



מערכות חינוך
אקטיווי
חינוכי

מאגר שאלות במערכות תקשורת למרכיב העיוני במבחן המעבדה

עריכה ופתרונות

שמחה גילעם

קריאה והערות

צבי אזיה

עזרא בן-שוהם

ד"ר שלום עזריאל

**המרכז לטכנולוגיה
חינוכית (מטח)**



משרד החינוך

2013

בית ההוצאה לאור של המרכז לטכנולוגיה חינוכית, קרית משה רואו, רח' קלאוזנר 16, רמת-אביב,
ת"ד 39513, תל-אביב 61394.

The Centre For Educational Technology, 16 Klausner St., Ramat-Aviv, P.O.Box 39513,
Tel-Aviv, 61394. Printed in Israel.

מאגר שאלות למרכיב העיוני של מבחן המעבדה במערכות תקשורת

מחולק לפי נושאי תכנית הלימודים

א. מבוא לתקשורת

שאלה 1

כאשר כבדי-שמיעה משתמשים בשפת הסימנים, מהו סוג המידע המועבר: קולי, חזותי? מהו המשדר, מהו התווך ומהו המקלט במקרה זה?

תשובה 1

המידע הינו חזותי: הדובר מסמן באמצעות ידיו סימנים שונים, הנראים על ידי בן-השיח. הידיים משמשות משדר, האוויר הוא התווך, ועין המתבונן היא המקלט.

שאלה 2

מהן המגבלות של שפת הסימנים מבחינת 'טווח השידור'?

תשובה 2

'השידור' מוגבל על ידי חדות הראייה של המתבונן ותנאי הראות בסביבה. אם התקשורת נעשית בתנאי ערפל או חשיכה, טווח השידור יהיה קטן. גם בתנאים של ראות מצוינת, באור יום, המתבונן לא יבחין בעיצובים השונים שמעניק הדובר לאגרוף ולאצבעותיו ממרחק העולה על מאות מטרים.

שאלה 3

כאשר משתמשים בתופי טס-טס להעברת הודעות בג'ונגל, מהו סוג המידע המועבר: קולי, חזותי? מהו המשדר, מהו התווך ומהו המקלט במקרה זה?

תשובה 3

המידע הוא קולי: קול הלמות התופים. המשדר הוא התוף, התווך הינו האוויר והמקלט הוא אוזניו של המאזין.

שאלה 4

על אילו סימנים מבוסס קוד מורס? האם תוכל לרשום את הקוד עבור הודעת S.O.S?

תשובה 4

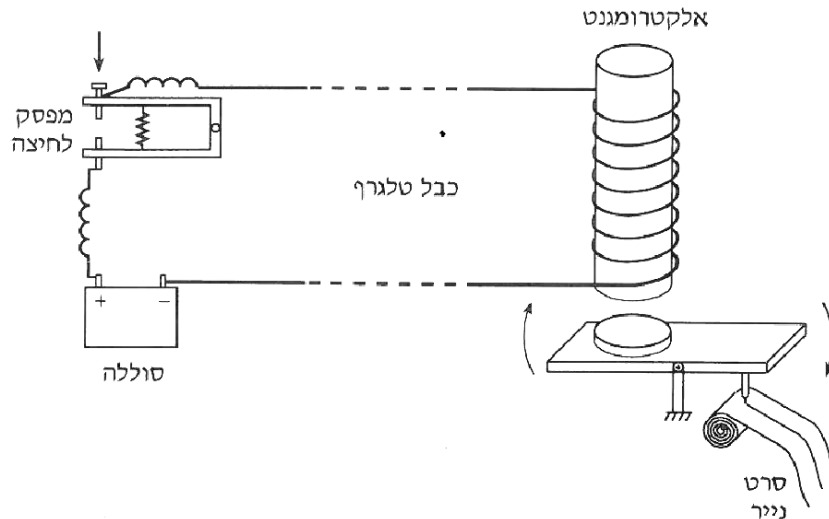
קוד מורס מבוסס על שני סימנים בלבד: קו ונקודה.
האות S מיוצגת על ידי שלוש נקודות, האות O – על ידי שלושה קווים. לפיכך הודעת SOS בקוד מורס תשודר כך: ... – – – ...

שאלה 5

סרטט תרשים עקרוני של מערכת לשידור סימני מורס המחוברת אל מקלט עם סרט נייר באמצעות כבל טלגרף. הסבר את פעולת המערכת.

תשובה 5

באיור לתשובה 5 מתוארת המערכת. לחיצה על המפסק סוגרת את מעגל האלקטרומגנט הנמצא בקצה המרוחק של כבל הטלגרף. הלוחית התחתונה נמשכת אל האלקטרומגנט והעט/עפרון המחובר אליה מהודק לסרט הנייר ורושם בו קו או נקודה, בהתאם למשך הלחיצה של הפקיד המשדר.



שאלה 6

איזו מערכת תקשורת המציא אלכסנדר גרהאם בל?

תשובה 6

אלכסנדר בל המציא את הטלפון, בשנת 1876.

שאלה 7

מתי שודר לראשונה אות אלחוטי (מאירופה לבריטניה):

א. לפני 200 שנה?

ב. 100 שנה?

ג. 50 שנה?

תשובה 7

ב.

שאלה 8

מתי החלו שידורי טלוויזיה בצבעים:

א. לפני 100 שנה?

ב. 60 שנה?

ג. 30 שנה?

תשובה 8

ב.

שאלה 9

מתי החל עידן תקשורת הלוויינים:

- א. לפני 80 שנה?
- ב. 50 שנה?
- ג. 30 שנה?

תשובה 9

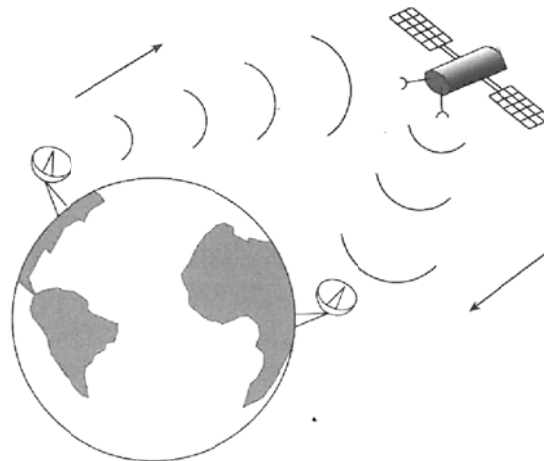
ב.

שאלה 10

הסבר בעזרת איור את עקרון 'המראה התלויה בחלל' בהקשר לתקשורת לוויינים.

תשובה 10

הלוויין מבצע הקפה של מעגל שלם במשך 24 שעות, כך שהוא למעשה 'תלוי' בנקודה קבועה מעל כדור הארץ. הוא קולט אות המשודר מצפון אמריקה, למשל (ראה איור) ומשדר אותו למזרח אפריקה. בין שני המקומות האלה לא ייתכן שידור בקו ראייה, בגלל מגבלת האופק.



שאלה 11

למה נקרא הטלפון הנייד 'סלולארי', שפירושו 'תא'? מהו 'התא' הזה?

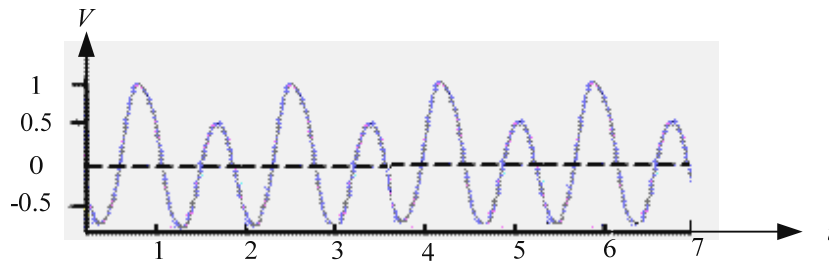
תשובה 11

המרחב האלחוטי של עיר מסוימת, למשל תל-אביב, מחולק על-ידי חברת תקשורת מסוימת לתאים. בכל תא ישנה אנטנה הקולטת את שידורי הטלפון הנייד ומקשרת אותו עם מערכת הטלפונים הכללית שלה. כאשר המשתמש יוצא מתחום תא מסוים, הוא עובר לתחומו של התא הסמוך והאנטנה של התא החדש יוצרת איתו קשר. כך, שבכל רגע ורגע, הטלפון הנייד מקושר עם האנטנה הקרובה, גיאוגרפית אליו. מצב זה מאפשר תקשורת באמצעות הספק קטן, יחסית, של מכשיר הטלפון; הספק המסופק על-ידי הסוללה הנטענת הקטנה שבתוכו.

תקשורת שמע

שאלה 12

באיור לשאלה 12 מתואר גל קול של זמרת סופרן. חלוקת הזמן מופיעה בראש האיור ביחידות של שניות (שים לב שכל מספר נבדל מקודמו במילישנייה אחת בדיוק).



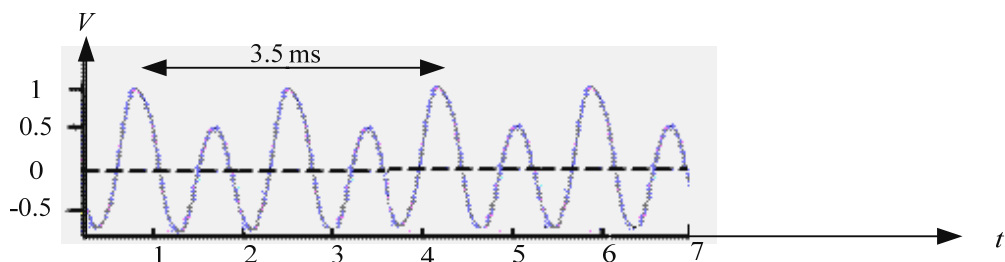
איור לשאלה 12

- א. מהו מחזור הגל (במילישניות)?
- ב. מהו תדר הגל (בהרצים)?
- ג. סרטוטו (במקורב) את הגל הנתון כסכום של שני אותות סינוס שהאחד מהם (ההרמוניה) בתדר כפול ממשנהו (התדר היסודי). שימו לב שבצד שמאל מופיעה התנופה (בוולטים) והתייחסו גם לתנופות של כל אות.
- ד. בהתאם לתשובה בסעיף ג', סרטטו את ספקטרום האות.

תשובה 12

- א. נבחר מקומות נוחים לקרוא בהם את הזמן המדויק של שיאי הגל. באיור להלן רואים שני מקומות כאלה, במרחק 3.5 ms זה מזה. בתוך הקטע הזה כלולים שני מחזורים. לכן זמן המחזור הוא:

$$T = 3.5/2 = 1.75 \text{ ms}$$

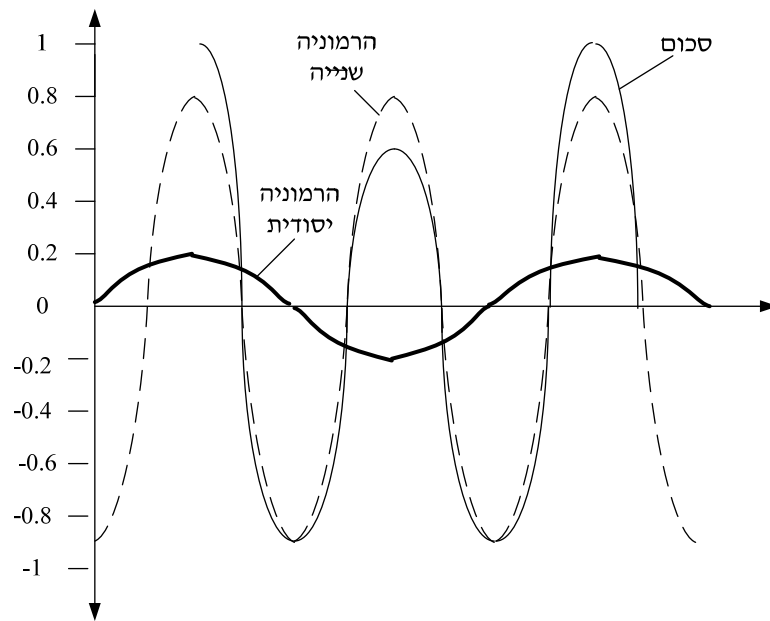


לפי התשובה בסעיף א':

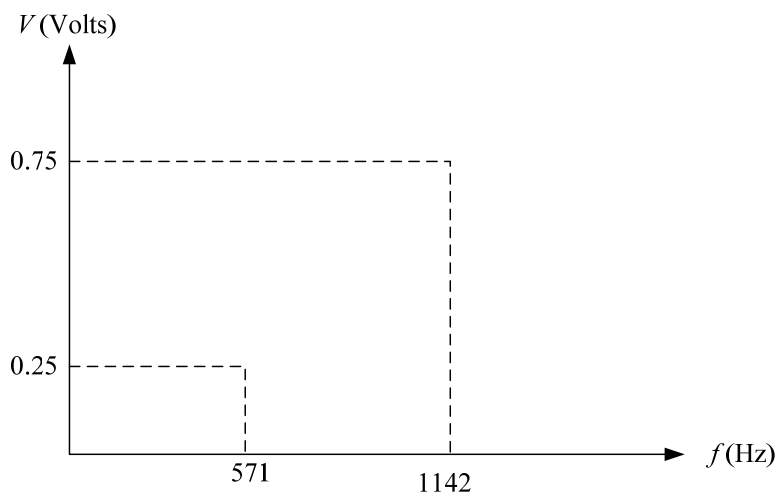
$$f = 1/T = 1/1.75 \text{ ms} = 571 \text{ Hz}$$

במונחים מוזיקליים, זהו הצליל "רה" – קצת יותר מאוקטבה מעל הדו האמצעי (בפסנתר).

- ב. ניסוי וטעייה מביאים אותנו לסרטוט המקורב להלן. הגרף הכחול דומה מאוד לגרף הצליל הנתון בשאלה. תנופת התדר היסודי היא 0.25 V . תנופת ההרמוניה השנייה גדולה מהיסודית פי 3, דהיינו 0.75 V .



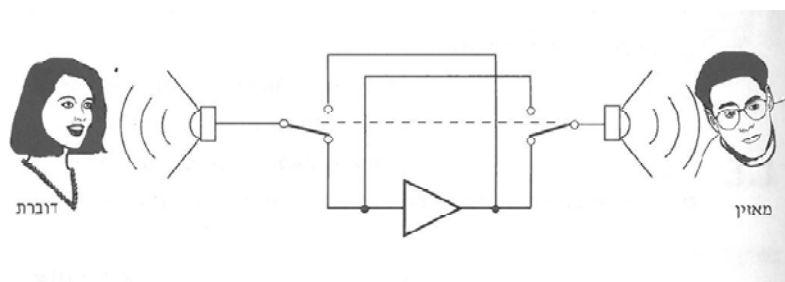
ג. לפי התשובות לסעיפים ב', ג', ספקטרום האות נראה כך :



שאלה 13

סרטט תרשים עקרוני של מערכת אינטרקום.

תשובה 13



ב. עקרונות מערכת תקשורת

שאלה 14

הסבר מדוע יש צורך לאפנן אות שמע לפני שמשדרים אותו.

תשובה 14

א. אם תחנות הרדיו ישדרו אותות חשמליים בתדר שמע ישירות לאוויר, לא תהיה למאזין אפשרות להפריד בין התחנות.
ב. אורך הגל של אות שמע הוא עצום (אלפי קילומטרים) ולפיכך אין אפשרות לבנות אנטנה יעילה.

שאלה 15

מהו תחום שידורי הרדיו ב-AM? וב-FM?

תשובה 15

AM : 530 k Hz – 1600 k Hz

FM : 88 MHz – 108 MHz

שאלה 16

גלי צה"ל משדרים ב-AM בתדר 1287 k Hz, וב-FM בתדר 96.6 M Hz.
מהו אורך הגל המתפשט באוויר בכל אחד מהשידורים?

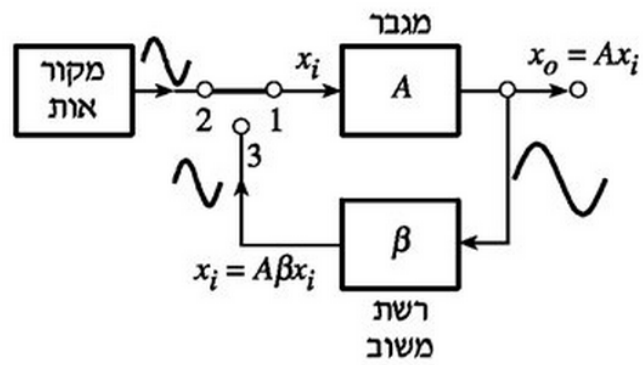
תשובה 16

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 m}{1287 kHz} = 233 m - AM$$

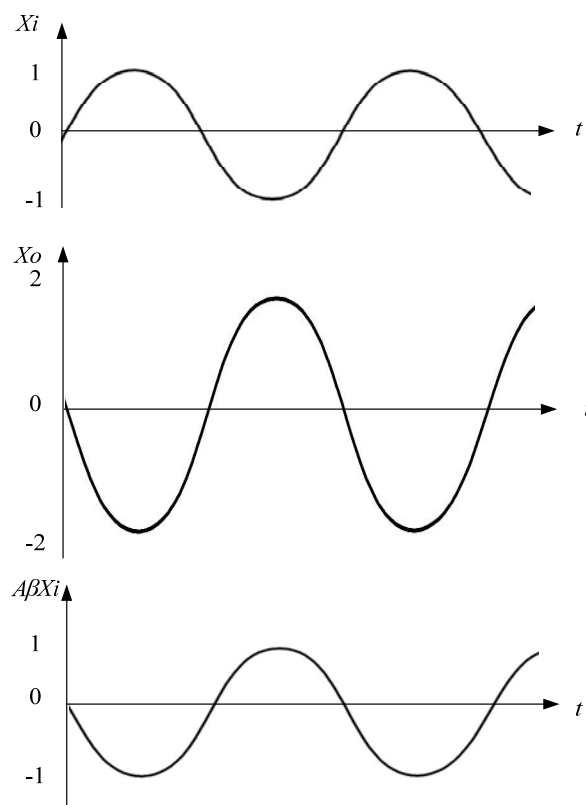
$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 m}{96.6 MHz} = 3.1 m - FM$$

שאלה 17

המגבר שבאיור הוא מגבר מהפך שהגברו $A = -2$. מקור האות מפיק מתח סינוסואידלי שתנופתו 1 V.
רשת המשוב היא מחלק מתח של נגדים עם תמסורת $\beta = 0.5$.
א. סרטט, זה מתחת לזה, את אות המבוא למגבר, את אות המוצא ואת אות המשוב.
ב. האם חיבור הנקודה 2 לנקודה 3 ייצור משוב חיובי? נמק.



תשובה 17



ב. אות המשוב הפוך בסימנו לאות המבוא, ולמעשה שווה להיפוך של אות המבוא. לכן האותות יבטלו זה את זה ויתנו משוב שלילי, לא חיובי.

ג. אפנון תנופה (AM)

שאלה 18

נתון גל נושא: $c(t) = 8 \cos 314 t$.

יש לאפן את הגל הנושא באפנון AM, על-ידי אות סינוסואדלי בתדר 10 Hz. עומק האפנון הוא 25%.

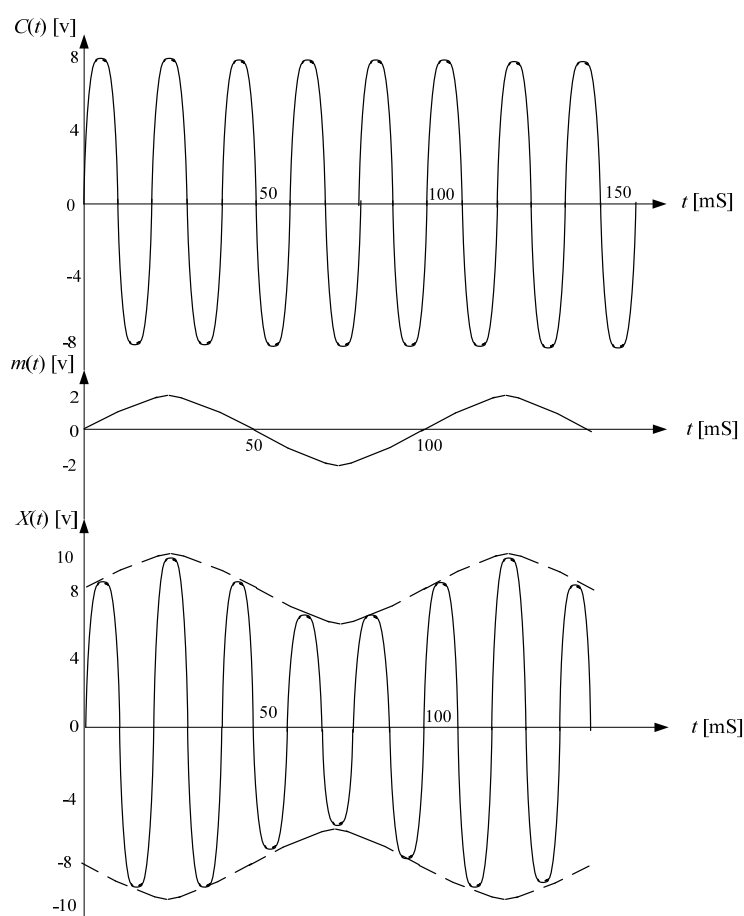
א. רשום ביטוי לאות המאפן.

ב. סרטט, זה מתחת לזה, את הגל הנושא, את האות המאפן ואת האות המאופן, עבור תחום הזמן $0 \leq t \leq 150 \text{ ms}$.

תשובה 18

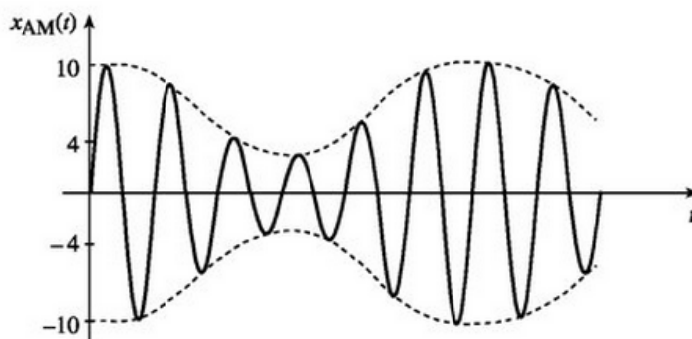
א. $x(t) = 8(1 + 0.25 \cdot \cos 62.8t) \cos 314t$

ב.



שאלה 19

באיור לשאלה זו מתואר אות AM המאופנן על-ידי אות סינוסיאדלי. מהו גורם האפנון? נמק?



תשובה 19

שיא המעטפת והמינימום שלה שלו מתוארים על ידי המתחים $7 \pm 3 \text{ V}$.

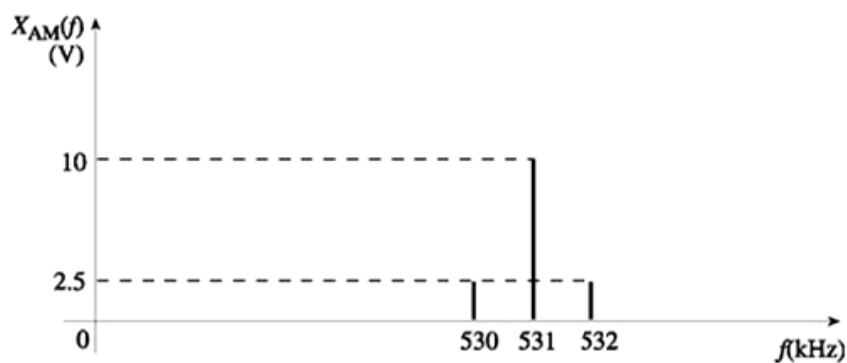
$$m_a = \frac{3}{7} = 0.43 \text{ לכן}$$

שאלה 20

באיור מתואר ספקטרום התדרים של הצפצוף (הפיפסים) המשודר לפני החדשות ברשת א'.

א. מהו תדר הצפצוף?

ב. מהו גורם האפנון? נמק.



תשובה 20

א. מתוך הספקטרום, תדר הצפצוף הוא 1 kHz.

$$2.5 = \frac{m_a}{2} A_c$$

$$\Rightarrow m_a = \frac{2 \times 2.5}{A_c} = \frac{2 \times 2.5}{10} = 0.5 \text{ ב.}$$

שאלה 21

נתון אות מידע סינוסיאדילי $x(t) = 7 \cos(2\pi \times 800t)$.

אות זה מאפנן גל נושא $c(t) = 12 \cos(2\pi \times 1.2 \times 10^6 t)$.

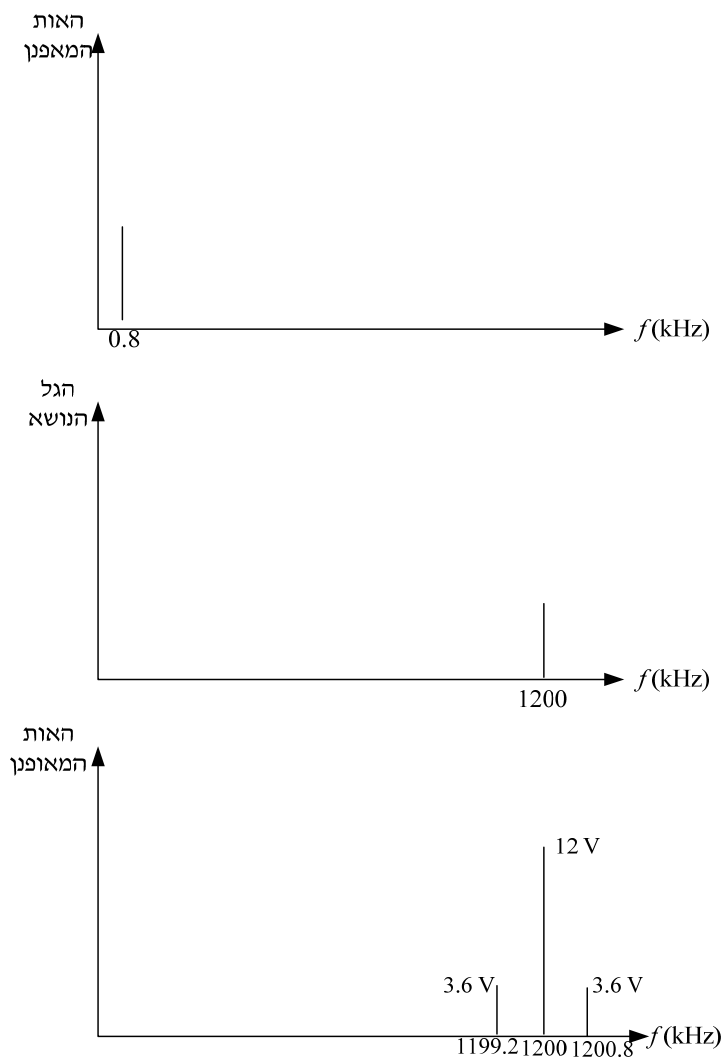
גורם האפנון הוא 0.6.

א. סרטט, זה תחת זה, את תיאורי הספקטרום של האות המאפנן, של הגל הנושא ושל האות המאופנן.

ב. מהו רוחב הפס של האות המאופנן AM?

תשובה 21

א.



ב. רוחב הפס של המידע הוא 800 Hz.

ג. רוחב הפס של האות המאופנן הוא 1600 Hz.

שאלה 22

תחנת שידור AM משדרת עם גורם אפנון $m = 0.6$. הספק הגל הנושא ללא אפנון הוא 100 kW. האות המאפן הוא סינוסיאדילי. הנח שהאותות מתפתחים על נגד של 1Ω .

- חשב את נצילות השידור.
- מהו הספק האות המשודר?
- מהו ההספק הכולל של פסי הצד?

תשובה 22

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{m^2}{2}} = \frac{1}{1 + \frac{0.6^2}{2}} \approx 0.15 \quad \text{א.}$$

$$P_{AM} = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) P_C = \left(1 + \frac{0.6^2}{2}\right) \cdot 100 = 118 \text{ kW} \quad \text{ב.}$$

$$18 \text{ kW} \quad \text{ג.}$$

שאלה 23

נתון האות

$$x(t) = 3 \cos(2\pi \times 10^3 t) + 5 \cos(2\pi \times 1.2 \times 10^3 t)$$

אות זה מאפן בשיטת DSB את הגל הנושא $c(t) = \cos(2\pi \times 10^5 t)$.

- סרטט את ספקטרום האות המאפן.
- סרטט את ספקטרום האות המאופן.

שאלה 24

תחנת שידור משדרת אות AM עם גורם אפנון 0.2 והספק ממוצע של 100 kW. עקב הוזלת מחירים, כל המאזינים החליפו את מקלטיהם למקלטי DSB. בהנחה שהספק פסי הצד הדרוש במקלט DSB זהה לזה הדרוש במקלטי AM, כיצד ישתנה הספק השידור של התחנה לאחר המעבר לשיטת DSB?

שאלה 25

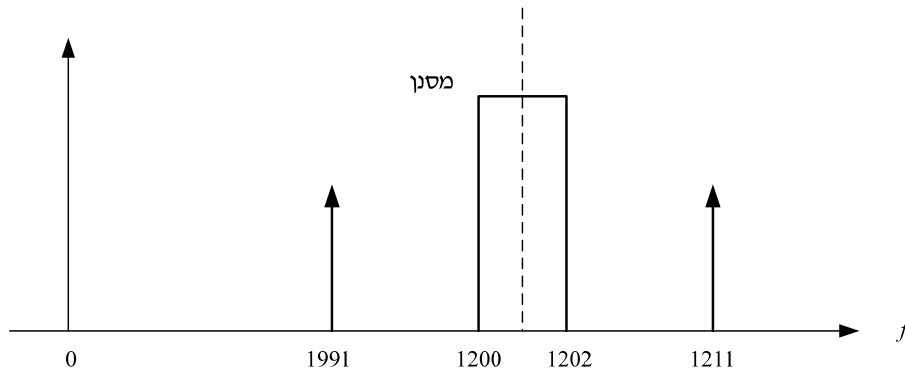
ברשותך מסנן מעביר-פס בתחום $1200 \text{ kHz} \div 1202 \text{ kHz}$ ואפן DSB. מהו תדר הגל הנושא שתבחר כדי לשדר אות מאפן סינוסיאדילי בתדר 10 kHz באפנון SSB? נמק את תשובתך בעזרת תיאור ספקטרום של אות ה-SSB. האם ישנה יותר מתשובה אחת לשאלה זו?

תשובה 25

ישנן שתי תשובות אפשריות :

א. תדר גל נושא = 1991 קה"צ = פס צד עליון = $1201 \text{ kHz} = 1991 + 10$
 וזה מסונן על ידי המסנן הנתון (ראה איור).

ב. תדר גל נושא = 1211 קה"צ = פס צד תחתון = $1201 \text{ kHz} = 1211 - 10$
 וזה מסונן על ידי המסנן הנתון (ראה איור).



שאלה 26

תחנת שידור משדרת בשיטת SSB הספק של 4 kw. בעלי התחנה רוצים לשדר לקהל הרחב, ועקב כך הם צריכים לעבור לשיטת AM, עם עומק אפנון של 15%. בהנחה שההספק של פס הצד אינו משתנה :

א. מה יהיה ההספק של אות ה-AM שישודר?

ב. מה יהי ההספק הגל הנושא?

שאלה 27

א. אם רוחב הפס של אות דיבור הוא 4 kHz, כמה תחנות יכולות (תיאורטית) לשדר

דיבור בתחום התדרים $20 \text{ MHz} \div 21 \text{ MHz}$ בשיטת AM?

