

פתרון מוצע לבחינת מה"ט באלקטרוניקה ספרתית

מועד א' תשע"ט, קיץ 2019

מחברים: מר הרשקוביץ ישראל וביבליניק עמוס, מכללת אורט סינגאלובסקי

פתרון שאלה 1:

שאלה זאת הינה שאלת נכון/לא נכון על מספר היגדים.

סעיף א':

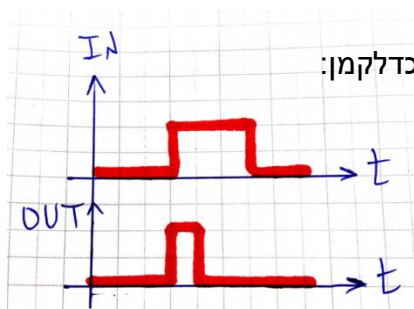
היגד זה הוא **נכון** והמספר 11111110 הוא אכן שווה ל- (-2) עפ"י המשלים ל- 2.

הוכחה:

אם נהפוך כל סיבית 0 ל- 1 וכל 1 ל- 0 נהפוך ל- 0 נקבל 00000001 ואחרי תוספת הערך 1 נקבל 00000010 שזה אכן (+2) ומכאן ש- 11111110 הוא (-2) עפ"י המשלים ל- 2.

סעיף ב':

היגד זה הוא **נכון**. המעגל משמש כמעגל גזירה וצורות הגלים יהיו כדלקמן:



סעיף ג':

היגד זה **לא נכון**. אחרי הרבה זמן הסליל ישמש כקצר ואז הנגד שנמצא במקביל אליו יקוצר ומכאן שאחרי הרבה זמן מתח המוצא יהיה שווה ל- V_{in} (ולא למחציתו).

סעיף ד':

היגד זה **לא נכון**. המבואות הישירים נחשבים לכניסות אסינכרוניות שלא תלויים בדופק השעון.

פתרון שאלה 2:

שאלה זאת מתייחסת לתופעות מעבר (פריקה וטעינה של קבל).

סעיף א':

נחשב את מתח הקבל עבור $t=2\text{Sec}$ (כאשר המפסק במצב 1):

$$\tau_1 = R_1 \cdot C = 1\mu \cdot 1k = 1\text{mSec}$$

$$V_c(0) = 0V \quad V_c(\infty) = 20V \quad \Delta t = 2\text{mSec}$$

$$V_c(2m) = 20 - (20 - 0) \cdot e^{-\frac{2}{1}} = 17.293V$$

סעיף ב':

כעת נבצע את החישובים כאשר המפסק עובר למצב 2:

נבצע חישובים עפ"י תבנית:

$$R_{th} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 1K\Omega$$

$$U_{th} = U_{R3} = \frac{-5 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{-5 \cdot 2k}{4k} = -2.5V$$

$$\tau_2 = R_{th} \cdot C = 1\mu \cdot 1k = 1\text{mSec}$$

$$V_c(0) = 17.293V \quad V_c(\infty) = -2.5V$$

$$\Delta t(10V) = \tau_2 \cdot \ln\left(\frac{V(\infty) - V(0)}{V(\infty) - u(t)}\right) = 1m \cdot \ln\left(\frac{-2.5 - 17.293}{-2.5 - 10}\right) = 0.4596V$$

סעיף ג':

