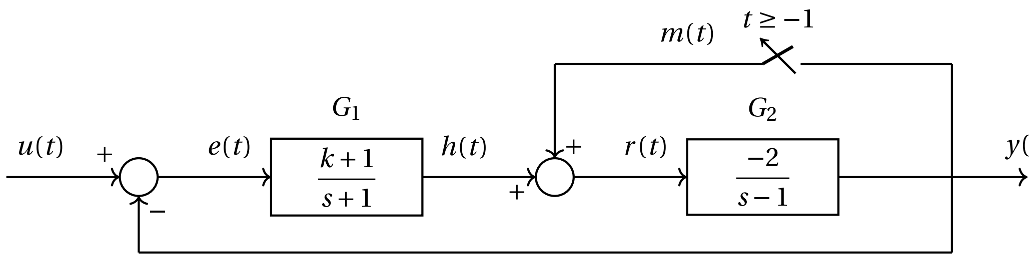
Voto | Traccia Matlab | Cognome, Nome e Matricola

CORSO: TEORIA DEI SISTEMI
DOCENTE: VINCENZO LIPPIELLO

Prova scritta del 13/05/2024

Leggere con attenzione
Il corretto svolgimento del compito prevede che lo studente risponda in maniera chiara ai quesiti proposti e, ove necessario, argomenti i diversi passaggi, espliciti le formule usate, motivi le scelte e non si limiti a riportare i soli risultati dei calcoli.
Alla consegna della prova scritta, l'allievo riceverà la traccia dell'elaborato tecnico da svolgere in ambiente Matlab/Simulink.
Non è consentito consultare appunti o altro materiale, così come è assolutamente vietata ogni forma di collaborazione, pena l'annullamento della prova e il non poter partecipare alla successiva seduta d'esame. Durante la seduta, si forniranno spiegazioni soltanto su quesiti inerenti la comprensione della traccia.
Durata della prova: 3 ore.



1. Si consideri il sistema dinamico a tempo continuo rappresentato nello schema a blocchi in figura con $k \in \mathbb{R}$.
   a) Dopo aver calcolato la rappresentazione i-s-u del sistema prima e dopo l'apertura dell'interruttore, si calcoli l'intervallo di valori del parametro k affinché il sistema sia asintoticamente stabile $\forall t \in \mathbb{R}$. **[Punti: 4]**
   b) Si calcoli l'intervallo di valori del parametro k affinché il sistema sia in forma minima $\forall t \in \mathbb{R}$. **[Punti: 3]**
   c) Si calcoli l'intervallo di valori del parametro k affinché il sistema non presenti modi naturali oscillanti $\forall t \in \mathbb{R}$. **[Punti: 3]**
   d) Posto $k = -2$ e $u(t) = 1 - \cos(5t)$, $\forall t \in \mathbb{R}$, si determini la risposta complessiva dell'uscita $y(t)$ del sistema $\forall t \in \mathbb{R}$. **[Punti: 7]**

2. Sia dato il sistema LTI a tempo continuo caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento
$$G(s) = 4 \cdot 10^4 \frac{s^3 + s}{(s + 0.1)(s^2 + 20s + 100)(s^2 + 400)}.$$
   Si disegnino i diagrammi asintotici di Bode, apportando le dovute correzioni. **[Punti: 5]**

3. Sia dato il sistema LTI a tempo continuo caratterizzato dalla seguente risposta impulsiva $g_y(t) = \frac{2}{3}e^{-2t} - \frac{20}{3}e^{-5t} + \delta(t)$. Si calcoli la risposta a regime del sistema quando è posto in ingresso $u(t) = (-5 + 3e^{-4t} + \cos(3t - \pi/4))\delta_{-1}(t)$. **[Punti: 3]**

4. Si consideri un sistema LTI a tempo continuo avente la seguente risposta impulsiva nell'uscita $g_y(t) = \delta(t) + \frac{109}{99}(e^{-0.1t} - e^{-10t})\delta_{-1}(t)$. Si calcoli la rappresentazione i-s-u del sistema a dati campionati associata al sistema a tempo continuo di partenza, sapendo che il periodo di campionamento scelto è pari a $T_s = 1$ s, dopo aver verificato che esso sia un periodo di campionamento accettabile. **[Punti: 5]**

