



POLITECNICO
MILANO 1863

FONDAMENTI DI AUTOMATICA

A.A. 2022-2023

PROF. ROCCO

27 GIUGNO 2023 - 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 non lineare rappresentato in figura

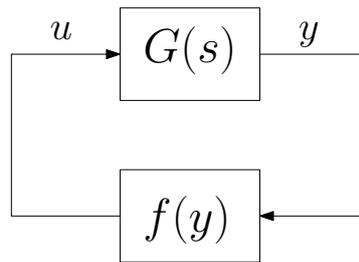


Figura 1: Sistema non lineare.

dove

$$G(s) = \frac{1}{s+1}, \quad f(y) = y^2 + 2y$$

Domanda 1.1 Si scrivano le equazioni nello spazio di stato del sistema lineare di ingresso u e uscita y di funzione di trasferimento $G(s)$. Si consideri quindi nelle equazioni il legame tra y e u imposto dal blocco non lineare $f(y)$.

$\dot{x} =$ $y =$

Domanda 1.2 Si calcolino gli stati di equilibrio del sistema.

$\bar{x} :$

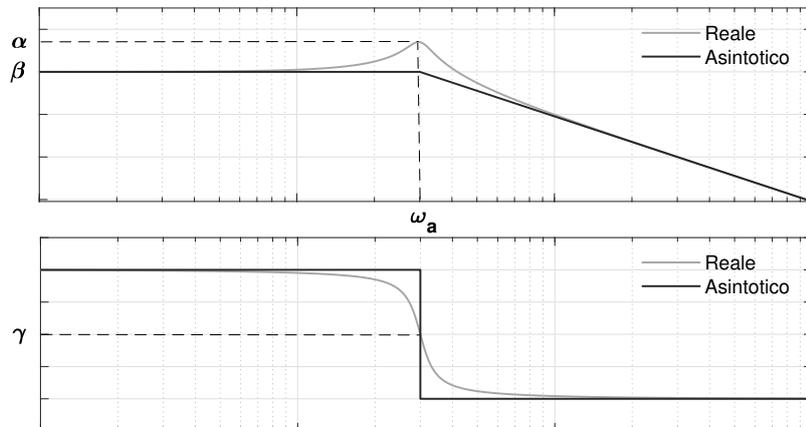
Domanda 1.3 Si studi la stabilità dei punti di equilibrio del sistema non lineare trovati al punto precedente.

Domanda 1.4 Considerando solo la funzione di trasferimento $G(s)$, si ricavi l'espressione analitica della risposta $y(t)$ quando $u(t) = 5\text{sca}(t)$.

$y(t) =$

Esercizio 2

Si consideri il sistema dinamico lineare tempo invariante descritto dalla funzione di trasferimento $G(s)$, i cui diagrammi di Bode sono riportati nella seguente figura.



$$G(s) = \frac{0.9}{s^2 + 0.6s + 9}$$

Domanda 2.1 Si indichino, commentandoli opportunamente, i valori dei parametri ω_a , α , β , γ relativi ai diagrammi di Bode di $G(s)$.

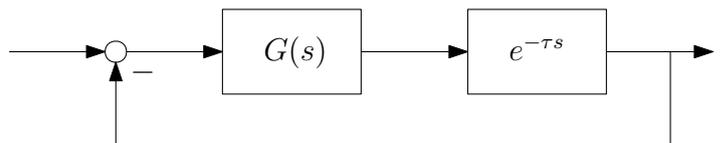
$\omega_a =$	$\alpha =$	$\beta =$	$\gamma =$
--------------	------------	-----------	------------

Domanda 2.2 Tracciare l'andamento qualitativo dell'uscita del sistema $y(t)$ a fronte dell'ingresso $u(t) = \text{sca}(t)$, giustificandone le principali caratteristiche.

Domanda 2.3 Tracciare il diagramma polare di $G(s)$.

Domanda 2.4 Considerando lo schema a blocchi riportato nella seguente figura, si dica per quali valori del ritardo τ il sistema in anello chiuso risulta asintoticamente stabile.

$\tau =$



Esercizio 3

Si consideri il sistema a tempo discreto descritto dalla seguente equazione alle differenze:

$$y(k) = -0.6y(k-1) - 0.05y(k-2) + 10u(k-1).$$

Domanda 3.1 Si ricavi la funzione di trasferimento $G(z)$, verificando che il sistema sia strettamente proprio.

$G(z) =$

Domanda 3.2 Si discuta la stabilità del sistema $G(z)$ trovato al punto precedente.

Domanda 3.3 Si ricavi l'espressione analitica della risposta all'impulso del sistema $G(z)$

$$y(k) =$$

Domanda 3.4 Sulla base dell'espressione ricavata al punto precedente, si determinino il valore iniziale e il valore finale della risposta all'impulso di $G(z)$, confrontando i risultati con i valori predetti dai teoremi del valore iniziale e del valore finale.

$$\begin{aligned} y(0) &= \\ y(\infty) &= \end{aligned}$$

Esercizio 4

Si consideri il sistema di controllo schematizzato nella Figura 2

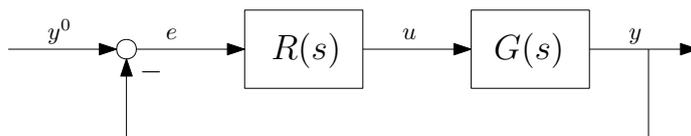


Figura 2: Sistema di controllo.

dove

$$G(s) = \frac{30}{s+3}e^{-0.1s}$$

Domanda 4.1 Si progetti un regolatore nella classe dei controllori PI in modo da soddisfare i seguenti requisiti:

1. l'errore a transitorio esaurito sia $e_\infty = 0$ quando $y^\circ = sca(t)$
2. il margine di fase sia $\varphi_m \geq 60^\circ$
3. la pulsazione critica sia la più grande possibile

A conclusione del progetto, si riporti l'espressione del regolatore:

$R(s) =$

Domanda 4.2 Si scriva la legge di controllo nel dominio del tempo del controllore PI precedentemente indicato riportando esplicitamente il valore del guadagno proporzionale e del guadagno integrale

$$\begin{aligned} u(t) &= \\ K_P &= \\ K_I &= \end{aligned}$$

Domanda 4.3 Si calcoli l'errore a transitorio esaurito quando il segnale di riferimento è $y^0 = \text{ram}(t)$.

$$e_\infty =$$