

פתרון מוצע לבחינת משה"ח מערכות אלקטרוניות ומחשבים ט'

מועד אביב תשע"ט, חודש מרס שנה 2019

מחברים: מר סהר גבי ומר עמר אלי, מכללת אורט הרמלין

פרק ראשון: מערכות תקשורת

שאלה 1

- א. הקו המרוסק שבאיור מחבר בין המתנד המקומי לבין מגבר ה-RF. בכל פעם שנדרש לשנות את תדר התחנה הנקלטת יש לשנות שני רכיבים במקלט:
- a. תדר המתנד המקומי כדי ליצור מצב בו ההפרש בין תדר המתנד לתדר התחנה ייתן את הביניים.
- b. התדר המרכזי של מסנן מעביר הפס – BPF שנמצא במגבר תדר הרדיו.
- יש לשנות את שני הרכיבים יחד כדי לגרום לכך שמצד אחד המסנן מעביר את התחנה הרצויה עם רוחב פס מסוים (תלוי בתדר התחנה ובגורם הטיב של המסנן) ומצד שני רק התחנה הרצויה תעבור דרך הערבול ותיצור עם המתנד המקומי הפרש של תדר הביניים.
- ב. תפקיד יחידת ה-AGC – בקרת הגבר אוטומטית – כאשר אנו קובעים את עוצמת השמע במקלט ה-AM שלנו אנו מעוניינים לשמוע את אותה עוצמה ללא שינוי גם כאשר אנו מתרחקים או מתקרבים (פיזית) לתחנה שאותה אנו קולטים או לחילופין מחליפים לתחנה אחרת המשדרת בעוצמה שונה מזו שנקלטה עד כה. בעיקרון אנו רוצים שעוצמת הקליטה של התחנה הנקלטת לא תשפיע על עוצמת השמע במקלט (זה קורה היות והמידע נמצא בשינויי העוצמה). כדי למנוע מצב כפי שתואר מעלה מכניסים יחידה שנקראת AGC שבודקת את עוצמת אות השמע במוצא הגלאי. אם האות חזק מידי הוא יקטין את ההגבר של מגבר ה-IF ואם אות השמע חלש הוא יגדיל את ההגבר בהתאם.

ג. נתוני המקלט: $F_{LO} > F_{RF}$

$F_c = 920k[Hz], F_{IF} = 455k[Hz], F_m = 3k[Hz], AC = 2[V], m = 0.8[-]$
חשובים והצבה בנוסחת הגל המאופנן במישור הזמן:
נחשב תחילה את עוצמת אות השמע A_m .

$$m = \frac{A_m}{A_c} \gg \gg A_m = m \cdot A_c = 0.8 \cdot 2 = 1.6[V]$$

נציב את כל הנתונים שיש לנו לגבי הגל הנושא ואות השמע בנוסחת הגל המאופנן A_m במישור הזמן.

$$X_{AM}(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t) + A_m \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos(\omega_c t)$$

$$X_{AM}(t) = 2 \cdot \cos(1,840\pi \cdot 10^3 t) + 1.6 \cdot \cos(6\pi \cdot 10^3 t) \cdot \cos(1,840\pi \cdot 10^3 t)$$

ד. התדרים במוצא הערבול

חישוב תדר המתנד המקומי

$$F_{LO} = F_{RF} + F_{IF} = 920 \cdot 10^3 + 455 \cdot 10^3 = 1,375k[Hz]$$

סט תדרים רצוי סביב תדר הביניים

$$F_{LO} - F_{RF} = 1,375 \cdot 10^3 - 920 \cdot 10^3 = 455k[Hz]$$

$$F_{LO} - F_{RF} + F_m = 1,375 \cdot 10^3 - 920 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3 = 458k[Hz]$$

$$F_{LO} - F_{RF} - F_m = 1,375 \cdot 10^3 - 920 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3 = 452k[Hz]$$