Soluzione

1 Esercizio

Quesito a.
Si proceda per prima cosa a calcolare la rappresentazione i-s-u dei due sottosistemi applicando, ad esempio, la forma canonica di raggiungibilità

$$G_1 : \begin{cases} \dot{x}_1(t) & = -x_1(t) + e(t), \\ h(t) & = (k+1)x_1(t). \end{cases}$$

$$G_2 : \begin{cases} \dot{x}_2(t) & = x_2(t) + r(t), \\ y(t) & = -2x_2(t). \end{cases}$$

Per $t < -1$, è possibile ricavare le seguenti relazioni dalla topologie dello schema a blocchi $e(t) = u(t) - y(t)$, $m(t) = y(t)$, $r(t) = h(t) + m(t)$. Pertanto, la rappresentazione i-s-u del sistema per $t < -1$ risulta pari a

$$\dot{x}_1(t) = -x_1(t) + 2x_2(t) + u(t), \tag{1.1a}$$

$$\dot{x}_2(t) = (k+1)x_1(t) - x_2(t), \tag{1.1b}$$

$$y(t) = -2x_2(t). \tag{1.1c}$$

Le matrici corrispondenti della forma i-s-u trovata sono pari a

$$\boldsymbol{A}_1 = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ k+1 & -1 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix}, \ d = 0.$$

Il polinomio caratteristico associato alla matrice dinamica $\boldsymbol{A}_1$ è

$$\varphi_1(\lambda) = \lambda^2 + 2\lambda - 2k - 1.$$

Poiché il sistema è del secondo ordine, condizione necessaria e sufficiente affinché $\boldsymbol{A}_1$ abbia tutti autovalori a parte reale negativa è che il polinomio caratteristico associato abbia coefficienti tutti dello stesso segno: ciò avviene quando $k < -0.5$.
Per $t \geq -1$, invece, le relazioni ricavabili dalla topologia dello schema a blocchi sono $e(t) = u(t) - y(t)$, $m(t) = 0$, $r(t) = h(t)$. Pertanto, la rappresentazione i-s-u del sistema per $t \geq -1$ risulta pari a

$$\dot{x}_1(t) = -x_1(t) + 2x_2(t) + u(t), \tag{1.2a}$$

$$\dot{x}_2(t) = (k+1)x_1(t) + x_2(t), \tag{1.2b}$$

$$y(t) = -2x_2(t). \tag{1.2c}$$

Le matrici corrispondenti della forma i-s-u trovata sono pari a

$$\boldsymbol{A}_2 = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ k+1 & 1 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix}, \ d = 0.$$

Il polinomio caratteristico associato alla matrice dinamica $\boldsymbol{A}_2$ è

$$\varphi_2(\lambda) = \lambda^2 - 2k - 3.$$

Come nel caso precedente, affinché $\boldsymbol{A}_2$ abbia tutti autovalori a parte reale negativa, il polinomio caratteristico associato deve avere coefficienti tutti dello stesso segno: ciò non avviene per alcun valore di k.
In conclusione, mettendo a sistema i risultati trovati, il sistema non sarà asintoticamente stabile $\forall\, t \in \mathbb{R}$.

Quesito b.

La raggiungibilità del sistema per $t < -1$ si può studiare attraverso la seguente matrice

$$\boldsymbol{M}_{r,1} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{b} & \boldsymbol{A}_1\boldsymbol{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 0 & k+1 \end{bmatrix}.$$

Il determinante di $\boldsymbol{M}_{r,1}$ è pari a $k+1$, quindi il sistema è completamente raggiungibile quando $k \neq -1$. L'osservabilità del sistema si può studiare attraverso la seguente matrice

$$\boldsymbol{M}_{o,1} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c}^T & \boldsymbol{A}_1^T\boldsymbol{c}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -2k-2 \\ -2 & 2 \end{bmatrix}.$$

Il determinante di $\boldsymbol{M}_{o,1}$ è $-4k-4$, quindi il sistema è completamente osservabile quando $k \neq -1$. Il sistema per $t < -1$ è in forma minima quando $k \neq -1$.
La raggiungibilità del sistema per $t \geq -1$ si può studiare attraverso la seguente matrice

$$\boldsymbol{M}_{r,2} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{b} & \boldsymbol{A}_2\boldsymbol{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 0 & k+1 \end{bmatrix}.$$

