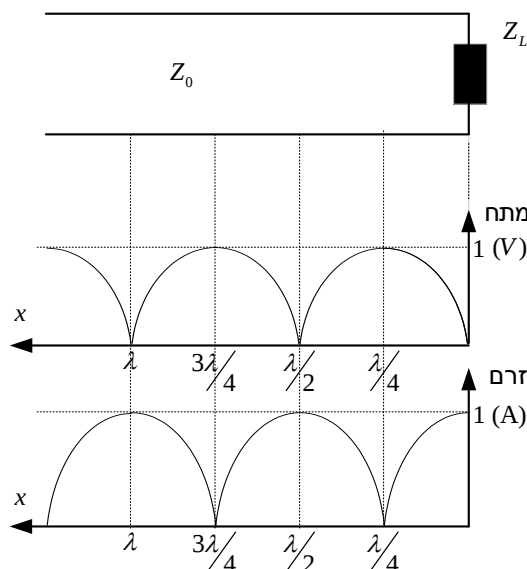


פתרון מוצע לבחינת מה"ט בתקשורת

מועד א' תשע"ט, חודש יולי 2019

מחבר: מר אדם גורפינקל, מכללת אורט סינגאלובסקי

שאלה מספר 1 סעיף א'

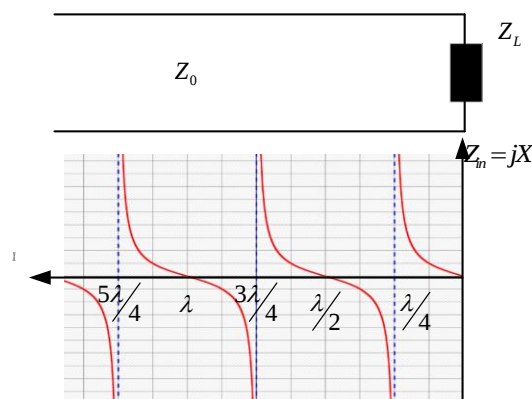


סעיף ב'

כתוצאה מחוסר רציפות בקו תמסורת, $Z_0 \neq Z_L$, נוצר גל חוזר. סופרפוזיציה של גל מתקדם ושל גל חוזר הוא גל עומד. מה שמאפיין את הגל העומד הוא ששיאי תנופת מתח/זרם ומינימום תנופת מתח/זרם נמצאים במקומות קבועים לאורך קו התמסורת. באיור לסעיף א' של השאלה, רואים למשל שמקסימום מתח מתקבל במרחק של רבע אורך גל מהעומס וחוזר על עצמו כל חצי אורך גל.

סעיף ג'

מהלך העכבה בקו נתון היא:



העכבה בקו היא קצר, סליל טהור, נתק וקבל טהור. העכבה חוזרת על עצמה כל חצי אורך גל. ניתן להציג זאת גם בטבלה:

$Z_{in}(l)$	$-l$ מרחק מעומס
קצר (מעגל תהודה טורי)	$l = 0$
jX : סליל טהור	$0 < l < \lambda/4$
נתק (מעגל תהודה מקבילי)	$l = \lambda/4$
$-jX$: קבל טהור	$\lambda/4 < l < \lambda/2$
קצר (מעגל תהודה תורי)	$l = \lambda/2$

סעיף ד'

הסבר א': בקו תמסורת מחוסר הפסדים קיים הפרש מופע של 90° בין מתח לזרם אי לכך לא מתפתח הספק בקו תמסורת כזה.
 הסבר ב': בקו תמסורת מחוסר הפסדים עכבה לאורך הקו היא ריאקטיבית לכן לא מתפתח הספק.

