

מועד הבחינה:  
 קיץ תשפ"ה - 2025 - מועד ב'  
 מספר שאלון: 97110  
 נספח: נוסחאון

**פתרון אלקטרוניקה ספרתית ומערכות ספרתיות - 97110**

**קיץ תשפ"ה - 2025 - מועד ב'**

תשובה לשאלה 1

.א.

Decimal	Hex	Bin	Oct
44	2C	101100	54
66.5	42.8	1000010.1	102.4
55	37	110111	67

.ב.

$$(-22)_{10} = (101010)_{2C}$$

**תשובה לשאלה 2**

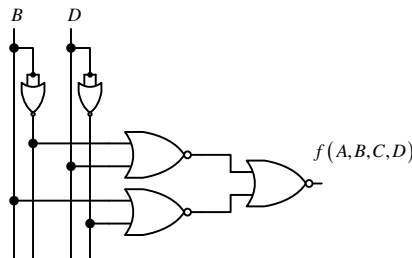
א. מפת קרנו של הפונקציה מוצגת באיור הבא (קיימות צורות שונות למפות קרנו):

	<i>AB</i>	00	01	11	10
<i>CD</i>	00	1	0	$\phi$	$\phi$
01	0	1	1	0	
11	$\phi$	1	1	0	
10	$\phi$	0	$\phi$	1	

מימוש הפונקציה כ POS מינימלי (5 נקודות):

$$f(A, B, C, D) = (\bar{B} + D) \cdot (B + \bar{D})$$

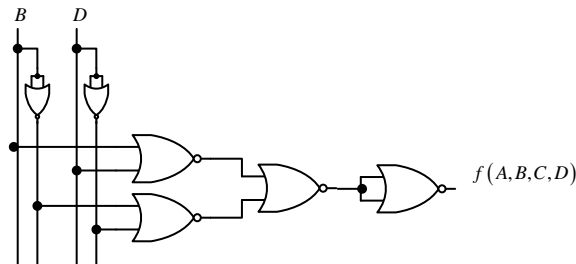
מימוש הפונקציה עם שערי NOR בלבד (5 נקודות):



ב. מימוש הפונקציה בצורת POS מינימלי לפי הפונקציה ההפוכה (5 נקודות):

$$f(A, B, C, D) = \overline{(B + D) \cdot (\bar{B} + \bar{D})}$$

מימוש הפונקציה עם שערי NOR בלבד (5 נקודות):



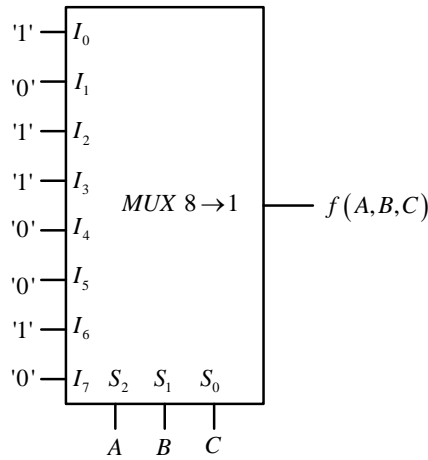
**תשובה לשאלה 3**

.א

$$\begin{aligned}
 f(A,B,C) &= \bar{A} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B + B \cdot \bar{C} \\
 &= \bar{A} \cdot \bar{C} \cdot (\bar{B} + B) + \bar{A} \cdot B \cdot (\bar{C} + C) + B \cdot \bar{C} \cdot (\bar{A} + A) \\
 &= \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot \bar{C} \\
 &= \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} \\
 &= \Sigma(0,2,3,6)
 \end{aligned}$$

הוצג כאן פתרון אלגברי אחד אפשרי. קיימות דרכים אלגבריות שונות להבאת הפונקציה לצורת הנדרשת. קיימות גם דרכים אחרות כולל גם הסתייעות בטבלאות אמת לחישוב הפונקציה בשלבי בנייים שונים כולל שימוש במפות קרנו או אפילו סריקה ומילוי טבלת אמת באופן ישיר. בתשובה לא חייבים לרשום את הפתרון בצורת הרישום הנ"ל. בכל מקרה בחלק א ניתן ניקוד רק על תשובה סופית נכונה ולא משנה באיזו דרך נפתרה השאלה.

