

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

1. הבחינה מנוסחת בלשון נקבה ומכוונת לנקבה וזכר כאחת.
2. השימוש בכל חומר עזר אסור.
3. יש לוודא שקיבלת מחברת עם 9 שאלות ו-8 תרשימים בסוף הבחינה.
4. הבחינה היא אנונימית. יש לכתוב את מספר הזהות שלך על גבי המחברת!
5. את כל התשובות יש לכתוב במחברת הזאת. מחברת זו מכילה גם דפי טיוטה בסופה.
6. שאלות 1-8 (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 9 (להלן: *השאלה הפתוחה*) יש לענות במחברת הזאת.
7. למרות שסכום הניקוד על השאלות הוא 105, **לא ניתן לצבור בבחינה יותר מ-100 נק'.** הניקוד המקסימלי עבור שאלות 1-8 הוא 9 נקודות לשאלה וכן עבור שאלה 10, 33 נקודות.
8. 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.
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

9		1
9		2
9		3
9		4
9		5
9		6
9		7
9		8
33		9
105		סה"כ

**בהצלחה!**



## שאלה 1: PIPELINE MIPS

מעוניינים להוסיף לסט הפקודות של מעבד ה-MIPS (הבנוי בשיטת Pipeline, דיאגרמה 5.4), את הפקודה הבאה:

**ADD64 Ri, Rj, Rk**

הסמנטיקה של הפקודה דומה לזו של פקודת ADD הרגילה ומשמעותה:

$$R(i).R(i+1) \leftarrow R(j).R(j+1) + R(k).R(k+1)$$

כאשר  $R(a).R(b)$  מסמן מספר בן 64 ביט המתקבל משרשר תכני הרגיסטרים.

- ניתן להניח כי  $j, i$  מספרים זוגיים בין 2 ל-30.
- קיים ALU ברוחב 64 ביט עם  $Tpd$  קצת פחות ממחזור השעון.
- Register File הוא רגיל, כלומר ברוחב 32 ביט.
- אין לקלקל ביצוע פקודות קיימות (למשל ע"י הגדלת מספר התחנות)

**מהי הטענה הראשונה הנכונה?**

- ניתן להסתפק בשינוי בניתוב ובקרה בלבד.
- ניתן להסתפק בשינוי בניתוב ובקרה + הוספת רגיסטרים בלבד.
- ניתן להסתפק בשינוי בניתוב ובקרה + הוספת Register File ורגיסטרים**
- ניתן להסתפק בשינוי בניתוב ובקרה + הוספת Register File ורגיסטרים + הוספה אוטומטית של פקודת NOP אחת אחרי הפקודה ADD64
- ניתן להסתפק בשינוי בניתוב ובקרה + הוספת Register File ורגיסטרים + הוספה אוטומטית של מספר פקודות NOP אחרי הפקודה ADD64
- אף טענה מ-(1) עד (5) לא נכונה

**יש לרשום במלבן זה את מספר הטענה הנכונה:**

3
---

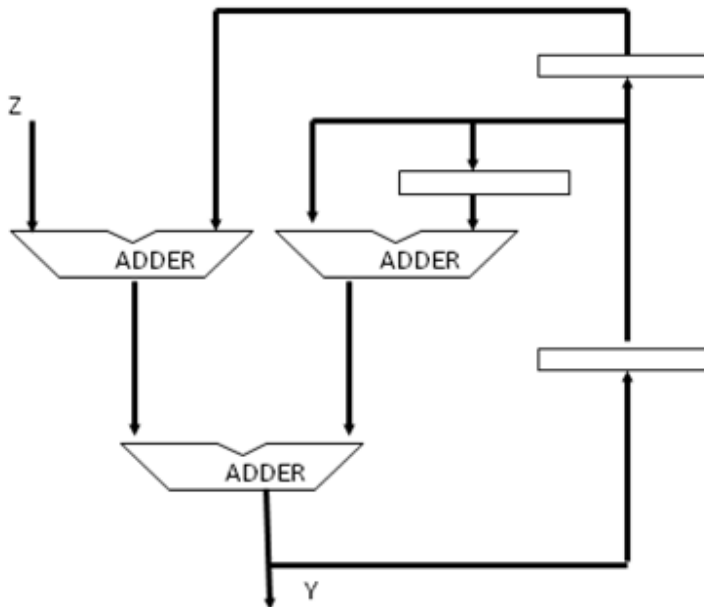
ניתן לממש Register file שתומך בפעולות הנ"ל על ידי שימוש בשני Register files אחד עבור הרגיסטרים הזוגיים והשני עבור האי זוגיים. בתוספת שימוש בקבועים 0 ו 1.

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

--

## שאלה 2: זמן בדיד

נתונה המערכת הבאה.



כל הקווים הם באותו רוחב  $n$ . הרכיב ADDER מחבר מודולו  $2^n$ . עבור קו או אוסף קווים  $X(j)$ , מסמן את הערך על  $X$  בזמן הקטע הקריטי ה  $j$  מפורש כמספר טבעי.

נתון ש:

(1) המערכת מקימת את המשטר הדינאמי עם משטר התזמון הבו-זמני.

(2)  $0=Y(0)=Y(1)=Y(2)=Z(4)=Z(5)=Z(6)=Z(7)$

האם ניתן להסיק מכך ש-  $Y(8)$  מקיים  $Y(8) = C \cdot Z(3) \pmod{2^n}$  עבור  $C$  קבוע?

**לא**

**כן**

סמני בעיגול את התשובה הנכונה:

$C =$

אם בחרת בתשובה "כן", כתבי כאן את ערכו של  $C$ .

אם בחרת בתשובה "לא", כתבי כאן את ערכם של המקדמים  $C_i$  של  $Y(8) = \left( \sum_{i=1}^8 C_i \cdot Z(i) \right) \pmod{2^n}$ :

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
0	0	21	X	X	X	X	1

היכן שמסומן X התקבלה כל תשובה מספרית.

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

### שאלה 3: משטר סטטי

בטבלה נתונות פונקציות מעבר סטטיות של רכיבים שונים. לכ"א מהרכיבים - האם יוכל לשמש כשער כלשהוא (הממש פונקציה בוליאנית כלשהיא, כולל פונקציית הזהות וקבועים) עבור משטר סטטי כלשהוא?

