

## תכן לוגי 234262 – בחינה סופית, מועד א' טור א'

1. הבחינה מנוסחת בלשון נקבה ומכוונת לנקבה וזכר כאחת.
2. השימוש בכל חומר עזר אסור.
3. יש לוודא שקיבלת מחברת עם 12 שאלות ו 5 תרשימים בסוף הבחינה.
4. הבחינה היא אנונימית. **יש לכתוב את מספר הזהות שלך על גבי המחברת!**
5. את כל התשובות יש לכתוב במחברת הזאת. מחברות זו מכילה גם דפי טיוטה בסופה.
6. שאלות 1-11 (להלן: **השאלות הסגורות**) הן לרוב שאלות "קופסה" או ברירה מרובה. יש לסמן את התשובה הנכונה לכל השאלות על גבי הטופס. בשאלות "קופסה" יש לכתוב את התשובה הנכונה אך ורק בתוך המרובע המתאים. אין לנמק או לפרט את התשובות לשאלות הסגורות, אלא אם צוין במפורש. גם על השאלה 12 (להלן: **השאלה הפתוחה**) יש לענות במחברת הזאת.
7. אם את בוחרת שלא לענות על שאלה כלשהי, **יש לסמן X במקום המתאים**. במקרה זה תשובתך לא תיבדק ותזוכי בכמות הנקודות כפי שמצויין במקום ההוא. **לא ניתן לצבור בדרך זו יותר מ-10 נקודות!**
8. משקל השאלות הסגורות הוא 7 נקודות כ"א. משקל השאלה הפתוחה הוא 25 נקודות. שימי לב, יש סה"כ 102 נקודות.
9. ברוב המקרים אין חלוקה פנימית של נקודות בשאלות הסגורות. עם זאת צוות הקורס שומר לעצמו זכות להעניק ניקוד חלקי במקרים מסוימים, בד"כ כשיש חלוקה לסעיפים. בשאלה הפתוחה הנקודות יורדו בעבור טעויות שונות לפי מפתח אחיד, אין התייחסות לסיעוף.
10. משך הבחינה: 180 דקות. תכנני את זמנך היטב. **שימי לב:** בחצי השעה האחרונה סגל הקורס לא יענה על שאלות.

לשימוש הבוחן

7		1
7		2
7		3
7		4
7		5
7		6
7		7
7		8
7		9
7		10
7		11
25		12
102		סה"כ

**בהצלחה!**

## שאלה 1 - משטר סטטי

בכל אחד מהסעיפים הבאים מופיעה פונקציית המעבר הסטטית של רכיב מסוים. בכל סעיף, ציינו פונקציה בוליאנית כלשהי שהרכיב המתואר בסעיף שלו מממש וציינו משטר סטטי אשר תחתיו הרכיב מממש את הפונקציה הבוליאנית. אם ישנן כמה פונקציות בוליאניות אפשריות, בחרו אחת מהן. אם הרכיב אינו מממש אף פונקציה בוליאנית, סמנו XXX בכל התאים בסעיף.

שימו לב כי בסעיף 1 השער הוא בעל שתי כניסות וכי בסעיפים 2-4 השערים הם בעלי כניסה אחת.

$$g(x, y) = 2xy \quad (1)$$

$$f(x) = 5\sin(0.5x - 3) + 5 \quad (2)$$

$$f(x) = x - 3 \quad (3)$$

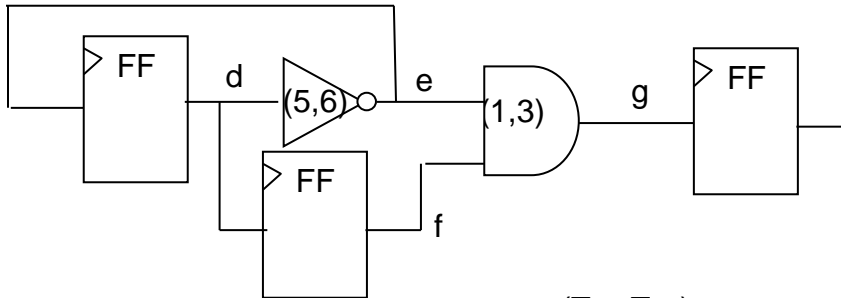
$$f(x) = 4x - 7 \quad (4)$$

סעיף	פונקציה בוליאנית	$V_{oh}$	$V_{ih}$	$V_{il}$	$V_{ol}$
1					
2					
3					
4					

☐

## שאלה 2 - וודאות/אי וודאות

נתון שהמערכת הספרתית הבאה מקיימת את המשטר הדינמי עם משטר התיזמון הבו-זמני.



