

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ד, 2014

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 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:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
- רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.
- הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- 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 6 עמודים ו-13 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

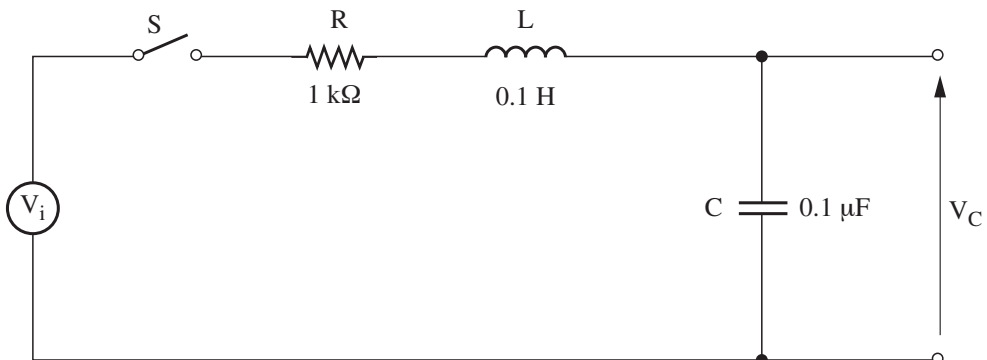
ענה על ארבע מבין השאלות 1-8. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: מערכות בקרה

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי. ברגע $t = 0$ סוגרים את המפסק S.



איור לשאלה 1

- רשום ביטוי לפונקציית התמסורת $\frac{V_C}{V_i}(s)$ של המעגל באמצעות רכיבי המעגל.
- רשום את המשוואה הדיפרנציאלית, המתארת את הקשר בין מתח המקור V_i למתח על הקבל, V_C , כפונקציה של הזמן מרגע סגירת המפסק S.
- נתון כי מתח המבוא הוא $V_i = 10\text{ V}$.
- תנאי ההתחלה של המעגל בזמן $t = 0$ הם: $V_C(0) = 0$; $I_L(0) = I_C(0) = 0$.
- מצא את הביטוי של המתח על הקבל, V_C , כפונקציה של הזמן מרגע סגירת המפסק S.
- סרטט את צורת המתח V_C כפונקציה של הזמן מרגע סגירת המפסק S.

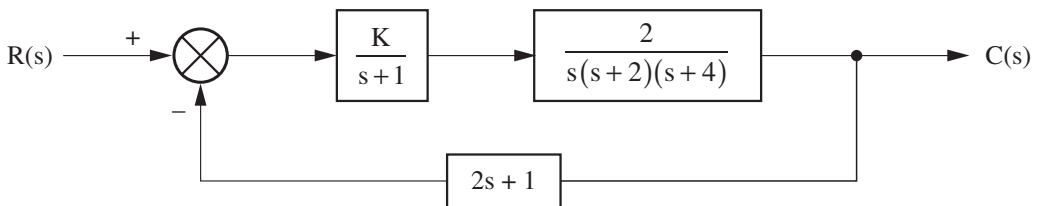
שאלה 2

בנספח לשאלה 2 נתון נייר חצי-לוגריתמי, שעליו מסורטט גרף בודה אסימפטוטי של ההגבר A של מערכת-בקרה כפונקציה של התדר הזוויתי ω .

- א. מצא את פונקציית-התמסורת בחוג פתוח של מערכת הבקרה הזו.
- ב. סרטט על-גבי הנספח, מתחת לגרף ההגבר בהתאמה, גרף בודה אסימפטוטי של המופע של מערכת הבקרה הזו, כפונקציה של התדר הזוויתי ω .
- ג. מצא את עודף ההגבר ואת עודף המופע של המערכת, וקבע על-פיהם אם המערכת יציבה.
- ד. מה צריך להיות ערכו של ההגבר K כדי שעודף ההגבר יהיה 35 dB?

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה.