ב. כיצד ישתנה מספר התחנות אם יעברו לשיטת SSB? ולשיטת DSB?

שאלה 28

נניח שרשת א' מגדילה את רוחב הפס של שידורי ה-AM שלה ל-100 kHz. האם זה יפריע לקליטת שידורי רשת ב'? הסבר בעזרת איור מתאים של הספקטרום.

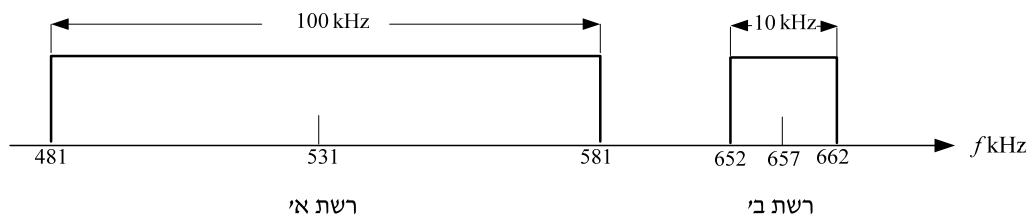
נתון שתדרי השידור של הרשתות (באזור המרכז) הם :

רשת א' – 531 kHz

רשת ב' – 657 kHz

תשובה 28

הגדלת רוחב הפס של שידורי רשת א' לא יפריעו לשידורי רשת ב', כמתואר באיור.



שאלה 29

המכשירים התאיים (סלולאריים) בארץ פועלים בתדר 2.4 GHz, לערך.

מהו אורך הגל של הגל הנושא?

מהו אורכה של אנטנת המוט המתאימה למכשיר זה?

שאלה 30

משדר AM ניזון ממצבר של 24 V (ברכב), וצורך זרם של 150 mA. הספק האות המשודר הוא 2.7 W. חשב את נצילות המשדר.

שאלה 31

מתח האות הנקלט באנטנת מקלט ישיר הוא $20 \mu\text{V}$ (RMS).

א. מהו הגבר המתח של מגבר הת"ר, אם למבוא הגלאי מגיע אות בעל מתח

1 V (RMS)? ובדציבלים?

ב. ברשותך שני מגברי ת"ר, שהגבר כל אחד מהם הוא 50 dB. האם היית משתמש

בהם למימוש המקלט הישיר של סעיף א'? נמק.

תשובה 31

א. הגבר המתח הוא :

$$1 \text{ V} / 20 \mu\text{V} = 50,000$$

ובדציבלים :

$$20 \log 50,000 = 94 \text{ dB}$$

ב. לא הייתי משתמש בשני המגברים הללו, מכיוון שהם נותנים הגבר כולל של

100 dB, והגבר כה גבוה עלול לעורר תנודות לא רצויות.

שאלה 32

מהו הספק הרעש התרמי שיימסר למסנן בעל רוחב פס 1 MHz, בטמפרטורה של 15°C ?

שאלה 33

- א. מהו הספק האות במבוא המסנן בשאלה 32, אם ידוע שיחס האות לרעש במבוא המסנן הוא 7?
- ב. באיזו טמפרטורה יירד יחס האות לרעש ל-5?

שאלה 34

להלן נתוניו של גל AM המשדר באפנון פס-צד כפול ללא גל נושא (DSB-SC):

תדר הגל הנושא - 1.2 MHz

תנופת הגל הנושא - 10 V

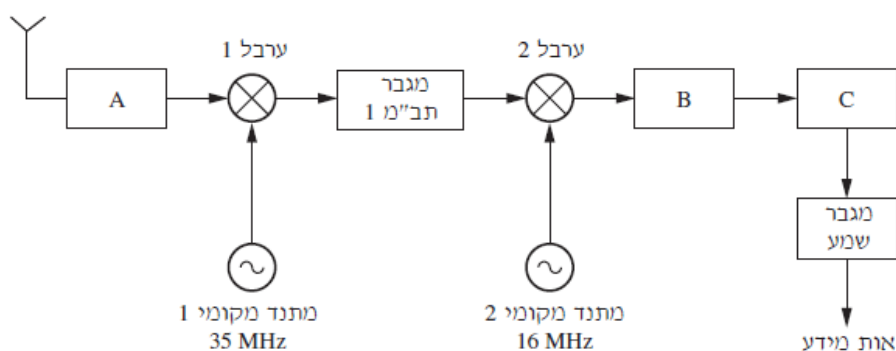
תדר גל המידע - 3 kHz

תנופת גל המידע - 4 V

- א. סרטט את ספקטרום התדרים של הגל המאופנן ב-DSB-SC. ציין בסרטוטך את התדר ואת התנופה של כל מרכיבי הספקטרום.
- ב. מהו רוחב הפס של הגל המאופנן?
- ג. רשום את משוואת הגל המאופנן בתלות בזמן.
- ד. מהו הספק השידור של הגל המאופנן, אם התנגדות האנטנה היא 50Ω ?

שאלה 35

באיור לשאלה 35 נתון תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה. המקלט מכוון לקליטת תחנה המשדרת בתדר של 20 MHz.



- א. ציין את שמה ואת תפקידה של כל אחת מן היחידות, A, B ו-C.
- ב. חשב את תדר אות המוצא של ערבל 2.
- ג. חשב את תדר הבבואה על-סמך נתוני המקלט.
- ד. הסבר את יתרונו של מקלט סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה על-פני מקלט סופר-הטרודיין רגיל.

תשובה 35

א. A – מגבר ת"ר.

B – מגבר תב"מ 2

C – גלאי

א. תדר המוצא של ערבול $1 = 35 - 20 = 15 \text{ MHz}$ תדר המוצא של ערבול

$$16 - 15 = 1 \text{ MHz} = 2$$

ב. תדר הבבואה: $f_{im} = f_{LO} + f_{IF} = 35 + 15 = 50 \text{ MHz}$

ג. במקלט בעל המרת תדר כפולה תדר הבבואה גבוה ומסונן היטב על ידי מגבר

ת"ר. כמו-כן, ההגבר הגבוה מהאנטנה ועד הגלאי אינו מרוכז בתחום תדר יחיד,

וכך קטנה סכנת התנודות.

שאלה 36

א. 1. הסבר מהו אפנון פס-צד יחיד (SSB).

2. מהם היתרונות והחסרונות של אפנון SSB לעומת אפנון AM (רגיל)?

ב. תדר השידור של משדר SSB מסוג פס-צד עליון הוא 2 MHz , ותדר אות המידע הוא

5 kHz . סרטט את ספקטרום האות המתקבל במוצא של המשדר.

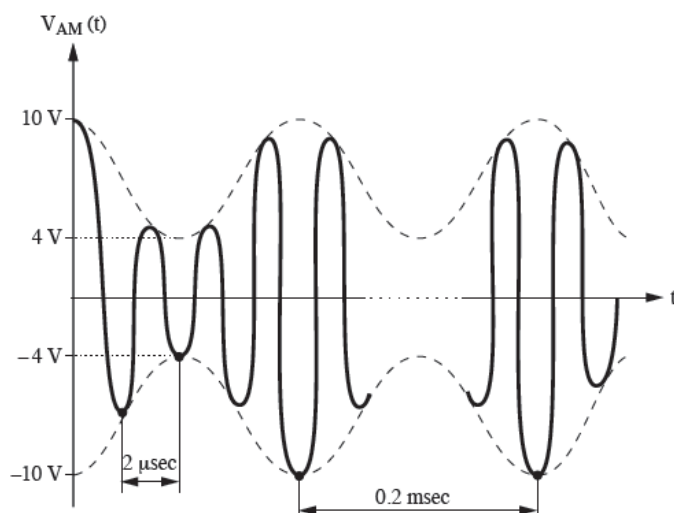
ג. התייחס לנתונים של סעיף ב', וסרטט את ספקטרום האות המתקבל במוצא של

משדר DSB-SC.

ד. הסבר את המושג ברירות במקלט AM.

שאלה 37

באיור לשאלה 37 נתונה צורת הגל של אות מאופנן AM.



א. חשב את התדר ואת העוצמה של גל המידע.

ב. חשב את התדר ואת העוצמה של הגל הנושא.

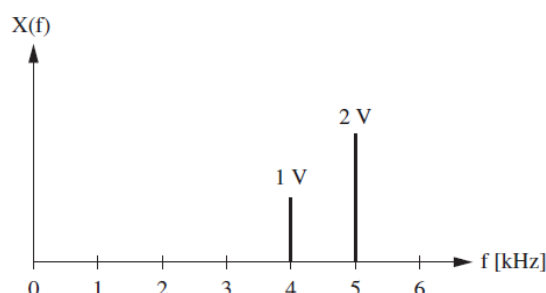
ג. חשב את מקדם האפנון.

ד. רשום את משוואת הגל המאופנן כפונקציה של הזמן.

ה. סרטט את הספקטרום של הגל הנתון.

שאלה 38

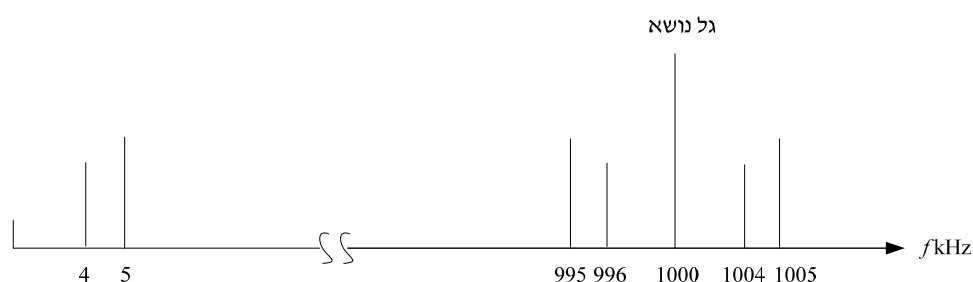
באיור לשאלה 38 מסורטט הספקטרום של אות מידע $X(f)$.



- רשום את משוואת אות המידע כפונקציה של הזמן $x(t)$.
- אות המידע הזה מאפנן באפנון AM אות נושא שמשוואתו $c(t) = 5 \cos(2\pi \times 10^6 t)$. סרטט את הספקטרום של האות המאופנן (מבלי לציין את עוצמת ההרמוניות). מהו רוחב הפס של האות המאופנן?

תשובה 38

- $x(t) = 1 \cdot \cos(2\pi 4 \cdot 10^3 t) + 2 \cdot \cos(2\pi 5 \cdot 10^3 t) = \cos(8\pi \cdot 10^3 t) + 2 \cos(10\pi \cdot 10^3 t)$
-



שאלה 39

- במקלט AM מסוג סופר-הטרודיין אירעה תקלה: במעבר מתחנה אחת לתחנה אחרת – עוצמת השמע ברמקול משתנה באופן משמעותי.
- קבע, בהתאם לתקלה שאירעה, איזו יחידה במקלט אינה פועלת כראוי.
 - הסבר את תפקידה של יחידה זו במקלט.
 - סרטט תרשים מלבנים של המקלט, הכולל את היחידה הזו.

שאלה 40

- רוחב פס התדרים של מגבר באנטנה הוא 100 kHz. טמפרטורת הסביבה שבה נמצא המגבר היא 27°C . האנטנה קולטת אות שהספקו 20 pW ($20 \cdot 10^{-12} \text{ W}$).
- חשב את הספק הרעש התרמי במבוא המגבר. **שים לב:** $T [^\circ\text{K}] = T [^\circ\text{C}] + 273$.
 - חשב את יחס האות לרעש במבוא המגבר. בטא אותו ביחידות [dB].
 - באיזו טמפרטורה (ב- $^\circ\text{C}$) יהיה יחס האות לרעש 42?

תשובה 40

א. $T [^{\circ}\text{K}] = T [^{\circ}\text{C}] + 273 = 27 + 273 = 300 \text{ }^{\circ}\text{K}$
 $P_n = kTB = 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 100 \times 10^3 = 4.14 \times 10^{-16} \text{ W}$
ב. $P_s/P_n = 20 \cdot 10^{-12} / 4.14 \cdot 10^{-16} = 4.83 \cdot 10^4$
 $10 \log(4.83 \cdot 10^4) = 46.8 \text{ dB}$
ג. $P_s/P_n = 42 \Rightarrow P_n = P_s/42 = 20 \cdot 10^{-12} / 42 = 0.476 \cdot 10^{-12} \text{ W} = kTB$
 $T = 4.76 \cdot 10^{-11} / 1.38 \cdot 10^{-23} / 10^5 = 3.45 \cdot 10^7 \text{ }^{\circ}\text{K} \sim 34.5 \cdot 10^6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

שאלה 41

נתון אות מאופנן AM, שמשוואתו היא:
 $X_{AM}(t) = 20 \cdot [1 + m_a \cdot \cos(2\pi \cdot 3 \cdot 10^3 t)] \cdot \cos(2\pi \cdot 800 \cdot 10^3 t)$
הספק הגל הנושא הוא 20 W, והספק הגל המאופנן הוא 30 W.
א. חשב את מקדם האפנון m_a .
ב. חשב את התדר של פס-צד עליון ואת התדר של פס-הצד התחתון.
ג. חשב את נצילות השידור.

שאלה 42

א. 1. הסבר מהו תדר בבואה.
2. תדר הביניים במקלט AM הוא 455 kHz ותדר התחנה הרצויה הוא 800 kHz.
חשב את תדר הבבואה
ב. סרטט תרשים מלבנים של מקלט בעל המרת תדר כפולה והסבר כיצד מקלט זה פותר את בעיית תדר הבבואה.

שאלה 43

א. הסבר את שיטות האפנון SSB ו-DSB, והשווה בין כל אחת מהן ובין שיטת האפנון AM מהבחינות האלה:
1. הספק השידור
2. רוחב הפס
ב. הסבר את המושג "יחס אות לרעש".
ג. 1. רוחב פס של מגבר RF הוא 200 kHz. מהו הספק הרעש התרמי במבוא המגבר בטמפרטורה של 25°C ?
2. הספק האות במבוא המגבר הוא 0.1 pW. חשב את יחס האות לרעש.

תשובה 43

א. בשיטת DSB משדרים שני פסי צד, ללא גל נושא. בשיטת SSB משדרים פס צד יחיד (עליון או תחתון).
1. הספק שידור – שתי השיטות חסכוניות יחסית לאפנון AM, הן חוסכות את הגל

הנושא. בשיטת SSB ההספק החסכוני ביותר – מחצית מזה של DSB.

2. רוחב הפס – רוחב הפס של AM ו-DSB זהה = פעמיים רוחב פס המידע. רוחב

הפס של SSB = רוחב פס המידע = מחצית מרוחב הפס של AM ו-DSB.

ב. יחס אות לרעש = הספק האות חלקי הספק הרעש התרמי (ברוחב פס נתון).

$$T [^{\circ}\text{K}] = T [^{\circ}\text{C}] + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad 1.$$

$$P_n = kTB = 1.38 \times 10^{-23} \times 298 \times 100 \times 10^3 = 8.22 \times 10^{-16} \text{ W}$$

$$P_s/P_n = 0.1 \cdot 10^{-12} / 8.22 \cdot 10^{-16} = 120 \quad 2.$$

שאלה 44

א. הסבר את תפקיד מעגל ה-AGC במקלט AM.

ב. הסבר את המושג רגישות (sensitivity) של מקלט.

ג. הסבר מה יתרונו של אפנון DSB על-פני אפנון AM (רגיל).

ד. סרטט את ספקטרום התדרים של אות DSB, המשודר בתדר של 531 kHz. תדר הגל

המאפן שלו הוא 2 kHz, ועוצמתו 3 V.

שאלה 45

באיור לשאלה 45 מתואר ספקטרום התדרים של אות AM. אות זה נקלט על-ידי

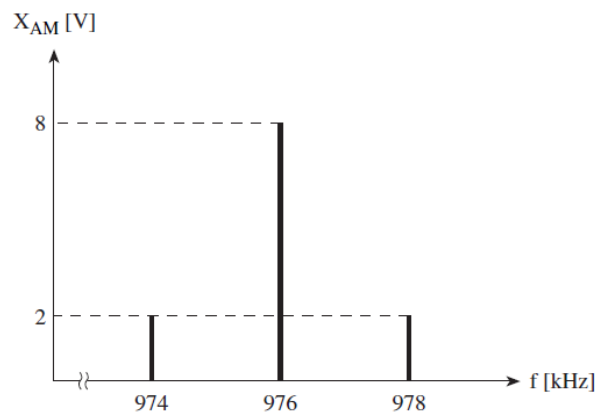
אנטנה שהתנגדותה 50Ω .

א. רשום את משוואת הגל המאופן בתלות בזמן $X_{AM}(t)$.

ב. חשב את הספק הגל המאופן.

ג. חשב את הספק פסי הצד.

ד. חשב את נצילות השידור.



שאלה 46

א. סרטט תרשים מלבנים של מקלט AM מסוג סופר-הטרודיין.

ב. במקלט הזה נקלט אות AM בתדר של 1400 kHz, המאופן על-ידי אות סינוסיאדלי

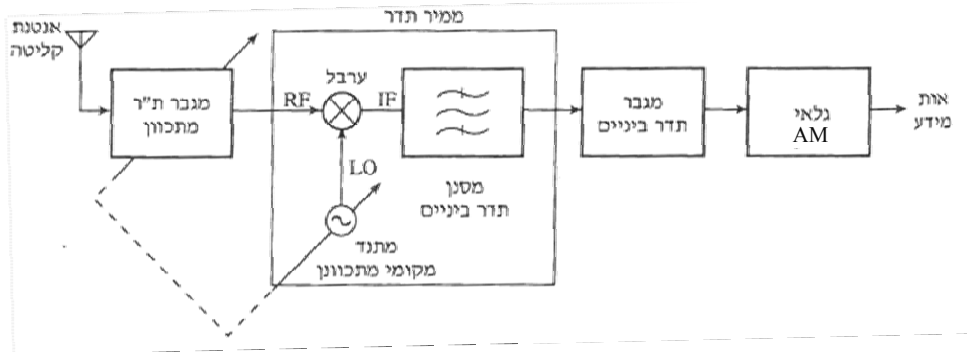
שתידרו 3 kHz. סרטט את ספקטרום התדרים (ציין את ערכי התדר מבלי לציין את

התנופה) של האותות האלה:

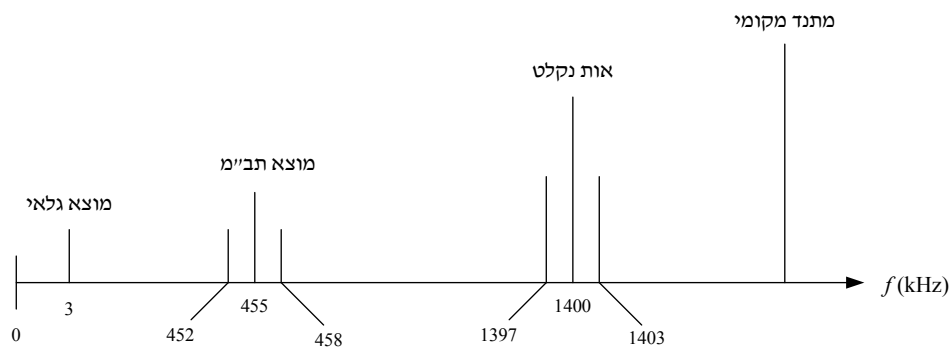
1. האות הנקלט.
2. אות המתנד המקומי.
3. האות במוצא דרגת התב"מ (תדר הביניים).
4. האות במוצא הגלאי.

תשובה 46

א. תרשים מלבנים של מקלט AM סופרהט.



ב. ספקטרום התדרים.



שאלה 47

- א. סרטט תרשים חשמלי של גלאי מעטפת.
- ב. מהם השיקולים בבחירת ערכי הרכיבים של גלאי המעטפת?
- ג. סרטט את צורת הגל במבוא הגלאי ואת צורת הגל במוצאו.

שאלה 48

נתון אות מאופנן AM שמשוואתו:

$$X_{AM}(t) = 10 \cdot [1 + 0.4 \cdot \cos(6280 t)] \cdot \cos(6.28 \cdot 10^6 t)$$

הספקו של האות המאופנן הוא 10 W.

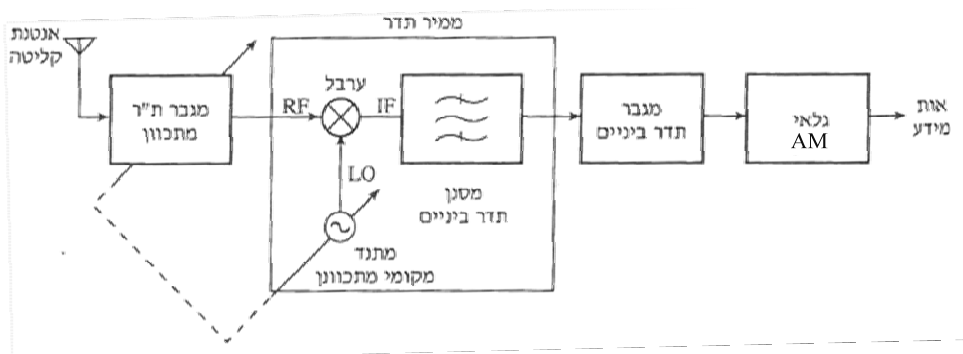
- א. סרטט את ספקטרום התדרים של האות המאופנן. ציין בסרטוטך את התדר ואת העוצמה של כל אחד מקווי הספקטרום.
- ב. 1. סרטט את האות המאופנן, בתלות בזמן.
2. חשב את ערך המתח המרבי ואת ערך המתח המזערי של האות המאופנן.

שאלה 49

- א. סרטט תרשים מלבנים של מקלט AM מסוג סופר-הטרודיין, והסבר את תפקידה של כל אחת מיחידותיו.
- ב. הסבר מהי הפרעת תדר הבוואה.
- כיצד ניתן להתגבר על הפרעת תדר הבוואה?
- ג. מקלט AM מסוג סופר-הטרודיין מכוון לקלוט שידורים מתחנה, המשדרת בתדר של 700 kHz . תדר הביניים של התחנה הוא $f_{IF} = 455 \text{ kHz}$. חשב את תדר הבוואה של התדר הנקלט במקלט.

תשובה 49

א. תרשים מלבנים.



- מגבר הת"ר** בורר את האות הנקלט ומגביר אותו (יחד עם הרעש). **הערבל והמתנד המקומי** ממירים את האות הנקלט לתדר הביניים (תב"ס). **מסנן התב"ס** מעביר רק את תדר הביניים בתחום צר, ומסלק את הרעש. **מגבר התב"ס** מגביר את אות התב"ס לרמה המתאימה לגילוי. **גלאי ה-AM** מפיק את אות המידע (אות השמע).
- ב. תדר הבוואה הוא תדר הגבוה מהתדר הרצויבשיעור פעמיים תדר הביניים, דהיינו 910 kHz מעל התדר הרצוי. אחרי המרה לתדר הביניים, האות הזה מסתנן במלואו לדרגת התב"ס. ניתן להתגבר על בעיה זו על ידי בחירת תדר ביניים גבוה או מקלט סופרהט עם שני דרגות תב"ס.

$$f_{im} = f_{RF} + 2f_{IF} = 700 + 2 \times 455 = 1610 \text{ kHz} \quad \text{ג.}$$

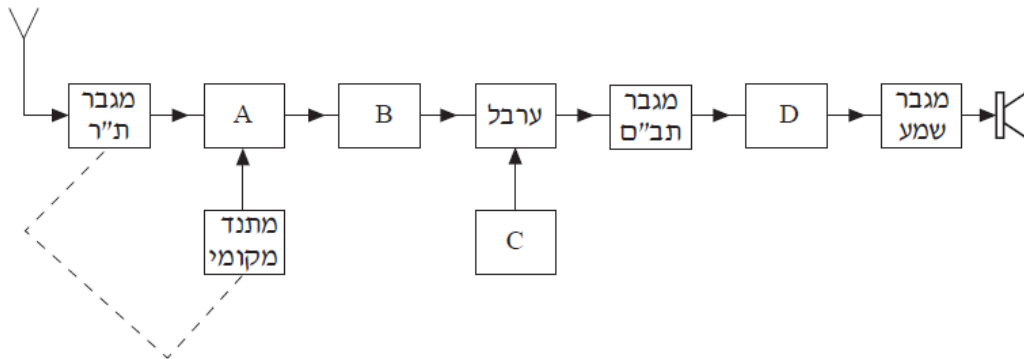
שאלה 50

- א. סרטט תרשים מלבנים של משדר AM והסבר את תפקידה של כל אחת מיחידותיו.
- ב. תנופת הגל הנושא באות מאופק AM היא, 20 V ותנופת הגל המאפן היא 5 V . ההספק של פס הצד העליון שווה להספק של פס הצד התחתון ושווה 2 W . חשב את ההספק של הגל הנושא.

שאלה 51

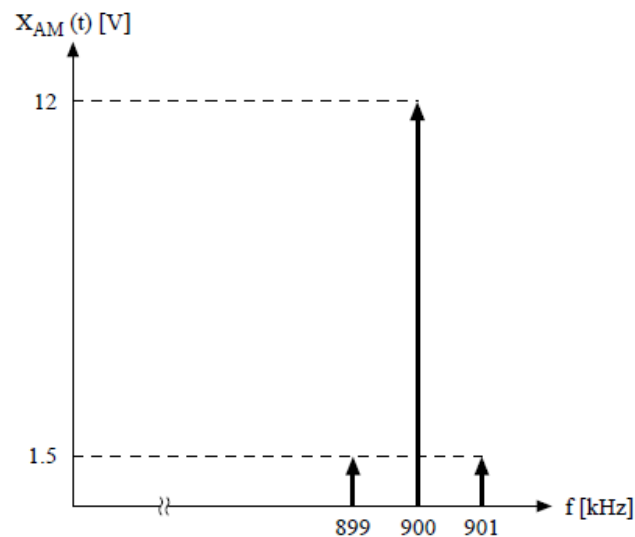
- א. הסבר את השיקולים לבחירת ערכו של תדר הביניים במקלט AM.
- ב. במקלט, AM שתדר הביניים שלו הוא, 455 kHz נקלטה תחנה שתידרה 530 kHz . חשב את:

1. תדר המתנד המקומי.
 2. תדר הבבואה של התחנה שנקלטה.
- ג. 1. באיור לשאלה נתון תרשים מלבנים של מקלט AM סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה. ציין את תפקידה של כל אחת מן היחידות A, B, C, D-ו המופיעות בתרשים.
2. הסבר את יתרונו של מקלט סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה על-פני מקלט AM סופר-הטרודיין רגיל.



שאלה 52

- באיור לשאלה מתואר ספקטרום התדרים של האות $X_{AM}(t)$.
- א. חשב את מקדם האפנון ואת רוחב הפס של האות $X_{AM}(t)$.
- ב. סרטט את האות המאופנן בתלות בזמן. ציין בסרטוטך את הערכים הקיצוניים של מתח האות.
- ג. חשב את נצילות השידור של האות הזה.

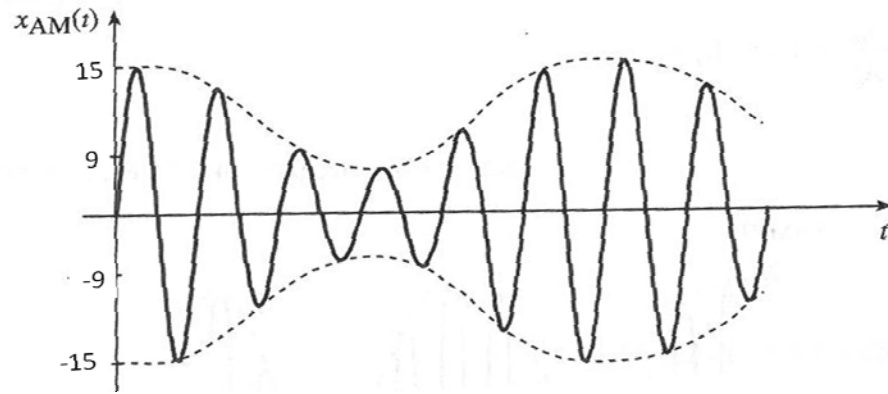


תשובה 52

- א. לפי הספקטרום הנתון: $m A_c / 2 = 1.5 \Rightarrow m = 3 / A_c = 3 / 12 = 0.25$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{m^2}} = \frac{1}{1 + \frac{2}{0.25^2}} = 0.03 \text{ (3\%)} \quad \text{ب.}$$

ج.



אפנון תדר (FM)

שאלה 53

נתון אות מידע : $x(t) = 5 \cdot \cos(1256 t)$

וגל נושא : $c(t) = 3 \cdot \cos(16\pi \cdot 10^4 t)$

אות המידע מאפנן את הגל הנושא באפנון FM, עם גורם אפנון $\beta = 5$.

- מה סטיית התדר?
- מהו קבוע האפנון, k_f ?
- רשום את הביטוי עבור התדר הרגעי $f(t)$.
- מהו התדר המרבי? ומהו המזערי?
- רשום את הביטוי עבור האות המאופנן, $x_{FM}(t)$.
- סרטט את האות המאפנן ואת האות המאופנן, זה מתחת לזה.

שאלה 54

אות סינוסאידלי בתדר 3 kHz משודר באפנון FM עם סטיית תדר של 9 kHz.

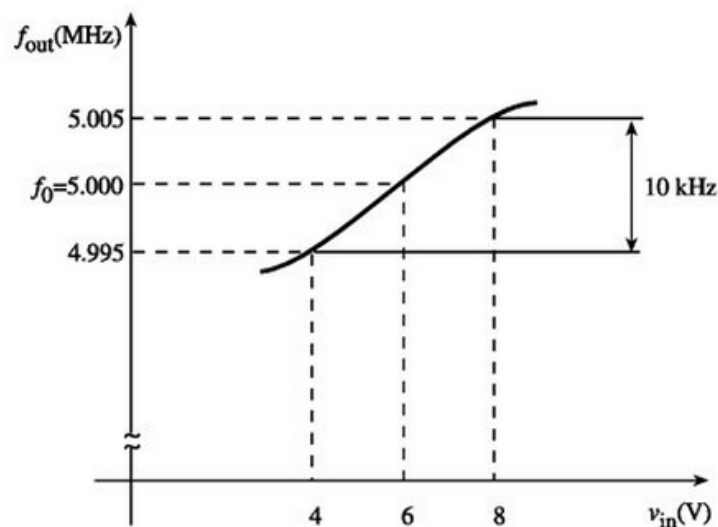
- חשב את גורם האפנון.
- מהו מספר פסי הצד המשמעותיים כאשר אמת המידה היא 10%?
- מהו רוחב הפס לפי 10%?
- חשב את רוחב הפס לפי נוסחת קרסון.
- סרטט את ספקטרום אות ה-FM הכולל רק פסי צד משמעותיים לפי 1%.

שאלה 55

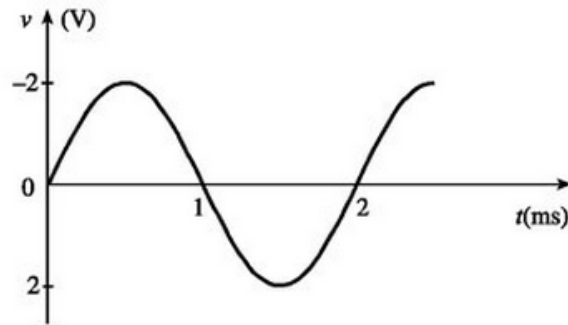
משנים את תדר האות בשאלה 54 מ-3 kHz ל-1.5 kHz, מבלי לשנות את תנופתו. מה יהיה רוחב הפס עתה?

