

פתרון מוצע לבחינת משה"ח בתורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

מועד אביב תשע"ט, חודש מרס שנה 2019

מחברים: מר דנגור דורון ומר זוהר אייל, מכללת אורט הרמלין

פרק ראשון: אלקטרוניקה ספרתית

שאלה 1

א. הממיר פועל בשיטת המונה.

תחילה המונה 0 ולכן $V_{adc}=0$ במוצא ממיר ה- D/A . המונה מגדיל את הערך הבינארי במוצאו ובהתאמה ממיר ה- D/A מגדיל את המתח האנלוגי. כל עוד V_i גדול ממתח V_{adc} המשווה מוציא "1" והמונה ממשיך לספור עד למצב $V_{adc} > V_i$ במצב זה המשווה מוציא "0" ושער AND מתאפס והמניה נעצרת. במוצא המונה תופיע הקריאה הספרתית של הממיר.

ב.

$$T_{conv(max)} = (2^n - 1) * \frac{1}{F} = (2^8 - 1) * \frac{1}{2 * 10^6} = 127.5 \mu Sec.$$

ג.

$$D_i = 00101000_2 = 40_{10}$$

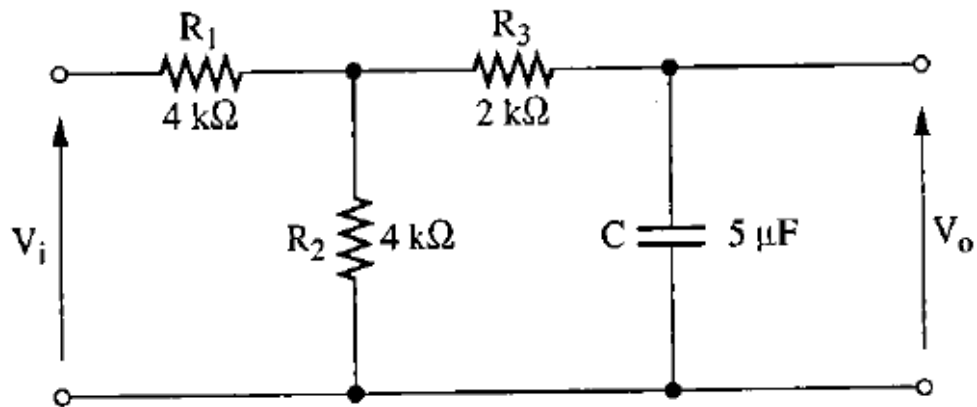
$$R_{ez} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{10.24}{2^8 - 1} = 40.156 \text{ mV}$$

$$V_i = R_{ez} * N = 40.156 * 10^{-3} * 40 = 1.60 \text{ V}$$

ד.

$$\Delta = \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{10.24}{2^8} = 40 \text{ mV}$$

שאלה 2



א. לפי תבנית הקבל רואה התנגדות:

$$R_T = R_1 || R_2 + R_3$$

$$\tau = R_T * C = \left(\frac{4*4}{4+4} + 2\right) * 10^3 * 5 * 10^{-6} = 20 \text{mSec.}$$

ב. $t = 40 \text{mSec}$

$$V_\infty = \frac{V_{in} * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 * 4}{4 + 4} = 10 \text{V} \quad V_{0+} = 0 \text{V}$$

$V_0 = V_{c(t)} =$ משוואת הדפקים:

$$V_\infty - (V_\infty - V_{0+}) * e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$V_0 = 10 - (10 - 0) * e^{\frac{-40*10^{-3}}{20*10^{-3}}} = 8.646 \text{V}$$

$t = 60 \text{mSec}$

$$V_\infty = 0 \text{V} \quad V_{0+} = 8.646$$

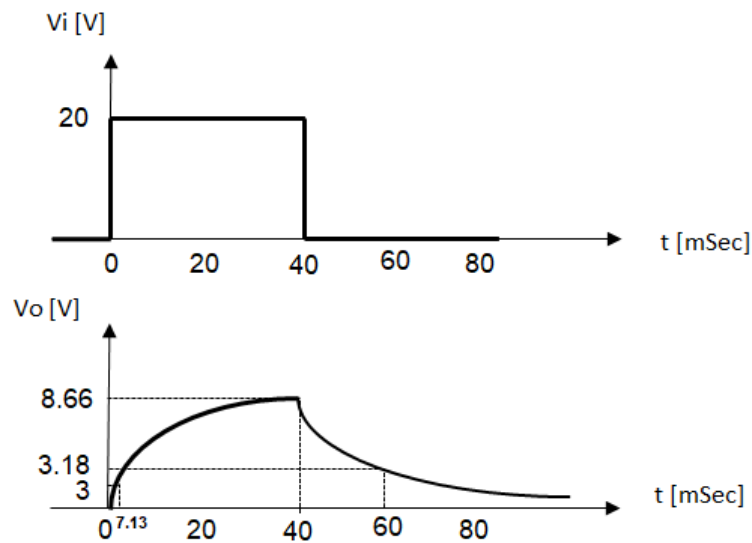
$$V_0 = 0 - (0 - 8.646) * e^{\frac{-(60-40)*10^{-3}}{20*10^{-3}}} = 3.180 \text{V}$$

