

מערכות אלקטרוניות א'

יחידת לימוד אחת

(כיתה י"ב)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון שני פרקים, ובהם שבע שאלות.
יש לענות 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 התשובות 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 שלהן.
6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
7. בכתבת פתרונות חישוביים, קבלת מִרְב 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 בציון יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 5 עמודים ו-5 עמודי נוסחאון.

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

בהצלחה!

השאלות

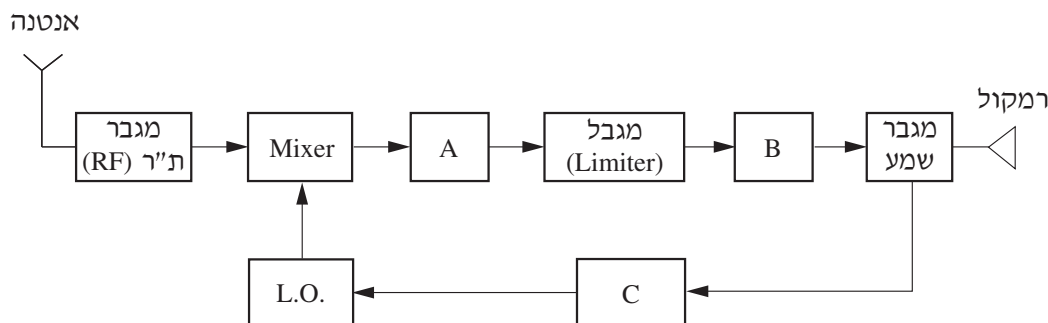
בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: תקשורת תקבילית

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין.



איור לשאלה 1

- א. ציין את סוג המקלט (AM או FM). נמק את תשובתך.
- ב. ציין את שמות היחידות A, B ו-C, והסבר את התפקיד של כל אחת מהן.
- ג. ציין יתרון אחד של אפנון AM על-פני אפנון FM.

שאלה 2

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים של משדר FM.
2. הסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות במשדר.
- ב. אות שמע, שתחום התדרים שלו הוא בין 200 Hz ל-5 kHz, מאפן אות נושא במשדר FM. חשב את רוחב-הפס המרבי של האות המשודר, אם סטיית התדר המרבית שלו היא 10 kHz.

שאלה 3

א. נתון אות מאופנן AM, שמשוואתו היא: $X_{AM}(t) = 12 \cdot [1 + 0.3 \cdot \cos(2\pi \cdot 3000 t)] \cdot \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$

מצא מתוך המשוואה הנתונה את הגדלים הבאים:

1. תדר גל המידע
2. תדר הגל הנושא
3. מקדם האפנון
4. עוצמת הגל הנושא
5. עוצמת גל המידע

ב. ציין את העוצמה ואת התדר של כל אחת מן ההרמוניות המרכיבות את הגל המאופנן.

ג. סרטט את הספקטרום של הגל המאופנן.

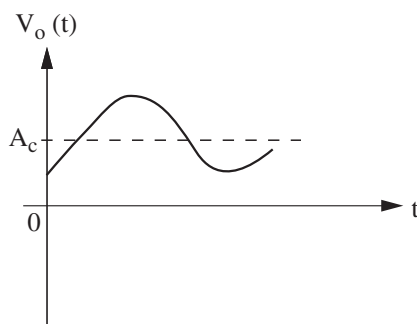
שאלה 4

א. השווה בטבלה בין שיטות השידור AM ו-FM מסחרי. התייחס בתשובתך **לארבעה** מתוך חמשת הפרמטרים שלהלן:

- טווח השידור
- רוחב-הפס של השידורים
- תחום תדרי השידור ותדרי הקליטה
- השפעת רעשי סביבה על האות המשודר
- צורת ההתפשטות של האות עד שהוא מגיע למקלט

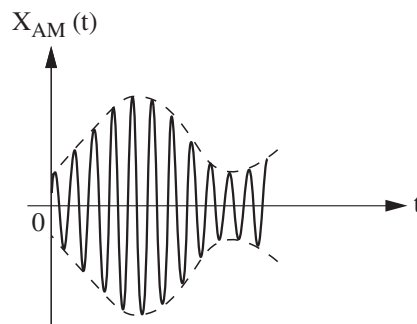
ב. באיור א' לשאלה 4 נתון אות מאופנן AM, המהווה אות-מבוא ליחידה מסוימת במקלט AM.

באיור ב' לשאלה 4 נתון אות-המוצא של יחידה זו.



האות במוצא היחידה

איור ב' לשאלה 4



האות במבוא היחידה

איור א' לשאלה 4

ציין את שמה של היחידה הזו והסבר את תפקידה במקלט.