**אם לא** – יש לסמן X בעמודה "סוג השער".  
**אם כן** – יש למלא את סוג השער ולתת דוגמא למשטר סטטי מתאים.

$V_{ol}$	$V_{il}$	$V_{ih}$	$V_{oh}$	סוג השער	הפונקציה
<b>-4</b>	<b>-2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>not</b>	$f(x) = -x^7$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>קבוע 1</b>	$f(x) = 3x^2 + 2x + 7$
				<b>XXX</b>	$f(x, y) = (x - y)^3$

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

## שאלה 4: Pipeline MIPS

במעבד ה-Pipeline MIPS נוסף בטעות רגיסטר במקום המסומן בשלב ה-Execute. יש לסמן את ערכי הרגיסטרים בסוף התוכנית הבאה. ניתן להניח כי בתחילת הפעולה ערכו של כל רגיסטר הוא מספר הרגיסטר. (לדוגמא  $R1=1$  ו  $R3=3$ )

1.  $SW\ R2\ \#5(R2)$
2.  $ADDI\ R1\ R1\ \#1$
3.  $ADD\ R2\ R2\ R2$

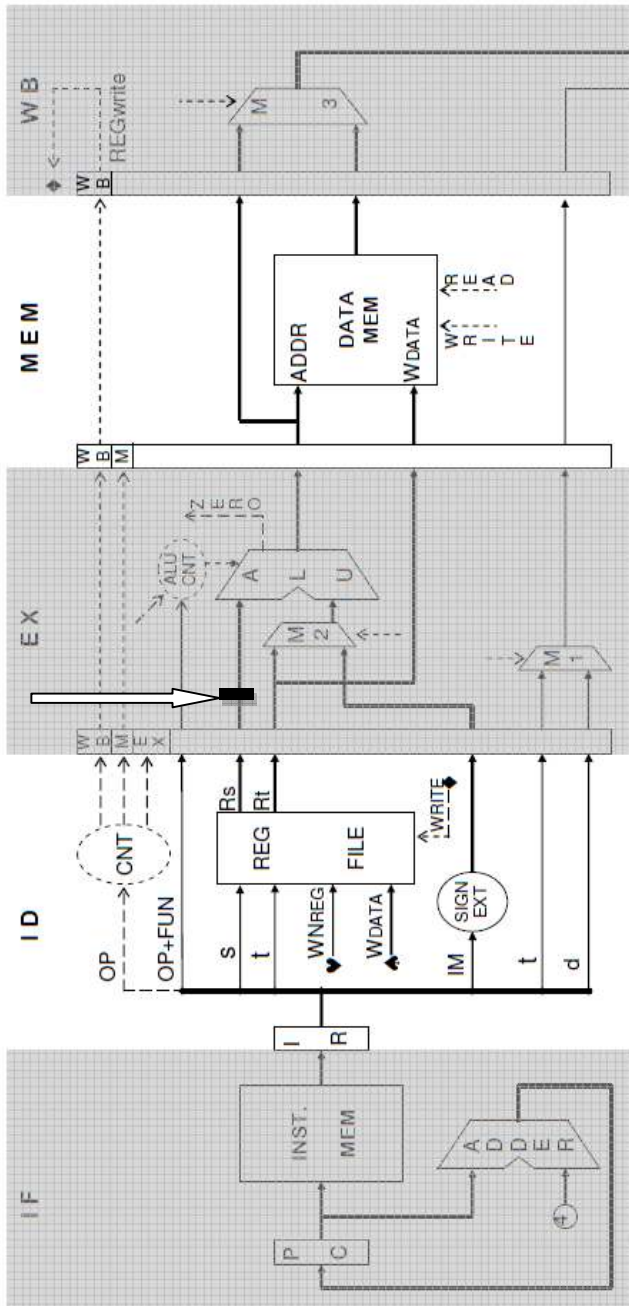
$R1 =$  3

$R2 =$  3

$R3 =$  3

תזכורת - הסמנטיקה של הפקודות היא:

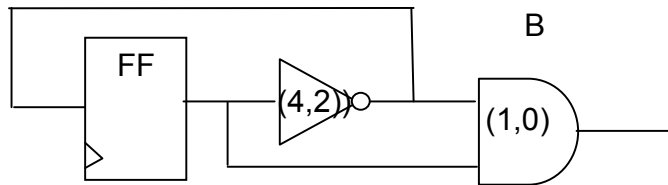
$ADD\ Rd, Rs, Rt \quad Rd \leftarrow Rs + Rt$   
 $ADDI\ Rt, Rs, IM \quad Rt \leftarrow Rs + SX(IM)$   
 $SW\ Rt, IM(Rs) \quad MEM[Rs + SX(IM)] \leftarrow Rt$



אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

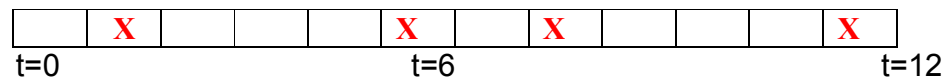
☐

## שאלה 5: משטר דינמי

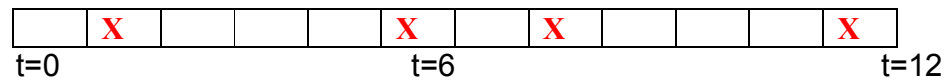


לכניסת ה FF נכנס אות שעון מחזורי במחזור 6ns, בעל שפה אקטיבית ב  $t=0$ . הנח שהשהיות ה FF זניחות, ושמוצא ה FF בזמן  $t=0+$  הוא בערך לוגי '1'. בכל רכיב צרופי רשומות השהיות בפורמט (Tpd,Tcd). סמן בטבלה הבא באיזה מרווחי זמן שער ה AND עקבי, כאשר:

א. השערים אינם בעלי דרישות מיוחדות



ב. השערים אדישים



להזכיר,

א. שפה אקטיבית היא מעבר השעון המפעיל את ארוע הדגימה FF.

ב. שער עקבי אם כניסותיו ויציאתו לוגיות ואם הוא מקיים את הפונקציה הבוליאנית.

