



תורת הבקרה (035188)

דוגמאות בחינות סופיות

10 ביולי 2023

כ"א בתמוז, תשפ"ג

חלק א'

שיטות בתחום התדר

שאלה מס' 1

הציעו מערכת מסדר ראשון שבהוספתה לחוג הפתוח יתווסף פיגור פאזה של 170° בתדר מסויים.

מכיוון, $G(s) =$ _____

שאלה מס' 2

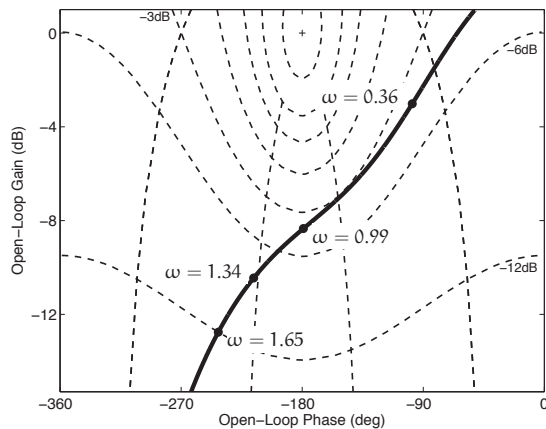
איור 1 (א) מציג את תיאור ניקולס של פונקציית החוג הפתוח $L(s)$. מה תחום רוחב הסרט של פונקציית הרגישות המשלימה, ההזוק ביותר שניתן להגיע אליו על בסיס הנתונים באיור?

מכיוון, $\omega_b \in$ _____

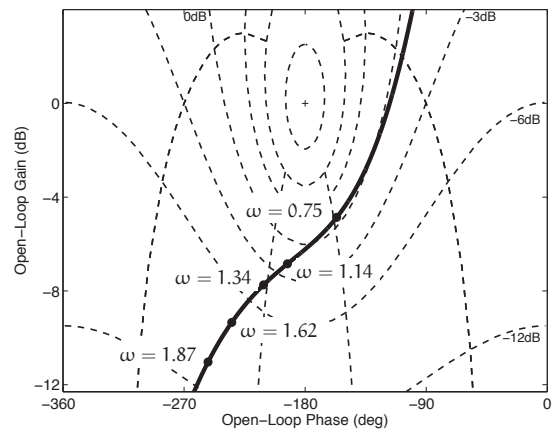
שאלה מס' 3

איור 1 (ב) מציג את תיאור ניקולס של פונקציית החוג הפתוח $L(s)$. מה תחום רוחב הסרט של פונקציית הרגישות המשלימה, ההזוק ביותר שניתן להגיע אליו על בסיס הנתונים באיור?

מכיוון, $\omega_b \in$ _____

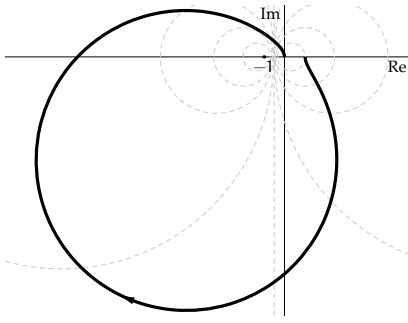


(ב)

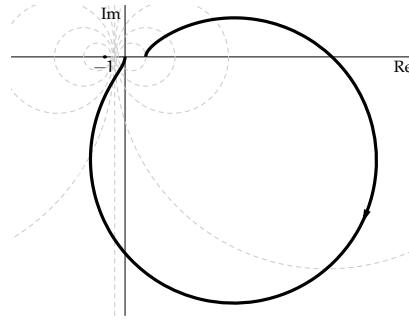


(א)

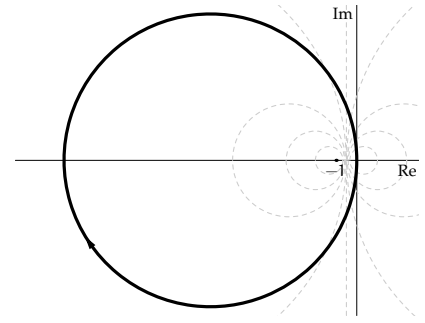
איור 1: ניקולס



$P_3(s)$ (ג)