שאלה 56

באיור להלן מתואר אופיין של מתנד מבוקר-מתח, המשמש כאפנן במשדר FM.



אות המבוא למשדר מתואר באיור להלן :



- א. מהי סטיית התדר במוצא האפנן?
- ב. מהו רוחב הפס של האות במוצא (היעזר בנוסחת קרסון)?
- ג. אם תדר האות במוצא המשדר הוא 150 MHz, מהי סטיית התדר של האות המשודר? מהו רוחב הפס שלו?

תשובה 56

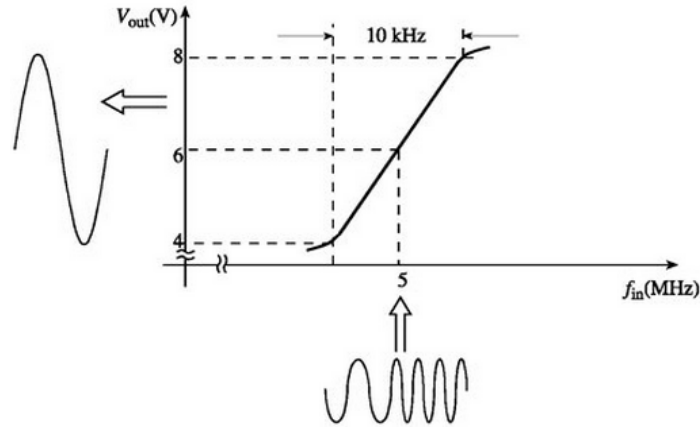
- א. תנופת אות השמע היא 2 V. לפי האופיין הנתון, סטיית התדר המרבית היא 5 kHz.
- ב. לפי נוסחת קרסון: $B = 2(5 + 0.5) = 11 \text{ kHz}$
- ג. לפי הנתונים, הכפלת התדר במשדר היא פי $150 \text{ M} / 5 \text{ M} = 30$. לכן סטיית התדר היא פי 30 מזו של סעיף א, דהיינו 150 kHz. רוחב הפס גדול פי 30 מזה של סעיף ב, דהיינו 330 kHz.

שאלה 57

- תדר השידור של רשת ב (FM) השתנה מ-95 MHz ל-95.002 MHz.
- א. מה הסחיפה שחלה בתדר השידור?
 - ב. בטא את התשובה לסעיף א בחלקים למיליון (ppm).

שאלה 58

- במקלט FM מסוים מותקן גלאי שהאופיין שלו נתון באיור לשאלה 58. סטיית התדר של האות במבוא הגלאי היא $\pm 2.5 \text{ kHz}$. הנח שזהו גלאי שיפוע ושאות המידע סינוסאדילי.
- א. סרטט את צורת הגל כתלות בזמן, במבוא הגלאי, במוצא מעגל התהודה ובמוצא הגלאי.
 - ב. מהו עומק האפנון של ה-AM במוצא מעגל תהודה?



שאלה 59

הנח שהמקלט בשאלה 58 מכיל מעגל AFC.

- מהו המתח הישר שיגיע למבוא המתנד המקומי במצב רגיל?
- אם תדר המשדר גדל ב-2 kHz, מהו המתח שיגיע למבוא המתנד המקומי.

שאלה 60

- נתון אות מידע: $x(t) = 12 \cos 2\pi \times 10^3 t$, וגל נושא: $c(t) = \cos 2\pi \times 10^4 t$.
- אות המידע מאפנן את הגל הנושא באפנון תדר, עם קבוע זמן אפנון 500 Hz/V.
- א. חשב את סטיית התדר.
 - ב. חשב את גורם האפנון, β .
 - ג. רשום את הביטוי עבור התדר הרגעי.
 - ד. מהו התדר המרבי? והמזערי?
 - ה. רשום את הביטוי עבור האות המאופנן, $x_{FM}(t)$.

שאלה 61

- עבור אות ה-FM בשאלה 60:
- א. מהו מספר פסי הצד המשמעותיים לפי 10%?
 - ב. מהו רוחב הפס לפי סעיף א'?
 - ג. חשב את רוחב הפס לפי נוסחת קרסון.
 - ד. סרטט את ספקטרום האות הכולל רק פסי צד משמעותיים.

שאלה 62

- א. מהו תדר הבבואה של התחנה ב-88 MHz?
- ב. האם תדר הבבואה שמצאת בסעיף א' נמצא בתחום הקליטה של מקלט הרדיו?

תשובה 62

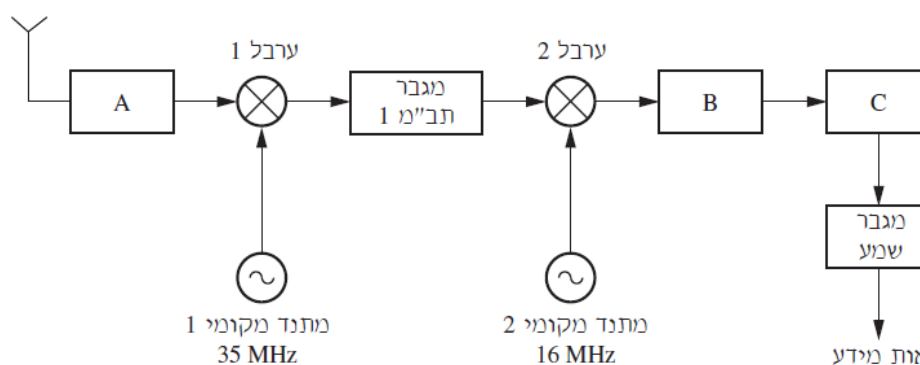
- א. $f_{im} = 88 \text{ MHz} + 2 \times 10.7 \text{ MHz} = 109.4 \text{ MHz}$
- ב. תחום הקליטה של מקלט הרדיו מסתיים ב-108 MHz, לכן תדר הבבואה נמצא מחוץ לתחום.

שאלה 63

- א. סרטט את התרשים החשמלי של גלאי שיפוע במקלט FM.
- ב. הסבר את אופן פעולתו של הגלאי.
- ג. סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת הגל של המתח במבוא הגלאי ואת צורת הגל של המתח במוצא הגלאי.

שאלה 64

באיור לשאלה 64 נתון תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה. המקלט מכונן לקליטת תחנה המשדרת בתדר 20 MHz.



- א. ציין את שמה והסבר את תפקידה של היחידות B ו-C.
- ב. חשב את תדר אות המוצא של ערבל 2.
- ג. חשב את תדר הבבואה על-סמך נתוני המקלט.
- ד. הסבר את יתרונו של מקלט סופר-הטרודיין בעל המרת תדר כפולה על-פני מקלט סופר-הטרודיין רגיל.

שאלה 65

- הביטוי של הגל הנושא במשדר FM הוא $A_c(t) = 10 \cdot \sin(\pi \cdot 10^8 t)$, וסטיית התדר המרבית היא 50 kHz. גל המידע כולל שני אותות שתדריהם $f_1 = 1 \text{ kHz}$ ו- $f_2 = 5 \text{ kHz}$.
- א. חשב את מקדם האפנון של כל אחד משני האותות.
- ב. חשב את רוחב-הפס הנדרש מן המשדר. נמק את תשובתך.
- ג. איזה משני האותות ישוחרר במקלט בצורה נאמנה יותר? נמק את תשובתך.

תשובה 65

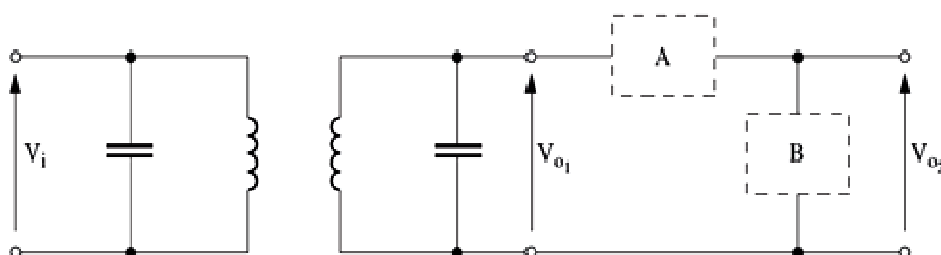
- א. מקדם האפנון של f_1 : $\beta = \Delta f / f_1 = 50 / 1 = 50$
 מקדם האפנון של f_2 : $\beta = \Delta f / f_2 = 50 / 5 = 10$
 ב. לפי נוסחת קרסון: $B = 2(\Delta f + f_2) = 2(50 + 5) = 110 \text{ kHz}$
 רוחב הפס עבור f_1 נמוך יותר ולכן מי שישפיע הוא f_2 .
 ג. f_1 ישוחרר בצורה טובה יותר, מכיוון שה- β שלו גדולה יותר.

שאלה 66

- א. ציין את ההבדל בין גלי קרקע (Ground Waves) לבין גלי רקיע (Sky Waves) מבחינת אופן התפשטותם.
 ב. מהו תדר בבואה (Image Frequency)?
 ג. תחנת FM משדרת בתדר של 60 MHz, תדר הביניים של המקלט הוא 7.5 MHz, ותחום הקליטה שלו הוא 40 MHz ÷ 70 MHz.
 1. חשב את תדרי הבבואה של התחנה.
 2. קבע איזה מבין תדרי הבבואה ישבש את קליטת התחנה. נמק את קביעתך.
 ד. רשום יתרון אחד של אפנון FM על-פני אפנון AM.

שאלה 67

באיור לשאלה 67 נתון תרשים חשמלי חלקי של גלאי שיפוע במקלט FM.



- א. השלם את המעגל החשמלי של היחידות המסומנות ב-A ו-B.
 ב. סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת הגלים V_{O1} ו- V_{O2} .
 ג. הסבר מדוע נדרש מעגל בקרת תדר אוטומטית (AFC) במקלט FM?
 ד. הסבר את עקרון הפעולה של מעגל ה-AFC.

שאלה 68

- משדר FM כולל מתנד מבוקר מתח (VCO), כופל תדר ומגבר הספק. המתנד מבוקר המתח משמש כאפן במשדר, והתדר המרכזי שלו הוא 5 MHz.
 מספקים למתנד אות מידע, שמשוואתו היא: $X(t) = 2 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^4 t)$. כתוצאה מכך משתנה תדר המתנד ב-3 kHz.
 במוצא המשדר משודר אות נושא שמשוואתו היא: $C(t) = 10 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^8 t)$.

- א. מהי סטיית התדר המרבית של המשדר?
 ב. מהו התדר המרבי ומהו התדר המזערי של האות המשודר?
 ג. חשב את רוחב הפס של האות המשודר.
 ד. חשב את ההספק המשודר אם התנגדות האנטנה במשדר היא 50Ω .

תשובה 68

- א. הכפלת התדר היא פי $M = 20$ $M/5 = 100$ לכן סטיית התדר המרבית במוצא היא

$$3 \text{ kHz} \times 20 = 60 \text{ kHz}$$

 ב. תדר מרבי: $100 \text{ MHz} + 0.06 \text{ MHz} = 100.06 \text{ MHz}$
 תדר מזערי: $100 \text{ MHz} - 0.06 \text{ MHz} = 99.9 \text{ MHz}$
 ג. $B = 2(60 + 10) = 140 \text{ kHz}$
 ד. $P = V^2/2R = 10^2/2 \times 50 = 1 \text{ W}$

שאלה 69

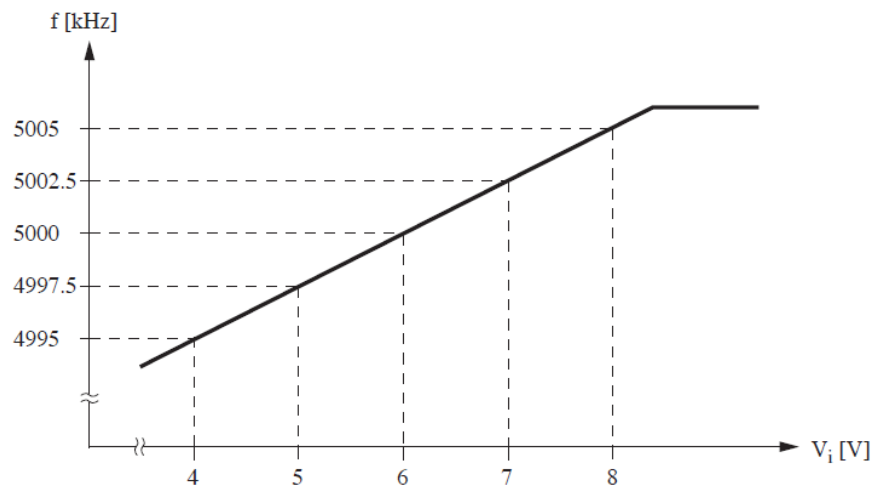
- אות מידע שמשוואתו: $X(t) = 3 \cdot \cos(2\pi \cdot 2 \cdot 10^4 t)$, מאפנן באיפנון תדר (FM) אות נושא
 שמשוואתו: $C(t) = 4 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^6 t)$. סטיית התדר המרבית היא 100 kHz .
 א. חשב את מקדם האפנון.
 ב. רשום את משוואת האות המאופנן.
 ג. מהו התדר המרבי ומהו התדר המזערי של האות המשודר?
 ד. שב את רוחב הפס של האות המאופנן.

שאלה 70

- א. הסבר מהו תדר בבואה (תדר ראוי).
 ב. סרטט תרשים מלבנים של מקלט סופר-הטרודיין מסוג FM.
 ג. הסבר את תפקידה של כל יחידה בתרשים שסרטטת בסעיף ב.

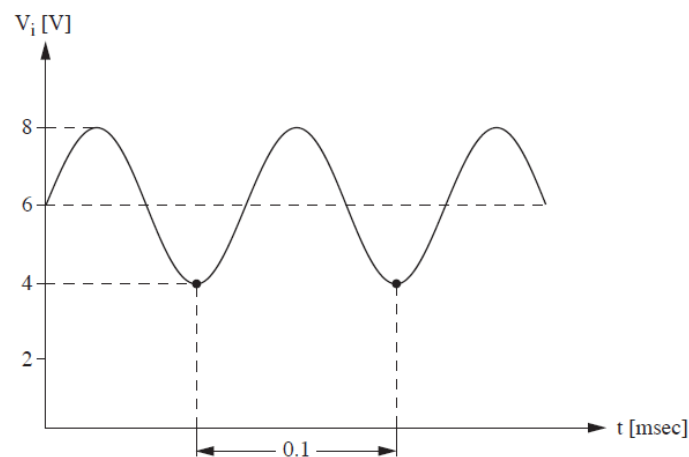
שאלה 71

באיור א' לשאלה 71 נתון אופייין של מתנד מבוקר מתח המשמש כאפנן במשדר FM.



איור א'

מספקים לאפנן אות מתח כמסורטט באיור ב' לשאלה 71



איור ב'

במשדר ה-FM מכפילים את תדרי האפנן פי 15.

א. מצא את סטיית התדר במוצא של המתנד מבוקר המתח.

ב. חשב את סטיית התדר במוצא של משדר ה-FM.

ג. חשב את התדר של הגל הנושא במוצא המשדר.

ד. חשב את רוחב הפס של המשדר.

תשובה 71

א. סטיית התדר במוצא ה-VCO (לפי הגרפים): $\pm 5 \text{ kHz}$

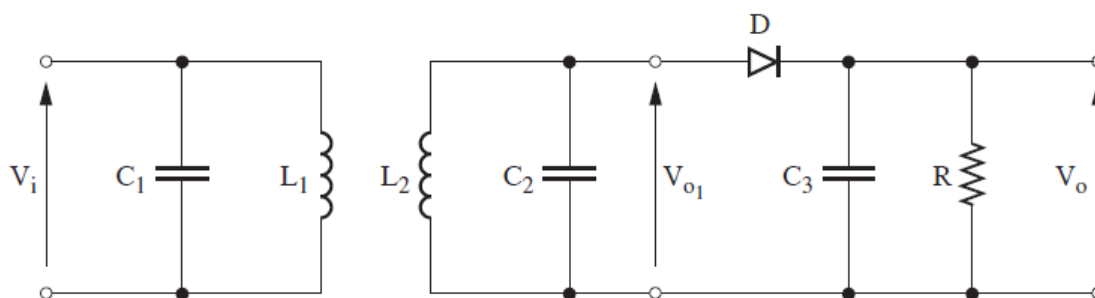
ב. סטיית התדר במוצא המשדר: $5 \times 15 = 75 \text{ kHz}$

ד. תדר הגל הנושא: $5 \times 15 = 75 \text{ MHz}$

ה. $B = 2(\Delta f + f_m) = 2(75 + 10) = 170 \text{ kHz}$

שאלה 72

באיור לשאלה 72 נתון המעגל החשמלי של גלאי שיפוע במקלט FM.



א. סרטט את צורת הגל של כל אחד מהאותות הבאים, כתלות בזמן: V_o, V_{o1}, V_i

ב. הסבר את אופן פעולתו של הגלאי. לווה הסברך בתרשים מתאים.

שאלה 73

משדר FM מפיק אות נושא שעוצמתו 20 V ותדרו 100 MHz . סטיית התדר המרבית של האות המאופן היא 20 kHz , ומקדם האפנון שלו הוא 10 .

א. רשום את משוואת האות המאופן כתלות בזמן, $X_{FM}(t)$.

ב. חשב את רוחב הפס של הגל המאופן.

ג. הסבר את תופעת סחיפת התדר (frequency drift) במשדר FM.

ד. הסבר כיצד מתגברים על סחיפת התדר במקלט FM.

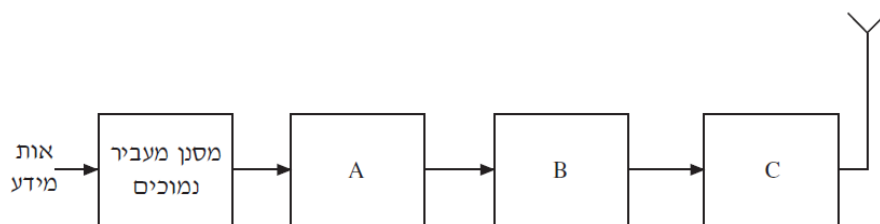
שאלה 74

א. מה תפקידו של מגבל במקלט FM?

ב. השווה בין מקלט AM למקלט FM מבחינת: רוחב הפס, תלות הספק השידור בגל המאופן, טווח השידור.

שאלה 75

באיור לשאלה 75 נתון תרשים מלבנים של משדר FM.



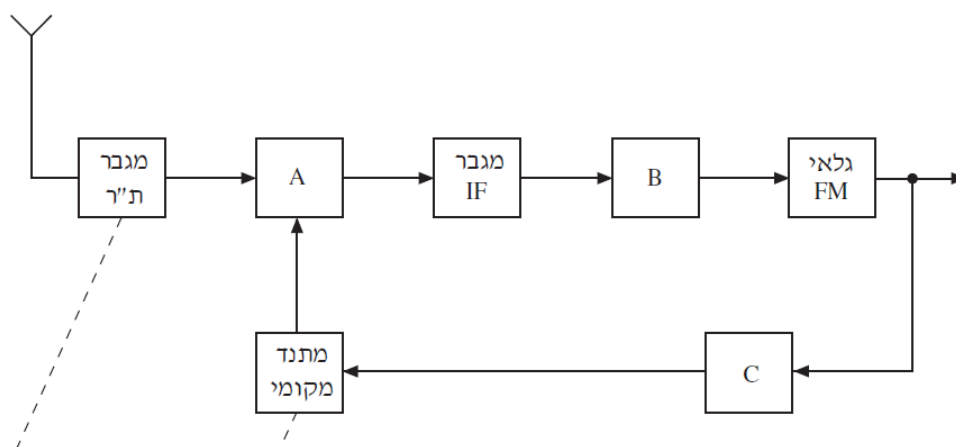
- א. ציין את שמה ותפקידה של כל אחת מהיחידות A, B ו-C.
 ב. העוצמה המרבית של האות המאופנן במשדר FM היא 20 V, והתנגדות האנטנה 50Ω . חשב את ההספק המאופנן.

תשובה 75

- א. A – מתנד מבוקר מתח
 B – מכפל תדר
 C – מגבר הספק
 ב. $P = V^2/2R = 10^2/2 \times 50 = 1 \text{ W}$

שאלה 76

באיור לשאלה 76 נתון תרשים מלבנים של משדר FM.



- א. ציין את שמה ותפקידה של כל אחת מהיחידות A, B ו-C.
 ב. הסבר את עקרון הפעולה של גלאי שיפוע. לווה הסברך בתרשים מתאים.

שאלה 77

משדר FM משדר אות נושא בתדר של 100 MHz. הספק השידור הוא 1 W, התנגדות האנטנה 50Ω , סטיית התדר המרבית של האות היא 15 kHz ומקדם האפנון שלו 50.

- חשב את רוחב הפס של האות המאופנן.
- רשום את משוואת האות המאופנן כתלות בזמן, $X_{FM}(t)$.

שאלה 78

נתון הביטוי היא: $X_{FM}(t) = 20 \cdot \sin(2\pi \cdot 10^8 t + m_f \cos 6280 t)$ המתאר את האות המשודר באפנון FM. סטיית התדר המרבית של האות היא 50 kHz.

- חשב את מקדם האפנון ואת רוחב הפס של האות.
- הסבר את עקרון הפעולה של גלאי FM (מפלה תדר) המורכב ממעגל תהודה. לווה הסברך בתרשים מתאים.
- הסבר מדוע נדרש מעגל לבקרת תדר אוטומטית (AFC) במקלט FM.

שאלה 79

משדר FM מפיק אות נושא שעוצמתו 10V ותדרו 100 MHz. סטיית התדר של האות המאופנן היא 16 kHz, ורוחב הפס שלו 36 kHz.

- רשום את משוואת האות המאופנן כתלות בזמן, $X_{FM}(t)$.
- התנגדות האנטנה 50Ω חשב את הספק האות במשדר.

תשובה 79

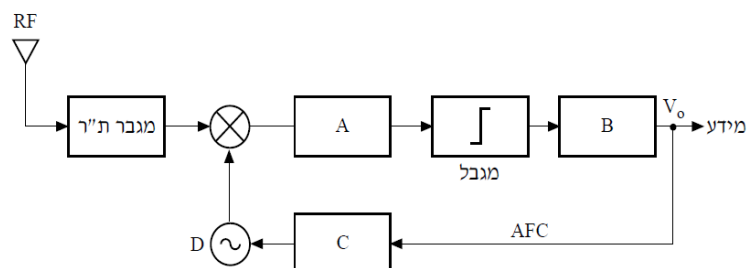
$$B = 2(\Delta f + f_m) = 36 \rightarrow 16 + f_m = 36/2 = 18 \text{ kHz} \rightarrow f_m = 2 \text{ kHz}$$

$$\beta = \Delta f / f_m = 16/2 = 8$$

$$x_{FM}(t) = A_c \cos [\omega_c t + \beta \sin \omega_m t] = 10 \cos [2\pi \cdot 10^8 t + 8 \sin(4\pi \cdot 10^3 t)]$$

שאלה 80

באיור לשאלה 80 נתון תרשים מלבנים של משדר FM.

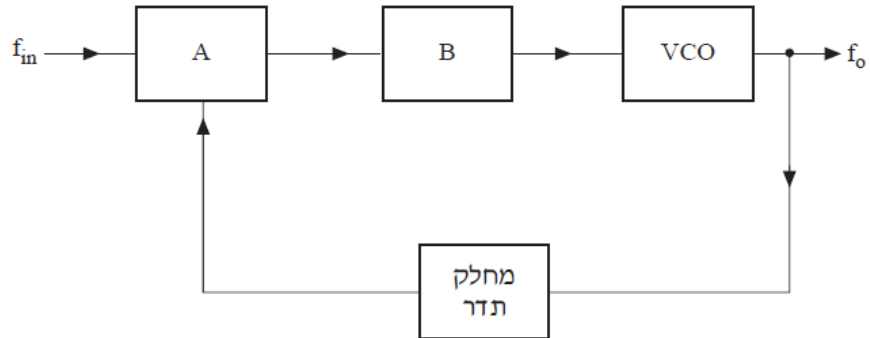


- ציין את שמה ותפקידה של כל אחת מהיחידות A, B, C ו-D.
- הסבר את הצורך במגבל במקלט זה.
- הסבר כיצד פועל מעגל בקרת התדר (AFC).

ו. מערכות מעשיות של תקשורת אנלוגית

שאלה 81

באיור לשאלה 81 נתון תרשים מלבנים של מרכיב תדרים.



א. למה משמש מרכיב התדרים.

ב. ציין את שמות היחידות A ו-B שבתרשים המלבנים.

ג. הסבר את אופן הפעולה של מרכיב תדרים.

תקשורת ספרתית

א. האות הספרתי

שאלה 82

מקובל להניח שהתדר המרבי של האותות המרכיבים את אות הדיבור הוא 4000 Hz. מהו התדר המינימלי שבו יש לדגום אותות דיבור (על פי נייקויסט)?

תשובה 82

על פי נייקויסט:

$$f_{\text{sampling}} = 2 \times f_{\text{max}} = 2 \times 4000 = 8000 \text{ Hz}$$

שאלה 83

תא קולי יכול להכיל קטע דיבור הנמשך 2 דקות.

מהו מספר הדגימות הדרושות כדי להעביר קטע כזה לתא הקולי?

שאלה 84

נתון ערוץ תקשורת בעל רוחב פס של 4000 Hz ויחס אות לרעש של 30 dB. חשב את הקצב המרבי להעברת הנתונים בערוץ לפי נייקויסט, שנון-הרטלי, ועל-פי שנון בשני המקרים:

א. מספר המצבים (M) הוא 2

ב. מספר המצבים (M) הוא 16

שאלה 85

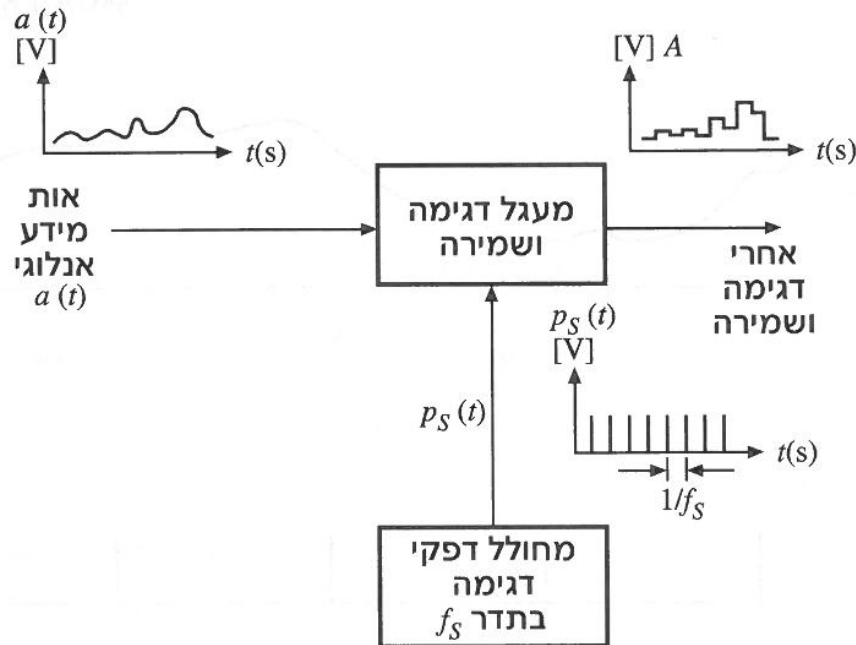
הסבר מהן הבעיות שבהן נתקלים בהעברת מידע אנלוגי למרחקים ארוכים. היעזר בתרשימים מתאימים.

שאלה 86

הסבר מהי פעולת הדגימה והשמירה.

תשובה 86

פעולת הדגימה היא ליקוט של ערכי אות אנלוגי בנקודות זמן מוגדרות. משך הזמן בין שתי דגימות עוקבות הינו קבוע, בדרך כלל. ערך האות נשמר עד לדגימה הבאה (באמצעות קבל, למשל).



שאלה 87

הסבר מהי פעולת הכימוי.

תשובה 87

בפעולת הכימוי ממפים את ערך הדגימה לאחד מקבוצת ערכים בדידים אפשריים – לערך הקרוב אליה ביותר. כך, הופכים את האות הדגום שתחום השתנותו **רציף**, לאות דגום שתחום השתנותו **בדיד**.

שאלה 88

הסבר את האופן שבו מתבצע תהליך הכימוי.

שאלה 89

הסבר מהו תהליך הקידוד.

שאלה 90

הסבר מדוע נדרשות שיטות קידוד שונות של האות הספרתי המשודר בערוץ תקשורת.

שאלה 91

הסבר את התהליך שבו מתבצע שחזור האות האנלוגי.

תשובה 91

תהליך שחזור האות האנלוגי כולל את השלבים להלן:

- דגימת אות המבוא ותרגומו ל-'1'-ים ו-'0'-ים.
- חלוקת האות הספרתי למנות, שכל אחת מהן מייצגת את הערך של האות בנקודת הדגימה.
- המרת כל מנה כזו למתח אנלוגי ויצירת אות מדורג הדומה לאות המדורג שהתקבל במשדר לאחר הדגימה.
- "החלקת" האות המדורג באמצעות מסנן מעביר נמוכים והפקת אות אנלוגי הדומה ככל האפשר לאות המידע המקורי.

שאלה 92

הסבר מה עלול לקרות במערכת תקשורת ספרתית אם לא יהיה סנכרון בין האות המשודר ובין האות הנקלט.

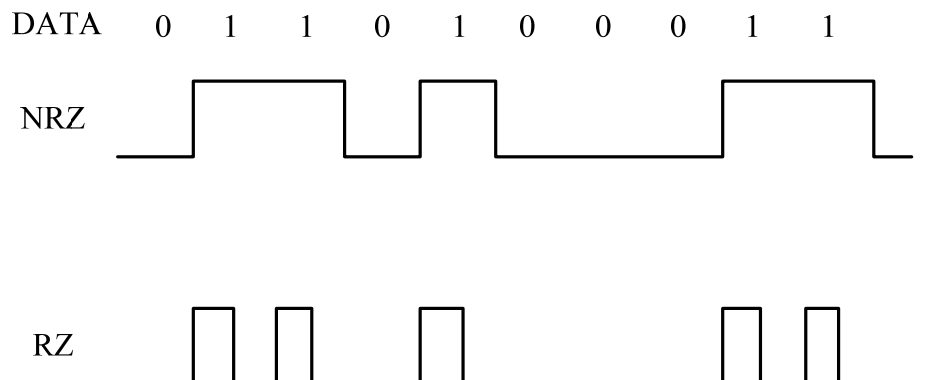
שאלה 93

השווה בין התכונות של תקשורת אנלוגית לבין התכונות של תקשורת ספרתית. מנה את היתרונות ואת החסרונות של כל אחת משיטות התקשורת האלה.

שאלה 94

אות ספרתי נתון על-ידי הצירוף 0110100011. סרטט את צורת האות המשודר בערוץ בקידוד RZ ובקידוד NRZ.

תשובה 94



שאלה 95

הסבר מהי שגיאת הכימוי ומהו רעש הכימוי.

שאלה 96

נתון ערוץ תקשורת בעל רוחב פס של 10 kHz ויחס אות לרעש של 30 dB. חשב את הקצב המרבי של תקשורת ספרתית בערוץ לפי שאנון ולפי שאנון-הרטלי.

שאלה 97

אות ספרתי בינארי משודר בערוץ תקשורת בעל רוחב פס של 4 kHz בקידוד NRZ. חשב מהו קצב התקשורת המרבי האפשרי בערוץ על-פי נייקויסט. בטא את תוצאת החישוב ב-Baud ובסל"ש.

