



## מערכות ספרתיות ומבנה המחשב (044252)

סמסטר חורף תשע"ט

### בוחרן אמצע

### פתרון

9 בדצמבר 2018

#### טור 1

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

מספר סטודנט

**משך המבחן:** שתיים (120 דקות). **תכננו את זמנכם היטב.**

**חומר עזר:** אין להשתמש בכל חומר עזר בכתב, מודפס או אלקטרוני, פרט לדפי העזר שיחולקו במהלך הבחינה.

#### **הנחיות והוראות:**

- הבחינה כתובה על גבי 12 עמודים כולל עמוד זה (בדקו בתחילת הבחינה שלא חסרים לכם עמודים).
- בתחילת הבחינה תקבלו חוברת בחינה, מחברת טיוטה ודפי עזר. בסיום הבחינה, החזירו את חוברת הבחינה בלבד.
- יש לענות על כל השאלות בגוף המבחן.
- אין לתלוש או להפריד דפים מחוברת הבחינה, ממחברות הטיוטה ומדפי העזר.
- רשמו את מספר הסטודנט שלכם על חוברת הבחינה (בראש עמוד זה), על דפי העזר, ועל כל מחברות הטיוטה.
- לא מורדות נקודות (אין "קנס") בגין תשובה שגויה. לכן, כדאי לסמן תשובה כלשהי לכל שאלה.
- אסור שימוש בכל חומר חיצוני. אסורה העברת חומר כלשהו בין הנבחנים, ואסורה כל תקשורת עם אנשים אחרים או כל מקור מידע. האיסור חל על כל צורות התקשורת – מילולית, חזותית, כתובה, אלקטרונית, אלחוטית, טלפנית, או אחרת. בפרט, אין להחזיק בטלפון סלולארי וגם לא במחשבון בזמן הבחינה.

שאלה 1		שאלה 6	
שאלה 2		שאלה 7	
שאלה 3		שאלה 8	
שאלה 4		שאלה 9	
שאלה 5		ציון	

**בהצלחה!**



## שאלה 1 (10 נקודות)

נתון הקוד הבא בן ארבע מלים:

0001  
1000  
0110  
1101

א- (5 נק') מהו מרחק הקוד?

- א- 1
- ב- 2
- ג- 3

- ד- מרחק הקוד אינו מוגדר כי המרחק בין מלים שונות אינו שווה.
- ה- זה אינו קוד חוקי כי מספר האפסים במילותיו אינו קבוע.

המרחק בין המילים 0001 ו 1000 הוא 2 וזהו המרחק המינימלי בין כל זוג מילים אפשרי. לכן מרחק הקוד הוא 2.

ב- (5 נק') בניסיון לשפר את יכולת גילוי השגיאות, הוחלט להוסיף סיבית זוגיות לקוד. מהו מרחק הקוד החדש?

- א- 1
- ב- 2
- ג- 3

- ד- מרחק הקוד אינו מוגדר כי המרחק בין מלים שונות אינו שווה.
- ה- זה אינו קוד חוקי כי מספר האפסים במילותיו אינו קבוע.

המרחק בין 00011 ו 10001 הוא עדיין 2 ולכן מרחק הקוד החדש הוא 2.



## שאלה 2 (10 נקודות)

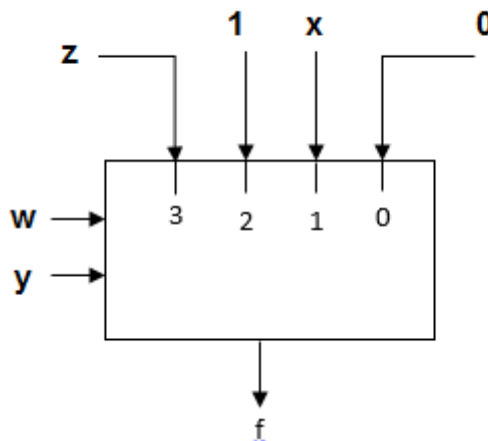
נתונה הפונקציה  $f(w, x, y, z)$  הבאה:

$wx$ $yz$	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	0	1	1
11	0	1	1	1
10	0	1	0	0

ממשו את הפונקציה ע"י שימוש בבורר  $1 \rightarrow 4$  יחיד, שערים לוגיים בעלי שתי כניסות, והקבועים (0,1) בלבד תוך שימוש (בנוסף לבורר) במספר מזערי של שערים לוגיים. (שרטטו את הפיתרון).  
הערה: ניתן לממש ללא שערים לוגיים, אך מימוש בעזרת שערים יזכה לניקוד חלקי כלשהו.

w	x	y	z	f
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

(פתרון אפשרי) טבלת האמת של הפונקציה היא:  
כדי לצמצם את כמות השערים הלוגיים, נבחר את w ו y ככניסות הבקרה של הבורר (w הוא ה-MSB). נקבל:



כלומר הצלחנו לממש את הפונקציה עם שימוש בבורר  $4 \rightarrow 1$  בודד וללא שימוש בשערים לוגיים כלל.