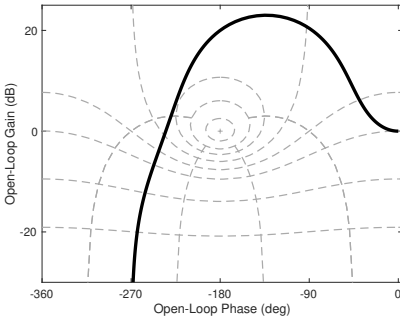


$P_2(s)$ (ב)

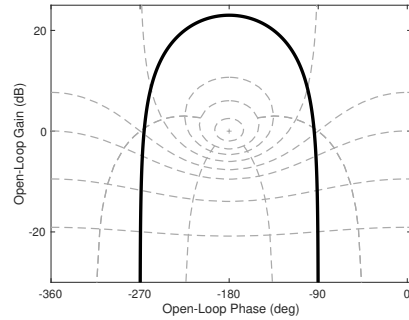


$P_1(s)$ (א)

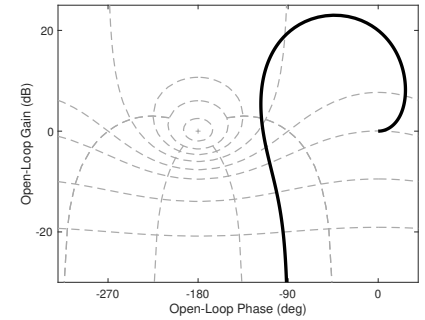
איור 2: עקומים פולריים



$P_\gamma(s)$ (ג)



$P_\beta(s)$ (ב)



$P_\alpha(s)$ (א)

איור 3: דיאגרמות ניקולס

שאלה מס' 4

בציורים 2 ו-3 נתונים תיאורים פולריים ודיאגרמות ניקולס של שלושה תהליכים יציבים. שייכו ביניהם.

- _____ מכיוון $P_\alpha = P_\gamma$
- _____ מכיוון $P_\beta = P_\alpha$
- _____ מכיוון $P_\gamma = P_\beta$

שאלה מס' 5

עבור כל אחד משלושת התהליכים בציור 3, האם קיים משוב יציאה מהצורה $u = -ky$ עם $|k| \geq 1$, עבורו החוג הסגור יציב? במידה והתשובה חיובית, תנו דוגמא למשוב מסוג זה.

- _____ $|k| \geq 1$ המיצב את P_α כן / לא קיים, מכיוון
- _____ $|k| \geq 1$ המיצב את P_β כן / לא קיים, מכיוון
- _____ $|k| \geq 1$ המיצב את P_γ כן / לא קיים, מכיוון

שאלה מס' 6

מהי אמפליטודת תגובת התדרות של מסנן באטרוררת' מסדר 2 עם רוחב סרט 2?

$$|F(j\omega)| = \underline{\hspace{2cm}}$$

שאלה מס' 7

תהי $L(s) = \frac{b_1 s + 1}{s^2 + s + 1}$ עבור $b_1 \geq 0$ כלשהו. הציעו b_1 אפשרי עבורו $\int_0^\infty \ln|S(j\omega)| d\omega = 0$, כאשר $S(s) = 1/(1 + L(s))$.

$$b_1, \text{ מכיוון} = \underline{\hspace{2cm}}$$

שאלה מס' 8

עבור התהליך $P(s) = s(s-1)/(s^3 + s + 1)$, מהו פולינום האופייני של חוג הסגור $\chi_{cl}(s)$ בעל הדרגה המינימלית, שעלינו לבחור בטכניקת מיקום-קטבים על בסיס מטריצת סילבסטר, כך שקטבי החוג הסגור ימוקמו ב- $s = -1$?

