

מערכות אלקטרוניות א'

יחידת לימוד אחת

(כיתה י"ב)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעותיים.

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:

- 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 שלהן.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- בכתיבת 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 6 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

להלן הביטוי של גל מאופנן-תנופה (AM) כפונקציה של הזמן:

$$X_{AM}(t) = 12 \cdot [1 + 0.25 \cdot \cos(4000 \pi \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$$

א. מצא מתוך הביטוי הנתון את הגדלים הבאים:

1. תדר הגל הנושא.

2. תדר הגל המאפנן.

3. תנופת הגל המאפנן.

ב. רשום את הביטוי של הגל הנושא ואת הביטוי של גל המידע כפונקציה של הזמן.

ג. סרטט את הספקטרום של האות המאופנן. ציין את ערכי המתח והתדר של כל אחת מן
ההרמוניות בספקטרום.

ד. חשב את רוחב־הפס של הגל המאופנן.

שאלה 2

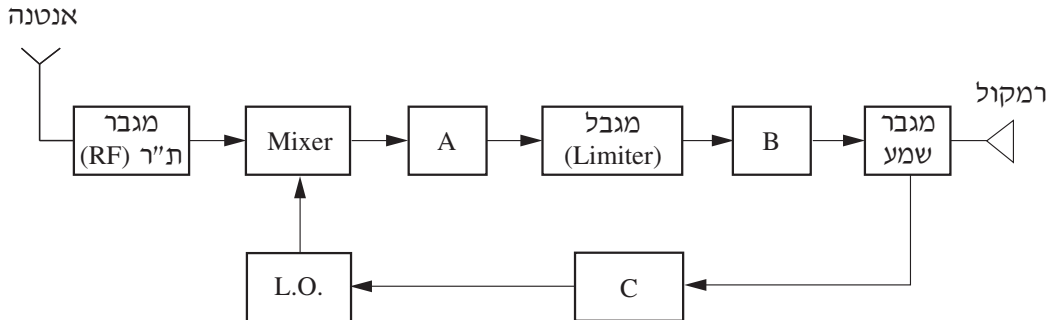
א. סרטט תרשים מלבנים של **משדר** AM, והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות
במשדר.

ב. מה תפקידו של מעגל AGC **במקלט** AM? הסבר את אופן פעולתו.

ג. מה תפקידו של הערבול (Mixer) במקלט סופר־הטרודיין?

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין.



איור לשאלה 3

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

שאלה 4

להלן הביטוי של גל מאופנן-תדר (FM) כפונקציה של הזמן:

$$X_{FM}(t) = 25 \cdot \sin [2\pi \cdot 10^8 t + 15 \cdot \cos (3\pi \cdot 10^3 t)]$$

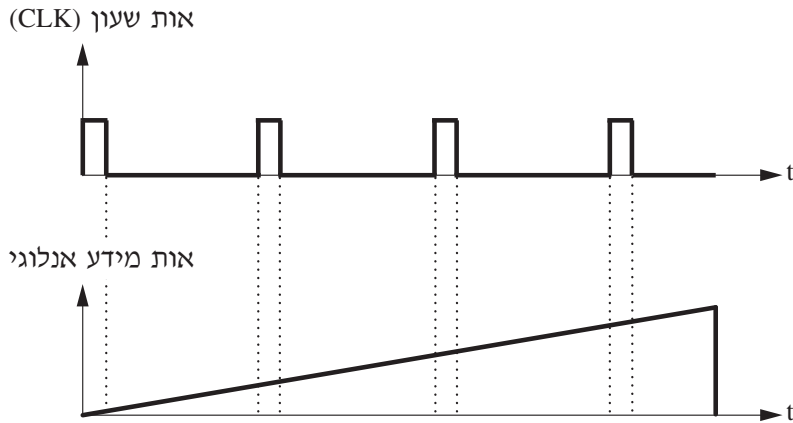
- מצא מתוך הביטוי הנתון את תדר הגל הנושא ואת תדר גל המידע.
- חשב את רוחב-הפס של האות המאופנן.
- חשב את סטיית התדר המרבית של האות המאופנן.
- האות משודר דרך אנטנה שהתנגדותה 50Ω . חשב את ההספק של האות המשודר.

פרק שני: תקשורת ספרתית

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

שאלה 5

א. באיור א' לשאלה 5 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון (CLK).



