

פתרון מוצע לבחינת מה"ט בתקשורת (90715)

מועד ב' תשע"ז, חודש אוגוסט 2017

פותר הבחינה: מר גורפינקל אדם, מכללת אורט סינגאלובסקי

שאלה מספר 1

סעיף א'

האות המאופן הוא מסוג SSB. יתרונותיו של SSB על פני אפנון AM:

- רוחב סרט $BW = f_{m_{max}}$ לעומת $2f_{m_{max}}$
- נצילות 100%

סעיף ב'

$$VSSB(t) = 10 \cdot \cos(2\pi \cdot 502 \cdot 10^3 t)$$

סעיף ג'

הנחה:

עוצמת פסי צד ב AM שווה לעוצמת פס SSB

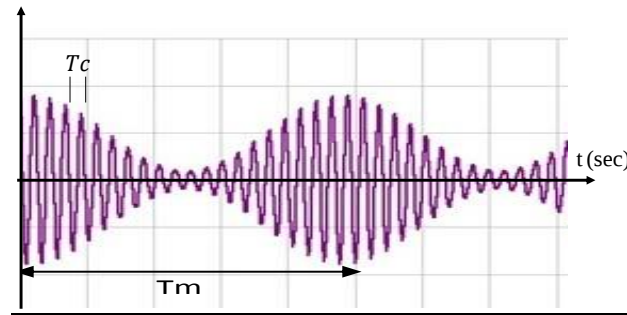
$$P_{LSB/USB} = P_C \cdot \frac{m^2}{4}$$

$$P_{AM} = P_C \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

$$\frac{P_{AM}}{P_{SSB}} = \frac{P_C \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)}{P_C \cdot \frac{m^2}{4}} = \frac{2 + m^2}{m^2} \cdot 2 = \frac{2 + 0.7^2}{0.7^2} \cdot 2 = 10.16$$

סעיף ד'

אם הכוונה לאות AM



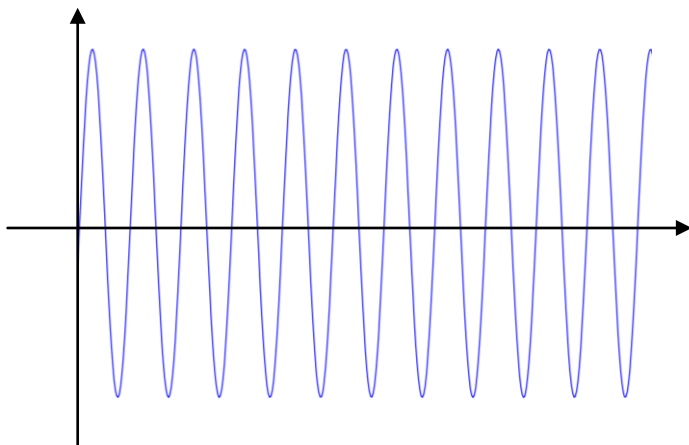
$$V_{\max} = V_c + V_m = V_c + mV_c = V_c(1 + 0.7) = 1.7V_c$$

$$V_{\min} = V_c - V_m = V_c - mV_c = V_c(1 - 0.7) = 0.3V_c$$

$$T_m = \frac{1}{f_m}$$

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

אם הכוונה לאות SSB



$$T_{SSB} = \frac{1}{f_{SSB}} = \frac{1}{502 \cdot 10^3} = 1.99 \mu \text{sec}$$

שאלה מספר 2

סעיף א

$$\left(\frac{S}{N}\right) = 56\text{dB} = 4 \cdot 10^5$$

$$C = BW \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) = 6 \cdot 10^3 \cdot \log_2 (1 + 4 \cdot 10^5) \approx 111.6 \text{ kbps}$$

סעיף ב'

$$R = 2BW \cdot \log_2 M = 2 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot \log_2 32 = 60 \text{ kbps}$$

סעיף ג'

TDMA - זו שיטת ריבוב המבוססת על חלוקת תדר לחריצי זמן. בכל חריץ זמן מועברת דגימה של ערוץ מידע או מידע אחר (סיביות שירות) הדרוש לעבודה תקינה של מערכות. שיטה זו מקובלת למשל GSM.