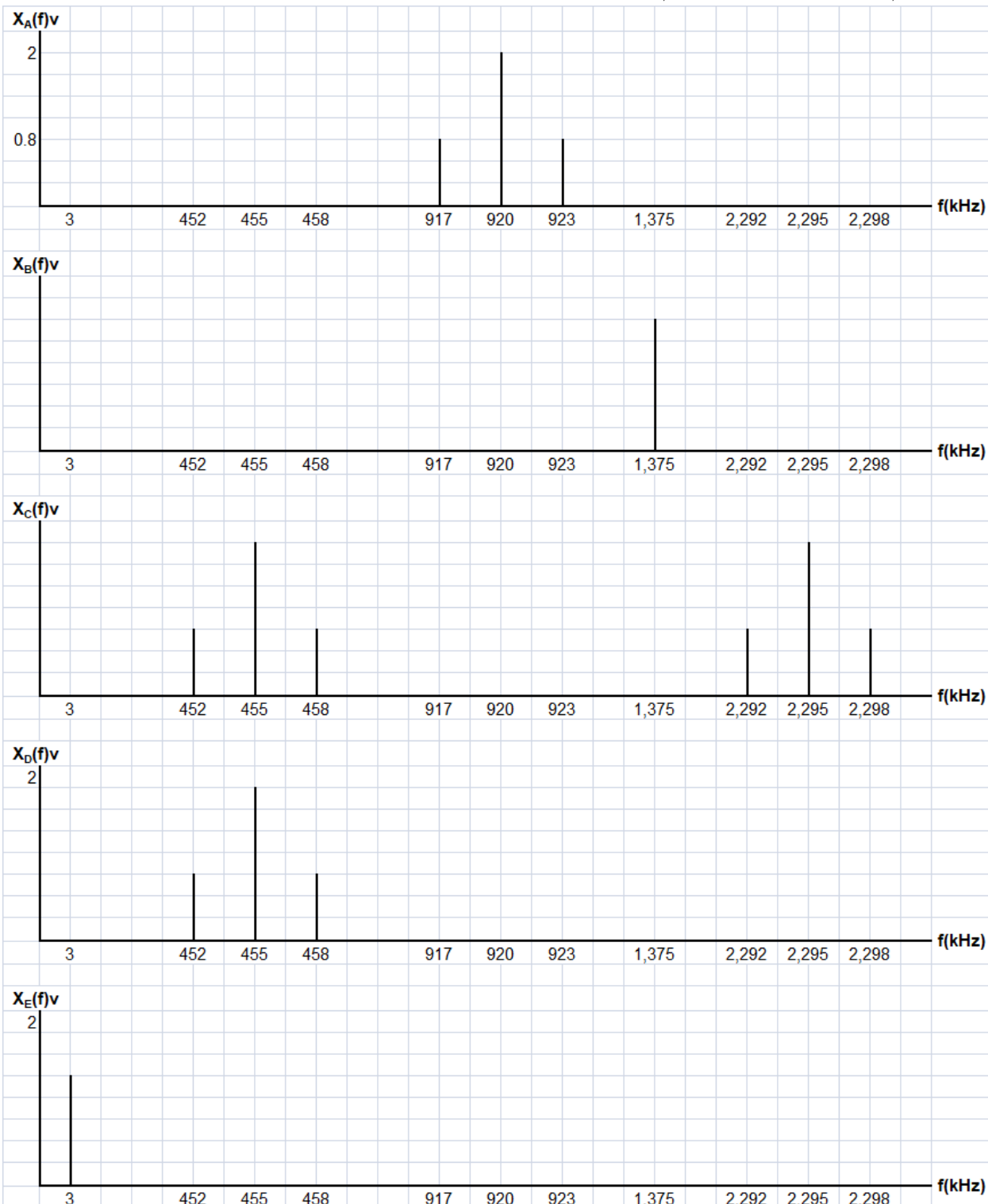
סט תדרים לא רצוי סביב תדר הביניים

$$F_{LO} + F_{RF} = 1,375 \cdot 10^3 + 920 \cdot 10^3 = 2,295k[Hz]$$

$$F_{LO} + F_{RF} + F_m = 1,375 \cdot 10^3 + 920 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3 = 2,298k[Hz]$$