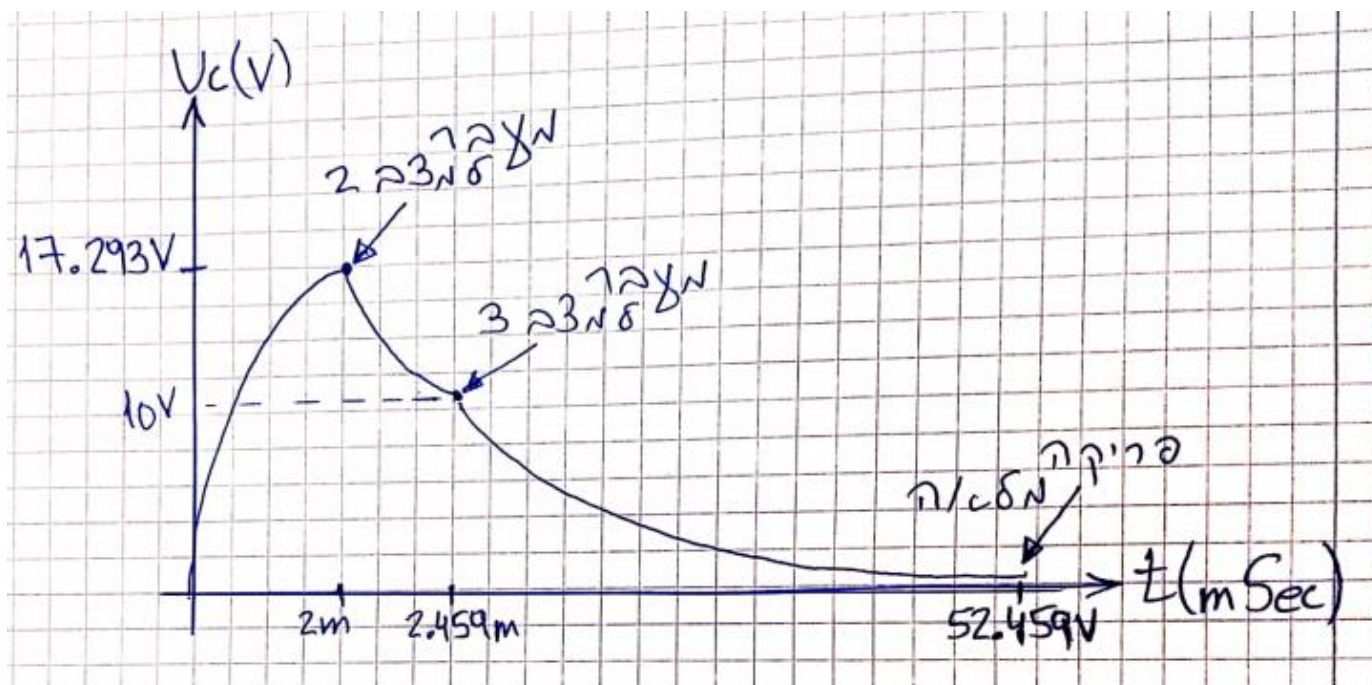
נחשב את פריקת הקבל (מצב 3):

$$\tau_3 = R_4 \cdot C = 1\mu \cdot 10k = 10\text{mSec}$$

פריקה מלאה תתרחש אחרי 5τ ולכן:

$$\Delta t = 5 \cdot \tau_3 = 5 \cdot 10m = 50\text{mSec}$$

נשרטט את גרף המתח על פני הקבל:



פתרון שאלה 3:

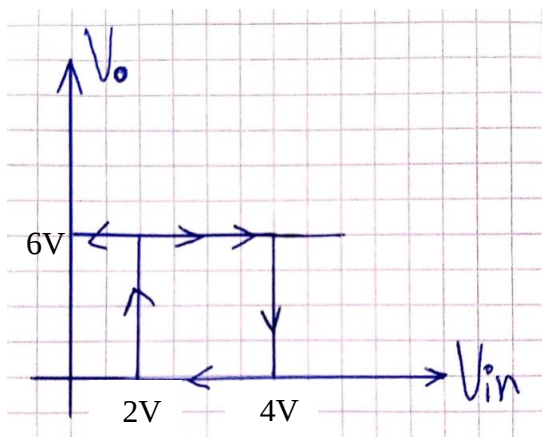
שאלה זאת עוסקת ברב רטט חופשי הממומש על ידי שער NAND עם חשל.

סעיף א':

$$V_{T+} = 4V$$

$$V_{T-} = 2V$$

$$V_{out} = V_z + V_{Don} = 6V$$



סעיף ב':

נחשב טעינה ראשונית:

$$\tau_{on} = R_2 \cdot C = 1\mu \cdot 10k = 10mSec$$

$$V_c(0) = 0V$$

$$V_c(\infty) = V_{DD} = 10V$$

$$U_c(t) = 4V$$

$$T_1 = \tau_{on} \cdot \ln\left(\frac{V(\infty) - V(0)}{V(\infty) - u(t)}\right) = 10m \cdot \ln\left(\frac{10 - 0}{10 - 4}\right) = 5.108mSec$$