$$\chi_{cl}(s) = \underline{\hspace{2cm}}$$

שאלה מס' 9

עבור התהליך $P(s) = s(s-1)/(s^3 + s + 1)$, מהו פולינום האופייני של חוג הסגור $\chi_{cl}(s)$ בעל הדרגה המינימלית, שעלינו לבחור בטכניקת מיקום-קטבים על בסיס מטריצת סילבסטר, כך שקטבי החוג הסגור ימוקמו ב- $s = -1$ והבקר כולל אינטגרטור?

$$\chi_{cl}(s) = \underline{\hspace{2cm}}$$

שאלה מס' 10

האם המערכת $P(s) = (s-10)^3/(s+1)^5$ ניתנת לייצוב חזק (strongly stabilizable)?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 11

האם פונקציית התמסורת $R(s) = \frac{-s^5 + s^4 + s^3 + s^2 - s + 1}{s^5 + s^4 - s^3 + s^2 + s + 1}$ יכולה להיות קירוב פדה של e^{-sh} ?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 12

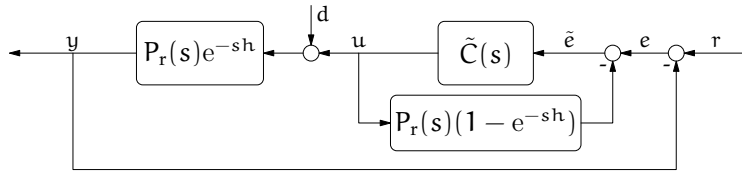
האם פונקציית התמסורת $R(s) = \frac{-s^3 + 6s^2 - 6s + 1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1}$ יכולה להיות קירוב פדה של e^{-sh} ?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 13

מהי פונקציית הרגישות המשלימה (מזו ל-y) עבור המערכת באיור 4, כאשר $\tilde{C}(s) = \frac{s+4}{s+8}$, $P_r(s) = \frac{s+8}{s(s+4)}$ ו- $h = 0.1$?

$$T(s) = \underline{\hspace{2cm}}$$



איור 4: מערכת עם זמן מת

שאלה מס' 14

האם המערכת באיור 4 יציבה פנימית, כאשר $\tilde{C}(s) = 10$, $P_r(s) = \frac{(s+3)^2+4}{(s-1)(s+3)}$ ו- $h = 0.2$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 15

האם המערכת באיור 4 יציבה פנימית, כאשר $\tilde{C}(s) = 10$, $P_r(s) = \frac{7}{s(s+3)^2}$ ו- $h = 0.2$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 16

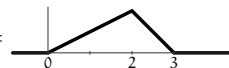
איזו אחת מפונקציות התמסורת להלן אינה FIR:

$$G_3(s) = \frac{1 - 2\pi s - e^{-2\pi s}}{s^2} \quad \text{ו-} \quad G_2(s) = \frac{1 - e^{-2\pi s}}{s^2 + 1} \quad , \quad G_1(s) = \frac{1 - e^{-2\pi s}}{s^2}$$

$G_{-}(s)$, מכיוון

שאלה מס' 17

עבור אלו α_1 ו- α_2 תגובת ההלם של $G(s) = \frac{1 + \alpha_1 e^{-2s} + \alpha_2 e^{-3s}}{2s^2}$ היא $g(t) =$



$\alpha_1 =$ _____ ו- $\alpha_2 =$ _____ מכיוון

שאלה מס' 18

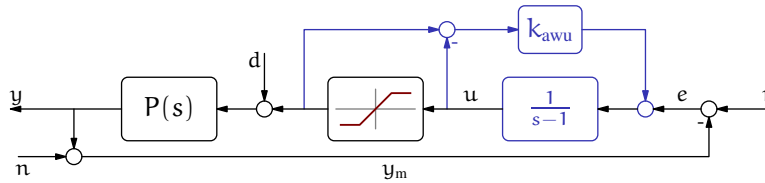
עבור $P(s) = 1/s$, מהו אות הבקרה $u(t)$ המזיז את היציאה מ- $y(0) = 0$ ל- $y(t_f) = 10$ בזמן מינימלי תחת $|u(t)| \leq 1$?