איור לשאלה 3

- א. רשום את פונקציית-התמסורת של המערכת, $\frac{C}{R}(s)$.
- ב. רשום את המשוואה האופיינית של המערכת, ובנה את טבלת ראוט שלה.
- ג. מצא את תחום הערכים של K שעבורו המערכת יציבה.
- ד. נתון כי $K = 5$ ואות-המבוא $R(s)$ הוא מדרגת יחידה.
 1. מצא את תפוקת המערכת במצב המתמיד.
 2. חשב את שגיאת המערכת במצב המתמיד.

שאלה 4

פונקציית התמסורת של החוג הפתוח של מערכת בקרה היא: $GH(s) = \frac{K \cdot (s+1)}{s \cdot (s+2)^3}$.

א. מצא את הקטבים ואת האפס של המערכת בחוג פתוח.

ב. מצא את מרכז האסימפטוטות ואת זוויות האסימפטוטות.

ג. בנה את טבלת ראוט של המערכת, וקבע את תחום היציבות שלה.

ד. מצא את נקודות החיתוך של המ.ג.ש עם הציר המדומה.

ה. סרטט את המ.ג.ש. של מערכת הבקרה הזו.

פרק שני: תקשורת מחשבים

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

שאלה 5

ענה על ארבעה מתוך ששת הסעיפים שלהלן, המתייחסים לתקשורת בין שני מחשבים:

א. מה ההבדל בין עבודה באצווה (BATCH) לבין עבודה אינטרקטיבית במצב מקוון (ON LINE)?

ב. כיצד מתבצע הסינכרון בין התחנה המשרתת לבין התחנה הקולטת בתקשורת סינכרונית וכיצד הוא מתבצע בתקשורת אסינכרונית?

ג. מה ההבדל בין קידוד RZ לבין קידוד מנצ'סטר של נתונים ספרתיים?

ד. מהו כיוון העברת הנתונים ברשת באופן־הפעולה SIMPLEX ומהו כיוון העברתם ברשת באופן־הפעולה HALF DUPLEX?

ה. הסבר מהו מפתוח ASK ומהו מפתוח FSK. לווה את הסברך בסרטוטים המתארים את קידוד המילה הבינארית 01100111 בכל אחת משיטות המפתוח האלה.

ו. מידע בינארי שנשלח בתוספת קוד המינג נקלט כמילה הבינארית 010011100101. האם הייתה שגיאה בשידור המידע? נמק את תשובתך.

שאלה 6

ענה על הסעיפים א-ד, המתייחסים למחבר האוניברסלי לתקשורת טורית (USB).

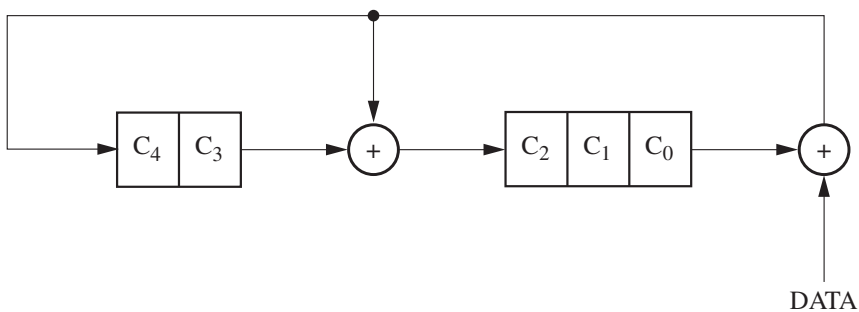
- א. תאר את המבנה של מחבר ה־USB. ציין את תפקידו של כל הדק במחבר.
- ב. מה ההבדל בין אופני הפעולה SE0, DIFF0 ו־DIFF1 ?
- ג. ציין את חבילות־המידע הבסיסיות בתקן USB.
- ד. רשום את סוג התשדורת ואת משמעותה, כאשר תוכנו של השדה PID הוא:

11100001 .1

00011110 .2

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר המבנה של אוגר במחשב־מקור, המשמש ליצירת מילה בינארית $(C_4 C_3 C_2 C_1 C_0)$ לבדיקת שגיאה בשיטת CRC-5. שער XOR באוגר מסומל על-ידי $(+)$.