שאלה 98

קצב השידור של אות ספרתי בערוץ תקשורת הוא 1200 Baud. מהו קצב האות המשודר בסל"ש אם ידוע שמספר המצבים האפשריים הוא 32?

תשובה 98

לקבלת 32 מצבים דרושות $\log_2 32 = 5$ סיביות.

לכן, קצב האות המשודר הוא: $1200 \times 5 = 6,000$ bps

שאלה 99

נתון ערוץ תקשורת בעל רוחב פס של 3 kHz ויחס אות לרעש של 36 dB. מספר המצבים האפשריים של האות המשודר הוא 16. חשב את הקצב המרבי של תקשורת ספרתית בערוץ לפי שאנון, לפי שאנון-הרטלי ולפי נייקויסט.

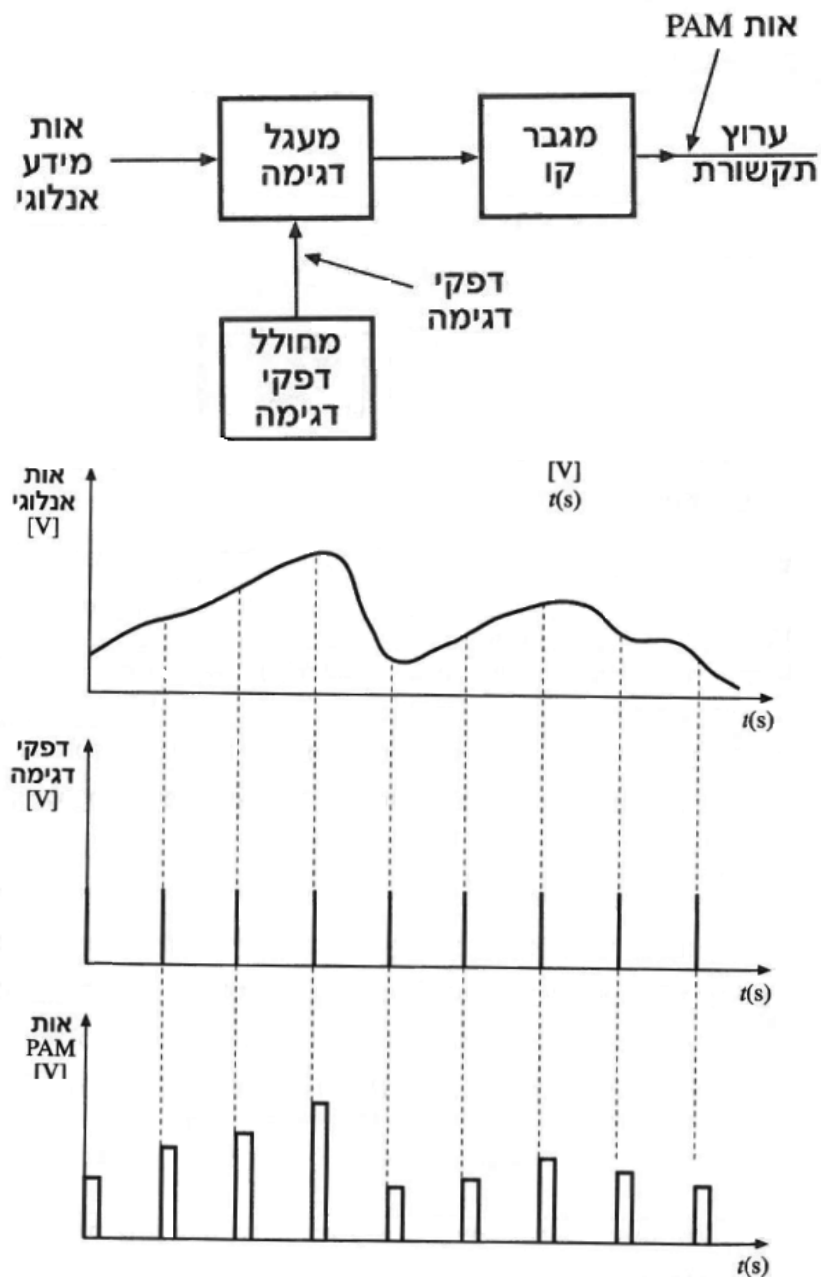
ב. שיטות אפנון וריבוב ספרתי

שאלה 100

הסבר את השיטה לאפנון תנופת הדופק. היעזר בתרשימים מתאימים.

תשובה 100

השיטה מתוארכת באיור להלן. כל דגימה של אות המידע מפיקה דופק ברוחב קבוע. הדפקים מוגברים ומשודרים לערוץ.



שאלה 101

סרטט תרשים עקרוני של מערכות לשידור אות ספרתי, הפועלת בשיטת אפנון תנופת הדופק.

שאלה 102

הסבר את ההבדל בין שיטה ה-PAM ובין שיטת ה-PCM, בהקשר של צורת העיבוד של האות הספרתי.

שאלה 103

ערוך טבלת השוואה בין שיטת ה-PAM, וה-PCM בהתייחס למרחק השידור, רעשים והפרעות, תחנות המעבר, השפעת העיבוד הספרתי על צורת האות המשוחזר וסנכרון שעון הקליטה לשעון השידור.

שאלה 104

הסבר מדוע יש צורך לבצע ריבוב של אותות מידע משודרים.

תשובה 104

נתייחס למערכת הטלפון: בזמן נתון מתבצעות אלפי שיחות המועברות בין שתי מרכזות. הנחת אלפי זוגות חוטים – זוג עבור כל שיחה – היתה בלתי כלכלית מבחינת התשתית והתחזוקה שלה. במקום זאת מעבירים בזמן נתון אלפי סיביות – אחת לכל שיחה – על גבי זוג חוטים אחד.

שאלה 105

הסבר מהו ריבוב בזמן, וציין את התכונות המאפיינות אותו.

שאלה 106

הסבר מהו מרבב. סרטט תרשים עקרוני של מרבב והסבר את המבנה שלו.

ג. שאלות סיכום בנושאי תקשורת ספרתית

שאלה 107

מהו רוחב הפס של זוג חוטים שזורים, המתחבר למתג במרכזת?

שאלה 108

האם תשובתך לשאלה הקודמת תשתנה, אם החוטים לא מתחברים למתג? נמק תשובתך.

שאלה 109

מהו הקצב המרבי להעברת אות ספרתי על זוג חוטים שזורים, המתחבר למתג במרכזת?

הנח יחס אות לרעש 32 דציבל ורוחב פס בין 300 ל-3400 הרץ ו- $M = 8$.

שאלה 110

מהו הקצב המרבי להעברת אות ספרתי על זוג חוטים שזורים, שאינו מתחבר למתג במרכזת?

הנח רוחב פס של 1 מגהרץ, יחס אות לרעש 30 דציבל ו- $M = 2$.

שאלה 111

מדוע נבחרו חוטי הנחושת לשמש כתווך להעברת אותות ספרתיים?

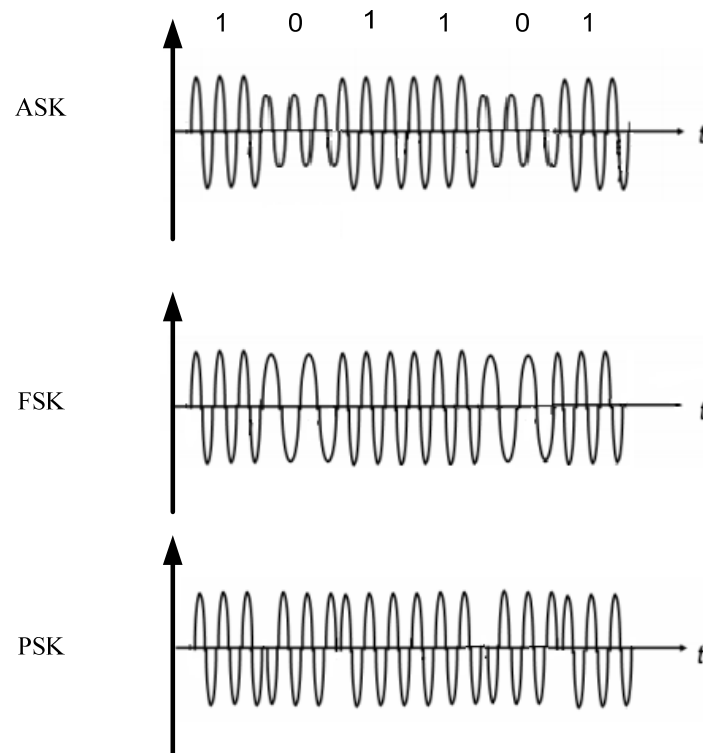
שאלה 112

מנה את הגורמים לעוות אות ספרתי המועבר בתווך, וצייר את צורת האות המשודר לעומת האות המתקבל אחרי מרחק רב.

שאלה 113

סרטט צורת אותות: ASK, FSK ו-PSK המתקבלים עבור האות הספרתי: 101101.

תשובה 113



שאלה 114

הסבר מדוע להעברת ASK דרושים 4 חוטים, ואילו להעברת FSK ניתן להסתפק בשניים.

תשובה 114

עבור ASK דרוש זוג חוטים אחד לשידור ואחד – לקליטה. סה"כ ארבעה חוטים.
עבור FSK דרוש רק זוג חוטים אחד – ההפרדה בין שידור וקליטה נעשית על ידי סינון חשמלי ולא על ידי הפרדה פיזית ביניהם.

שאלה 115

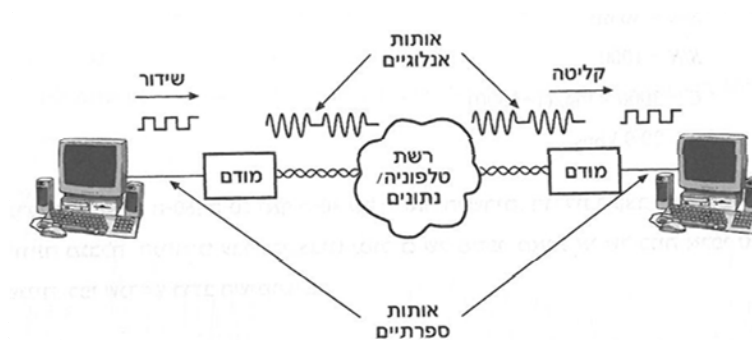
סרטט צורת אותות : QASK, QPSK המתקבלים עבור האות הספרתי : 00101110.

שאלה 116

הסבר מהו מודם, מדוע הוא נדרש ומה תפקידו במערכת להעברת נתונים. צייר תרשים עקרוני של חיבור בין מחשבים באמצעות מודם.

תשובה 116

מודם הופך אותות אנלוגיים המגיעים מקו הטלפון לאותות ספרתיים הנמסרים למחשב. ובכיוון ההפוך – הוא הופך אותות ספרתיים המגיעים מהמחשב לאותות אנלוגיים הנמסרים לקו הטלפון. המודם נדרש כדי לתווך בין קו הטלפון למחשב.



שאלה 117

הסבר איזה סוג של אותות עוברים בין המחשב למודם, ואיזה סוג של אותות עוברים בין המודמים.

תשובה 117

בין המחשב למודם עוברים אותות ספרתיים.
בין המודמים עוברים אותות אנלוגיים.

שאלה 118

הסבר אילו סוגי סנכרון אפשריים בין המודמים. העזר בתרשים מתאים.

שאלה 119

סרטט תרשים עקרוני של מבנה פנימי של מודם, והסבר את פעולתה של כל אחד מהיחידות שסרטטת.

שאלה 120

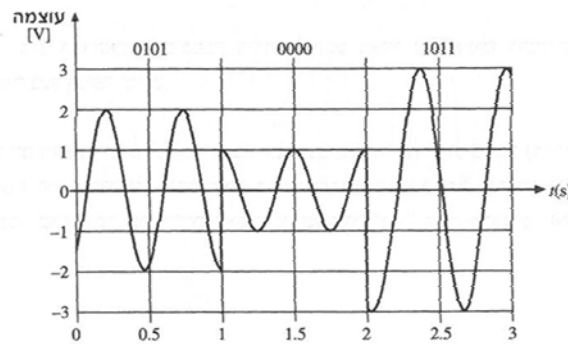
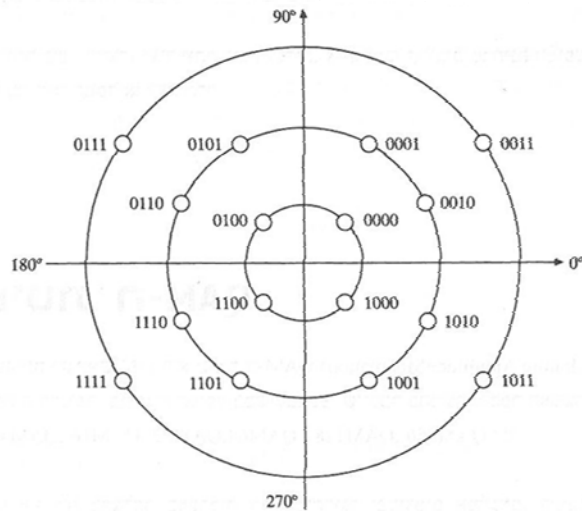
הסבר מהו הקשר בין קצב העברת הנתונים למרחק השידור המרבי. העזר בתרשים מתאים.

שאלה 121

הסבר מהו אפנון QAM.

תשובה 121

באפנון QAM משלבים מפתוח תנופה ומפתוח מופע. כך, למשל, ב-QAM16 יש 16 מצבים הנבדלים זה מזה בתנופה או במופע או בשניהם גם יחד.



שאלה 122

מנה את השימושים האופייניים של המודם האנלוגי.

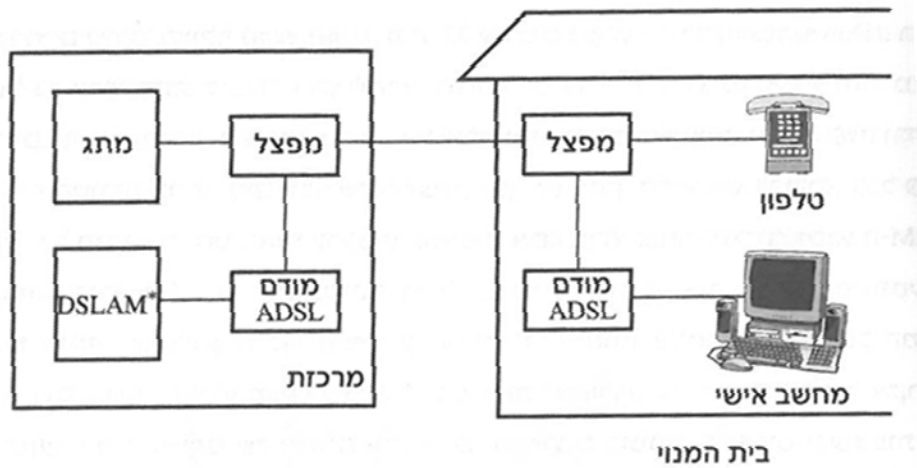
שאלה 123

מנה את השימושים האופייניים של מודם ADSL.

שאלה 124

סרטט תרשים עקרוני של חיבור משתמש באמצעות מודם ADSL.

תשובה 124



שאלה 125

הסבר כיצד מצליחים להגיע ב-ADSL לקצבים כל כך מהירים. התייחס לתווך וכן לשיטת העברת המידע.

שאלה 126

הסבר כיצד ניתן לגלות מרחוק את מיקום התקלה בהעברת נתונים בין מחשבים באמצעות מודמים.



המפעיל נמצא בצד הרשתות (המרכזות), לכן המודם שבמרכזת נחשב המודם הקרוב, ואילו המודם שליד המנוי נחשב למודם הרחוק. באיור ב' אנו רואים כי קיצרנו בצד המודם המרוחק בין קו השידור לקו הקליטה לכיוון הקו. הציוד במרכזת שולח סדקת בדיקה ואם הסדרה חוזרת אליו תקינה, פירושו שהציוד במרכזת והקו לכיוון המודם המרוחק (ליד המנוי) תקינים. באיור ג' בודקים את תקינות יחידת הקצה, החיבור למודם, המודם והקו עד למבוא המרכזת. חיבור עניבה לכיוון המרכזת, כמתואר באיור ד', יבדוק את תקינות החיבור במבוא למרכזת (המודם הקרוב). בדרך כלל נהוג לבצע בדיקות לשני הכיוונים בו זמנית, כדי לקצר את תהליך איתור התקלה.

שאלה 127

הסבר כיצד אפשר לדעת אם חבילת נתונים ששודרה שגויה, ומהם האמצעים לתיקון השגיאה.

תשובה 127

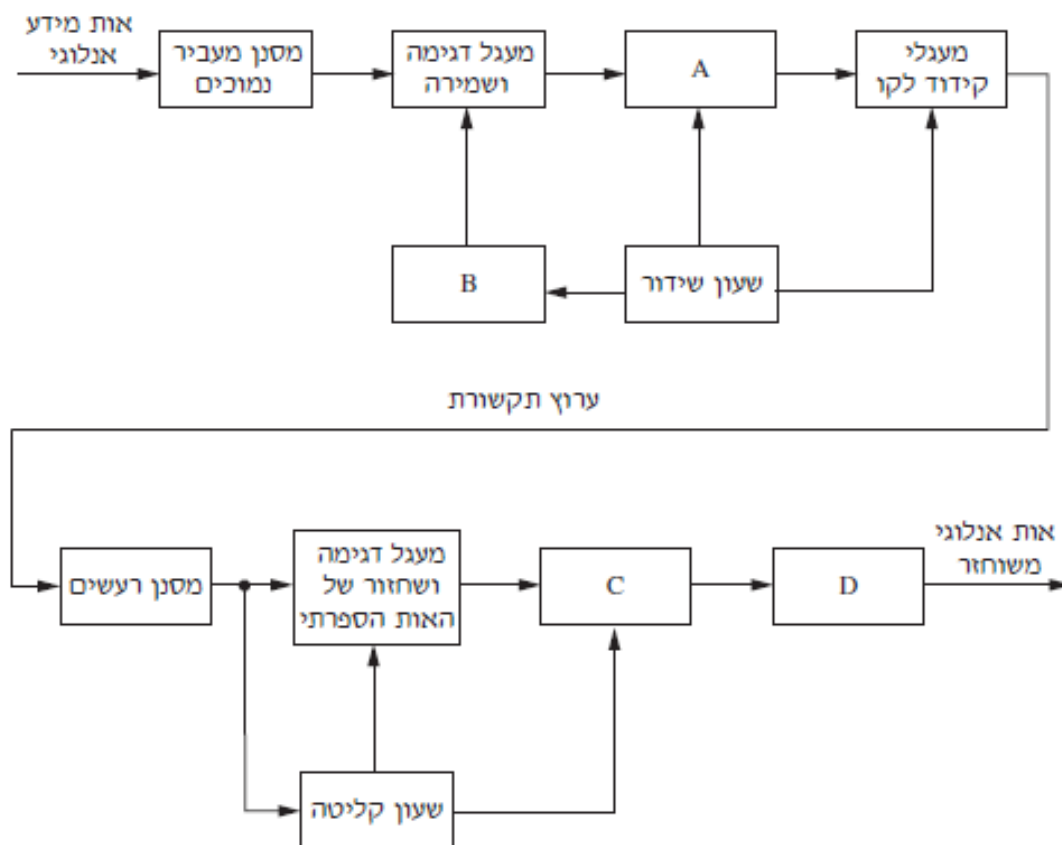
בכל חבילה המשדר מעביר – בנוסף למידע – מחרוזת המשמשת לאיתור שגיאות. במקלט בודקים את המחרוזת. אם יש שגיאה, מבקשים שידור חוזר של החבילה. אם משתמשים בקוד לתיקון שגיאות, המקלט יודע לתקן את השגיאה מבלי לבקש שידור חוזר (אלא שבמקרה זה הציוד יקר יותר).

שאלה 128

- א. 1. סרטט תרשים מלבנים של מערכת שידור ספרתית, המשדרת ארבעה אותות אנלוגיים בריבוב בחלוקת זמן (TDM).
2. הסבר את אופן פעולתה של המערכת הזו.
- ב. במערכת מסוג TDM ניתן לרבב מספר מסוים (n) של אפיקי מידע. כל אפיק נדגם בקצב של 10kHz. הרוחב של כל דופק דגימה הוא $0.25\mu\text{sec}$. מרווח הזמן בין כל שני דופקי דגימה של אפיקים עוקבים הוא $0.55\mu\text{sec}$.
1. מהו מרווח הזמן בין דגימות עוקבות של אותו אפיק?
2. כמה אפיקי מידע (n) ניתן לרבב במערכת הזו?

שאלה 129

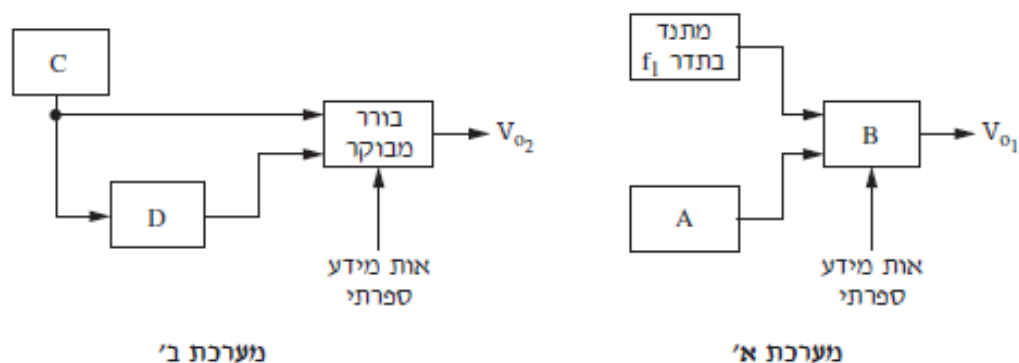
- א. באיור לשאלה 129 נתון תרשים מלבנים של מערכת תקשורת ספרתית, הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM).



- רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A, B, C, D במערכת הזו.
- ב. השווה בין שיטות האפנון PAM ו-PCM מבחינת:
 1. השפעת טווח השידור על צורת האות המשודר.
 2. השפעתם של רעשים והפרעות על האות המשודר.

שאלה 130

באיור א' לשאלה 130 מתוארות שתי מערכות למפתוח (Keying) אות מידע ספרתי בשיטות שונות.



איור א'

- ציין את שמה של יחידה A ואת שמה של יחידה B במערכת א', והסבר את השיטה שבה מתבצע מפתוח האות במערכת הזו.
- ציין את שמה של יחידה C ואת שמה של יחידה D במערכת ב', והסבר את השיטה שבה מתבצע מפתוח האות במערכת הזו.
- באיור ב' לשאלה נתון אות המידע הספרתי המסופק למערכת א' ולמערכת ב'



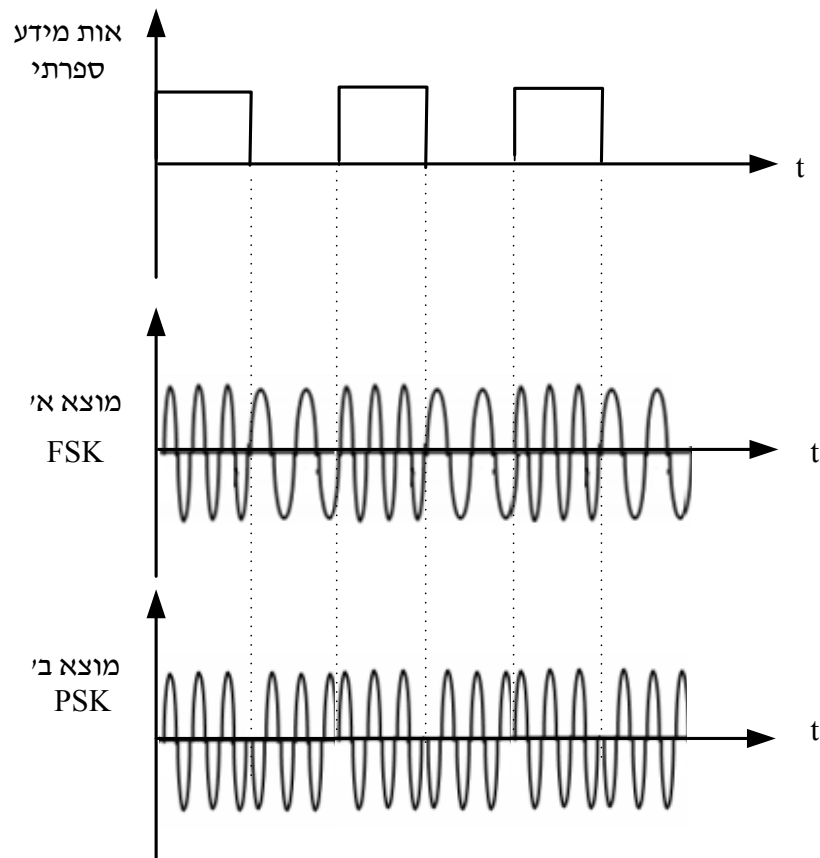
איור ב'

- סרטט מתחת לאיור ב', בהתאמה, את אות המוצא במערכת א' (V_{01}) ואת אות המוצא במערכת ב' (V_{02}).

תשובה 130

- מערכת א' – A הוא מתנד בתדר f_2 . B הוא בורר מבוקר. זוהי מערכת מפתוח זיזת תדר (FSK).
- מערכת ב' – C הוא מתנד בתדר f_0 . B הוא הופך מופע. זוהי מערכת מפתוח מופע (PSK).

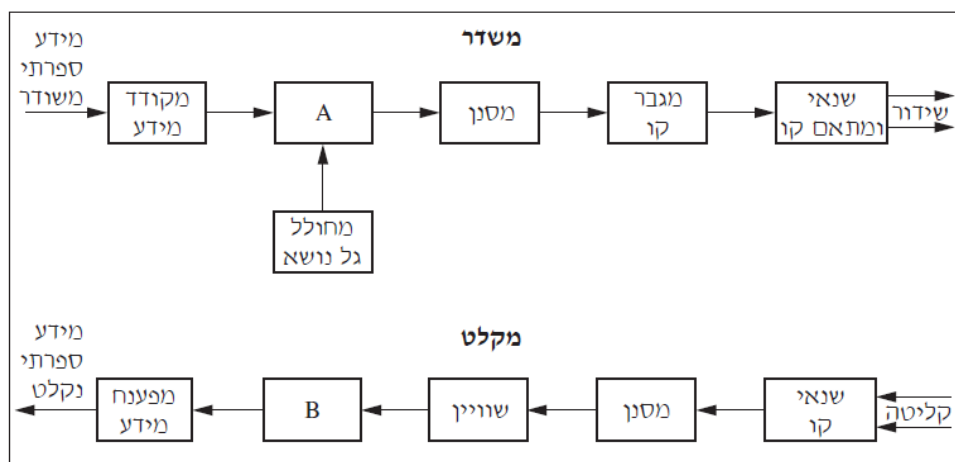
ג.



שאלה 131

א. מהו תפקידו של המודם במערכת להעברת נתונים ספרתיים?

ב. באיור לשאלה 131 נתון תרשים מלבנים של מודם 4 W (Four Wire). ציין את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A ו-B.

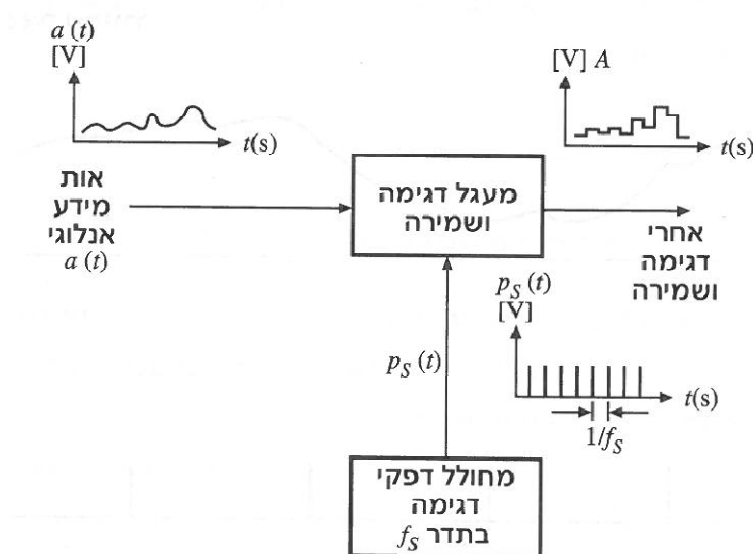


שאלה 132

- א. סרטט תרשים עקרוני של מעגל דגימה ושמירה, והסבר את אופן פעולתו.
- ב. מהם הגורמים הקובעים את זמן הדגימה של המעגל הזה?
- ג. 1. רשום את משפט הדגימה של נייקויסט.
2. מהו מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות על-פי משפט הדגימה של נייקויסט, כאשר האות הנדגם הוא אות שמע בתחום $200 \text{ Hz} \div 5,000 \text{ Hz}$?

תשובה 132

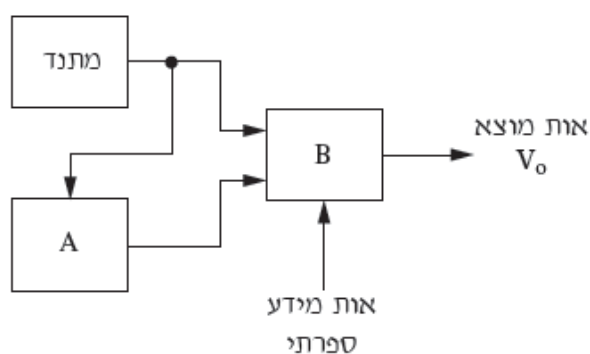
א. תרשים עקרוני:



- ב. זמן הדגימה נקבע לפי התדר המרבי של האות האנלוגי הנדגם, ולפי הזמן המינימלי שלוקח לאלמנט השמירה (קבל) להיטען.
- ג. 1. משפט הדגימה של נייקויסט: תדר הדגימה צריך להיות גדול או שווה לתדר המרבי בהרכב הספקטרום של האות הנדגם. $f_s \geq 2f_a$.
2. $2f_a = 2 \times 5,000 = 10,000 \text{ samples/sec}$
- $T_{\max} = 1/10,000 = 0.1 \text{ ms} = 100 \mu\text{s}$

שאלה 133

באיור לשאלה נתון תרשים מלבנים של מערכת ליצירת אות בשיטת המפתוח זיזת מופע (PSK).



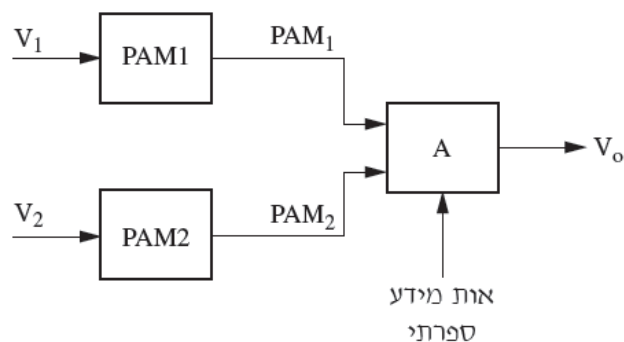
- ציין את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A ו-B.
- סרטט את האות V_o שיתקבל במוצא המערכת כאשר אות המידע הוא 101101.
- ציין חיסרון אחד של שיטת המפתוח זיזת מופע (PSK).

