

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

1. הבחינה מנוסחת בלשון נקבה ומכוונת לנקבה וזכר כאחת.
2. השימוש בכל חומר עזר אסור.
3. יש לוודא שקיבלת מחברת עם 9 שאלות ו-7 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. **הניקוד המקסימלי שניתן לצבור הוא 12 נק' על שאלה 1, 30 נק' על שאלה 9 ו-9 נק' על כ"א מבין שאלות 2-8.** למרות שסכום הניקוד על השאלות הוא 105, **לא ניתן לצבור בבחינה יותר מ-100 נק'.**
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. **לא ניתן לצבור בדרך זו יותר מ-10 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: **150 דקות.** תכנני את זמנך היטב. **שימי לב:** בחצי השעה האחרונה סגל הקורס לא יענה על שאלות.

בהצלחה!

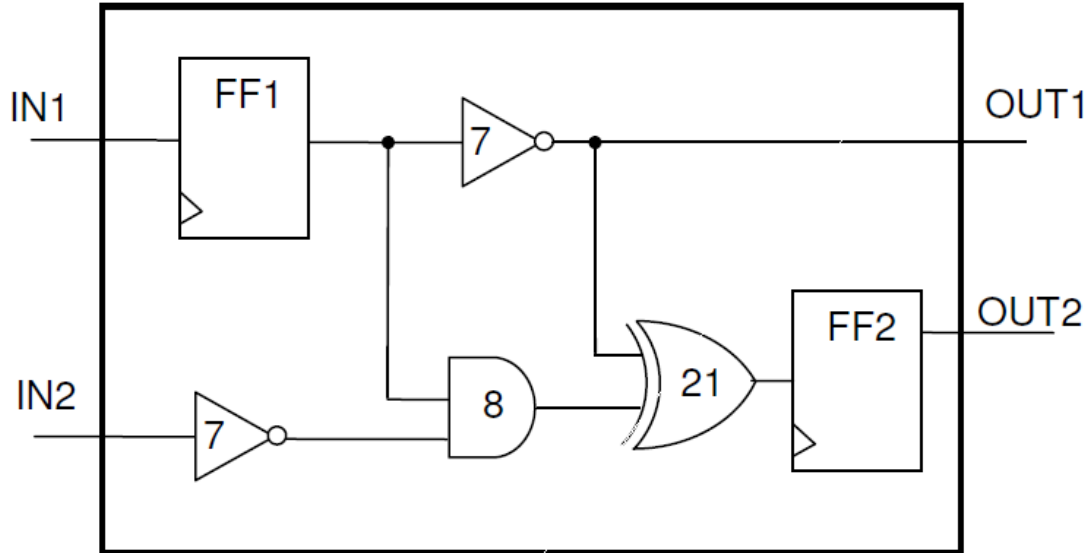
לשימוש הבוחן

12		1
9		2
9		3
9		4
9		5
9		6
9		7
9		8
30		9
105		סה"כ

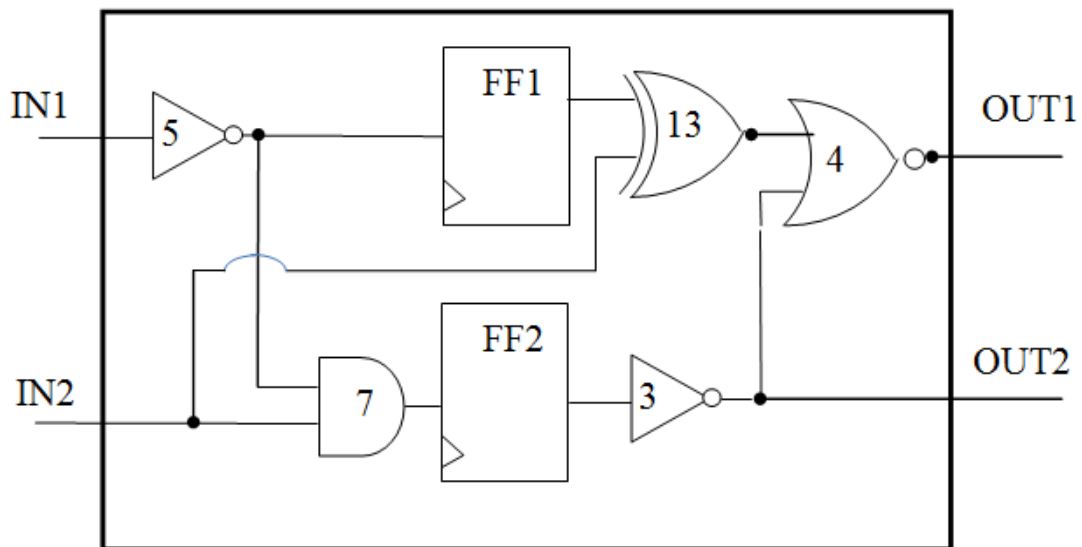
שאלה 1 – משטר דינאמי

נתונות היחידות הבאות:

היחידה A:



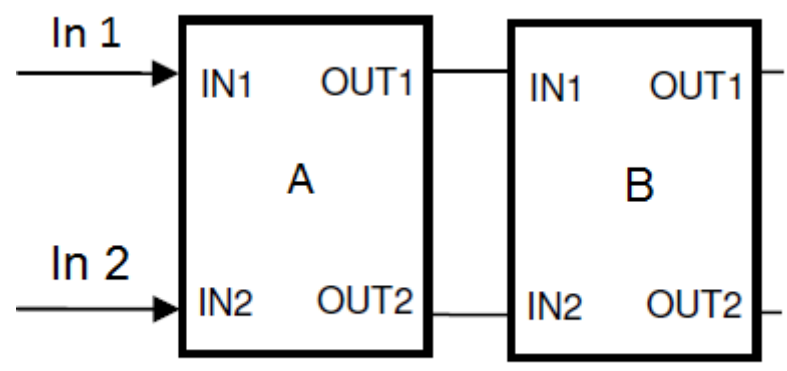
היחידה B:



זמן ההשהיה של כל שער ב-ns רשום בתוכו. זמן ההשהיה של כל FF הוא 9 ns. לכל מערכת מהבאות, אם נחבר כל כניסה וכל יציאה של המערכת ל-FF, מה יהיה זמן המחזור המינימלי בו תתפקד כראוי (תחת משטר התזמון הבו-זמני)?

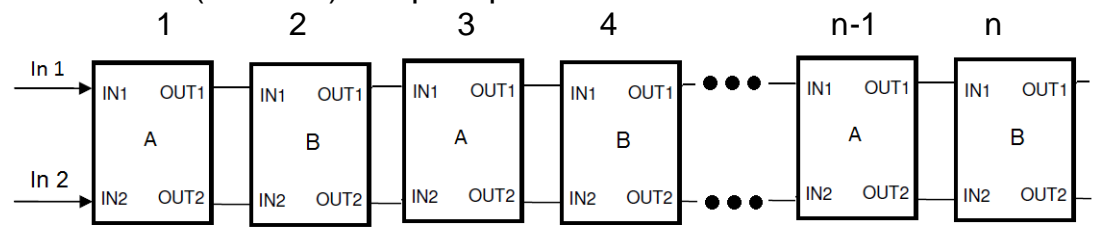
- א. מערכת המורכבת מהיחידה A בלבד 45 ns.
 ב. מערכת המורכבת מהיחידה B בלבד 26 ns.

ג. המערכת:



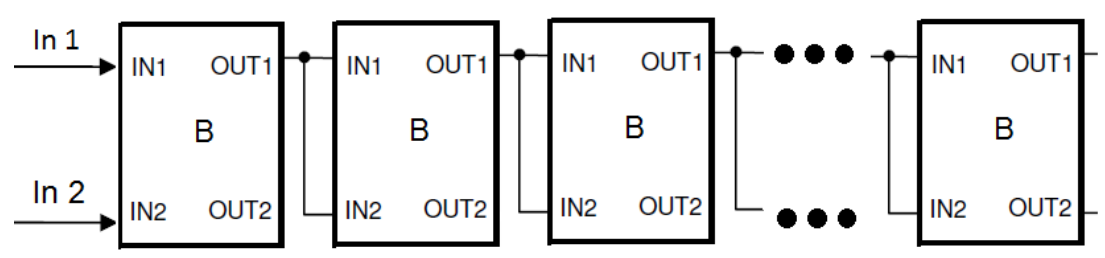
45

ד. חיבור בטור של n פעמים היחידות A ו-B לסירוגין באופן הבא ($n \geq 4$ זוגי):