### שאלה 3 (8 נקודות)

בחברה "אין odd מלבדו" מעוניינים לממש פונקציה  $f(w, x, y, z)$  שמקבלת 4 סיביות המייצגות ספרה עשרונית (0,1,...,9) בשיטת קידוד BCD. לדוגמא:  $wxyz = 0011$  מייצג את הספרה 3. ערך הפונקציה הוא "1" אם ורק אם הספרה אי-זוגית (הספרה 0 נחשבת זוגית).

א- (4 נק') כתבו את הפונקציה הדרושה כביטוי מצומצם של סכום מכפלות.

$$f(w, x, y, z) = z$$

כל הכניסות שערך 10-15 לא יכולות להתקבל לכן ניתן להתייחס אליהן כ don't cares. לכן מפת הקרנו תראה כך:

wx\yz	00	01	11	10
00	0	0	d	0
01	1	1	d	1
11	1	1	d	d
10	0	0	d	d

ב- (4 נק') מה ערך המוצא בפונקציה שכתבתם אם הכניסה המתקבלת היא 1110?

$$f(1,1,1,0) = 0$$



### שאלה 4 (8 נקודות)

נתונים 3 המספרים הבאים שמיוצגים בבסיסים שונים:

$$(xyz)_b = (10)_{b^2} = (19)_{b^2-b+2}$$

$b$  אינו ידוע.

**סימון:**  $A=(10)_{10}$ ,  $B=(11)_{10}$

מבין התשובות הבאות, בחרו את התשובה הנכונה עבור ערכים אפשריים ל  $x, y$  ו-  $z$

- א-  $x = 0, y = B, z = 0$
- ב-  $x = 1, y = 3, z = A$
- ג-  $x = 1, y = 0, z = 0$
- ד-  $x = 2, y = 1, z = A$
- ה- תשובות א' ו- ג' שתיהן נכונות

$$\begin{aligned}(10)_{b^2} &= (19)_{b^2-b+2} \\ b^2 &= b^2 - b + 2 + 9 \rightarrow b = 11 \\ \rightarrow (10)_{121} &= 121 \\ \rightarrow (xyz)_{11} &= 121 \\ x \cdot 11^2 + y \cdot 11 + z &= 121\end{aligned}$$

שתי התשובות א' ו- ג' מקיימות את השוויון, אבל תשובה א' לא נכונה מכיוון ש-  $B$  אינה ספרה חוקית בבסיס 11.



### שאלה 5 (15 נקודות)

נתונות 3 פונקציות של אותם 4 משתנים:  $f(x, y, z, w)$ ,  $g(x, y, z, w)$ ,  $h(x, y, z, w)$ . ידוע כי:

- $f(x, y, z, w)$  מערכת פעולות שלמה;
- $g(x, y, z, w)$  אינה מערכת פעולות שלמה, אך היא מערכת פעולות חצי שלמה;
- $h(x, y, z, w)$  אינה מערכת פעולות שלמה וגם אינה מערכת פעולות חצי שלמה.

עבור הסעיפים א'-ג', סמנו אם הטענה נכונה או לא נכונה. אם הטענה נכונה, נמקו; אם הטענה לא נכונה, תנו דוגמה נגדית אחת.  
שימו לב: פתרון ללא נימוק לא יקבל ניקוד.

א- (5 נק') בעזרת הפונקציה  $f(x, y, z, w)$  ניתן בוודאות לממש את הפונקציה  $g(x, y, z, w)$

נכון, לפי ההגדרה של מערכת פעולות שלמה, אם  $f(x, y, z, w)$  הינה מפ"ש היא יכולה לממש את כל הפונקציות ב-4 משתנים, בפרט את  $g(x, y, z, w)$ .