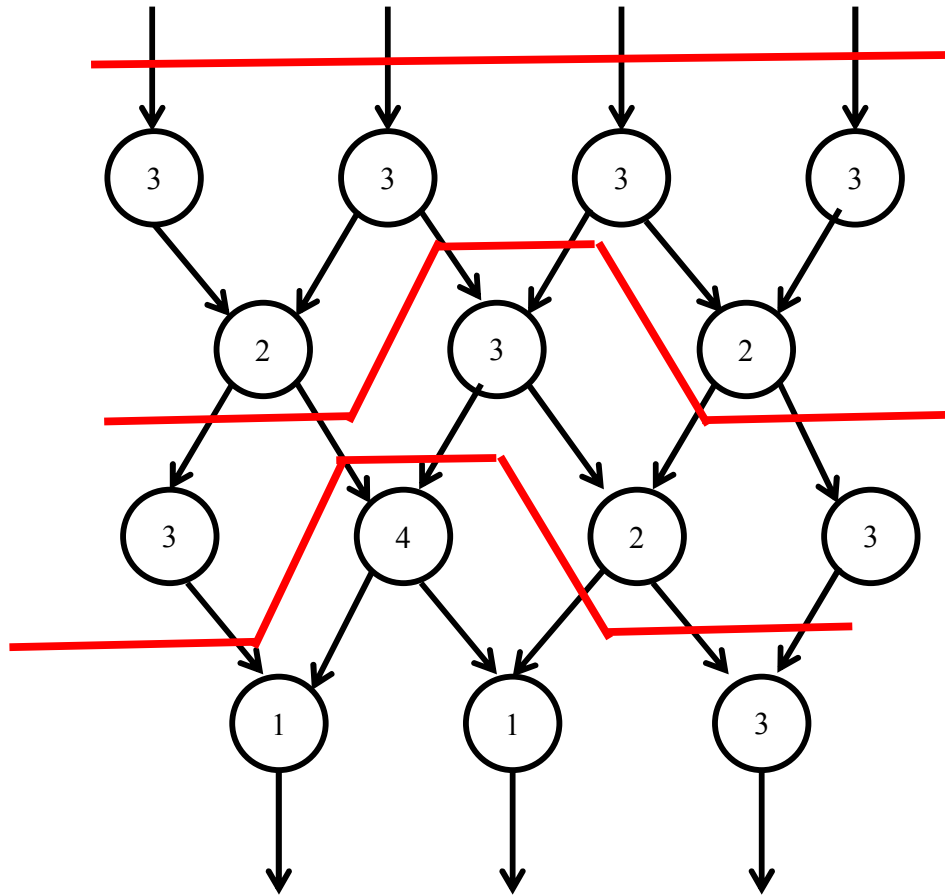
**בסעיף ב: נתקבלה גם התשובה (הלא נכונה) - 2,6,7,8,9,10,11,12**

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

## שאלה 6 – Pipeline

נתונה המערכת הבאה:



השהיית הרכיבים רשומה בתוכם ביחידות של  $ns$ . השהיית רגיסטר שווה ל-  $1ns$ .  
נדרש להפוך את המערכת למערכת Pipeline טהור בעלת ספיקה של לפחות  $\frac{1}{6}$ .

16

א. מהו המספר המינימלי של רגיסטרים שנדרש להוסיף למערכת על מנת להגיע לספיקה זו?

18

ב. מה ה-  $Latency$  של המערכת במצב זה?

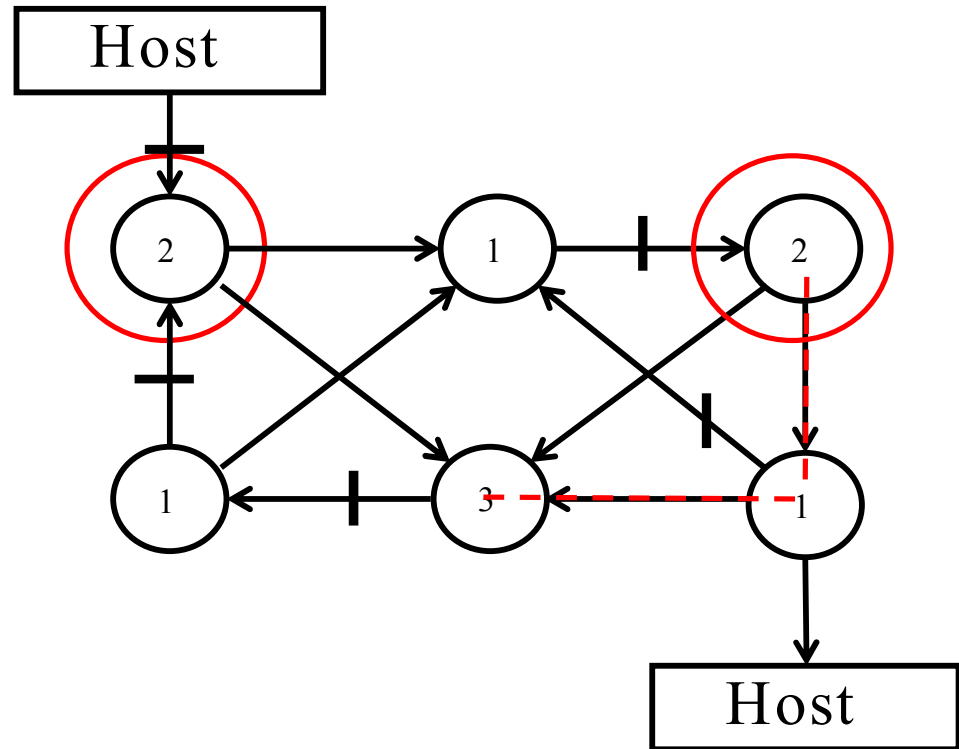
אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐



## שאלה 7 – מערכות סיסטוליות

נתונה המערכת הבאה, עבור כל יחידה חישובית מצוין ה Tpd ב-ns. כמו כן Tpd Register הינו ns. עליך לענות מה זמן המחזור המינימלי שיבטיח פעולה תקינה וכן מה זמן המחזור המינימלי הניתן להשגה באמצעות רתיזמון.



7

זמן מחזור מינימלי של המערכת שיבטיח פעולה תקינה:

5

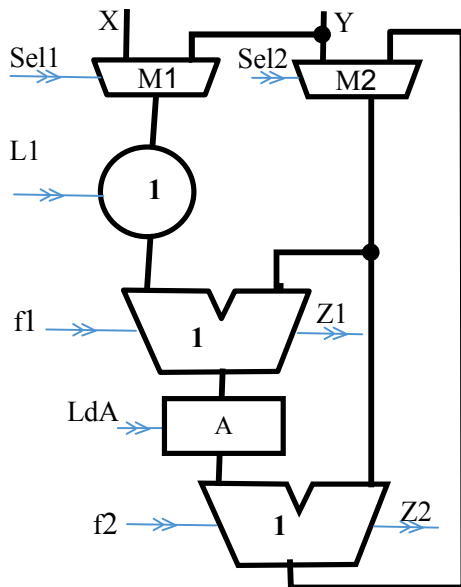
זמן מחזור מינימלי הניתן להשגה באמצעות רתיזמון:

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

### שאלה 8 – אופן פעולה 3

לפניך תיאור של מסלול נתונים.  
הכניסות X ו Y מגיעות מיחידה אחרת והן תמיד יציבות במהלך פעולת המכונה.  
השהיית הבוררים, הבקר והרגיסטרים זניחה ביחס למחזור השעון. ה ALU צירופי. השהיית יחידה צירופית במחזורי שעון רשומה בתוך היחידה. כלומר, אם למשל כתוב 1 בתוך יחידה צירופית, אזי פעולת היחידה קצרה במעט ממחזור שעון.  
נתון שהמערכת מחוברת לבקר מסוג מור, שמימושו אינו ידוע.  
עליך לאפיין את מינימום הדרישות המאפשרות פעולה תקינה של המערכת.  
באמצעות מתן תשובה לשאלות הבאות:  
הערה: בכל סעיף בו אין אף אות או בורר המקיימים את התנאי, יש לרשום XXX.