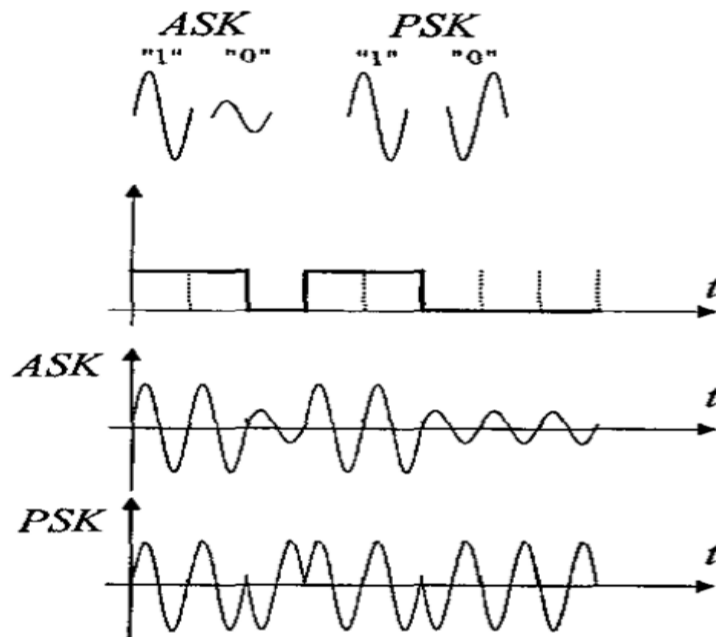
$$F_{LO} + F_{RF} - F_m = 1,375 \cdot 10^3 + 920 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3 = 2,292k[Hz]$$

ה. תצוגה ספקטראלית של התדרים בנקודות השונות:

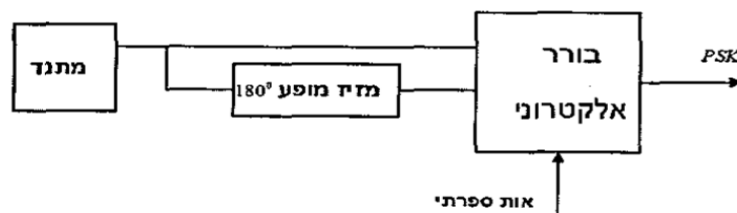


שאלה 2

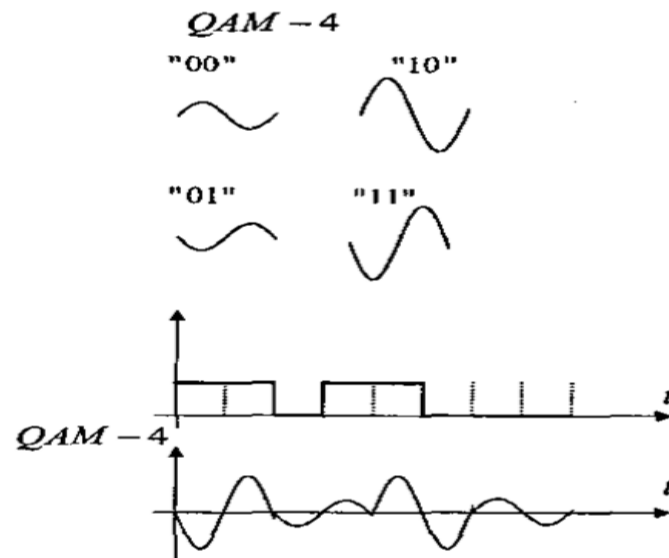
סעיף א'



סעיף ב'



סעיף ג'



סעיף ד'

קידוד לקו הוא ייצוג מידע ספרתי באמצעות מתחים. מטרת פעולת הקידוד הן :
הקטנת רוחב הפס הנדרש מהערוץ להעברת המידע.
סינכרון בין המשדר למקלט ע"י חילוץ אות השעון מהאות הנקלט.
הורדת ממוצע המתחים (רמת ה DC) לאפס וולט.
לכל אחת מהשיטות הקיימות יש יתרונות וחסרונות ע"פ צורת האות המתקבל. אבל, באיזו שיטת קידוד יש להשתמש זה יקבע ע"פ צורכי המערכת.

