

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 ההערכה: 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 בהירות.
 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.
 8. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 7 עמודים ו-14 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

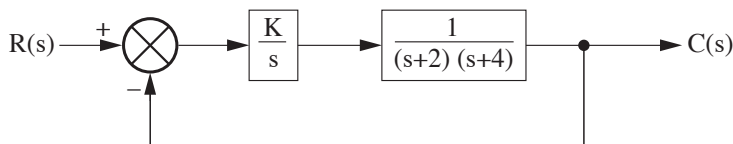
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

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 מרכז האסימפטוטות ואת זוויות האסימפטוטות של המערכת הזו.
2. חשב את נקודות החיתוך של מ.ג.ש. המערכת עם הצירים.
3. סרטט את המ.ג.ש. של המערכת הזו.
- ב. מצא את תחום הערכים של K, שעבורו המערכת הזו יציבה.

שאלה 2

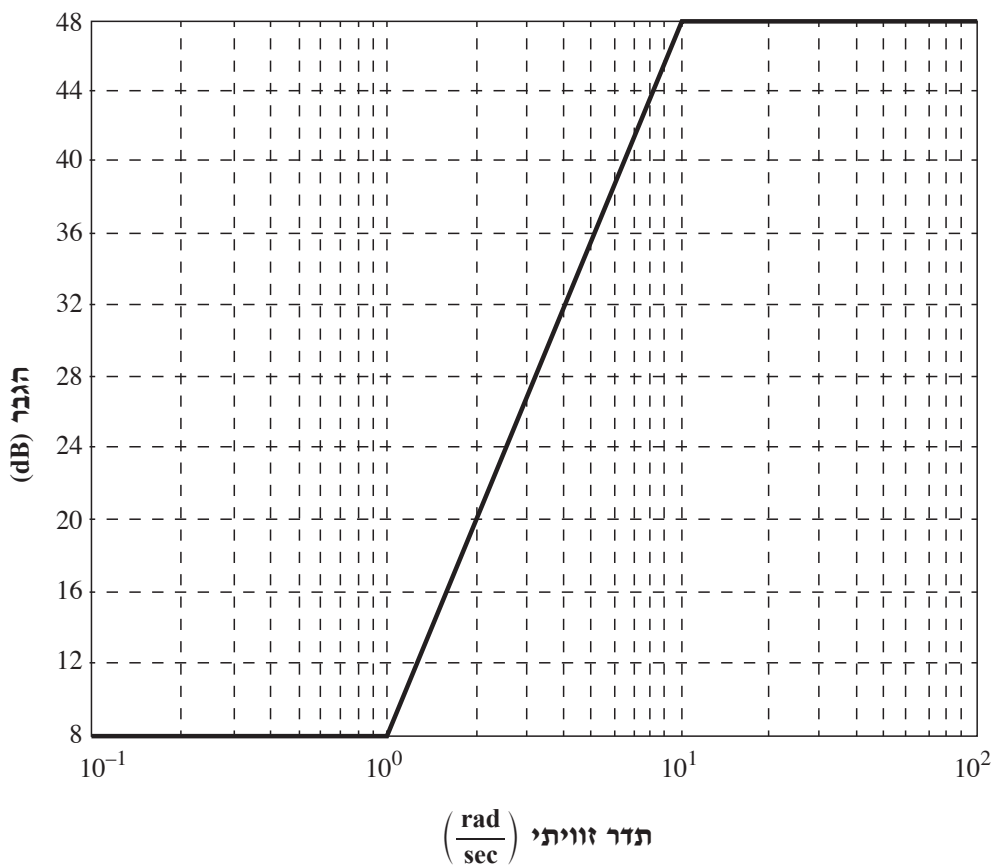
פונקציית התמסורת של מערכת בקרה היא $\frac{C}{R}(s) = \frac{s+2}{s^2+2s+5}$.

ברגע $t = 0$ מספקים למערכת אות-מבוא של מדרגת יחידה.

- א. רשום ביטוי ל- $C(s)$ עבור האות הנתון, ופרק אותו לשברים חלקיים.
- ב. רשום ביטוי לתגובת המערכת לאות הנתון כפונקציה של הזמן, $C(t)$.
- ג. חשב את תגובת המערכת בזמן $t = 0.5 \text{ sec}$.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון גרף בודה אסימפטוטי של ההגבר בחוג פתוח של מערכת בקרה, כפונקציה של התדר הזוויתי.