CDMA - זו שיטת ריבוב המשתמשת בטכנולוגית שידור בפס רחב – spread spectrum כל שידור של מידע משתמש בכל רוחב סרט של מערכת. כל אפיק מידע מקודד באמצעות סדרה מהירה שונה בעלות תכונות נציבות ביניהן.

TDM

יתרון

- סטנדרט נפוץ יותר מ-CDMA
- מאפשר ניידות כמעט בכל העולם.

חסרון

- מוגבל מרחק

CDMA

יתרון

- נצילות ספקטראלית טובה יותר.
- מקלט CDMA בעל רגישות טובה יותר.

חסרון

- שוק לקוחות קטן יותר
- דורש License מחברת Qualcomm
- קשה יותר למימוש בשטח הררי.

שאלה מספר 3

סעיף א'

מגבר IF- מגבר לתדר קבוע ובעל רוחב סרט של תחנה אחת. קובע את תכונת ברירות. גלאי-ממצה את אות המידע מתוך האות המאופנן.
מגבר חש – מגביר את אות המידע לעוצמה הנדרשת.
AGC- תפקידו לוודא שעוצמת השמע הנשמעת היא בעוצמה פחות או יותר אחידה גם כאשר עוצמת הסיגנל הנקלט משתנה מסיבה כלשהי.

סעיף ב'

כדי לקלוט תחנות שונות יש לסובב את בורר התחנה. סיבוב הבורר משנה את התדרים במגבר RF וגם במתנד המקומי כך שההפרש התדרים ביניהם יישאר תמיד קבוע f_{IF} . רוחב סרט שלו הוא בדיוק רוחב סרט של תחנה כך שבחירת התחנה מתבצעת במגבר IF

סעיף ג'

תדר בבואה זהו תדר בלתי רצוי, כך שבמידע ויגיע לערבול אזי הוא יומר לתדר f_{IF} כמו התדר הרצוי.

$$f_{IM} = f_{RF} + 2f_{IF}$$

המעגל האחראי לדחיית תדר הראי הוא מגבר RF. ניתן לשפר את דחיית תדר הראוי ע"י שימוש במקלט סופר הטרודיין כפול – היכן שאפשר ו/או להשתמש במסנן BPF, שבמגבר RF, בעל גורם צורה נמוך.

סעיף ד'

$$f_{RF} = 840 \text{ kHz}$$

$$f_{LO} = f_{RF} + f_{IF} = 840 + 455 = 1295 \text{ kHz}$$

במוצא הערבול מתקבלים התדרים מהצורה:

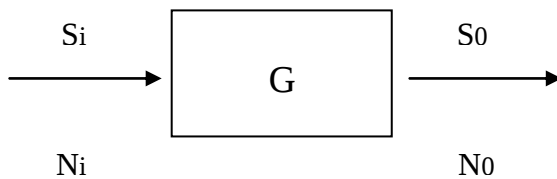
$$\pm m f_{LO} \pm n f_{RF}$$

n, m - מספרים שלמים $0, 1, 2, 3, 4, \dots$

התדרים המשמעותיים (בעלי עוצמה גדולה) הם:

$$\begin{aligned} f_{LO} \\ f_{RF} \\ f_{LO} + f_{RF} \\ \text{<- התדר הרצוי} \quad f_{LO} - f_{RF} \end{aligned}$$

שאלה מספר 4



$$Si = 10\mu W$$

$$So = 0.7W$$

$$F = 1.2$$

$$B = 20MHz$$

סעיף א'

NI – רעש עצמי

Ni – רעש בכניסת המגבר

$$Ni = kTB =$$

$$Ni = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot (273 + 27) \cdot 20 \cdot 10$$

$$Ni = 8.28 \cdot 10^{-14} W$$

$$G = \frac{so}{si} = \frac{0.7}{10\mu} = 7 \cdot 10^4$$

$$N_i = Ni \cdot G \cdot (F - 1)$$

$$NI \cong 1.1592nW$$

סעיף ב'

$$No = Ni \cdot G \cdot F$$

$$No = 8.28 \cdot 10^{-14} \cdot 7 \cdot 10^4 \cdot 1.2$$

$$No = 6.9552nW$$

סעיף ג'

$$\left(\frac{S}{N}\right)_0 = \frac{So}{No} = \frac{0.7}{6.9552 \cdot 10^{-9}} =$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_0 \approx 100.64 \cdot 10^6$$

