

פתרון מוצע לבחינת מה"ט באלקטרוניקה ספרתית

אביב תשע"ט מועד ב'

מחבר: מר פופקו צבי, מכללת אורט סינגאלובסקי

שאלה מספר 1:

א.

$$(11110)_2 = 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 = (30)_{10}$$

$$(110)_{16} = 0 \cdot 16^0 + 1 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^2 = 272$$

$$(80)_{10} + (30)_{10} \neq (272)_{10}$$

תשובה לא נכונה.

ב. עבור "1" $V_A = V_B$ הטרנזיסטורים מוליכים ו $V_0 = "0"$.

עבור שאר הצירופים אחד הטרנזיסטורים לפחות בקטעון ו- $V_0 = "1"$

המעגל משמש כשער NAND.

תשובה נכונה.

ג. המעגל משמש כאינטגרטור.

תשובה לא נכונה.

ד. זמן ההשהיה הכללי תלוי בזמן ההשהיה של הדלגלג האיטי ביותר (בתוספת ההשהיה

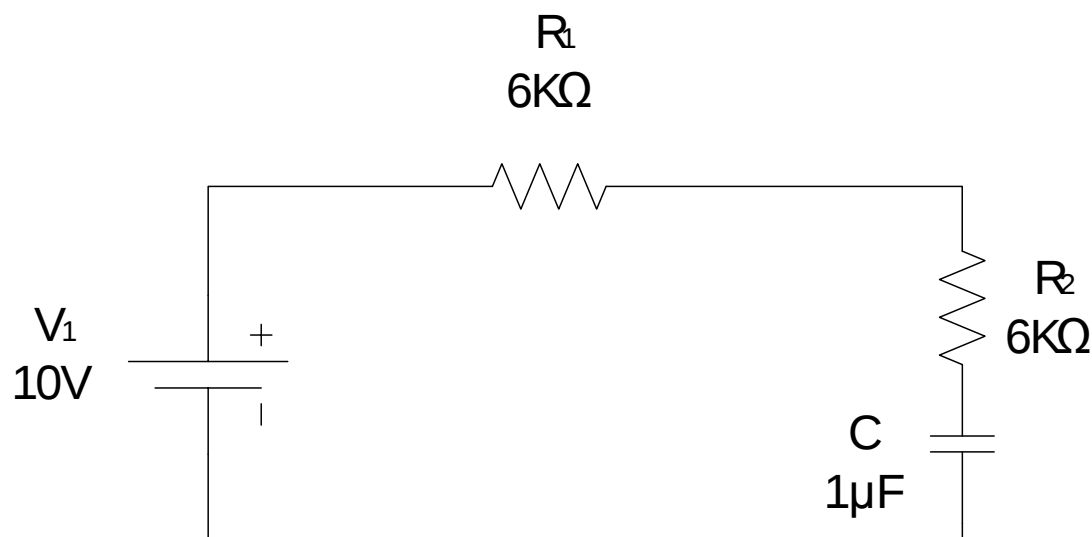
של השערים הלוגים).

תשובה לא נכונה.

שאלה מספר 2:

א. עבור $24m \text{ sec} \geq t \geq 0$

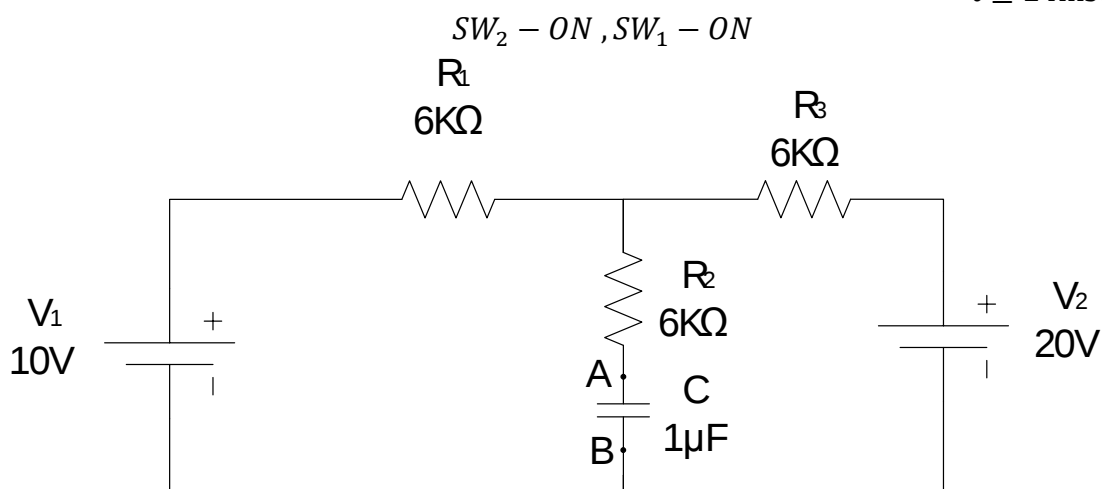
$SW_2 - OFF, SW_1 - ON$



$$\tau = (R_1 + R_2) = 12 \cdot 1 = 12msec, V_C(0^+) = 0, V_C(\infty) = 10V$$

$$V_C(24m) = 10 - (10 - 0)e^{-\frac{24}{12}} = 10 - 10e^{-2} = 8.64V$$

ב. $t \geq 24msec$

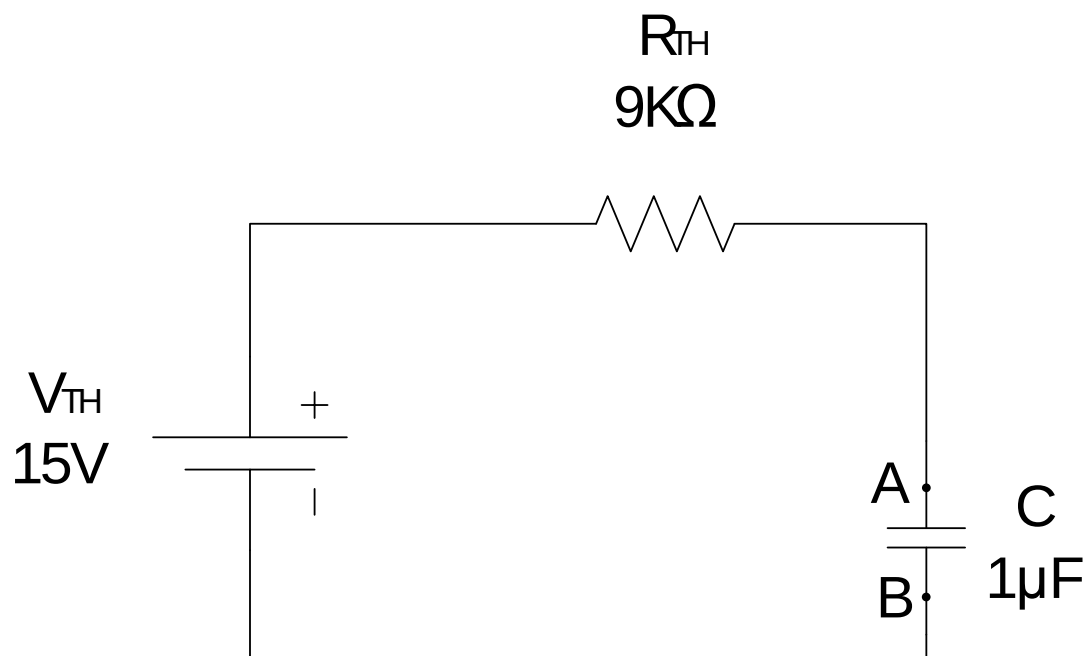


נבצע שוב טבנין בין הנקודות AB (הקבל – עומס).

$$R_{TH} = R_1 || R_3 + R_2 = 9K\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{10 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + \frac{20 \cdot R_1}{R_1 + R_3} = 5 + 10 = 15V$$

