

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 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 מֶרב 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.

השאלות

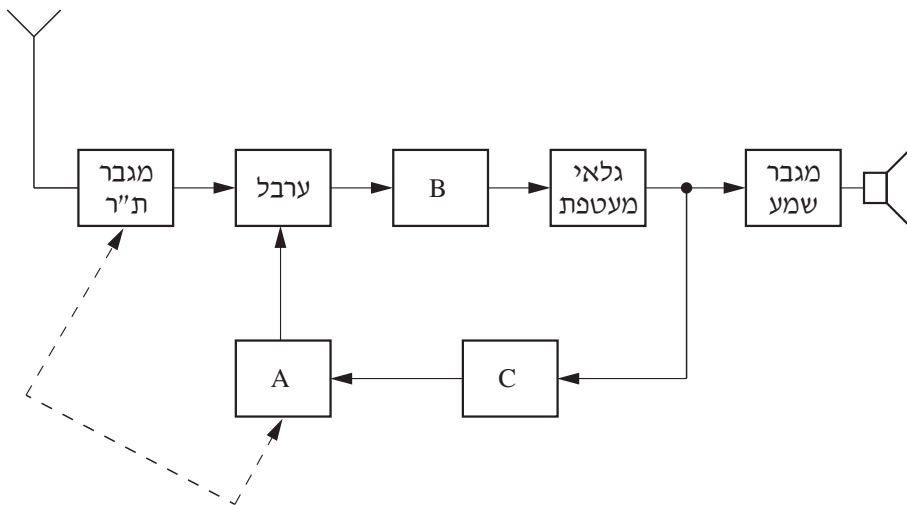
בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.

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.



איור לשאלה 1

- א. ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A , B ו- C .
- ב. הסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A , B ו- C .
- ג. ציין את סוג המקלט והסבר את אופן פעולתו.

שאלה 2

א. מהי מטרת האפנון של אות המשודר במערכת תקשורת?

ב. הסבר את המאפיינים הבאים של מערכת תקשורת:

1. יחס אות לרעש
2. רוחב-הפס של האות
3. תדרי העבודה של המקלט

שאלה 3

להלן הנתונים של מערכת תקשורת הפועלת באפנון FM :

משדר: תדר השידור – 90 MHz , סטיית התדר המרבית – 75 kHz , תדר אות-המידע – 15 kHz .

מקלט: תחום תדר הקליטה – 88 MHz + 108 MHz , תדר הביניים – 10.7 MHz.

- א. המקלט מכוון לקליטת תחנה המשדרת בתדר 88 MHz . חשב את תדר הבבואה, כאשר תדר המתנד המקומי גבוה מתדר התחנה הזו.
- ב. חשב את מקדם האפנון של האות המשודר ואת רוחב-הפס שלו.
- ג. חשב את תחום התדרים במוצא מגבר הביניים במקלט.

שאלה 4

להלן הביטוי של אות מאופנן AM :

$$X_{AM}(t) = 10 \cdot \cos(10^7 t) + \cos[(10^7 + 2 \cdot 10^3)t] + \cos[(10^7 - 2 \cdot 10^3)t]$$

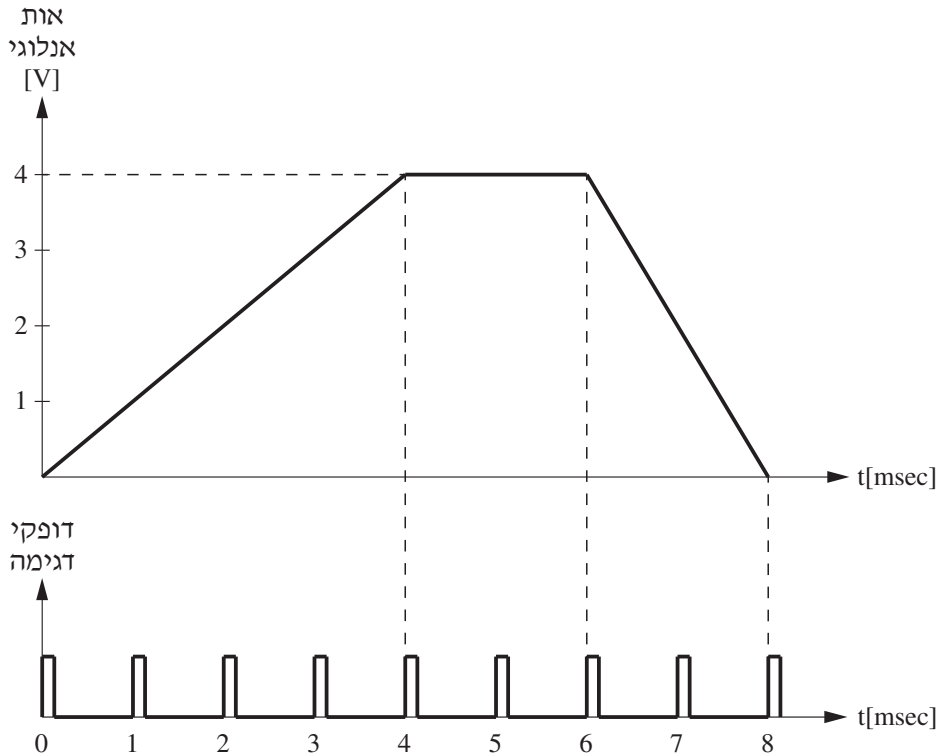
- א. מהי העוצמה של כל אחד מפסי-הצד של האות?
- ב. מהו תדר האות הנושא ומהו תדר האות המאפנן?
- ג. חשב את מקדם האפנון של האות המאופנן.
- ד. חשב את רוחב-הפס של האות המאופנן.