סעיף ד'

$$FT = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 - G_2} + \dots$$

היות והגבר הדרגות הוא רב אזי:

$$F_T \approx F_1 = 1.2$$

סעיף ה'

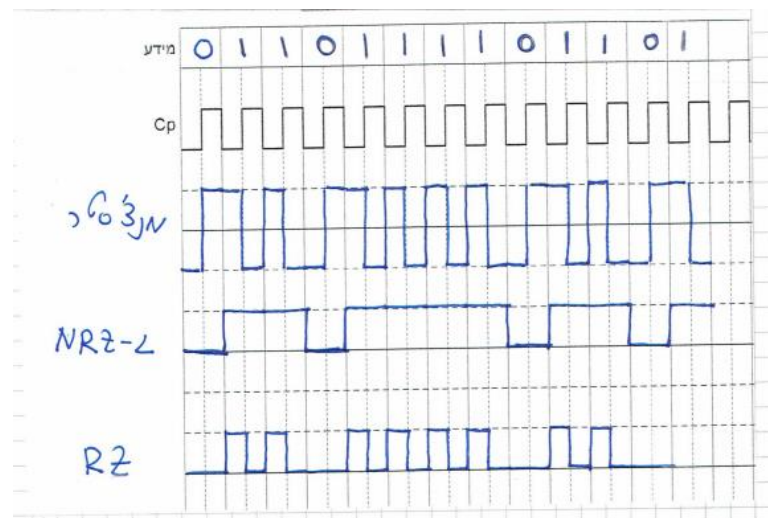
מאותו שיקול כמו בסעיף ד' נעדיף למקם את המגבר עם $F=1.15$ כמגבר ראשון. במקרה זה נצליח לשפר את ספרת הרעש.

$$F_T \approx 1.15$$

שאלה מספר 5

נתונה סדרה מידע 0110111101101

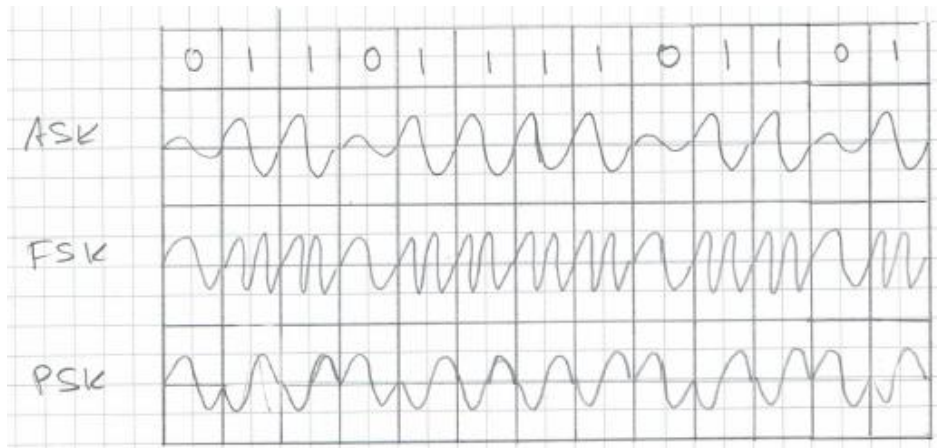
סעיף א'



סעיף ב'

כדי לשרטט את המידע שיטות מפתוח שונות נקבע תחילה סימבולים עבור כל שיטה:

	ASK	FSK	PSK
0	~	~	~
1	~	~	~



סעיף ג'

אם הכוונה היא שרצף הסיביות מכיל כבר את סיביות המינג אזי סיביות המינג הן: 1101

אם הכוונה היא לקודד סיביות המידע לקוד המינג אזי נבנה רצף הבא כאשר במקומות

16, 8, 4, 2, 1

תהינה סיביות המינג

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
0	1	H5	1	0	1	1	1	1	0	H4	1	1	0	H3	1	H2	H1