שאלה מספר 2

סעיף א'

$$\left. \begin{aligned} V_{\max} &= \frac{12}{2} = V_C + V_m \\ V_{\min} &= \frac{10}{2} = V_C - V_m \end{aligned} \right\} V_C = 5.5V, V_m = 0.5V$$

$$m = \frac{V_m}{V_C} = \frac{0.5}{5.5} = \frac{1}{11}$$

סעיף ב'

$$f_c = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{1\mu} = 1MHz$$

$$f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{400\mu} = 2.5kHz$$

$$V_m(t) = V_m \cos(2\pi f_m t) = 0.5 \cos(2\pi \cdot 2.5 \cdot 10^3 t) \text{ (V)}$$

$$V_c(t) = V_c \sin(2\pi f_c t) = 5.5 \sin(2\pi \cdot 10^6 t) \text{ (V)}$$

$$V_{AM}(t) = (V_c + V_m(t)) \cdot \sin(2\pi f_c t) = (5.5 + 0.5 \cos(2\pi \cdot 2.5 \cdot 10^3 t)) \cdot \sin(2\pi \cdot 10^6 t)$$

שים לב:

מעטפת של האות המאופנ (אות המידע) מתחיל מערך מירבי ואילו גל הנושא מתחיל מאפס).

סעיף ג'

$$P_c = \frac{V_c^2}{2R_L} = \frac{5.5^2}{2 \cdot 50} \approx 0.3W$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = P_c \cdot \frac{m^2}{4} = \frac{0.3}{4 \cdot 11^2} = 0.625mW$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2}{m^2}} \cdot 100\% = \frac{1}{1 + \frac{2}{\left(\frac{1}{11}\right)^2}} \cdot 100\% = \frac{1}{1 + 2 \cdot 121} \cdot 100\% \approx 0.41\%$$

סעיף ד'

$$f_{LSB} = f_c - f_m = 1000 - 2.5 = 997.5kHz$$

$$f_{USB} = f_c + f_m = 1000 + 2.5 = 1002.5kHz$$

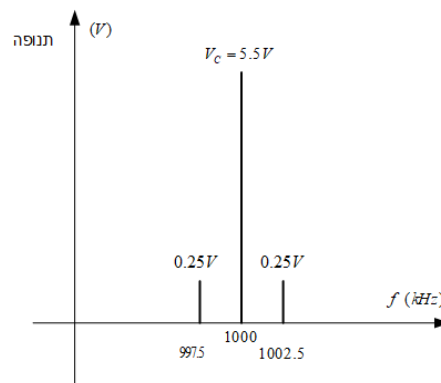
$$V_{LSB} = V_{USB} = \frac{V_m}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25V$$

מכפלת גל נושא סינוס באות מידע קוסינוס נותנת שני פסי צד כדלקמן:

פס עליון – חיובי

פס תחתון-חיובי.

אי לכך ספקטרום האות המאופנן יראה:



שאלה מספר 3 נתונים:

$$V_c = 50V$$

$$f_c = 90MHz$$

$$f_m = 12kHz$$

$$\beta = 5$$

$$R_L = 50\Omega$$

סעיף א'

$$V_{FM}(t) = V_c \cos(2\pi f_c t + \beta \sin(2\pi f_m t))$$

$$V_{FM}(t) = 50 \cos(2\pi \cdot 90 \cdot 10^6 t + 5 \sin(2\pi \cdot 12 \cdot 10^3 t))$$

סעיף ב'

$$\Delta f = \beta \cdot f_m = 5 \cdot 12 \cdot 10^3 = 60 \text{ kHz}$$

סעיף ג'

$$BW = 2 f_m \cdot (\beta + 1) = 2 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot (5 + 1) = 144 \text{ kHz}$$

סעיף ד'

$$P_{FM} = \frac{V_c^2}{2R_L} = \frac{50^2}{2 \cdot 50} = 25 \text{ W}$$

שאלה מספר 4

	G		F	
	dB		dB	
מגבר ראשון	20	100		5.01
מגבר שני		400	4	2.51
מגבר שלישי	30	1000	6	4

סעיף א'