48

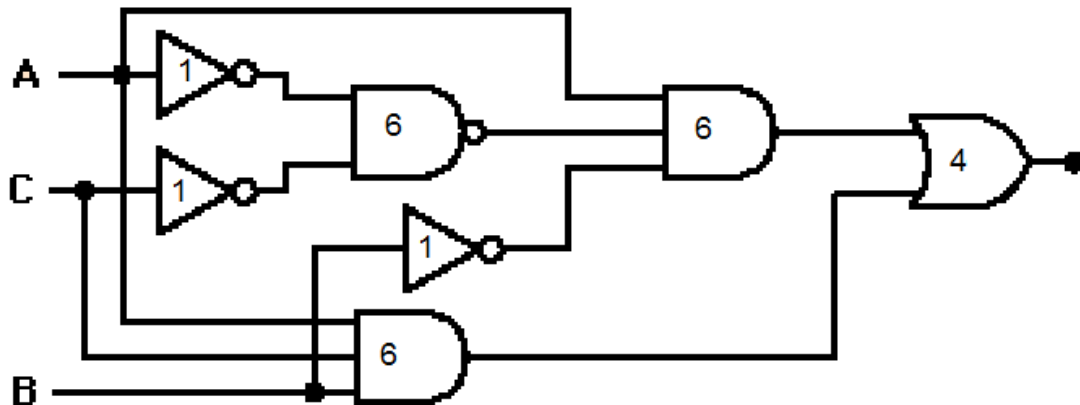
ה. שרשרת של n פעמים היחידה B באופן הבא:



$17n+9$

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 3 נקודות

שאלה 2 - פייפליין
נתונה המערכת הבאה:



השהיית כל שער (ב-ns) רשומה בתוכו, בנוסף נתון כי ה-Tpd של FF הוא 5 ns.

1. מה ההשהיה הכוללת של המערכת? 17
2. לכמה FF נזדקק (לכל הפחות) ע"מ להפוך אותה ל- Pipeline טהור? 3
3. בהתייחס למערכת שבשרטוט לעיל, ובהנחה שלא ניתן להכניס FF בתוך שערים בה אלא רק ביניהם:
א. אם נרצה להפוך את המערכת למערכת Pipeline טהור ולמקסם את ה-Throughput שלה – מה המספר המינימלי של FF לו נזדקק? 14
ב. מה יהיה ה- Throughput של המערכת שנקבל בצורה זו? 1/11
ג. מה יהיה ה- Latency של המערכת שנקבל בצורה זו? 44
4. אם נרצה לשרשר אחרי המערכת שבנינו בסעיף 3 רכיב לוגיקה צירופית E שה-Tpd שלו T מבלי לפגוע ב- Throughput של המערכת, עבור אילו ערכים של T נוכל לשרשר את E מבלי שנשים לפניו FF? 2 ≤ T ≤ 0

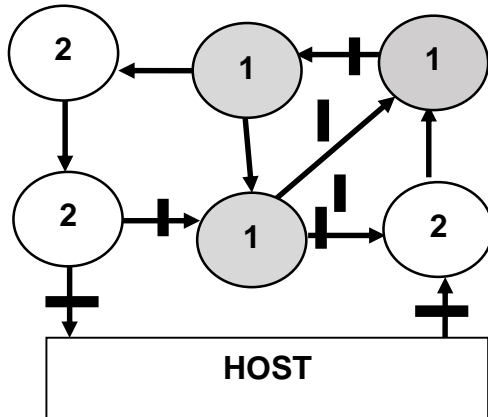
אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

שאלה 3 - מערכות סיסטוליות:

עבור המערכת הנתונה עליך לענות מה זמן המחזור המינימאלי, וכן מה זמן המחזור המינימאלי הניתן להשגה באמצעות רתיזמון – באופן כזה שה Host נשאר ללא שינוי כלל.

עבור כל יחידה חישובית מצוין ה TPD במחזורי שעות. כמו כן TPD Register הינו 1.



זמן מחזור מינימאלי:

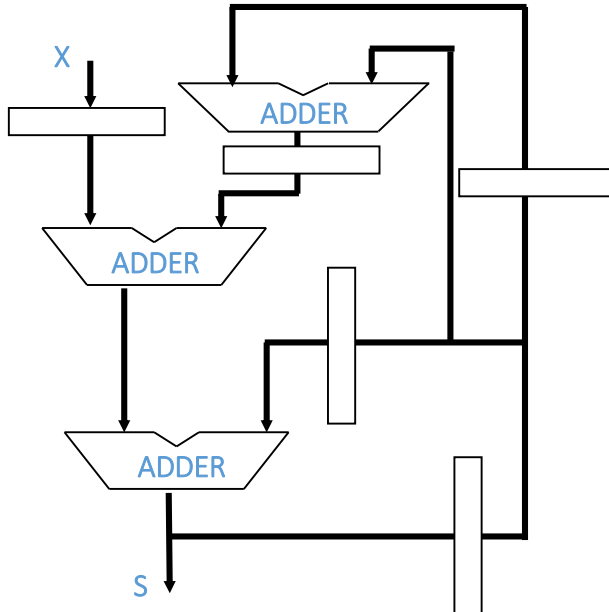
6

זמן מחזור מינימאלי לאחר רתיזמון:

4

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

שאלה 4 - זמן בדיד
נתונה המערכת הבאה:



כל הקווים הם באותו רוחב n . ה-ADDER מחבר מודולו 2^n .
עבור קו או אוסף קווים Z , $Z(i)$ מסמן את הערך על Z בזמן הקטע הקריטי ה- i מפורש כמספר טבעי.
נתון ש:

- המערכת מקימת את המשטר הדינמי עם משטר התזמון הבו-זמני.
- $S(0) = S(1) = S(2) = 0$

האם $S(7)$ הוא מהצורה הבאה:

$$S(7) = \sum_{i=1}^7 C_i x(i)$$

כאשר כל ה- C_i הם קבועים והסכום והחיסור הם מודולו 2^n ?
סמני בעיגול את התשובה הנכונה:

לא

כן

אם ענית "כן", מלאי את ערכי C_i בטבלה הבאה:

$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$	$C6$	$C7$
0	4	1	2	0	1	0

אם ענית "לא" רשמי את הנוסחא הנכונה, ובמידה ולא ניתן לרשום נוסחא רשמי XXX

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

שאלה 5 – Multi Cycle MIPS

השאלה עוסקת במספר פקודות חדשות שברצוננו להוסיף למעבד ה-MIPS מסרטוט 5.2 (המופיע בסוף הבחינה). עבור כל פקודה סמנו V בשורה של ההיגד הנכון הראשון (ייתכן שאף אחד מההיגדים אינו נכון - במקרה זה אין לסמן V).
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.
לגבי שדות ה-OpCode ו-Func – אם ניתן לממש את הפקודה באמצעות פקודה קיימת (A) יש לרשום בתוכן השדה: Opcode(A) ו-Func(A) בהתאמה, אחרת יש למלא את הערך 53.
הערות:

- (א) שימו לב כי i, j, k הם מספרי רגיסטרים המופיעים בתוך הפקודה ואין הנחות נוספות לגביהם (הם יכולים להיות שווים זה לזה והם יכולים להיות שווים ל-0).
(ב) כל הפקודות חייבות להיות מקודדות באמצעות 32 ביטים בלבד.
(ג) ייתכן יותר מפתרון אחד אפשרי.
(ד) ניתן להניח כי ה-ALU מסוגל לבצע חיבור וחסור.
(ה) X, Y הם ערכים בני 16 ביט המקודדים לתוך הפקודה.

1) $R_i \leftarrow R_j$ - סמנטיקה: $ASSIGN R_i, R_j$.

גודל	6	5	5	16		ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
תוכן	opcode(addi)	Rj	Ri	0		ניתן לממש עם שינויים ב-DP

2) $BGT R_i, R_j, X$ - סמנטיקה: $if (R_i > R_j) then PC \leftarrow PC + 4 + SX(X) \cdot 4$.

גודל	6	5	5	16		ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
תוכן	53	Rj	Ri	X		ניתן לממש עם שינויים ב-DP

בסעיף זה אנו מקבלים את התשובה גם עם סדר הפוך בין הרגיסטרים בפקודה כי זה לא משנה.

3) $R_j \leftarrow R_k + SX(Y) \cdot 4$ - סמנטיקה: $ADDW R_j, R_k, Y$.

גודל	6	5	5	16		ניתן לממש ללא שינוי ב-DP
תוכן	53	Rk	Rj	Y		ניתן לממש עם שינויים ב-DP

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

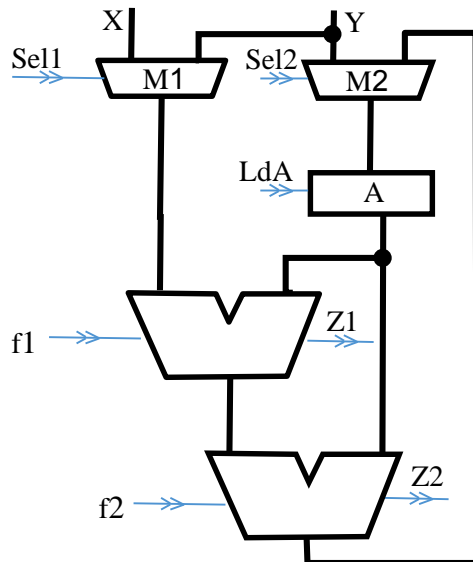
☐

שאלה 6 – אופן פעולה 3

לפניך תיאור של מסלול נתונים שמיועד לפעול באופן פעולה 3. נתון כי השהיית הבוררים, הרגיסטרים והבקר זניחה וכן השהיית היחידות החישוביות (ALU) קטנה במעט ממחזור שעון. כמו כן ניתן להניח שהכניסות X ו Y מגיעות מרגיסטר.