שאלה 3

- 1א - הינו מתנד מבוקר מתח - VCO.
B - מחלק תדר משתנה.
2א - מתנד מבוקר מתח שמקבל בכניסתו מתח משתנה ובמוצאו מתקבל תדר משתנה.
שינוי תדר ה VCO נדרש כדי לשמור על ה PLL נעול כך ששני התדרים בכניסת גלאי המופע יהיו שווים.
מחלק התדר המשתנה - מקבל תדר מה VCO ובמוצאו מתקבל תדר מחולק ב B. היות ומחלק זה הינו מחלק משתנה אזי ניתן לקבל תחום תדרים במוצא ה VCO כך שההפרש בין תדר אחד לשני יהיה תדר הייחוס.
ב. נתונים: $F_{out-min} = 3M[Hz], F_{out-max} = 15M[Hz], \Delta F = 50k[Hz]$

$$\frac{F_{out}}{N} = \frac{F_{out} + \Delta F}{N + 1}$$

$$\Delta F = \frac{F_{out}}{N} = f_r = 50k[Hz]$$

$$f_r = \frac{F_{out-min}}{N_{min}} \gg N_{min} = \frac{F_{out-min}}{f_r} = \frac{3 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^3} = 60[-]$$

$$N_{max} = \frac{F_{out-max}}{f_r} = \frac{15 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^3} = 300[-]$$

$$N = 60 \div 300$$

$$n = N_{max} - N_{min} + 1 = 300 - 60 + 1 = 241[-]$$

ג. תחום התפיסה: $B_c = \pm 200k[Hz]$

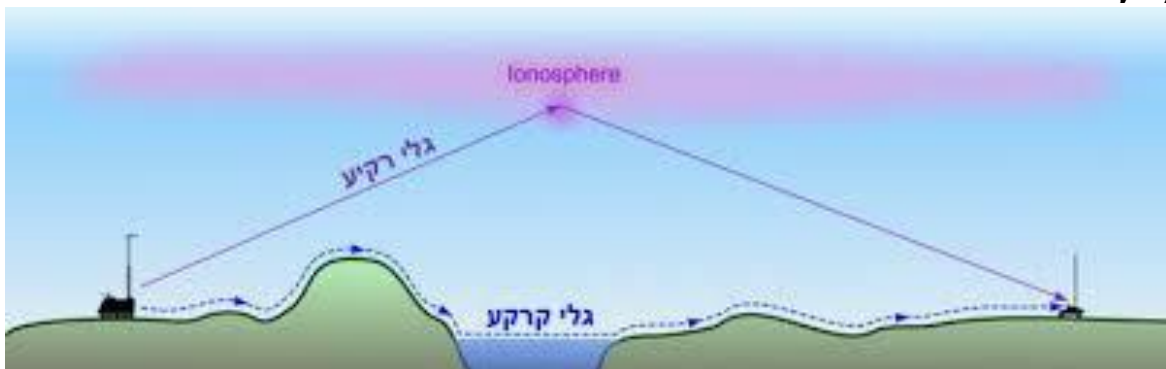
תחום העקיבה: $B_t = \pm 300k[Hz]$

כאשר ה PLL נעול אז הוא יכול לנוע בתוך תחום העקיבה/נעילה שלו בחופשיות ללא בעיה. היות וה- PLL כבר נעול לתדר שהוא מרכז תחום העקיבה יש לו אפשרות לנוע לשני הצדדים במידה שווה של 300k[Hz]. היות ובשאלה נדרשת תנועה רק של 250k[Hz] אז הוא יישאר בתוך תחום הנעילה/עקיבה ללא כל בעיה זאת אומרת הוא יישאר נעול.

שאלה 4

1א.

גלי קרקע - גלי הקרקע נעים ומתפשטים בצמוד לקרקע ועוקבים אחרי תוואי הקרקע ועקמומיות כדור הארץ. גלים כאלו הינם גלים בתדר נמוך מ 3M[Hz] ובעלי אורך גל מספיק גדול כדי לעקוף את המכשולים שבדרך.
מה שמשפיע מאוד על התפשטות גלי הקרקע הוא מוליכותה של הקרקע. מי ים הינם "קרקע" מוליכה טובה מאוד ואילו חול מדברי בעל מוליכות גרועה מה שיגרום להפסדים גדולים בעוצמת האות המתקדם במדבר.
גלי רקיע - מושג המתייחס להתפשטות גלי רדיו המוחזרים לכדור הארץ ע"י שכבת היונוספירה. גלים אלו אינם מוגבלים ע"י עקמומיות כדור הארץ ולכן ניתן להשתמש בהם ליצירת קשר בין יבשות.
התחום בו ניתן לעבוד ולקבל החזרים טובים משכבת היונוספירה הוא תחום הגלים הקצרים: 3-30M[Hz].