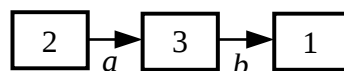
בגלל שכל המגברים הם בעלי הגבר גדול, הרי כמעט בוודאות ניתן לקבוע שסדר אופטימלי יהיה לפי ספרת רעש מנמוך לגבוה. בכל מקרה נבדוק זאת על ידי חישוב מידת הרעש של כל אחד מהמגברים, כאשר הסדר האופטימלי יהיה לפי מידת הרעש מנמוך לגבוה.

$$M_1 = \frac{F_1 - 1}{1 - \frac{1}{G_1}} = \frac{5.01 - 1}{1 - \frac{1}{100}} = 4.05$$

$$M_2 = \frac{F_2 - 1}{1 - \frac{1}{G_2}} = \frac{2.51 - 1}{1 - \frac{1}{400}} \approx 1.51$$

$$M_3 = \frac{F_3 - 1}{1 - \frac{1}{G_3}} = \frac{4 - 1}{1 - \frac{1}{1000}} \approx 3$$

סדר אופטימלי של מגברים הוא:



סעיף ב'

$$F_T = F_2 + \frac{F_3 - 1}{G_2} + \frac{F_1 - 1}{G_2 G_3} =$$

$$F_T = 2.51 + \frac{4 - 1}{400} + \frac{5.01 - 1}{400 \cdot 1000} = 2.52$$

$$NF_T = 10 \log F_T = 10 \log 2.52 = 4.01 dB$$

סעיף ג'

$$SNR_a = SNR_i - NF_3$$

$$SNR_a = 40 - 4 = 36 dB$$

סעיף ד'

$$F_{2-3} = F_2 + \frac{F_3 - 1}{G_2}$$

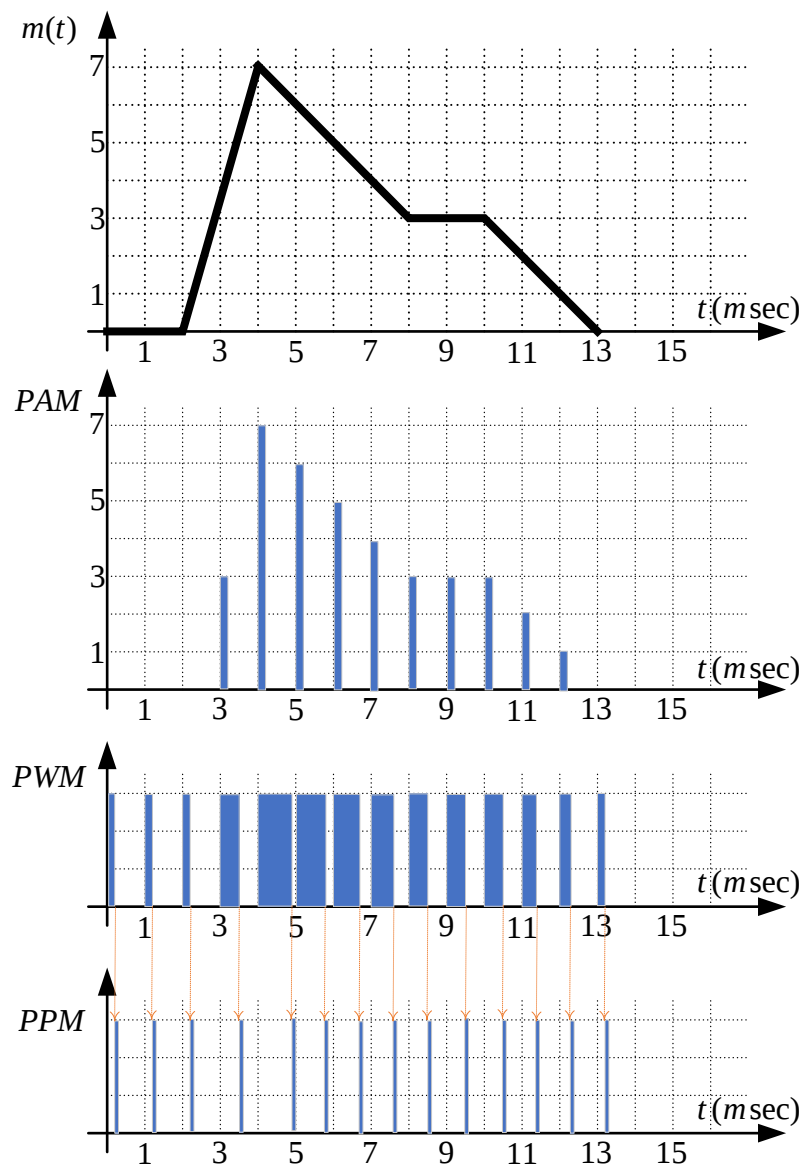
$$F_{2-3} = 2.51 + \frac{4 - 1}{400} = 2.52$$

