

## פתרון מוצע לבחינת מה"ט באלקטרוניקה ספרתית

קיץ 2019 מועד ב'

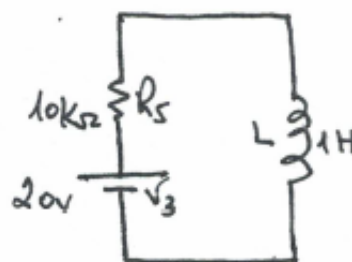
מחבר: מר פופקו צבי, מכללת אודת סינגאלובסקי

### שאלה מספר 1:

- א. נכון  
בשיטת המשלים ל – 1 הנספר אפס מיוצג כאשר כל הסיביות הן 0 או כל הסיביות הן 1.
- ב. לא נכון  
כדי לממש DFF באמצעות SRFF יש לחבר בין הכניסות S ו R מהפך לוגי.
- ג. לא נכון  
עקב כיוון הזרם מהמקור  $V_{DC}$ , לאחר זמן רב מתח המוצא יגיע ל –  $V_{EE}$ .
- ד. לא נכון  
בממיר v/f תדר המוצא יחסי למתח הכניסה.

### שאלה מספר 2:

א. עבור  $0 < t < 200\mu\text{sec}$  (המפסק במצב 4)



$$V_L(0^+) = 20V, V_L(\infty) = 0, \tau = \frac{L}{R_5} = \frac{1}{10 \cdot 10^3} = 0.1\text{msec}$$

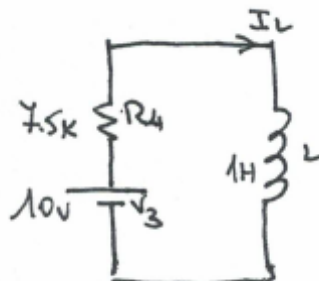
$$V_L(t) = 0 - [0 - 20]e^{-\frac{t}{0.1}} = 20 \cdot e^{-\frac{t}{0.1}}$$

$$V_L(200\mu) = 20 \cdot e^{-\frac{0.2}{0.1}} = 2.7V$$

$$I_L(200\mu) = \frac{V_3 - V_2(200\mu)}{R_5} = \frac{20 - 2.7}{10} = 1.73\text{mA}$$

ב.

כאשר המפסק במצב 3 מתקבל המעגל הבא:



$$I_L(0^+) = 1.73mA \quad (\text{אין קפיצות זרם בסליל בזמן המיתוג})$$

$$I_L(\infty) = \frac{V_3}{R_4} = \frac{10}{7.5} = 1.33mA \quad (\text{עבור } t \rightarrow \infty \text{ הסליל קצר})$$

$$\tau = \frac{L}{R_4} = \frac{1}{7.5 \cdot 10^3} = 0.13msec$$

$$I_L(t) = 1.5mA$$

$$t = \tau \ln \left[ \frac{I_L(\infty) - I_L(0^+)}{I_L(\infty) - I_L(t)} \right] = 0.13 \ln \left[ \frac{1.33 - 1.73}{1.33 - 1.5} \right] = 0.111msec = 111\mu sec$$

המפסק היה במצב 3 במהלך 111μsec.

ג.  $200\mu sec > t > 0$  (המפסק במצב 4)  
חושב בסעיף א'

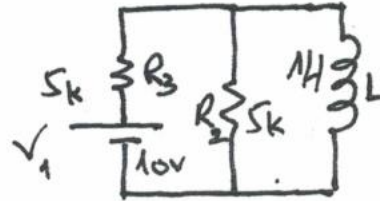
$$311\mu sec > t > 200\mu sec \quad (\text{המפסק במצב 3})$$

ברגע המיתוג למצב 3 הזרם דרך הסליל לא משתנה ולכן

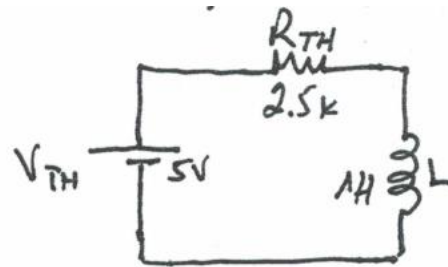
$$V_L(200\mu^+) = V_3 - I_L(200\mu) \cdot R_4 = 10 - 1.73 \cdot 7.5 = -2.975V$$