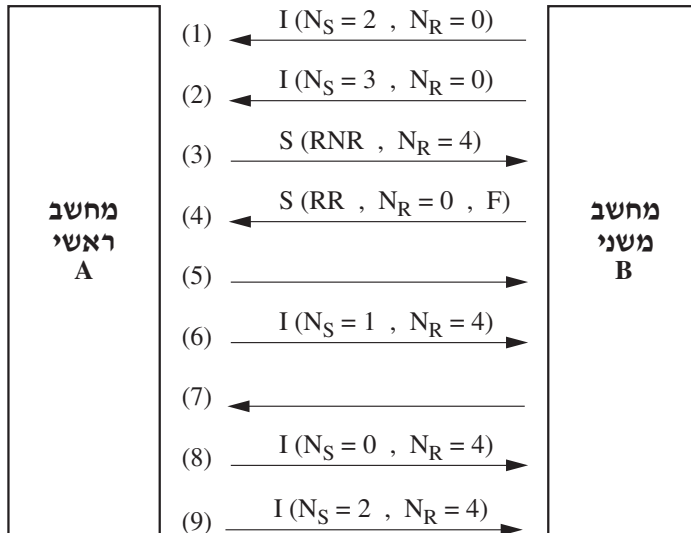


איור לשאלה 7

- א.** מצא את המילה הבינארית לבדיקת השגיאה הנוצרת במחשב-המקור עבור בלוק הנתונים $D = 101101$.
- ב.** מהם השלבים שמחשב-היעד צריך לבצע כאשר הוא מקבל את בלוק הנתונים ומילת בדיקת השגיאה, על-מנת לבדוק אם הייתה שגיאה בבלוק הנתונים?

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתונה סדרה של מסגרות, המועברות בין מחשב ראשי A למחשב משני B בפרוטוקול HDLC / SDLC.



איור לשאלה 8

א. ציין עבור כל אחת מהמסגרות (4) ÷ (1) את התצורה שלה (מידע, פיקוח או ניהול), והסבר את משמעות התוכן שלה.

ב. מהי התצורה ומהו התוכן של מסגרת (5) ? נמק את תשובתך.

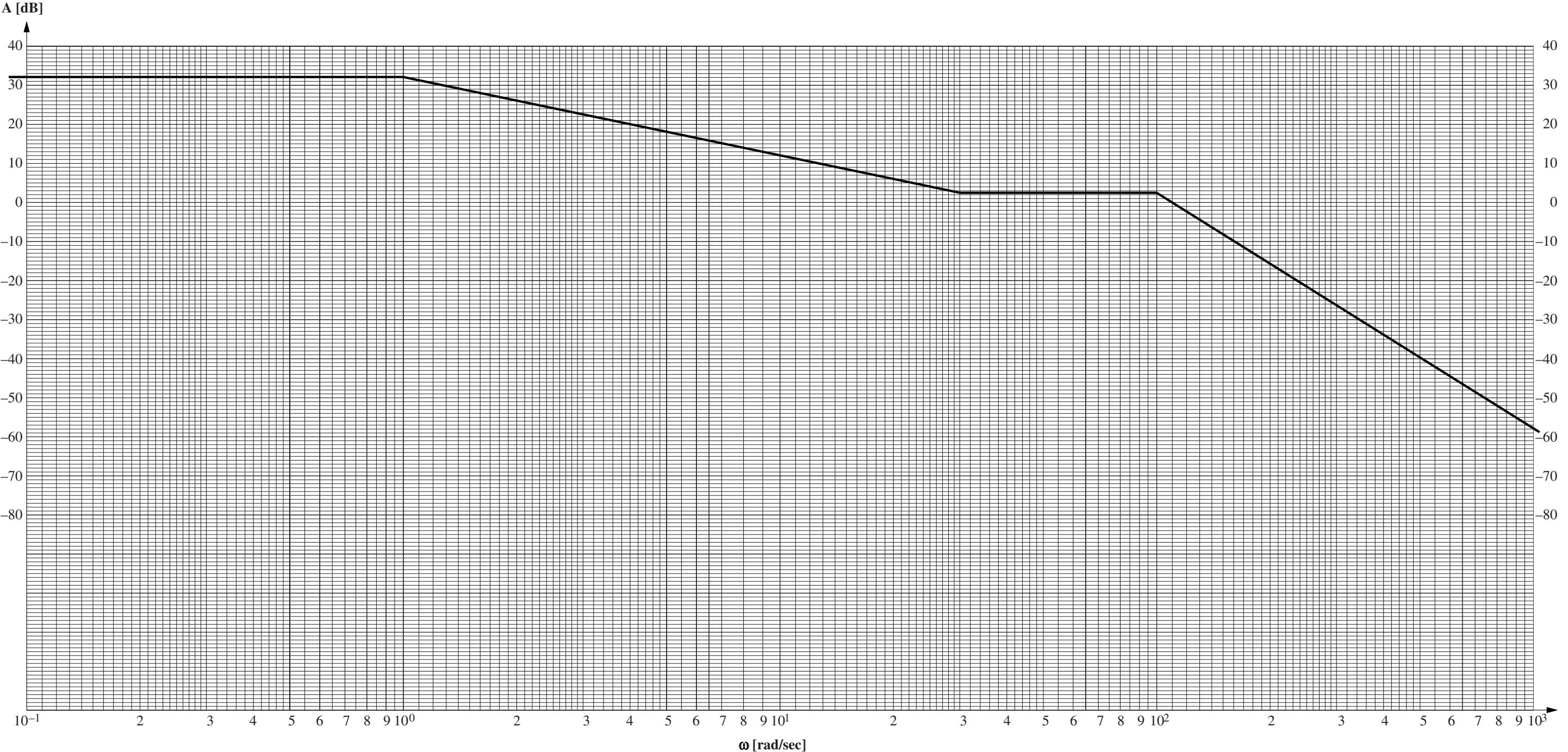
ג. מהי התצורה ומהו התוכן של מסגרת (7) ? נמק את תשובתך.