$$NF_{2-3} = 10 \log F_{2-3} = 10 \log 2.52 = 4.01 dB$$

$$SNR_b = SNR_i - NF_{2-3}$$

$$SNR_a = 40 - 4.041 = 35.99 dB$$

שאלה מספר 5
סעיף א'



סעיף ב'

נכין טבלת כימוי וקידוד "מצומצמת" בהנחה שגודל מדריגת הכימוי הוא 1 וולט:

מספר רמה	תחום מתחי כניסה	ייצוג בינארי
0	$0 \leq V_{in} < 1$	000
1	$1 \leq V_{in} < 2$	001
2	$2 \leq V_{in} < 3$	010
3	$3 \leq V_{in} < 4$	011
4	$4 \leq V_{in} < 5$	100
5	$5 \leq V_{in} < 6$	101
6	$6 \leq V_{in} < 7$	110
7	$7 \leq V_{in} \leq 8$	111

מכאן הסיביות אות ה- PCM הן:

זמן דגימה <i>msec</i>	ערך דגימה <i>Volts</i>	סיביות ה- PCM
$t_0 = 0$	0	000
$t_1 = 1$	0	000
$t_2 = 2$	0	000
$t_3 = 3$	3	011
$t_4 = 4$	7	111
$t_5 = 5$	6	110
$t_6 = 6$	5	101
$t_7 = 7$	4	100
$t_8 = 8$	3	011
$t_9 = 9$	3	011
$t_{10} = 10$	3	011
$t_{11} = 11$	2	010
$t_{12} = 12$	1	001
$t_{13} = 13$	0	000

סעיף ג'

$$f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{10^{-3}} = 1000 \text{ Hz}$$

$$R_{PCM} = f_s \cdot (\text{bits per sample}) = 1000 \cdot 3 = 3000 \text{ bps}$$

סעיף ד'