Il determinante di $\boldsymbol{M}_{r,2}$ è pari a $k+1$, quindi il sistema è completamente raggiungibile quando $k \neq -1$. L'osservabilità del sistema si può studiare attraverso la seguente matrice

$$\boldsymbol{M}_{o,2} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c}^T & \boldsymbol{A}_1^T\boldsymbol{c}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -2k-2 \\ -2 & -2 \end{bmatrix}.$$

Il determinante di $\boldsymbol{M}_{o,2}$ è $-4k-41$, quindi il sistema è completamente osservabile quando $k \neq -1$. Il sistema per $t \geq -1$ è in forma minima quando $k \neq -1$.
Mettendo assieme i risultati, il sistema è in forma minima $\forall t \in \mathbb{R}$ quando $k \neq -1$.

Quesito c.
Affinché i modi naturali non abbino modi naturali oscillanti, essi non devono essere generati da autovalori complessi coniugati. Sia per $t < -1$ che per $t \geq -1$ i sistemi sono del secondo ordine. Occorrerà quindi assicurarsi che i valori del parametro k non rendano complesse coniugate le radici dei polinomi caratteristici $\varphi_1(\lambda)$ e $\varphi_2(\lambda)$ già trovati al quesito a). In particolare, occorrerà imporre il delta dell'equazione maggiore o uguale di zero.
Per $t < -1$, bisogna quindi imporre che $8k+8 \geq 0$. Ciò avviene quando $k \geq -1$.
Per $t \geq -1$, bisogna quindi imporre che $8k+12 \geq 0$. Ciò avviene quando $k \geq -\frac{3}{2}$.
Quindi i valori del parametro k affinché si ottenga sia l'assenza di modi naturali oscillanti è $k \geq -1$.

Quesito d.
La risposta complessiva $y(t)$ si può suddividere come

$$y(t) = \begin{cases} y_1(t), & t < -1, \\ y_2(t), & t \geq -1. \end{cases}$$

Si cominci dal caso $t < -1$ e si provveda a calcolare $y_1(t)$. Il sistema modellato dalla forma i-s-u in (1.1), dopo aver sostituito il valore $k = -2$, è pari a

$$\boldsymbol{A}_1 = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}, \; \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \; \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix}, \; d = 0.$$

Da $\varphi_1(\lambda)$, gli autovalori della matrice $\boldsymbol{A}_1$ sono a parte reale negativa. Il sistema è dunque asintoticamente stabile, coerentemente con quanto verificato al quesito b).
Poiché si presuppone che i segnali siano stati applicati ad un tempo $t = -\infty$, qualunque istante di tempo $t < -1$ si consideri, si può presupporre che le evoluzioni libere ed il transitorio si siano già estinti: il sistema è quindi a regime. Il legame fra l'uscita $y_1(t)$ e l'ingresso $u(t)$ è dato dalla seguente funzione di trasferimento

$$G_1(s) = \boldsymbol{c}(s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A}_1)^{-1}\boldsymbol{b} = \frac{2}{s^2+2s+3}.$$

Osservando che l'ingresso $u(t)$ è una costante più un coseno, per il teorema della risposta allo scalino e alla risposta armonica si può scrivere

$$y_1(t) = G_1(0) - |G_1(5j)|\cos\left(5t + \arg\left(G_1(5j)\right)\right) \simeq \frac{2}{3} - 0.0828\cos(5t - 2.715).$$

Per il prosieguo, sarà utile avere a disposizione anche l'evoluzione dello stato per $t < -1$ Pertanto, con considerazioni similari fatti per l'uscita, l'evoluzione per $t < -1$ potrà essere calcolata a partire dall'espressione

$$\boldsymbol{x}(t) = \mathscr{L}^{-1}\left[(s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A}_1)^{-1}\boldsymbol{b}_1 u(t)\right].$$

Chiamando $H(s) = (s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A}_1)^{-1}\boldsymbol{b}$ la matrice delle risposte impulsive nello stato, si ottiene

$$H(s) = \begin{bmatrix} H_1(s) \\ H_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{s+1}{s^2+2s+3} \\ \dfrac{-1}{s^2+2s+3} \end{bmatrix}.$$

