

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:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות 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 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 בציון יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 7 עמודים ו-5 עמודי נוסחאון.

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

השאלות

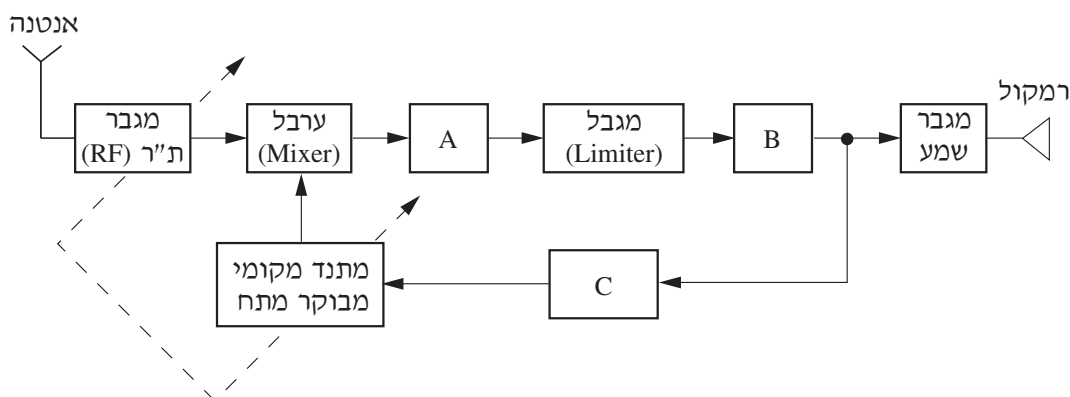
בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.

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.

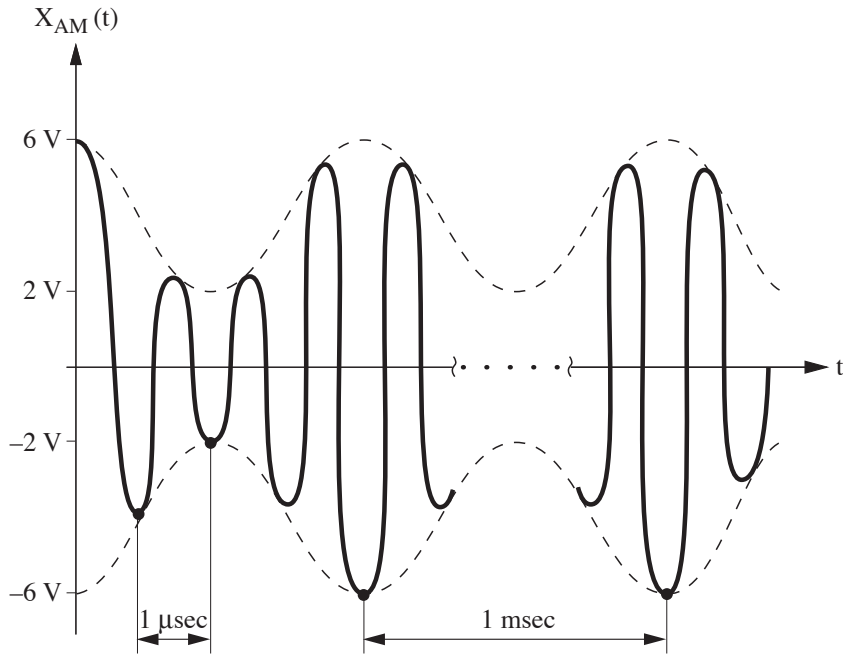


איור לשאלה 1

- 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. מקלט FM מכוון לקליטה של תחנת-שידור שתדרה הוא 100 MHz. תדר המתנד המקומי הוא 110.7 MHz.
 1. חשב את תדר הביניים (IF) של המקלט.
 2. חשב את תדר הבבואה של תחנת השידור.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון אות מאופנן AM .