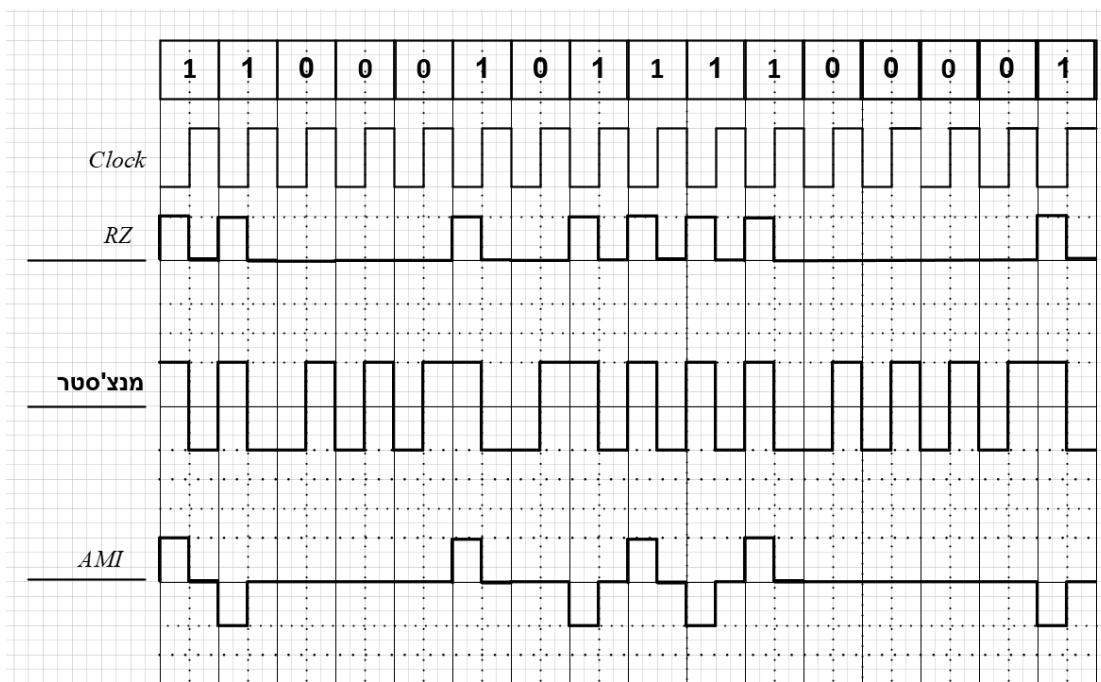
- תפקידו של המעגל הנתון בסעיף ד' הוא לייצר אות PAM. המעגל מורכב מ:
- מעגל דגימה ואחיזה, Sample and Hold, שתפקידו לדגום ולהמשיך את ערך הדגימה עד לדגימה הבאה.
 - Chopper – מעגל שתפקידו לייצר את אות ה- PAM השווה לערך הדגימה.

שאלה מספר 6

סעיף א'

- קידוד לקו זה הצגה של מידע ספרתי באמצעות רמות מתח. הקידוד נדרש לצורך העברת מידע דרך תווך תקשורת. בבחירה של שיטת קידוד לקו יש לבחון את הפרמטרים הבאים:
- רמת מתח DC – המצב הרצוי שלא יהיה DC
 - רוחב פס נדרש – רוחב פס צריך להתאים לערוץ תקשורת נתון
 - מספר התחלפויות (מעבר בין "1" ל"0" ולהיפך) – ככל שמספר התחלפויות גדול יותר כך נשמר טוב יותר הסנכרון בין משדר למקלט.

סעיף ב'



שאלה מספר 7

סעיף א'

המעגל הנתון בשאלה זהו מרבב FDM שלושה ערוצים. אותות המידע מוכפלים מגל נושא (שונה עבור כל כניסה) וכתוצאה מכך מתקבל אות DSB סביב תדר גל נושא. בהמשך האות ה-DSB עובר דרך BPF המעביר רק פס הצד עליון. המוצאים נכנסים למסכם כך שבמוצא מתקבל אות בין 60kHz לבין 72kHz המכיל את כל שלושת ערוצי המידע אחד אחרי השני.