איור א' לשאלה 5

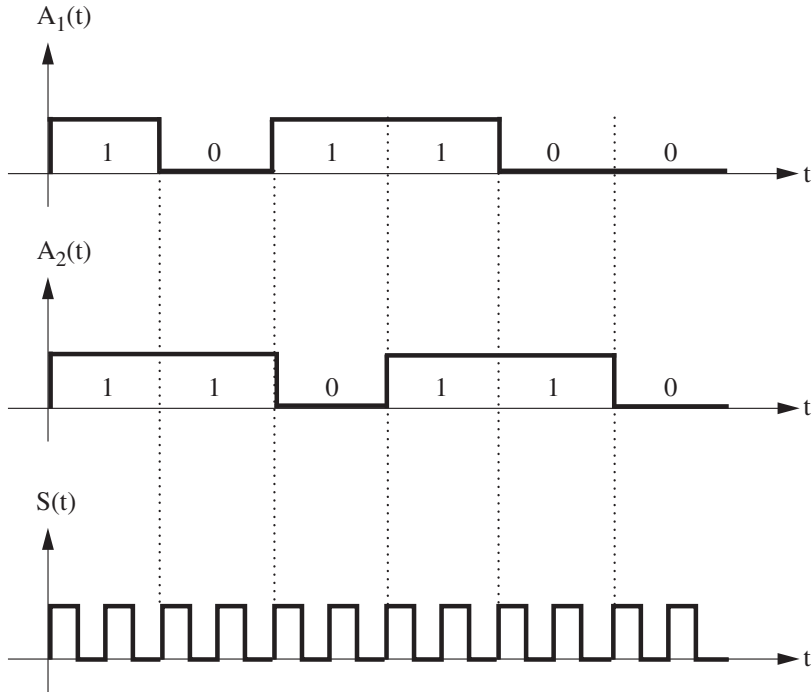
העתק למחברתך את האותות הללו, וסרטט מתחתיהם, בהתאמה, את אות המידע המאופנן המתקבל בכל אחת מן השיטות הבאות:

1. PAM

2. PWM

ב. 1. הסבר מהו ריבוב אותות בחלוקת זמן (TDM).

2. באיור ב' לשאלה מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, שני אותות ספרתיים: $A_1(t)$ ו- $A_2(t)$ המקודדים בקידוד NRZ, ואות דגימה $S(t)$, כפונקציה של הזמן.



איור ב' לשאלה 5

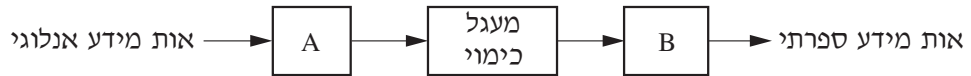
העתק את האיור למחברתך, וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את האות המרובב בחלוקת זמן של שני האותות הללו.

שאלה 6

- א. 1. הסבר את תפקידו של מעגל דגימה ושמירה במערכת תקשורת ספרתית.
2. סרטט תרשים חשמלי של מעגל דגימה ושמירה.
3. הסבר את פעולת המעגל.
- ב. מהו מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות על-פי משפט הדגימה של נייקוויסט, כאשר אות המבוא האנלוגי המסופק למעגל דגימה ושמירה נמצא בתחום $100 \text{ Hz} \div 4 \text{ kHz}$? נמק את תשובתך.

שאלה 7

א. באיור לשאלה 7 נתון תרשים מלבנים עקרוני, המתאר הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי.



איור לשאלה 7

רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A ו-B.

- ב. 1. הסבר מהי שגיאת כימוי.
2. כיצד ניתן להקטין את שגיאת הכימוי?

בהצלחה!

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

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות אלקטרוניות (5 עמודים)

1. תקשורת תקבילית

אפנון תנופה (AM):

הערך הרגעי של המתח - $X_{AM}(t)$ [V]

גל המאופן AM

$$X_{AM}(t) = A_c (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_c t$$

תנופת הגל הנושא - A_c [V]

תנופת הגל המאפן - A_m [V]

מקדם אפנון AM - m_a

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

תדר הגל המאפן - f_m [Hz]

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

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

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

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

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

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

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

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

f_{USB} [Hz] - תדר פס־הצד העליון

$$f_{\text{USB}} = f_c + f_m$$

f_{LSB} [Hz] - תדר פס־הצד התחתון

$$f_{\text{LSB}} = f_c - f_m$$

BW [Hz] - רוחב הפס של גל מאופנן AM

$$BW = 2f_m$$

P_{AM} [W] - הספק של גל מאופנן AM

$$P_{\text{AM}} = P_c + P_{\text{USB}} + P_{\text{LSB}}$$

P_c [W] - הספק הגל הנושא

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

R [Ω] - התנגדות העומס

P_{USB} [W] - הספק פס־הצד העליון

$$P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = P_c \cdot \frac{m_a^2}{4}$$

P_{LSB} [W] - הספק פס־הצד התחתון

$$P_{\text{AM}} = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$$

η - נצילות שידור באפנן AM

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{m_a^2}}$$

אפנון תדר (FM):

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

$$X_{FM}(t) = A_c \sin(\omega_c t + m_f \cos \omega_m t)$$

- 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 $[\Omega]$

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

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

$K_p \left[\frac{\text{rad}}{\text{V}} \right]$ – 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 [$^\circ K$]

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 דגימה - f_s [Hz]

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

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

בהצלחה!