השהית השערים רשומה בתוכם בפורמט  $(T_{CD}, T_{PD})$ .  
לא נתונה אינפורמציה נוספת לגבי השערים. נתון שה FLIP-FLOP ים הם חסרי ספחות.  
זמן המחזור הוא 20 יחידות זמן. בשאלה זו נסכים שמחזור השעון מתחיל בסיום הקטע A.

נסמן באותיות את הערכים הבאים:

v: השהיית FF  
w: משך הקטע C  
x: משך הקטע A

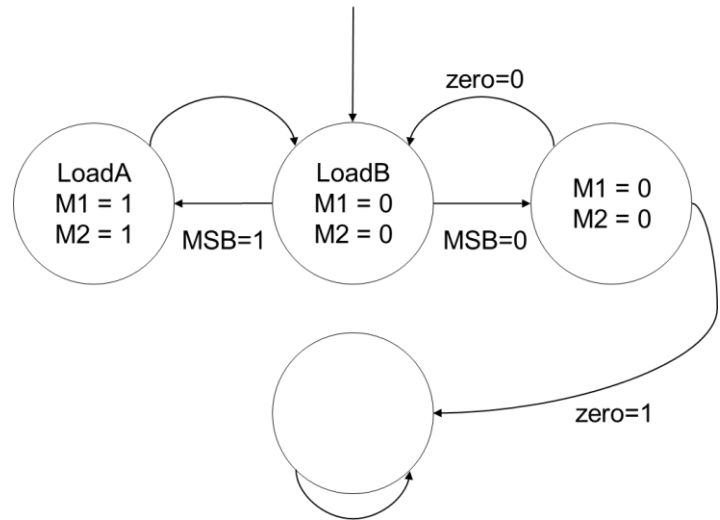
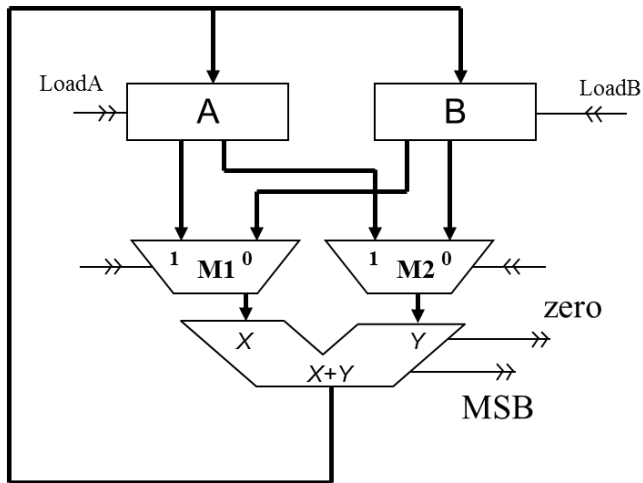
הערכים v, w, x נחשבים כידועים ותשובה מספרית יכולה להיות ביטוי אריתמטי בערכים אלו.  
במקרה של ערך מספרי שלא נקבע ע"י v, w, x, רשמי "?".  
מומלץ לענות על השאלות הבאות בעזרת דיאגרמת וודאות/אי וודאות.

א. כמה זמן, בסך הכל, האות e תקף במשך מחזור שעון?

ב. במקרה ש  $x < 2$ , כמה זמן, בסך הכל, האות g תקף במשך מחזור שעון?

☐

נתון מסלול הנתונים הבא ודיאגרמת המצבים של הבקר המתאים.



במסלול הנתונים, כל קווי הנתונים הם ברוחב 8. ה-ADDER מחבר מודולו 256.

ל-ADDER שתי יציאות סטטוס ברוחב 1 כ"א:

MSB מכיל את הביט השמאלי של התוצאה. ZERO הוא 1 אם"ם התוצאה היא אפס.