ב- (5 נק') בעזרת הפונקציה  $g(x, y, z, w)$  ניתן בוודאות לממש את הפונקציה  $h(x, y, z, w)$

לא נכון, דוגמה נגדית:

$$g(x, y, z, w) = x' + y$$

$$h(x, y, z, w) = x'$$

ניתן לבדוק בקלות שהפונקציות  $g$  ו- $h$  מקיימות את הדרישות בשאלה. אבל  $g$  לא יכולה לממש את NOT.



ג- (5 נק') בעזרת הפונקציה  $h(x, y, z, w)$  בוודאות לא ניתן לממש את הפונקציה  $f(x, y, z, w)$

נכון. הוכחה:  
נניח בשלילה ש- $h$  יכולה לממש את  $f$ . לפי הנתון,  $f$  היא מפ"ש ולכן יכולה לממש את כל הפונקציות. כלומר גם  $h$  יכולה לממש את כל הפונקציות מאחר והיא מממשת את  $f$ , כלומר,  $h$  היא מפ"ש בסתירה לנתון.





## שאלות 6 (12 נקודות)

נתונה הפונקציה הבאה:

$$f(w, x, y, z) = \sum (0, 1, 2, 6, 8, 10, 11, 12) + \sum_{\emptyset} (5, 7, 13, 15)$$

**תזכורת:** ליטרל הוא כל הופעה של כל משתנה כניסה בביטוי המוצא. המשתנה יכול להופיע עם Not או בלעדיו. לדוגמה, בביטוי  $f(x, y, z) = x\bar{y} + xz$  ישנם 4 ליטרלים.

הסימון  $\sum_{\emptyset}()$  מתייחס לקלטים שלא אכפת לנו מה יהיה ערך המוצא עבורם, למשל כי ידוע שהם לא ייתכנו במערכת – צירופי ברירה.

א- (6 נק') כמה ליטרלים מופיעים בסה"כ בייצוג של הפונקציה  $f$  בצורה המצומצמת ביותר כסכום מכפלות?

12

$\overline{wx}$ $yz$	00	01	11	10
00	1		1	1
01	1	$\emptyset$	$\emptyset$	
11		$\emptyset$	$\emptyset$	1
10	1	1		1

$$f(x, y, z) = w'x'y' + w'yz' + wy'z' + wx'y$$

ב- (6 נק') כמה ליטרלים מופיעים בסה"כ בייצוג של הפונקציה  $f$  בצורה המצומצמת ביותר כסכום מכפלות תוך מניעת הבהובים סטטיים אפשריים במעגל?

14

$\overline{wx}$ $yz$	00	01	11	10
00	1		1	1
01	1	$\emptyset$	$\emptyset$	
11		$\emptyset$	$\emptyset$	1
10	1	1		1

$$f(x, y, z) = w'x'y' + w'yz' + wy'z' + wx'y + x'z'$$



## שאלה 7 (10 נקודות)

במעבד V Lite – RISC יש 3 רגיסטרים בלבד:  $X0, X1$  ו-  $X2$ .  
 $X0$  – רגיסטר מיוחד שתמיד מחזיק את הערך 0 ולא ניתן לשנותו.  
 $X1, X2$  – ניתן להשתמש בהם כרצונכם.  
מספרים שלמים תופסים 4 בתים בזיכרון, ורוחב הרגיסטרים הוא 32 סיביות.  
גודל הזיכרון הוא  $1 \text{ kByte} = 2^{10} \text{ Byte}$ , וניתן להניח שכל כתובת בזיכרון היא כתובת חוקית שאפשר לגשת אליה. (ניתן לפנות אל כל Byte בנפרד).

א- (4 נק') נגדיר את מרחב הכתובות הפיזי של הזיכרון כטווח הכתובות שניתן לגשת אליהן לצורכי כתיבה/קריאה.  
מהו מרחב הכתובות הפיזי במעבד הנתון, כתבו את התשובה **בבסיס 16** ?