נתון שהמערכת מחוברת לבקר מסוג מסוג Moore, 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?

M2

(ב) אילו אותות בקרה חייבים להיות ארוכים?

Sel1, f1

(ג) אילו אותות דורשים מחסום?

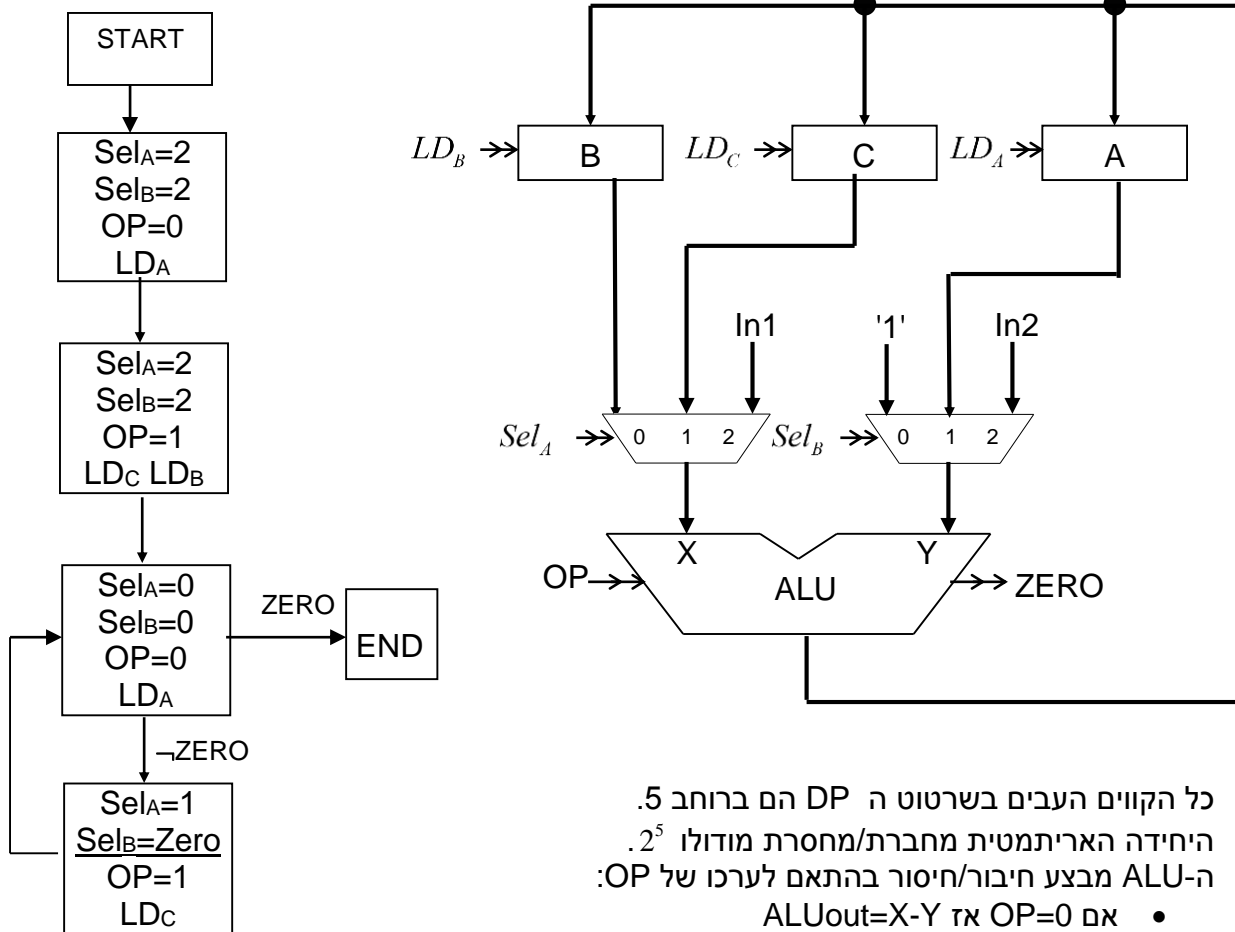
Z2

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

שאלה 7 - בקר ומסלול נתונים

נתונה המערכת הבאה של בקר ומסלול נתונים :