2א. שימושים:

גלי קרקע - שידורי ה AM עובדים עד היום גם בארץ במספר תחנות.
גלי רקיע - קשר ימי ואווירי.

ב. נתונים: $Z_0 = 75[\Omega]$, $l = 20[\text{cm}]$, $Z_L = 100[\Omega]$, $V_{s-\text{eff}} = 7[\text{V}]$, $f_s = 1.5[\text{GHz}]$, $R_s = 75[\Omega]$

$$\Gamma = \frac{Z_L + Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{100 - 75}{100 + 75} = \frac{1}{7}[-]$$

$$SWR = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{100}{75} = \frac{4}{3}[-]$$

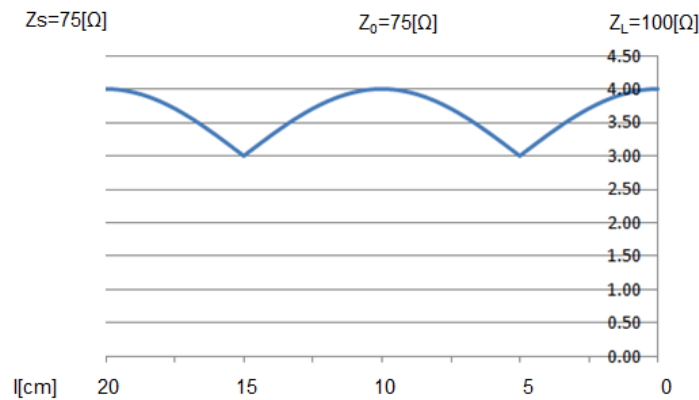
$$V_{eff}^+ = \frac{V_s \cdot Z_0}{Z_s + Z_0} = \frac{7 \cdot 75}{75 + 75} = 3.5[\text{V}]$$

$$V_{LOAD-\text{eff}} = V_{max-\text{eff}} = V_{eff}^+ (1 + |\Gamma|) = 3.5 \left(1 + \frac{1}{7}\right) = 4[\text{V}]$$

$$V_{min-\text{eff}} = V_{eff}^+ (1 - |\Gamma|) = 3.5 \left(1 - \frac{1}{7}\right) = 3[\text{V}]$$

$$\lambda = \frac{c}{f_s} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^9} = 0.2[\text{m}] = 20[\text{cm}] = l$$

1. התפלגות גל המתח לאורך הקו

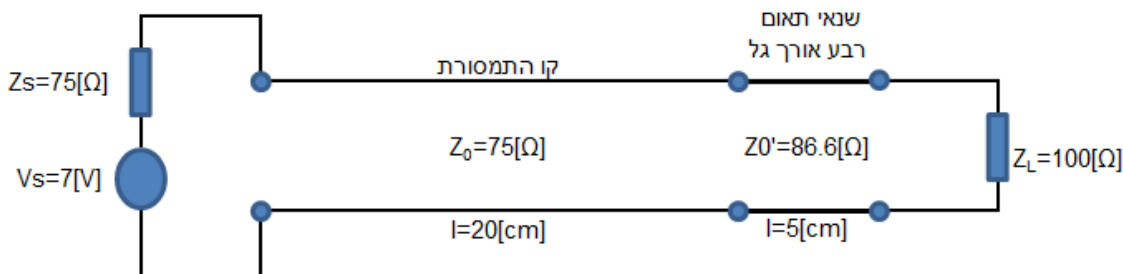


2. מקדם ההחזרה ויחס גלים עומדים חושבו בדף הקודם.