3 - 00011

6 - 00110

7 - 00111

10 - 01010

11 - 01011

12 - 01100

13 - 01101

15 - 01111

17 - 10001

$$\begin{array}{r}
 \oplus \\
 \hline
 \text{לפי עמודות}
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 3 - 00011 \\
 6 - 00110 \\
 7 - 00111 \\
 10 - 01010 \\
 11 - 01011 \\
 12 - 01100 \\
 13 - 01101 \\
 15 - 01111 \\
 17 - 10001 \\
 \hline
 11100 \\
 \text{H5 H4 H3 H2 H1}
 \end{array}$$

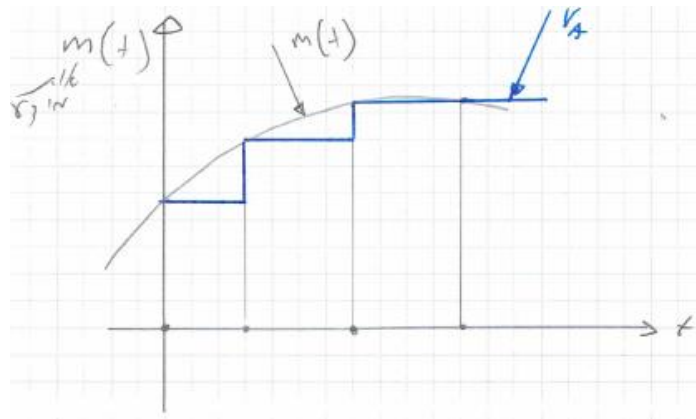
שאלה מספר 6

סעיף א'

- מעביר נמוכים (LPF) - מגביל את התדר המרבי של אות המידע.
- שעון- מייצר אות דגימה f_s . נדרש $f_s \geq 2f_{m_{max}}$.
- דוגם- מבצע דגימה של אות מידע בתדר של אות שעון. הדגימה לרוב תהיה מסוג: Sample and Hold קרי הדוגם שומר על ערך הדגימה עד לדגימה הבאה.
- A/D - מתרגם את ערך הדגימה למספר ספרתי בעל n סיביות.
- ממיר מידע מקבילי מידע טורי – תפקידו לשדר את סיביות הדגימה (מוצא A/D) בצורה טורית – סיבית אחת סיבית.

הסבר פעולת המערכת

LPF מגביל את אות המידע לתדר מרבי $f_{m_{max}}$. האות לאחר LPF נדגם בתדר השעון. הדוגם יהיה, לרוב, מסוג Sample and Hold אשר שומר על ערך הדגימה עד הדגימה הבאה. מעגל A/D מתרגם את ערך הדגימה למספר ספרתי בעל n סיביות, בשלב זה "נכנסת" שגיאה הנקראת שגיאת כימוי. השלב האחרון של המערכת הוא שידור n הסיביות בצורה טורית ע"י רכיב UART - ממיר מידע מקבילי למידע טורי.



סעיף ב'

סעיף ג'

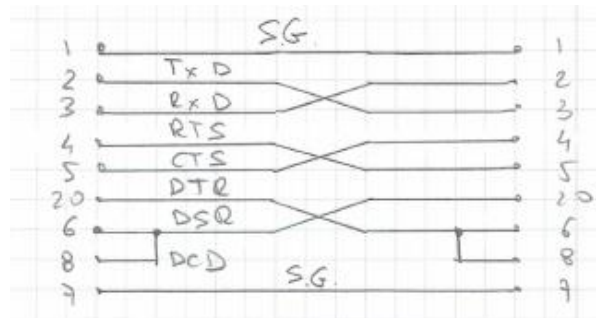
במערכת PCM הדגימה מיוצגת ע"י מילה ספרתית באורך n סיביות אפשר לייצג M ערכים $M = 2^n$. במילים אחרות מערכת PCM "מקרבת" את ערך הדגימה ל- M ערכים אפשריים ולכן נוצרת שגיאה בין ערך הדגימה המדויק לבין הערך המקורב. ההפרש בין הערך המדויק לערך המקורב נקרא מתח שגיאת כימוי. הספק שגיאת כימוי נקרא רעש כימוי. יחס בין הספק האות להספק רעש כימוי נקרא s.q.e.r. או s.q.n.r. עבור אות מידע משולש

$$s.q.e.r. = M^2$$

שאלה מספר 7

סעיף א'

כבל Null Modem משמש לחיבור שני DTE's באופן ישיר (ללא מודם). כבל כזה הוא כבל מוצלב כדלקמן:



סעיף ב'

שבע שכבות של מודל OSI הן:

- שכבה 1- השכבה הפיזית
- שכבה 2- שכבת הערוך
- שכבה 3- שכבת הרשת
- שכבה 4- שכבת הובלה
- שכבה 5- שכבת הגיחה
- שכבה 6 – שכבת הייצוג
- שכבה 7- שכבת היישום

- השכבה הפיזית- מטפלת בהעברה הפיזית של הסיביות בערוץ התקשורת בין שני שכנים. הדברים העיקריים הנקבעים כאן הם עוצמת האותות ומשכם, מבנה מחברים הקושרים את הצידוד, יעוד כל פין במחבר וכו'.
- שכבת הערוך- מטפלת בשידור של מסגרות בין שני צמתים סמוכים. במקרה של שגיאה, השכבה אחראית לשידור חוזר.
- שכבת הרשת- מטפלת בנייתוב הזרימה של המנות ברשת ובבקרת הזרימה בין מקור ליעד.
- שכבת הובלה- מטפלת בהעברת הודעות מקצה לקצה. בונה את ההודעה מהמנות שמתקבלות בתחנת היעד.
- שכבת השיחה- מטפלת בדו-שיח בין קצה לקצה היא מקימה את קשר, המודא קיום הקשר ומנתקת את הקשר.
- שכבת הייצוג- אחראית על ייצוג המידע ותרגומו בהתאם לצורך. במידת הצורך מטפלת גם בדחיסת נתונים, הצפנתם וכו'.

- שכבת היישום - מפקחת על תהליכים ושירותים ברמת המשתמש.

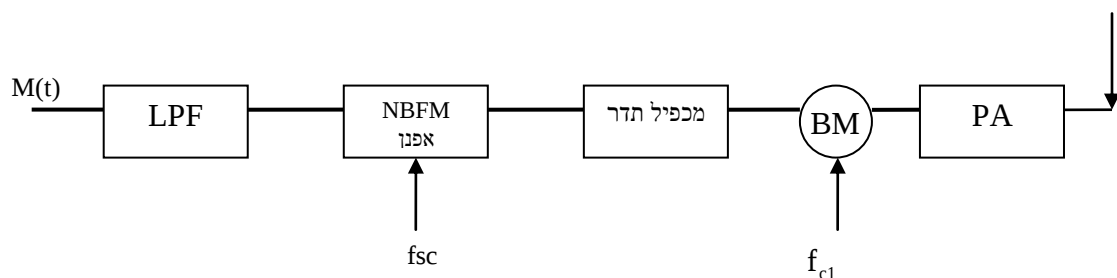
סעיף ג'

רכיב UART שייך לרמה פיסית ומטפל בהעברה טורית של סיביות דרך ערוץ התקשורת.

שאלה מספר 8

סעיף א'

תרשים מלבני של משדר FM עקיף:



סעיף ב'

- LPF - מגביל את תדר אות מידע $m(t)$ לתדר מרב
- NBFM - זהו אפנן שמייצר את FM צר סרט, $\beta < 1$, סביב תדר נושא נמוך - f_{sc}
- מכפיל תדר - במוצא מכפיל תדר מתקבל את FM בעל פרמטרים $\Delta f, \beta$ הרצויים אך בתדר מרכזי לא רצוי
- BM - אפנן מאוזן שתפקידו "להביא" את אות ה-FM לתדר מרכזי המדויק.
- PA - מגביר את אות ה-FM להספק הדרוש.

סעיף ג'

$$X_{FM}(t) = 14 \cdot \cos[400\pi \cdot 10^6 t + 5 \sin(30\pi \cdot 10^3 t)]$$

$$V_c = 14V$$

$$f_c = 200MHz$$

$$\beta = 5$$

$$f_m = 15kHz$$

$$BW = 2 f_m(\beta + 1)$$

$$BW = 2 \cdot 15k(5 + 1) = 180kHz$$

$$\Delta f = \beta \cdot f_m = 5 \cdot 15k = 75kHz$$

סעיף ד'

הספק אות FM (כל פסי הצד) :

$$P_{FM} = \frac{V_C^2}{2R_L}$$

$$P_{FM} = \frac{14^2}{2 \cdot 50} = 1.96W$$