$0x000 - 0x3FF$

ב- (6 נק') נתון קטע הקוד הבא הכתוב בשפת C:

```
int a = 3, b = 5;  
int temp = a;  
a = b;  
b = temp;
```

השלימו את קוד ה-Assembly הבא כך שהוא יממש את הקוד הנתון לעיל במעבד הנתון:

*addi X1, X0, 3*

*addi X2, X0, 5*

*sw X1, 0x0(X0)*

*add X1, X0, X2*

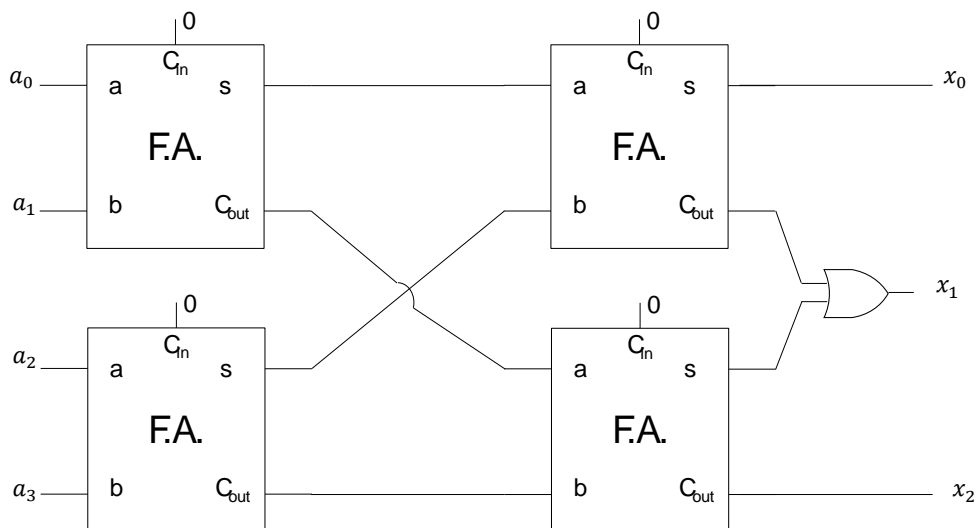
*lw x2, 0x0(X0)*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## שאלה 8 (12 נקודות)

נתון המעגל הבא:



כאשר כל רכיב F.A. הינו Full Adder סטנדרטי (שימו לב שבכניסות ה-  $C_{in}$  שלו יש '0').  
נתון מספר בינארי המורכב מסיביות הקלט:  $A = a_3 a_2 a_1 a_0$ , ומספר בינארי המורכב  
מסיביות הפלט:  $X = x_2 x_1 x_0$ .

א- (5 נק') נתון שהכניסה הינה  $A = 1011$ . מה יהיה המוצא?

א-  $X = 110$

ב-  $X = 101$

ג-  $X = 011$

ד-  $X = 000$

ה-  $X = 001$

ב- (7 נק') מה מבצע המעגל כולו עבור A כלשהו?

א-  $X$  שווה לסכום ספרות המספר  $A$ .

ב-  $(x_2, x_1, x_0) = (a_2, a_1, a_0)$ .

ג-  $(x_2, x_1, x_0) = (a_3, a_2, a_1)$ .

ד-  $X$  בכל מקרה שווה ל-0, ללא תלות ב-  $A$ .

ה-  $x_0$  מהווה XOR בין כל ספרות המספר  $A$ ,  $x_1$  מהווה OR בין כל ספרות המספר

$A$ , ו-  $x_2$  מהווה AND בין כל ספרות המספר  $A$ .



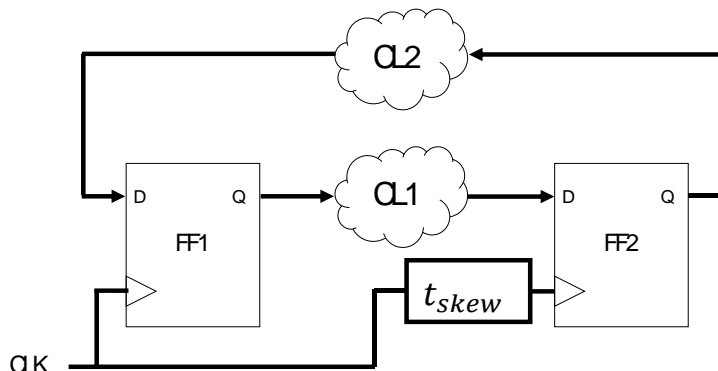
א- כאשר הכניסה היא הנתונה לעיל, נשתמש בתוצאות הידועות לנו על F.A. ונקבל:  
במוצא הרכיב העליון שמאלי נקבל  $s = 1, C_o = 0$ , ובמוצא הרכיב התחתון שמאלי נקבל  $s = 1, C_o = 0$ . ברכיב העליון ימני נקבל בכניסה -  $a = 1, b = 0$  ולכן במוצאו -  $s = 1, c_0 = 0$ .  
ברכיב התחתון ימני נקבל בכניסה -  $a = 0, b = 1$  ולכן במוצאו -  $s = 1, c_0 = 0$ . בסה"כ נקבל  $X = 011$ .

