



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

# FONDAMENTI DI AUTOMATICA

A.A. 2021-2022

PROF. ROCCO

5 SETTEMBRE 2022 - APPELLO

COGNOME E NOME: \_\_\_\_\_

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

FIRMA: \_\_\_\_\_

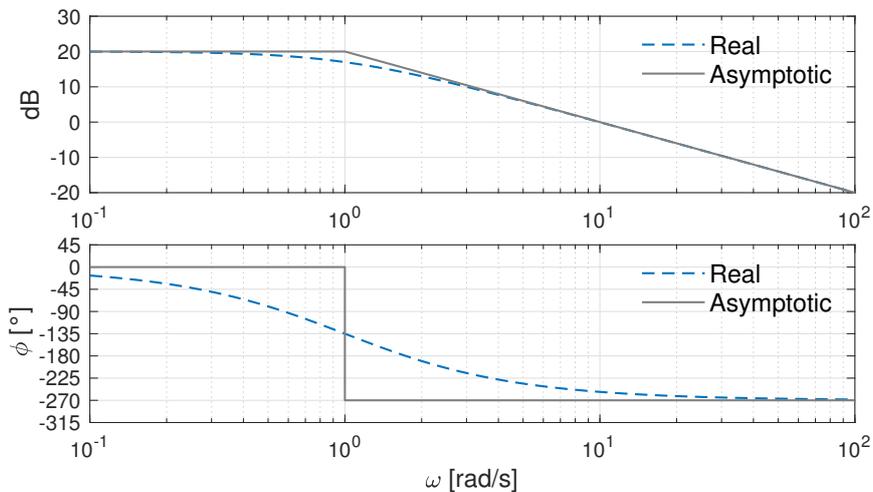
## Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **10** pagine (compresa la copertina). Firmare il frontespizio.
- Durante la prova non è consentito uscire dall'aula per nessun motivo se non consegnando il compito o ritirandosi.
- Nei primi 30 minuti della prova non è consentito ritirarsi.
- Durante la prova non è consentito consultare libri o appunti di alcun genere.
- Non è consentito l'uso di calcolatrici con display grafico.
- Le risposte vanno fornite **esclusivamente negli spazi** predisposti. Solo in caso di correzioni o se lo spazio non è risultato sufficiente, utilizzare la controcopertina del fascicolo.
- La chiarezza e l'**ordine** delle risposte costituiranno elemento di giudizio.
- Al termine della prova va consegnato **solo il presente fascicolo**. Ogni altro foglio eventualmente consegnato non sarà preso in considerazione.



## Esercizio 1

Si consideri il sistema dinamico lineare e tempo invariante con funzione di trasferimento  $G(s)$ , avente poli e zeri reali, i cui diagrammi di Bode sono mostrati nella seguente figura.



**Domanda 1.1** Con riferimento alla risposta allo scalino unitario di  $G(s)$ , si calcolino il valore iniziale della risposta  $y(0)$ , della sua derivata  $\dot{y}(0)$  e, se possibile, il valore finale  $y(\infty)$ .

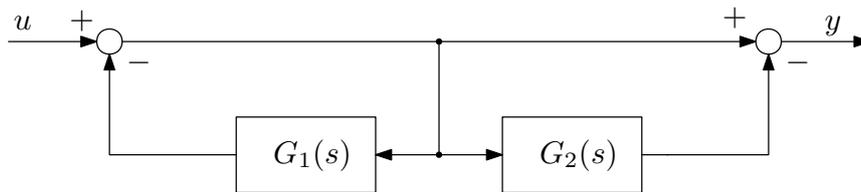
$$y(0) =$$

$$\dot{y}(0) =$$

$$y(\infty) =$$

**Domanda 1.2** Si tracci il diagramma polare di  $G(s)$ .

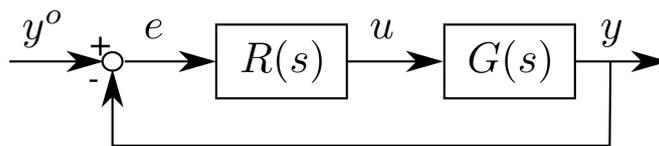
**Domanda 1.3** Dato lo schema a blocchi mostrato nella seguente figura, si calcoli l'espressione della funzione di trasferimento da  $u$  a  $y$ .