שאלה 134

- מהו תפקידו העיקרי של מודם בהעברת נתונים ספרתיים דרך קווי טלפון?
- מה ההבדל בין מודם הפועל בתקשורת SIMPLEX לבין מודם הפועל בתקשורת FULL-DUPLEX?
- מהו היתרון של מודם (TWO WIRE) 2W על-פני מודם (FOUR WIRE) 4W?
- מהי המטרה של טכנולוגיית ה-ADSL (קו מנוי ספרתי אסימטרי)?

שאלה 135

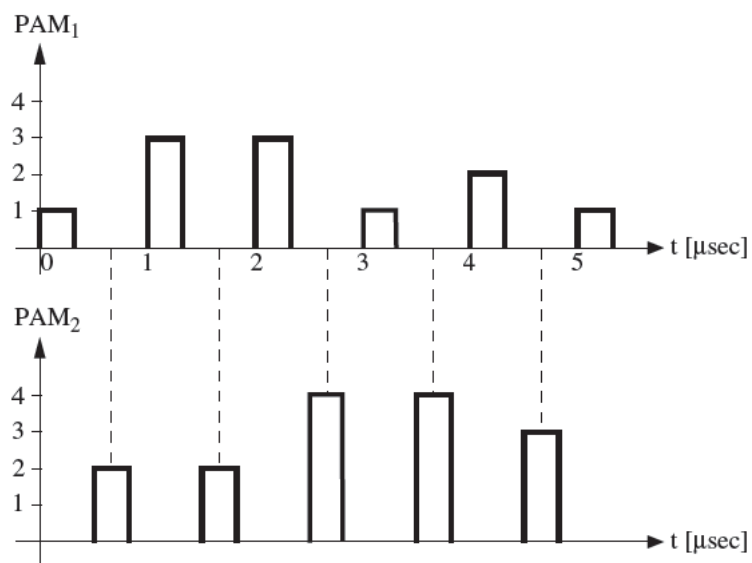
באיור א' לשאלה 135 מתואר המבנה העקרוני של מערכת TDM לריבוב שני אותות V_1 ו- V_2 .



איור א'

- ציין את שמה ורשום את תפקידה של היחידה A.

ב. באיור ב' לשאלה מתוארים PAM_1 ו- PAM_2 כפונקציה של הזמן.

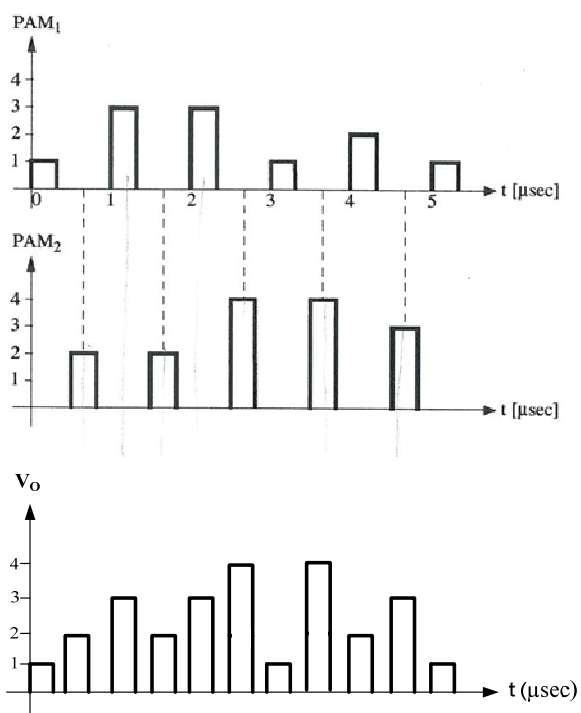


איור ב'

1. חשב את תדר אות המידע הספרתי.
2. סרטט את צורת אות המוצא V_0 כפונקציה של הזמן.

תשובה 135

- א. A הוא בורר ערוצים. הוא מעביר למוצא את הדגימות של שני האותות בזו אחר זו.
- ב. 1. תדר האות הספרתי : $1/0.5 \mu s = 2 \text{ MHz}$
- ג. 2.



שאלה 136

- א. סרטט תרשים מלבנים של מערכת תקשורת הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM)
- ב. הסבר את תפקידו של מעגל הכימוי ואת תפקידו של מעגל הקידוד במערכת הזו.
- ג. כיצד ניתן להקטין את השגיאות בהעברת המידע הספרתי במערכת תקשורת הפועלת בשיטת PCM?

שאלה 137

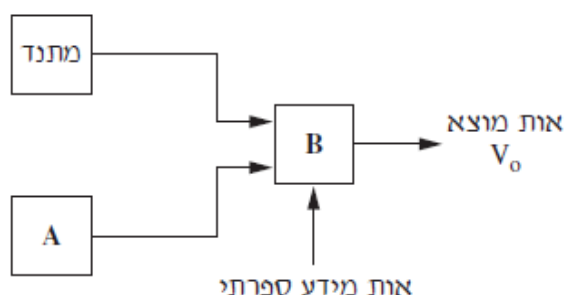
- א. מהו תפקידו של המודם בתקשורת נתונים?
- ב. סרטט תרשים מלבנים עקרוני של מודם.
- ג. הסבר את תפקידו של האפנון ואת תפקידו של הגלוי במודם.

שאלה 138

- א. מה תפקידו של מתג ספרתי ברשת טלפון ספרתית?
- ב. רשת תמסורת בריבוב אסינכרוני פועלת בתקן E_1 המקובל בישראל. בתקן הזה, מסגרת שידור בסיסית הכוללת 32 חריצי-זמן חוזרת על עצמה 8000 פעמים בשנייה. מהי כמות הסיביות לשנייה המשודרת בערוץ ברשת הזו, אם בכל חריץ-זמן משולבת דגימת נתונים בת שמונה סיביות?
- ג. נתון מתג TDM בעל 80 קווי כניסה/יציאה. מהירות העברת המידע בכל קו היא 60kbps.
- מהי מהירות העברת המידע המזערית של הערוץ המשותף, הנדרשת כדי שהמתג יהיה ללא חסימה?

שאלה 139

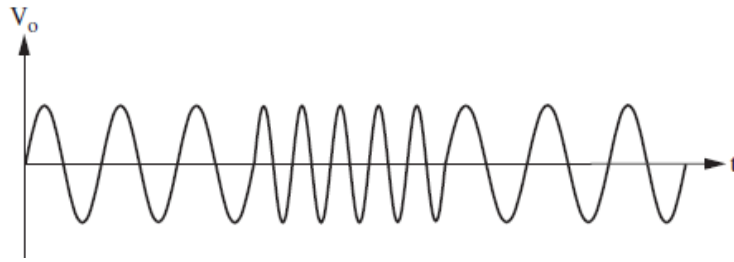
- באור 'א' לשאלה 139 נתון תרשים מלבנים של מערכת ליצירת אות בשיטת מפתוח תדר (FSK).



איור א'

- א. ציין את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מהיחידות A ו-B במערכת הזו.

ב. באיור ב' לשאלה מתואר האות שהתקבל במוצא המערכת.

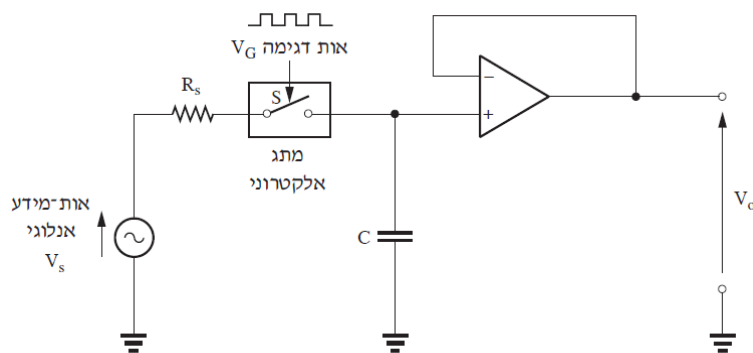


איור ב'

סרטט מתחת לאות המוצא, בהתאמה, את אות המידע הספרתי.

שאלה 140

באיור א' לשאלה 140 נתון מעגל דגימה ושמירה (sample and hold).

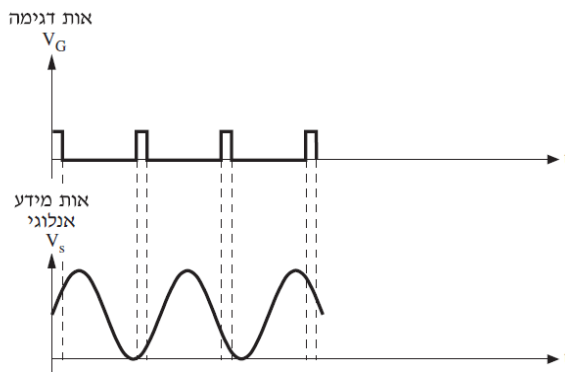


איור א'

א. הסבר את עקרון הפעולה של המעגל הנתון.

ב. מה תפקידו של המגבר במעגל הנתון?

ג. באיור ב' לשאלה מתוארות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.

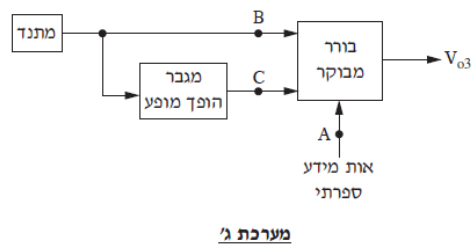
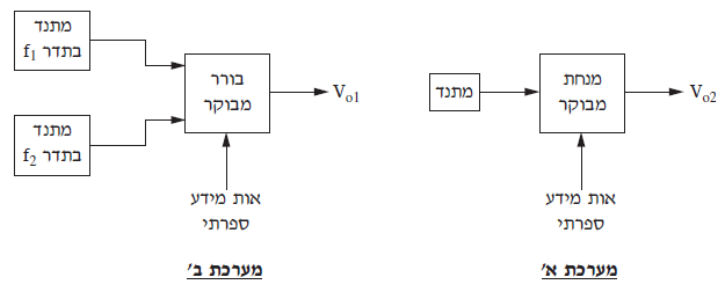


איור ב'

סרטט מתחתיהן, בהתאמה, את צורת הגל של האות במוצא המעגל, V_o .

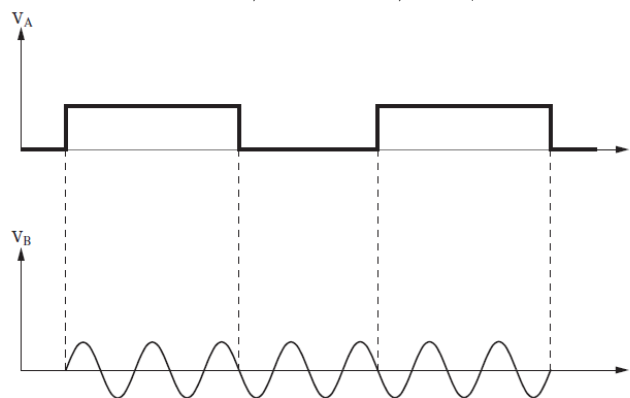
שאלה 141

באיור א' לשאלה 141 מתוארות שלוש מערכות למפתוח (keying) אות מידע ספרתי.



איור א'

- א. באיזו שיטה מתבצע מפתוח האות בכל אחת משלוש המערכות הנתונות?
 ב. באיור ב' לשאלה מתוארות, זו מתחת לזו בהתאמה, צורות הגל של האותות בנקודות A ו-B במערכת ג', כפונקציה של הזמן.



איור ב'

- סרטט מתחתיים, בהתאמה, את :
 1. צורת הגל של האות בנקודה C, כפונקציה של הזמן.
 2. צורת הגל של אות המוצא V_{o3} , כפונקציה של הזמן.

שאלה 142

א. הסבר את עקרון הפעולה של כל אחת משיטות האפנון האלה :

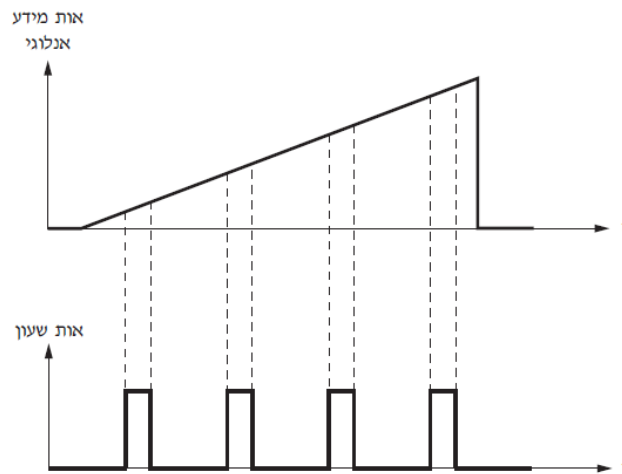
1. PWM

2. PPM

- ב. באיור לשאלה מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון (CLK). סרטט מתחתיים, בהתאמה, את אות המידע המאופן המתקבל בכל אחת מן השיטות הללו.

1. PWM

2. PPM



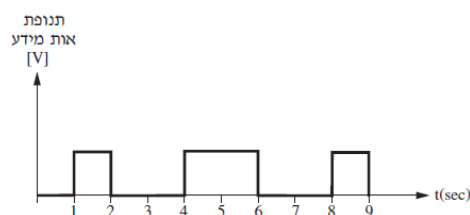
איור לשאלה

שאלה 143

- א. 1. הסבר מהי שגיאת כימיו.
2. כיצד אפשר להקטין את שגיאת הכימיו?
- ב. סרטט תרשים עקרוני של מעגל דגימה ושמירה, והסבר את תפקיד המעגל.
- ג. מספקים אותות מידע בתחום התדרים $200\text{Hz} \div 3\text{kHz}$ למעגל דגימה ושמירה. חשב מה צריך להיות מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות, כדי לשחזר את אות המידע.

שאלה 144

- א. באיור לשאלה 144 נתון אות מידע ספרתי. העתק למחברתך את האות וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, שיתקבל בשיטות האפנון האלה:
1. אפנון בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).
2. אפנון בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).
- ב. סרטט תרשים מלבנים עקרוני של מערכת ליצירת אות:
1. בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).
2. בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור לשאלה

שאלה 145

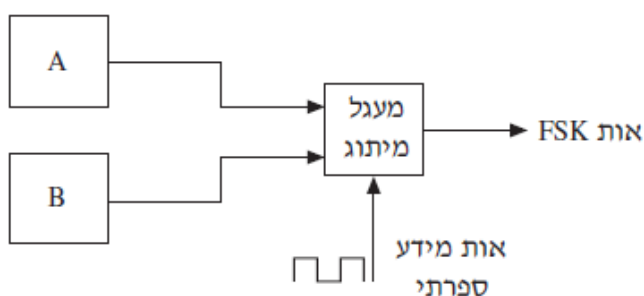
- א. מהו תפקידו של המודם במערכת להעברת נתונים?
- ב. הסבר את אחת השיטות לגילוי ולתיקון של שגיאות, שמשתמשים בה במודם.
- ג. ציין מהו אופן העברת הנתונים בתקן V 90 :
 1. בשידור מהמנוי למרכזת.
 2. בשידור מהמרכזת למנוי.

שאלה 146

- א. 1. הסבר מדוע יש צורך במודם להעברת נתונים ספרתיים דרך קווי הטלפון הרגילים.
2. מתי ניתן להשתמש במודם אנלוגי ומתי ניתן להשתמש במודם ספרתי?
- ב. הסבר מהו תקן V90.
- ג. הסבר מהו הקשר בין קצב העברת הנתונים למרחק השידור המרבי במודם. לווה את הסברך בתרשים מתאים.

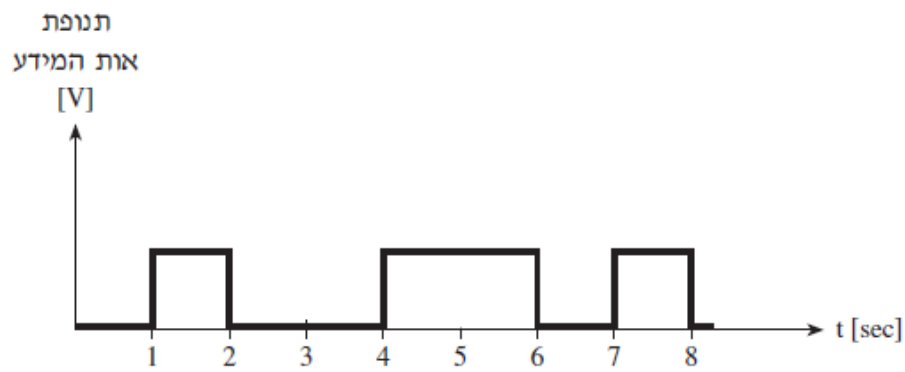
שאלה 147

- א. באיור א' לשאלה 147 נתון תרשים מלבנים של מערכת ליצירת אות, המאופן בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור א'

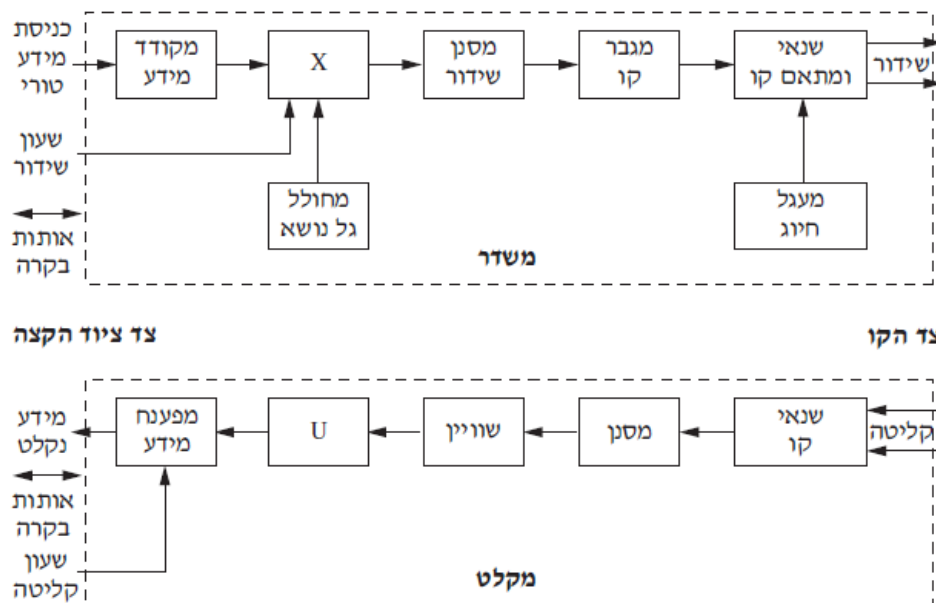
1. ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A ו-B.
2. הסבר את פעולת המערכת המתוארת באיור א'.
- ב. באיור ב' לשאלה 147 נתון אות מידע ספרתי. סרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, המופק על-ידי מערכת לאפנון אות בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור ב'

שאלה 148

באיור לשאלה מתואר תרשים מלבנים עקרוני של מודם (FOUR WIRE) 4W.

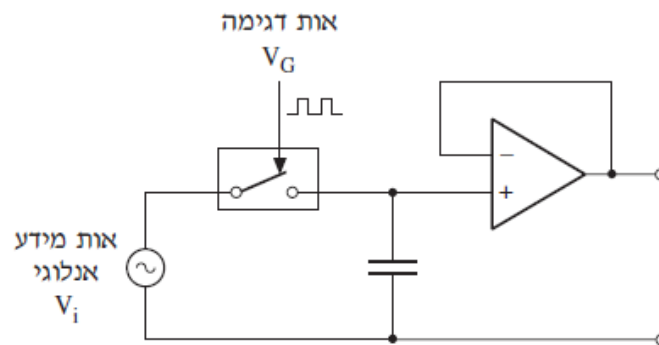


איור לשאלה

- ציין את שמה של כל אחת מן היחידות X ו-U.
- הסבר את אופן הפעולה של המערכת המתוארת באיור.
- הסבר את אחת מהשיטות לגילוי ותיקון שגיאות במודם.

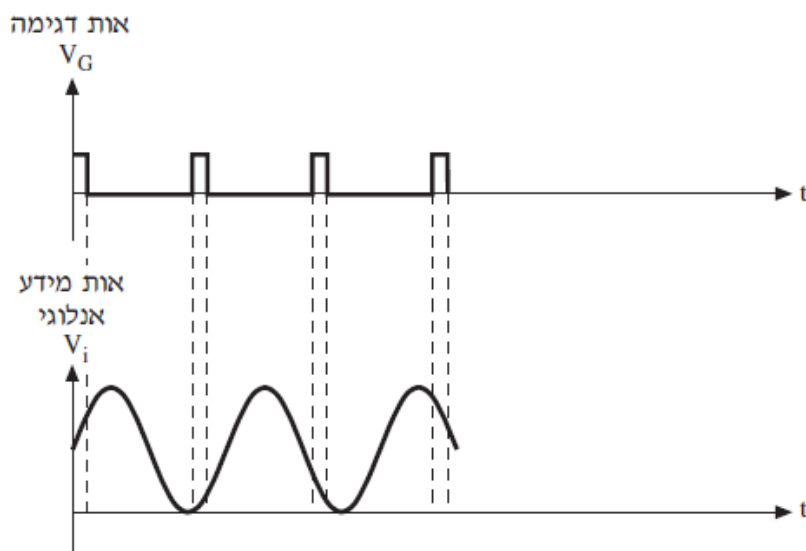
שאלה 149

באיור א' לשאלה 149 נתון מעגל חשמלי.



איור א'

באיור ב' לשאלה 149 מתוארות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.

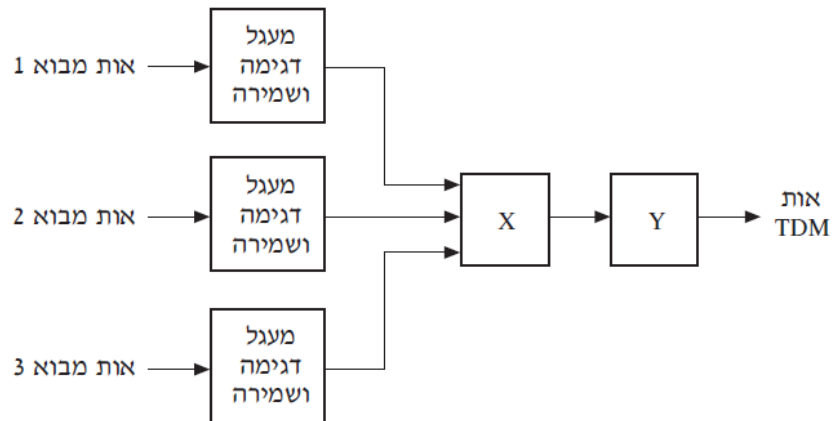


איור ב'

- א. מה תפקידו של המעגל החשמלי שבאיור א'?
- ב. תאר את אופן הפעולה של המעגל הזה?
- ג. סרטט את צורת הגל של האות במוצא המעגל.

שאלה 150

באיור לשאלה 152 מסורטט תרשים מלבנים של מערכת ריבוב אותות בזמן (TDM).

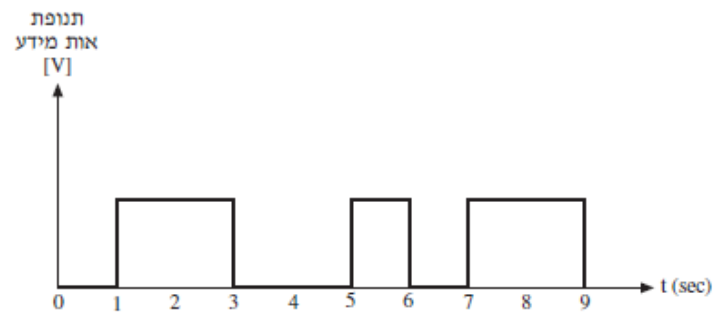


איור לשאלה

- רשום את שמות היחידות X ו-Y.
- הסבר את אופן הפעולה של המערכת שבאיור.

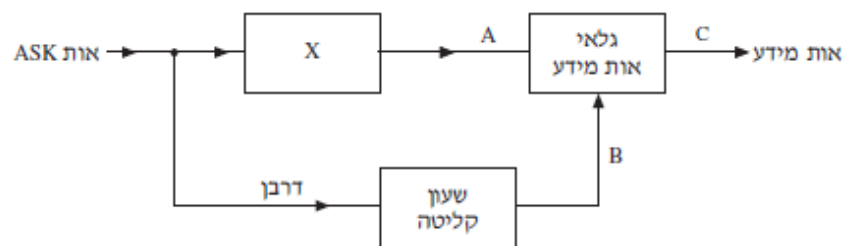
שאלה 151

א. באיור א' לשאלה 151 נתון אות מידע ספרתי. סרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, המופק על-ידי מערכת לאפנון אות בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).



איור א'

ב. באיור ב' לשאלה נתון תרשים מלבנים עקרוני של מערכת לגילוי אות, המאופנן בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).

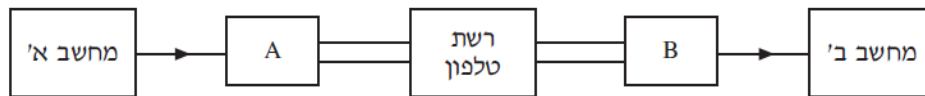


איור ב'

1. ציין את שם היחידה X שבאיור.
2. האות המסופק למערכת הוא אות ה-ASK, **סרטט בסעיף א**, העתק את האות וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את צורת הגל (בתלות בזמן) בנקודות A, B ו-C.
3. הסבר את פעולת המערכת המתוארת באיור ב'.

שאלה 152

- א. באיור לשאלה 152 מתואר ערוץ תקשורת בין שני מחשבים. התקשורת מתבצעת באמצעות רשת טלפון.

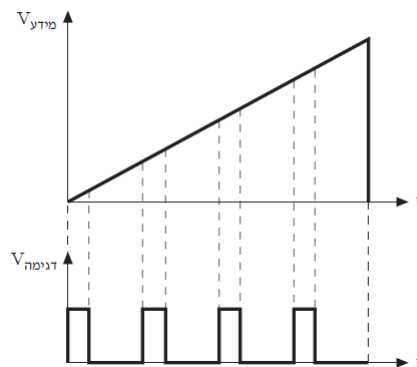


איור לשאלה

- ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A ו-B שבאיור.
- ב. תא קולי מכיל קטע קול (אודיו) שאורכו שלוש דקות. רוחב הפס של תדרי הקול הוא 3 kHz.
- חשב את מספר הדגימות **המינימלי** הנדרש כדי לשחזר את הנאמר בקטע הקול.

שאלה 153

- א. באיור לשאלה 153 מוצגים שני אותות המסופקים לאפנן: אות מידע ואות דגימה.

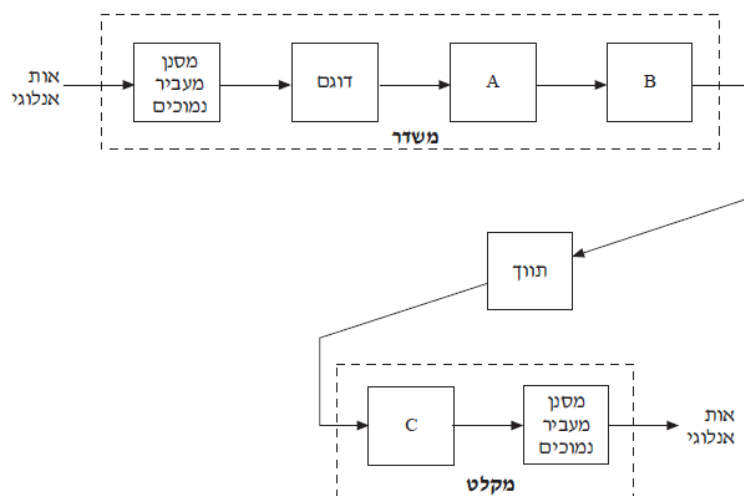


איור לשאלה

- סרטט, בהתאמה מתחת לשני אותות אלו, את צורת הגל המתקבלת במוצא האפנן, בתלות בזמן, כאשר:
1. האפנן הוא מסוג PAM.
 2. האפנן הוא מסוג PWM.
- ב. מספקים לאפנן כלשהו אות מידע, שהתדר הגבוה בספקטרום התדרים שלו הוא 4 kHz. חשב מה צריך להיות מרווח הזמן **המרב** בין שתי דגימות עוקבות של אות הדגימה.

שאלה 154

באיור לשאלה 154 נתון תרשים מלבנים של מערכת תקשורת ספרתית הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM).

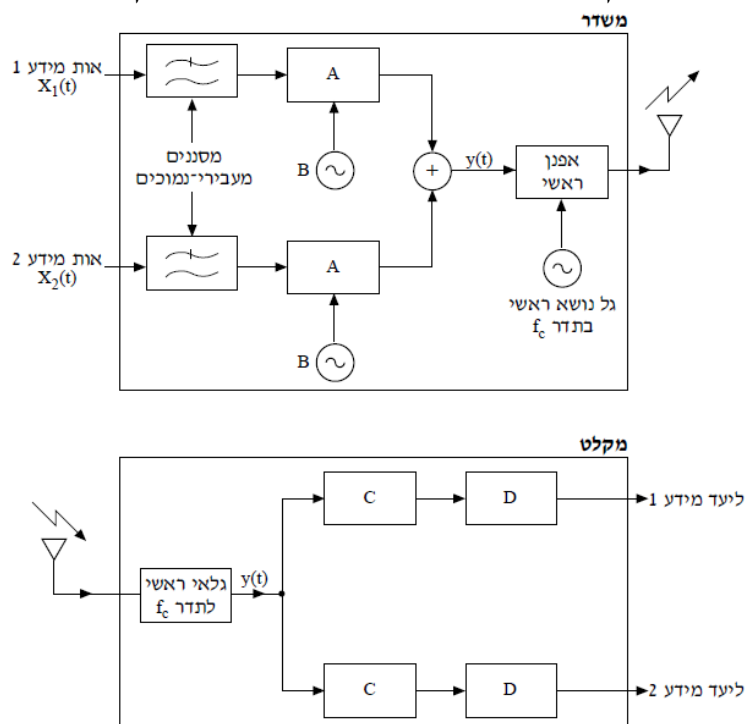


איור לשאלה

- ציין את שמות היחידות A, B ו-C שבתרשים המלבנים.
- תאר את אופן הפעולה של המערכת.
- הסבר מהו רעש הכימוי (Quantization noise).
- כיצד אפשר להקטין את רעש הכימוי במערכת הנתונה?

שאלה 155

באיור לשאלה 155 נתון תרשים מלבנים של מערכת לריבוב אפיקים בתדר.



איור לשאלה

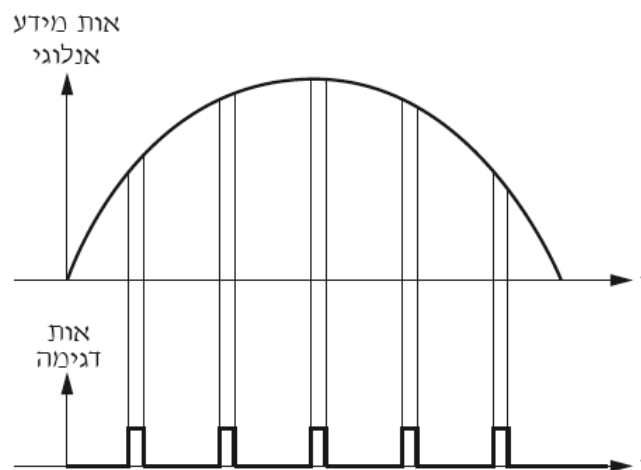
- א. הסבר את הצורך בריבוב אפיקים בתדר.
 ב. ציין את שמות היחידות A, B, C ו-D שבאיור.
 ג. תאר את אופן הפעולה של המערכת המתוארת באיור.