ערכי הרגיסטרים במצב התחלתי הם  $A=1$  ו-  $B=70=01000110_2$ .

מחזור השעון מספיק גדול.

רשמי בקופסא את ערכי הרגיסטרים כאשר המערכת תגיע למצב END.

A =  
B =

רשמי XXX עבור ערך לא לוגי או לא ידוע.

רשמי EEE אם לא מובטח שהמערכת תגיע למצב .END.

## שאלה 4 – Pipeline

נתונה לוגיקה צירופית בעומק 7 המכילה 35 שערים. לא נתונים פרטים נוספים לגבי הלוגיקה. נדרש להסב לוגיקה זו ל PIPELINE טהור. בשאלות הבאות, סמני בעיגול את התשובה הנכונה.

1.. אפשר לקבל 5 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 1.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

2.. אפשר לקבל 7 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 1.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

3.. אפשר לקבל 7 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 1 וכל תחנה מכילה 5 שערים.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

4.. אפשר לקבל 7 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 1 וכאשר בכל התחנות יש אותו מספר של FF ים.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

5.. אפשר לקבל 9 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 1.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

6.. אפשר לקבל 4 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא 2.

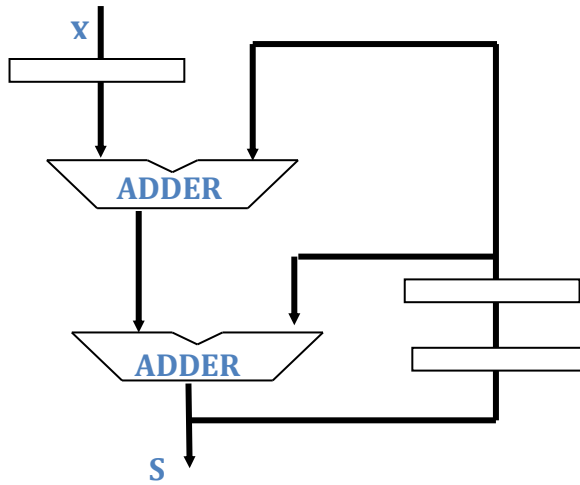
אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

7.. אפשר לקבל 4 תחנות כאשר בכל תחנה העומק של הלוגיקה הצירופית הוא לכל היותר 2.

אולי	בוודאות לא	בוודאות כן
------	------------	------------

☐

**שאלה 5 - זמן בדיד**  
נתונה המערכת הבאה.



- כל הקווים הם באותו רוחב  $n$ . ה-ADDER מחבר מודולו  $2^n$ .  
עבור קו או אוסף קווים  $Z$ ,  $Z(j)$  מסמן את הערך על  $Z$  בזמן הקטע הקריטי ה- $j$  מפורש כמספר טבעי.  
נתון ש:
- המערכת מקימת את המשטר הדינמי עם משטר התזמון הבו-זמני.
  - $0 = S(2) = S(3)$ . (שימי לב שמדובר ב- $S(2)$  וב- $S(3)$ ).

האם  $S(10)$  הוא מהצורה הבאה:

$$S(10) = C_1 X(1) + C_2 X(2) + C_3 X(3) + C_4 X(4) + C_5 X(5) + C_6 X(6) + C_7 X(7) + C_8 X(8) + C_9 X(9) + C_{10} X(10)$$

באשר כל ה- $C_j$  קבועים והסכום הוא מודולו  $2^n$ .  
סמני בעיגול את התשובה הנכונה:

כן                      לא

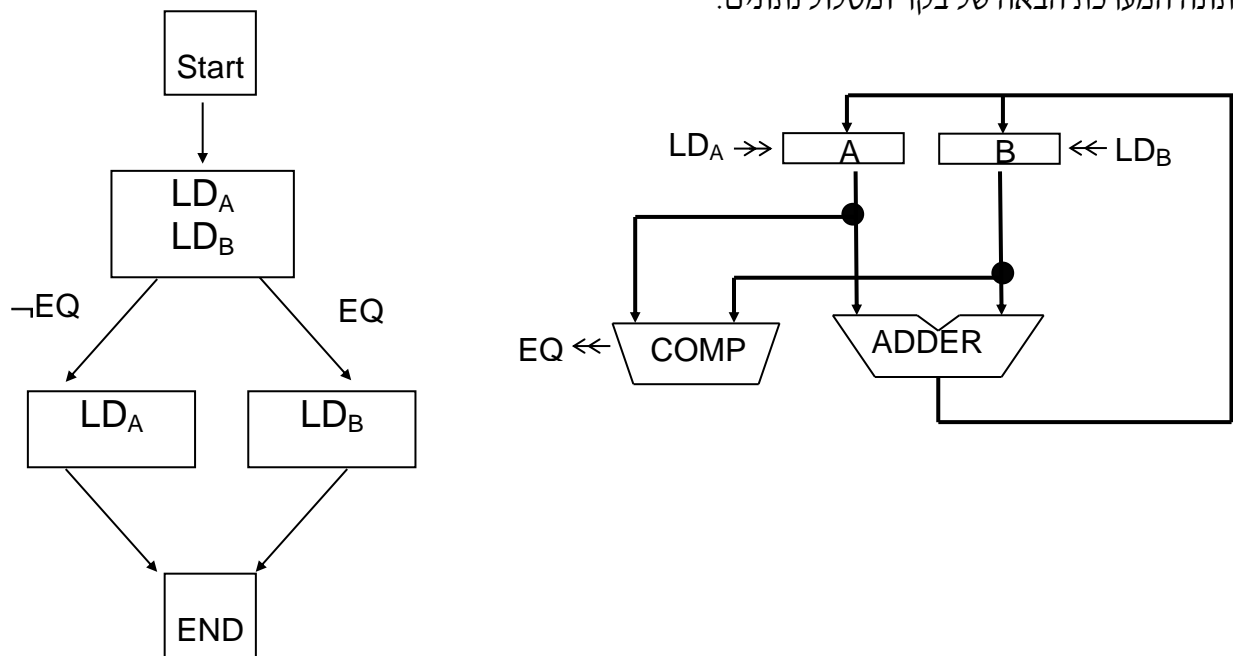
אם ענית "כן", מלאי את ערכי  $C_j$  בטבלה הבאה:

$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$

☐

## שאלה 6 – בקר ומסלול-נתונים

נתונה המערכת הבאה של בקר ומסלול נתונים.



כל הקווים העבים בשרטוט ה DP הם ברוחב 5. ה ADDER מחבר מודולו  $2^5$ .  
 COMP הוא רכיב צירופי המשדר 1 על EQ אם שני הקלטים שלו שווים.  
 נתון שמחזור השעון מספיק גדול.  
 נתון שבמצב התחלתי  $1=A$  ו  $2=B$ .

רשמי את ערכי הרגיסטרים כאשר המערכת תגיע למצב **END**.

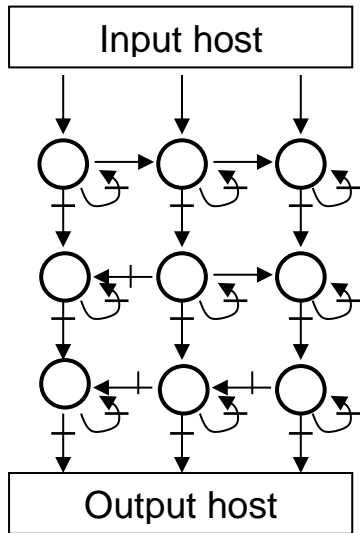
= B       = A

רשמי X כאשר ערך הרגיסטר עשוי להיות לא לוגי  
 רשמי W כאשר ערך הרגיסטר הוא בודאות לוגי אבל לא ידוע.  
 רשמי E אם במערכת יש בודאות מעגל צירופי ולכן לא מובטח שתגיע למצב **END**.

☐

## שאלה 7 – מערכות סיסטוליות

שאלה זו עוסקת בשלוש מערכות סיסטוליות. לכל היחידות במערכות אלו אותה השהיה – יחידת זמן אחת. עני על השאלות המתאימות.