בהצלחה!

מקום נדבקת נחת

נספח לשאלה 2

לשאלונים 711913, 711923 אביב תשע"ד



אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנחלקת 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:

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

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

משפט הערך הסופי:

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

משפט הערך ההתחלתי:

פירוק לשברים חלקיים עם קטבים ממשיים:

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

- 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

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

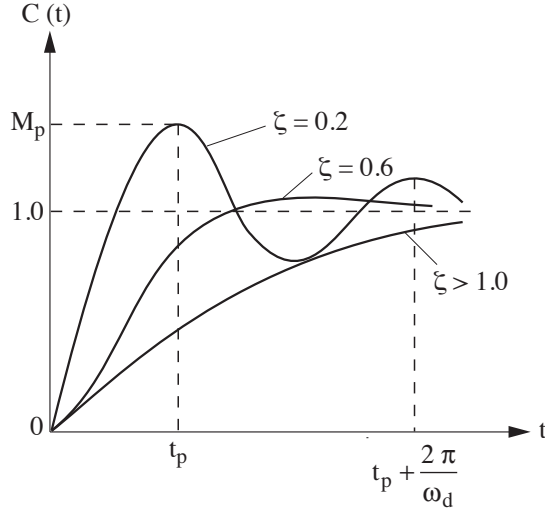
$B_1(s)$, $B_2(s)$ – פולינומים

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

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

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		$\frac{r_1}{1 + k_p}$	$\frac{K \cdot B_1(0)}{B_2(0)}$	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