כל הקווים העבים בשרטוט ה DP הם ברוחב 5.
 היחידה האריתמטית מחברת/מחסרת מודולו 2^5 .
 ה-ALU מבצע חיבור/חיסור בהתאם לערכו של OP:

- אם OP=0 אז $ALU_{out}=X-Y$
- אם OP=1 אז $ALU_{out}=X+Y$

ה-ALU מוציא את סטאטוס עפ"י הכלל הבא:

- אם $ALU_{out}=0$ אז ZERO=1
- אם $ALU_{out} \neq 0$ אז ZERO=0

נתון שבמשך כל הריצה $In1=21$ ו- $In2=18$.
 אם המערכת תקינה היא חייבת להגיע למצב End.
 רשמי להלן את ערכם של הרגיסטרים כאשר המערכת תהיה במצב END אחרת סמני XXX.

A=XXX

B=XXX

C=XXX

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

שאלה 8- MIPS

שאלה זו עוסקת במעבד MIPS הבנוי בשיטת PIPELINE ומתואר בתרשים 5.4, וכן במעבד Multi Cycle MIPS הממש pre-fetch המתואר בתרשימים (5.1, 5.2). לנוחיותך מצורף גם תרשים הכולל את אופטימיזציות ה pre-fetch ה Pipeline MIPS מסוגל לזהות תלויות מידע ולהשהות את הביצוע על ידי הזרקת פקודות NOP, עד שהפקודה שמייצרת את המידע תסיים את שלב ה WB. נתונה התוכנית הבאה:

1. SW R1 #7(R2)
2. ADDI R2 R2 #1
3. LW R3 #5(R2)
4. ADD R1 R5 R7

עליך לציין עבור כל פקודה, את מחזור השעון בו הפקודה תסיים את ביצועה ב- Pipeline MIPS וכן ב- Multi Cycle MIPS שמשמש ב Pre-fetch.

פקודה:	Pipeline MIPS	Multi Cycle MIPS (עם prefetch)
1	5	4
2	6	8
3	10	12
4	11	15

תזכורת - הסמנטיקה של הפקודות היא:

ADD Ri,Rj,Rk	$R_i \leftarrow R_j + R_k$
ADDI Ri,Rj,IM	$R_i \leftarrow R_j + \text{SX}(\text{IM})$
SW Ri,IM(Rj)	$\text{MEM}[R_j + \text{SX}(\text{IM})] \leftarrow R_i$
LW Ri, IM(Rj)	$R_i \leftarrow \text{MEM}[R_j + \text{SX}(\text{IM})]$

אני בוחרת לא לענות על השאלה ולקבל 2 נקודות

☐

שאלה 9 – פתוחה – Single Cycle MIPS

ברצוננו להוסיף ל Single Cycle MIPS פקודה חדשה.

הכתיב הסימבולי של הפקודה:

SAI Rj, Rk

[תחת ההנחה ש-j שונה מ-k]

שהסמנטיקה שלה היא

$$\text{MEM}(R_j) \leftarrow R_k$$

$$R_j \leftarrow R_j + 4$$

[כאשר סדר הפקודות משמעותי, כלומר קודם Rk נטען למקום הנאמר, ורק לאחר מכן Rj מתעדכן]

נניח ש-FANOUT ניתן בחינם כלומר אינו מהווה בעיה.

לצורך שינוי זה ניתן להוסיף כמות בלתי מוגבלת של בוררים 2--1 שעלותם שקל אחד לביט. לדוגמא: בורר 2--1 ברוחב 32 ביט עולה 32 שקלים.

בנוסף:

- שינוי בחוטים (קווים) הוא בחינם.
- הקבועים 0 ו 1 גם כן בחינם.
- שינוי בבקר הוא בחינם.

להלן הקריטריונים לטיב התשובה, בסדר עדיפויות יורד:

- נכונות
- עלות שינוי נמוכה

קידוד הפקודה נתון לבחירתך **תחת ההגבלה שהפקודה צריכה להיות מסוג I**. נתון כי קידוד הפקודה 53 אינו משמש שום פקודה אחרת.

א) תארי להלן את קידוד הפקודה. צייני בברור את הרוחב של כל שדה ואיזה ערך מאוכסן בו. רישמי XXX כאשר ערך השדה אינו משמעותי.