מעגל שקול טבנין

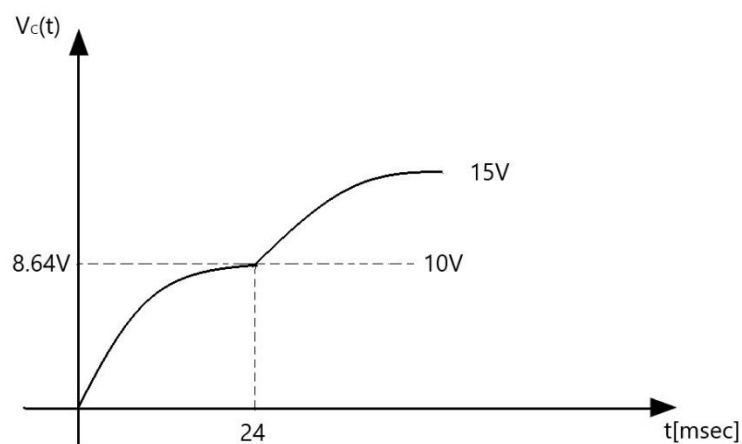


$$\tau = R_{eq} \cdot C = 9 \cdot 1 = 9msec$$

$$V_C(0^+) = 8.64V$$

$$V_C(\infty) = 15V$$

$$V_C(t) = 15 - [15 - 8.64]e^{-\frac{t}{9}} = 15 - 6.36e^{-\frac{t}{9}}$$



ג.
t=?

$$\tau = 12msec, V_C(0^+) = 0, V_C(\infty) = 10V, V_C(t) = 8V$$

$$t = \tau \ln \left[\frac{V_C(\infty) - V_C(0^+)}{V_C(\infty) - V_C(t)} \right] = 12 \ln \left[\frac{10 - 0}{10 - 8} \right] = 12 \ln \left(\frac{10}{2} \right) = 19.31 \text{ msec}$$

שאלה מספר 3:

א. נניח שהטרנזיסטור אכן ברוויה:

$$I_B = I_{R_{B1}} - I_{R_{B2}} = \frac{5 - V_{BE}}{R_{B1}} - \frac{V_{BE}}{R_{B2}} = \frac{5 - 0.7}{20} - \frac{0.7}{20} = 0.18 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{CE5}}{R_C} = \frac{5 - 0.2}{0.5} = \frac{4.8}{0.5} = 9.6 \text{ mA}$$

נבדוק האם מתקיים תנאי הרוויה:

$$\beta I_B > I_C$$

$$100 \cdot 0.18 = 18 > 9.6$$

הטרנזיסטור ברוויה!

ב.

טבלת אמת

V_A	V_B	X	V_0
0V	0V	OFF	5V
0V	5V	ON	0.2V
5V	0V	ON	0.2V
5V	5V	ON	0.2V

המעגל משמש כשער NOR

ג.

V_{in} המינימלי יחושב כאשר " $V_A = 1$ ", " $V_B = 0$ " והטרנזיסטור נמצא על סף רוויה תחום פעיל:

$$\beta I_{B_{min}} = I_C$$

$$I_{B_{min}} = I_{R_{B1}} - I_{R_{B2}} = \frac{V_{i_{min}} - 0.7}{20} - \frac{0.7}{20} = \frac{V_{i_{min}} - 1.4}{20}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE5}}{R_C} = \frac{5 - 0.2}{0.5} = 9.6 \text{mA}$$

על סף רוויה תחום פעיל מתקיים:

$$\beta I_B = I_C$$

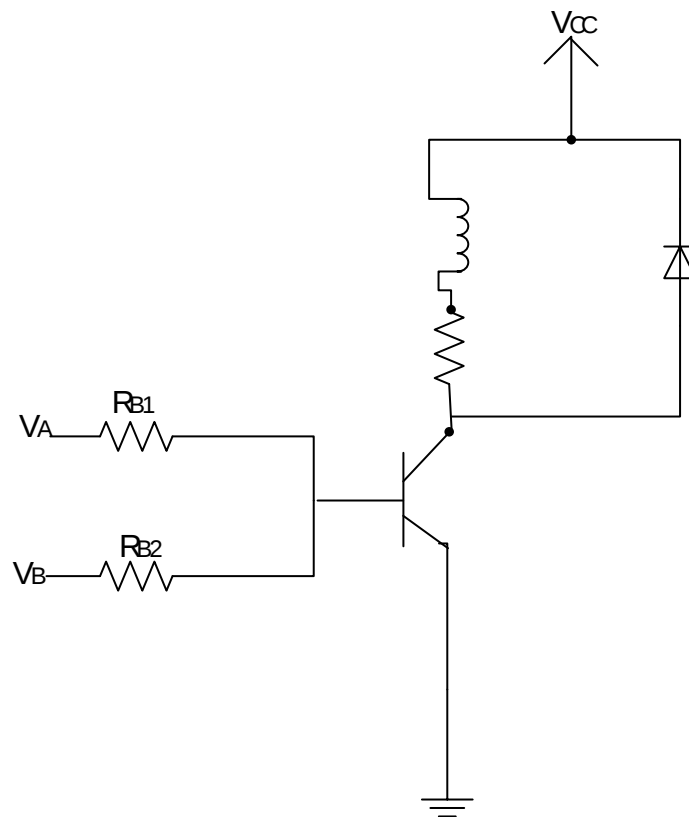
$$100 \cdot \frac{(V_{i_{min}} - 1.4)}{20} = 9.6$$