שאלה 156

- נדרש לשדר את אות המידע הספרתי: 1 0 1 1 1 1 1 0 1.
 א. סרטט את אות המידע הספרתי כפונקציה של הזמן, כשהוא מקודד בקידוד NRZ.
 ב. 1. מהי הבעיה שתיגרם עקב הרצף של שבעת ה-1' באות המידע הספרתי הזה, אם המקלט המקבל את אות המידע עובד בשיטה האסינכרונית?
 2. איך נפתרת הבעיה הזו בקידוד RZ?
 ג. סרטט את אות המידע הספרתי הזה, כשהוא מקודד בקידוד RZ.

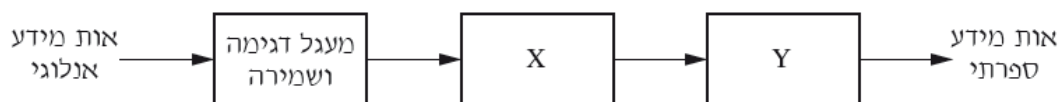
שאלה 157

- א. באיור א לשאלה 157 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות דגימה.



איור א'

- סרטט מתחתיהם, בהתאמה, את האות המתקבל באפנון PAM, כפונקציה של הזמן.
 ג. באיור ב' נתון תרשים מלבני עקרוני, המתאר הפיכת אות אנלוגי לאות ספרתי.

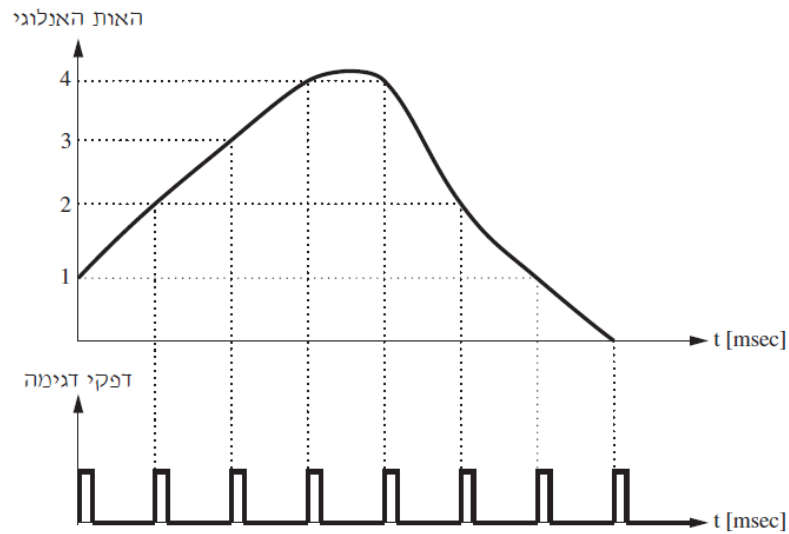


איור ב'

- רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות X ו-Y.

שאלה 158

- א. סרטט תרשים מלבנים של מערך אפנון תנופת הדופק (PAM).
 ב. באיור לשאלה מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות אנלוגי ודפיקי דגימה.



איור לשאלה

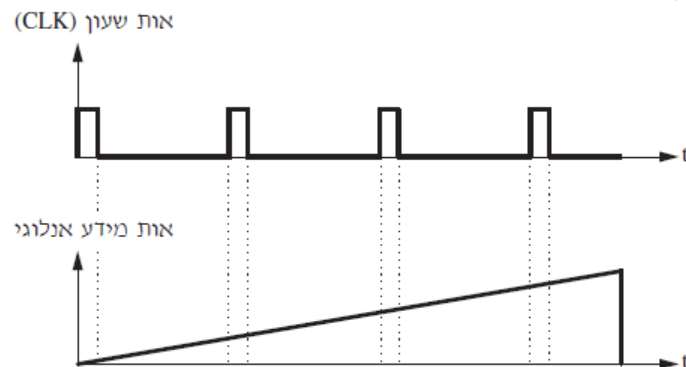
1. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון PAM.
2. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון רוחב הדופק (PWM).

שאלה 159

- א. סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת אות המידע הספרתי 01110110, המקודד:
 1. בשיטת NRZ.
 2. בשיטת RZ.
 ב. חשב את קצב העברת הסיביות של האות (ביחידות bps), כאשר משך הזמן של סיבית אחת הוא 2 msec.

שאלה 160

- א. באיור א' לשאלה 160 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון (CLK).



איור א'

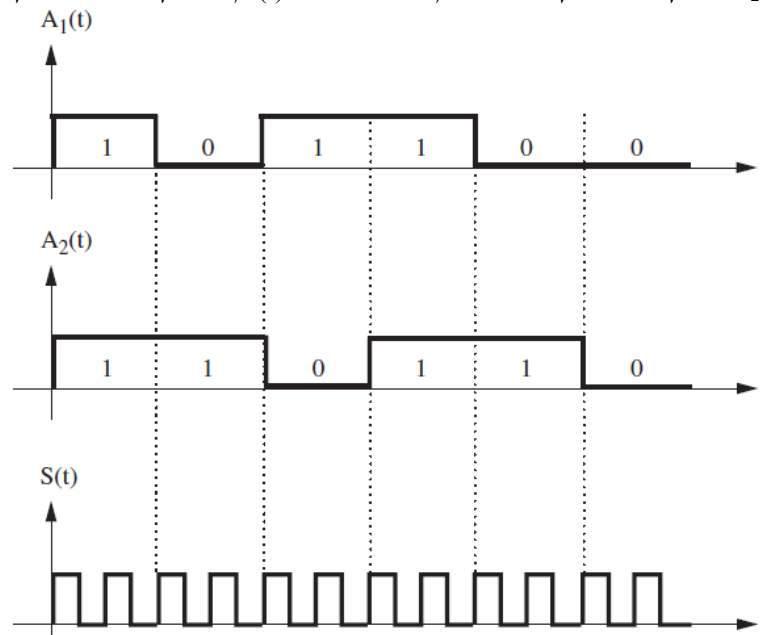
סרטט מתחתיהם, בהתאמה, את אות המידע המאופנן המתקבל בכל אחת מן השיטות הבאות:

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.

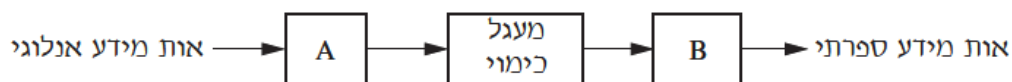


איור ב'

סרטט מתחתיו, בהתאמה, את האות המרובב בחלוקת זמן של שני האותות הללו.

שאלה 161

א. באיור לשאלה 161 נתון תרשים מלבנים עקרוני, המתאר הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי.



איור לשאלה

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

ב. 1. הסבר מהי שגיאת כימוי.

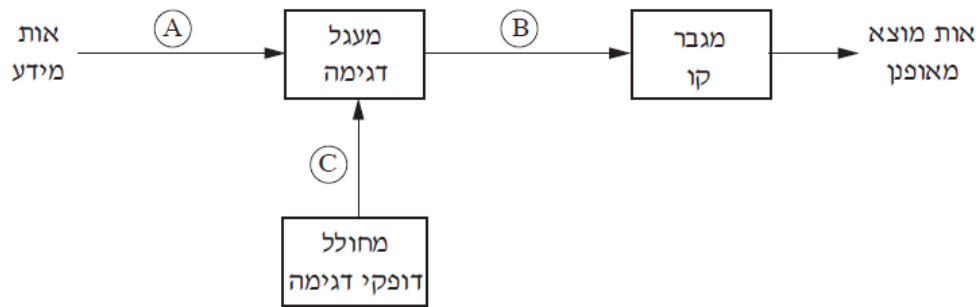
2. כיצד ניתן להקטין את שגיאת הכימוי?

שאלה 162

- א. 1. רשום את משפט הדגימה של נייקוויסט.
2. דרוש לדגום אות דיבור, שתחום התדרים שלו הוא $300 \text{ Hz} \div 3 \text{ kHz}$, במשך דקה אחת. חשב, על-פי משפט הדגימה של נייקוויסט, את מספר הדגימות הקטן ביותר שיש לדגום את האות הזה.
ב. הסבר מהו תהליך הכימוי בהמרת אות אנלוגי לאות ספרתי.

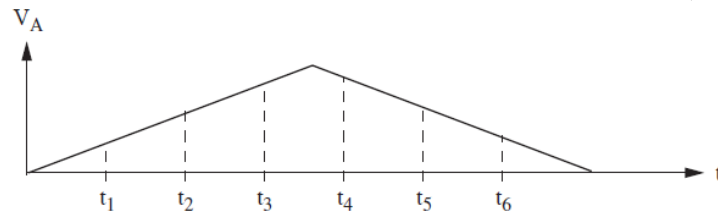
שאלה 163

א. ציין את סוג האפנ המתואר באיור א' לשאלה 163.



איור א'

- ב. באיור ב לשאלה 163 נתונה צורת הגל בנקודה A, כפונקציה של הזמן. המחולל יוצר שישה דופקי דגימה בזמנים $t_1 \div t_6$.

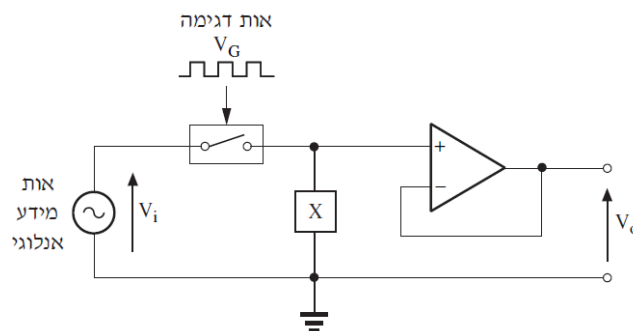


איור ב'

- סרטט מתחתיה, בהתאמה, את צורת הגל המתקבלת בכל אחת מן הנקודות B ו-C, כפונקציה של הזמן.
ג. מה תפקידו של מגבר הקו באפנ המתואר באיור א לשאלה?

שאלה 164

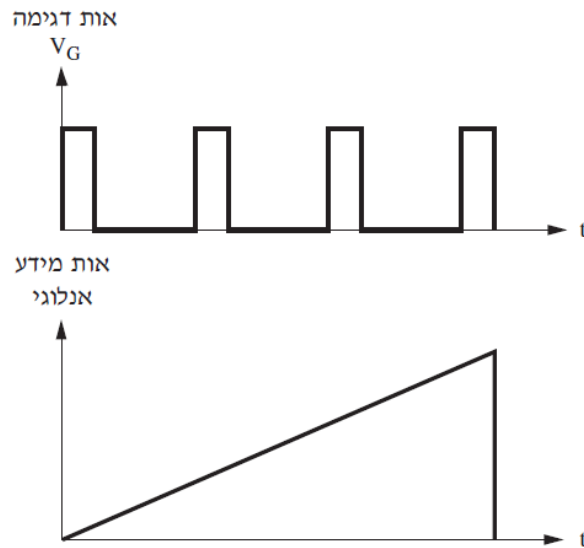
באיור א לשאלה נתון מעגל חשמלי. מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי.



איור א'

- א. 1. מה מייצג המלבן X שבאיור א לשאלה?
2. תאר את פעולתו של המעגל הנתון באיור א'.

באיור ב' לשאלה 164 נתונות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.

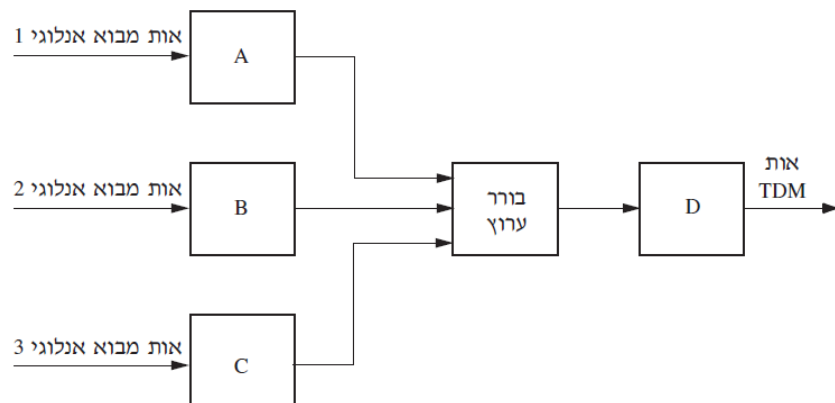


איור ב'

- ב. סרטט מתחתיך, בהתאמה, את צורת הגל של האות במוצא המעגל.
- ג. מספקים למערכת אותות מידע בתחום התדרים $100 \text{ Hz} \div 3 \text{ kHz}$.
חשב את התדר המזערי של אות הדגימה (f_G), המאפשר שחזור של האות הדגום.

שאלה 165

- א. באיור לשאלה 165 נתון תרשים מלבנים של מערכת לריבוב אותות בזמן (TDM).

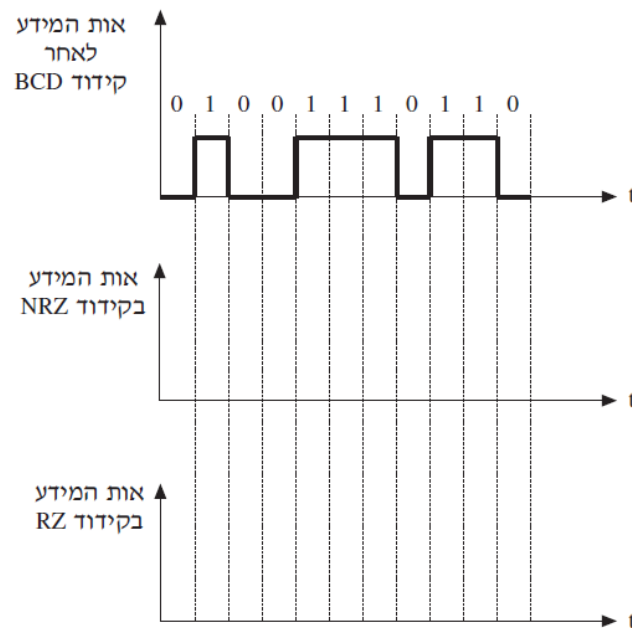


איור לשאלה

1. רשום את שמות היחידות A, B, C, ו-D.
2. תאר את אופן הפעולה של המערכת.
- ב. הסבר את ההבדל בין שיטת PAM ובין שיטת PCM לגבי צורת העיבוד של אות ספרתי.

שאלה 166

באיור לשאלה נתון אות מידע ספרתי (בתלות בזמן), לאחר שקודד בקידוד BCD

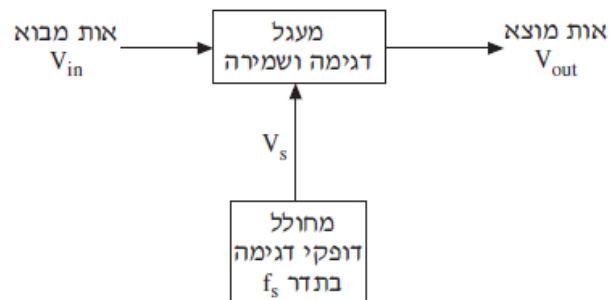


איור לשאלה

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

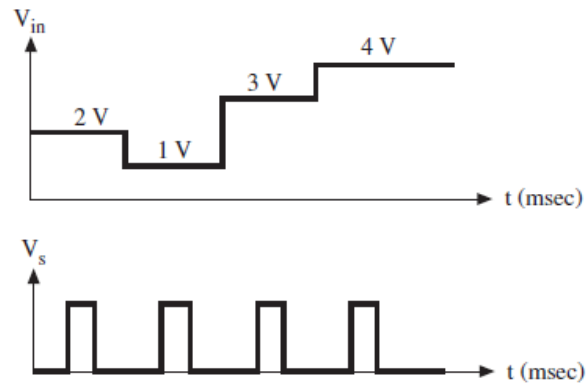
שאלה 167

באיור א' לשאלה 167 מוצג תרשים מלבנים של מערכת, המשמשת לדגימה ולשמירה של אותות.



איור א'

א. באיור ב' לשאלה 167 מתוארים אות מבוא ואות דגימה (בתלות בזמן) המסופקים למערכת.

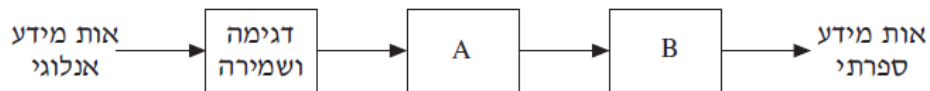


איור ב'

- העתק את האותות הנתונים באיור ב', וסרטט מתחתיים, בהתאמה, את אות המוצא V_{out} .
- ב. מספקים למערכת אות מבוא **אחר**, שתחום התדרים שלו הוא $1 \text{ kHz} \div 3 \text{ kHz}$. חשב את התדר **המזערי** של אות הדגימה, $f_{s_{min}}$, המאפשר שחזור של האות הדגום.

שאלה 168

- א. באיור לשאלה 168 מוצג תרשים מלבנים, המתאר המרה של אות אנלוגי לאות ספרתי.



איור לשאלה

- רשום את הפעולות המיוצגות על-ידי המלבנים A ו-B, והסבר כל אחת מהן.
- ב. הסבר את המושג **רעש כימוי**.

שאלה 169

- א. סרטט תרשים מלבנים של מערכת תקשורת הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM)
- ב. הסבר את תפקידו של מעגל הכימוי ואת תפקידו של מעגל הקידוד במערכת הזו.
- ג. כיצד ניתן להקטין את השגיאות בהעברת המידע הספרתי במערכת תקשורת הפועלת בשיטת PCM?

שאלה 170

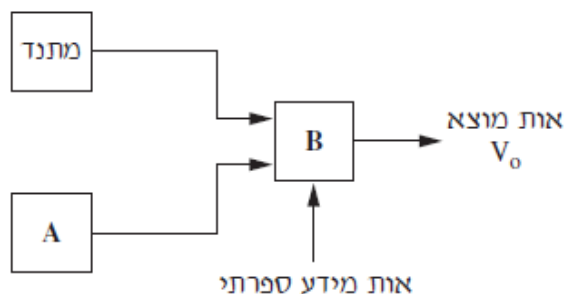
- א. מהו תפקידו של המודם בתקשורת נתונים?
- ב. סרטט תרשים מלבנים עקרוני של מודם.
- ג. הסבר את תפקידו של האפנון ואת תפקידו של הגלאי במודם.

שאלה 171

- א. מה תפקידו של מתג ספרתי ברשת טלפון ספרתית?
- ב. רשת תמסורת בריבוב אסינכרוני פועלת בתקן E_1 המקובל בישראל. בתקן הזה, מסגרת שידור בסיסית הכוללת 32 חריצי-זמן חוזרת על עצמה 8000 פעמים בשנייה. מהי כמות הסיביות לשנייה המשודרת בערוץ ברשת הזו, אם בכל חריץ-זמן משולבת דגימת נתונים בת שמונה סיביות?
- ג. נתון מתג TDM בעל 80 קווי כניסה/יציאה. מהירות העברת המידע בכל קו היא 60 kbps.
- מהי מהירות העברת המידע המזערית של הערוץ המשותף, הנדרשת כדי שהמתג יהיה ללא חסימה?

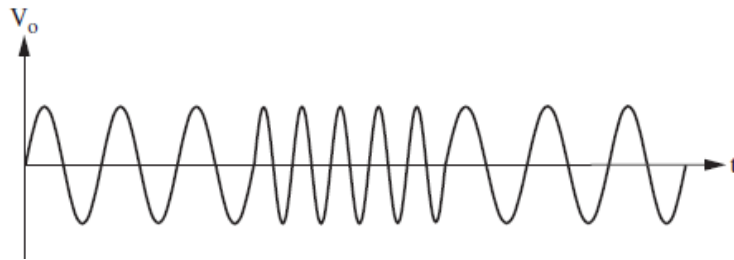
שאלה 172

- באיור א' לשאלה 172 נתון תרשים מלבנים של מערכת ליצירת אות בשיטת מפתוח תדר (FSK).



איור א'

- א. ציין את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מהיחידות A ו-B במערכת הזו.
 ב. באיור ב' לשאלה מתואר האות שהתקבל במוצא המערכת.

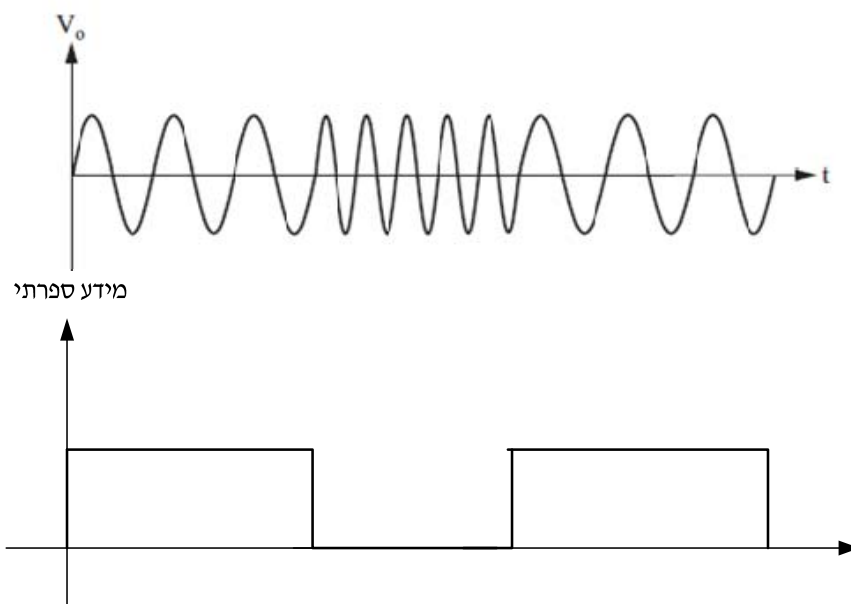


איור ב'

סרטט מתחת לאות המוצא, בהתאמה, את אות המידע הספרתי.

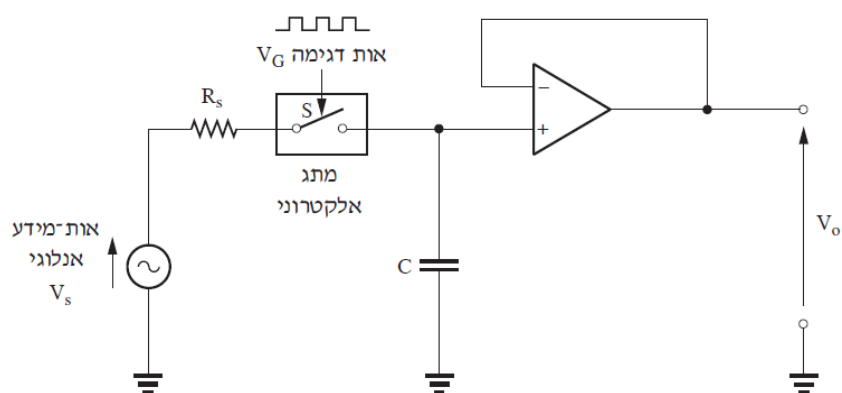
תשובה 172

- א. A הוא מתנד בתדר שונה מהמתנד העליון.
 B הוא בורר אותות – הוא מעביר את התדר העליון או התחתון בהתאם למידע הספרתי.
 ב.



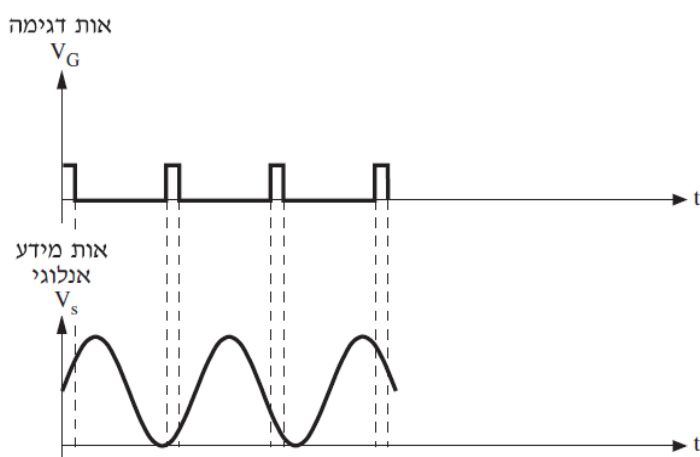
שאלה 173

באיור א' לשאלה 173 נתון מעגל דגימה ושמירה (sample and hold).



איור א'

- הסבר את עקרון הפעולה של המעגל הנתון.
- מה תפקידו של המגבר במעגל הנתון?
- באיור ב' לשאלה מתוארות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.

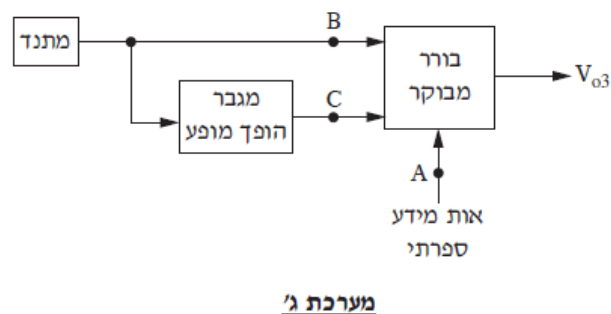
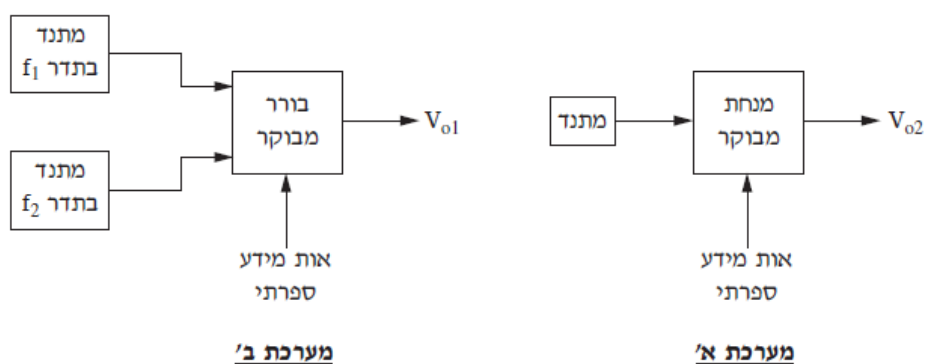


איור ב'

סרטט מתחתיך, בהתאמה, את צורת הגל של האות במוצא המעגל, V_o .

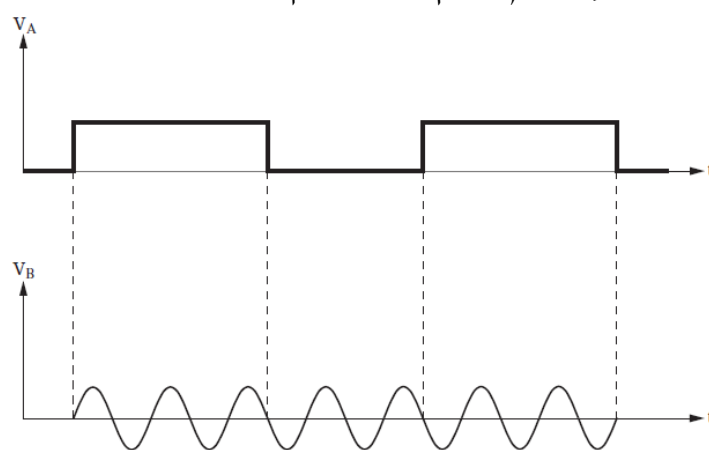
שאלה 174

באיור א' לשאלה 174 מתוארות שלוש מערכות למפתוח (keying) אות מידע ספרתי.



איור א'

- א. באיזו שיטה מתבצע מפתוח האות בכל אחת משלוש המערכות הנתונות?
 ב. באיור ב' לשאלה מתוארות, זו מתחת לזו בהתאמה, צורות הגל של האותות בנקודות A ו-B במערכת ג', כפונקציה של הזמן.



איור ב'

סרטט מתחתיים, בהתאמה, את:

- צורת הגל של האות בנקודה C, כפונקציה של הזמן.
- צורת הגל של אות המוצא V_{o3} , כפונקציה של הזמן.

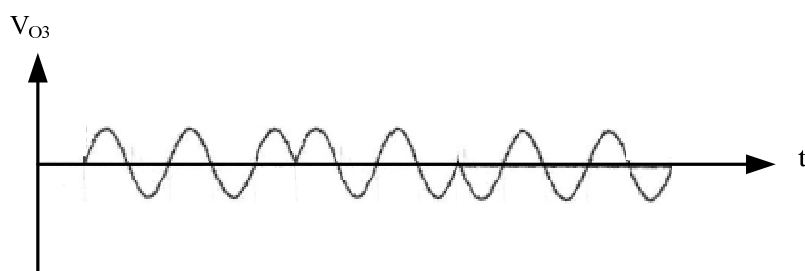
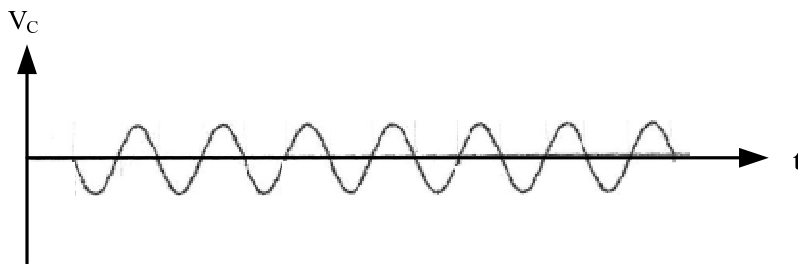
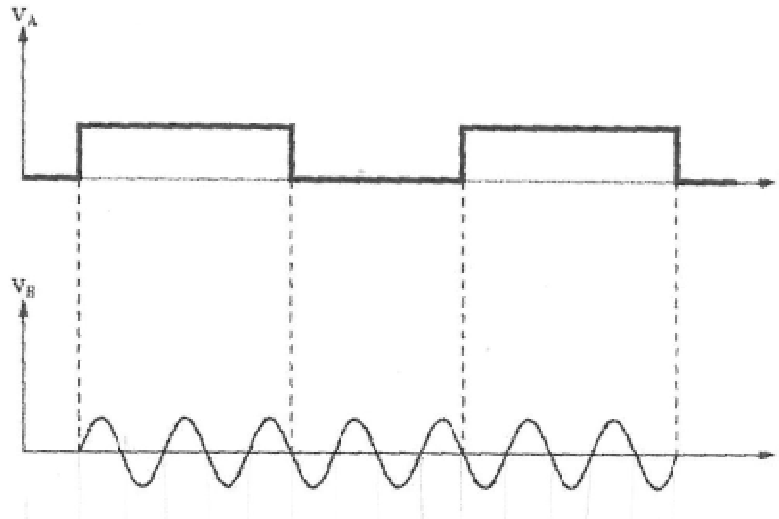
תשובה 174

א. מערכת א' – מפתוח זיזת תנופה (ASK).

מערכת ב' – מפתוח זיזת תדר (FSK).

מערכת ג' – מפתוח זיזת מופע (PSK).

ב.