			6	5	5	16	רוחב השדה
			53	Rk	Rj	#4	תוכן השדה

ב) תקני את הסרטוט הנ"ל כך שיאפשר את ביצוע הפקודה.

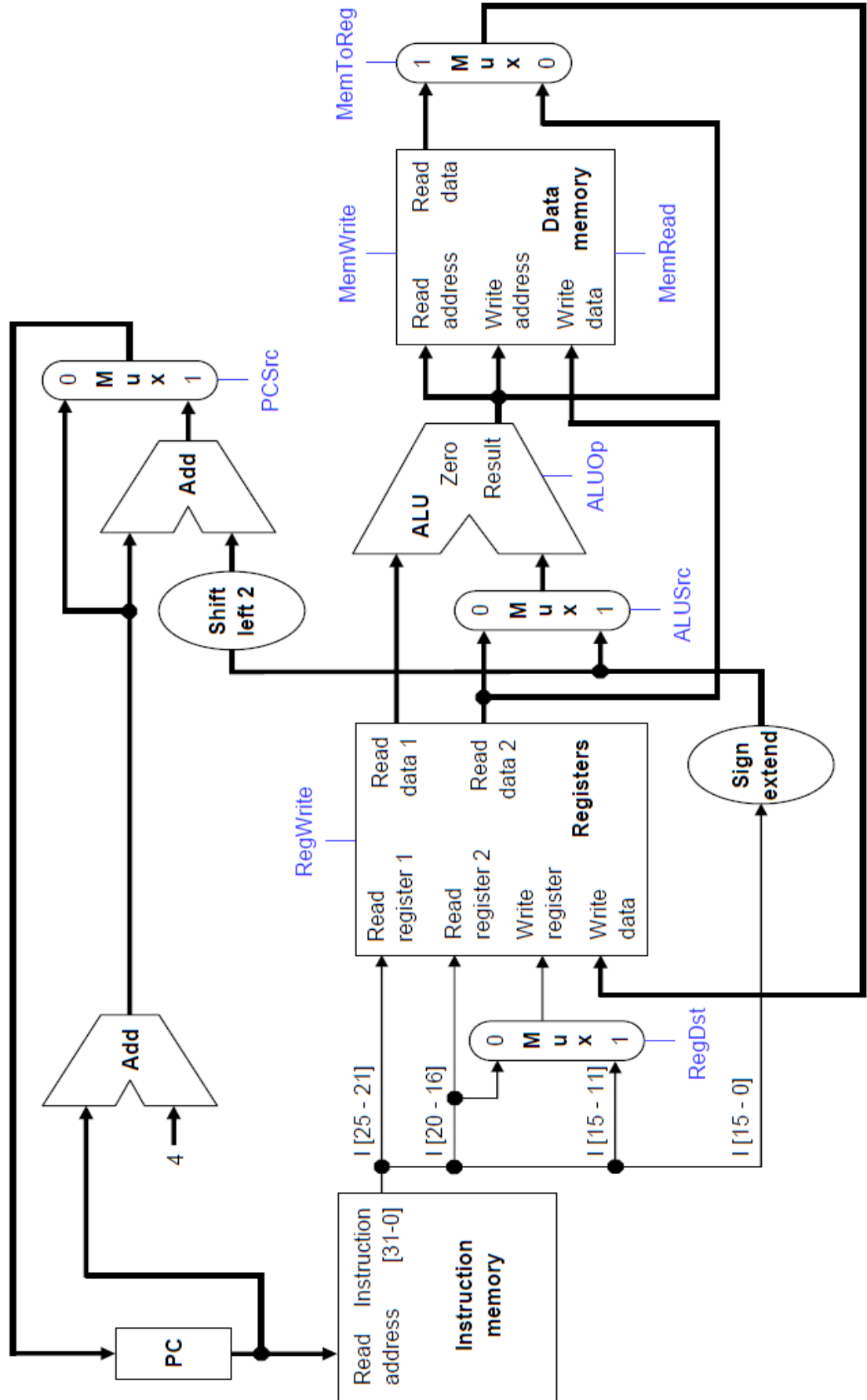
לנוחיותכם מצורפים לבחינה שני העתקים של סרטוט Single Cycle MIPS. אחד מיועד לטייטה והשני לתשובה הסופית. **הקפידו על שרטוט ברור של התשובה הסופית. אסור להוסיף הסברים מילוליים לשרטוט.**

ג) פרטי את השינויים הדרושים במסלול הנתונים את מיקומי הבוררים, ואת העלות הכרוכה בשינוי. (על השינויים המתוארים להיות זהים לאלה שצויירו בסעיף הקודם במידה ויש סתירה בין הסעיפים, סעיף זה הוא הקובע את הציון בשאלה).