נחשב פריקה מחזורית:

$$\tau_{off} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot C = 5k \cdot 1\mu = 5mSec$$

$$V_c(0) = 4V$$

$$V_c(\infty) = 0V$$

$$U_c(t) = 2V$$

$$T_{off} = \tau_{off} \cdot \ln\left(\frac{V(\infty) - V(0)}{V(\infty) - u(t)}\right) = 5m \cdot \ln\left(\frac{0 - 4}{0 - 2}\right) = 3.465mSec$$

נחשב טעינה מחזורית:

$$\tau_{on} = R_2 \cdot C = 10k \cdot 1\mu = 10mSec$$

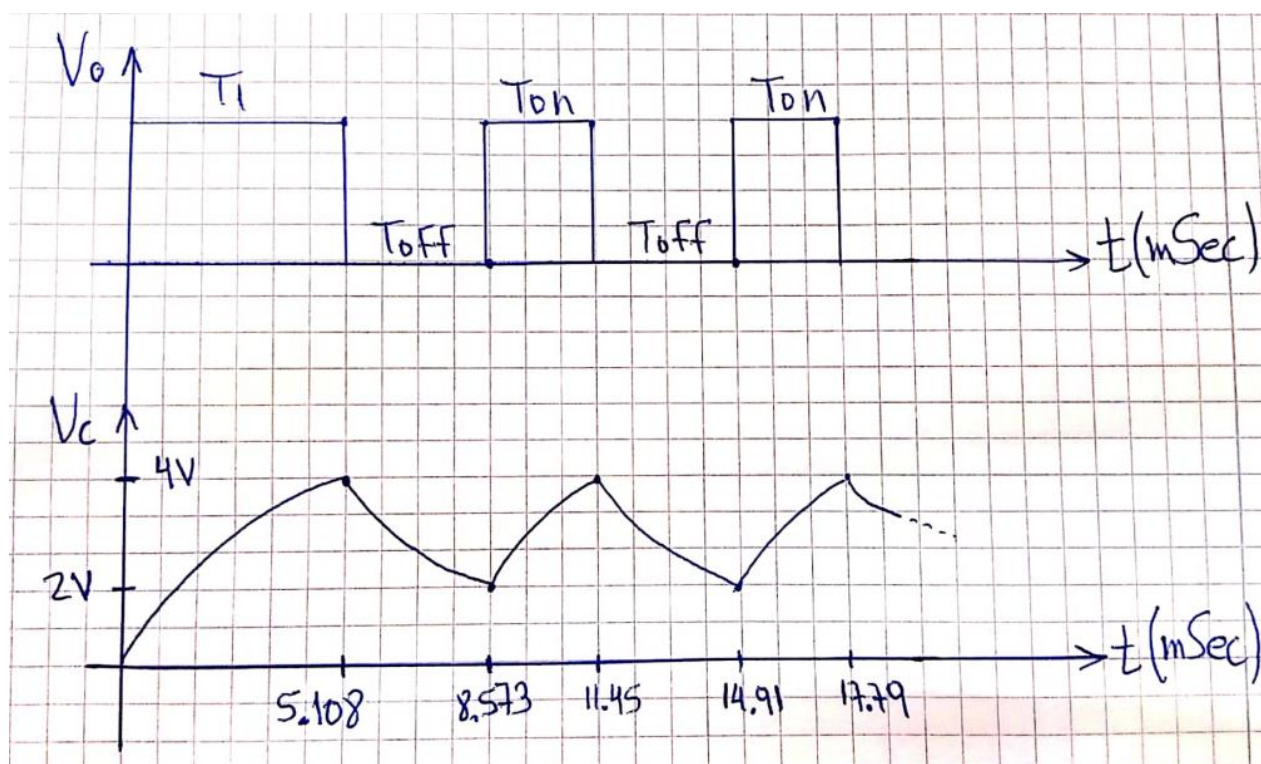
$$V_c(0) = 2V$$

$$V_c(\infty) = V_{DD} = 10V$$

$$U_c(t) = 4V$$

$$T_{on} = \tau_{on} \cdot \ln\left(\frac{V(\infty) - V(0)}{V(\infty) - u(t)}\right) = 10m \cdot \ln\left(\frac{10 - 2}{10 - 4}\right) = 2.876mSec$$