Giacché per $t < -1$ anche lo stato sarà al suo andamento di regime, applicando nuovamente il teorema della risposta armonica si può concludere che

$$\boldsymbol{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1(0) - |H_1(5j)|\cos\left(5t + \arg\left(H_1(5j)\right)\right) \\ H_2(0) - |H_2(5j)|\cos\left(5t + \arg\left(H_2(5j)\right)\right) \end{bmatrix} \simeq \begin{bmatrix} \dfrac{1}{3} - 0.211\cos(5t - 1.3416) \\ -\dfrac{1}{3} - 0.0414\cos(5t + 0.4266) \end{bmatrix}.$$

Particolarizzando lo stato in $t = -1$ (istante di chiusura dell'interruttore) si ottiene $\boldsymbol{x}(5) = \begin{bmatrix} 0.1227 & -0.3276 \end{bmatrix}^T$. Per $t \geq -1$, invece, fissato $k = -2$, le matrici del sistema in forma i-s-u in (1.2) sono pari a

$$\boldsymbol{A}_2 = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ -1 & 1 \end{bmatrix},\ \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix},\ \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix},\ d = 0.$$

Gli autovalori di $\boldsymbol{A}_2$ sono pari a $\lambda_{2,1,2} = \pm j$. Il sistema è dunque solo semplicemente stabile, coerentemente con quanto visto precedentemente nel quesito b). Ricordando che il sistema è stazionario, l'uscita è ora calcolabile come se l'istante di inizio osservazione fosse $t_0 = 0$, ovvero

$$y_2(t) = \mathscr{L}^{-1}\left[\boldsymbol{c}(s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A}_2)^{-1}\boldsymbol{x}_0(-1) + \boldsymbol{c}(s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A}_2)^{-1}\boldsymbol{b}U(s)\right], \tag{1.3}$$

salvo poi operare una traslazione temporale di -1 s per ottenere il caso in esame con $t_0 = -1$ s. Pertanto, essendo $U(s) = \frac{1}{s} - \frac{s}{s^2+25}$, sostituendo le matrici e la trasformata dell'ingresso in (**??**), si ottiene

$$y_2(t) = \mathscr{L}^{-1}\left[\frac{0.6552s + 0.9006}{s^2+1} + \frac{2}{s(s^2+1)} - \frac{2s}{(s^2+1)(s^2+25)}\right] \simeq 2 + 1.6884\sin(t - 1.0082) + \frac{1}{12}\cos(5t).$$

Applicando la traslazione nel tempo, la risposta complessiva del sistema $\forall t \in \mathbb{R}$ risulta pari a

$$y(t) \simeq \begin{cases} \dfrac{2}{3} - 0.0828\cos(5t - 2.715),\ t < -1, \\ \\ 2 + 1.6884\sin((t+1) - 1.0082) + \dfrac{1}{12}\cos(5(t+1)),\ t \geq -1. \end{cases}$$

2 Esercizio

La forma ingegneristica di tale funzione di trasferimento è pari a

$$G(s) = 10\frac{s(s^2+1)}{\left(\frac{s}{0.1}+1\right)\left(\frac{s}{10}+1\right)^2\left(\frac{s^2}{400}+1\right)}.$$

