

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"א, 2011

סמל השאלון: 711913

נספחים: א. נספח לשאלה 2

ב. נוסחאון במערכות בקרה

לכיתה י"ד

ג. נוסחאון בתקשורת מחשבים

לכיתה י"ד

מערכות תקשורת ובקרה ה'

למתמחים במערכות אלקטרוניות במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

(כיתה י"ד)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה: בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות.
יש להשיב על **ארבע שאלות בלבד**, שאלה אחת לפחות מכל פרק.

לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
3. רשום את כל תשובותיך **אך ורק בעט**.
4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 9 עמודים ו-12 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

elec4u.co.il

השאלות

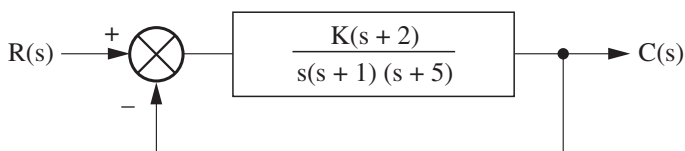
ענה על ארבע מבין השאלות 1–8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: מערכות בקרה

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.

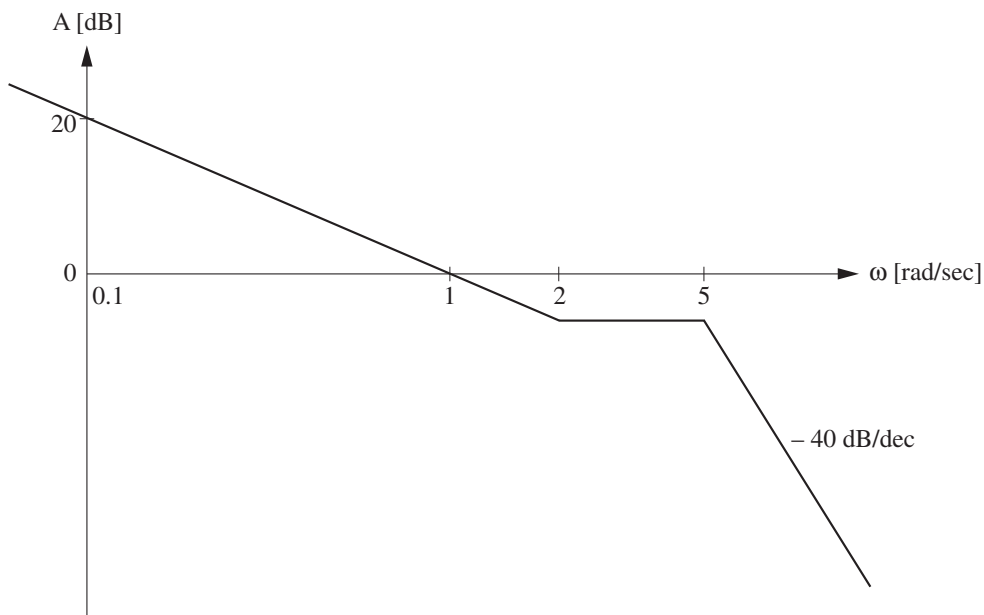


איור לשאלה 1

- א. 1. מצא את הקטבים ואת האפסים של המערכת בחוג פתוח.
2. מצא את מרכז האסימפטוטות של המערכת.
3. סרטט את המ.ג.ש. (Root Locus) של המערכת הנתונה:
את האסימפטוטות – בקו מקווקו, ואת עקום המ.ג.ש. – בקו מלא.
- ב. מצא את ערכו של ההגבר K , שעבורו הנקודות $s = -1 \pm j\sqrt{2}$ יימצאו על עקום המ.ג.ש.
- ג. מצא את מקדם הריסון של המערכת בנקודות הללו, עבור ההגבר K שחישבת בסעיף ב'.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון גרף בודה אסימפטוטי, המתאר את הגבר החוג הפתוח של מערכת בקרה כפונקציה של התדר הזוויתי. המערכת פועלת בחוג סגור עם משוב יחידה.



איור לשאלה 2

א. קבע על-פי הגרף את:

1. ההגבר K של פונקציית התמסורת.

2. פונקציית התמסורת של המערכת.