נשרטט את צורות הגלים במוצא המעגל U_{out} בהתאמה למתח על פני הקבל:



סעיף ג':

נחשב את גורם המחזור (Duty Cycle):

$$T = T_{on} + T_{off} = 6.342 \text{ mSec}$$

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{6.342} = 157.6 \text{ Hz}$$

$$D.C = \frac{T_{on}}{T} \cdot 100\% = \frac{2.876}{6.342} \cdot 100\% = 45.357\%$$

סעיף ד':

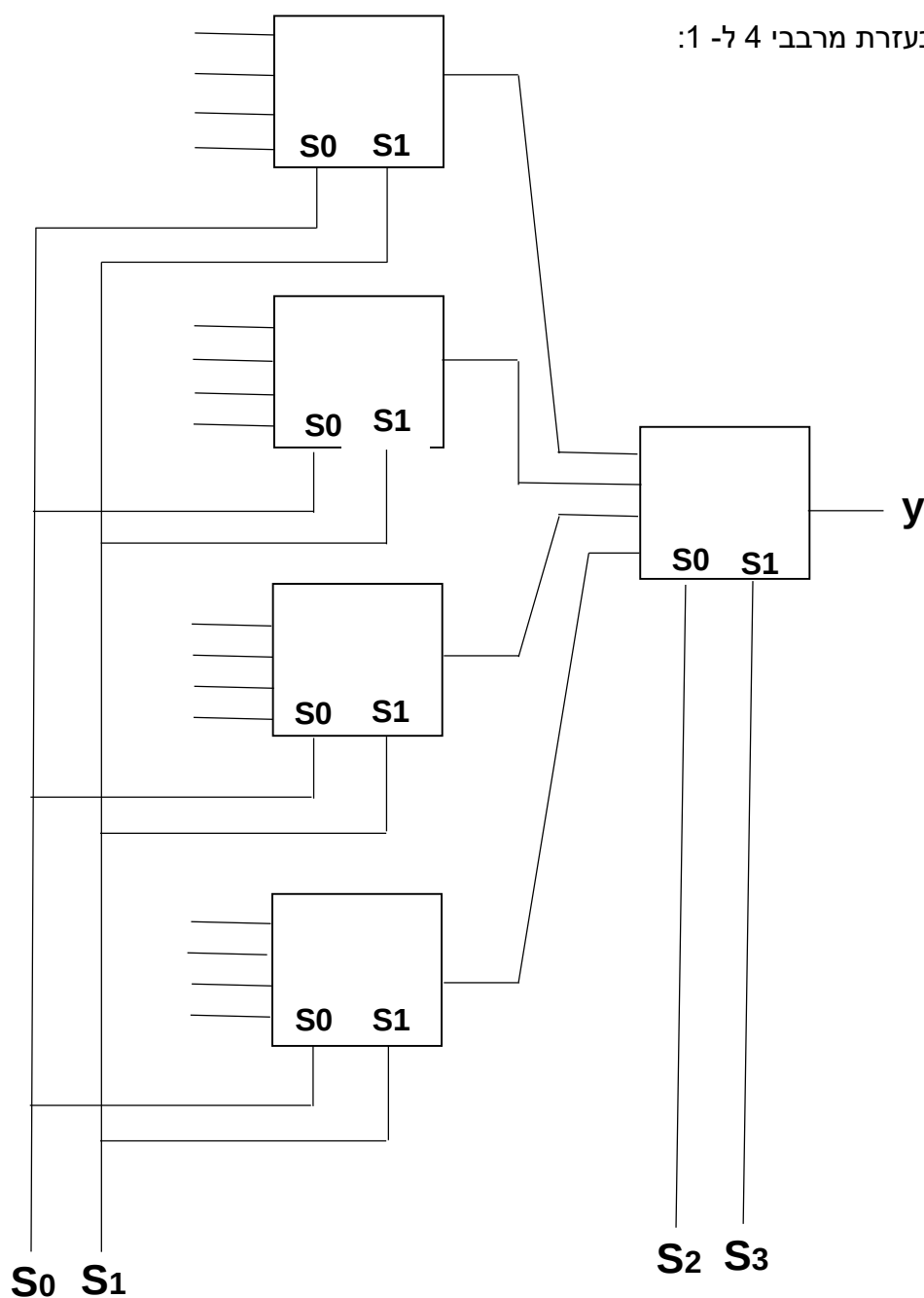
תפקידו של הנגד R_3 הוא הורדת המתח, שהרי בין המוצא של ער ה- NAND לבין מתח המוצא U_{out}