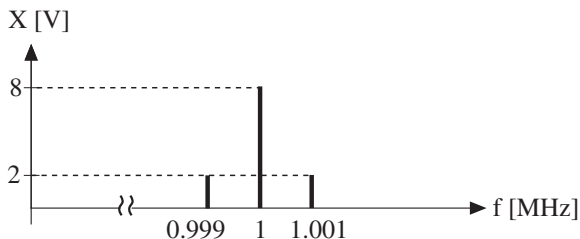


איור לשאלה 2

- א. חשב את עוצמת הגל הנושא ואת עוצמת הגל המאפנן.
- ב. חשב את מקדם האפנון של האות.
- ג. חשב את רוחב־הפס של האות המאופנן, ואת תדר הגל הנושא.
- ד. רשום את הביטוי של האות המאופנן כפונקציה של הזמן, $X_{AM}(t)$.

שאלה 3

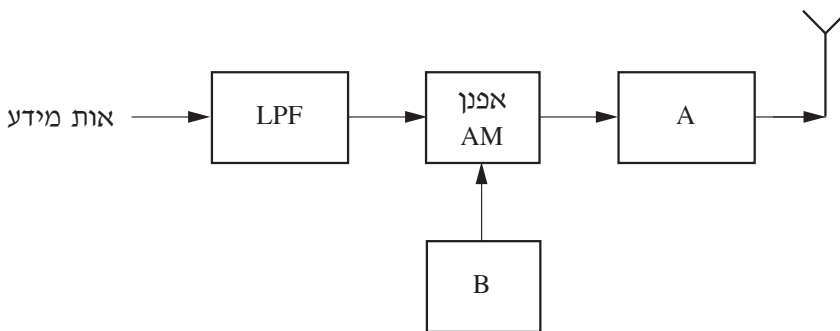
א. באיור א' לשאלה 3 נתון תיאור ספקטרום של אות מאופנן AM.



איור א' לשאלה 3

1. רשום את תדר הגל הנושא (f_c) ואת תדר הגל המאפנן (f_m) של האות הזה.
2. רשום את עוצמת הגל הנושא (A_c) ואת עוצמת הגל המאפנן (A_m) של האות הזה.
3. חשב את רוחב-הפס (BW) של האות המאופנן ואת מקדם האפנון (m_a) שלו.

ב. באיור ב' לשאלה נתון תרשים מלבנים של משדר AM.



איור ב' לשאלה 3

ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A ו-B, והסבר את התפקיד של כל אחת מהן.

שאלה 4

תחום התדרים במקלט FM מסחרי הוא $88 \text{ MHz} \div 108 \text{ MHz}$, ותדר הביניים שלו הוא 10.7 MHz .

א. חשב את תחום התדרים של המתנד המקומי.

הערה: במקלט מסחרי, תדר המתנד המקומי גדול מתדר התחנה הנקלטת.

ב. המקלט הזה קולט אות מאופנן FM, שביטוי הוא:

$$X_{\text{FM}}(t) = 10 \cdot \sin [2\pi \cdot 88 \cdot 10^6 \cdot t + 9 \cdot \cos (\pi \cdot 10^4 \cdot t)]$$

חשב את:

1. סטיית התדר המרבית של האות המאופנן.

2. רוחב-הפס של האות המאופנן.

3. תדר הבבואה של האות הזה.

פרק שני: תקשורת ספרתית

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

שאלה 5

א. 1. רשום את משפט הדגימה של נייקוויסט.