ג. $0 \leq t \leq 40 \text{mSec}$

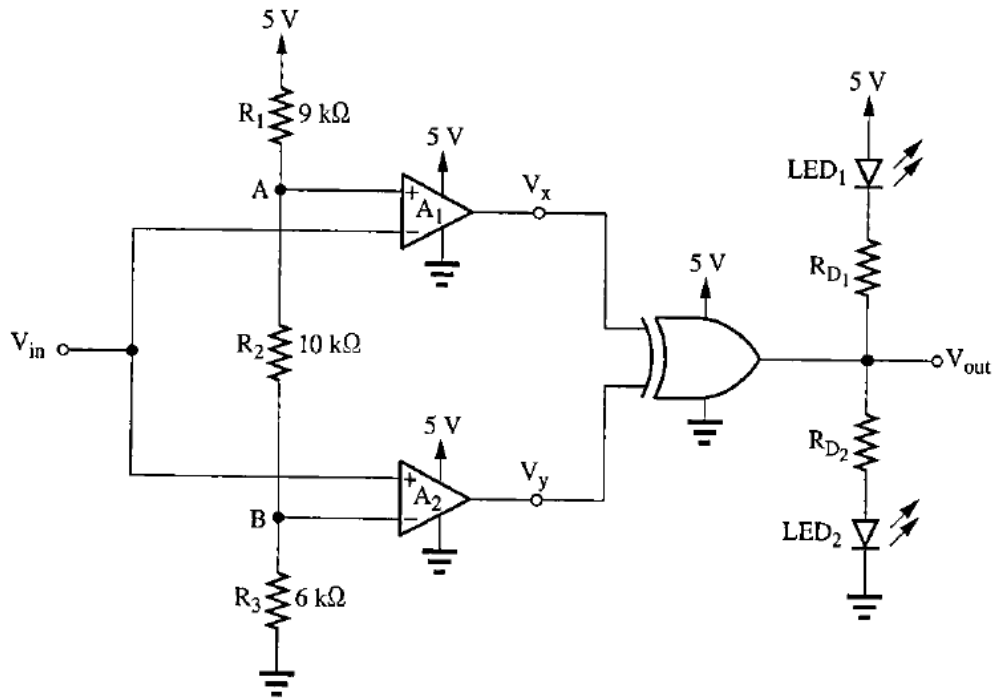
$$V_C(t) = 3V \quad V_\infty = 10V \quad 0V_{0+} =$$

$$t = \tau * \ln \left(\frac{V_\infty - V_{0+}}{V_\infty - V_C(t)} \right) = 20 * 10^{-3} * \ln \left(\frac{10-0}{10-3} \right) = 7.133 \text{mSec.}$$

ד.



שאלה 3



א. נחשב לפי מחלק מתח את המתח בנקודות A, B

בנקודה A

$$V_A = \frac{5 * (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{5 * (10 + 6)}{9 + 10 + 6} = 3.2V$$

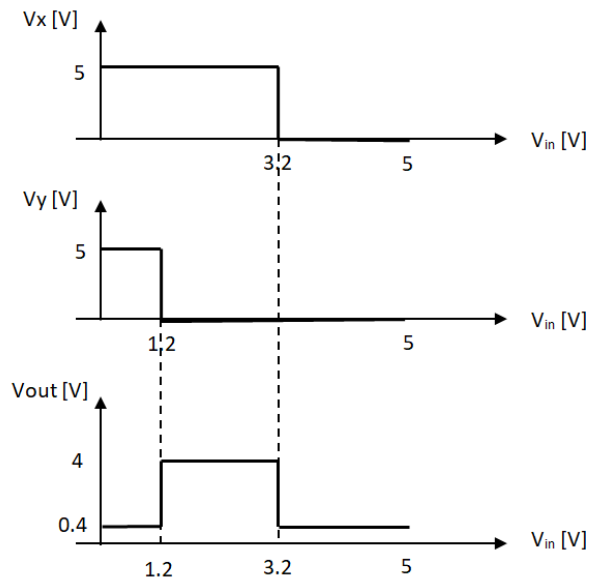
בנקודה B

$$V_B = \frac{5 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{5 * 6}{9 + 10 + 6} = 1.2V$$

השער המשורטט הוא XOR עם כניסות V_x ו- V_y , טבלת האמת מראה את הערכים של מתחי הכניסה ומתח היציאה של השער (לפי הנתונים בשאלה).

