiezze, si determinino le funzioni di trasferimento  $G(s)$  e  $G_c(s)$ , supponendo che entrambe siano a fase minima:



**RISPOSTA:**

$$G(s) =$$

$$G_c(s) =$$


---

## TEST A RISPOSTA MULTIPLA

---

### DOMANDA 1.

Un sistema singolo ingresso / singola uscita, descritto dal modello matematico

$$\dot{x}(t) = u(t); \quad y(t) = x(t)$$

- è asintoticamente stabile
- ha una funzione di trasferimento con un polo nullo
- ha una funzione di trasferimento con un polo a modulo unitario
- è puramente dinamico

### DOMANDA 2.

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

- certamente non raggiungibile-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:

- presenta modi semplicemente stabili
- presenta modi asintoticamente stabili
- presenta modi instabili
- può presentare modi instabili

### DOMANDA 4.

Un sistema dinamico, lineare e stazionario, presenta uscita sinusoidale in assenza di ingresso. Tale sistema può essere di ordine (numero di componenti del vettore di stato):

- 1
- 2
- 3
- 4

### DOMANDA 5.

Il sistema lineare e stazionario la cui funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti i poli semplici e posizionati sull'asse immaginario:

- è instabile
- è asintoticamente stabile
- è semplicemente stabile
- è completamente controllabile.

**DOMANDA 6.**

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 7.**

Dal diagramma di Bode del modulo di una funzione di risposta armonica  $|G(j\omega)|$  è possibile dedurre completamente il diagramma di Bode dell'argomento  $\arg(G(j\omega))$ :

- solo se il diagramma del modulo ha sempre pendenza  $< 0$  o nulla.
- solo se la funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti i poli a parte reale negativa
- solo se la funzione di trasferimento  $G(s)$  ha tutti i poli e tutti gli zeri a parte reale negativa
- solo per sistemi di tipo 0

**DOMANDA 8.**

Il regolatore standard di tipo PID:

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

- 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