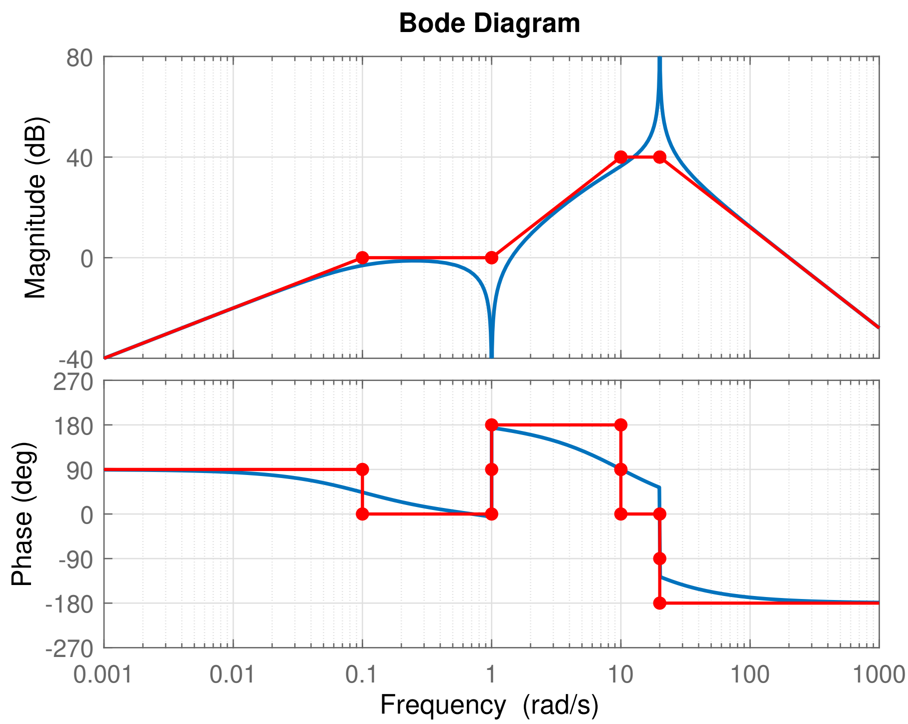


Figura 2.1: Diagramma di Bode della funzione di trasferimento $G(s)$.

Si riconoscono al numeratore un termine monomio ed uno trinomio di molteplicità singola. Al denominatore, invece, vi è un termine binomio di molteplicità singola, un termine binomio di molteplicità doppia e uno trinomio di molteplicità singola. I parametri riguardanti guadagno del sistema, tipo, costanti di tempo, smorzamenti e pulsazioni naturali sono pari a $\mu = 10$, $g = -1$, $\alpha_n = 1$ rad/s, $\zeta_1 = 0$, $T_1 = 10$ s, $T_2 = 0.1$ s, $\omega_n = 20$ rad/s, $\xi_1 = 0$. Le pulsazioni di rottura, in ordine crescente, sono quindi pari a $\omega_1 = 1/|T_1| = 0.1$ rad/s, $\omega_2 = \alpha_n = 1$ rad/s, $\omega_3 = 1/|T_2| = 10$ rad/s e $\omega_4 = \omega_n = 20$ rad/s.
Poiché il sistema è di tipo -1, il diagramma dei moduli partirà con un tratto con pendenza pari a 20 dB che va ad intersecare idealmente l'asse delle ordinate in $\omega = 1$ rad/s al valore di 20 dB. La prima pulsazione di rottura è in ω_1 ad opera del termine binomio al denominatore di molteplicità singola. La variazione di pendenza relativa del diagramma asintotico è di -20 dB/decade. Il fattore correttivo in ω_1 per il termine binomio al denominatore di molteplicità singola è di -3 dB. La seconda pulsazione di rottura è in ω_2 ad opera del termine trinomio al numeratore, di molteplicità singola. La variazione di pendenza relativa del diagramma asintotico è di 40 dB/decade. Poiché $\zeta_1 = 0$, vi sarà un asintoto verticale verso $-\infty$. La terza pulsazione di rottura è in ω_3 ad opera del termine binomio al denominatore di molteplicità doppia. La variazione di pendenza relativa del diagramma asintotico è pari a -40 dB/decade. Il fattore correttivo in ω_3 per il termine binomio al denominatore di molteplicità doppia è di -6 dB. La quarta pulsazione di rottura è in ω_4 ad opera del termine trinomio al denominatore di molteplicità singola. La variazione di pendenza relativa del diagramma asintotico è di -40 dB/decade. Poiché $\xi_1 = 0$, vi sarà un asintoto verticale verso $+\infty$.
Il diagramma delle fasi tiene conto delle solite tecniche di tracciamento. Quindi, il grafico parte da 90 deg siccome il guadagno $\mu > 0$ e il sistema è di tipo -1. Il termine binomio al denominatore, di molteplicità singola, apporta un salto relativo del diagramma asintotico di -90 deg alla relativa pulsazione di rottura. Il termine trinomio al numeratore, di molteplicità singola e smorzamento nullo, apporta un salto relativo del diagramma asintotico di ± 180 deg alla relativa pulsazione di rottura ω_2. In particolare, in ω_2 il diagramma asintotico ha un valore di ± 90 deg. Il termine binomio al denominatore, di molteplicità doppia, apporta un salto relativo del diagramma asintotico di -180 deg alla relativa pulsazione di rottura. Il termine trinomio al denominatore, di molteplicità singola e smorzamento nullo, apporta un salto relativo del diagramma asintotico di ± 180 deg alla relativa pulsazione di rottura ω_4. Data la prossimità del precedente punto di rottura, il cui contributo non si sarà del tutto estinto, il salto in ω_4 partirà da un valore di circa 53 deg. I raccordi corrispondenti sono disegnati come tratti di arcotangente. Per effetto di questi contributi, il diagramma

