

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:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות

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. 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 6 עמודים ו-5 עמודי נוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

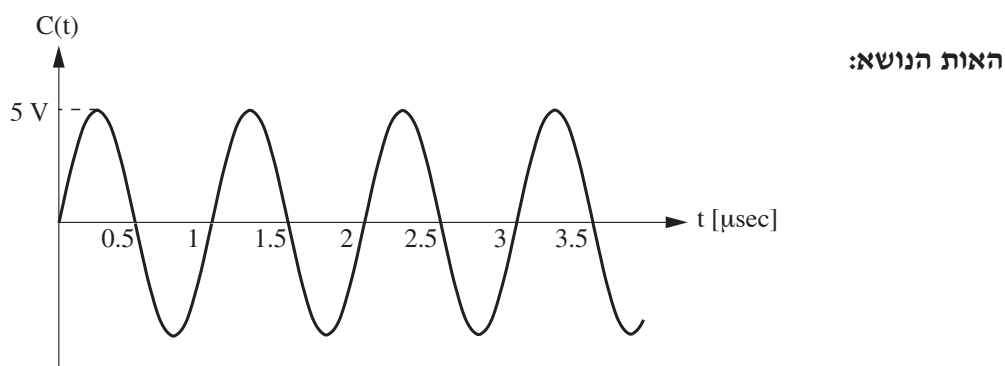
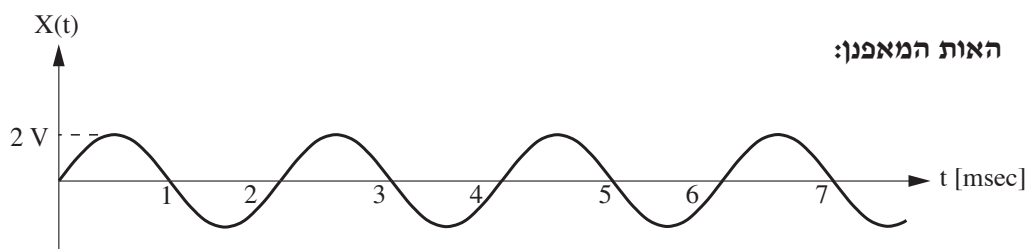
בשאלון זה שני פרקים ובהם שבע שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.

פרק ראשון: תקשורת תקבילית

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונים אות מאפנן ואות נושא. האות הנושא מאופנן באפנון AM.



איור לשאלה 1

- רשום את משוואת האות המאפנן כפונקציה של הזמן.
- רשום את משוואת האות הנושא כפונקציה של הזמן.
- חשב את מקדם האפנון.
- סרטט את ספקטרום האות המאופנן.

שאלה 2

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

שאלה 3

- מהו היתרון של אפנון DSB על-פני אפנון AM, ומהו החיסרון שלו?
- אות מידע שתדרו 1 kHz ועוצמתו 4 V מאפנן אות נושא שתדרו 900 kHz .
סרטט את הספקטרום המתקבל באפנון DSB ואת הספקטרום המתקבל באפנון SSB (פס צד עליון).
- תחנת שידור משדרת אות-מידע בתדר של 2 kHz . ציין מהו רוחב-הפס הנדרש בכל אחת משיטות האפנון האלה: AM, DSB ו-SSB.

שאלה 4

- סרטט תרשים מלבנים של משדר FM, והסבר את התפקיד של כל יחידה בתרשים.
- להלן הנתונים של אות FM:

- תדר אות המידע – 10 kHz
- עוצמת אות המידע – 2 V
- סטיית התדר המרבית – 50 kHz
- תדר האות הנושא – 90 MHz
- עוצמת האות הנושא – 3 V

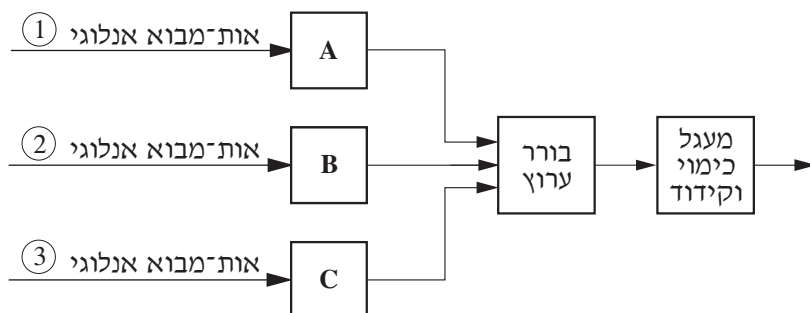
רשום את משוואת האות המאופנן.