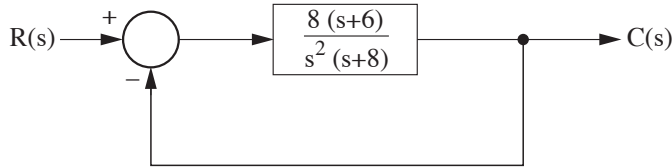


איור לשאלה 3

- א. קבע מתוך האיור את פונקציית התמסורת $GH(s)$ של מערכת הבקרה.
- ב. האם ניתן לקבוע על-פי האיור הזה בלבד שמערכת הבקרה הזו יציבה? נמק את תשובתך.
- ג. סרטט במחברתך את צורת גרף בודה של המופע של המערכת הזו.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה בעלת משוב יחידה.



איור לשאלה 4

- א. מהו הסדר של המערכת הנתונה? נמק את תשובתך.
- ב. חשב את קבוע השגיאה של המערכת עבור אות מבוא מסוג:
 1. מדרגת יחידה
 2. יחידת מהירות
 3. יחידת תאוצה
- ג. חשב את שגיאת המערכת במצב המתמיד עבור אות המבוא $R(s) = \frac{5}{s^2}$.

פרק שני: תקשורת מחשבים

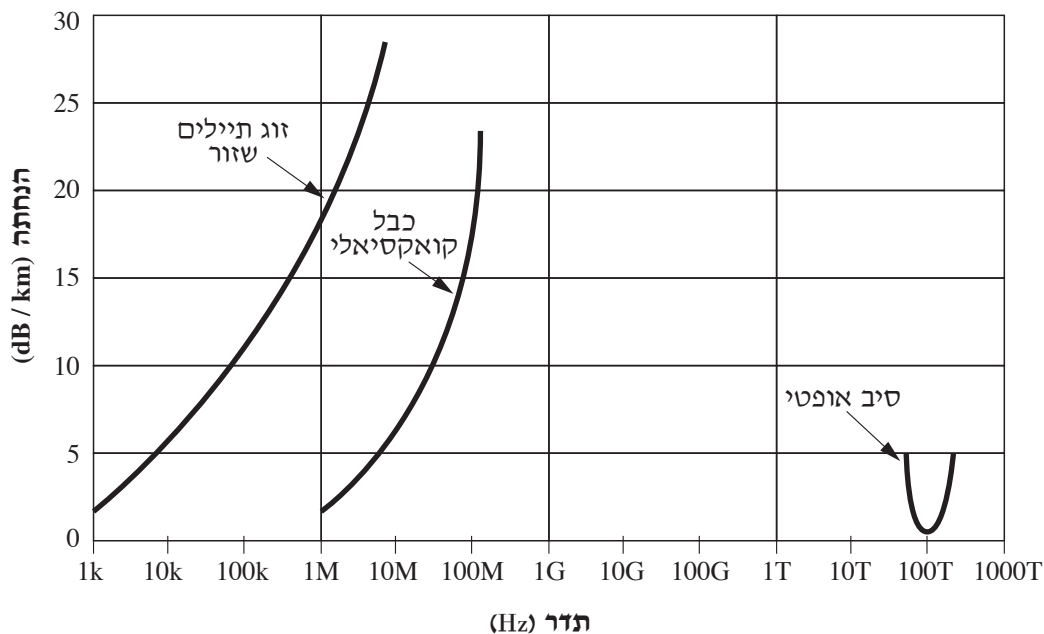
ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

- א. איזו מבין השיטות לגילוי ותיקון שגיאות (CRC, LRC, VRC, שילוב של VRC ו-LRC) מיושמת בפרוטוקול HDLC? הסבר את העיקרון של השיטה שצינת.
- ב. הסבר כיצד מתקנים שגיאה בפרוטוקול HDLC.
- ג. אילו שגיאות לא ניתן לגלות בכל אחת מן השיטות הבאות:
 1. LRC
 2. VRC
 3. LRC + VRC

שאלה 6

- א. 1. תאר את המבנה העקרוני של כבל קואקסיאלי, ואת המבנה העקרוני של סיב אופטי.
2. ציין יתרון אחד וחסרון אחד של הסיב האופטי לעומת הכבל הקואקסיאלי.
- ב. באיור לשאלה 6 נתון גרף המתאר את ההנחתה של שלושה תווכים כפונקציה של תדר השידור. תדר השידור מוצג בגרף בסקלה לוגריתמית.