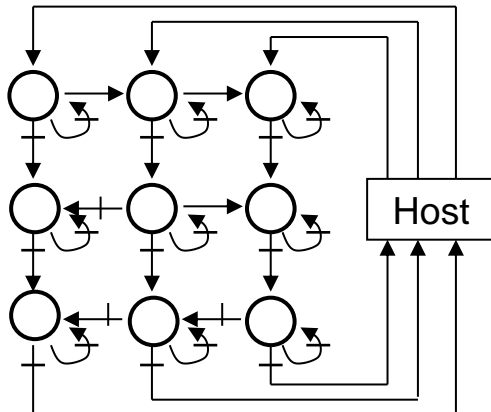


מערכת A

מהו זמן המחזור המינמלי של המערכת?

מהו זמן המחזור המינמלי שניתן לקבל ע"י רתזון המערכת?

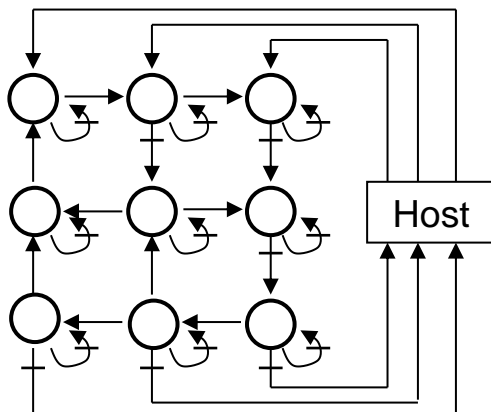
מערכת B



מהו זמן המחזור המינמלי של המערכת?

מהו זמן המחזור המינמלי שניתן לקבל ע"י רתזון המערכת?

מערכת C



מהו זמן המחזור המינמלי של המערכת?

מהו זמן המחזור המינמלי שניתן לקבל ע"י רתזון המערכת?

☐



## שאלה 8 - אריתמטיקה מהירה

בשאלה זו נדון בחישוב חזקות. תכננו לוגיקה צירופית המקבלת מספר בן  $k$  ביטים ומעלה אותו בחזקת  $n$  (אינו קלט ללוגיקה). מהי השהיית הלוגיקה? שימו לב! החישובים אינם מתבצעים במודולו, מספר הביטים בפלט הוא  $n \cdot k$ .

(1)  $O(1)$

(2)  $O(\log k)$

(3)  $O(\log n)$

(4)  $O(\log n + \log k)$

(5)  $O(\log n \cdot \log k)$

(6)  $O(\log n (\log k + \log n))$

(7)  $O(k \log n)$

(8)  $O(n \log k)$

(9)  $O(n (\log n + \log k))$

(10)  $O(n \cdot k)$

(11)  $O(n \log n \cdot \log k)$

(12)  $O(n \log n \cdot k)$

(13) לא ניתן לממש לוגיקה צירופית כנדרש.

☐

## שאלה 9 - Micro-Programming

שאלה זו עוסקת במעבד MIPS הבנוי בשיטת MICRO-PROGRAMMING.  
נזכיר :

1. למעבד זה אותו ה-DP כמו המעבד בשרטוט 5.2 המופיע בסוף הבחינה.
2. כל הבוררים ב-MIPS הם אדישים.
3. כל FF הוא חסר ספחות, אלא אם צוין במפורש אחרת.

הוחלט להוסיף פקודה חדשה שהקוד שלה הוא 19.  
להבדיל מהפקודות הרגילות, הפקודה החדשה מאוחסנת בשני תאים עוקבים בזיכרון.  
הוחלט לשנות את מחזור השעון, אם הדבר ידרש בעקבות השינוי.  
עבור הפקודה החדשה הוסיפו ל-μ-תוכנית את הקטע הבא :

LOCATION	ALU	MEM	PC	NEXT	REMARK
Y	ADD, Rs, Rt, Rd				
	ADD, PC, 4, PC			FETCH	
NEW, 19	ADD, Rs, Rt, Rd	PC,IR		Y	

(כל המספרים בשאלה זו, כולל בקטע התוכנית, כתובים בשיטה העשרונית.)

שני תאים בזיכרון, החל מכתובת 100, מכילים את הערכים הבאים. (רוחב השדות המתאימים מצוין מעליהם.)