א) אילו בוררים חייבים להיות אדישים?

XXX

ב) אילו אותות בקרה חייבים להיות ארוכים?

XXX

ג) אילו אותות דורשים מחסום?

XXX

קיים במערכת מעגל צירופי – ולכן אף אילוץ של אופן פעולה 3 לא יאפשר פעולה תקינה. השאלה נפסלה וכל הסטודנטים קיבלו את כל הנקודות בגלל שהניסוח מטעה.

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

## שאלה 9 – מיפס פתוחה.

מעוניינים להוסיף לסט הפקודות של מעבד ה-MIPS (הבנוי בשיטת בקר + DP, דיאגרמה 5.2), את הפקודה הבאה:

$$MCMP\ R_i, R_j, IMM$$

הסמנטיקה של הפקודה היא כדלקמן:  
הפקודה תבצע בדיקה השוואה של שני חלקי הרגיסטר  $R_j$  ותחזיר 1 אם לפחות אחד מהם זהה ל IMM. כלומר:

$$R_i \leftarrow \begin{cases} 1 : if (R_j == IMM.XXX) or (R_j == XXX.IMM) \\ 0 : else \end{cases}$$

**הערות:**

- מובטח כי ערכי i ו-j שונים.
- אסור שיהיו לפקודה תופעות לוואי כגון שינוי רגיסטרים פרט ל- $R_i$ .
- אסור לקלקל פקודות אחרות.

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

העלות	הרכיב:
n•K ש"ח	בורר (אדיש) "K to 1" ברוחב n ביט
n•4 ש"ח	אוגר (רגיסטר) ברוחב n ביט

**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.

להלן הקריטריונים לטיב התשובה, בסדר עדיפויות יורד:

1. נכונות
2. זמן ביצוע נמוך
3. עלות נמוכה

קידוד הפקודה נתון לבחירתך. אפשר להניח כי opcode 55 אינו משמש שום פקודה אחרת.  
 (א) תארי להלן את קידוד הפקודה. ציני בברור את הרוחב של כל שדה ואיזה ערך מאוכסן בו.  
 רישמי XXX כאשר ערך השדה אינו משמעותי.

רוחב השדה	IMM	Rt	Rs	OP
תוכן השדה	IMM	j	i	53

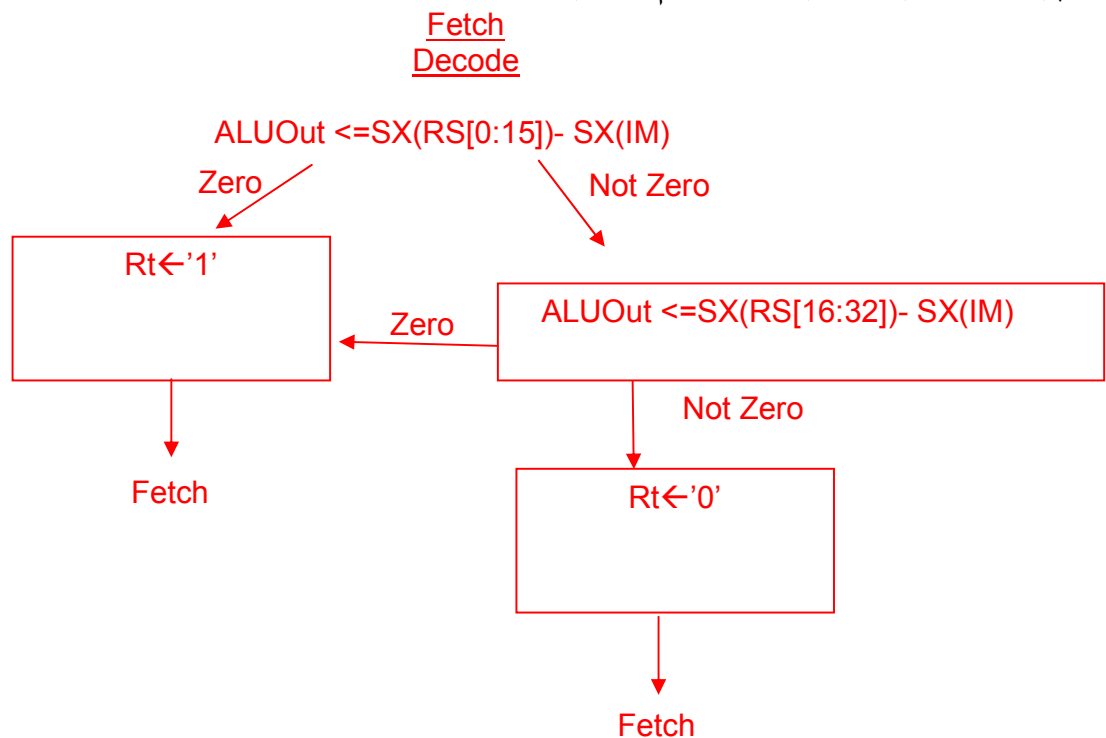
(ב) תקני את שרטוט 5.2 כך שיאפשר את ביצוע הפקודה

לנוחיותכם מצורפים לבחינה שני העתקים של שרטוט 5.2. אחד מיועד לטיוטה והשני לתשובה הסופית.  
 הקפדי על שרטוט ברור של התשובה הסופית. אסור להוסיף הסברים מילוליים לשרטוט.

(ג) על פי הפתרון שלך, בכמה מחזורי שעון הפקודה החדשה מתבצעת (כולל fetch ו decode)?