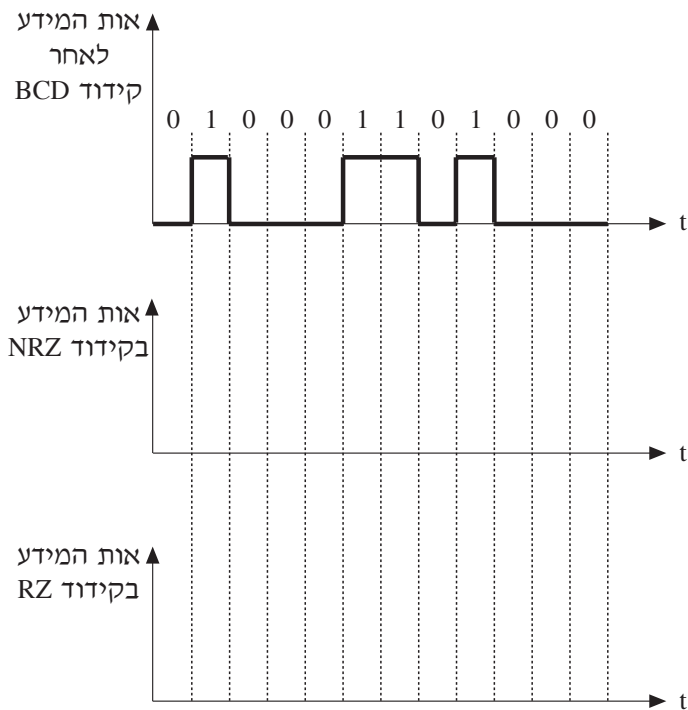
2. דרוש לדגום אות דיבור, שתחום התדרים שלו הוא $300 \text{ Hz} \div 15 \text{ kHz}$.

חשב, על-פי משפט הדגימה של נייקוויסט, את התדר הקטן ביותר שבו יש לדגום את האות הזה.

ב. הסבר מהו תהליך הכימוי ומהו רעש הכימוי בהמרת אות אנלוגי לאות ספרתי.

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.

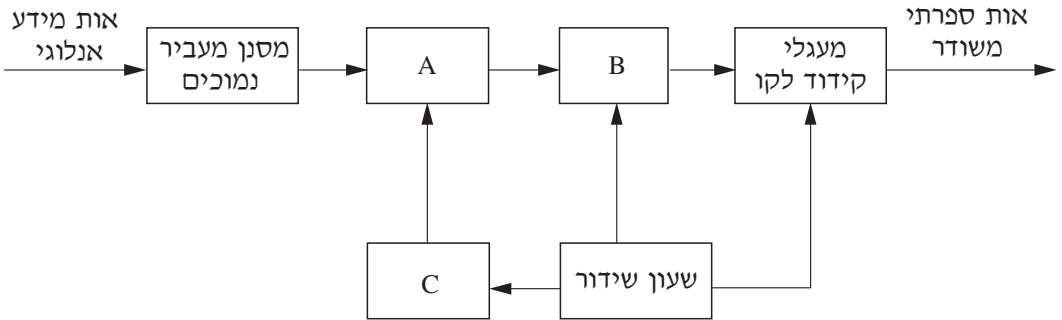


איור לשאלה 6

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

שאלה 7

א. באיור לשאלה 7 נתון תרשים מלבנים של מערכת שידור ספרתית, הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM).



איור לשאלה 7

רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A, B ו-C במערכת הזו.

ב. ציין שני יתרונות של שיטת האפנון PCM לעומת שיטת אפנון תנופת הדופק (PAM).

בהצלחה!

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

תנופת הגל הנושא - A_c [V]

תנופת הגל המאפנן - A_m [V]

מקדם אפנון AM - m_a

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

תדר הגל המאפנן - f_m [Hz]

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

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

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

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

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] -

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

תדר פס־הצד העליון - f_{USB} [Hz]

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

תדר פס־הצד התחתון - f_{LSB} [Hz]

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

רוחב־הפס של גל מאופנן AM - BW [Hz]

$$BW = 2f_m$$

הספק של גל מאופנן AM - P_{AM} [W]

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

הספק הגל הנושא - P_c [W]

התנגדות העומס - R [Ω]

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

הספק פס־הצד העליון - P_{USB} [W]

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

הספק פס־הצד התחתון - P_{LSB} [W]

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

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):

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

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

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

סטייה מרבית של המופע - γ [rad]

$$\gamma = K_p \cdot A_m$$

מקלטים:

תדר התהודה - f_o [Hz]

גורם הטיב - Q

רוחב הפס - BW [Hz]

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

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

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

עבור $f_{LO} > f_{RF}$

תדר המתנד המקומי - f_{LO} [Hz]

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

תדר התחנה הנקלטת - f_{RF} [Hz]

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

עבור $f_{LO} < f_{RF}$

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

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

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 הדגימה - f_s [Hz]

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

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

בהצלחה!