$$V_L(311\mu^-) = V_3 - I_L(300\mu) \cdot R_4 = 10 - 1.5 \cdot 7.5 = -1.25V$$

(המפסק במצב 2)  $411\mu\text{sec} > t > 311\mu\text{sec}$



לאחר טבנין נקבל מעגל שקול:



$$\tau = \frac{L}{R_{TH}} = \frac{1}{2.5 \cdot 10^3} = 0.4\text{msec} = 400\mu\text{sec}$$

$$V_L(\infty) = 0, V_L(311\mu^+) = V_{TH} - I_L(311\mu)R_{TH} = 5 - 1.5 \cdot 2.5 = 1.25V$$

$$V_L(t) = 0 - [0 - 1.25]e^{-\frac{t}{400}} = 1.25e^{-\frac{t}{400}}$$

$$V_L(411\mu) = 1.25e^{-\frac{100}{400}} = 0.97V$$

$$I_L(411\mu) = \frac{V_{TH} - V_L}{R_{TH}} = \frac{2.5 - 0.9}{2.5} = 0.64\text{mA}$$

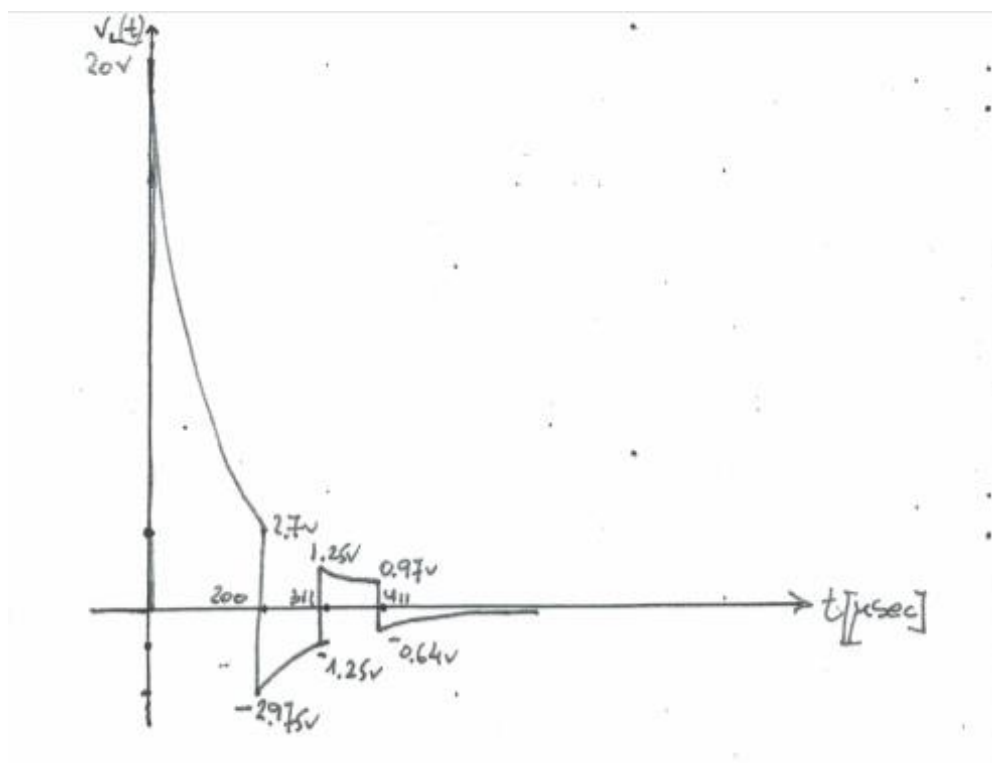
(המפסק במצב 4)  $t > 411\mu\text{sec}$



$$V_L(411\mu^+) = -I_L \cdot R_1 = -0.64 \cdot 1 = -0.64V$$

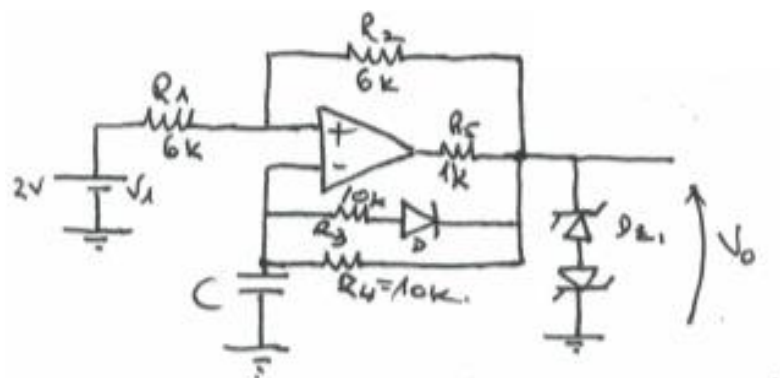
$$V_L(\infty) = 0, \tau = \frac{L}{R_1} = 1\text{msec}$$