$$5(V_{i_{min}} - 1.4) = 9.6$$

$$V_{i_{min}} - 1.4 = 1.92$$

$$V_{i_{min}} = 3.32 \text{V}$$

ד.



שאלה מספר 4:

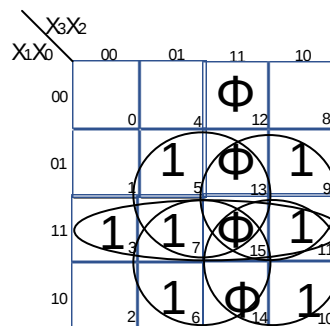
א.

$$X_3X_2X_1X_0 - A$$

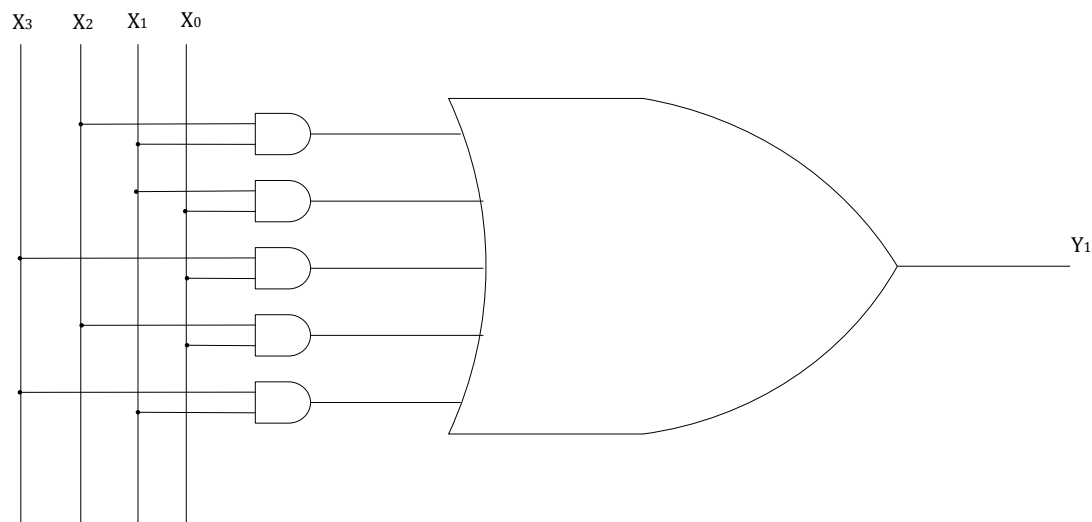
$$Y_1Y_0 - Y$$

X_3	X_2	X_1	X_0	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	Φ	Φ
1	1	0	1	Φ	Φ
1	1	1	0	Φ	Φ
1	1	1	1	Φ	Φ