V_x	V_y	V_{out}
0	0	0.4
0	5	4
5	0	4
5	5	0.4

בתחום $0 \leq V_{in} \leq 5V$



ב. Led 1 תדלק כאשר המוצא של השער יהיה 0.4V (לוגי "0") תחום המתחים יהיה:

$$V_{in} < 1.2V \text{ או } V_{in} > 3.2V$$

Led 2 תדלק כאשר המוצא של השער יהיה 4V (לוגי "1") תחום המתחים יהיה:

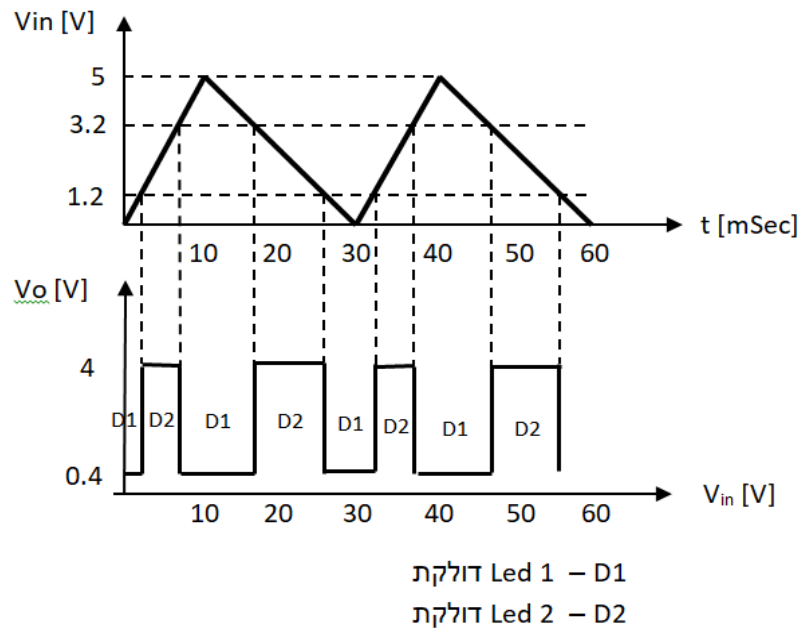
$$1.2V \leq V_{in} \leq 3.2V$$

ג.

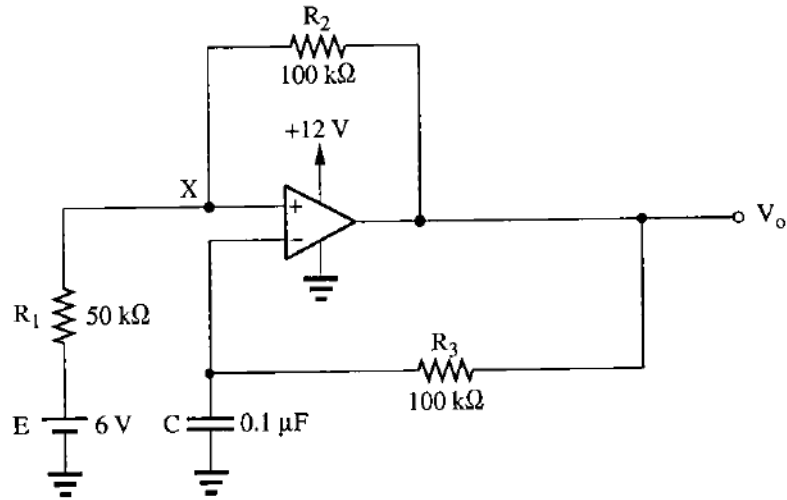
$$R_{D1} = \frac{5 - V_{LED} - V_{OL}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1.4 - 0.4}{10 * 10^{-3}} = 320\Omega$$

$$R_{D2} = \frac{V_{OH} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{4 - 1.4}{10 * 10^{-3}} = 260\Omega$$

.ד.