**Domanda 1.4** Si discuta la stabilità dello schema a blocchi complessivo in funzione della stabilità di  $G_1(s)$  e  $G_2(s)$ .

## Esercizio 2

Si consideri il seguente schema a blocchi:



dove  $G(s) = \frac{1}{(s+2)(s-10)}$ .

**Domanda 2.1** Ponendo  $R(s) = \rho$ , si tracci il luogo delle radici diretto.

**Domanda 2.2** Ponendo  $R(s) = \rho$ , si tracci il luogo delle radici inverso.

**Domanda 2.3** Sulla base dei luoghi tracciati, si determini un nuovo regolatore  $R(s)$  tale per cui il sistema in anello chiuso ha due poli reali in  $-3$ .

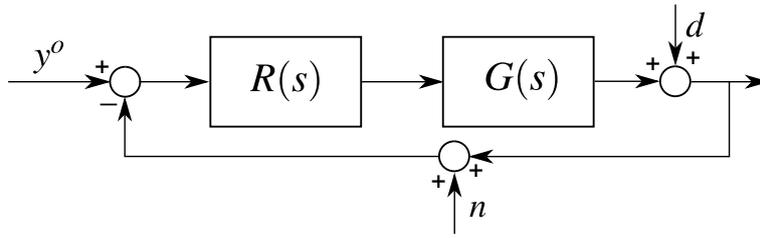
$$R(s) =$$

**Domanda 2.4** Modificare il regolatore progettato al punto precedente in modo che il sistema in anello chiuso sia caratterizzato da due poli complessi e coniugati con parte reale in  $-3$  e smorzamento  $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ .

$$R(s) =$$

### Esercizio 3

Si consideri il sistema di controllo schematizzato in figura



dove

$$G(s) = \frac{10(10 - s)}{(1 + s)(10 + s)}$$

**Domanda 3.1** Assumendo  $n = 0$  e  $d = 0$ , si determini la funzione di trasferimento del regolatore  $R(s)$  in modo tale che:

- l'errore a transitorio esaurito in risposta a un segnale di riferimento a scalino sia nullo;
- il margine di fase sia almeno di  $60^\circ$ ;
- la pulsazione critica sia almeno di 1 rad/s.

**Domanda 3.2** Con il controllore progettato al punto precedente, si valuti di quanto vengono attenuati sull'uscita i seguenti disturbi:  $d = \sin(0.1t)$  e  $n = \sin(100t)$ .

**Domanda 3.3** Si assuma ora la presenza nell'anello di un ritardo di 0.1 s. Si scriva la nuova espressione di  $G(s)$  in presenza di ritardo e si calcoli la corrispondente riduzione di margine di fase del sistema in anello chiuso progettato al punto precedente.

## Esercizio 4

Si consideri il sistema dinamico a tempo discreto descritto dalla funzione di trasferimento

$$G(z) = \frac{4z - 3}{4z^2 - 3z + 0.5}$$

**Domanda 4.1** Si indichino poli e zeri di  $G(z)$  e si discuta la stabilità del sistema.

**Domanda 4.2** Si scriva la relazione dinamica imposta nel dominio del tempo dal sistema dato tra l'ingresso  $u(k)$  e l'uscita  $y(k)$ .

|          |
|----------|
| $y(k) =$ |
|----------|

**Domanda 4.3** Si determini l'uscita di equilibrio del sistema quando l'ingresso è  $u(k) = \bar{u} = 3$

$\bar{y} =$

**Domanda 4.4** Si enunci il teorema di Shannon (o del campionamento).