$u(t) =$ _____ מכיוון

שאלה מס' 19

נתונה המערכת $P(s) = (s-1)/(s^2+3s+2)$. האם ניתן למצוא בקר מייצב שיביא לכך שפונקציית הרגישות המשלימה תיראה כך $T(s) = 4/((s+30)(s^2+2\sqrt{2}s+4))$? אם כן, מהו אותו בקר?

כן / לא, מכיוון



איור 5: מערכת בקרה עם מנגנון anti-windup

שאלה מס' 20

נתון כי פונקציית התמסורת $L(s)$ יציבה ומקיימת את הקשר

$$\left| \frac{L(j\omega)}{L_0(j\omega)} - 1 \right| \leq \frac{|\omega|}{3}, \quad \forall \omega$$

עבור $L_0(s)$ ידועה כלשהי. תחת אילו תנאים המערכת בחוג הסגור יציבה לכל $L(s)$ מסוג זה? (אין צורך להסביר)

שאלה מס' 21

נתון תהליך $P(s)$ השייך לקבוצת האי-הודאות

$$\mathfrak{P}_\omega = \left\{ P(j\omega) : \left| \frac{P(j\omega)}{P_0(j\omega)} - 1 \right| \leq \ell_P(\omega) \right\}$$

עבור התהליך הנומינלי

$$P_0(s) = \frac{1}{s(s+1)^2}$$

ורדיוס האי-הודאות $\ell_P(\omega) \geq 0$. האם קיים בקר מייצב $C(s)$ כזה שפונקציית הרגישות המשלימה $T(s) = \frac{P(s)C(s)}{1+P(s)C(s)}$ שייכת לקביצת האי-הודאות

$$\mathfrak{T}_\omega = \left\{ T(j\omega) : \left| \frac{T(j\omega)}{T_0(j\omega)} - 1 \right| \leq \ell_T(\omega) \right\}$$

עבור $T_0(s) = \frac{P_0(s)C(s)}{1+P_0(s)C(s)}$ ו- $\ell_T(\omega) \leq \ell_P(\omega)$ עבור כל ω ?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 22

איור 5 מציג מערכת בקרה עם בקר $C(s) = \frac{1}{s-1}$ ומנגנון אנטי-מתיחה (anti-windup). הציעו ערך אפשרי עבור הגבר מנגנון אנטי-מתיחה, k_{awu} .

$k_{awu} \in$ מכיוון

חלק ב' מרחב המצב

שאלה מס' 23

האם $(A - I)^4 = 0$ עבור $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 1 \end{bmatrix}$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 24

האם זה יתכן ש- $\exp\left(\begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}t\right) = \begin{bmatrix} e^{-t} & e^{2t} \\ 0 & e^{-t} \end{bmatrix}$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 25

חשבו $\Phi(t) = \exp\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}t\right)$. אין צורך להסביר.

$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} & \\ & \end{bmatrix}$$

שאלה מס' 26

האם המטריצה $M = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} > 0$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 27

האם המטריצה $M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} > 0$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 28

מהו עודף קטבים של פונקציית התמסורת $G(s)$ בעלת מימוש מרחב מצב $G : \begin{cases} \dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) \end{cases}$?

_____ , $n - m =$ מכיוון

שאלה מס' 29

נתון $G : \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$. פתחו מימוש במרחב המצב של $2G + 1$ שמימדו שווה לזה של G .

שאלה מס' 30

נתון $G : \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + 2u \end{cases}$. פתחו מימוש במרחב המצב של $(G - 1)^{-1}$ שמימדו שווה לזה של G .

