

מערכות אלקטרוניות א'

יחידת לימוד אחת

(כיתה י"ב)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעותיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה 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 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, ולצדה 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.

השאלות

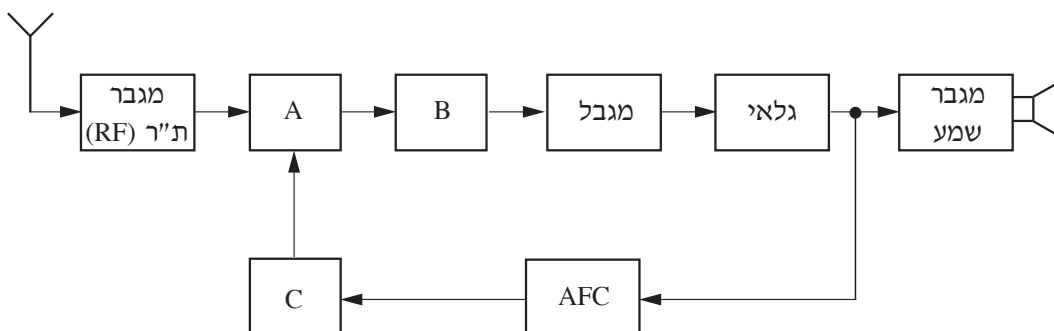
בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: תקשורת תקבילית

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

שאלה 1

א. באיור לשאלה 1 נתון תרשים מלבנים של מקלט FM .



איור לשאלה 1

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

ב. 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

נתון אות מאופנן AM שמשוואתו היא:

$$X_{AM}(t) = 8 [1 + 0.75 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^3 t)] \cos(2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 t)$$

- א. מהו תדר הגל הנושא ומהו תדר הגל המאפנן?
- ב. מהי עוצמת הגל הנושא ומהי עוצמת הגל המאפנן?
- ג. סרטט גרף המתאר את צורת הגל המאופנן בתלות בזמן, ורשום על הגרף ערכים מאפיינים של מתח ושל זמן.

שאלה 3

- 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 4

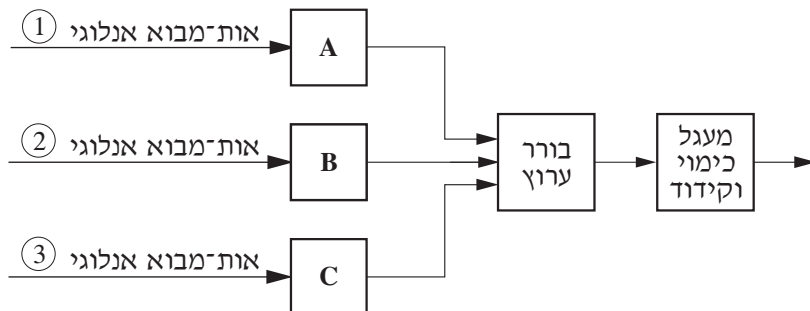
- הספקו של אות מאופנן AM הוא 2 kW, ומקדם האפנון שלו הוא $m_a = 0.4$.
- האות משודר באמצעות אנטנה שהתנגדותה 50Ω .
- א. חשב את הספק אות הנושא.
 - ב. חשב את הערך היעיל של עוצמת הגל הנושא.
 - ג. מהו ההספק של כל אחד מפסי הצד?

פרק שני: תקשורת ספרתית

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

שאלה 5

א. באיור לשאלה 5 מתואר מבנה עקרוני של מערכת תקשורת ספרתית.



איור לשאלה 5

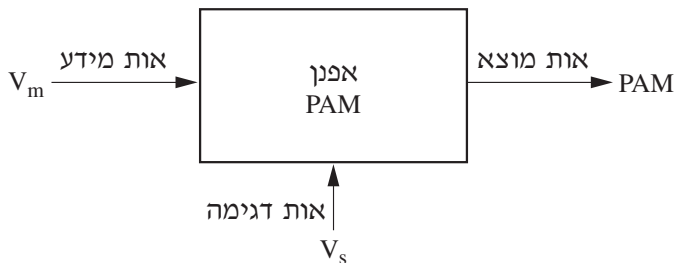
1. מהו סוג הריבוב במערכת התקשורת הזו?
2. ציין את שמן של היחידות A, B ו-C, והסבר את תפקידן.
- ב. התדר המקסימלי של אותות המבוא האנלוגיים שבאיור הוא 3 kHz. חשב את מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות של אותות המבוא.

שאלה 6

- א. הסבר את תפקידו של מעגל דגימה ושמירה במערכת תקשורת ספרתית.
- ב. סרטט תרשים חשמלי של מעגל דגימה ושמירה.
- ג. הסבר את פעולת המעגל.

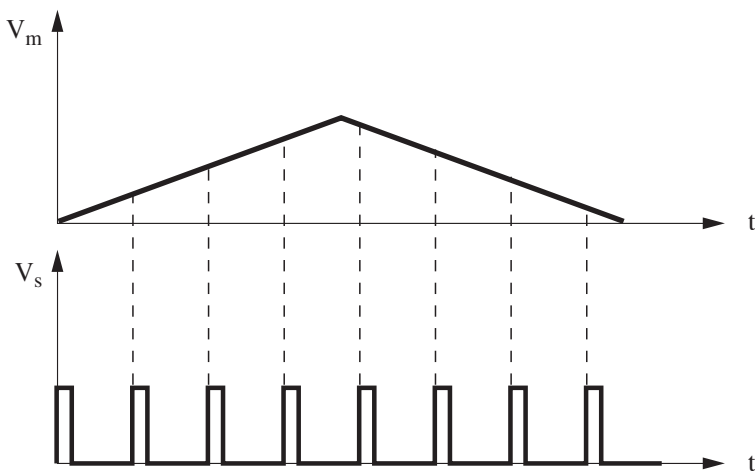
שאלה 7

א. באיור א' לשאלה 7 מתואר אפנן PAM.



איור א' לשאלה 7

העתק למחברתך את האותות הנתונים באיור ב' לשאלה וסרטט, בהתאמה, את צורת הגל המתקבל במוצא האפנן בתלות בזמן.



איור ב' לשאלה 7

ב. מהו ההבדל בין שני סוגי הקידוד NRZ ו-RZ ?

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

גל המאופן AM

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 $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

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]

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

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

R [Ω] - התנגדות העומס

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

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	-	$X_{FM}(t) \quad [V]$	$X_{FM}(t) = A_c \sin(\omega_c t + m_f \cos \omega_m t)$
--------------------------------------	---	-----------------------	--

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

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

תנופת הגל הנושא	-	$A_c \quad [V]$
-----------------	---	-----------------

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

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

רוחב-הפס של גל מאופנן FM	-	$BW \quad [Hz]$
--------------------------	---	-----------------

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

הספק של גל מאופנן FM	-	$P_{FM} \quad [W]$
התנגדות העומס	-	$R \quad [\Omega]$

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

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 $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ – 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]

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

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