3. שנאי רבע אורך גל

$$Z'_0 = \sqrt{Z_0 \cdot Z_L} = \sqrt{75 \cdot 100} = 86.6[\Omega]$$

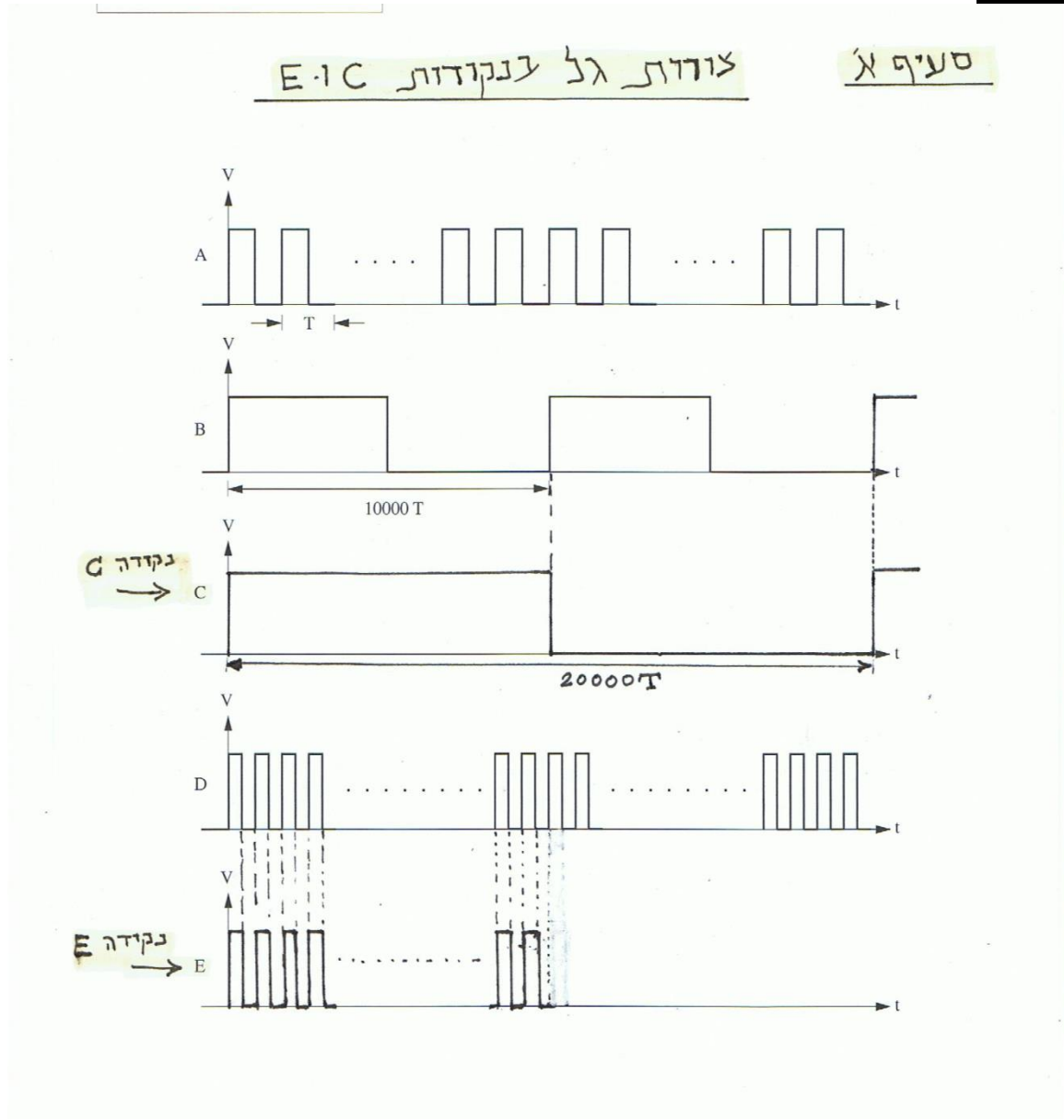
$$l_{\frac{\lambda}{4}} = \frac{\lambda}{4} = \frac{0.2}{4} = 0.05[\text{m}] = 5[\text{cm}]$$



חלק שני: מכשור ומדידות

שאלה 5 –

סעיף א'



ב'

(1) נתון שזמן מחזור הוא 25 ננו - שניות. ולכן :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-9}} = 40 \text{ MHz}$$

(2) השער פתוח למשך זמן של $10000T$ ותדר בסיס הזמן הוא 1 MHz נשתמש בנוסחה :

$$n = f \cdot t = 1 \cdot 10^6 \cdot 10000 \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 250$$

כלומר המונה ספר 250 פולסים.