$$V_L(t) = 0 - [0 - (-0.64)]e^{-\frac{t}{1}} = -0.64e^{-t}$$



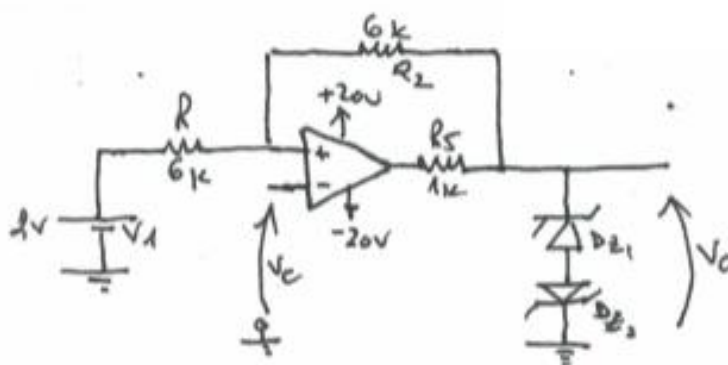
### שאלה מספר 3:

**הערה:** יש טעות בשרטוט! הדקי המבוא למגבר שרת צריכים להיות הפוכים כפי שמתואר בשרטוט הבא:



א.

חשוב ושרטוט אופיין מעבר  $V_0 = f(V_c)$



$V_0$  יכול לקבל ערכים:  $\pm(V_z + V_{Don}) = \pm 6V$

נבטא את המתח בהדק ה- (+) של מגבר השרת:

$$V(+)=V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}+V_0 \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}=1+0.5V_0$$

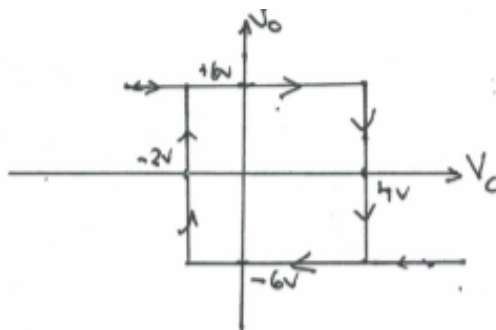
נציב  $V_0 = +6V$

$$V_{T+}=V(+)=1+0.5 \cdot 6=4V$$

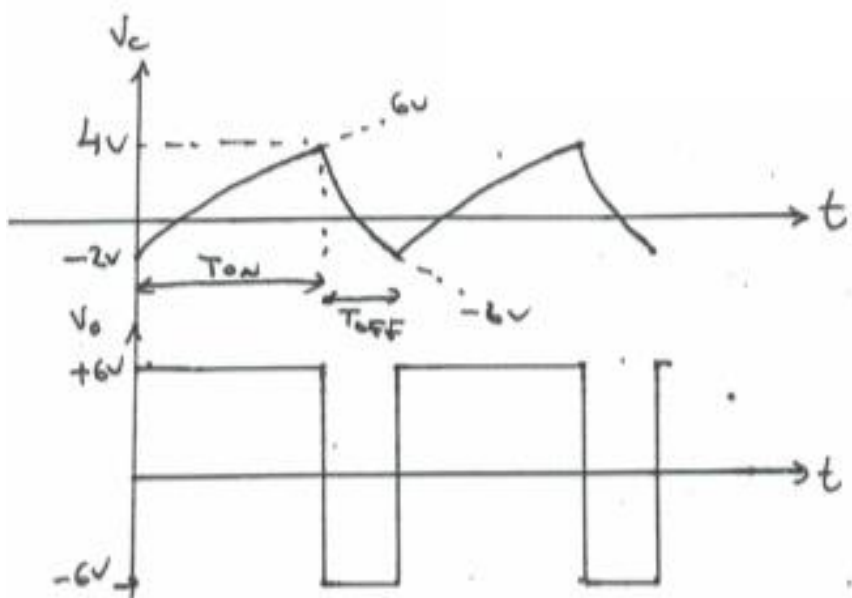
נציב  $V_0 = -6V$

$$V_{T-}=V(+)=1-0.5 \cdot 6=-2V$$

אופיין מעבר



ב.