קיים פער פוטנציאלי:

$$U_{R3} = U_{out}(\text{cmos}) - U_{out} = 10 - 6 = 4V$$

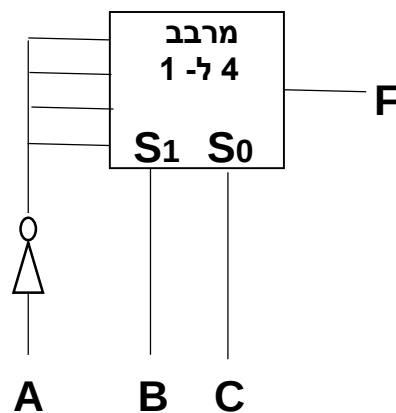
פתרון שאלה 4:

סעיף א: מימוש מרבב 16 ל-1 בעזרת מרבבי 4 ל-1:



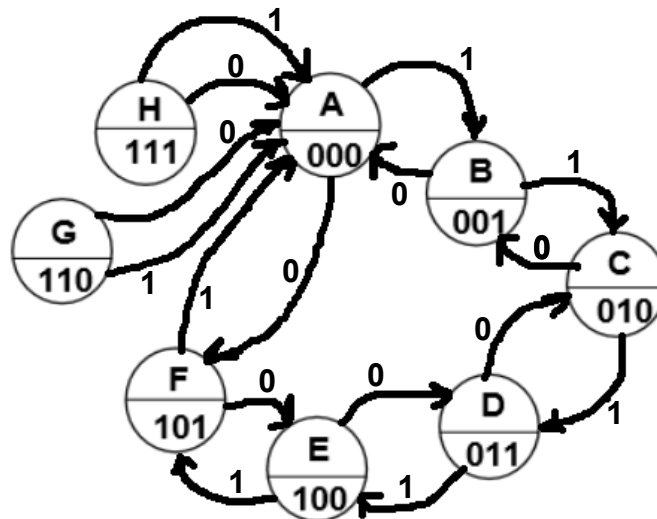
סעיף ב': פישוט פונקציה ומימושה ע"י מרבב 4 ל-1:

$$\begin{aligned}
 F &= ABC + \bar{A}\bar{C} + \overline{A\bar{B}} + B\bar{C} = \\
 &= \overline{A\bar{B}C} \cdot [\bar{A}\bar{C} + \overline{A\bar{B}} + B\bar{C}] = \\
 &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot [\bar{A}\bar{C} + \overline{A\bar{B}} \cdot \overline{B\bar{C}}] = \\
 &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot [\bar{A}\bar{C} + (\bar{A} + B)(\bar{B} + C)] = \\
 &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot [\bar{A}\bar{C} + \bar{A}\bar{B} + \bar{A}C + B\bar{B} + BC] = \\
 &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot [\bar{A}(\bar{C} + \bar{B} + C) + BC] = \\
 &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + BC) = \\
 &= \bar{A} + \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{B}C + \bar{A}\bar{C} + B\bar{C}\bar{C} = \\
 &= \bar{A}(1 + BC + \bar{B} + \bar{C}) = \boxed{\bar{A}}
 \end{aligned}$$



פתרון שאלה 5:

- שאלה זאת הינה תכנות מכונת מצבים עפ"י MOORE המשמשת כמונה סינכרוני הסופר מ-0 ועד 5 כאשר:
- המונה יספור כלפי מעלה כאשר $X=1$.
 - המונה יספור כלפי מטה כאשר $X=0$.
 - אם במצב התחלתי המונה יתחיל מ-6 או מ-7 נדרש שבדופק השעון הראשון הוא ילך ל-0.