שאלה 6

א. לפי הטבלה מודל 177 של המכשיר התחום המיטבי Range של 6 וולט. רזולוציה של 0.001 וולט ודיוק של 0.09%.

ב. הערך הקרוב ביותר לערך האמתי הוא ממוצע חשבוני משוקלל על פי הנוסחה המופיעה בנוסחאון

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^k f_i} = \frac{f_1 \cdot X_1 + f_2 \cdot X_2 + \dots + f_k \cdot X_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k}$$

לאחר הצבה וחישוב במחשבון נקבל: 4.491 וולט.
ג. שגיאה שיטתית נחשב לפי הנוסחה:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

כאשר שגיאת דיוק מחושבת לפי: $\Delta_1 = \frac{\Delta S}{100} * Mf.s = \frac{0.09}{100} * 6 = 0.0054V$;
 $\Delta_2 = 0.001V$ - שגיאת רזולוציה.

לאחר הצבה בנוסחת השגיאה השיטתית הנובעת משגיאת רזולוציה ומשגיאת דיוק נקבל:
 $\Delta = \sqrt{0.0054^2 + 0.001^2}$ את השגיאה השיטתית: 0.005491 וולט.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i \cdot (X_i - \bar{X})^2}{\left(\sum_{i=1}^k f_i\right) - 1}}$$

ד. כעת נחשב את השגיאה האקראית על פי הנוסחה:
מחישוב במחשבון נקבל שסטיית התקן היא: 0.0104 וולט.
כעת נחשב על פי הנוסחה של שגיאת המדידה הכוללת ונמיר לשגיאת מדידה כוללת

$$\Delta X = \sqrt{\Delta^2 + \sigma^2}$$

$$\delta\% = 100\% \cdot \frac{\Delta X}{\bar{X}}$$

באחוזים:

לאחר הצבה בנוסחה הראשונה נקבל בקירוב 0.01176 וולט ולאחר המרה ע"י
הצבה בנוסחה הבאה נקבל שגיאת המדידה הכוללת באחוזים היא: 0.26185%

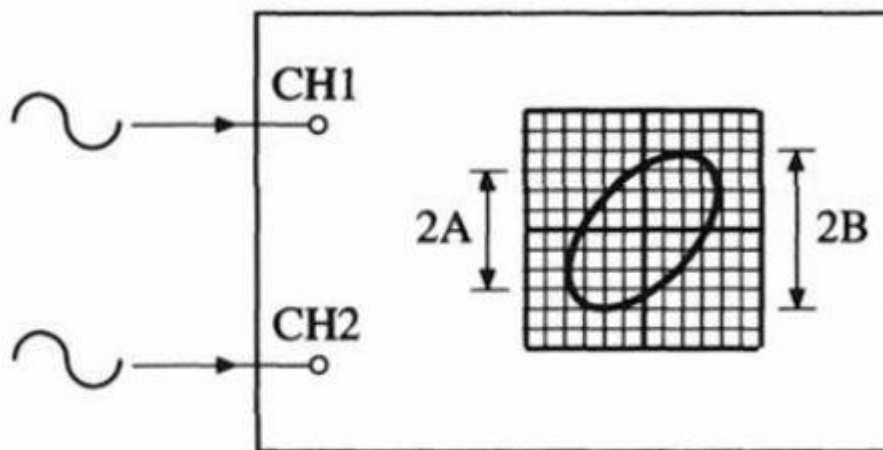
שאלה 7

- א. המתח של האות הגדול הוא: **16V p-t-p** מכיוון שבורר הרגישות נמצא במצב 2 וולט למשבצת אז יוצא שאם נכפיל נקבל 8 וולט לכל כיוון וסך הכל 16 וולט.
ושל האות השני **4.8V p-t-p** (נראה שהאות גולש משהו כמו חמישית משבצת) ולכן הוא תופס חמישית מ- 2 וולט פלוס שתי וולט. אם נחשב לכל כיוון נקבל $2 \cdot 2.4$ וולט.
ב. זמן המחזור של האותות הוא 5 משבצות אם נכפיל במצב בורר רגישות הזמן נקבל $1 = 5 \cdot 0.2 \text{ msec}$ – שניה. נחשב: $F = \frac{1}{T} = 1 \text{ KHz}$.
ג. נחשב את הפרש הזמן בין האותות על פי הציור ובורר רגישות הזמן, לפי הציור נראה הפרש של 0.2 מילי שניות. כעת נציב בנוסחת למציאת הפרש מופע....