.ב



**תשובה לשאלה 4**

א. משוואות העירור הן:

$$J_2 = '1' ; K_2 = '1'$$

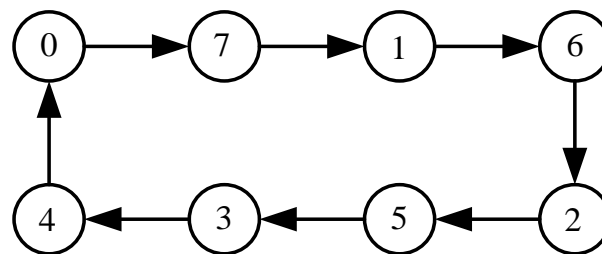
$$J_1 = K_1 = \overline{Q_2} + Q_0$$

$$J_0 = K_0 = \overline{Q_2}$$

להלן הטבלאות בתכנ הפוך:

PS			NS			עירור					
Q2	Q1	Q0	q2	q1	q0	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0

פתרון (דיאגרמת בועות של המערכת):



ב.

$$f_{MAX} = \frac{1}{10ns + 5ns + 12ns + 10n} = 27.027MHz$$

**תשובה לשאלה 5**

א. להלן טבלת המעברים והעירור:

PS			NS			עירור		
Q2	Q1	Q0	q2	q1	q0	D2	D1	D0
0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	1

ב. משוואות העירור המצומצמות:

$$D_2 = Q_2 \oplus Q_1$$

$$D_1 = \overline{Q_1}$$

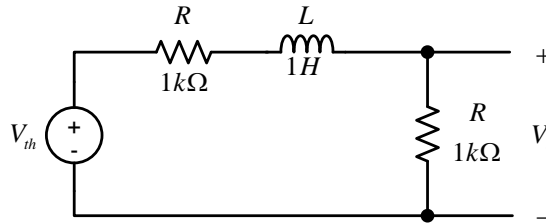
$$D_0 = Q_0$$

**תשובה לשאלה 6**

א. המרה למקור מתח:

$$V_{th} = I \cdot R = I \cdot 1k$$

המעגל החדש מוצג באיור הבא:



חישוב קבוע הזמן:

$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{L}{R + R} = \frac{1}{2k} = 0.5 \text{ msec}$$

$$0 < t < 1 \text{ msec}$$

$$V_R(t) = \left[ R \cdot I_0 - b + \frac{L}{R} \cdot a \right] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + a \cdot t + b - a \cdot \frac{L}{R}$$

$$a = \frac{10V}{1m} = 10 [V / msec] \quad b = 0$$

$$V_R(t) = [0 - 0 + 10 \cdot 0.5] \cdot e^{-\frac{t}{0.5m}} + 10 \cdot t + 0 - 5 = 5 \cdot e^{-\frac{t}{0.5m}} + 10 \cdot t - 5$$

$$V_R(1m) = 5 \cdot e^{-\frac{1m}{0.5m}} + 10 \cdot 1 - 5 = 5 \cdot e^{-2} + 5 = 5.676 \text{ V}$$

המתח מתחלק על שני הנגדים ולכן:

$$V_o(1m) = \frac{V_R(1m)}{2} = 2.838 \text{ V}$$

$$1 \text{ msec} < t < 2 \text{ msec}$$

$$V_{th} = -5V$$

$$V_o(0) = 2.838 \text{ V}, V_o(\infty) = -2.5V, \tau = 0.5 \text{ msec}$$

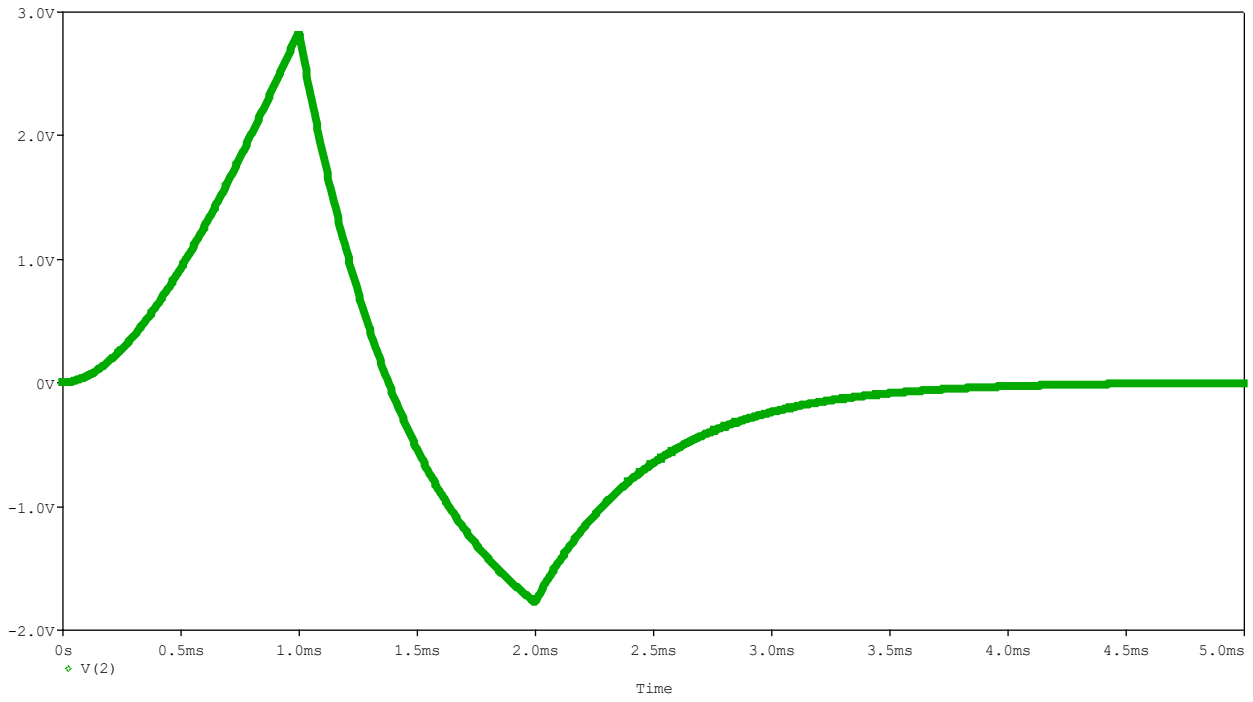
$$V_o(2m) = -2.5 - (-2.5 - 2.838) \cdot e^{-\frac{1}{0.5}} = -1.777 \text{ V}$$

$$2 \text{ msec} < t$$

מתח המוצא יורד לכוון האפס:

$$V_o(t^*) = -1.777 \cdot e^{-\frac{t^*}{0.5m}}$$

צורת הגלים מתוארת באיור הבא :



**פתרון שאלה 7**

א. ממיר A/D בשיטת מונה. בתחילת ההמרה המונה מאופס ולכן מתח  $V_{DAC}$  (אחרי המגבר) שווה לאפס. המשווה ברוויה חיובית וכנסים פולסי שעון למונה. מתח במוצא  $V_{DAC}$  עולה במדרגות עד שהוא עובר את מתח המבוא  $V_A$ . ככל שמתח  $V_A$  גדול יותר, נדרשים יותר צעדים וערך המונה בסוף ההמרה יהיה גדול יותר.  
ב.

$$V_o = I_o \cdot R_F = \frac{V_{ref}}{R_{ref}} \cdot R_F \cdot \left( \frac{Q_7}{2} + \frac{Q_6}{4} + \frac{Q_5}{8} + \dots + \frac{Q_0}{256} \right)$$

$$V_{LSB} = \frac{10}{5} \cdot 5 \cdot \left( \frac{1}{256} \right) = \frac{10}{256} = 0.039063V = 39.063mV$$

ג.