ב. העתק את הגרף לנייר החצי-לוגריתמי שבנספח לשאלה 2, וסרטט מתחתיו, בהתאמה, גרף בודה אסימפטוטי של מופע המערכת, כפונקציה של התדר הזוויתי.

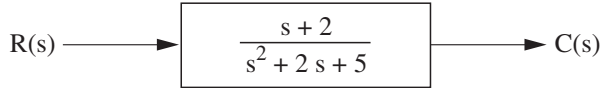
הערה: הדבק את מדבקת הנבחן במקום המיועד לכך בנספח, והדק אותו למחברת הבחינה.

ג. קבע אם מערכת הבקרה הזו יציבה. נמק את קביעתך.

ד. מצא את עודף המופע של המערכת.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתונה פונקציית התמסורת של מערכת בקרה.

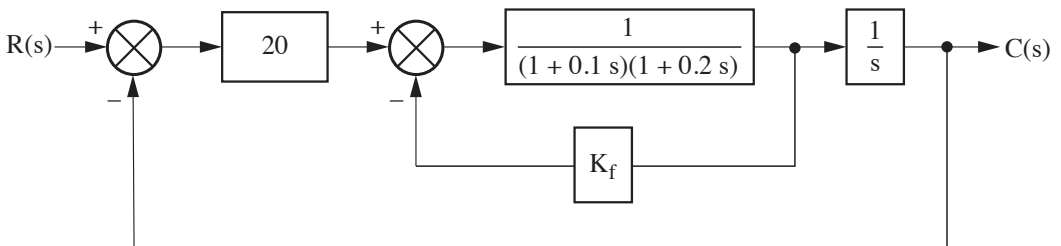


איור לשאלה 3

רשום ביטוי המתאר את תגובת המערכת כפונקציה של הזמן, $C(t)$, עבור אות מבוא של מדרגת יחידה.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



איור לשאלה 4

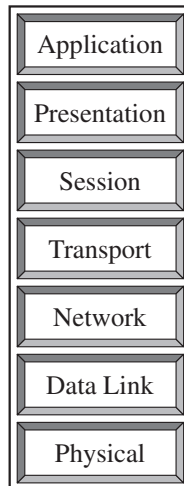
- א. 1. מצא את תחום היציבות של המערכת כפונקציה של K_f .
2. מצא את הגבר המשוב הקריטי K_f^* של המערכת.
- ב. חשב את השגיאה במצב המתמיד, $e(\infty)$, כאשר אות המבוא הוא $R(t) = 0.4t$, והגבר המשוב הוא $K_f = 3 \cdot K_f^*$.

פרק שני: תקשורת מחשבים

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

- א. 1. להלן שלושה אופני זרימת נתונים: Simplex, Half Duplex ו-Full Duplex. הסבר כל אחד מהם.
2. מהם אופני זרימת הנתונים האפשריים בכל אחד מהתקנים RS-232 ו-USB 2.0? נמק את תשובתך.
- ב. באיור לשאלה 5 נתון תיאור גרפי של מודל OSI:



איור לשאלה 5

- הסבר כל אחד מארבעת המושגים הבאים, וקבע איזו שכבה במודל OSI מטפלת באותו מושג. נמק את קביעותיך.
1. קידוד UNICODE
 2. עיוותי הנחתה
 3. CRC
 4. נתב

המשך בעמוד 6

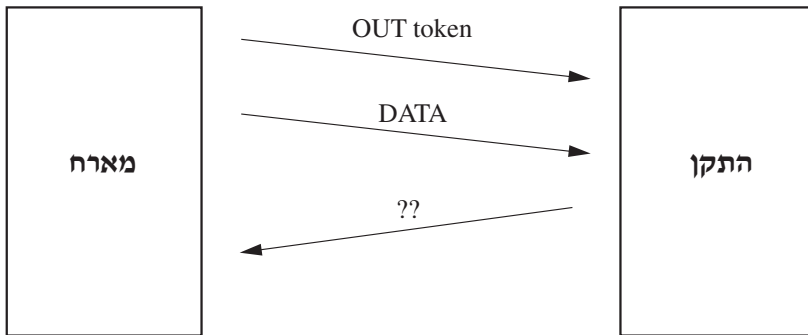
שאלה 6

א. הסבר למה משמשת בתקן USB כל אחת מחבילות "לחיצת יד" (Handshake) : ACK , NAK ו-STALL.