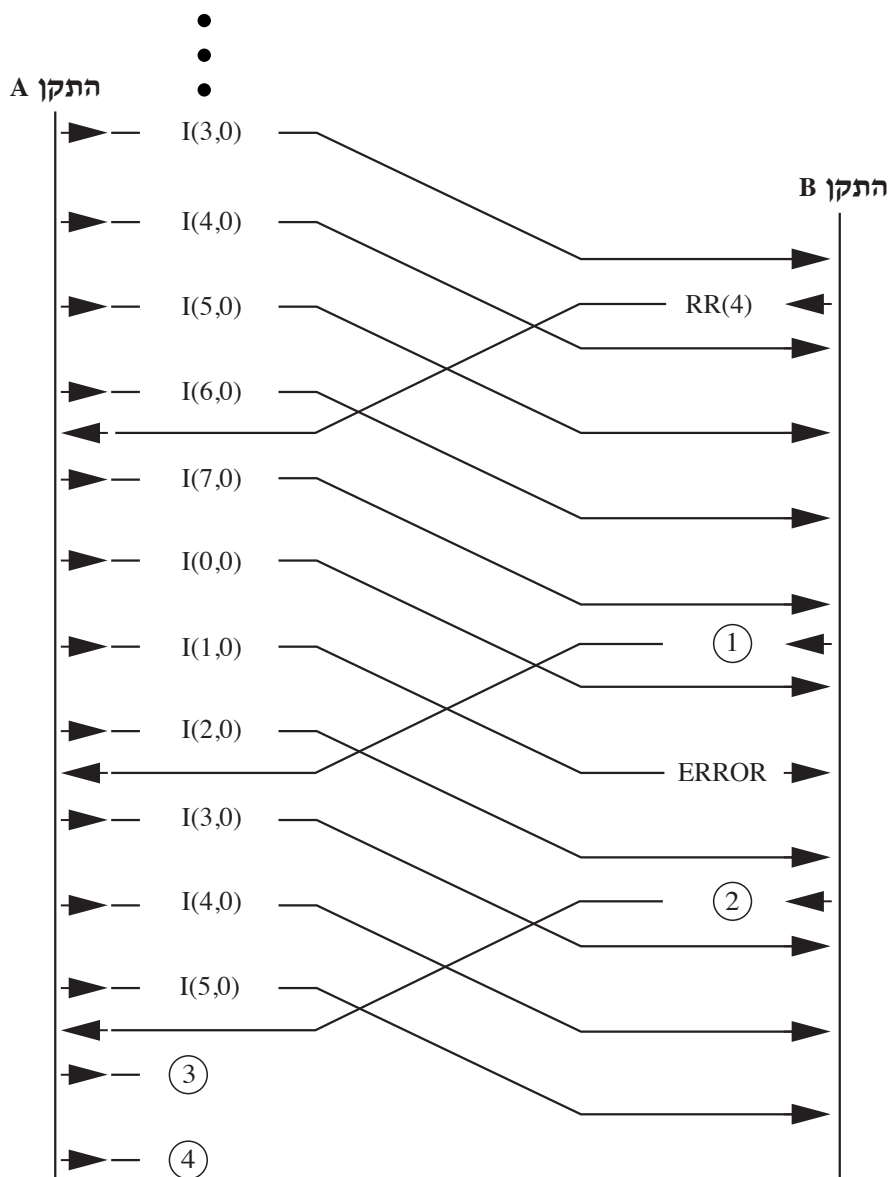


איור לשאלה 6

- מעוניינים לשדר לטווח של 50 קילומטרים, באמצעות ערוץ תקשורת ספרתית המבוסס על אחד משלושת התווכים. נדרש שתדר השידור לא יהיה קטן מ-1 MHz ושההנחתה לא תהיה גדולה מ-5 dB/km.
- באיזה תווך תבחר, ובאיזה תחום תדרים כדאי לשדר דרכו? נמק את תשובתך בהתבסס על הנתונים באיור.
- ג. הסבר את המושגים עיוותי ההנחתה ועיוותי מופע.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון קטע מסדרה של מסגרות, המועברות בין התקן A להתקן B בפרוטוקול HDLC.