ג.

חישוב  $T_{on}$  (D-off)

$$\tau = R_4 \cdot C = 10 \cdot 1 = 10 \text{ msec}, \quad V_c(0^+) = -2V, \quad V_c(\infty) = 6V,$$

$$V_c(t) = 4V$$

$$T_{on} = 10 \ln \left[ \frac{6 - (-2)}{6 - 4} \right] = 13.86 \text{ msec}$$

חישוב  $T_{off}$  (D-on)

$$\tau = (R_3 || R_4)C = 5msec, \quad V_c(0^+) = 4V, \quad V_c(\infty) = -6V, \\ V_c(t) = -2V$$

$$T_{off} = 5 \ln \left[ \frac{-6 - 4}{-6 - (-2)} \right] = 4.58 msec$$

$$T = T_{on} + T_{off} = 13.86 + 4.58 = 18.44 msec$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{18.44 \cdot 10^{-3}} = 54.2 Hz$$

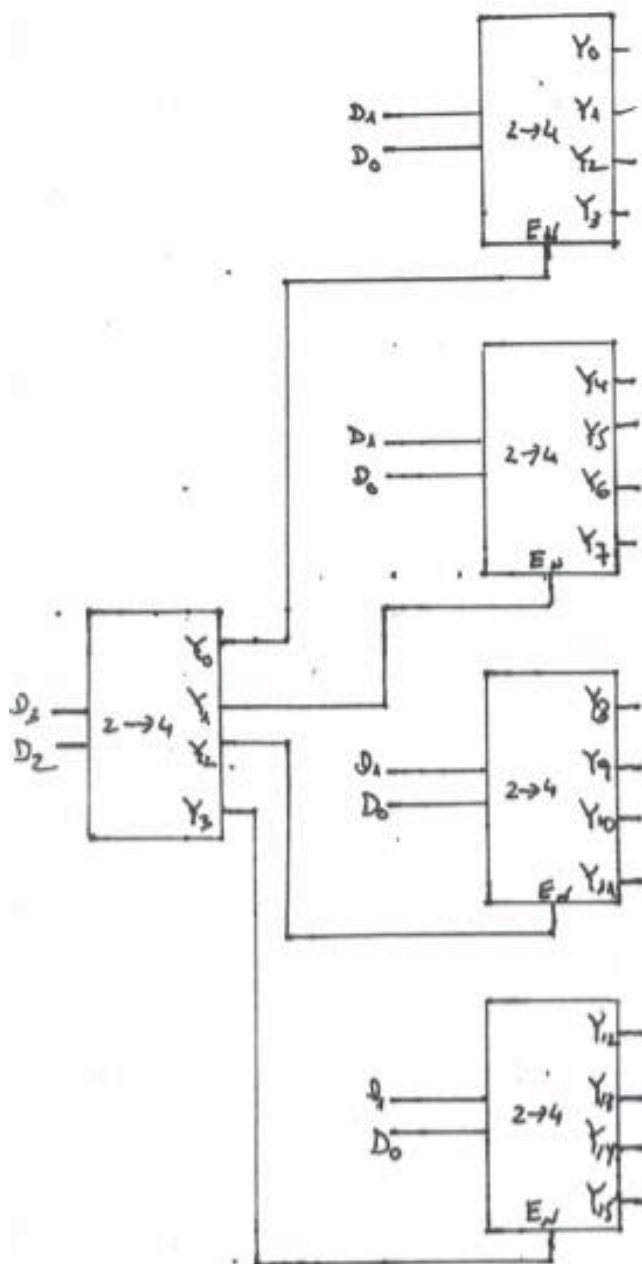
$$D.C = \frac{T_{on}}{T} \cdot 100 = \frac{13.68}{18.44} \cdot 100 = 75.16\%$$

**.ד**

תפקיד הנגד  $R_5$  להגביל את הזרם שזורם דרך דיודת הזנר ואת זרם המוצא של מגבר שרת.