שאלה מס' 31

האם המערכת $\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = u$ יציבה?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 32

נתונה המערכת מסדר שני $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$. ידוע כי קיים חוק בקרה המוביל ל- $x(5) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ מכל $x(0)$. האם מערכת זו בהכרח בקירה (controllable)?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 33

נתונה המערכת מסדר שני $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$. ידוע כי עבור $x(0) = 0$ קיים חוק בקרה המוביל ל- $x(5) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$. האם מערכת זו בהכרח בקירה (controllable)?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 34

האם המערכת הנתונה על ידי $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$ בקירה (controllable)?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 35

בהינתן $X = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ ו- $Y = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$, האם המטריצה $\int_0^{0.00001} e^{Xt} Y Y' e^{X't} dt$ סגולרית (כלומר לא הפיכה)?

סגולרית / לא סגולרית, מכיוון

שאלה מס' 36

מהו המוד הבלתי בקיר (uncontrollable mode) של הזוג $(\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix})$?

$\lambda =$ _____, מכיוון

שאלה מס' 37

האם המימוש עם $A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ ו- $C = [1 \ 1]$ מינימלי?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 38

נתון המימוש הלא מינימלי הבא. הציעו מימוש מינימלי חלופי השומר על אותו קשר כניסה-יציאה.

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = [0 \ 1] x \end{cases}$$

שאלה מס' 39

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 4.5 & 1 & 9 \\ 0 & 2 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -0.5 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

האם המערכת (stabilizable) ברת ייצוב?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 40

תכנן הגבר משוב מצב הממקם את כל הערכים העצמיים של החוג הסגור ב -1 עבור המערכת

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$K =$ מכיוון

שאלה מס' 41

האם $T_{yr}(s) = 1/(s+1)^3$ יכולה להיות פונקציית התמסורת בחוג סגור עבור משוב מצב המייצב את $P(s) = (s+2)/s^4$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 42

האם $T_{yr}(s) = 1/(s+2)^4$ יכולה להיות פונקציית התמסורת בחוג סגור עבור משוב מצב המייצב את $P(s) = (s+2)/s^4$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 43

משערך Luenberger סטנדרטי של המערכת

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), & x(0) = x_0, \\ y(t) = Cx(t) \end{cases}$$

נתון ע"י

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L(y(t) - C\hat{x}(t)), \quad \hat{x}(0) = 0.$$

ידוע כי במקרה זה, שגיאת השיערוך $e(t) \doteq x(t) - \hat{x}(t)$ אינה תלויה באות הבקרה $u(t)$, וניתן להשפיע על אופי התכנסות השיערוך ע"י בחירת ההגבר L , כל עוד הצמד (C, A) אובזרוובילי. הציעו משערך למערכת מהצורה

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t), & x(0) = x_0, \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases}$$

שיהיה בעל תכונות זהות (שגיאת השיערוך לא תלויה ב- $u(t)$, וניתן להשפיע על אופי התכנסות השיערוך ע"י בחירת פרמטר תכנן). הוכיחו בקצרה דרך כתיבת משוואה דיפרנציאלית עבור שגיאת השיערוך $e(t)$.

שאלה מס' 44

האם המטריצה $\bar{X} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$ היא הפתרון המייצב של משוואת ריקטי הבאה:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \bar{X} + \bar{X} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} - \bar{X} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \bar{X} = 0?$$

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 45

האם המטריצה $\bar{X} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ היא הפתרון המייצב של משוואת ריקטי הבאה:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \bar{X} + \bar{X} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{2} \bar{X} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \bar{X} = 0?$$

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 46

האם קיימת טרנספורמציה דמיון הקושרת את מימושי מרחב המצב הבאים:

$$\begin{cases} \dot{x}_2(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} x_2(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x_2(t) \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} \dot{x}_1(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x_1(t) \end{cases}$$

הסבירו בקצרה. אם קיימת העתקה כזו, מצאו את מטריצת ההעקה, T.

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 47

האם קיימת טרנספורמציה דמיון הקושרת את מימושי מרחב המצב הבאים:

$$\begin{cases} \dot{x}_2(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x_2(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x_2(t) \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} \dot{x}_1(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} x_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x_1(t) \end{cases}$$

אם קיימת העתקה כזו, מצאו את מטריצת ההעקה, T.