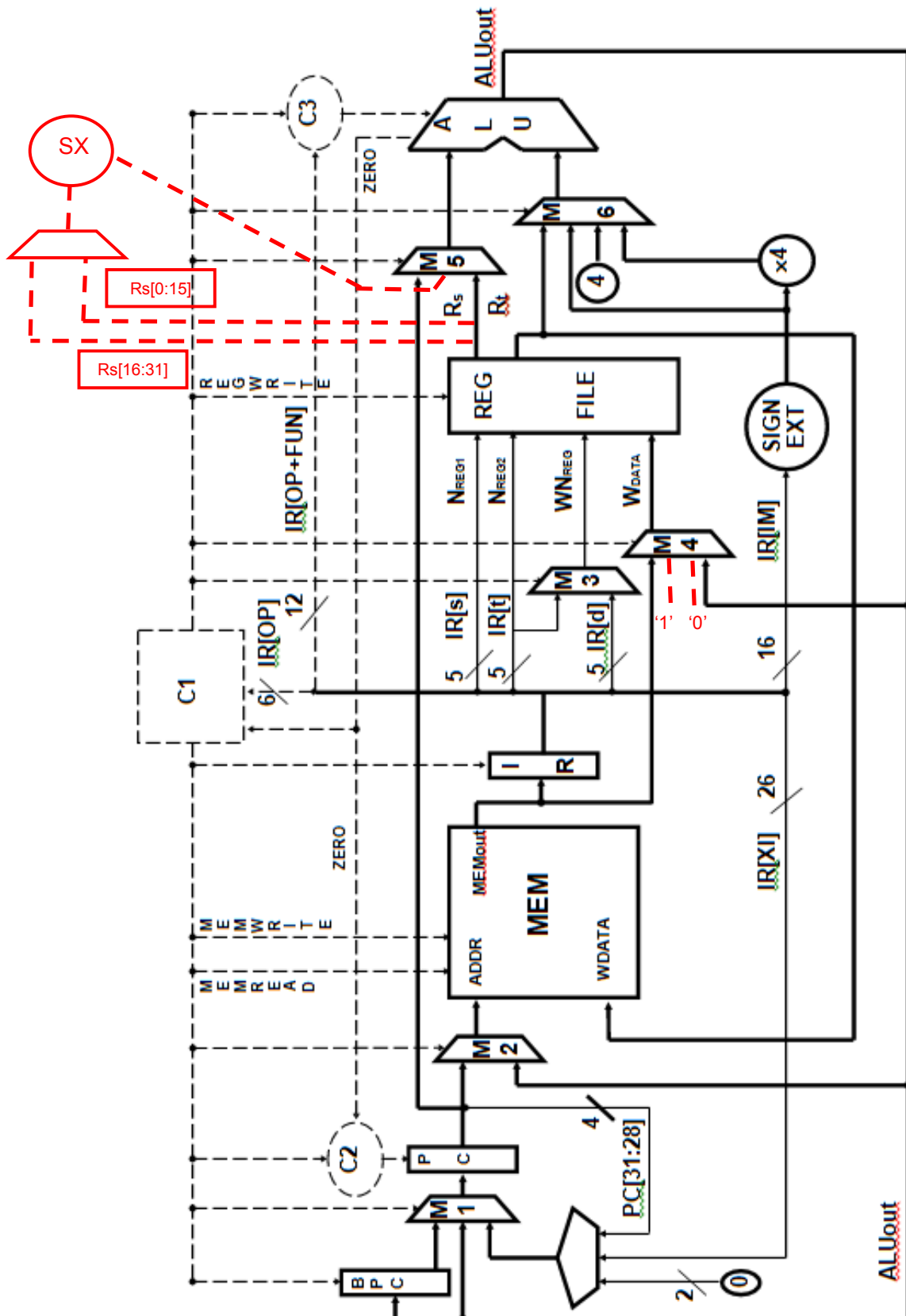
5

(ג) רישמי את תרשים הזרימה של הפקודה החדשה.