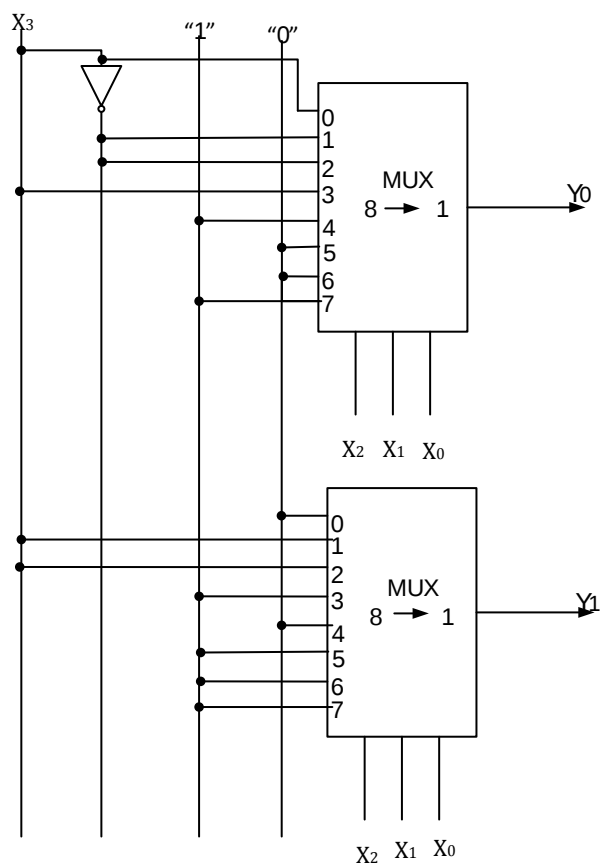
ב.



$$Y_1 = X_2X_0 + X_1X_0 + X_3X_0 + X_2X_1 + X_3X_1$$



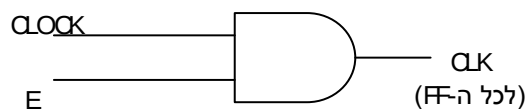
ג.



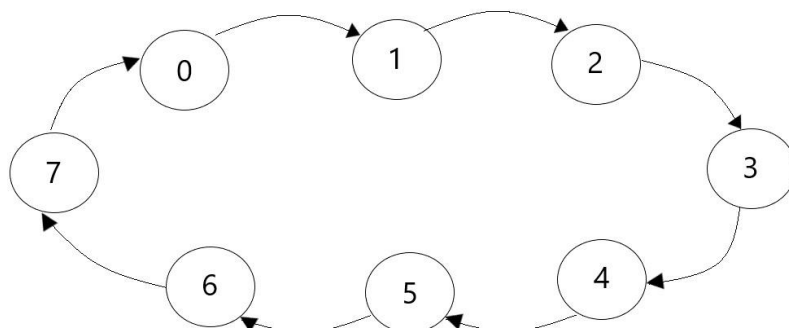
שאלה מספר 5:

הערה:

את כניסת ה-CLK לכל ה-FF יש לחבר למוצא שער ה-AND :



א.



ב.

P.S			טבלת מעברים N.S			טבלת עכוב		
Q_2	Q_1	Q_0	Q_2	Q_1	Q_0	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0

ג.

D₂

	00	01	11	10
Q ₃ Q ₂			1	1
Q ₀				
0				
1		1		1

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

D₁

	00	01	11	10
Q ₃ Q ₂			1	1
Q ₀				
0				
1	1			1

$$D_1 = Q_1 \bar{Q}_0 + \bar{Q}_1 Q_0 = Q_1 \oplus Q_0$$

D₀

	00	01	11	10
Q ₃ Q ₂				
Q ₀				
0	1	1	1	1
1				

$$D_0 = \bar{Q}_0$$

שאלה מספר 6:

א.

אופיין מעבר $V_{02} = f(V_C)$

נחשב את מתחי הסף של משוואה השמיט טריגר:

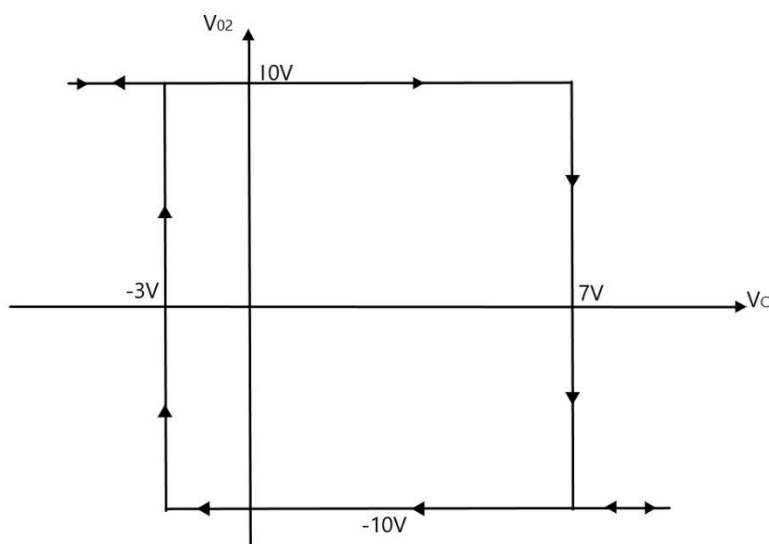
$$V(+)=\text{כניסת ה} (+) \text{ של המשוואה} = \frac{V_{02} \cdot R_4}{R_4 + R_5} + \frac{V_1 \cdot R_5}{R_5 + R_4} = 0.5V_{02} + 4 \cdot 0.5 = 0.5V_{02} + 2$$