## שאלה מספר 4:

א.



ב.

נפרק את הפונקציה לחלקים:

$$X = \overline{A\bar{B} + B\bar{C}} = (\bar{A} + B)(\bar{B} + C) = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}C + B\bar{B} + BC$$

$$Y = \overline{A\bar{C} + X} = \overline{A\bar{C} + \bar{A}\bar{B} + \bar{A}C + BC} = \overline{\bar{A} + \bar{A}\bar{B} + BC}$$

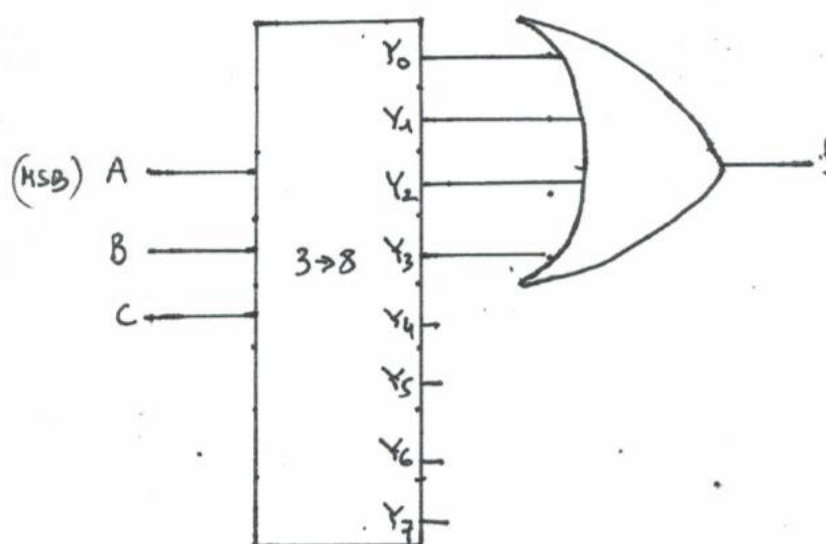
$$Y = \overline{\bar{A} + BC} = A(\bar{B} + \bar{C}) = A\bar{B} + A\bar{C}$$

$$f(ABC) = \overline{ABC + Y} = \overline{ABC + A\bar{B} + A\bar{C}} = \overline{A(BC + \bar{B} + \bar{C})} = \overline{A(C + \bar{B}) + A\bar{C}} \\ = \overline{AC + A\bar{B} + A\bar{C}} = \overline{A + A\bar{B}} = \bar{A}$$

טבלת האמת של הפונקציה  $f(ABC)$ :

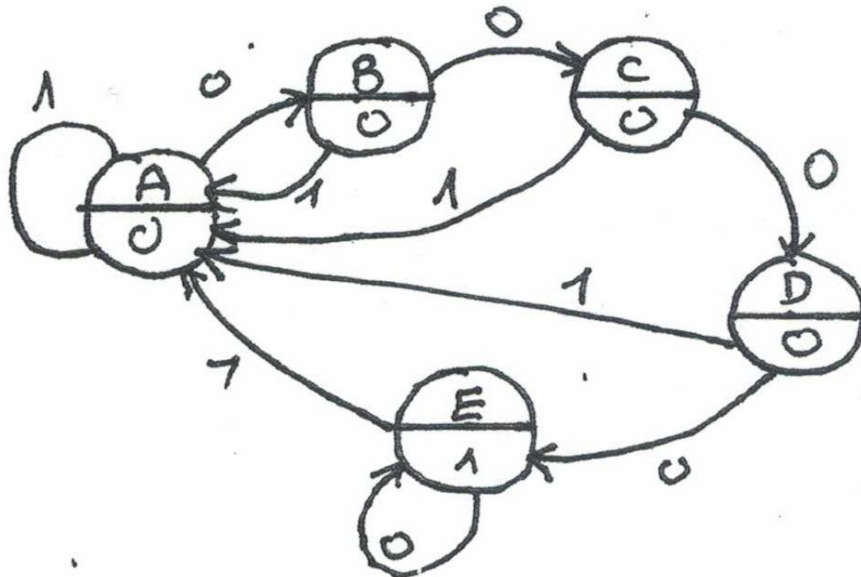
| A | B | C | F |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

מימוש עם מפענח  $3 \rightarrow 8$ :



### שאלה מספר 5:

א.  
דיאגרמת מצבים:



A – מחוץ לרצף האפסים.  
B 0 ראשון.  
C שני 0.  
D שלושה 0.  
E ארבעה 0 לפחות.