$$N = \frac{V_A}{V_{LSB}} = \frac{4.8}{39.063m} = 122.88 \rightarrow 123$$

זמן ההמרה:

$$t_{conv} = N \cdot T_{clock} = 123 \cdot 1\mu = 123 \mu sec$$

ד.

$$10100010 \rightarrow A2_{HEX} = 162_{10}$$

$$162 \cdot V_{LSB} = 162 \cdot 39.063m = 6.320125V$$

$$6.320125V - V_{LSB} = 6.289013V$$

$$6.289013V < V_A < 6.320125V$$

ה.

$$255 \cdot V_{LSB} = 9.96093V$$

$$0 < V_A < 9.96093V$$

זמן ההמרה המקסימלי:

$$N = \frac{V_A}{V_{LSB}} = \frac{9.96093}{39.063m} = 254.996 \rightarrow 255$$

$$t_{CON} = N \cdot T_{clk} = 255 \mu sec$$

ו. השינוי משפיע על תחום מתחי מבוא הניתנים להמרה. כעת ניתן לבצע המרה של מתחים ביפולריים בתחום:

$$V_{A(min)} = -5V, \quad V_{A(max)} = 5 - V_{LSB} = 5 - 39.063m = 4.960938V$$

$$t_{conv} = 256 \mu sec$$

גם תשובה  $257 \mu sec$  תקבל

**פתרון שאלה 8:**

המתח במוצא משווה מקבל ערכים 0V או 5V (בגלל ערכו הקטן של נגד  $R_{pu}$  לעומת נגדים  $R_1$  ו- $R_3$ ). ניתן להזניח מפל מתח עליו. נחשב מהו מתח  $V_{o2}$  הגורם למעבר מרווייה חיובית 5V לרווייה שלילית 0V.

מתח  $V_{o3}$  בזמן מעבר שווה למתח ייחוס  $V_{ref} = 2.5V$ .

$$\frac{V_{o3} - V_{o1}}{R_1} + \frac{V_{o3} - V_{o2}}{R_2} = 0, \quad \frac{2.5 - 5}{100} + \frac{2.5 - V_{o2}}{50} = 0$$

$$\frac{V_{o2}}{50} = \frac{2.5}{50} - \frac{2.5}{100} \Rightarrow V_{o2} = 1.25V$$

נחשב את מתח  $V_{o2}$  הגורם למעבר מרווייה שלילית לרווייה חיובית:

$$\frac{V_{o3} - V_{o1}}{R_1} + \frac{V_{o3} - V_{o2}}{R_2} = 0, \quad \frac{2.5 - 0}{100} + \frac{2.5 - V_{o2}}{50} = 0$$

$$\frac{V_{o2}}{50} = \frac{2.5}{50} + \frac{2.5}{100} \Rightarrow V_{o2} = 3.75V$$

הקבל נטען ממתח 1.25V למתח 3.75V כאשר  $V_{o1} = 0V$ . זרם הזורם דרך הקבל שווה ל:

$$I_c = \frac{V_{ref} - V_{o1}}{R_3} = \frac{2.5 - 0}{100} = 0.025mA$$

$$\Delta V = \frac{1}{C} \cdot I \cdot t_{\uparrow}, \quad t_{\uparrow} = \frac{\Delta V \cdot C}{I} = \frac{(3.75 - 1.25) \cdot 10n}{0.025m} = 1msec$$

הקבל מתפרק ממתח 3.75V למתח 1.25V כאשר  $V_{o1} = 5V$ . זרם הזורם דרך הקבל שווה ל:

$$I_c = \frac{V_{o1} - V_{ref}}{R_3} = \frac{5 - 2.5}{100} = 0.025mA$$

מכיון ומדובר על אותו זרם, זמן ירידה שווה לזמן עליה:

$$t_{\downarrow} = t_{\uparrow}$$

$$T = t_{\downarrow} + t_{\uparrow} = 2 \cdot 1m = 2msec$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2m} = 500Hz$$

$$D.C. = 50\%$$

נחשב מתחים קיצוניים של מתח  $V_{o3}$ :