שאלה 175

א. הסבר את עקרון הפעולה של כל אחת משיטות האפנון האלה:

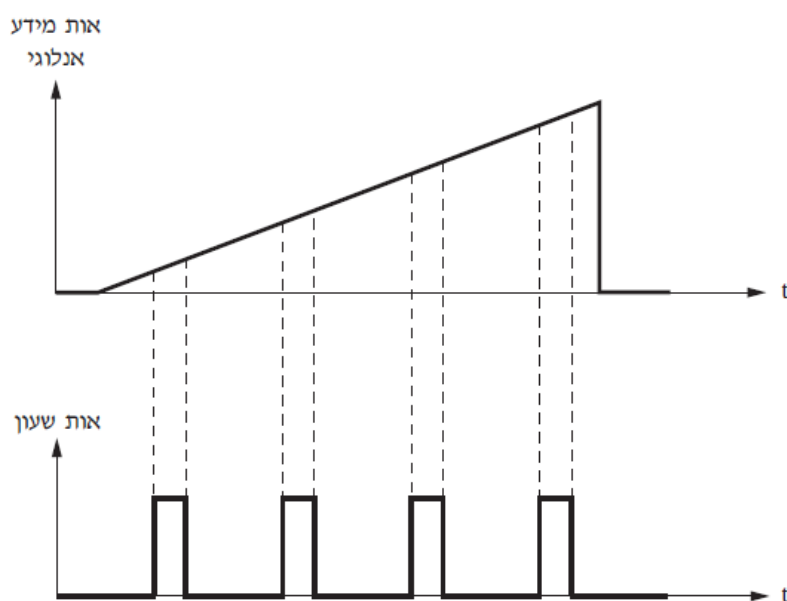
1. PWM

2. PPM

ב. באיור לשאלה מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון (CLK). סרטט מתחיהם, בהתאמה, את אות המידע המאופן המתקבל בכל אחת מן השיטות הללו.

1. PWM

2. PPM



איור לשאלה

שאלה 176

א. 1. הסבר מהי שגיאת כימוי.

2. כיצד אפשר להקטין את שגיאת הכימוי?

ב. סרטט תרשים עקרוני של מעגל דגימה ושמירה, והסבר את תפקיד המעגל.

ג. מספקים אותות מידע בתחום התדרים $200\text{Hz} \div 3\text{kHz}$ למעגל דגימה ושמירה. חשב מה צריך להיות מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות, כדי לשחזר את אות המידע.

תשובה 176

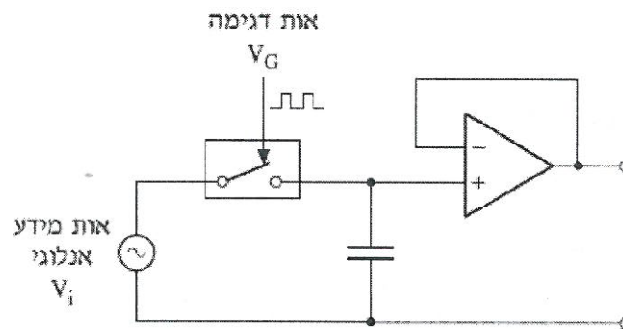
א. 1. שגיאת הכימוי נובעת מהמרת הדגימה של אות רציף לאחת ממספר רמות בדידות.

2. אפשר להגדיל את מספר רמות הכימוי, ובכך להקטין את שגיאת הכימוי.

ב. מעגל דגימה ושמירה:

אות הדגימה סוגר את המתג לזמן קצר. הקבל נטען במהירות למתח האות באותו

רגע. המתג נפתח מייד והקבל שומר על מתח הדגימה, מכיוון שאין לו מסלול פריקה. מגבר היחידה מעביר את מתח הדגימה למוצא, עד הדגימה הבאה. אות המידע האנלוגי הופך לאות מדרגות.



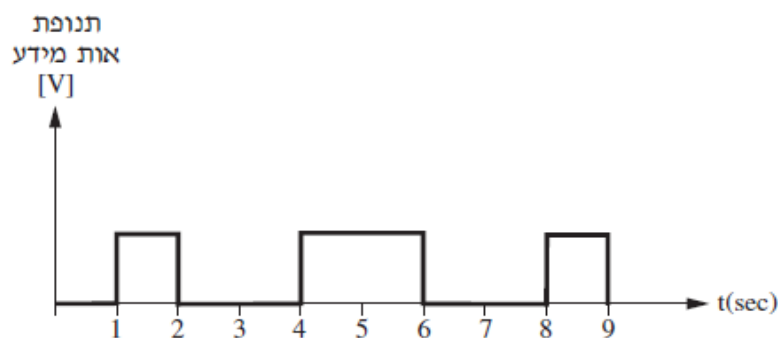
- ג. לפי משפט נייקויסט, תדר הדגימה צריך להיות לפחות $2 \times 3 \text{ kHz} = 6 \text{ kHz}$.
דהיינו, זמן מחזור של $1/6 \text{ k} = 166 \mu\text{s}$. זהו מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות.

שאלה 177

- א. באיור לשאלה 177 נתון אות מידע ספרתי. העתק למחברתך את האות וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, שיתקבל בשיטות האפנון האלה:
1. אפנון בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).
 2. אפנון בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).

ב. סרטט תרשים מלבנים עקרוני של מערכת ליצירת אות:

1. בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).
2. בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור לשאלה 177

שאלה 178

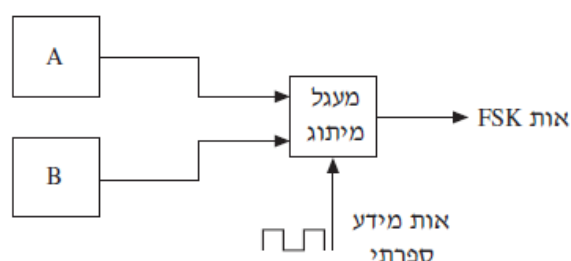
- א. מהו תפקידו של המודם במערכת להעברת נתונים?
 ב. הסבר את אחת השיטות לגילוי ולתיקון של שגיאות, שמשתמשים בה במודם.
 ג. ציין מהו אופן העברת הנתונים בתקן V 90 :
 1. בשידור מהמנוי למרכזת.
 2. בשידור מהמרכזת למנוי.

שאלה 179

- א. 1. הסבר מדוע יש צורך במודם להעברת נתונים ספרתיים דרך קווי הטלפון הרגילים.
 2. מתי ניתן להשתמש במודם אנלוגי ומתי ניתן להשתמש במודם ספרתי?
 ב. הסבר מהו תקן V90.
 ג. הסבר מהו הקשר בין קצב העברת הנתונים למרחק השידור המרבי במודם. לווה את הסברך בתרשים מתאים.

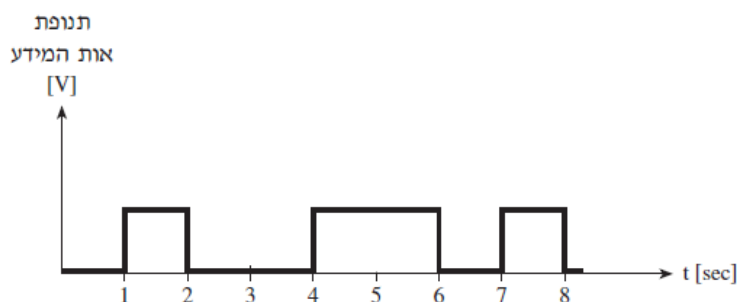
שאלה 180

- א. באיור א' לשאלה 180 נתון תרשים מלבנים של מערכת ליצירת אות, המאופנן בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור א'

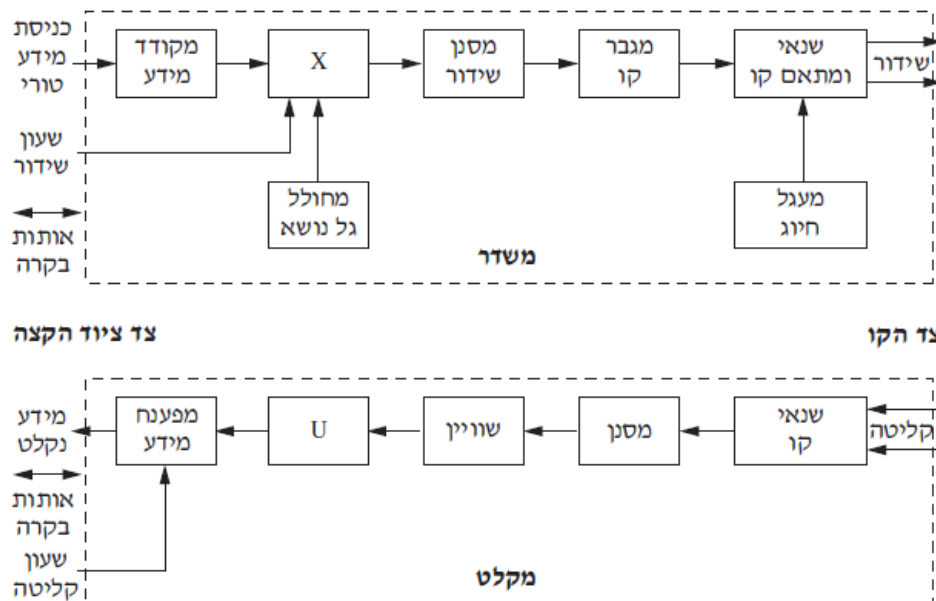
1. ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A ו-B.
 2. הסבר את פעולת המערכת המתוארת באיור א'.
 ב. באיור ב' לשאלה 147 נתון אות מידע ספרתי. סרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, המופק על-ידי מערכת לאפנון אות בשיטת מפתוח זיזת תדר (FSK).



איור ב'

שאלה 181

באיור לשאלה מתואר תרשים מלבנים עקרוני של מודם (FOUR WIRE) 4W.

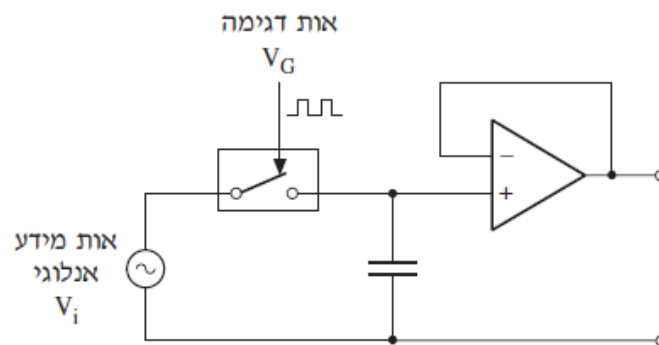


איור לשאלה

- ציין את שמה של כל אחת מן היחידות X ו- U .
- הסבר את אופן הפעולה של המערכת המתוארת באיור.
- הסבר את אחת מהשיטות לגילוי ותיקון שגיאות במודם.

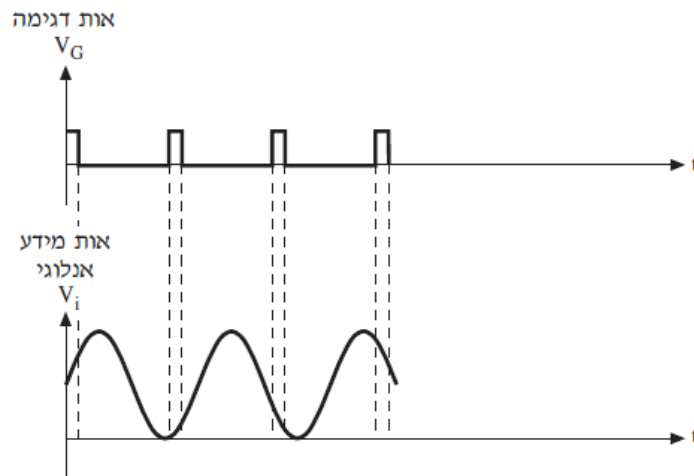
שאלה 182

באיור א' לשאלה 182 נתון מעגל חשמלי.



איור א'

באיור ב' לשאלה 182 מתוארות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.

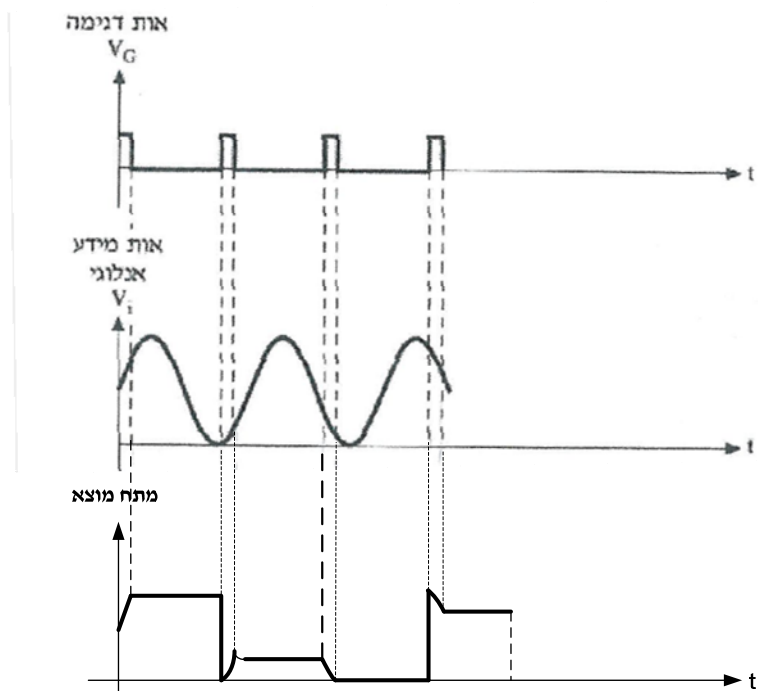


איור ב'

- א. מה תפקידו של המעגל החשמלי שבאיור א'?
- ב. תאר את אופן הפעולה של המעגל הזה?
- ג. סרטט את צורת הגל של האות במוצא המעגל.

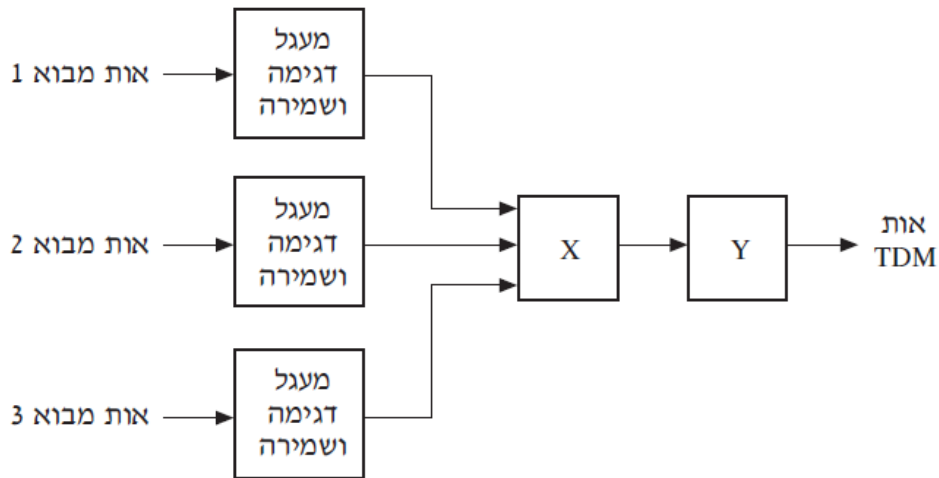
תשובה 182

- א. המעגל באיור א' הוא מעגל דגימה ושמירה. תפקידו – להפוך את אות המידע האנלוגי לאות דגום.
- ב. אות הדגימה V_G סוגר את המתג לזמן קצר. הקבל נטען במהירות למתח האות ברגע הדגימה. המתג נפתח. לקבל אין מסלול פריקה ולכן הוא שומר על המתח הנדגם עד לדגימה הבאה. במוצא מתקבל אות מדרגות שגובהן כגובה הדגימות.
- ג. צורת האות במוצא:



שאלה 183

באיור לשאלה 183 מסורטט תרשים מלבנים של מערכת ריבוב אותות בזמן (TDM).



איור לשאלה

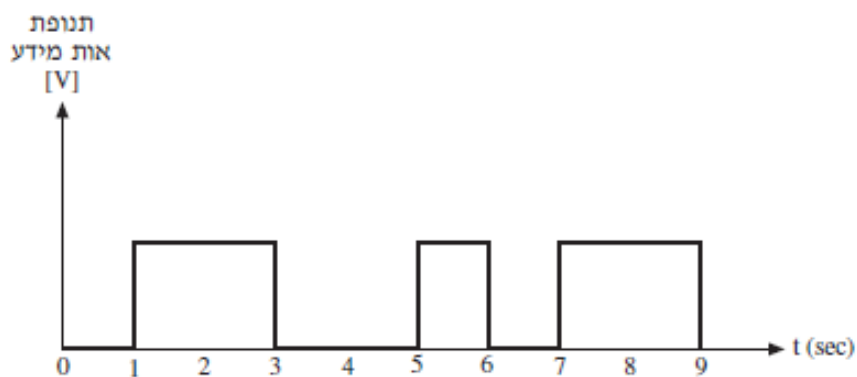
- רשום את שמות היחידות X ו-Y.
- הסבר את אופן הפעולה של המערכת שבאיור.

תשובה 183

- X – בורר ערוץ. Y – מעגל כימוי וקידוד.
- נניח, לצורך ההסבר, שאותות המבוא הם אותות שמע ברוחב פס של 4 kHz. כל מעגלי הדגימה והשמירה ידגמו בקצב נייקויסט של 8 kHz. דהיינו, דגימה בכל $125 \mu s$. כלומר, במוצא כל מעגל דגימה ושמירה נמצא מתח קבוע למשך $125 \mu s$. בורר הערוץ מעביר את מתח הדגימה 1 במשך $41 \mu s \approx 125/3$. לאחר מכן הוא מעביר את דגימה 2 למשך 41 מיקרושניות הבאות. ולבסוף, את מתח הדגימה 3 למשך עוד 41 מיקרושניות. למעגל הכימוי והקידוד יש זמן של 41 מיקרושניות להפוך כל דגימה למילה בינרית. כך, במשך 125 מיקרושניות, במוצא ה-TDM יש שלוש מילים בינריות המתאימות לשלוש דגימות הערוצים. ואז מגיעה הדגימה הבאה וחוזר חלילה. אות המוצא הוא ספרתי טהור.

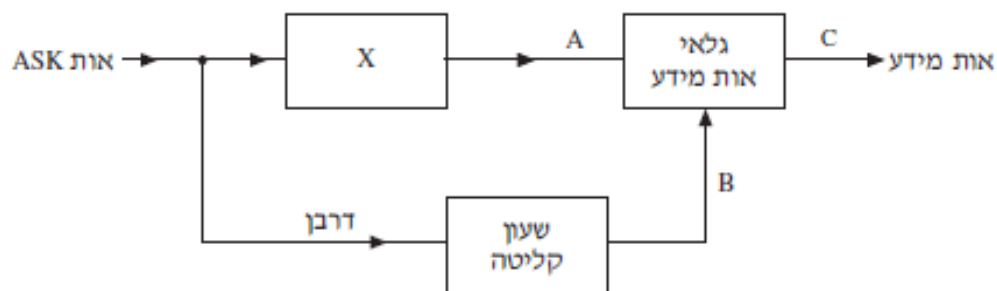
שאלה 184

- באיור א' לשאלה 184 נתון אות מידע ספרתי. סרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא בתלות בזמן, המופק על-ידי מערכת לאפנון אות בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).



איור א'

ב. באיור ב' לשאלה נתון תרשים מלבנים עקרוני של מערכת לגילוי אות, המאופקן בשיטת מפתוח זיזת תנופה (ASK).



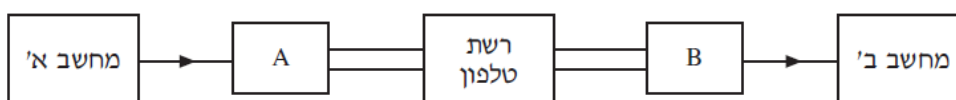
איור ב'

1. ציין את שם היחידה X שבאיור.
2. האות המסופק למערכת הוא אות ה-ASK, **שסרטטת בסעיף א**, העתק את האות וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את צורת הגל (בתלות בזמן) בנקודות A , B ו-C.
3. הסבר את פעולת המערכת המתוארת באיור ב'.

שאלה 185

א. באיור לשאלה 185 מתואר ערוץ תקשורת בין שני מחשבים. התקשורת מתבצעת באמצעות רשת טלפון.

ב.



איור לשאלה 185

ציין את שמה של כל אחת מן היחידות A ו-B שבאיור.

ב. תא קולי מכיל קטע קול (אודיו) שאורכו שלוש דקות. רוחב הפס של תדרי הקול הוא 3 kHz.

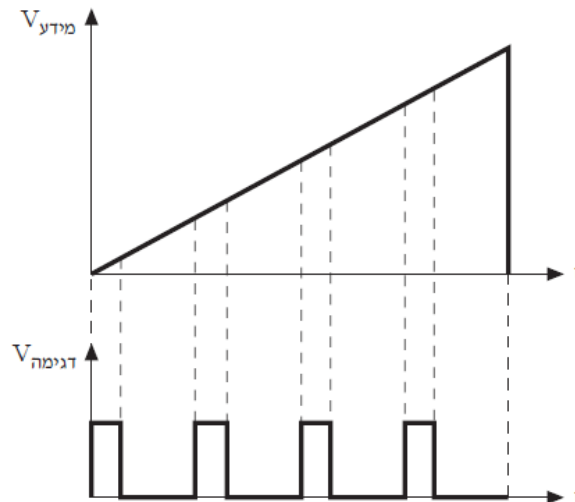
חשב את מספר הדגימות המינימלי הנדרש כדי לשחזר את הנאמר בקטע הקול.

תשובה 185

- א. היחידות A ו-B הן מודמים המתווכים בין רשת הטלפונים למחשבים.
 ב. לפי נייקויסט, קצב הדגימה המינימלי הוא $2 \times 3 \text{ kHz} = 6 \text{ kHz}$. דהיינו, 6,000 דגימות לשנייה, או $6,000 \times 60 = 360,000$ דגימות לדקה. ובשלוש דקות: $360 \text{ K} \times 3 = 1,080 \text{ ksamples} = 1,080,000 \text{ samples}$.
 אם כל דגימה הופכת לבית (Byte), אזי גודל הקובץ יהיה 1.08 MB.

שאלה 186

א. באיור לשאלה 186 מוצגים שני אותות המסופקים לאפנן: אות מידע ואות דגימה.

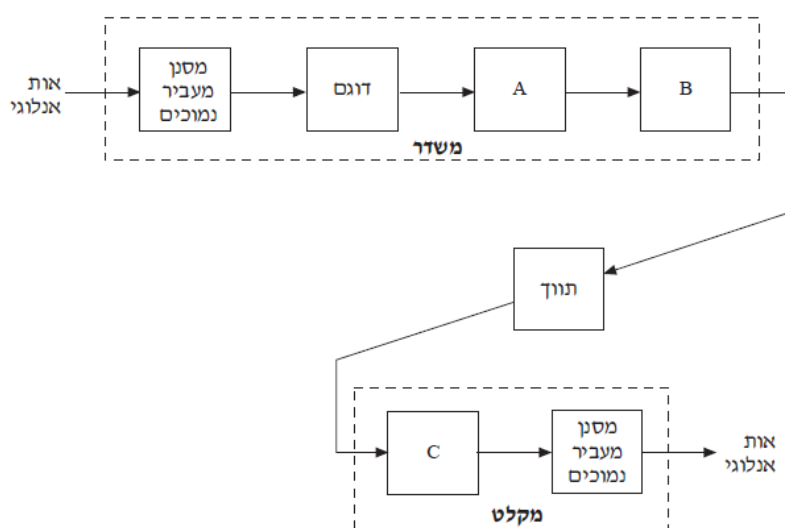


איור לשאלה 186

- סרטט, בהתאמה מתחת לשני אותות אלו, את צורת הגל המתקבלת במוצא האפנן, בתלות בזמן, כאשר:
1. האפנן הוא מסוג PAM.
 2. האפנן הוא מסוג PWM.
- ב. מספקים לאפנן כלשהו אות מידע, שהתדר הגבוה בספקטרום התדרים שלו הוא 4 kHz. חשב מה צריך להיות מרווח הזמן המרבי בין שתי דגימות עוקבות של אות הדגימה.

שאלה 187

באיור לשאלה 187 נתון תרשים מלבנים של מערכת תקשורת ספרתית הפועלת בשיטת אפנון דופק מקודד (PCM).



איור לשאלה 187

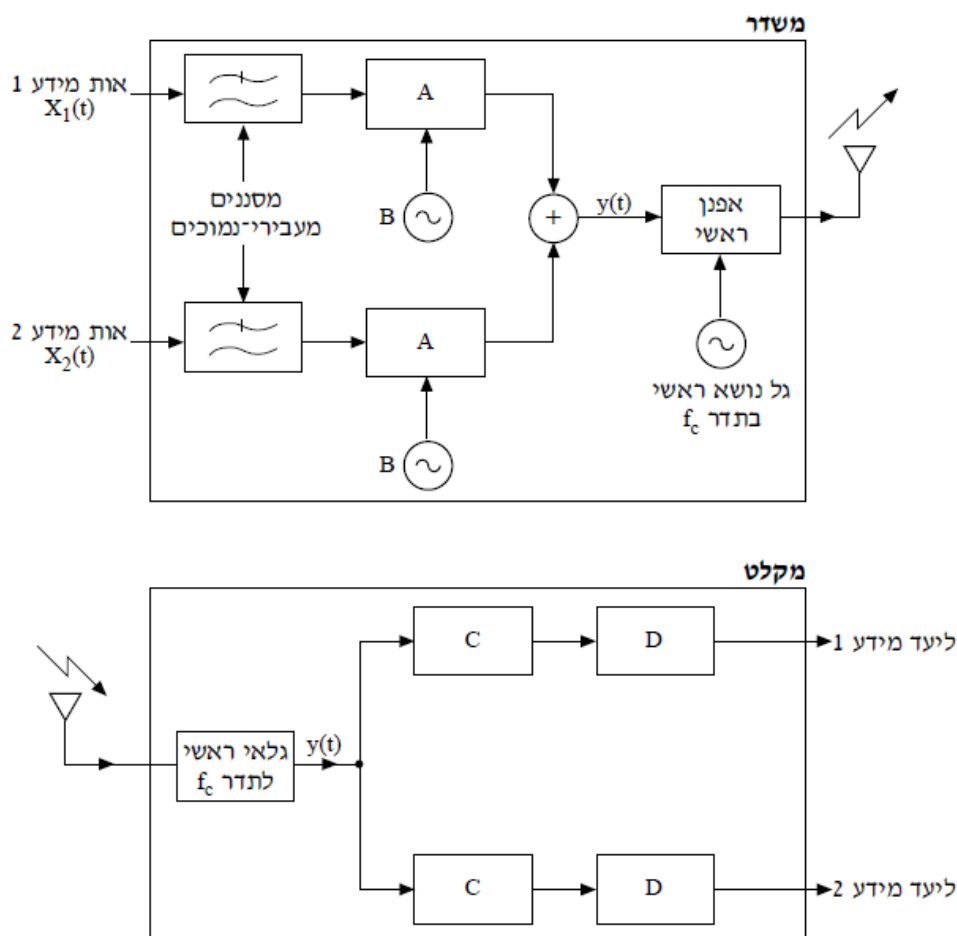
- א. ציין את שמות היחידות A, B ו-C שבתרשים המלבנים.
- ב. תאר את אופן הפעולה של המערכת.
- ג. 1. הסבר מהו רעש הכימוי (Quantization noise).
2. כיצד אפשר להקטין את רעש הכימוי במערכת הנתונה?

תשובה 187

- א. A – מעגל כימוי וקידוד.
B – מעגל קידוד לקו.
C – המרה מאות ספרתי לאות אנלוגי (D/A).
- ב. במשדר – המסנן מעביר הנמוכים מסלק רעש בתדר גבוה ומגביל את תדר האות לצורך דגימה. הדוגם הופך את האות האנלוגי לאות מדרגות. מעגל הכימוי והקידוד הופך כל דגימה למילה בינרית (ספרתית).
התווך – מכניס רעשים ומעוות את האות הספרתי.
במקלט – מעגל D/A ממיר כל מילה בינרית לרמת מתח אנלוגית (אות מדורג).
המסנן מעביר הנמוכים מסנן מתוך האות המדורג את האות האנלוגי מוגבל פס. האות הזה דומה עד כמה שניתן (תלוי בביצועי המערכת) לאות המידע האנלוגי המקורי.
- ג. 1. רעש הכימוי הוא השגיאה המוכנסת לאות הדגום, כאשר הופכים כל דגימה לאחת מקבוצה סופית של ערכים אפשריים. האות הדגום עצמו יכול לקבל אחד מאינסוף ערכים.
2. הגדלת מספר רמות הכימוי – דהיינו, מספר הסיביות במילה המקודדת – מקטינה את רעש הכימוי.

שאלה 188

באיור לשאלה 188 נתון תרשים מלבנים של מערכת לריבוב אפיקים בתדר.



איור לשאלה 188

- הסבר את הצורך בריבוב אפיקים בתדר.
- ציין את שמות היחידות A, B, C ו-D שבאיור.
- תאר את אופן הפעולה של המערכת המתוארת באיור.

תשובה 188

- אם נשדר לתווך את אותות המידע כמות שהם, המקלט לא יידע להפריד ביניהם. לדוגמה, אם המידע הוא קולי, המאזין ישמע בליל של קולות שונים. לפתרון הבעיה, מאפננים כל אות מידע לתחום תדר שונה (ריבוב אפיקים בתדר), כך שההפרדה במקלט היא על ידי מסנני תדר.
- א – מכפל אנלוגי.
 ב – מתנד גל נושא בתדר משני.
 ג – מסנן מעביר-פס.
 ד – ממיר לתדר שמע.

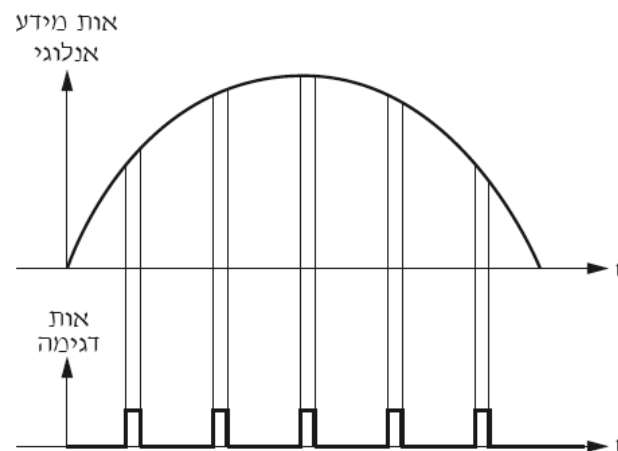
ג. במשדר – כל אות מידע מוגבל פס על ידי המסנן מעביר הנמוכים. האות מוכפל בתדר גל נושא משני, כך שהוא הופך לאות צר-פס סביב התדר המשני. האותות מסוכמים ויוצרים אות $y(t)$ המשתרע בתחום תדרים נמוך יחסית. האופן הראשי ממיר את $y(t)$ לתחום תדרים סביב תדר הגל הנושא הראשי, f_c . זה משודר באנטנת השידור ונקלט באנטנת המקלט. במקלט – הגלאי הראשי ממיר את האות הנקלט לתדר נמוך, ומפיק את $y(t)$. המסנן C מפיק במוצאו אות המשתרע סביב תדר נושא משני. הממיר D ממיר את האות לתדר מוגבל פס ומפיק את אות המידע (הדומה לאות) המקורי.

שאלה 189

- נדרש לשדר את אות המידע הספרתי: 1 0 1 1 1 1 1 0 1.
- א. סרטט את אות המידע הספרתי כפונקציה של הזמן, כשהוא מקודד בקידוד NRZ.
- ב. 1. מהי הבעיה שתיגרם עקב הרצף של שבעת ה-1' באות המידע הספרתי הזה, אם המקלט המקבל את אות המידע עובד בשיטה האסינכרונית?
2. איך נפתרת הבעיה הזו בקידוד RZ?
- ג. סרטט את אות המידע הספרתי הזה, כשהוא מקודד בקידוד RZ.