ב.  
הקצאה:

|   | $q_2$ | $q_1$ | $q_0$ |
|---|-------|-------|-------|
| A | 0     | 0     | 0     |
| B | 0     | 0     | 1     |
| C | 0     | 1     | 0     |
| D | 0     | 1     | 1     |
| E | 1     | 0     | 0     |

טבלת מצבים:

| P.S | X | N.S | Y |
|-----|---|-----|---|
| A   | 0 | B   | 0 |
| A   | 1 | A   | 0 |
| B   | 0 | C   | 0 |
| B   | 1 | A   | 0 |
| C   | 0 | D   | 0 |
| C   | 1 | A   | 0 |
| D   | 0 | E   | 0 |
| D   | 1 | A   | 0 |
| E   | 0 | E   | 1 |
| E   | 1 | A   | 1 |

| P.S   |       |       | X | טבלת מעברים<br>N.S |       |       | טבלת עירור |       |       | Y |
|-------|-------|-------|---|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|---|
| $Q_2$ | $Q_1$ | $Q_0$ |   | $Q_2$              | $Q_1$ | $Q_0$ | $D_2$      | $D_1$ | $D_0$ |   |
| 0     | 0     | 0     | 0 | 0                  | 0     | 1     | 0          | 0     | 1     | 0 |
| 0     | 0     | 0     | 1 | 0                  | 0     | 0     | 0          | 0     | 0     | 0 |
| 0     | 0     | 1     | 0 | 0                  | 1     | 0     | 0          | 1     | 0     | 0 |
| 0     | 0     | 1     | 1 | 0                  | 0     | 0     | 0          | 0     | 0     | 0 |
| 0     | 1     | 0     | 0 | 0                  | 1     | 1     | 0          | 1     | 1     | 0 |
| 0     | 1     | 0     | 1 | 0                  | 0     | 0     | 0          | 0     | 0     | 0 |
| 0     | 1     | 1     | 0 | 1                  | 0     | 0     | 1          | 0     | 0     | 0 |
| 0     | 1     | 1     | 1 | 0                  | 0     | 0     | 0          | 0     | 0     | 0 |
| 1     | 0     | 0     | 0 | 1                  | 0     | 0     | 1          | 0     | 0     | 1 |
| 1     | 0     | 0     | 1 | 0                  | 0     | 0     | 0          | 0     | 0     | 1 |

ג.

$$D_2 = \bar{Q}_2 Q_1 Q_0 + Q_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_0$$

$$D_1 = \bar{Q}_2 \bar{Q}_1 Q_0 + \bar{Q}_2 Q_1 Q_0$$

$$D_0 = \bar{Q}_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + \bar{Q}_2 Q_1 \bar{Q}_0$$

## שאלה מספר 6:

א.

$V_{in}$  המזערי יחושב כאשר הטרנזיסטור על סף רוויה – תחום פעיל בו מתקיים:

$$V_{CE} = V_{CEs} \quad \beta I_{B_{min}} = I_C$$

במצב היציב הסליל קצר ולכן  $V_L = 0$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CEs}}{r_L} = \frac{12 - 0.2}{0.1} = 118mA$$

$$I_{B_{min}} = \frac{I_C}{\beta} = \frac{118}{80} = 1.475mA$$

$$V_{in_{min}} = I_{B_{min}} \cdot R_B + V_{BE} = 1.475 \cdot 1 + 0.7 = 2.175V$$

$$V_{in} = 2.175V$$

ב.

רוחב הדופק המינימלי צריך להבטיח שהזרם דרך הסליל יגיע לזרם התפיסה – 80mA.

$$I_L(0^+) = 0 \quad I_L(\infty) = 118mA \quad \tau = \frac{L}{r_L} = \frac{1}{100} = 10msec \quad I_L(t) = 80mA$$

$$t = \tau \ln \frac{I_L(\infty) - I_L(0^+)}{I_L(\infty) - I_L(t)} = 10 \ln \left( \frac{118 - 0}{118 - 80} \right) = 11.33msec$$

ג.