ב. הסבר את תפקידו של כל אחד מחלקי המסגרת שלהלן:

SYNC	PID	DATA	CRC	EOP
------	-----	------	-----	-----

ג. באיור א' לשאלה 6 מתוארת העברה של חבילת נתונים מן המארז אל ההתקן. ההעברה נעשית על-ידי חיבור USB בשיטת Interrupt .



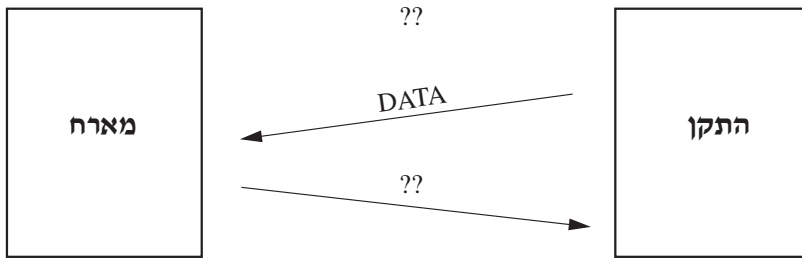
Interrupt OUT Transfer

איור א' לשאלה 6

מהי התגובה האפשרית להודעה המועברת בין ההתקן למארז בכל אחד מן המקרים הבאים:

1. חבילת הנתונים התקבלה תקינה (ללא בעיית CRC).
2. ההתקן עמוס, ואיננו יכול לקלוט את חבילת הנתונים.
3. יש בעיה כלשהי בהעברת הנתונים, למשל: ההוראה שנקלטה בהתקן איננה תקינה.
4. חבילת הנתונים התקבלה כאשר ה-CRC אינו תקין.

ד. באיור ב' לשאלה מתואר נוהל התקשורת כאשר ההתקן מעביר מידע למארח.



איור ב' לשאלה 6

1. מה צריכה להיות ההודעה המקדימה לפני העברת מסגרת הנתונים מן ההתקן למארח, ומי צריך ליזום אותה?
2. מה צריכה להיות התגובה של המארח כאשר המידע התקבל תקין?

שאלה 7

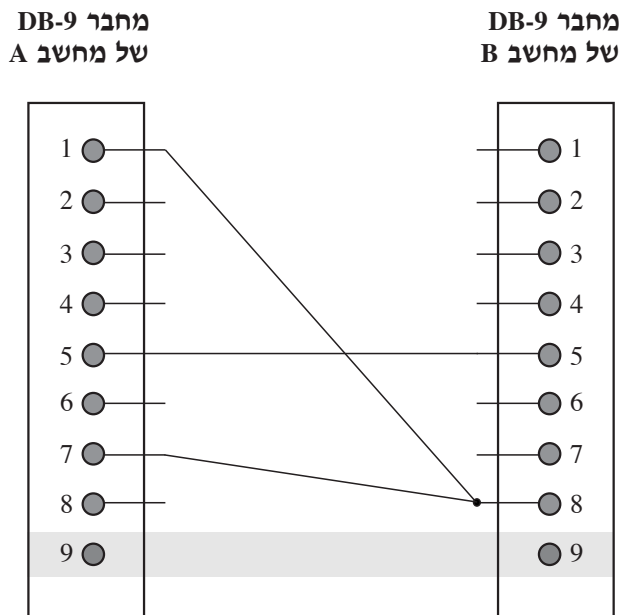
- א. רשום את המנות (הפונקציות) הקיימות במסגרת Supervisory בפרוטוקול HDLC, והסבר למה משמשת כל אחת מהן.
- ב. איזו מבין השיטות לגילוי ותיקון שגיאות (VRC, CRC, שילוב של VRC ו-LRC, קוד המינג) מיושמת בפרוטוקול HDLC? הסבר את העיקרון של השיטה שציינת.
- ג. רשום את הפעולות המתבצעות בתהליך תיקון שגיאה בפרוטוקול HDLC.

שאלה 8

א. הסבר את תפקידו של כל אחד מן ההדקים של מחבר DB-9 במחשב המשתמש בתקן RS-232.

ב. הנך נדרש לחבר בין שני מחשבים בעלי מחבר DB-9, המשתמשים בתקן RS-232 בתקשורת ישירה (ללא מודם).