כן / לא, מכיוון

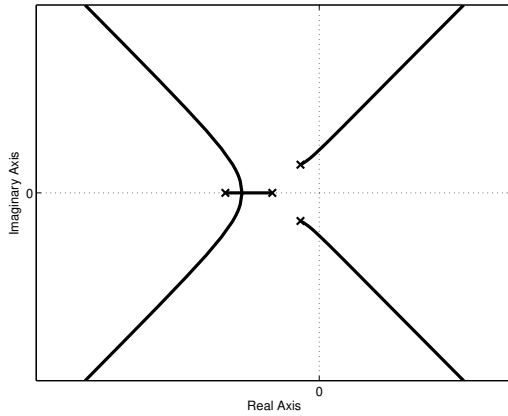
שאלה מס' 48

פונקציית התמסורת של החוג הפתוח עבור מערכת עם משוב מצב אופטימלי, $u = Kx$, שנמצא בשיטת LQR עם $S = 0$ נתונה על ידי $L(s) = -K(sI - A)^{-1}B$. האם $L(s) = 1/(s+1)^2$ זו אפשרות קבילה?

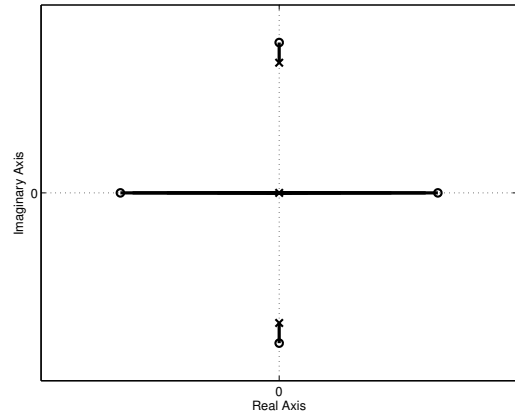
שאלה מס' 49

פונקציית התמסורת של החוג הפתוח עבור מערכת עם משוב מצב אופטימלי, $u = Kx$, שנמצא בשיטת LQR עם $S = 0$ נתונה על ידי $L(s) = -K(sI - A)^{-1}B$. האם $L(s) = (s-1)/(s+1)^2$ זו אפשרות קבילה?

כן / לא, מכיוון



(ב)



(א)

איור 6: מג"שים

שאלה מס' 50

האם מימוש במרחב המצב מסדר שלישי לפונקציית החוג הפתוח $L(s) = P(s)C(s)$, כאשר התהליך נתון על ידי $P(s) = 1/(s^2 + 2s + 1)$ והבקר נתון על ידי $C(s) = (2s + 2)/(s + 4)$ (בקר קידום), הוא מינימלי?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 51

האם המג"ש באיור 6 (א) יכול להיות את המג"ש של $1 + \frac{1}{r}P(-s)QP(s) = 0$ עבור $r > 0$ ו- $Q \geq 0$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 52

האם המג"ש באיור 6 (ב) יכול להיות את המג"ש של $1 + \frac{1}{r}P(-s)QP(s) = 0$ עבור $r > 0$ ו- $Q \geq 0$?

כן / לא, מכיוון

שאלה מס' 53

נתונה המערכת $P(s) = 1/(s^2 - a^2)$ כאשר $a < 0$. כתבו מימוש למערכת, ותכננו משוב מייצב $u(t) = Kx(t)$, עבורו אנרגיית אות הבקרה, $\int_0^\infty u^2(t)dt$, הינה מינימלית.

שאלה מס' 54

כתבו פונקציית מחיר ריבועית שהבאתה למינימום מבטיחה כי הקטבים של החוג הסגור ישוייכו לקבוצה $\{s \mid \text{Res} < -2\}$.