מקרה א':  $V_{o1} = 5V, V_{o2} = 3.75V$

$$\frac{V_{o3} - V_{o1}}{R_1} + \frac{V_{o3} - V_{o2}}{R_2} = 0, \quad \frac{V_{o3} - 5}{100} + \frac{V_{o3} - 3.75}{50} = 0$$

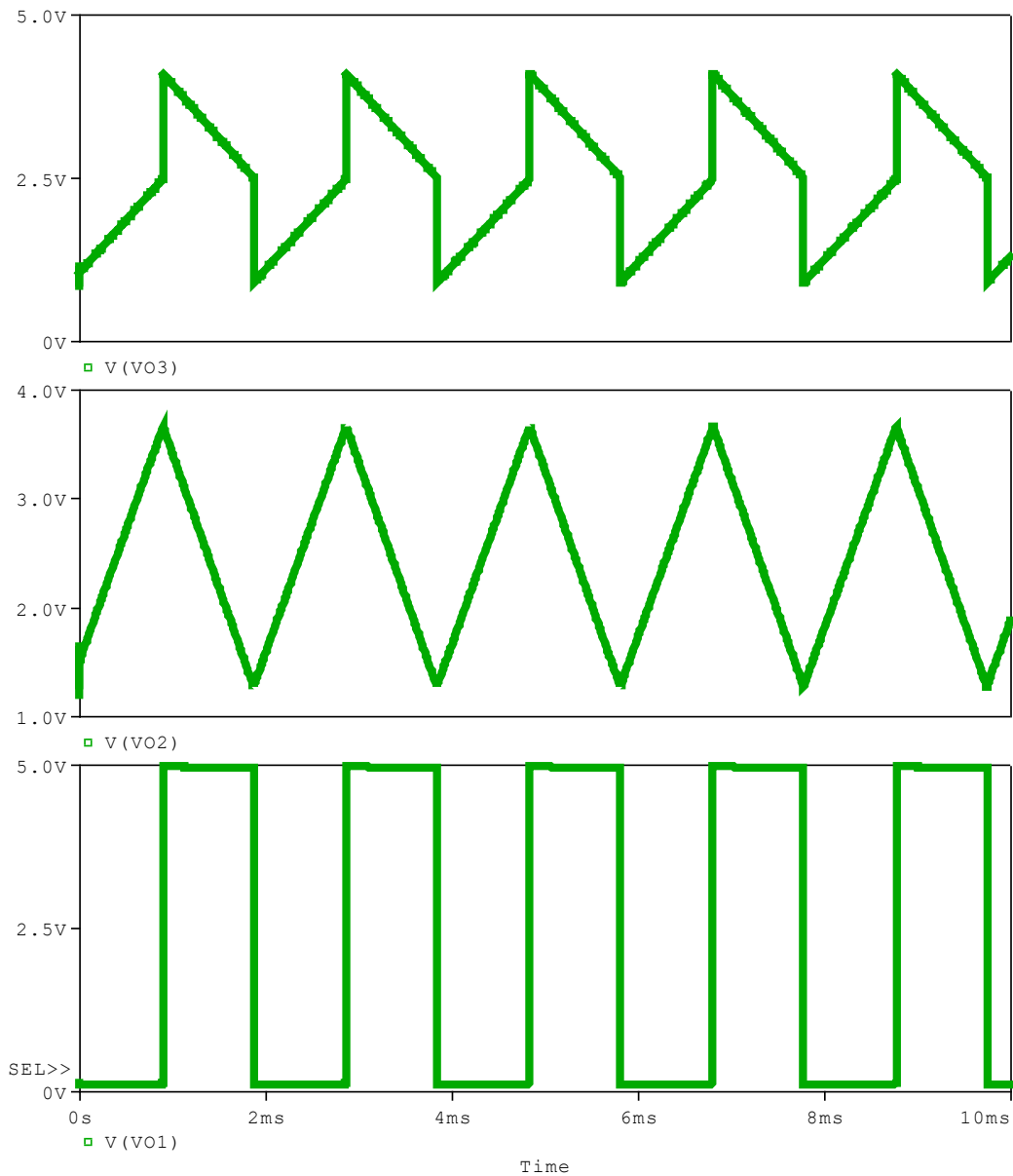
$$V_{o3} \cdot \left( \frac{1}{100} + \frac{1}{50} \right) = \frac{5}{100} + \frac{3.75}{50}, \quad 0.03 \cdot V_{o3} = 0.125 \Rightarrow V_{o3} = 4.166V$$