ב- תשובה א'



## שאלה 9 (15 נקודות)

נתון המעגל הבא:



נתונים:

$$\begin{aligned} t_{pd}(CL_1) &= 30ns, & t_{cd}(CL_1) &= 10ns \\ t_{pd}(CL_2) &= 100ns, & t_{cd}(CL_2) &= 6ns \\ t_{pcQ}(FF_1) &= t_{pcQ}(FF_2) = 15ns, & t_{ccQ}(FF_1) &= t_{ccQ}(FF_2) = 5ns \\ t_{setup}(FF_1) &= t_{setup}(FF_2) = 14ns, & t_{hold}(FF_1) &= t_{hold}(FF_2) = 10ns \end{aligned}$$

א- (7 נק') עבור  $t_{skew} = 0ns$ : מבין האפשרויות שלהלן, מהו זמן המחזור המזערי המותר במעגל?

- א-  $59 ns$
- ב-  $64 ns$
- ג-  $108 ns$
- ד-  $129 ns$
- ה-  $152 ns$

ב- (8 נק') עבור סעיף זה בלבד, נרצה לשנות את ערך  $t_{skew}$  כדי שנוכל להקטין את זמן המחזור של המעגל. מה ערך  $t_{skew}$  הממזער את זמן המחזור המותר של המעגל?

- א-  $-1 ns$
- ב-  $0 ns$
- ג-  $5 ns$
- ד-  $7 ns$
- ה- תשובות א'-ד' שגויות

תזכורת: לשם פעולה תקינה על מעגל לעמוד בכל דרישות התזמון.



-א-

$$\begin{aligned}
 FF_1 \rightarrow FF_2: T_{min} &= t_{pcQ}(FF_1) + t_{pd}(CL_1) + t_{setup}(FF_2) \\
 T_{min} &= 15ns + 30ns + 14ns = 59ns \\
 FF_2 \rightarrow FF_1: T_{min} &= t_{pcQ}(FF_2) + t_{pd}(CL_2) + t_{setup}(FF_1) \\
 T_{min} &= 15ns + 100ns + 14ns = 129ns
 \end{aligned}$$

ולכן זמן המחזור של המעגל הינו 129ns.

-ב-

$$\begin{aligned}
 FF_1 \rightarrow FF_2: t_{hold}(FF_2) + t_{skew} &\leq t_{ccQ}(FF_1) + t_{cd}(CL_1) \\
 10ns + t_{skew} &\leq 15ns \\
 t_{skew} &\leq 5ns \\
 FF_2 \rightarrow FF_1: t_{hold}(FF_1) &\leq t_{ccQ}(FF_2) + t_{cd}(CL_2) + t_{skew} \\
 10ns &\leq 5ns + 6ns + t_{skew} \\
 -1ns &\leq t_{skew} \\
 5ns \geq t_{skew} \geq -1ns & \text{ כלומר, קיבלנו את התנאי:} \\
 FF_1 \rightarrow FF_2: T_{min} + t_{skew} &= t_{pcQ}(FF_1) + t_{pd}(CL_1) + t_{setup}(FF_2) \\
 T_{min} + t_{skew} &= 59ns \\
 FF_2 \rightarrow FF_1: T_{min} - t_{skew} &= t_{pcQ}(FF_2) + t_{pd}(CL_2) + t_{setup}(FF_1) \\
 T_{min} - t_{skew} &= 129ns \\
 t_{skew} = -1ns & \text{ נבדוק את שתי האופציות. עבור} \\
 FF_1 \rightarrow FF_2: T_{min} &= 60ns \\
 FF_2 \rightarrow FF_1: T_{min} &= 128ns \\
 T_{min} = 128ns & \text{ כלומר:} \\
 t_{skew} = 5ns & \text{ עבור} \\
 FF_1 \rightarrow FF_2: T_{min} &= 54ns \\
 FF_2 \rightarrow FF_1: T_{min} &= 134ns \\
 T_{min} = 134ns & \text{ כלומר:} \\
 \text{לכן, נבחר ב- } t_{skew} = -1ns & \text{ ונשפר את זמן המחזור ל- } 128ns, \text{ כך שעדיין נעמוד בתנאי} \\
 \text{Hold.} &
 \end{aligned}$$