שאלה מס' 55

שוויון החזר ההפרשים (return-difference equality) של בעיית משוב LQR עם $S = 0$ נתון על ידי

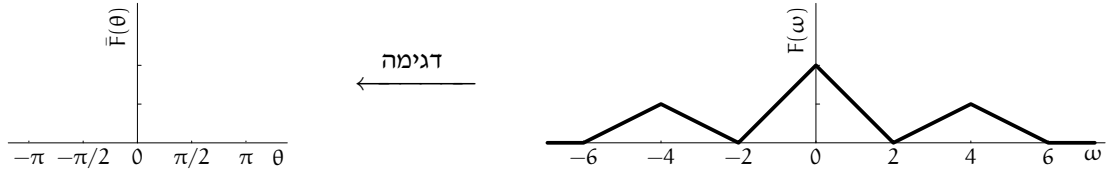
$$1 + \frac{1}{r}B'(-j\omega I - A')^{-1}Q(j\omega I - A)^{-1}B = |1 + L(j\omega)|^2,$$

כאשר $L(s) = -K(sI - A)^{-1}B$ היא פונקציית התמסורת של החוג הפתוח. הוכיחו כי למערכת עם בקר ה-LQR עודף פאזה של 60° לפחות.

חלק ג' מערכות דגומות

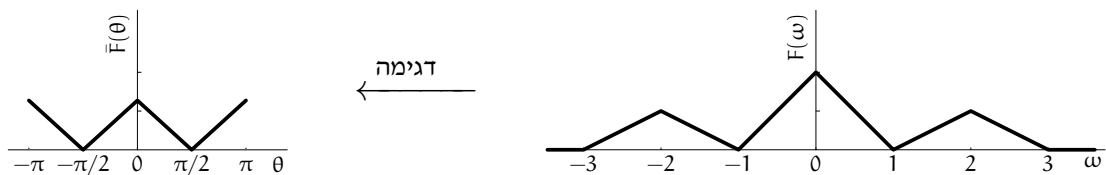
שאלה מס' 56

ספקטרום של אות אנלוגי $f(t)$ מוצג באיור מטה. ציירו את הספקטרום של האות הדגום $\bar{f}[i] = f(ih)$ עבור זמן הדגימה $h = \frac{\pi}{4}$.



שאלה מס' 57

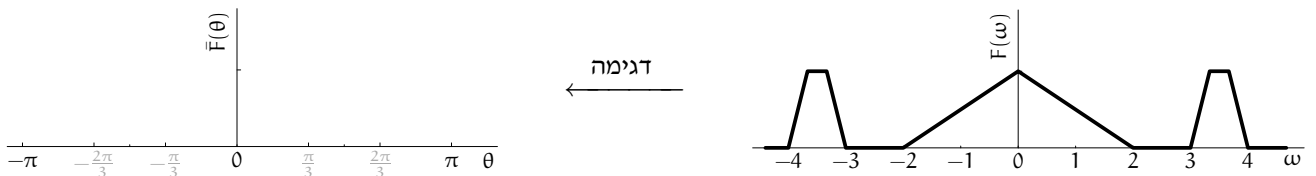
הספקטרום של אות אנלוגי $f(t)$ ושל הגירסה הדגומה שלו $\bar{f}[i] = f(ih)$ מוצגים באיור מטה. מהו זמן הדגימה?



שאלה מס' 58

טווח השמיעה התקין במבוגר הוא $20 \div 20,000$ Hz. בחרו תדירות מעבר למסנן antialiasing אידאלי הממוקם במיקרופון לפני קידוד ההקלטה במחשב. הסבירו את בחירתכם.

$\omega_b, \omega_b =$ מכיוון _____



איור 7: ספקטרום של $f(t)$

שאלה מס' 59

ציור 7 מציג את הספקטרום של אות ממשי רציף $f(t)$. מהו זמן הדגימה המירבי h עבורו ניתן לשחזר במדויק את האות הרציף $f(t)$ מתוך הדגימות $\bar{f}[i] = f(ih)$? ציירו את הספקטרום של $\bar{f}[i]$ עבור ערך h שבחרתם.