פרק שני: תקשורת ספרתית

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-7 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 5

א. הסבר את עקרון הפעולה של כל אחת משיטות האפנון האלה:

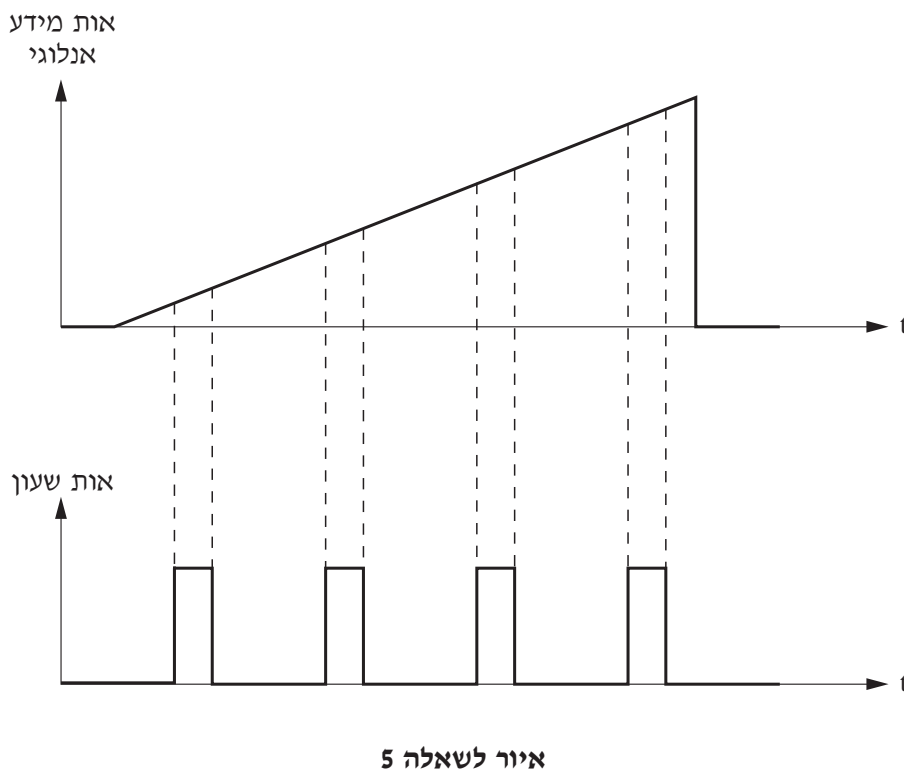
1. PWM

2. PPM

ב. באיור לשאלה 5 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון. העתק למחברתך את האותות הללו, וסרטט מתחיהם, בהתאמה, את אות המידע המאופן המתקבל בכל אחת מן השיטות הללו:

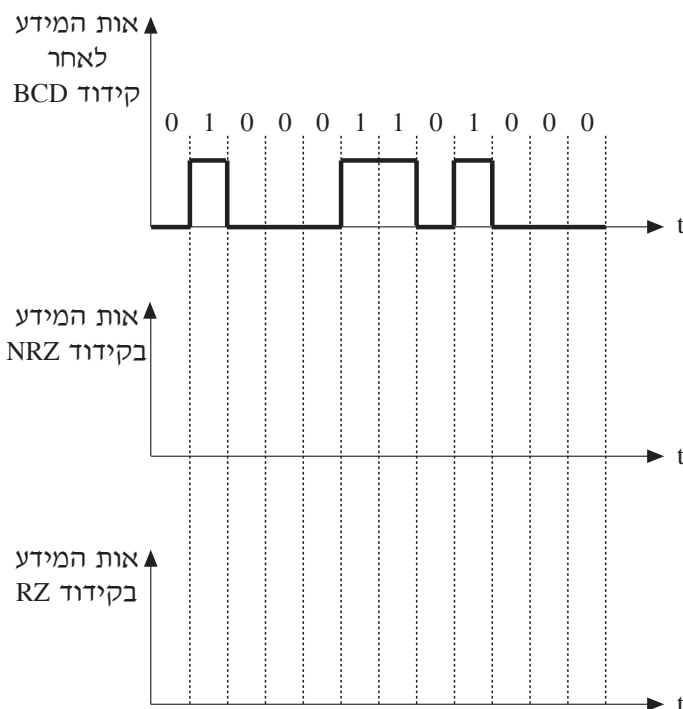
1. PWM

2. PPM



שאלה 6

- א. הסבר את העיקרון של כל אחת משיטות הקידוד RZ ו-NRZ.
ב. באיור לשאלה 6 נתון אות מידע ספרתי, לאחר שקודד בקידוד BCD.



איור לשאלה 6

העתק את האיור למחברתך, וסרטט עליו את אות המידע בקידוד NRZ ואת אות המידע בקידוד RZ.

שאלה 7

- א. מהו אפנון דופק מקודד (PCM), ומהו יתרונו על-פני אפנון תנופת הדופק (PAM)?
ב. מהי מטרת הריבוב של אותות ספרתיים?
ג. הסבר מהו ריבוב בתדר (FDM) ומהו ריבוב בזמן (TDM).