$$\text{נציב: } V_{02} = V_Z + V_D = 9.3 + 0.7 = 10V$$

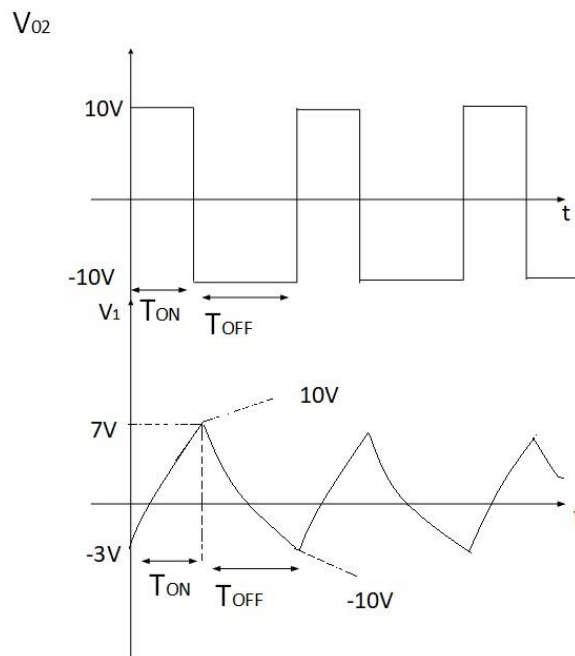
$$V(+)=0.5 \cdot 10 + 2 = 7V$$

$$\text{נציב: } V_{02} = -(V_Z + V_D) = -10V$$

$$V(+)=0.5(-10) + 2 = -3V$$



ב.



ג.

חישוב T_{ON}

$$\begin{aligned}
 D_1 - ON \\
 V_C(0^+) = -3V, \quad V_C(\infty) = 10V \\
 \tau = (R_2 || R_3) \cdot C = 5 \cdot 1 = 5msec, \quad V_C(T_{ON}) = 7V \\
 T_{ON} = 5 \ln \left(\frac{10 - (-3)}{10 - 7} \right) = 5 \ln \left(\frac{13}{3} \right) = 7.33msec
 \end{aligned}$$

חישוב T_{OFF}

$$\begin{aligned}
 D_1 - OFF \\
 V_C(0^+) = 7V, \quad V_C(\infty) = -10V \\
 \tau = R_3 \cdot C = 10 \cdot 1 = 10msec, \quad V_C(T_{OFF}) = -3V \\
 T_{OFF} = 10 \ln \left(\frac{-10 - 7}{10 - (-3)} \right) = 10 \ln \left(\frac{17}{7} \right) = 8.8msec \\
 T = T_{ON} + T_{OFF} = 7.33 + 8.8 = 16.12msec \\
 f = \frac{1}{T} = \frac{1}{16.12} = 0.062KHz = 62Hz \\
 D.C = \frac{T_{ON}}{T} \cdot 100 = \frac{7.33}{16.12} \cdot 100 = 45.47\%
 \end{aligned}$$

ד.

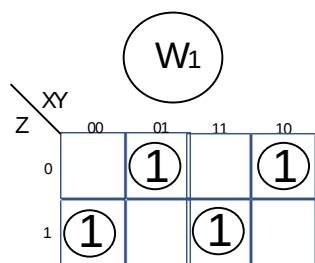
תפקיד הנגד R_1 להגביל את הזרם דרך דיודת הזנר ואת זרם המוצא ממגבר השרת.