$h_{max}, h_{max} =$ מכיוון _____

שאלה מס' 60

האם $\bar{C}(z) = (z^2 + z + 1)/(z^2 + 4z + 4)$ יכול להיות קירוב טוסטין של $C(s) = (s + 1)/(s^2 + 3s + 1)$ עבור זמן דגימה כלשהו?

כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 61

האם $\bar{C}(z) = (z^2 + z + 1)/(z - 1)^2$ יכול להיות קירוב טוסטין של $C(s) = (s + 1)/s^2$ עבור זמן דגימה כלשהו?
כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 62

האם $\bar{C}(z) = (z + 1)^4/(3z - 1)^4$ יכול להיות קירוב טוסטין של $C(s) = (s + 1)^3/(s + 2)^4$ עבור זמן דגימה כלשהו?
כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 63

האם $\bar{P}(z) = (z + 1)^4/(3z - 1)^4$ יכולה להיות המערכת הבדידה השקולה ל- $P(s) = (s + 2)^3/(s + 1)^4$ עבור זמן דגימה כלשהו?
כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 64

האם $\bar{P}(z) = (z + 1)^3/(z - 1)^4$ יכולה להיות המערכת הבדידה השקולה ל- $P(s) = (s + 2)^3/(s + 1)^4$ עבור זמן דגימה כלשהו?
כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 65

תחת אילו תנאים המערכת $x[t + 1] = \frac{4}{3+4a^2}x[t] + \pi^8 u[t]$ תהיה יציבה?

_____ $|a| \in$ מכיוון _____

שאלה מס' 66

האם קיים זמן דגימה, h , עבורו המערכת הבדידה המופיעה מטה היא המערכת הבדידה השקולה למערכת הרציפה?

$$\bar{x}[i + 1] = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0 & 0.25 \end{bmatrix} \bar{x}[i] + \begin{bmatrix} 1.72 \\ 0 \end{bmatrix} \bar{u}[i] \quad \leftarrow \quad \dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 4 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

כן / לא, מכיוון _____

שאלה מס' 67

איזה זמן דגימה h הוא פתולוגי עבור מערכת עם פונקציית התמסורת $G(s) = s/(s^2 - 1)$?

_____ $h =$ מכיוון _____

דף נוסחאות¹

• קבועים: $\pi = 3.1415926535897932385$, $e = 2.7182818284590452354$

• טור טיילור: $F(s) = F(0) + \frac{F'(0)}{1!}s + \frac{F''(0)}{2!}s^2 + \frac{F'''(0)}{3!}s^3 + \dots$

• אינטגרל הרגישות של בודה: אם עודף קטבים של $L(s)$ לפחות 2, אז

$$\int_{-\infty}^{\infty} \ln|S(j\omega)| = \begin{cases} 0 & \text{אם } L(s) \text{ יציבה} \\ \pi \sum_i \text{Re } p_i & \text{אחרת} \end{cases}$$

• נוסחת אקרמן: $K = -[0 \ \dots \ 0 \ 1] M_c^{-1} \chi_{cl}(A)$

• חוק הבקרה האופטימלי (LQR) בזמן רציף הוא $\dot{u} = -R^{-1}(S' + B'\bar{X})x$, כאשר $\bar{X} = \bar{X}' \geq 0$ הוא פתרון מייצב של משוואת ריקאטי

$$\begin{bmatrix} Q & S \\ S' & R \end{bmatrix} \geq 0 \text{ ו- } R > 0 \text{ כאשר } A'\bar{X} + \bar{X}A + Q - (S + \bar{X}B)R^{-1}(S' + B'\bar{X}) = 0,$$

• דיסקרטיזציה:

$$\bar{x}[i+1] = e^{A_h} \bar{x}[i] + \int_0^h e^{A^t} dt B \bar{u}[i] \quad \leftarrow \quad \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

¹לא לפבלב בשימושן (התניה פבלובית היא תהליך למידה שבו גירוי נייטרלי נלמד מעורר אצל אדם או בעל חיים תגובה רפלקסיבית)