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות אלקטרוניות (5 עמודים)

1. תקשורת תקבילית

אפנון תנופה (AM):

$$X_{AM}(t) \text{ [V]} - \text{הערך הרגעי של המתח בגל המאופן AM} \quad X_{AM}(t) = A_c (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_c t$$

$$A_c \text{ [V]} - \text{תנופת הגל הנושא}$$

$$A_m \text{ [V]} - \text{תנופת הגל המאפן}$$

$$m_a - \text{מקדם אפנון AM}$$

$$m_a = \frac{A_m}{A_c}$$

$$f_m \text{ [Hz]} - \text{תדר הגל המאפן}$$

$$\omega_m \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right] - \text{תדר זוויתי של הגל המאפן}$$

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

$$f_c \text{ [Hz]} - \text{תדר הגל הנושא}$$

$$\omega_c \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right] - \text{תדר זוויתי של הגל הנושא}$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

$$V_{USB}(\text{max}) \text{ [V]} - \text{תנופת פס-הצד העליון}$$

$$V_{USB}(\text{max}) = \frac{A_m}{2}$$

$$V_{LSB}(\text{max}) \text{ [V]} - \text{תנופת פס-הצד התחתון}$$

$$V_{LSB}(\text{max}) = \frac{A_m}{2}$$

תדר פס־הצד העליון	-	$f_{\text{USB}} \text{ [Hz]}$	$f_{\text{USB}} = f_c + f_m$
תדר פס־הצד התחתון	-	$f_{\text{LSB}} \text{ [Hz]}$	$f_{\text{LSB}} = f_c - f_m$
רוחב־הפס של גל מאופנן AM	-	$\text{BW} \text{ [Hz]}$	$\text{BW} = 2f_m$
הספק של גל מאופנן AM	-	$P_{\text{AM}} \text{ [W]}$	$P_{\text{AM}} = P_c + P_{\text{USB}} + P_{\text{LSB}}$
הספק הגל הנושא	-	$P_c \text{ [W]}$	$P_c = \frac{A_c^2}{2R}$
התנגדות העומס	-	$R \text{ } [\Omega]$	$P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = P_c \cdot \frac{m_a^2}{4}$
הספק פס־הצד העליון	-	$P_{\text{USB}} \text{ [W]}$	$P_{\text{AM}} = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$
הספק פס־הצד התחתון	-	$P_{\text{LSB}} \text{ [W]}$	
נצילות שידור באפנן AM	-	η	$\eta = \frac{1}{1 + \frac{m_a^2}{2}}$

אפנון תדר (FM):

הערך הרגעי של המתח בגל המאופנן FM	-	$X_{FM}(t)$ [V]	$X_{FM}(t) = A_c \sin(\omega_c t + m_f \cos \omega_m t)$
--------------------------------------	---	-----------------	--

תדר זוויתי של הגל הנושא	-	ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
-------------------------	---	---

תדר זוויתי של הגל המאפנן	-	ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
--------------------------	---	---

תנופת הגל הנושא	-	A_c [V]
-----------------	---	-----------

מקדם אפנון FM	-	$m_f = \beta$
סטיית התדר המרבית	-	$\Delta f_c(\text{max})$ [Hz]
תדר הגל המאפנן	-	f_m [Hz]

$$\beta = m_f = \frac{\Delta f_c(\text{max})}{f_m}$$

רוחב-הפס של גל מאופנן FM	-	BW [Hz]
--------------------------	---	---------

$$BW \approx 2f_m (m_f + 1)$$

הספק של גל מאופנן FM	-	P_{FM} [W]
התנגדות העומס	-	R [Ω]

$$P_{FM} = P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

אפנון פזה (PM):

$$X_{PM}(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + K_p \cdot A_m \cos \omega_m t)$$

$X_{PM}(t)$ [V] – הערך הרגעי של המתח
 בגל המאופנן PM

K_p $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ – קבוע אפנון מופע

γ [rad] – סטייה מרבית של המופע

$$\gamma = K_p \cdot A_m$$

מקלטים:

f_o [Hz] – תדר התהודה

Q – גורם הטיב

BW [Hz] – רוחב הפס

$$BW = \frac{f_o}{Q}$$

f_{IF} [Hz] – תדר הביניים במקלט מסוג
 סופר-הטרודיין

$$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF}$$

עבור $f_{LO} > f_{RF}$

f_{LO} [Hz] – תדר המתנד המקומי

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

f_{RF} [Hz] – תדר התחנה הנקלטת

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{LO}$$

עבור $f_{LO} < f_{RF}$

f_{IM} [Hz] – תדר ראי במקלט סופר-הטרודיין

$$f_{IM} = f_{RF} - 2 \cdot f_{IF}$$

רעש:

מתח רעש אפקטיבי
(מתח רעש תרמי) - V_n [V]

$$V_n = \sqrt{4K \cdot T \cdot R \cdot BW}$$

קבוע בולצמן - $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{J}{^\circ K} \right]$

טמפרטורה - T [°K]

התנגדות העומס - R [Ω]

רוחב הפס - BW [Hz]

הספק הרעש (הספק תרמי) - P_N [W]

$$P_N = K \cdot T \cdot BW$$

יחס אות לרעש - SNR [dB]

הספק האות - P_S [W]

הספק הרעש - P_N [W]

$$SNR = 10 \log \frac{P_S}{P_N}$$

2. תקשורת ספרתית

תדר הדגימה - f_s [Hz]

תדר ההרמוניה הגבוהה ביותר
של האות הנדגם - $f_m(\max)$ [Hz]

$$f_s \geq 2f_m(\max)$$