6	5	5	5	11
19	1	5	5	5
8	1	5	4	7

נזכיר כי 8 הוא הקוד של הפקודה ADDI.  
המעבד החדש מבצע את הפקודה בכתובת 100.  
הערכים ההתחלתיים של הרגיסטרים הם  $R_j = j$  עבור כל רגיסטר  $R_j$ .

נזכיר כי הוחלט לשנות את מחזור השעון כפי שידרש למען פעולה תקינה של המערכת.

1. האם מובטח שביצוע המקרו-פקודה יסתיים?  
דהינו, האם מובטח שהמעבד יעבור לביצוע הפקודה הנמצאת לאחר שתי תאים אלו?

סמני בעיגול את התשובה הנכונה: כן לא

אם ענית "כן", המשיכי לענות על השאלות הבאות.

2. רשמי בתבות הבאות את ערכי הרגיסטרים המתאימים בסיום ביצוע הפקודה.  
רשמי X אם הערך הוא בודאות לוגי אבל לא ידוע.  
רשמי W אם הערך עשוי להיות לא לוגי.

R1	R2	R3	R4	R5

3. נזכיר שההשגיה של היחידות העיקריות ב-MIPS היא יחידת זמן אחת, וההשגיה של שאר החלקים זניחה.  
רשמי בתבה את מחזור השעון המינימלי של המעבד החדש.

☐

## שאלה 10 - MIPS (המשך בדף הבא)

השאלה עוסקת במספר פקודות חדשות שברצוננו להוסיף למעבד ה-MIPS מסרטוט 5.2 (המופיע בסוף הבחינה). עבור כל פקודה סמנו V בשורה הראשונה בטבלה המכילה היגד נכון על הפקודה (ייתכן ואף אחד מההיגדים אינו נכון).

לכל פקודה הניתנת למימוש, רשמו קידוד אפשרי לפקודה בהתאם למה שסימנתם בטבלה (אין אילוצים על מחיר השינוי או זמן הביצוע של הפקודה). עבור כל שדה בקידוד רשמו את גודלו ואת תוכנו במקומות המתאימים. אם התוכן של שדה אינו חשוב (Don't Care) סמנו XXX.

הערות:

- (א) שימו לב כי  $i, j, k$  הם מספרי רגיסטרים המופיעים בתוך הפקודה ואין הנחות נוספות לגביהם (הם יכולים להיות שווים זה וזה והם יכולים להיות שווים ל-0).
- (ב) כל הפקודות חייבות להיות מקודדות באמצעות 32 ביטים בלבד.
- (ג) ייתכן יותר מפתרון אחד אפשרי.
- (ד) קוד הפקודה 53 פנוי.
- (ה) ניתן להניח כי ה-ALU מסוגל לבצע חיבור וחיסור.

$$(1) \text{ } R_i \text{ - } \text{SAVEM} \text{ סמנטיקה: } R_i \leftarrow \text{Mem}[28]$$

גודל

תוכן

ניתן לממש ללא שינוי בבקר וב-DP
ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
ניתן לממש עם שינויים ב-DP

$$(2) \text{ } R_i \text{ - } \text{SPC} \text{ סמנטיקה: } R_i \leftarrow PC$$

גודל

תוכן

ניתן לממש ללא שינוי בבקר וב-DP
ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
ניתן לממש עם שינויים ב-DP

$$(3) \text{ } R_i \text{ - } \text{SIR} \text{ סמנטיקה: } R_i \leftarrow IR$$

גודל

תוכן

ניתן לממש ללא שינוי בבקר וב-DP
ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
ניתן לממש עם שינויים ב-DP

$$(4) \text{ } Y, R_i \text{ - } \text{SETM} \text{ סמנטיקה: } \text{MEM}[R_i] \leftarrow Y \text{ . } Y \text{ הוא קבוע בן 16 ביט המקודד לתוך הפקודה.}$$

גודל

תוכן

ניתן לממש ללא שינוי בבקר וב-DP
ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
ניתן לממש עם שינויים ב-DP

☐

לנוחיותכם – מובאת טבלה של OP-ים של פקודות מוכרות.