פרק שני: תקשורת ספרתית

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

שאלה 5

א. באיור לשאלה 5 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות אנלוגי ודופקי דגימה.



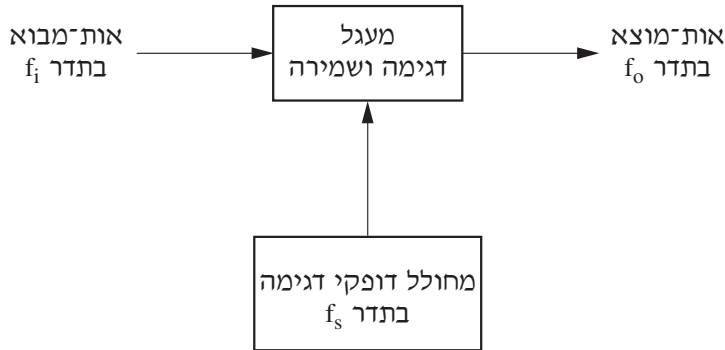
איור לשאלה 5

1. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון תנופת הדופק (PAM).
2. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון רוחב הדופק (PWM).
3. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון מיקום הדופק (PPM).

ב. הסבר את העיקרון של שיטת אפנון הדופק המקודד (PCM), וציין יתרון אחד של השיטה הזו לעומת השיטות PAM, PWM ו-PPM.

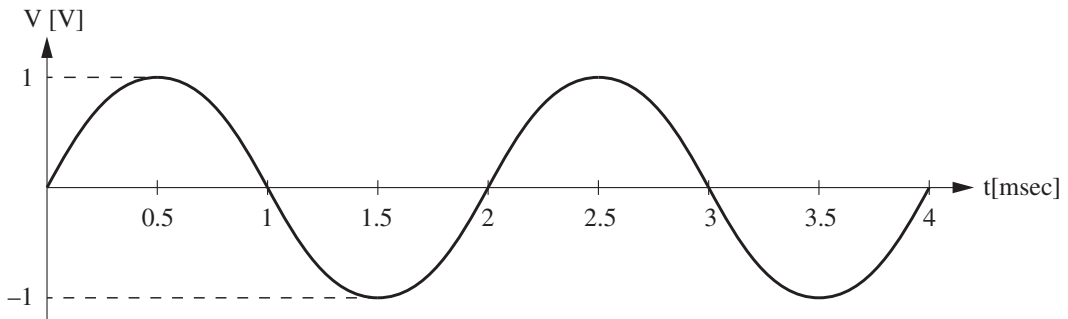
שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 נתון תרשים-מלבנים של מעגל דגימה ושמירה (sample and hold).



איור א' לשאלה 6

למבוא המעגל מספקים את האות הסינוסואידלי, המתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 6

- א. העתק למחברתך את אות-המבוא שבאיור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את אות-המוצא כפונקציה של הזמן, המתקבל כאשר אות המבוא נדגם החל מהרגע $t = 0$, בקצב של:
1. 2 kHz 2. 4 kHz
- ב. נתונים שני תדרי דגימה: 8 kHz ו-16 kHz. באיזה מבין התדירים האלה רצוי לדגום את האות באיור ב', כדי לקבל אות-מוצא הדומה לו ככל האפשר? נמק את תשובתך.

שאלה 7

- א. הסבר מדוע צריך לקודד אות ספרתי לפני שהוא משודר בקו תקשורת.
- ב. הסבר את ההבדל בין יחידות המדידה baud ו-bps (מספר סיביות לשנייה).
- ג. תחום תדרי הקול בקו טלפון ביתי הוא $300 \text{ Hz} \div 3400 \text{ Hz}$. התא הקולי מכיל קטע קול (אודיו) שאורכו 40 שניות. חשב את מספר הדגימות **המוזערי** (המינימלי) הנדרש כדי לשחזר את קטע הקול.

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 [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 המאופן 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!