באיור לשאלה 8 מתוארים המחברים של שני המחשבים. מספרי ההדקים של כל מחבר תואמים לאלו הנתונים בנוסחאון בתקשורת מחשבים.



איור לשאלה 8

העתק את האיור למחברתך, והוסף בו את כל החיבורים הנדרשים בין הדקים 1 ÷ 8 של המחבר במחשב A לבין ההדקים 1 ÷ 8 של המחבר במחשב B לצורך חיבור מלא בין שני המחשבים.

את הדק 9 בכל אחד מן המחשבים – השאר ללא חיבור.

ג. משדרים את אות המידע (LSB) 00111001 (MSB) בעל הפרמטרים שלהלן:

– סיבית זוגיות אי־זוגית (הסיבית התשיעית)

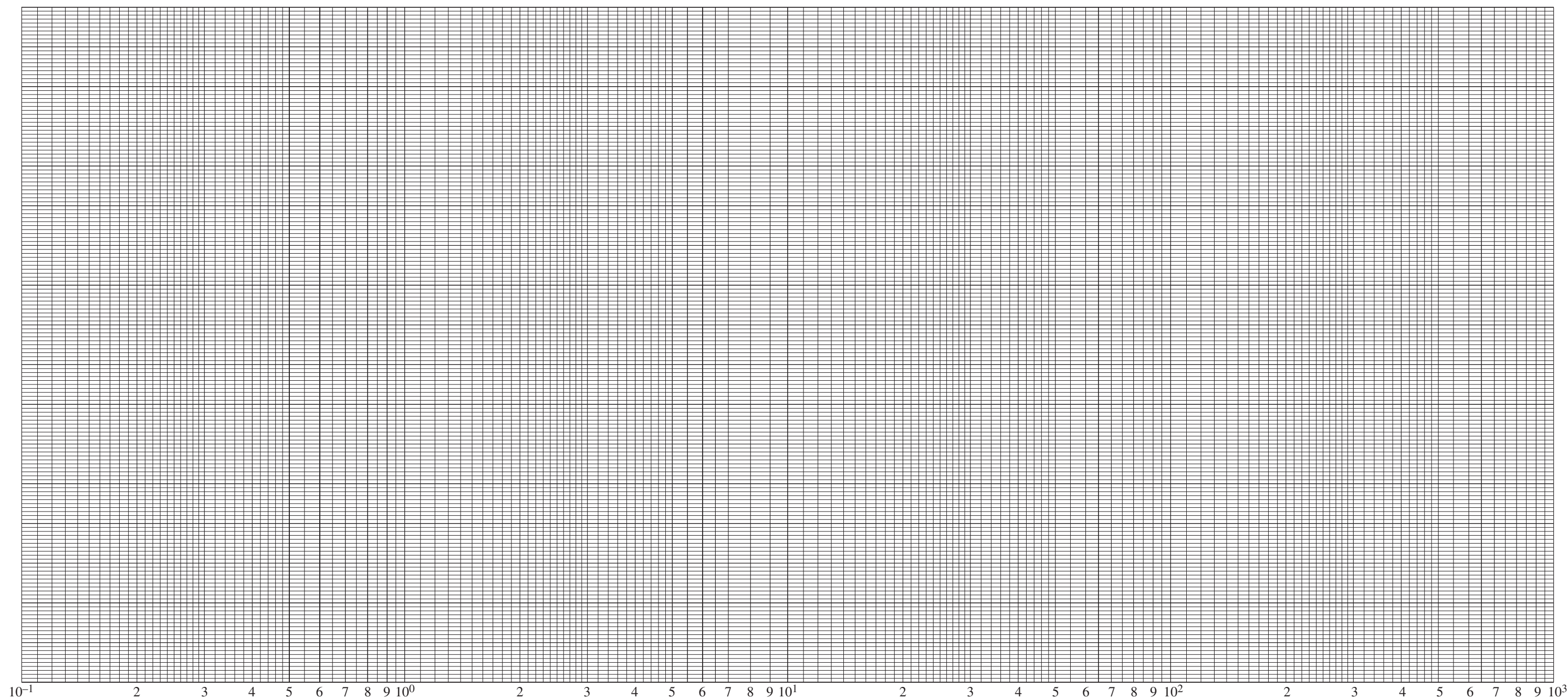
– סיבית עצירה אחת

– מתחי אספקה: $\pm 12\text{ V}$

סרטט את צורת האות כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערכי רמות המתח.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.



אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנחלקת נבחן

נוסחאון במערכות בקרה לכיתה י"ד

התמחות מערכות אלקטרוניות

(8 עמודים)

התמרת לפס

$$\mathcal{L}[f(t)] = \int_0^\infty f(t) e^{-st} dt = F(s)$$

הגדרה:

$$\mathcal{L}[D^n f(t)] = s^n F(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} Df(0) - \dots - D^{n-1} f(0)$$

המרת נגזרת של פונקציה:

$$\mathcal{L}\left[\int_0^t f(\tau) d\tau\right] = \frac{1}{s} F(s) + \frac{1}{s} F(0)$$

המרת אינטגרל של פונקציה:

$$\int_{-\infty}^0 f(\tau) d\tau \quad : \quad t = 0 \quad \text{כאשר } F(0) \text{ הוא ערך האינטגרל בזמן } t = 0$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} sF(s) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$$

משפט הערך הסופי:

$$\lim_{s \rightarrow \infty} sF(s) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t)$$

משפט הערך ההתחלתי:

$$A_{q(r-k)} = \left\{ \frac{1}{k!} \frac{d^k}{ds^k} \left[(s-s_q)^r \frac{P(s)}{Q(s)} \right] \right\}_{s_q}$$

פירוק לשברים חלקיים עם קטבים ממשיים:

r – מספר השורשים הכפולים

$$k = 0, 1, 2, \dots, r-1$$

s_q – השורש

$$F(s) = \frac{20}{(s^2 + 2s + 4)(s + 2)} = \frac{As + B}{s^2 + 2s + 4} + \frac{C}{s + 2}$$

דוגמה לפירוק לשברים חלקיים

עם קוטב מרוכב:

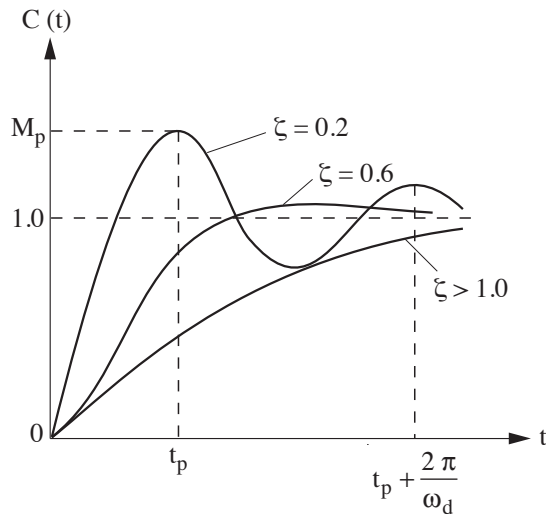
טבלת התמורות לפלס		
	$F(s)$	$f(t)$ $t \geq 0$
1.	1	$u_0(t)$ הלם של יחידה בזמן $t = 0$
2.	$\frac{1}{s}$	1 or $u_{-1}(t)$ מדרגה של יחידה המתחילה בזמן $t = 0$
3.	$\frac{1}{s^2}$	$tu_{-1}(t)$ שיפוע של יחידה
4.	$\frac{1}{s^n}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$ שלם חיובי n
5.	$\frac{1}{s} e^{-at}$	$u_{-1}(t-a)$ מדרגה של יחידה המתחילה בזמן $t = a$
6.	$\frac{1}{s} (1 - e^{-as})$	$u_{-1}(t) - u_{-1}(t-a)$ דופק ריבועי
7.	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
8.	$\frac{1}{(s+a)^n}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$ שלם חיובי n
9.	$\frac{1}{s(s+a)}$	$\frac{1}{a} (1 - e^{-at})$
10.	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$	$\frac{1}{ab} \left(1 - \frac{b}{b-a} e^{-at} + \frac{a}{b-a} e^{-bt} \right)$ $a \neq b$
11.	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$
12.	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos \omega t$
13.	$\frac{s+\alpha}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}{\omega} \sin(\omega t + \phi)$ $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha}$