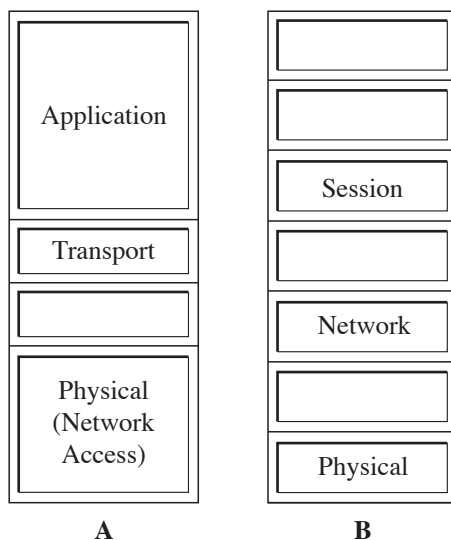
איור לשאלה 7

א. הסבר את משמעות המסגרת RR(4), המסודרת מהתקן B להתקן A.

- ב. איזו מסגרת (מסומנת באיור ב-①) ישלח התקן B כאשר הוא ירצה לאשר שכל המסגרות הגיעו בהצלחה מהתקן A ?
- ג. 1. איזו מסגרת (מסומנת באיור ב-②) ישלח התקן B כתגובה להודעת השגיאה בקליטת המסגרת I(1,0) ?
2. אילו מסגרות (מסומנות באיור ב-③ ו-④) ישלח התקן A לאחר תגובתו של התקן B להודעת השגיאה?

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתונות בעמודות A ו-B חלק מן השכבות במודל TCP / IP וחלק מן השכבות במודל OSI.



איור לשאלה 8

- א. ציין איזו עמודה מתארת את מודל OSI ואיזו עמודה מתארת את מודל TCP / IP.
- ב. העתק את האיור למחברתך, והשלם את שמות השכבות החסרות בכל אחת מן העמודות.
- ג. להלן שלושה התקנים:
1. שרת הרשת 2. רכזת (Hub) 3. נתב
- ציין איזו שכבה במודל OSI ואיזו שכבה במודל TCP / IP מטפלת בכל אחד מן ההתקנים. נמק את תשובותיך.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקור נוסף בקרת נבחן

נוסחאון במערכות בקרה לכיתה י"ד

התמחות מערכות אלקטרוניות

(9 עמודים)

התמרת לפלס

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

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:

כאשר $F(0)$ הוא ערך האינטגרל בזמן $t = 0$:

$$\int_{-\infty}^0 f(\tau) d\tau$$

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

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		
	$F(s)$	$f(t) \quad t \geq 0$
1.	1	$u_0(t)$ הלם של יחידה בזמן $t_0 = 0$
2.	$\frac{1}{s}$	1 or $u_{-1}(t)$ מדרגת יחידה המתחילה בזמן $t_0 = 0$
3.	$\frac{1}{s^2}$	$tu_{-1}(t)$ שיפוע של יחידה
4.	$\frac{1}{s^n}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$ n חיובי שלם
5.	$\frac{1}{s} e^{-as}$	$u_{-1}(t-a)$ מדרגת יחידה המתחילה בזמן $t_0 = a$
6.	$\frac{1}{s}(1 - e^{-as})$	$u_{-1}(t) - u_{-1}(t-a)$ דופק ריבועי
7.	$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
8.	$\frac{1}{(s+a)^n}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$ n חיובי שלם
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.	$\frac{s + \alpha}{s(s^2 + \omega^2)}$	$\frac{\alpha}{\omega^2} - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}{\omega^2} \cos(\omega t + \phi)$	$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\alpha}$
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

את פונקציית התמסורת בחוג פתוח אפשר לרשום באופן כללי כך:

$$GH(s) = \frac{K \cdot B_1(s)}{s^\ell \cdot B_2(s)}$$

כאשר: K – הגבר

ℓ – סוג המערכת

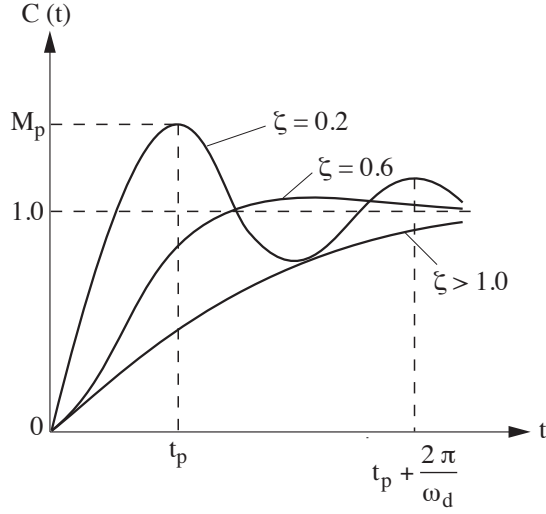
$B_1(s)$, $B_2(s)$ – פולינומים

$$B_1(s) = a_0 \cdot s^m + a_1 \cdot s^{m-1} + \dots + a_{m-1} \cdot s + a_m$$

$$B_2(s) = b_0 \cdot s^n + b_1 \cdot s^{n-1} + \dots + b_{n-1} \cdot s + b_n$$

מבוא		מדרגת יחידה		יחידת מהירות		יחידת תאוצה	
סוג המערכת		$r(t) = r_1$		$r(t) = r_2 \cdot t$		$r(t) = r_3 \cdot t^2$	
		שגיאת המצב המתמיד	k_p	שגיאת המצב המתמיד	k_v	שגיאת המצב המתמיד	k_a
סוג 0		$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{r_1}{1 + k_p}$	0	∞	0	∞
סוג 1		∞	0	$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{r_2}{k_v}$	0	∞
סוג 2		∞	0	∞	0	$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	$\frac{2 \cdot r_3}{k_a}$

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

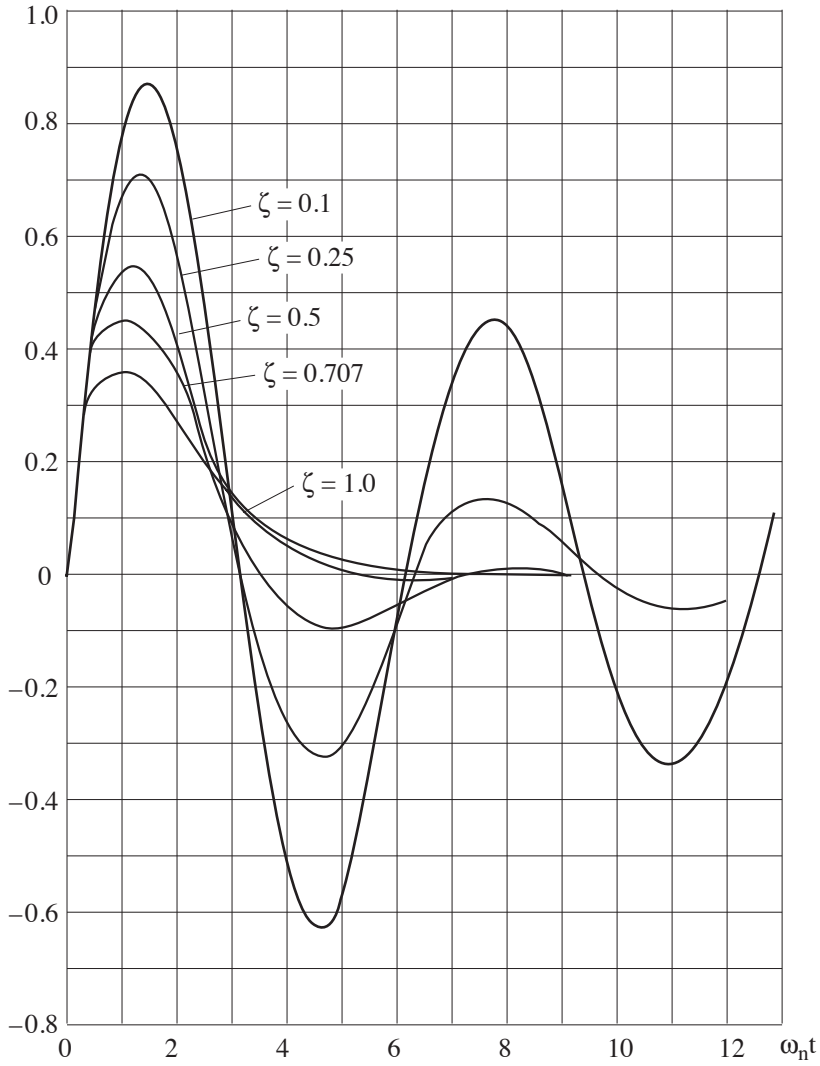


$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

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):

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

(n – מספר הקטבים)
(w – מספר האפסים)

זוויות האסימפטוטות:

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

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

סרטוט כל גורם בנפרד, ומציאת השקול מתוך חיבור הגרפים.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום למחיקת נבחן