	המצב נוכחי PS				המצב הבא - NS			מבואות העירור		
	Q2	Q1	Q0	X	Q2	Q1	Q0	D2	D1	D0
A	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
D	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
E	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
F	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
G	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
H	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

סעיף ג':

אחרי פישוט הפונקציות נקבל:

רצוץ ה' הצירור :

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

$$D_1 = \bar{Q}_2 \times (Q_1 \oplus Q_0) + \bar{X} (\bar{Q}_2 Q_1 Q_0 + Q_2 \bar{Q}_1 \bar{Q}_0)$$

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

$$= Q_2 \bar{Q}_1 (Q_0 \oplus X) + \bar{Q}_2 (\bar{Q}_1 \bar{Q}_0 \bar{X} + Q_1 Q_0 X)$$

פתרון שאלה 6:

סעיף א':

A	B	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Uout
0	0	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0
0	1	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0
1	0	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	0
1	1	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	1

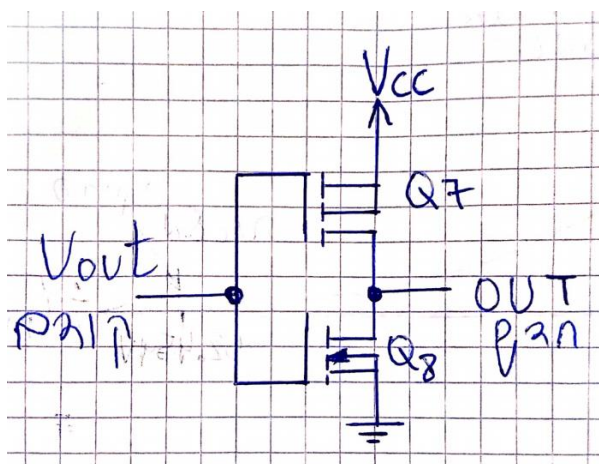
סעיף ב':

השער המתקבל הוא שער AND.
הוא מורכב משער NOT ומשער NAND כאשר Q1 עד Q4 הם שער ה- NAND ו- Q5, Q6 משמשים כשער NOT.

A	B	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

סעיף ג':

למעשה עלינו לצייר רק את המערכת הכוללת את הטרנזיסטורים או לחילופין לשלב שער NOT נוסף במוצא המערכת:



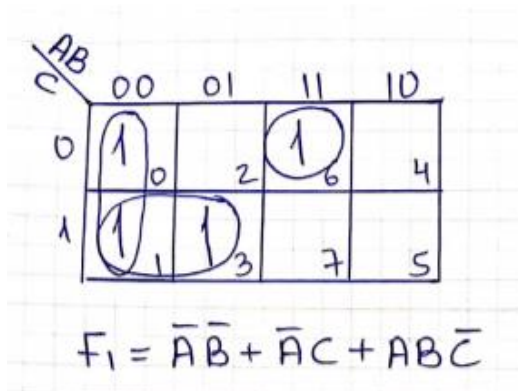
פתרון שאלה 7:

תרגיל זה עוסק במרבבים.

סעיף א': רישום טבלת אמת של המערכת

כניסות			יציאות		
A	B	C	F1	F2	FT
0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	1

סעיף ב': פישוט הפונקציה F1 ומימושה בשערי NOR בלבד:

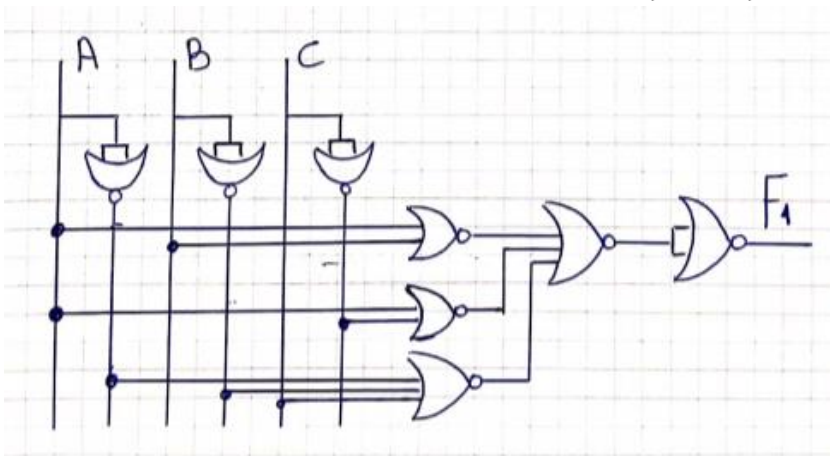


על מנת לממש את הפונקציה בעזרת שערי NOR בלבד, עלינו להביא את הפונקציה למצב בו היא תהיה רשומה ם פעולת חיבור בלבד:

$$F_1 = \overline{\overline{\bar{A}\bar{B}} + \overline{\bar{A}C} + \overline{AB\bar{C}}} =$$