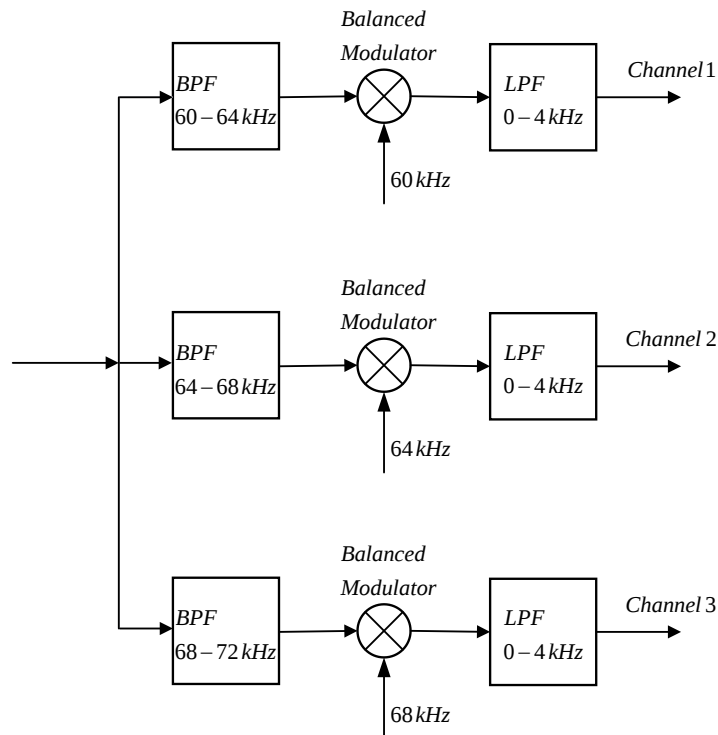
סעיף ב'

- בנקודה A מתקבל אות SSB-USB סביב 64kHz כלומר תחום התדרים הוא בין 64kHz לבין 68kHz .
- בנקודה B מתקבל אות SSB-USB סביב 68kHz כלומר תחום התדרים הוא בין 68kHz לבין 72kHz .

ג. בנקודה C (מוצא המערכת) מתקבל אות בין 60 kHz לבין 72 kHz המכיל את כל שלוש ערוצי המידע.

סעיף ג'

להלן מבנה עקרוני של מקלט הקולט את האות המשודר מנקודה C ומבצע גילוי של הערוצים 1-3:



שאלה מספר 8

סעיף א'

המעגל הנתון בשאלה הוא דיאגרמת בלוקים של יחידת מקלט במודם. תפקידי הבלוקים השונים:

- מסנן קליטה – מעביר לתוך המקלט רק את תחום התדרים בהם נמצא אות המידע. כל תדר אחר מונחת כדי שלא יפריע לעבודה תקינה של המקלט.
- מגבר קליטה – תפקידו להגביר את האות הנקלט לרמה נדרש לגלאי.
- שווין – תפקידו לקזז את ההתנהגות של הקו בתלות בתדר, הן בניחות והן בהזזת מופע (פאזה). באות העובר בתוך בין המודמים מתקבלים עיוותי מופע (השהיה) ועיוותי תנופה אותם יש לקזז בטרם מבצעים פעולת גילוי וזה תפקידו של השווין – Equalizer.
- גלאי – משחזר את האות האנלוגי כפי ששודר על ידי מודם נגדי.
- מפענח מידע – משחזר את האות הספרתי מתוך האות האנלוגי שמתקבל במוצא הגלאי.

סעיף ב'

UART הוא רכיב המממש פרוטוקול תקשורת נפוץ לתקשורת טורית אסינכרונית. מקור השם באנגלית בראשי תיבות: Universal Asynchronous Receiver Transmitter ובעברית "מקלט משדר אסינכרוני אוניברסלי". UART מיישם למעשה את השכבה הפיזית במודל שבע שכבות של OSI.

סעיף ג'

LAN (Local Area Network) – זו רשת מחשבים המתפרסת על אזור גיאוגרפי מצומצם, בדרך כלל בתוך בניין אחד, או בניינים סמוכים. רשת כזו מתאפיינת ברוחב פס גבוה יחסית ובזמן השהיה נמוך יחסית.

WAN (Wide Area Network) – זו רשת מחשבים המורכבת ממספר רשתות מקומיות, אשר בדרך כלל ממוקמות במרחק ניכר זו מזו. רשת WAN, ברמה עקרונית, יכולה להתפרס על פני אזור גיאוגרפי בלתי מוגבל כדוגמת רשת אינטרנט המתפרסת על פני על חמשת היבשות.