$$\Delta \phi = 360 \cdot \frac{\Delta t}{T}$$

$$\Delta \phi = 360 \cdot \frac{0.2}{1} = 72^\circ \text{ ונקבל:}$$

- ד. ברגע שמעבירים ל"מוד" עבודה של X-Y מקבלים את הפרש המופע הקיים בצורת עקומה אליפטית (בהנחה שהפרש המופע קטן מ- 90 מעלות) כמו במקרה שלנו ולכן נקבל צורת עקומה אליפטית הנקראת עקומת " ליסז'ו ".

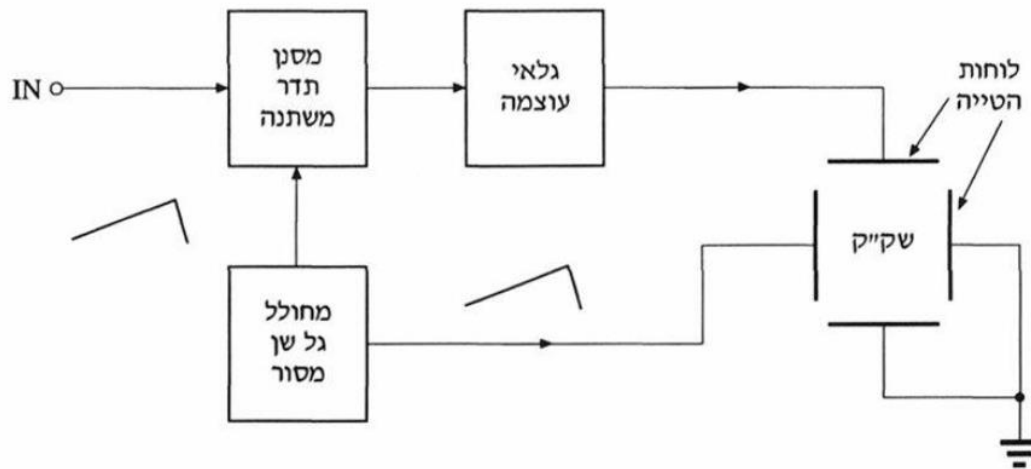


$$\sin \phi = \frac{A}{B}$$

- אם נסמן את הפרש המופע ב- ϕ ניתן לראות כי מתקיים הקשר הנ"ל.

שאלה 8

א. תרשים מלבנים של נתח ספקטרום :



ב.1. נמצא את קבוע הכיול על פי הנוסחה :

$$K = \frac{\text{תחום הסריקה}}{\text{זמן הסריקה}}$$

$$k = \frac{600 \text{ KHz}}{5 \text{ msec}} = 120 \times 10^3 \frac{\text{Hz}}{\text{msec}}$$

ב.2. מכיוון שתחילת הסריקה היא תדר של 150 קילו הרץ, ההפרש בין תחילת הסריקה עד להגעה לתדר של 300 קילוהרץ המבוקש הוא 150 קילוהרץ ולכן :

$$300 \times 10^3 \text{ Hz} - f_0 = K \cdot t_x$$

$$t_x = \frac{150 \times 10^3}{120 \times 10^3} = 1.25 \text{ msec}$$

$$t_x = 1.25 \text{ msec}$$



- הערות : 1. השרטוט הנ"ל הוא בסקלה לינארית בציר האנכי (ציר האמפליטודה) ניתן גם להציג את האותות בסקלה לוגריתמית. לפי הקשר המתמטי $20 \log \frac{v_1}{v_2}$. בדציבלים.
2. על המסך האותות המוצגים הם עם "נפח" מסוים לפי ה – R.B.W שנקבע.