שם פקודה	OP	FUNC (אם יש)	שם פקודה	OP	FUNC (אם יש)
BNE	4		LW	35	
Add	0	32	SW	43	
Addi	8		J	2	

### טבלת פקודות

שם פקודה	OP	FUNC (אם יש)
BNE	4	
Add	0	32
Addi	8	
LW	35	
SW	43	
J	2	

## שאלה 11 - PIPELINE MIPS

שאלה זו עוסקת במעבד MIPS הבנוי בשיטת PIPELINE ומתואר בתרשים 5.4 המצורף בסוף הבחינה. גרסה זו של המעבד תקרא גרסה A. המעבד מבצע את קטע התוכנית הבאה:

```
ADDI R0,R1,2
ADDI R1,R0,4
ADDI R1,R1,1
ADDI R2,R1,5
ADDI R3,R1,0
ADDI R4,R1,7
```

(זכרי, הסמנטיקה של  $\text{ADDI R4,R1,7}$  היא:  $R4 \leftarrow R1 + 7$ )  
נתון שהערכים ההתחלתיים של הרגיסטרים הם  $R_j=j$  עבור כל רגיסטר  $R_j$ .  
אפשר להניח שפרט לקטע זה אין בתוכנית פקודות הכותבות ברגיסטרים.

1. רשמי בתיבות הבאות את ערכי הרגיסטרים המתאימים בסיום ביצוע קטע התוכנית ע"י גרסה A של המעבד.

R1	R2	R3	R4

2. סטודנט חרוץ הוסיף אוגר בלתי מותנה על היציאה של ה ALU. גרסה זו של המעבד תקרא גרסה B. רשמי בתיבות הבאות את ערכי הרגיסטרים המתאימים בסיום ביצוע קטע התוכנית ע"י גרסה B של המעבד.

R1	R2	R3	R4

רשמי W עבור ערך לא ידוע או לא לוגי.

☐

## שאלה פתוחה 12 – MIPS

ברצוננו להוסיף ל MIPS משרטוט 5.2 פקודה חדשה.  
הכתיב הסימבולי של הפקודה הוא :

XCHG Ri, Rj

פקודה זו מבצעת החלפה של תוכן הרגיסטרים Ri, Rj.

$R_i \leftarrow R_j$   
 $R_j \leftarrow R_i$

**הערות:**

- ערכי i, j לאו דווקא שונים.
- ה – ALU יכול לבצע חיבור וחסור (כניסה עליונה פחות תחתונה) בלבד.

לצורך שינוי זה נתונים לבחירתך כמות לא מוגבלת של רכיבים מהסוגים הבאים שעלותם מצוינת בטבלא.

הרכיב	העלות
בורר (אדיש) "K to 1" ברוחב n ביט	$n \cdot K$ ש"ח
אוגר (רגיסטר) ברוחב n ביט	$4 \cdot n$ ש"ח
ALU	300 ש"ח
Register file	400 ש"ח

בנוסף:

- ס"ה עלות השינוי הוא הפרש המחירים בין המערכת המקורית לחדשה.
- לדוגמא, הרחבת בורר "2 ל 1" ברוחב 32 ביט לבורר "3 ל 1" ברוחב 32 ביט עולה 32 ש"ח.
- שינוי בחוטים (קווים) הוא בחינם.
- שינוי בבקר הוא בחינם.

**שימי לב: אסור שיהיו לפקודה תופעות לוואי (כגון שינוי רגיסטרים חוץ מ-Ri ו-Rj).**

להלן הקריטריונים לטיב התשובה, בסדר עדיפויות יורד:

1. נכונות.
2. זמן ביצוע נמוך של הפקודה.
3. עלות שינוי נמוכה.

קידוד הפקודה נתון לבחירתך.  
(א) תארי להלן את קידוד הפקודה.

גודל השדה	
ערכו	

(ב) תארי שינויים במסלול הנתונים שיאפשרו את ביצוע הפקודה. יש לתאר את השינוי במפורט על השרטוט המצורף לבחינה.

(ג) כתיבי את תרשים הזרימה של הפקודה החדשה.

אסור להוסיף הסברים מילוליים לשרטוט.

**תרשים הזרימה של פקודת XCHG Ri, Rj**