מקרה ב':  $V_{o1} = 0V, V_{o2} = 1.25V$

$$\frac{V_{o3} - V_{o1}}{R_1} + \frac{V_{o3} - V_{o2}}{R_2} = 0, \quad \frac{V_{o3} - 0}{100} + \frac{V_{o3} - 1.25}{50} = 0$$

$$V_{o3} \cdot \left( \frac{1}{100} + \frac{1}{50} \right) = \frac{1.25}{50}, \quad 0.03 \cdot V_{o3} = 0.025 \Rightarrow V_{o3} = 0.833V$$

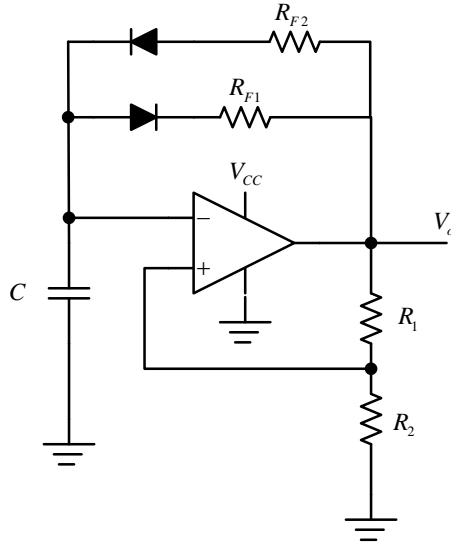
צורות גלים:



**פתרון שאלה 9:**

**יש לענות על כל הסעיפים 9.1-9.4.**

9.1 נתון המעגל הבא הכולל דיודות אידיאליות:



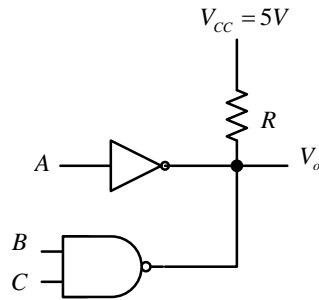
למה שווה גורם המחזור (Duty-Cycle) במעגל זה?

- א. 50%
- ב.  $\frac{R_{F1}}{R_{F2}} \cdot 100\%$
- ג.  $\frac{R_{F1}}{R_{F1} + R_{F2}} \cdot 100\%$
- ד.  $\frac{R_{F2}}{R_{F1} + R_{F2}} \cdot 100\%$

9.2 איזה ממיר ADC הוא בעל זמן ההמרה המהיר ביותר?

- א. ממיר עם מונה ו-D/A במשוב.
- ב. ממיר עם האינטגרטור.
- ג. ממיר Semi Flash.
- ד. **ממיר Flash.**

9.3 נתון המעגל הבא הבנוי משערים שיש להם יציאות מסוג Open Collector או Open-Drain :



הפונקציה הבוליאנית הממומשת ע"י המעגל היא :

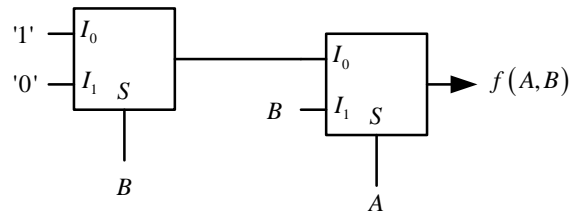
א.  $(A + B) \cdot \bar{C}$

ב.  $\bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{C}$

ג.  $\bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{C}$

ד.  $C \cdot (\overline{A \cdot B})$

9.4 נתונה מערכת ספרתית הבנויה משני בוררים :



מהי הפעולה הלוגית הממומשת ע"י המערכת?

א. NOR

ב. NAND

ג. **NXOR**

ד. XOR

© כל הזכויות שמורות למה"ט