שאלה מספר 7:

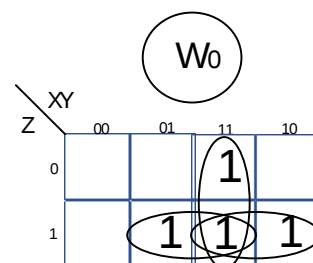
א.

X	Y	Z	W_1	W_0
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

ב.

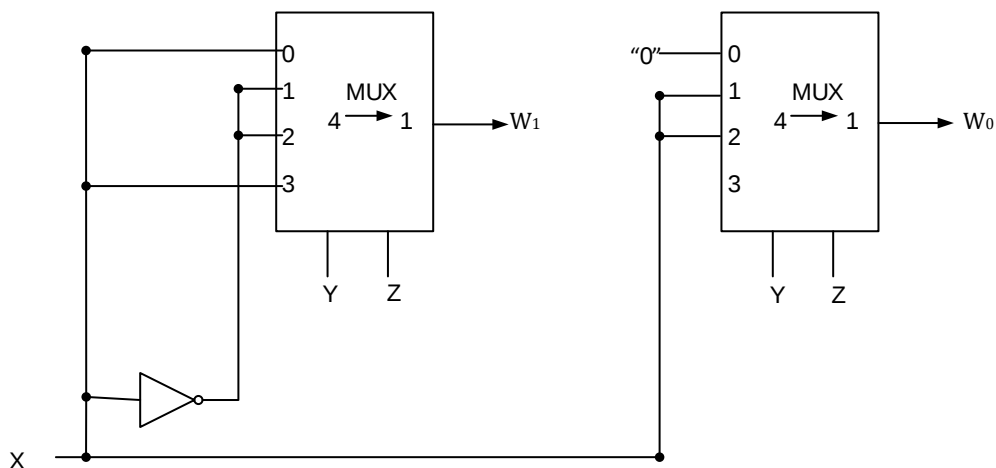


$$W_1 = \overline{X}YZ + \overline{X}Y\overline{Z} + XYZ + X\overline{Y}\overline{Z}$$



$$W_0 = XY + YZ + XZ \quad \bigcirc$$

ג.



שאלה מספר 8:

א. D_0 – סיבית MSB. כאשר " 1 " D_0 המתג במצב ON וזורם דרך הנגד R הגדול ביותר ותורם את המתח הגדול ביותר במוצא.

D_3 – סיבית LSB.

מספר רמות מתח המוצא האפשרי הינו: $2^4 = 16$ כמספר הצירופים.

ב. נבטא את מתח המוצא V_0 בתלות במבוא הספרתי:

$$V_0 = -V_{REF} \cdot \frac{2R}{R} \cdot D_0 - V_{REF} \cdot \frac{2R}{R2} \cdot D_1 - V_{REF} \cdot \frac{2R}{4R} \cdot D_2 - V_{REF} \cdot \frac{2R}{8R} \cdot D_3$$

$$V_0 = -V_{REF} (2D_0 + 1 \cdot D_1 + 0.5D_2 + 0.25D_3) / \cdot \frac{4}{4}$$

$$V_0 = -V_{REF} (8D_0 + 4D_1 + 2D_2 + 1 \cdot D_3)$$

$$V_0 = -\frac{(-6)}{4} (N) = 1.5(N)$$

(N – הערך העשרוני של המספר הבינארי שבכניסה)

לחישוב כושר ההבחנה נציב $N=1$:

$$V_{0RES} = 1.5 \cdot 1 = 1.5V$$

ג.

$$(1101)_2 = (13)_{10}$$

$$V_0 = 1.5 \cdot 13 = 19.5V$$

ד. $N=? \quad V_0 = 12V$

$$12 = 1.5 \cdot N \Rightarrow N = 8$$

המספר הבינארי בכניסה: 1000

ה.

אם נשנה את נגד המשוב $2R$ ל- R , הרזולוציה במתח V_0 תקטן פי 2. איכות הממיר לא

תעלה שכן קטן גם טווח מתח המוצא.

כושר ההבחנה ב- % לא השתנה!

כדי לשפר את הרזולוציה יש להגדיל את מספר הסיביות בכניסה.