כדי לשחרר את הממסר יש להכניס את הטרנזיסטור לקטעון ואז הזרם דרך הסליל יתפרק דרך הדיודה.

$$I_L(\infty) = 0 \quad I_L(0^+) = 118mA \quad \tau = 10msec \quad I_L(t) = 30mA$$

$$t = 10 \ln \left( \frac{118 - 0}{118 - 30} \right) = 13.69msec$$

ד.

תפקיד הדיודה להבטיח מסלול פריקה לזרם דרך הסליל ולמנוע קפיצת מתח גבוהה בקולקטור במעבר הטרנזיסטור מרוויה לקטעון.

## שאלה מספר 7:

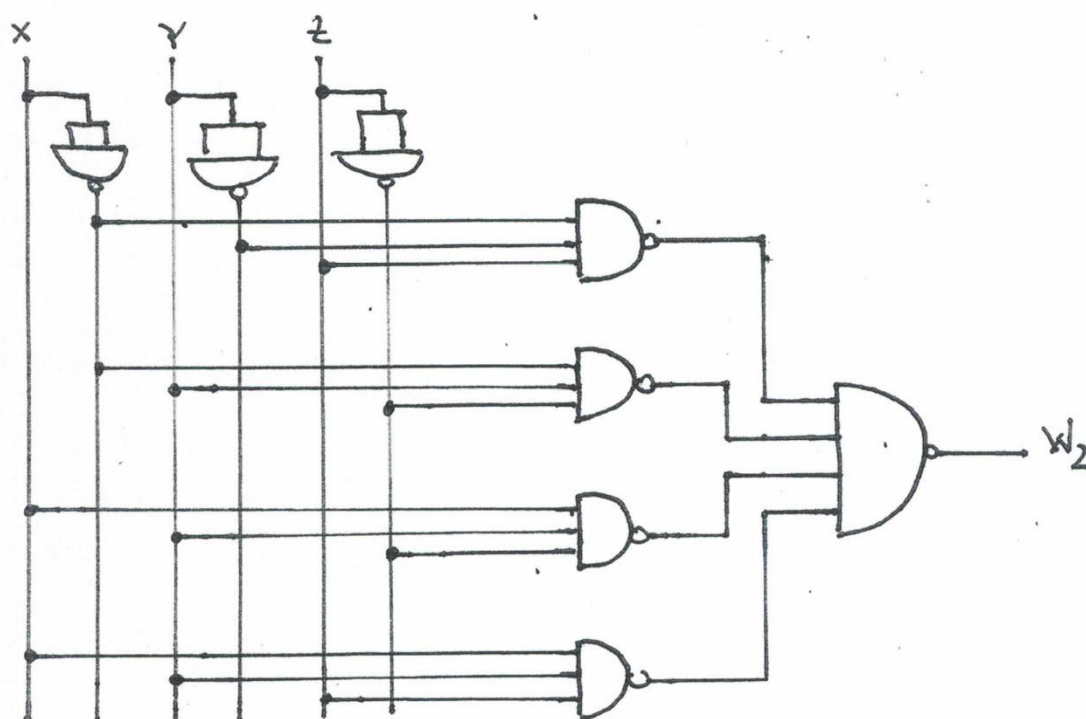
א.

| X | Y | Z | $W_1$ | $W_2$ | $W_T$ |
|---|---|---|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0     | 0     | 0     |
| 0 | 0 | 1 | 1     | 1     | 0     |
| 0 | 1 | 0 | 0     | 1     | 1     |
| 0 | 1 | 1 | 1     | 0     | 1     |
| 1 | 0 | 0 | 0     | 0     | 0     |
| 1 | 0 | 1 | 1     | 0     | 1     |
| 1 | 1 | 0 | 0     | 1     | 1     |
| 1 | 1 | 1 | 1     | 1     | 0     |

ב.

$$W_2 = \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}y\bar{z} + xy\bar{z} + xyz$$

$$W_2 = \overline{\bar{x}\bar{y}z} \cdot \overline{\bar{x}y\bar{z}} \cdot \overline{xy\bar{z}} \cdot \overline{xyz}$$