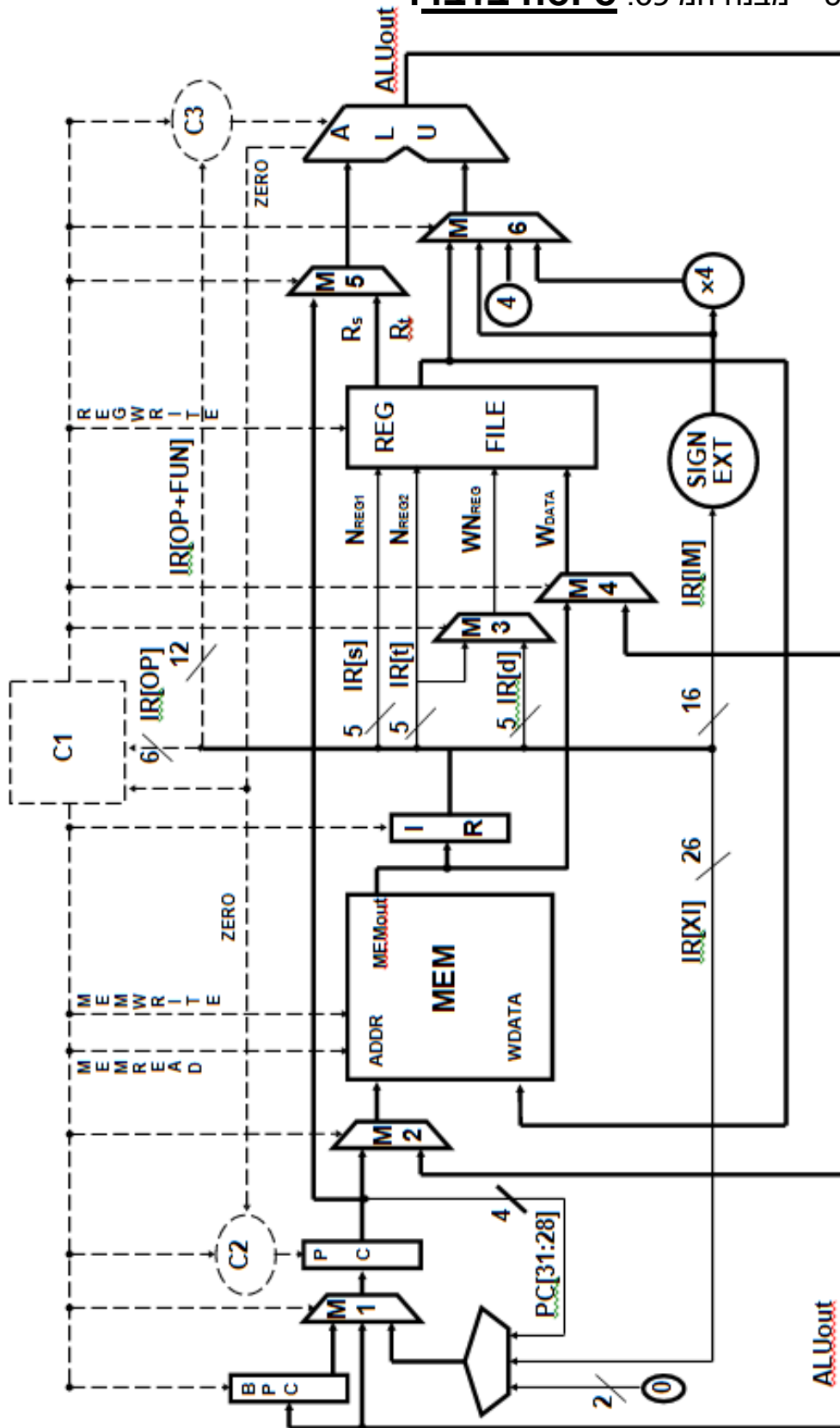


אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 5 נקודות

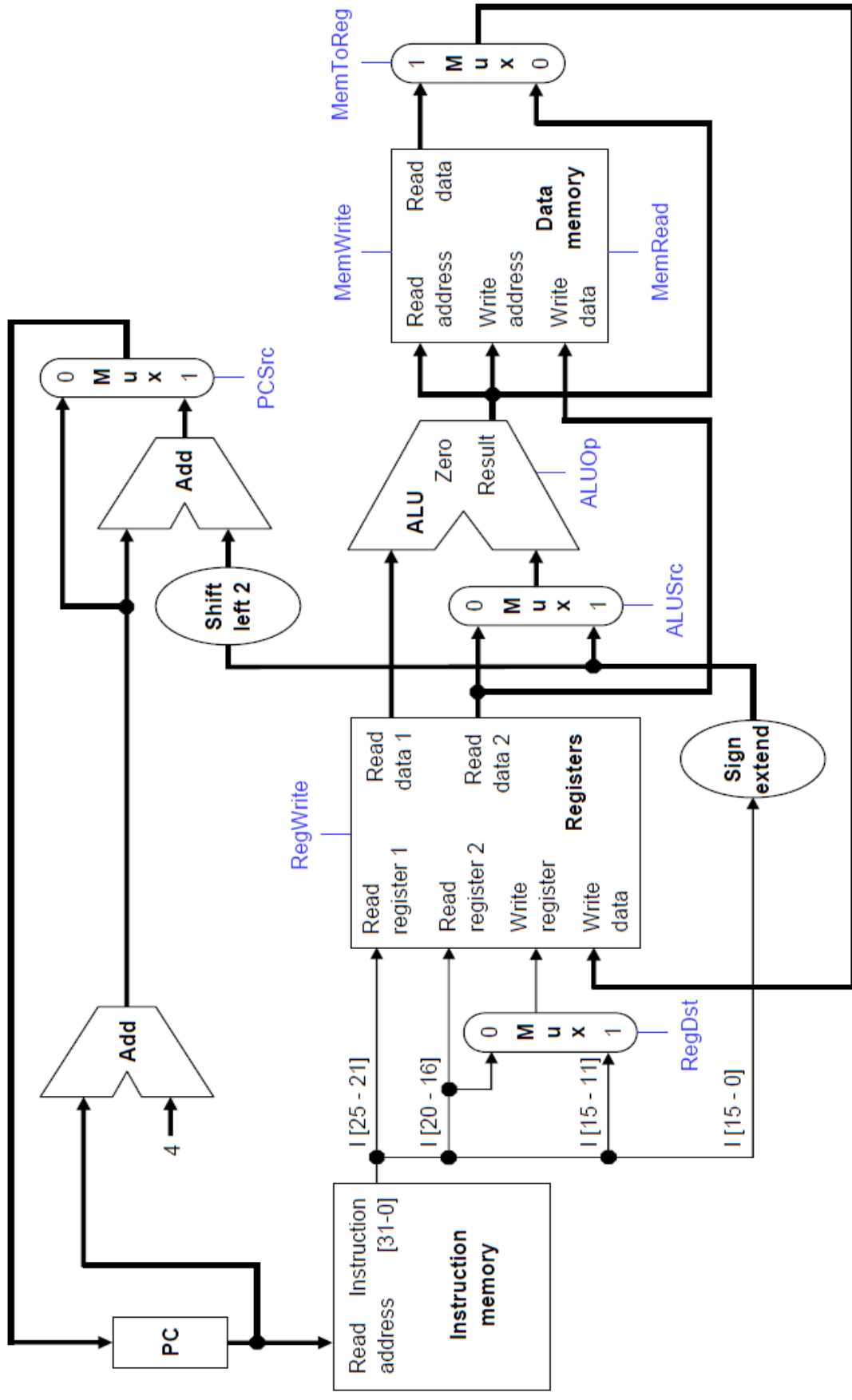
תרשים 5.2 – מבנה המיפס. תשובה סופית:



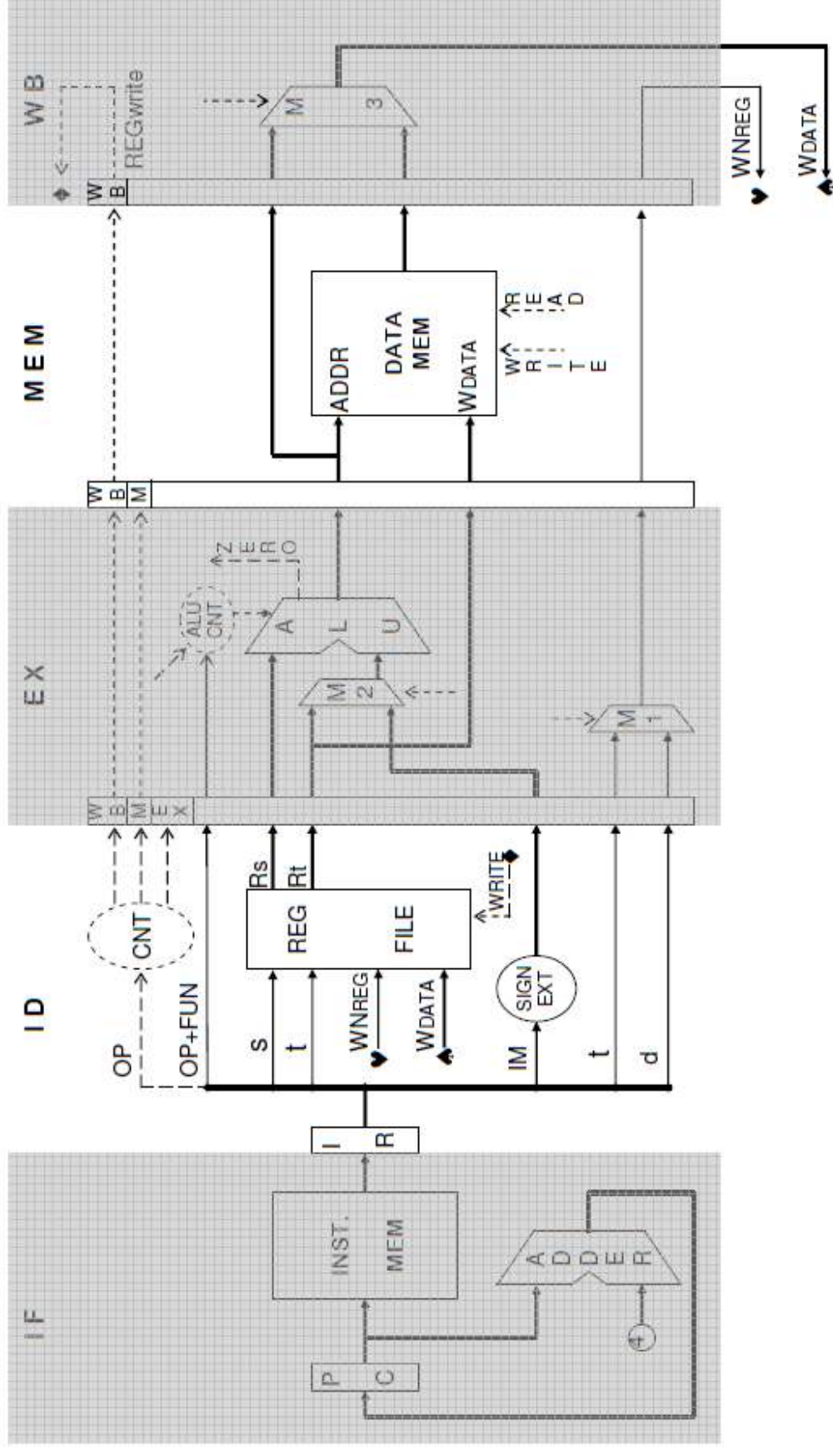
תרשים 5.2 – מבנה המיפס. טיוטה בלבד:



# Single Cycle MIPS Datapath

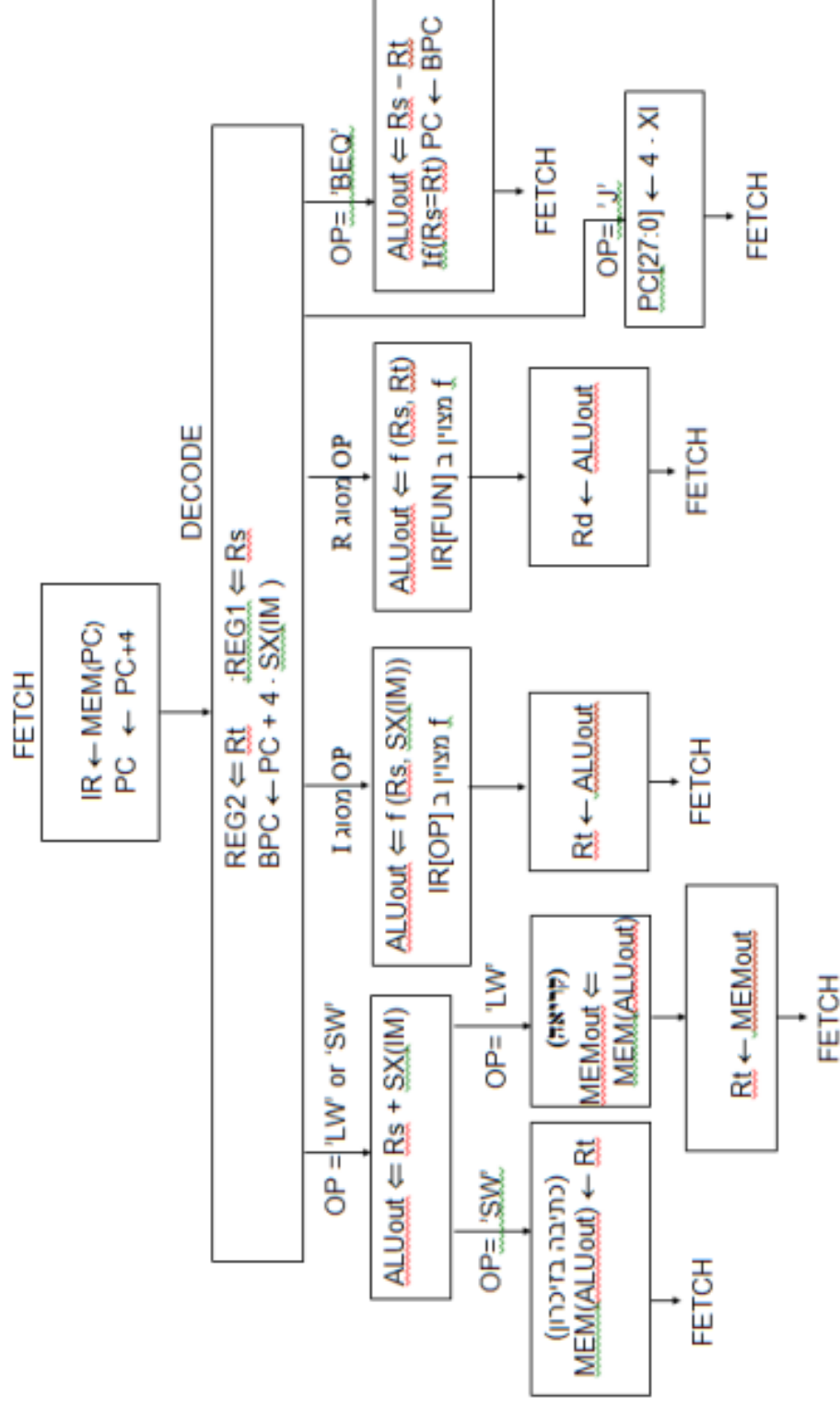


# תרשים 5.4 : MIPS ל PIPELINE (בלי פקודות בקרה)

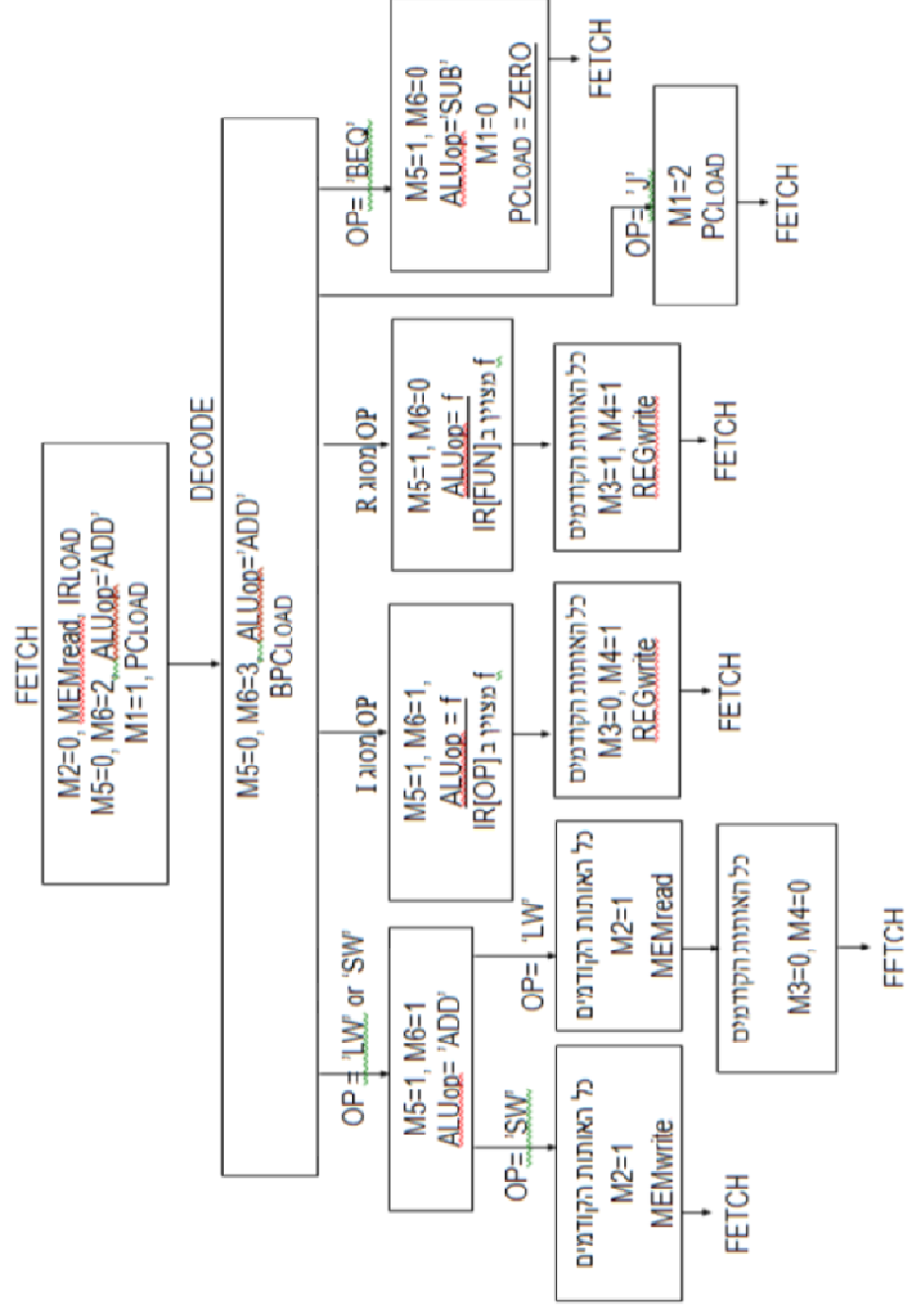




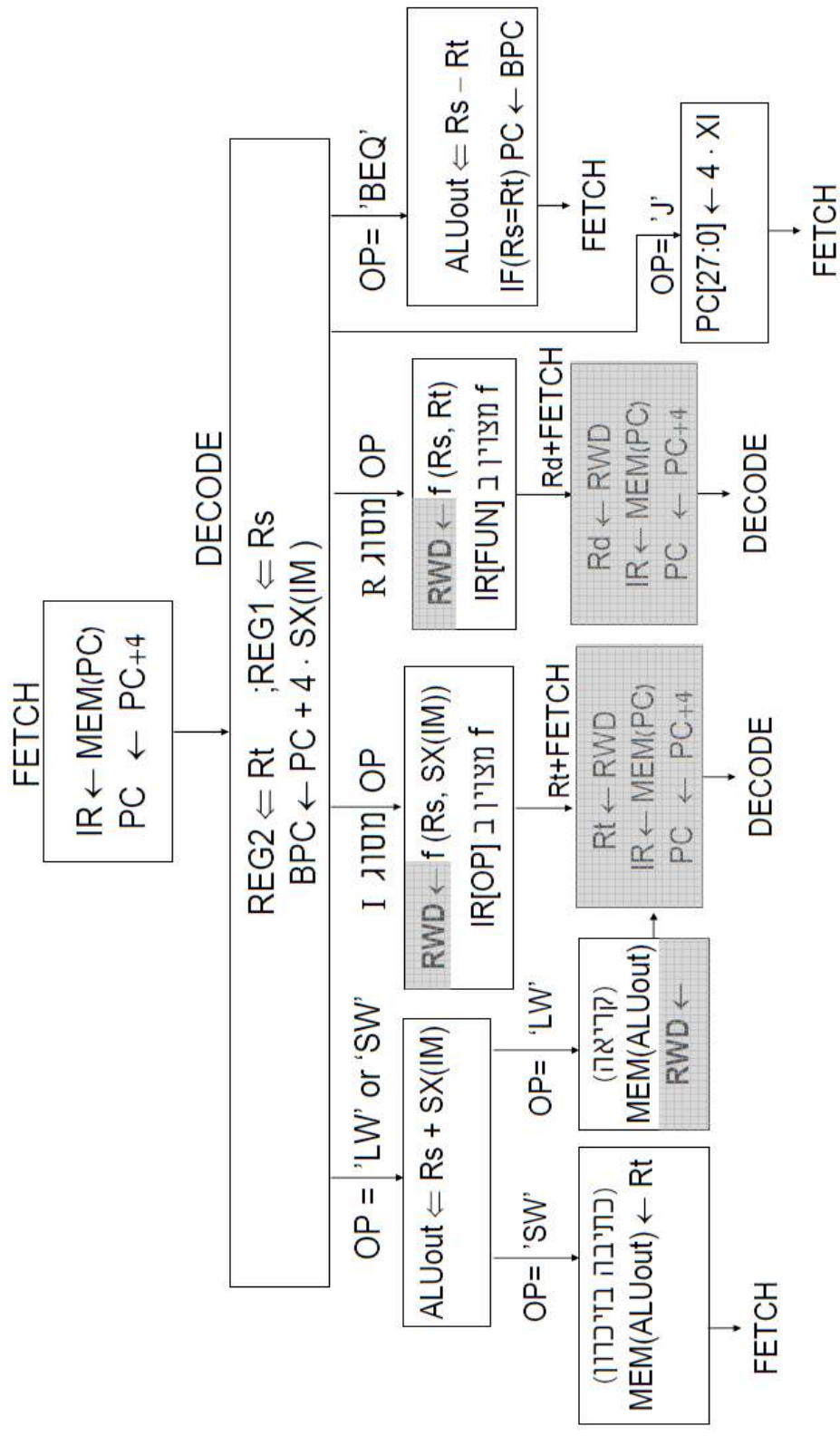
## תרשים 5.1: תרשים זרימה של מסלול הנתונים ל- MIPS



### תרשים 5.3: דיאגרמת המצבים של הבקר ל-MIPS



תרשים זרימה משופר המבצע PRE-FETCHING



תרשים 5.2 – מסלול הנתונים של Multi Cycle MIPS.