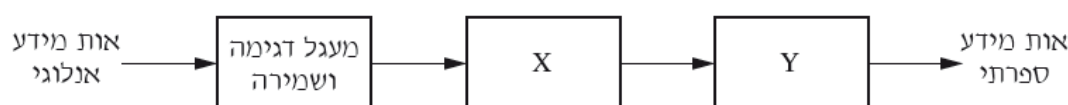
שאלה 190

- א. באיור א לשאלה 190 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות דגימה.



איור א'

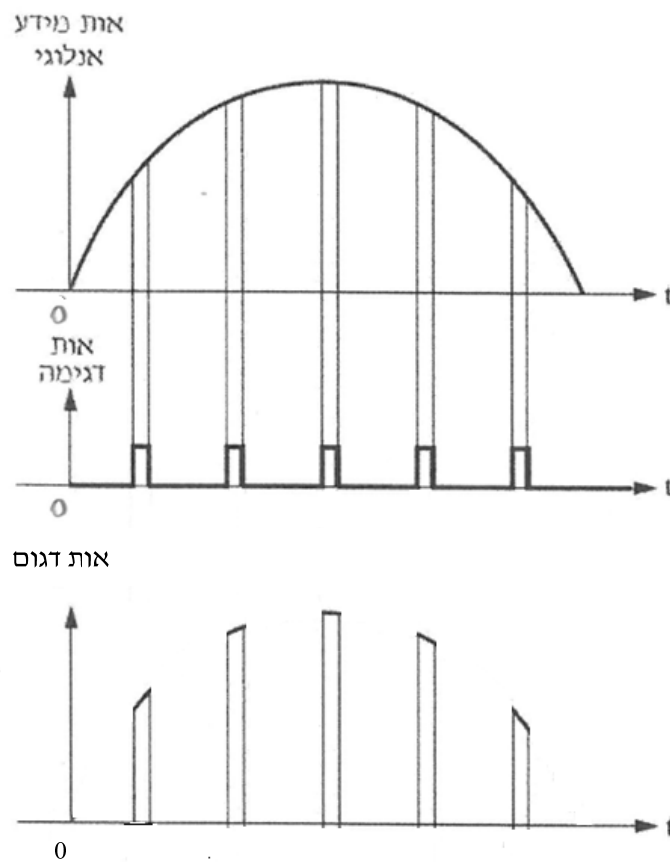
- סרטט מתחתיהם, בהתאמה, את האות המתקבל באפנון PAM, כפונקציה של הזמן.
- ב. באיור ב' נתון תרשים מלבני עקרוני, המתאר הפיכת אות אנלוגי לאות ספרתי.



איור ב'

רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות X ו-Y.

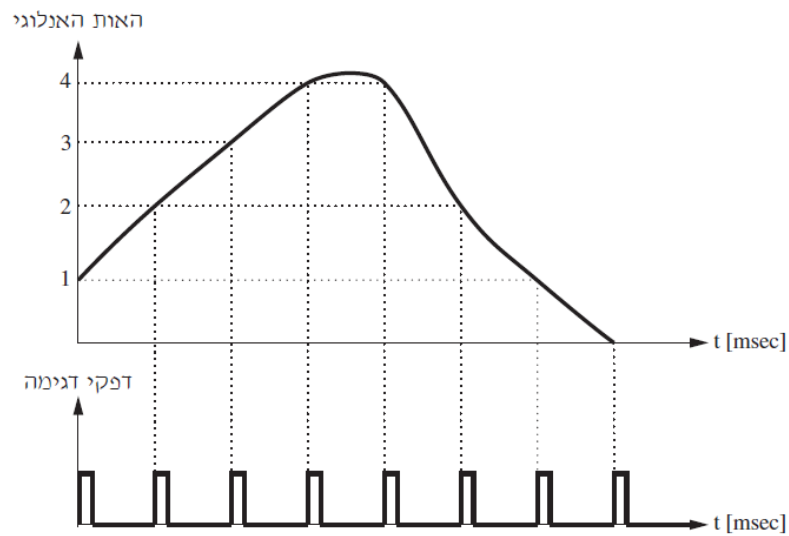
א.



- ב. X – מעגל דגימה ושמירה. דוגם את האות בפרקי זמן קצובים, ושומר את ערך הדגימה עד הדגימה הבאה. כך נוצר אות מדרגות.
- Y – מעגל כימוי וקידוד. כל דגימה הופכת לערך (המכומת) הקרוב לה ביותר. הערך הזה מומר למילה בינרית. רצף המילים הבינריות יוצא כאות ספרתי (לשידור).

שאלה 191

- א. סרטט תרשים מלבנים של מערך אפנון תנופת הדופק (PAM).
 ב. באיור לשאלה מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות אנלוגי ודפקי דגימה.

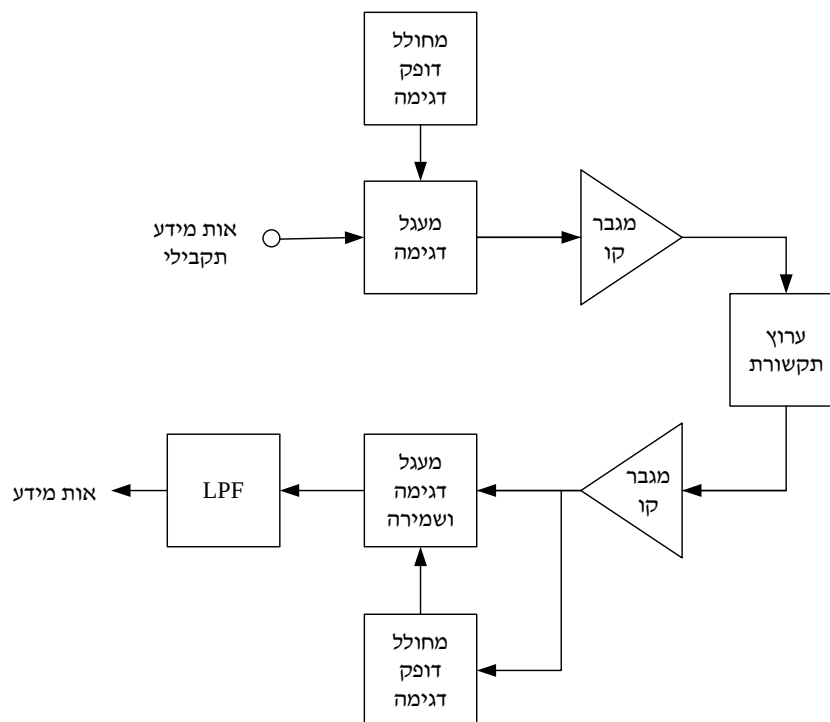


איור לשאלה 191

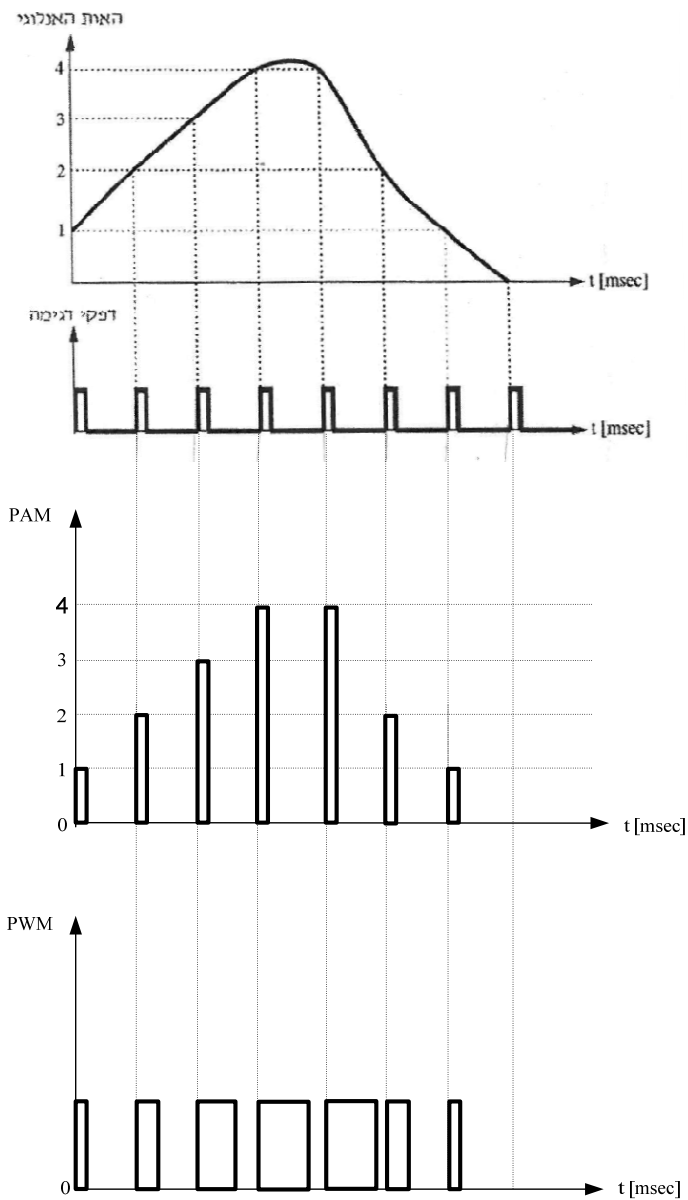
1. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון PAM.
2. סרטט את האות המתקבל לאחר אפנון רוחב הדופק (PWM).

תשובה 191

- א. להלן תרשים המלבנים:



ב. צורות האותות :



שאלה 192

א. סרטט, זו מתחת לזו בהתאמה, את צורת אות המידע הספרתי 01110110, המקודד:

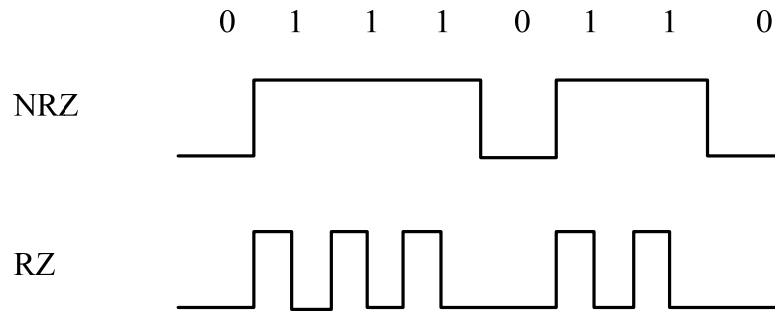
1. בשיטת NRZ.

2. בשיטת RZ.

ב. חשב את קצב העברת הסיביות של האות (ביחידות bps), כאשר משך הזמן של סיבית אחת הוא 2 msec.

תשובה 192

א. צורות הגל של אות המידע הספרתי:

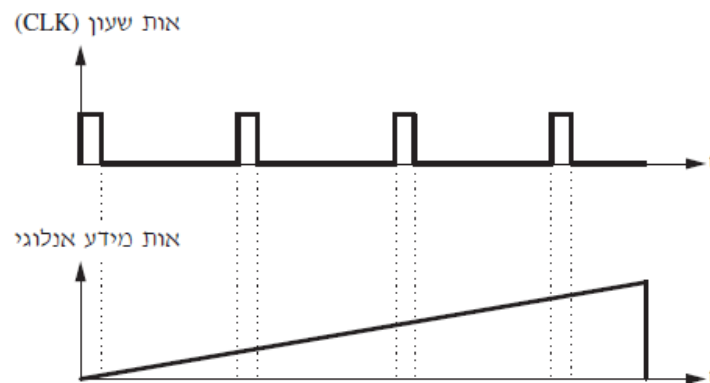


ב. קצב העברת הסיביות:

$$1/T = 1/2 \text{ ms} = 0.5 \text{ kHz} \Rightarrow 500 \text{ bps}$$

שאלה 193

א. באיור א' לשאלה 193 מתוארים, זה מתחת לזה בהתאמה, אות מידע אנלוגי ואות שעון (CLK).



איור א'

סרטט מתחתיהם, בהתאמה, את אות המידע המאופק המתקבל בכל אחת מן השיטות הבאות:

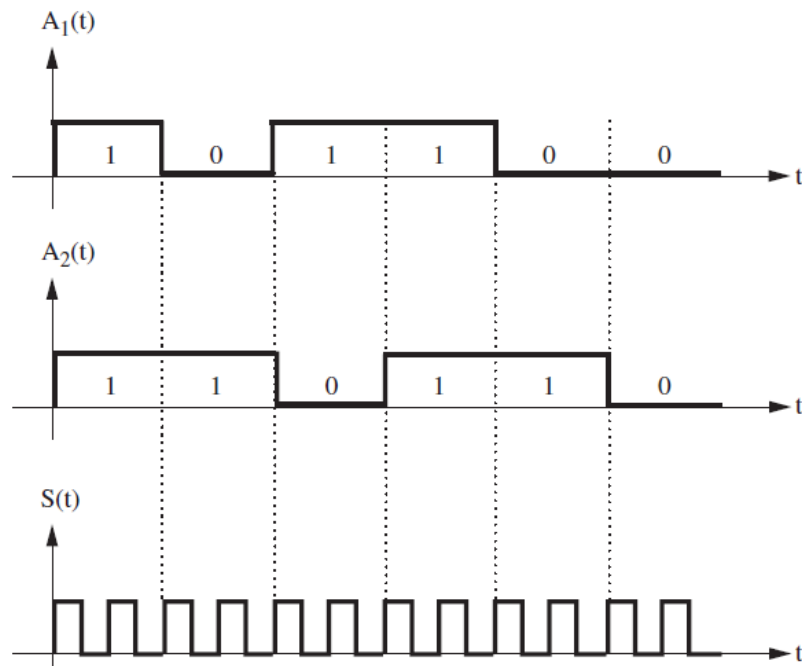
1. PAM

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.

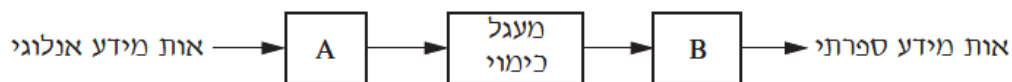


איור ב'

סרטט מתחתיו, בהתאמה, את האות המרובב בחלוקת זמן של שני האותות הללו.

שאלה 194

א. באיור לשאלה 194 נתון תרשים מלבנים עקרוני, המתאר הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי.



איור לשאלה

- רשום את שמה והסבר את תפקידה של כל אחת מן היחידות A ו-B.
- א. 1. הסבר מהי שגיאת כימוי.
- ב. 2. כיצד ניתן להקטין את שגיאת הכימוי?

שאלה 195

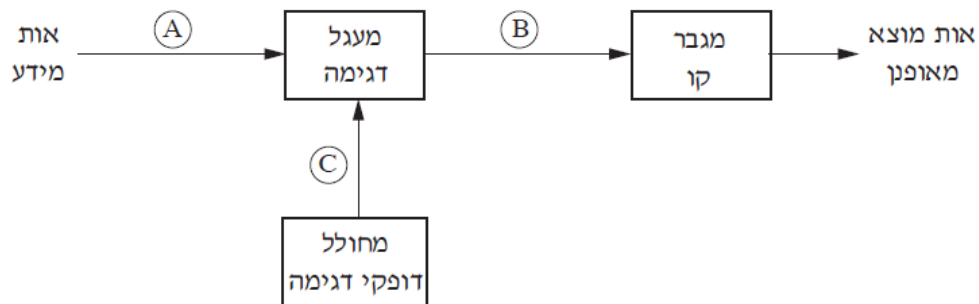
- א. 1. רשום את משפט הדגימה של נייקוויסט.
- ב. 2. דרוש לדגום אות דיבור, שתחום התדרים שלו הוא $300 \text{ Hz} \div 3 \text{ kHz}$, במשך דקה אחת. חשב, על-פי משפט הדגימה של נייקוויסט, את מספר הדגימות הקטן ביותר שיש לדגום את האות הזה.
- ב. 3. הסבר מהו תהליך הכימוי בהמרת אות אנלוגי לאות ספרתי.

תשובה 195

- א. 1. משפט הדגימה – כדי שאפשר יהיה לשחזר בנאמנות אות מידע מוגבל-פס (תדר מרבי f_s), יש לדגום אותו בקצב שאינו נמוך מ- $f_s/2$.
2. קצב דגימה מינימלי – $6 \text{ kHz} = 3 \times 2 \text{ kHz}$. דהיינו, 6,000 דגימות בשנייה. בדקה אחת – $6,000 \times 60 = 360,000 \text{ samples}$

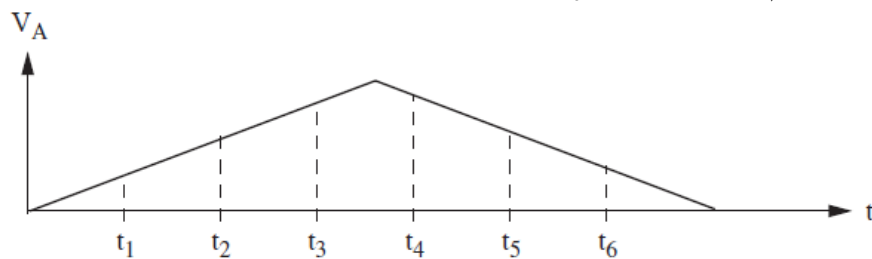
שאלה 196

- א. ציין את סוג האפנ המתואר באיור א' לשאלה 196.



איור א'

- ב. באיור ב לשאלה 196 נתונה צורת הגל בנקודה A, כפונקציה של הזמן. המחולל יוצר שישה דופקי דגימה בזמנים $t_1 \div t_6$.

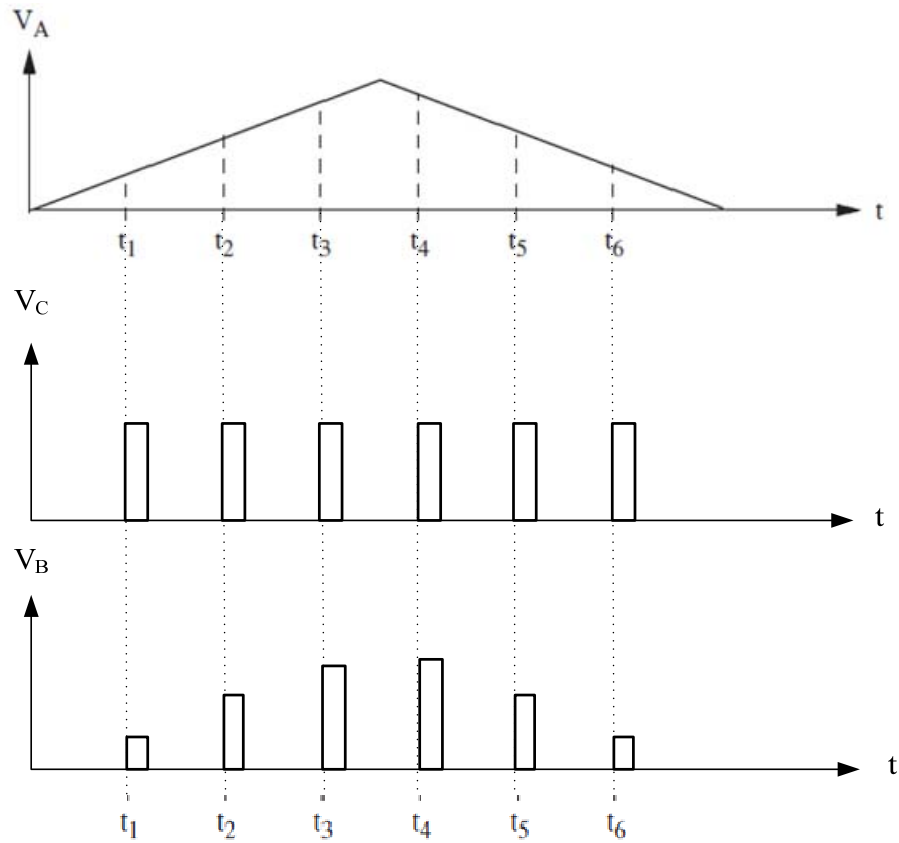


איור ב'

- סרטט מתחתיה, בהתאמה, את צורת הגל המתקבלת בכל אחת מן הנקודות B ו-C, כפונקציה של הזמן.
- ג. מה תפקידו של מגבר הקו באפנ המתואר באיור א לשאלה?

תשובה 196

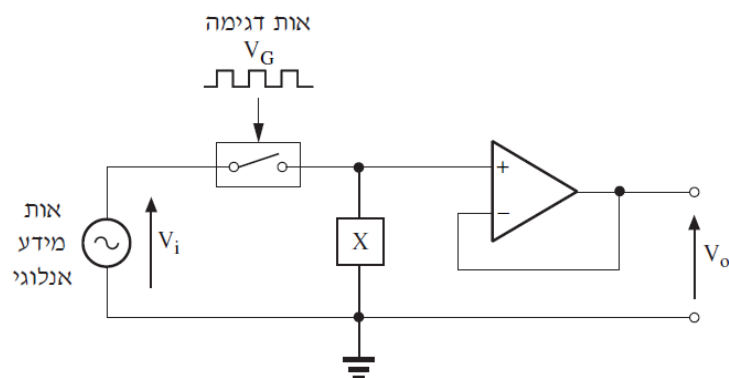
- א. סוג האפנון הוא PAM.
 ב. צורות הגל בנקודות B ו-C:



- ג. מגבר הקו נועד להגביר את עוצמת האות, כך שבמקלט יתקבל יחס אות לרעש טוב ואפשר יהיה לשחזר את הדגימות בנאמנות גבוהה.

שאלה 197

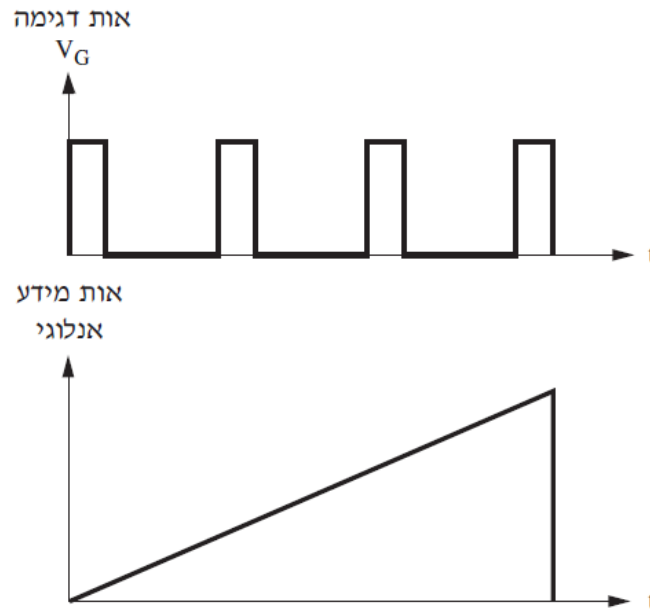
באיור א לשאלה נתון מעגל חשמלי. מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי.



איור א'

- א. 1. מה מייצג המלבן X שבאיור א לשאלה?
2. תאר את פעולתו של המעגל הנתון באיור א'.

באיור ב' לשאלה 197 נתונות צורות הגלים של אות הדגימה ושל אות המידע האנלוגי.



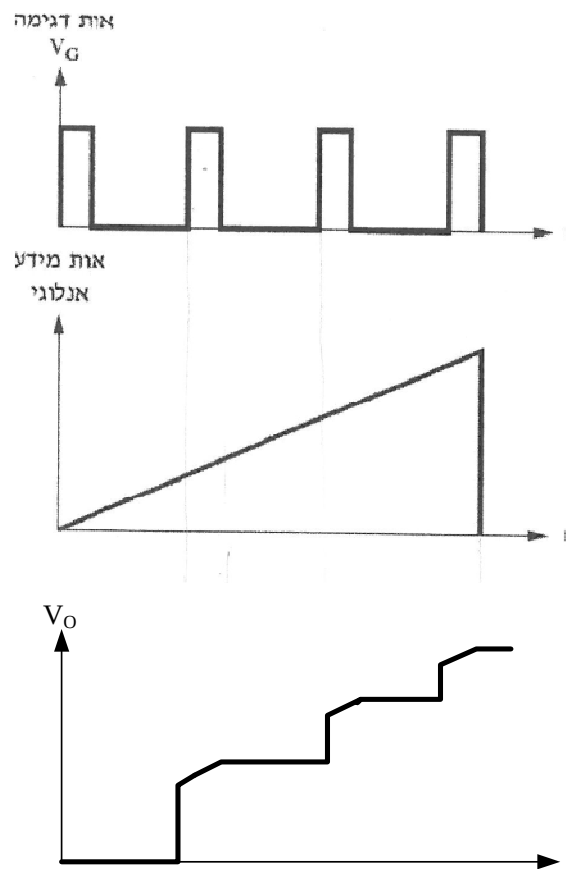
איור ב'

- ב. סרטט מתחתיהן, בהתאמה, את צורת הגל של האות במוצא המעגל.
- ג. מספקים למערכת אותות מידע בתחום התדרים $100 \text{ Hz} \div 3 \text{ kHz}$.
- חשב את התדר המזערי של אות הדגימה (f_G), המאפשר שחזור של האות הדגום.

תשובה 197

1. המלבן X מייצג קבל.
2. זהו מעגל דגימה ושמירה. אות הדגימה סוגר את המתג לזמן קצר. הקבל נטען במהירות למתח אות המידע. כאשר המתג נפתח, הקבל שומר על מתח הדגימה עד הדגימה הבאה. מתח הקבל עובר למוצא באמצעות מגבר היחידה. במוצא מתקבל אות מדורג, כאשר המדרגות הן בגובה הדגימות.

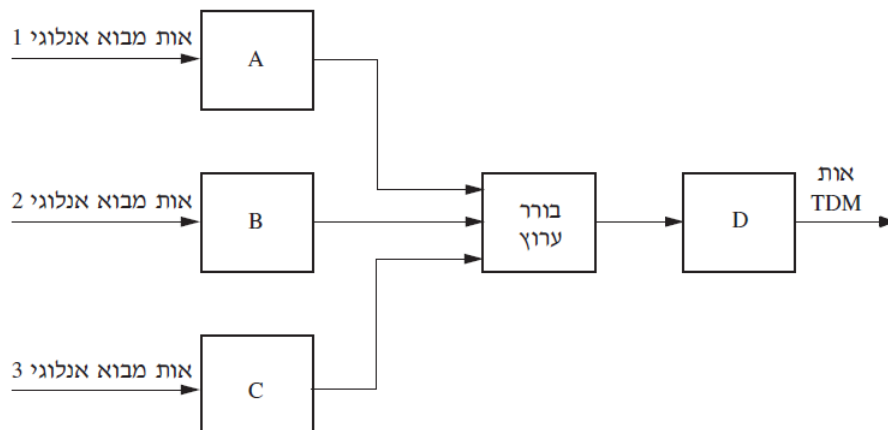
א. צורת האות במוצא :



ב. התדר המזערי הוא : $2 \times 3 \text{ kHz} = 6 \text{ kHz}$.

שאלה 198

א. באיור לשאלה 198 נתון תרשים מלבנים של מערכת לריבוב אותות בזמן (TDM).



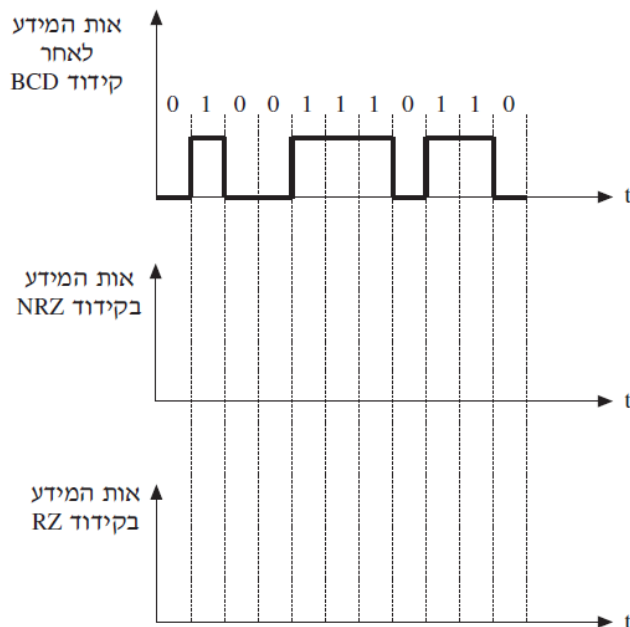
איור לשאלה

1. רשום את שמות היחידות A, B, C, ו-D.
2. תאר את אופן הפעולה של המערכת.

ב. הסבר את ההבדל בין שיטת PAM ובין שיטת PCM לגבי צורת העיבוד של אות ספרתי.

שאלה 199

באיור לשאלה נתון אות מידע ספרתי (בתלות בזמן), לאחר שקודד בקידוד BCD

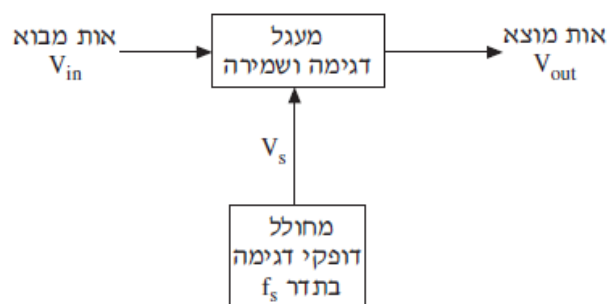


איור לשאלה

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

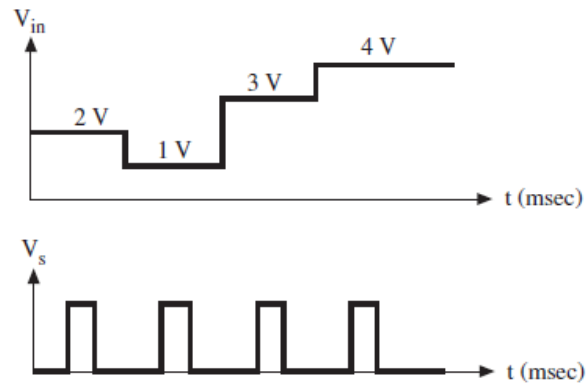
שאלה 200

באיור א' לשאלה 200 מוצג תרשים מלבנים של מערכת, המשמשת לדגימה ולשמירה של אותות.



איור א'

א. באיור ב' לשאלה 200 מתוארים אות מבוא ואות דגימה (בתלות בזמן) המסופקים למערכת.

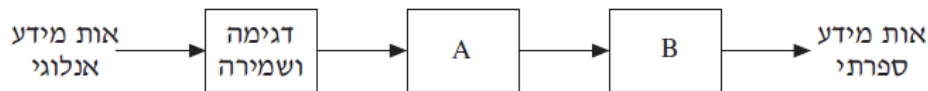


איור ב'

- העתק את האותות הנתונים באיור ב', וסרטט מתחתיים, בהתאמה, את אות המוצא V_{out} .
- ב. מספקים למערכת אות מבוא **אחר**, שתחום התדרים שלו הוא $1 \text{ kHz} \div 3 \text{ kHz}$. חשב את התדר **המזערי** של אות הדגימה, $f_{s_{min}}$, המאפשר שחזור של האות הדגום.

שאלה 201

- א. באיור לשאלה 201 מוצג תרשים מלבנים, המתאר המרה של אות אנלוגי לאות ספרתי.



איור לשאלה

- רשום את הפעולות המיוצגות על-ידי המלבנים A ו-B, והסבר כל אחת מהן.
- ב. הסבר את המושג **רעש כימוי**.