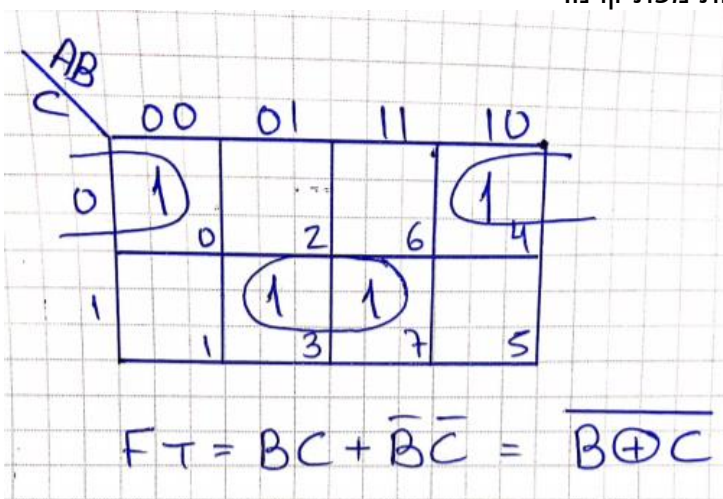
$$F_1 = \overline{A+B} + \overline{A+\bar{C}} + \overline{\bar{A}+\bar{B}+C}$$

כעת ניתן לממש את הפונקציה בעזרת שערי NOR בלבד:

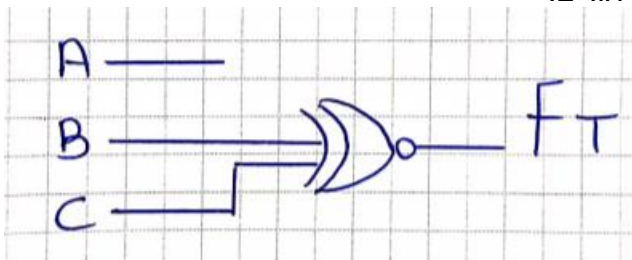


סעיף ג': פישוט הפונקציה FT ומימושה באמצעות שערים לוגיים

תחילה נפשט את הפונקציה באמצעות מפת קרנו:



כעת נממש את הפונקציה באמצעות שערים לוגיים:



פתרון שאלה 8:

שאלה זאת עוסקת בממיר דיגיטלי לאנלוגי (D/A).

סעיף א':

בממיר זה הסיבית הנמוכה LSB היא D0, מכיוון שהיא מחוברת לנגד הכי גדול, ומכאן שפתיחה/סגירה של המפסק תגרום לשינוי הזרם הכי קטן. בהתאמה לכך – D3 הינה סיבית ה- MSB.

בממיר זה יש בס"כ 16 רמות מתח שונות (4^2)

סעיף ב':

חישוב כושר ההבחנה של הממיר (VO_{LSB}):

$$U_{out\ LSB} = \frac{-U_{ref} \cdot R_f}{8R} = \frac{-(-4) \cdot 2R}{8R}$$

$$U_{out\ LSB} = 1V$$

סעיף ג':

חישוב מתח המוצא כאשר מצב המפסקים הוא 1101:

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

$$U_{out}(1101) = 13 \cdot U_{LSB} = 13 \cdot 1 = 13V$$

סעיף ד':

חישוב הרמה הלוגית עבודה נקבל במתח המוצא מתח של 12V:

$$U_{out} = 12V$$

$$U_{LSB} = 1V$$

$$N = \frac{U_{out}}{U_{LSB}} = \frac{12}{1} = 12$$

סעיף ה':

אם נקטין את נגד המשוב R_f פי-2 (נשנה אותו לערך R במקום $2R$) נקטין את כושר ההבחנה פי 2.

שינוי זה איננו משפר את הממיר מכיוון שעדיין נוכל להבחין בין 16 רמות מתח שונות בלבד.