שאלה 4



א.

$$\tau = R_3 * C = 100 * 10^3 * 0.1 * 10^{-6} = 10 \text{mSec.}$$

ב. את המתח בנקודה X נפתור בשני דרכים, שיטת מתחי צמתים ושיטת סופרפוזיציה:

מתחי צמתים	סופרפוזיציה
$\frac{V_X - 6}{R_1} = \frac{V_O - V_X}{R_2}$	$\frac{V_O * R_1}{R_1 + R_2} + V_X = \frac{6 * R_2}{R_1 + R_2}$

נציב את ערכי R_1 ו R_2 נחלץ את V_X מאחת המשוואות ונקבל:

$$V_X = 4 + \frac{V_O}{3}$$

V_O יכול להיות 0V או 12V (מתחי ההזנה של המגבר) ולכן:

→ V	$8V_O = 12V$	$V_X =$
→ V	$4V_O = 0V$	$V_X =$

ג. ניקח תנאי התחלה: $V_O = 12V$

הקבל יתחיל להיטען עד ל $V_C = 8V$ שהוא V_X כאשר $V_O = 12V$
נחשב את זמן הטעינה (מצב חד פעמי כי מתח הקבל הוא 0V):

$$V_{C(t)} = 8V \quad V_{\infty} = 12V \quad 0V_{0+} =$$

$$t_1 = \tau * \ln \left(\frac{V_{\infty} - V_{0+}}{V_{\infty} - V_{C(t)}} \right) = 10 * 10^{-3} * \ln \left(\frac{12 - 0}{12 - 8} \right) =$$

10.986mSec.

כאשר $V_O = 0V$

הקבל יתחיל להתפרק עד ל $V_C = 4V$ שהוא V_X כאשר $V_O = 0V$

נחשב את זמן הפריקה (מצב מתמיד):

$$V_C(t) = 4V \quad V_{\infty} = 0V \quad 8V_{0+} =$$

$$t_2 = \tau * \ln \left(\frac{V_{\infty} - V_{0+}}{V_{\infty} - V_C(t)} \right) = 10 * 10^{-3} * \ln \left(\frac{0-8}{0-4} \right) = 6.931 \text{mSec.}$$

כאשר $V_O = 12V$

הקבל יתחיל להיטען עד ל $V_C = 8V$ שהוא V_X כאשר $V_O = 12V$

נחשב את זמן הטעינה (מצב מתמיד):

$$V_C(t) = 8V \quad V_{\infty} = 12V \quad 4V_{0+} =$$

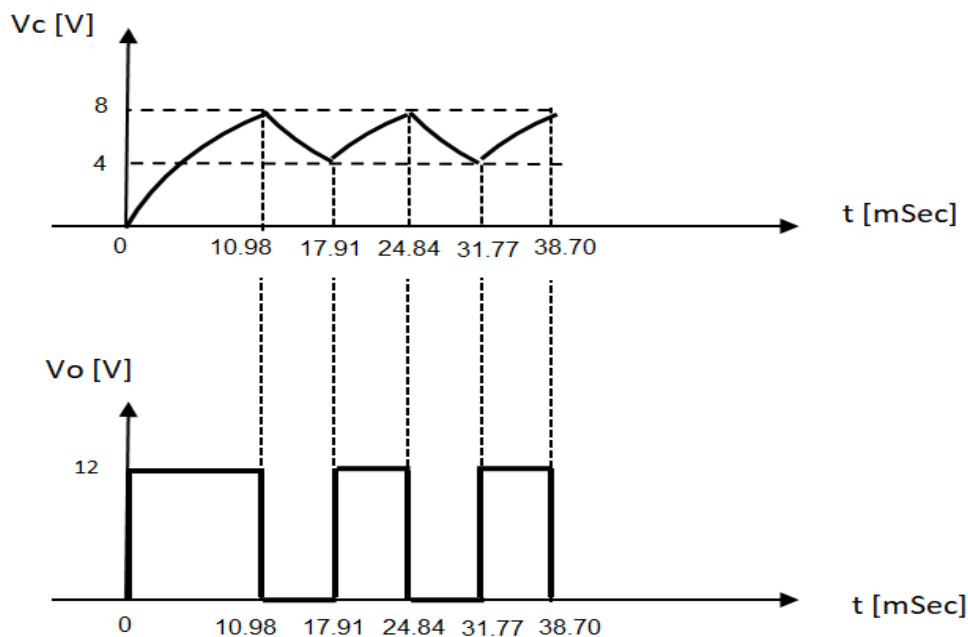
$$t_3 = \tau * \ln \left(\frac{V_{\infty} - V_{0+}}{V_{\infty} - V_C(t)} \right) = 10 * 10^{-3} * \ln \left(\frac{12-4}{12-8} \right) =$$

$$6.931 \text{mSec.}$$

חישוב זמן מחזור:

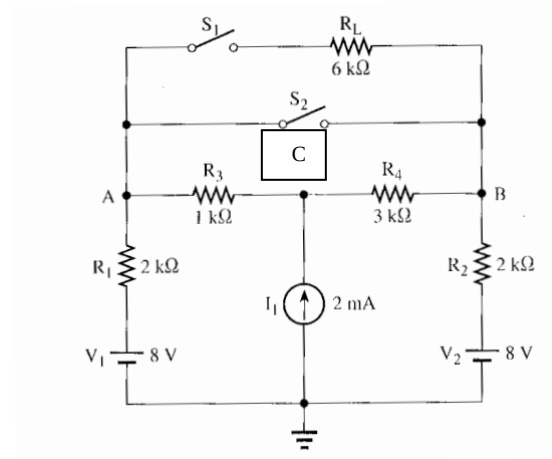
$$T = t_2 + t_3 = 13.863 \text{mSec.}$$

.ד



פרק שני: מבוא להנדסת חשמל

שאלה 5



א. חישוב המתח בין הנקודות B,A כאשר שני המפסקים פתוחים. נוסף נקודה C ונחשב לפי מתחי צמתים:

$$\frac{U_A - V_1}{R_1} + \frac{U_A - U_C}{R_3} = 0$$

$$\frac{U_C - U_A}{R_3} - I_1 + \frac{U_C - U_B}{R_4} = 0$$

$$\frac{U_B - U_C}{R_4} + \frac{U_B - V_2}{R_2} = 0$$

לאחר הצבה של הנתונים ומכנה משותף נקבל את מערכת המשוואות הבאה:

$$3U_A - 2U_C = 8$$

$$-3U_A - U_B + 4U_C = 9$$

$$5U_B - 2U_C = 24$$

לאחר חישוב נקבל:

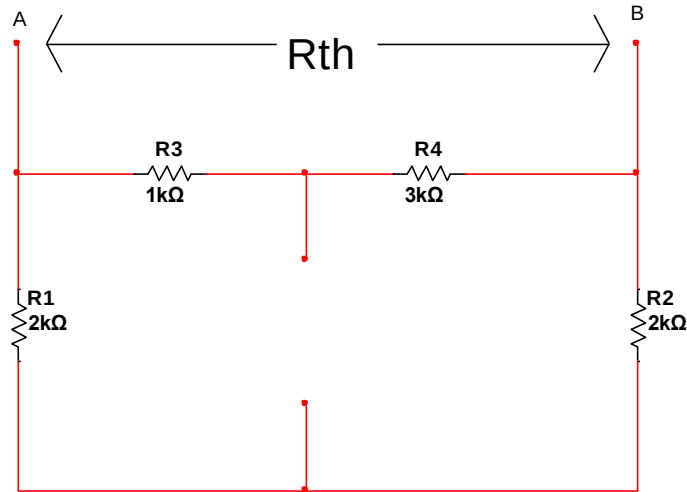
$$U_A = 10.5V$$

$$U_B = 9.5V$$

↓

$$U_{AB} = U_A - U_B = 1V$$

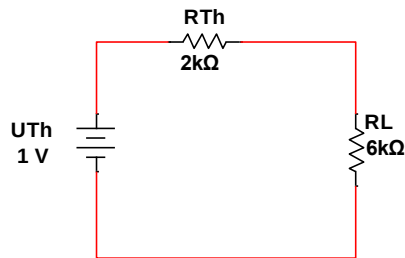
ב. חישוב המתח על R_L באמצעות משפט תבנין. תחילה נחשב את התנגדות תבנין. ננתק את מקור הזרם ונקצר את מקורות המתח. נקבל את המעגל הבא:



$$R_{Th} = (R_1 + R_2) \parallel (R_3 + R_4) = 4k\Omega \parallel 4k\Omega$$

$$R_{Th} = 2k\Omega$$

את המתח בין נקודות B,A חישבנו כבר בסעיף א' וזהו מתח תבנין שלנו. לכן נקבל את המעגל הבא:

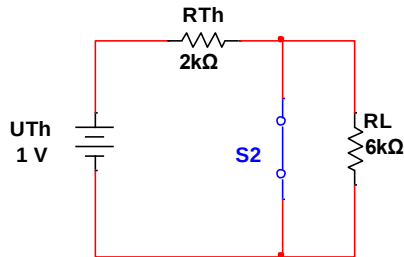


לפי מחלק מתח נקבל:

$$U_{RL} = U_{Th} \times \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} = 1 \times \frac{6k}{2k + 6k}$$

$$U_{RL} = 0.75V$$

ג. סוגרים את המפסק S2. נשתמש במעגל של שקול תבנין שחישבנו בסעיף ב', ונקבל את המעגל הבא:



במקרה זה, נגד העומס מקוצר והזרם יעבור רק דרך הנגד R_{Th} :

$$I_T = \frac{U_{Th}}{R_{Th}} = \frac{1}{2k}$$

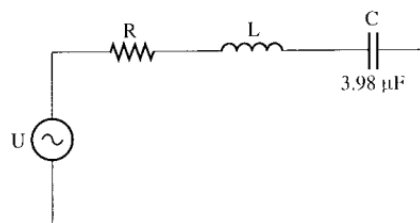
$$I_T = 0.5mA$$

שאלה 6

המעגל החשמלי המתואר באיור א' לשאלה 6 נמצא במצב תהודה.

נתון כי: $BW = 0.15 \cdot f_0$.

הזרם במעגל נתון על-ידי הביטוי: $i(t) = 50 \cdot \sin(4\pi \cdot 10^4 \cdot t)$ [mA] .



א. חישוב רוחב הפס וגורם הטיב של המעגל :

$$\omega_0 = 4\pi \times 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \Rightarrow f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{4\pi \times 10^4}{2\pi} = 20\text{kHz}$$

$$BW = 0.15 \times f_0 = 0.15 \times 20,000 = 3\text{kHz}$$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0} \Rightarrow Q_0 = \frac{1}{0.15} = 6.667$$

ב. חישוב התנגדות הנגד והשראות הסליל. כיון שהמעגל במצב תהודה, מתקיים $X_L = X_C$.

$$X_C = \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{1}{4\pi \times 10^4 \times 3.98 \times 10^{-6}} = 2\Omega$$

$$X_L = X_C = 2\Omega$$

$$X_L = \omega_0 L \Rightarrow L = \frac{X_L}{\omega_0} = \frac{2}{4\pi \times 10^4} = 15.91\mu H$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R} \Rightarrow R = \frac{\omega_0 L}{Q_0} = \frac{4\pi \times 10^4 \times 15.91 \times 10^{-6}}{6.667} = 0.3\Omega$$

ג. חישוב מתח המקור. כיון שהמעגל בתהודה, העכבה הכללית של המעגל היא הנגד:

$$Z_T = R = 0.3\Omega$$

$$I_{Teff} = \frac{I_{TMax}}{\sqrt{2}} = \frac{50m}{\sqrt{2}} = 35.355mA$$

$$U_T = I_T \times R = 35.355m \angle 0^\circ \times 0.3 = 10.606 \angle 0^\circ mV$$

ד. חישוב תדרי מחצית ההספק של המעגל:

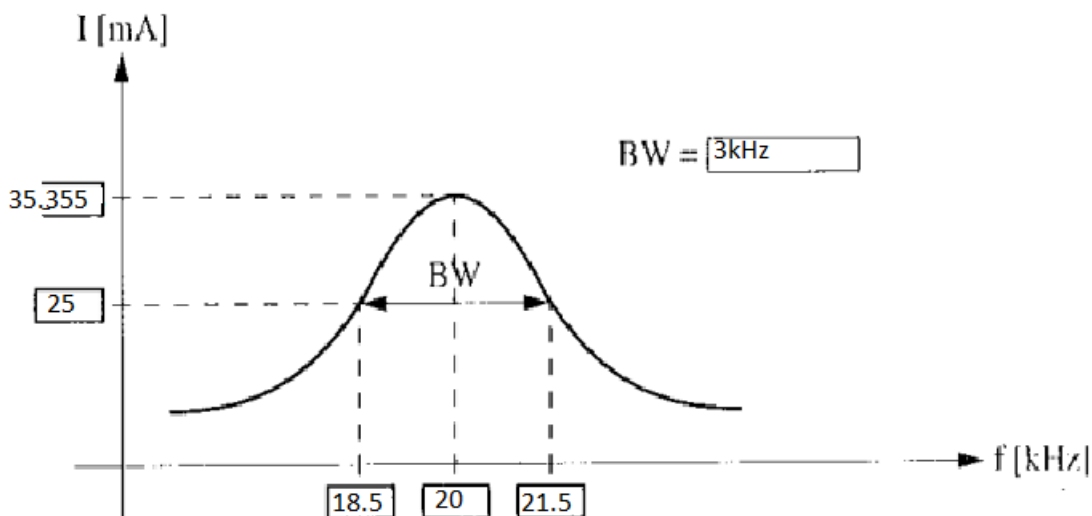
$$f_{1,2} = f_0 \pm \frac{BW}{2}$$

↓

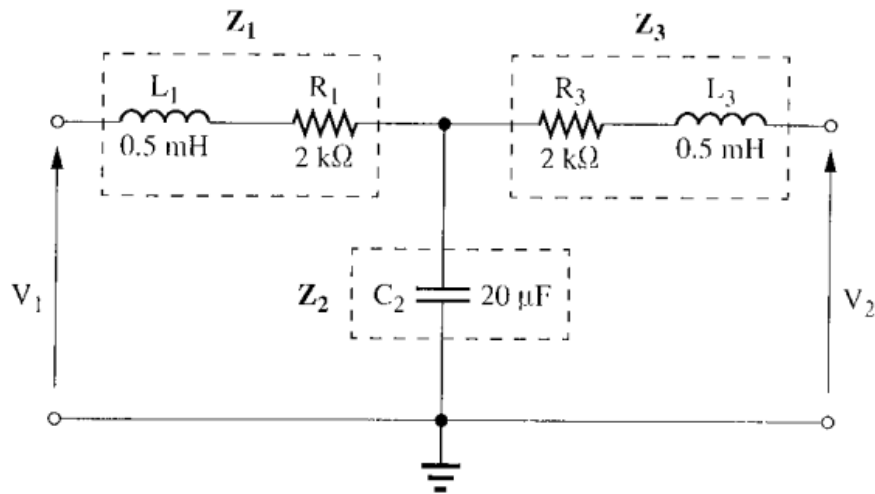
$$f_1 = 20k + 1.5k = 21.5kHz$$

$$f_2 = 20k - 1.5k = 18.5kHz$$

ה. עקום ההיענות של המעגל:



שאלה 7



א. (1) חישוב העכבות של הרשת :

$$\omega = 10k \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$X_{L1} = X_{L3} = \omega L = 10 \times 10^4 \times 0.5 \times 10^{-3} = 5\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10 \times 10^4 \times 20 \times 10^{-6}} = 5\Omega$$

$$Z_1 = Z_3 = R + jX_L = 2000 + j5\Omega$$

$$Z_2 = -jX_C = -j5\Omega$$

(2) חישוב מטריצת העכבות :

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_1 + Z_2 = 2k + j5 - j5 = 2k\Omega$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_2 = -j5\Omega$$

$$(Z) = \begin{pmatrix} 2k\Omega & -j5\Omega \\ -j5\Omega & 2k\Omega \end{pmatrix}$$

ב. חישוב מקדמי ABCD של הרשת:

$$A = 1 + \frac{Z_1}{Z_2} = 1 + \frac{2000 + j5}{-j5} = -1.5 + j1000$$

$$B = \frac{Z_1 \times Z_3}{Z_2} + Z_1 + Z_3 = \frac{(2000 + j5)^2}{-j5} + 2 \times (2000 + j5) = j800005$$

$$C = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{-j5} = j0.2$$

$$D = 1 + \frac{Z_3}{Z_2} = 1 + \frac{2000 + j5}{-j5} = -1.5 + j1000$$

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.5 + j1000 & j800005 \\ j0.2 & -1.5 + j1000 \end{pmatrix}$$

ג. חישוב זרם המבוא, כאשר מתח המבוא $V_1 = 12V$ והמוצא בקצר. נשתמש במשוואות של מקדמי ABCD, כאשר אנו יודעים שמתח המוצא $V_2 = 0V$ (קצר):

$$V_1 = AV_2 + BI_2$$

$$I_1 = CV_2 + DI_2$$

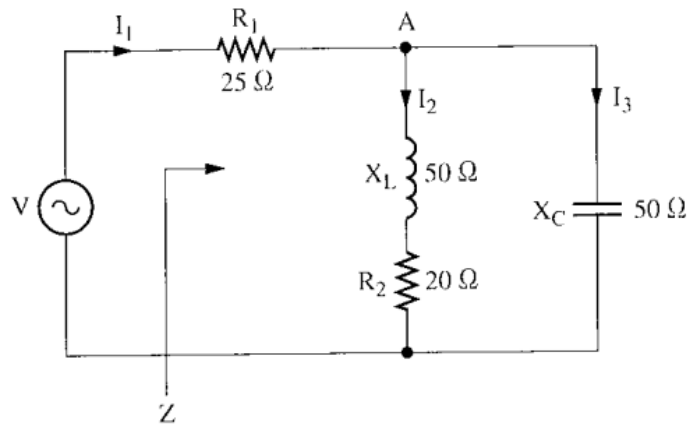
$$V_1 = 12 \angle 0^\circ$$

$$V_2 = 0V$$

↓

$$I_1 = 15mA \angle 0^\circ$$

שאלה 8



א. חישוב עכבה שקולה:

$$Z_T = R_1 + (Z_2 \parallel Z_3) = 25 + \frac{(20 + j50) \times (-j50)}{20 + j50 - j50}$$

$$Z_T = 150 - j50 \Omega$$

$$Z_T = 158.114 \angle -18.4^\circ \Omega$$

ב. חישוב הזרמים במעגל:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{1.58 \angle 18.4^\circ}{25} = 63.25 \angle 18.4^\circ \text{ mA}$$

$$I_2 = I_1 \times \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} = 63.25 \text{ m} \angle 18.4^\circ \times \frac{-j50}{20 + j50 - j50} = 158 \angle -71.6^\circ \text{ mA}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 63.25 \text{ m} \angle 18.4^\circ - 158 \text{ m} \angle -71.6^\circ = 170.3 \angle 86.6^\circ \text{ mA}$$

ג. חישוב הספק ממשי במעגל:

$$U_T = I_1 \times Z_T = 63.25 \text{ m} \angle 18.4^\circ \times 158.114 \angle -18.4^\circ \approx 10 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$S = U_T \times I_T^* = 10 \angle 0^\circ \times 63.25 \text{ m} \angle -14.4^\circ$$

$$S = 0.6 - j0.2 \text{ VA}$$

$$P = 0.6 \text{ W}$$

פרק שלישי: אנגלית טכנית

שאלה 9

- א. מחשוב הטרונגי מתייחס למערכות המשתמשות ביותר מסוג אחד של מעבדים על מנת לבצע פעולות עיבוד מיוחדות.
- ב. דוגמה למערכת מחשוב הטרונגית, היא מערכת מחשוב גרפית בה קיימים שני סוגי מעבדים :
 - מעבד גרפי (GPU) האחראי על כל פעולות העיבוד והחישוב הקשורים לגרפיקה.
 - מעבד מרכזי (CPU) שאחראי לכל מעולות הרקע של מערכת ההפעלה וניהול רשת הנתונים.
- ג. מחשוב מקבילי הוא היכולת של מחשבים לבצע מספר פעולות במקביל. עיקרון הפעולה של מחשוב מקבילי, הוא חלוקה של הבעיות הגדולות לבעיות קטנות, ואז לפתור את הבעיות הקטנות בעבודה בו זמנית, במקביל. מחשוב מקבילי קיים בצורות שונות : ברמת הביט, ברמת ההוראות, ברמת המידע וברמת המשימה.
- ד. השימוש במחשוב ההטרונגי דורש פיתוח של שפת תכנות חדשה על מנת שניתן יהיה לנצל את רכיבי החומרה החדשים אשר משתתפים בצורת מחשוב זו. לדוגמה, OpenCL של חברת Apple מאפשרת כתיבת תוכנה עבור רכיבים שונים (CPU, GPU, DSP, FPGA) וכוללת גם ממשק לחיבור בין כל חלקי התכנה.

שאלה 10

- א. הרכיב יכול להפעיל עד שני מנועי זרם ישר (DC Motor) בו זמנית, או מנוע צעד (Step Motor) אחד.
- ב. הרכיב מסוגל לספק זרם של עד 1A לערוץ.
- ג. $IN1=1$. $IN2=0$
- ד. כאשר הצומת מגיעה לטמפרטורה של 165 מעלות, הרכיב יפסיק את פעולת המוצאים.
- ה. כאשר כניסת הבקרה במצב נמוך (Low) הרכיב נכנס ל"מצב שינה". במצב זה חלק גדול מהמעגלים הפנימיים מפסיקים את פעולתם. בין היתר מופסקים דוחפי הזרם של המוצאים, המווסתים הפנימיים ומשאבת הטעינה. כאשר מעבירים את כניסת הבקרה למצב גבוה (High) הרכיב יוצא ממצב שינה. במקרה זה יש לאפשר לרכיב 1.5 מילי שניות לפני שליחת פקודה, לצורך התייצבות של הווסת הפנימי ושל משאבת הטעינה.