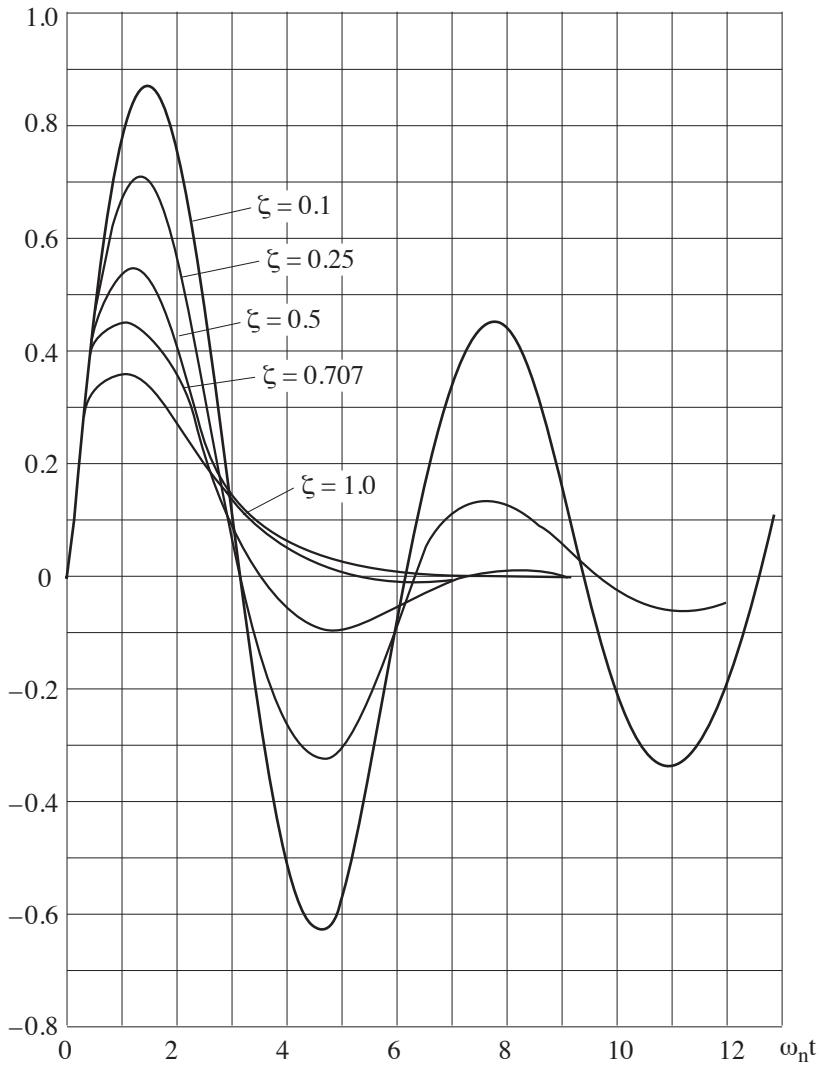


$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\xi^2}} \quad ; \quad M_p = 1 + e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \quad ; \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2}$$

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)
(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)

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

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

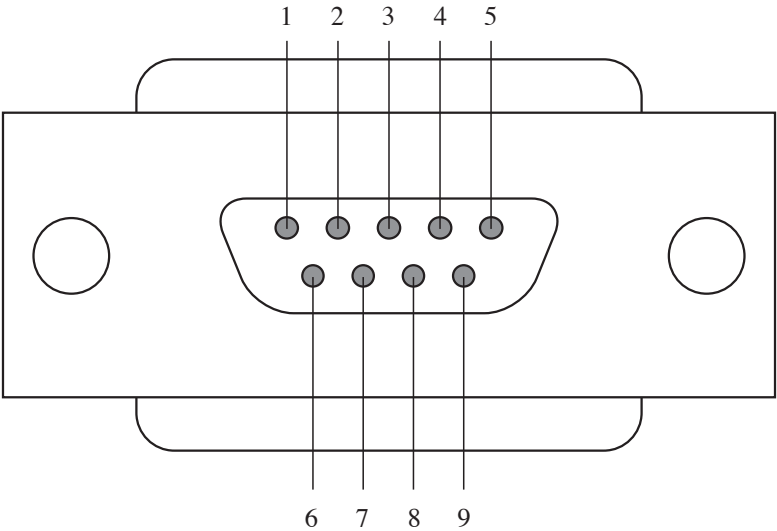
- D [baud] – קצב העברת האות הספרתי
 R [bps] – הקצב להעברת נתונים בקו תקשורת
 M – מספר הרמות (בריבוי רמות)
 N – מספר הסיביות המוצפנות

$$D \leq 2W$$

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

$$M = 2^N$$

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!