delle fasi termina con un tratto piatto pari a −180 deg.

3 Esercizio

La funzione di trasferimento del sistema è pari a

$$G(s) = \mathscr{L}[g_y(t)] = \frac{s(s+1)}{(s+2)(s+5)}.$$

Il sistema è asintoticamente stabile, quindi ammette risposta a regime. Dato il segnale di ingresso si ha

$$y_r(t) = G(-4)e^{-4t} - |G(3j)|\cos(3t-\pi/4+\arg(G(3j))) \simeq -18e^{-4t} - 0.4512\cos(3t+0.5112).$$

Si noti come non si è calcolato il termine a regime per il pezzo costante perché c'è uno zero nell'origine in $G(s)$, quindi $G(0) = 0$.

4 Esercizio

Per prima cosa, si calcola la funzione di trasferimento del sistema come

$$G(s) = \mathscr{L}[g_y(t)] = 1 + \frac{109}{99}\left(\frac{1}{s+0.1} - \frac{1}{s+10}\right) = \frac{s^2+10.1s+11.9}{s^2+10.1s+1}$$

La forma i-s-u associata è pari a

$$\begin{aligned} \boldsymbol{x}(t) &= \boldsymbol{A}\boldsymbol{x}(t) + \boldsymbol{b}u(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -10.1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \\ y(t) &= \boldsymbol{c}\boldsymbol{x}(t) + du(t) = \begin{bmatrix} 10.9 & 0 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + u(t). \end{aligned}$$

Gli autovalori del sistema sono pari a $\lambda_1 = -10$ e $\lambda_2 = -0.1$. Il sistema è quindi del secondo ordine dove λ_2 è dominante in quanto il modo naturale associato è il più lento e c'è più di ordine di grandezza con λ_1. Inoltre, gli zeri del sistema si trovano in -1.3618 e -8.7382 che sono alla sinistra del polo dominante, con oltre un ordine di grandezza di differenza, e quindi non alterano di molto le dinamiche del sistema. Il sistema si può quindi approssimare ad un sistema del primo ordine con costante di tempo pari a $1/|\lambda_2| = 10$ s. Il tempo di assestamento all'1% del sistema alla risposta allo salino è quindi pari a $t_{a1} \simeq 48$ s. Ricordando la formula pratica per la scelta del periodo di campionamento

$$\frac{t_{a1}}{10\alpha} \le T_s \le \frac{t_{a1}}{\alpha},$$

con $\alpha \in [5,10]$. Scegliendo $\alpha = 10$ si ottiene $0.48 \le T_s \le 4.8$. Da qui, si vede che la scelta di $T_s = 1$ s è accettabile.
Il determinante della matrice $\boldsymbol{A}$ è diverso da zero e la matrice è dunque invertibile. Le matrici della forma i-s-u del sistema a dati campionati associato sono pari a

$$\begin{aligned} \boldsymbol{A}^\star &= e^{\boldsymbol{A}T_s} = \mathscr{L}^{-1}[(s\boldsymbol{I}_2 - \boldsymbol{A})^{-1}]|_{t=T_s} \simeq \begin{bmatrix} 1.0101e^{-0.1T_s} - 0.0101e^{-10T_s} & 0.1010(e^{-0.1T_s} - e^{-10T_s}) \\ 0.1010(e^{-10T_s} - e^{-0.1T_s}) & 1.0101e^{-10T_s} - 0.0101e^{-0.1T_s} \end{bmatrix} \\ \boldsymbol{b}^\star &= \boldsymbol{A}^{-1}\left(\boldsymbol{A}^\star - \boldsymbol{I}_2\right)\boldsymbol{b}. \end{aligned}$$

Svolgendo i conti si ottiene

$$\boldsymbol{A}^\star \simeq \begin{bmatrix} 0.9140 & 0.0914 \\ -0.0914 & -0.0091 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{b}^\star \simeq \begin{bmatrix} 0.086 \\ 0.0914 \end{bmatrix}.$$

La matrice dell'uscita e quella di accoppiamento diretto restano invariate.