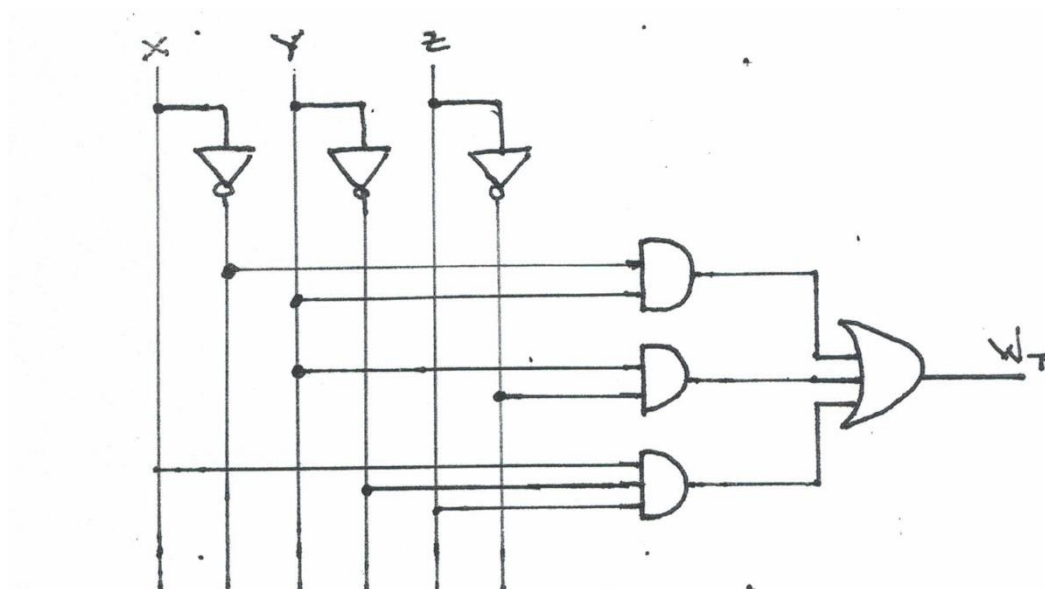


ג.

פישוט הפונקציה  $W_T$ :

| $x \backslash yz$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------------|----|----|----|----|
| 0                 |    | 1  | 1  |    |
| 1                 |    | 1  |    | 1  |

$$W_T = \bar{x}y + y\bar{z} + x\bar{y}z$$



## שאלה מספר 8:

א.

ברגע תחילת ההמרה, יחידת SAR מפיקה 10000000 (MSB=1), שאר הסיביות (0).  
 ערך זה מייצג כמחצית מתחום D/A. אם  $V_i > V_{DAC}$  המשווה ברוויה חיובית ובדופק  
 השעון הבא שיגיע סיבית MSB תישאר 1.  
 אם  $V_{DAC} > V_i$  המשווה ברוויה שלילית ובדופק השעון הבא שיגיע סיבית MSB תתאפס  
 - 0.  
 כעת סיבית 1 – MSB תעלה ל-1 ותהליך הבדיקה יחזור על עצמו.  
 ממשיכים את הבדיקה עד שמסיימים לבדוק את סיבית ה- LSB ואז מסתיימת ההמרה  
 והדק EOC מציין על סיום ההמרה.

ב.

$$V_{DAC} = \frac{V_{REF}}{2^n} \cdot (N) = \frac{2.55}{256} (N)$$

ח – מספר הסיביות

N – הערך העשרוני של המספר הבינארי בכניסת ה-DAC.

בסעיף זה  $V_{in} = 1.5V$

| שעון        | מוצא משווה | השוואה         | N    | מבוא DAC |
|-------------|------------|----------------|------|----------|
| 1           | 1          | $V_i > 1.275V$ | 128  | 10000000 |
| 2           | 0          | $V_i > 1.912V$ | 1.92 | 11000000 |
| 3           | 0          | $V_i > 1.593V$ | 160  | 10100000 |
| 4           | 1          | $V_i > 1.434V$ | 144  | 10010000 |
| 5           | 0          | $V_i > 1.514V$ | 152  | 10011000 |
| 6           | 1          | $V_i > 1.474V$ | 148  | 10010100 |
| 7           | 1          | $V_i > 1.494V$ | 150  | 10010110 |
| 8           | 0          | $V_i > 1.504V$ | 151  | 10010111 |
| 9           |            |                |      | 10010110 |
| תוצאה סופית |            |                |      |          |

ג.

זמן ההמרה

$$t_{conv} = h \cdot \frac{1}{f_{clk}} = \frac{8 \cdot 1}{8 \cdot 10^6} = 1\mu sec$$