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)

$$S.N.R = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{P_s}{P_n} \right]$$

משפט שאנון

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

$$C = W \cdot \log_2 \left[1 + \frac{P_s}{P_n} \right]$$

משפט נייקוויסט

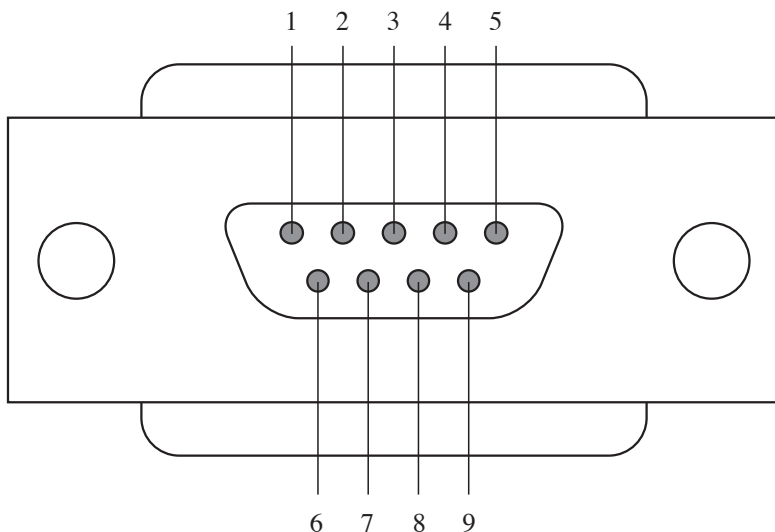
- D [baud] – קצב העברת האות הספרתי
- R [bps] – הקצב להעברת נתונים בקו
תקשורת
- M – מספר הרמות
(בריוי רמות)
- N – מספר הסיביות המוצפנות

$$D \leq 2W$$

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

$$M = 2^N$$

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	ג. Management Frame

- N (S) – מספר סידורי של המסגרת המשודרת
- N (R) – מספר סידורי של המסגרת שצריכה להיקלט
- P / F – poll / final bit
- M – פקודה/תגובה של ניהול התקשורת
- S – פקודה/תגובה של מחשב הבקרה

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 711913, אביב תשע"ו

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
input signal	Входной сигнал	إشارة الدخل	אות-מבוא
error detection and correction	Обнаружение и исправление ошибок	اكتشاف وتعديل الخطأ	גילוי ותיקון שגיאות
Bode plot	График Бодэ	مخطط استجابة تردد (بوده)	גרף בודה
gain	Усиление	تضخم	הגבר
device	Прибор (устройство)	جهاز	התקן
velocity unit	Скоростной блок, Блок скорости	وحدة سرعة	יחידת מהירות
acceleration unit	Ускорительный блок	وحدة تسارع	יחידת תאוצה
stable	Устойчивый (стабильный)	مستقر	יציבה
RL – Root Locus	Геометрическое положение корней	المكان الهندسي للجذور	מ.ג.ש. – מקום גיאומטרי של שורשים
step unit	Шаговый блок	خطوة وحدة	מדרגת יחידה
phase	Перефазировка	طور	מופע
frame	Рамка	إطار	מסגרת
unit feedback	Единичная обратная связь	تغذية راجعة (مرتدة) موحدة	משוב יחידה
attenuation	Затухание	توهين / تضعيف	הנחתה
router	Роутер	مسير	נתב
attenuation distortions	Искажение амплитуды	تشوه التهوين	עיוותי הנחתה
phase distortions	Фазовые искажения	تشوه الطور	עיוותי מופע

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
communication channel	Канал связи	قناة اتصال	ערוץ תקשורת
transmission function	Передаточная функция	دالة النقل	פונקציית תמסורת
error constant	Постоянная ошибка	ثابت الخطأ	קבוע השגיאה
bandwidth	Ширина полосы пропускания	عرض النطاق الترددي	רוחב-פס
partial fractions	Дроби	كسور جزئية	שברים חלקיים
error	Ошибка	خطأ	שגיאה
layer	Уровень	طبقة	שכבה
network server	Сетевой сервер	خادم الشبكة	שרת הרשת
system output	Реакция системы	استجابة النظام	תגובת המערכת
transmission frequency	Частота передачи	تردد الإرسال	תדר השידור
substance, medium	Пространство, эфир	وسط	תווך