ELABORATO TECNICO - TRACCIA N.1 (MATRICOLE PARI)

Risolvere il quesito di seguito riportato utilizzando unicamente lo strumento software Matlab e/o Simulink. Non calcolare nulla a parte su supporti cartacei. Il file generato va consegnato entro il giorno antecedente la prova orale tramite email all'indirizzo del docente con oggetto *[TSI-FSD][Elaborato tecnico]- Cognome Nome Matricola*. In caso di problemi, il discente deve portare un drive USB il giorno della seduta orale. In caso di più files generati, compattare tutto in un file ZIP. ATTENZIONE: nel caso si utilizzi Simulink, salvare il file con compatibilità per la *versione 10.7*. A scanso di equivoci, portare il proprio PC con la versione di Simulink utilizzata.

Sia dato il sistema LTI a tempo continuo caratterizzato dalle seguenti matrici

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ k+1 & -1 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix}, \ d = 0,$$

con $k \in \mathbb{R}$.

- Si scriva uno script per il quale si determinino le proprietà di stabilità asintotica, stabilità semplice ed instabilità del sistema, nonché le proprietà di osservabilità e raggiungibilità, quando il parametro k è nell'intervallo $[-5,5]$.
- Posto $k = -1$, si disegnino i diagrammi di Bode e di Nyquist del sistema.
- Posto $k = -2$, si disegni il valore dell'uscita del sistema quando ad esso è sottoposto l'ingresso $u(t) = 1 - \cos(5t)$, con $t \in [-10,10]$ s.

Infine, usando i comandi **laplace** e/o **ilaplace**, si calcoli la funzione di trasferimento del sistema quando la risposta impulsiva è $g_y(t) = \frac{2}{3}e^{-2t} - \frac{20}{3}e^{-5t} + \delta(t)$. Per tale sistema, si disegni la risposta dell'uscita all'ingresso $u(t) = (-5 + 3e^{-4t} + \cos(3t - \pi/4))\delta_{-1}(t)$ nell'intervallo di tempo $t \in [0,10]$ s.

ELABORATO TECNICO - TRACCIA N.2 (MATRICOLE DISPARI)

Risolvere il quesito di seguito riportato utilizzando unicamente lo strumento software Matlab e/o Simulink. Non calcolare nulla a parte su supporti cartacei. Il file generato va consegnato entro il giorno antecedente la prova orale tramite email all'indirizzo del docente con oggetto *[TSI-FSD][Elaborato tecnico]- Cognome Nome Matricola*. In caso di problemi, il discente deve portare un drive USB il giorno della seduta orale. In caso di più files generati, compattare tutto in un file ZIP. ATTENZIONE: nel caso si utilizzi Simulink, salvare il file con compatibilità per la *versione 10.7*. A scanso di equivoci, portare il proprio PC con la versione di Simulink utilizzata.

Sia dato il sistema LTI a tempo continuo caratterizzato dalle seguenti matrici

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ k+1 & 1 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \ \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \end{bmatrix}, \ d = 0,$$

con $k \in \mathbb{R}$ un parametro. Far variare k nell'intervallo $[-10,10]$, con passo significativo, e classificare automaticamente la proprietà di stabilità, raggiungibilità e osservabilità del sistema.
Sia dato il sistema LTI a tempo continuo caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento

$$G(s) = 4 \cdot 10^4 \frac{s^3 + s}{(s+0.1)(s^2+20s+100)(s^2+400)}.$$

Si disegnino i diagrammi di Bode e di Nyquist del sistema. Si determini la banda passante a 3 dB del sistema.
Infine, scrivere una rappresentazione i-s-u dello stesso.