14.	$\frac{s \sin \theta + \omega \cos \theta}{s^2 + \omega^2}$	$\sin(\omega t + \theta)$	
15.	$\frac{1}{s(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{1}{\omega^2}(1 - \cos \omega t)$	
16.	$\frac{s + \alpha}{s(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{\alpha}{\omega^2} - \frac{\sqrt{a^2 + \omega^2}}{\omega^2} \cos(\omega t + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha}$
17.	$\frac{1}{(s + a)(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{e^{-at}}{a^2 + \omega^2} + \frac{1}{\omega \sqrt{a^2 + \omega^2}} \sin(\omega t + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{a}$
18.	$\frac{1}{(s + a)^2 + b^2}$	$\frac{1}{b} e^{-at} \sin bt$	
19.	$\frac{1}{s^2 + 2 \zeta \omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{1}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t$	
20.	$\frac{s + a}{(s + a)^2 + b^2}$	$e^{-at} \cos bt$	
21.	$\frac{s + \alpha}{(s + a)^2 + b^2}$	$\frac{\sqrt{(\alpha - a)^2 + b^2}}{b} e^{-at} \sin(bt + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{b}{\alpha - a}$
22.	$\frac{1}{s[(s + a)^2 + b^2]}$	$\frac{1}{a^2 + b^2} + \frac{1}{b \sqrt{a^2 + b^2}} e^{-at} \sin(bt - \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{b}{-a}$
23.	$\frac{1}{s(s^2 + 2 \zeta \omega_n s + \omega_n^2)}$	$\frac{1}{\omega_n^2} - \frac{1}{\omega_n^2 \sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t + \phi)$	$\phi = \cos^{-1} \zeta$

טבלת קבועי השגיאה למערכת עם משוב יחידה

מבוא		מדרגה יחידה		שיפוע יחידה		פרבולה	
סוג המערכת	k_p	שגיאת המצב המתמיד	k_v	שגיאת המצב המתמיד	k_a	שגיאת המצב המתמיד	k_a
סוג 0	$\frac{KB_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{1}{1+k_p}$	0	∞	0	∞	0
סוג 1	∞	0	$\frac{KB_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{1}{k_v}$	0	∞	0
סוג 2	∞	0	∞	0	$\frac{KB_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{2}{K_a}$	$\frac{2}{K_a}$

תגובת מערכת מסדר שני, בעלת הגבר סטטי של 1, לאות מבוא של מדרגה יחידה כפונקציה של מקדם הריסון



$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

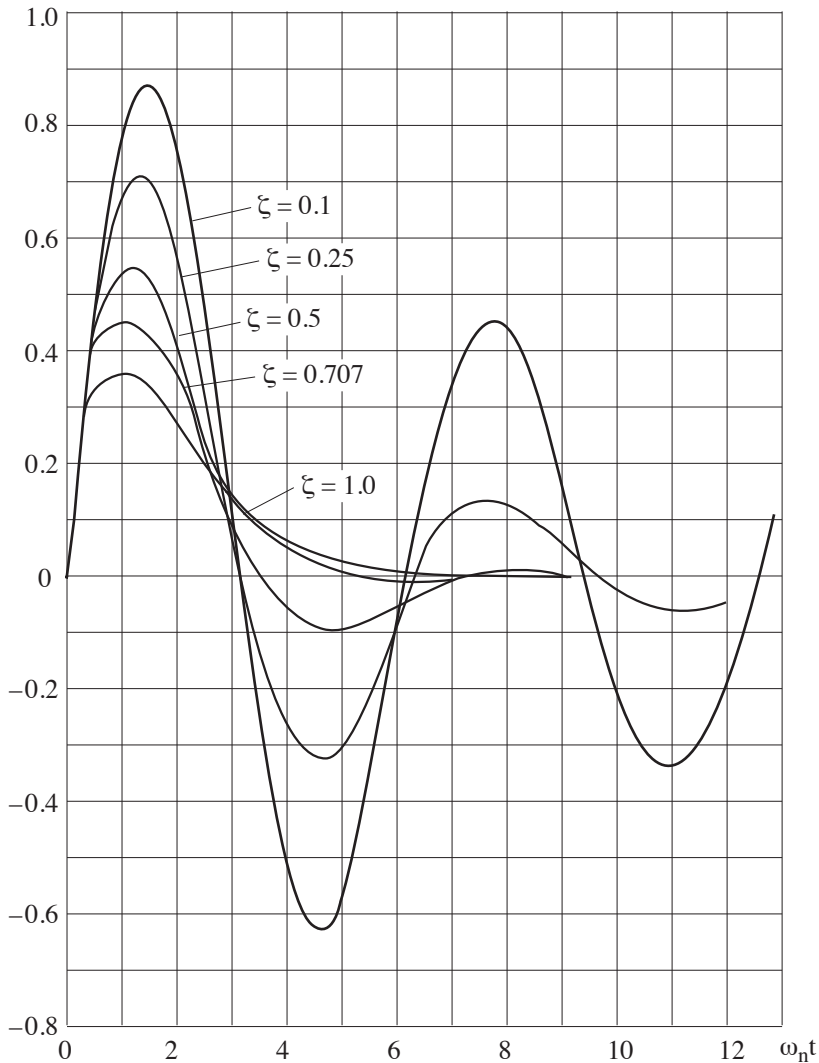
כאשר:

M_p - תגובת היתר המרבית

t_p [sec] - זמן תגובת היתר המרבית

$\omega_d \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ - התדירות הזוויתית של התנודה המרוסנת

תגובת מערכת מסדר שני, בעלת הגבר סטטי של 1, לאות מבוא הלם של יחידה כפונקציה של מקדם הריסון



טבלת ראוט

המשוואה האופיינית $Q(s)$:

$$Q(s) = b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + b_{n-2} s^{n-2} + \dots + b_1 s + b_0 = 0$$

s^n	b_n	b_{n-2}	b_{n-4}	b_{n-6}	$\dots$
s^{n-1}	b_{n-1}	b_{n-3}	b_{n-5}	b_{n-7}	$\dots$
s^{n-2}	c_1	c_2	c_3	$\dots$	
s^{n-3}	d_1	d_2	$\dots$		
s^1	j_1				
s^0	k_1				

$$c_1 = \frac{b_{n-1}b_{n-2} - b_n b_{n-3}}{b_{n-1}}$$

$$c_2 = \frac{b_{n-1}b_{n-4} - b_n b_{n-5}}{b_{n-1}}$$

$$c_3 = \frac{b_{n-1}b_{n-6} - b_n b_{n-7}}{b_{n-1}}$$

$$d_1 = \frac{c_1 b_{n-3} - b_{n-1} c_2}{c_1}$$

$$d_2 = \frac{c_1 b_{n-5} - b_{n-1} c_3}{c_1}$$

$$d_3 = \frac{c_1 b_{n-7} - b_{n-1} c_4}{c_1}$$

מ.ג.ש. - מקום גאומטרי של שורשים

מרכז האסימפטוטות (נקודת חיתוך עם הציר הממשי):

$$\sigma_o = \frac{\sum_{i=1}^n \operatorname{Re}(p_i) - \sum_{h=1}^w \operatorname{Re}(z_h)}{n - w}$$

(מספר הקטבים - n)
(מספר האפסים - w)

זוויות האסימפטוטות:

$$h = 0, 1, 2, \dots, n - w - 1 \quad \gamma = \frac{(1 + 2h)180}{n - w}$$

נקודות החיתוך עם הציר הממשי x מתקבלות מהתנאי:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{x - p_i} = \sum_{i=1}^w \frac{1}{x - z_i}$$

(i קוטב - p_i)
(i אפס - z_i)

או מהתנאי: $\frac{dK}{ds} = 0$, כאשר מבודדים את K במשוואה האופיינית: $1 + GH(s) = 0$.
מתוך הנקודות המתקבלות - רק אלו הנמצאות על המ.ג.ש. הן נקודות חיתוך עם הציר הממשי x.

נקודות החיתוך עם הציר הדמיוני מתקבלות מטבלת ראוט.

$$\Theta_D = 180^\circ + \arg GH' \quad \Theta_D - \text{זווית העזיבה של המ.ג.ש. מנקודת קוטב/אפס}$$

$$\Theta_A = 180^\circ - \arg GH' \quad \Theta_A - \text{זווית ההתכנסות של המ.ג.ש. מנקודת קוטב/אפס}$$

$$\arg GH' - \text{הזווית של GH ללא הקוטב/האפס שמחשבים את הזווית שלו.}$$

דיאגרמת בודה

מציאת הגורמים במכנה ובמונה של פונקציית התמסורת בחוג פתוח, מתוך סוגי הגורמים האלה:

$20 \log j\omega $	$20 \log 1 + j\omega T $	$20 \log k$
$20 \log 1/(1 + j\omega T) $	$20 \log (1/j\omega)^2 $	$20 \log 1/j\omega $

$$20 \log \left| \frac{1}{1 + 2\xi \frac{j\omega}{\omega_n} + \left(\frac{j\omega}{\omega_n}\right)^2} \right|$$

סרטוט כל גורם בנפרד, ומציאת השקול מתוך חיבור הגרפים.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנכתוב תשובות

נוסחאון בתקשורת מחשבים לכיתה י"ד

(3 עמודים)

יחס אות לרעש

- S.N.R [dB] – יחס אות לרעש
- P_s [W] – הספק נושא המידע
(Signal)
- P_n [W] – הספק הרעש (Noise)

$$S.N.R = 10 \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_n} \right)$$

משפט שאנון

- C [bps] – הקצב המרבי להעברת
נתונים בקו תקשורת
- W [Hz] – רוחב הפס של הקו

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_n} \right)$$

משפט נייקוויסט

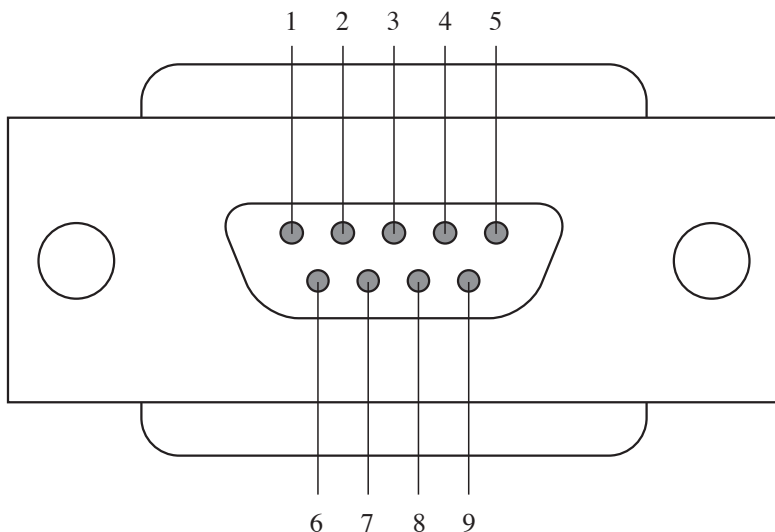
- D [baud] – קצב העברת האות הספרתי
- R [bps] – הקצב להעברת נתונים בקו
תקשורת
- M – מספר הרמות
(בריבוי רמות)
- N – מספר הסיביות המוצפנות

$$D \leq 2W$$

$$R = D \cdot \log_2 M$$

$$M = 2^N$$

מיפוי הדקים בתקן RS-232



Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

מבנה התשדורת ב־USB

SYNC	PID	PS	CRC	EOP
------	-----	----	-----	-----

SYNC = Synchronize

PID = Packet Identification

PS = Packet Specific

CRC = Cyclic Redundancy Check

EOP = End of Packet

סוגי התשדורת ב־USB

Group	PID Value	Packet Identifier
<u>Token</u>	0001	OUT Token
	1001	IN Token
	0101	SOF Token
	1101	SETUP Token
<u>Data</u>	0011	DATA0
	1011	DATA1
<u>Handshake</u>	0010	ACK Handshake
	1010	NAK Handshake
	1110	STALL Handshake
<u>Special</u>	1100	Preamble

מבנה התשדורת ב־SDLC/HDLC

FLAG	ADDRESS	CONTROL	DATA	CRC	FLAG
------	---------	---------	------	-----	------

שלוש התצורות של השדה CONTROL

bits →	0	1	2	3	4	5	6	7
	0	N (S)		P / F	N (R)			

א. Information Transfer Frame

bits →	0	1	2	3	4	5	6	7
	1	0	S	S	P / F	N (R)		

ב. Supervisory Frame

bits →	0	1	2	3	4	5	6	7
	1	1	M	M	P / F	M	M	M

ג. Management Frame

מספר סידורי של המסגרת המשודרת N (S) –

מספר סידורי של המסגרת שצריכה להיקלט N (R) –

P/F – poll / final bit

M – פקודה/תגובה של ניהול התקשורת

S – פקודה/תגובה של מחשב הבקרה

בהצלחה!