פרק שני: תקשורת ספרתית

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

שאלה 5

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

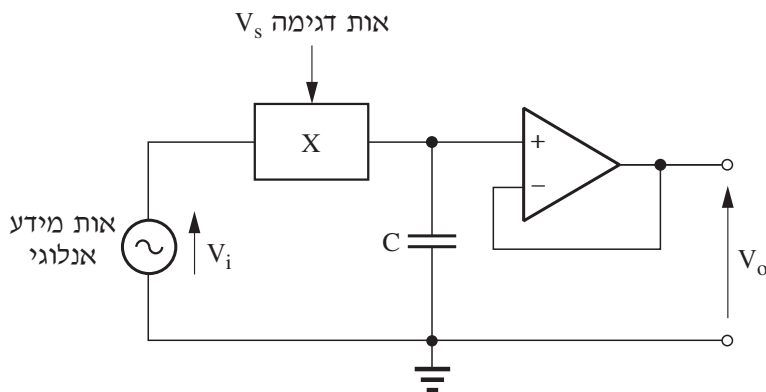


איור לשאלה 5

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.

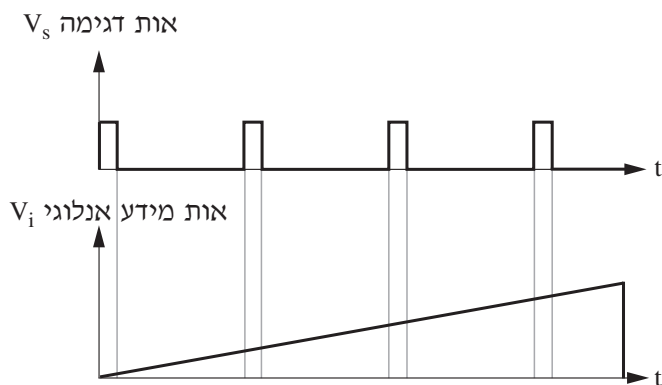
שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 6

- א. 1. ציין את שמה ואת תפקידה של היחידה X במעגל שבאיור א'.
2. תאר את פעולתו של המעגל הנתון באיור.
- ב. באיור ב' לשאלה מתוארות, זו מתחת לזו בהתאמה, צורות הגלים של אות הדגימה V_s ואות המידע האנלוגי V_i .



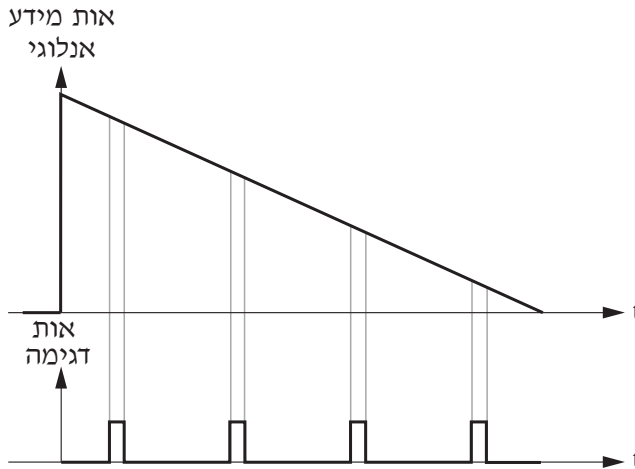
איור ב' לשאלה 6

העתק למחברתך את צורות הגלים שבאיור ב', וסרטט מתחתיהן, בהתאמה, את צורת אות-המוצא V_o .

המשך בעמוד 6

שאלה 7

א. באיור לשאלה 7 מתוארות, זו מתחת לזו בהתאמה, צורות הגלים של אות מידע אנלוגי ואות דגימה.



איור לשאלה 7

העתק למחברתך את האותות הללו, וסרטט מתחתיהם, בהתאמה, את האות המתקבל, כפונקציה של הזמן:

1. באפנון PWM.
 2. באפנון PAM.
- ב. 1. הסבר מהי שגיאת הכימוי הנוצרת בתהליך הפיכתו של אות אנלוגי לאות ספרתי.
2. כיצד ניתן להקטין את שגיאת הכימוי?

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]

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_{LO} [Hz] – תדר המתנד המקומי

f_{RF} [Hz] – תדר התחנה הנקלטת

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

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

$$f_{IM} = f_{RF} \pm 2f_{IF}$$

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!