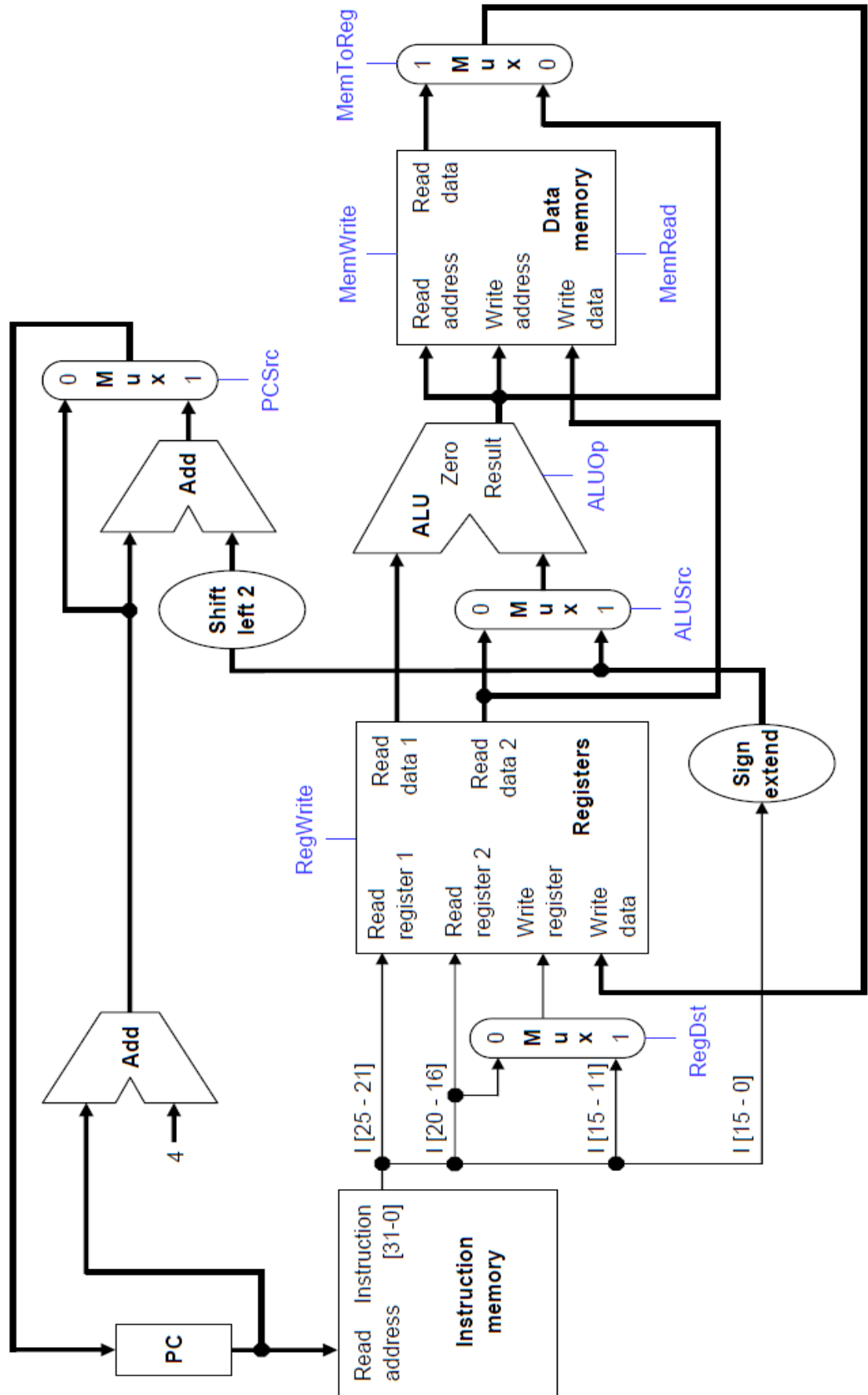
שם הבורר	כניסה 1:	כניסה 2:	יציאה:	מחיר:	הערות/הסברים.
B1	Bits 21-25 (Rj)	Bits (16-20) Rk	רגל 0 של Regdest	5	מאפשר לכתוב ל Rj למרות שיושב כ Rs
B2	Aluout	Rj	Write Aaddres של הזיכרון.	32	מאפשר להכניס את Rj לכתובת ה ALU ולא את מוצא ה ALU (שמכיל את Rj+4)

☐

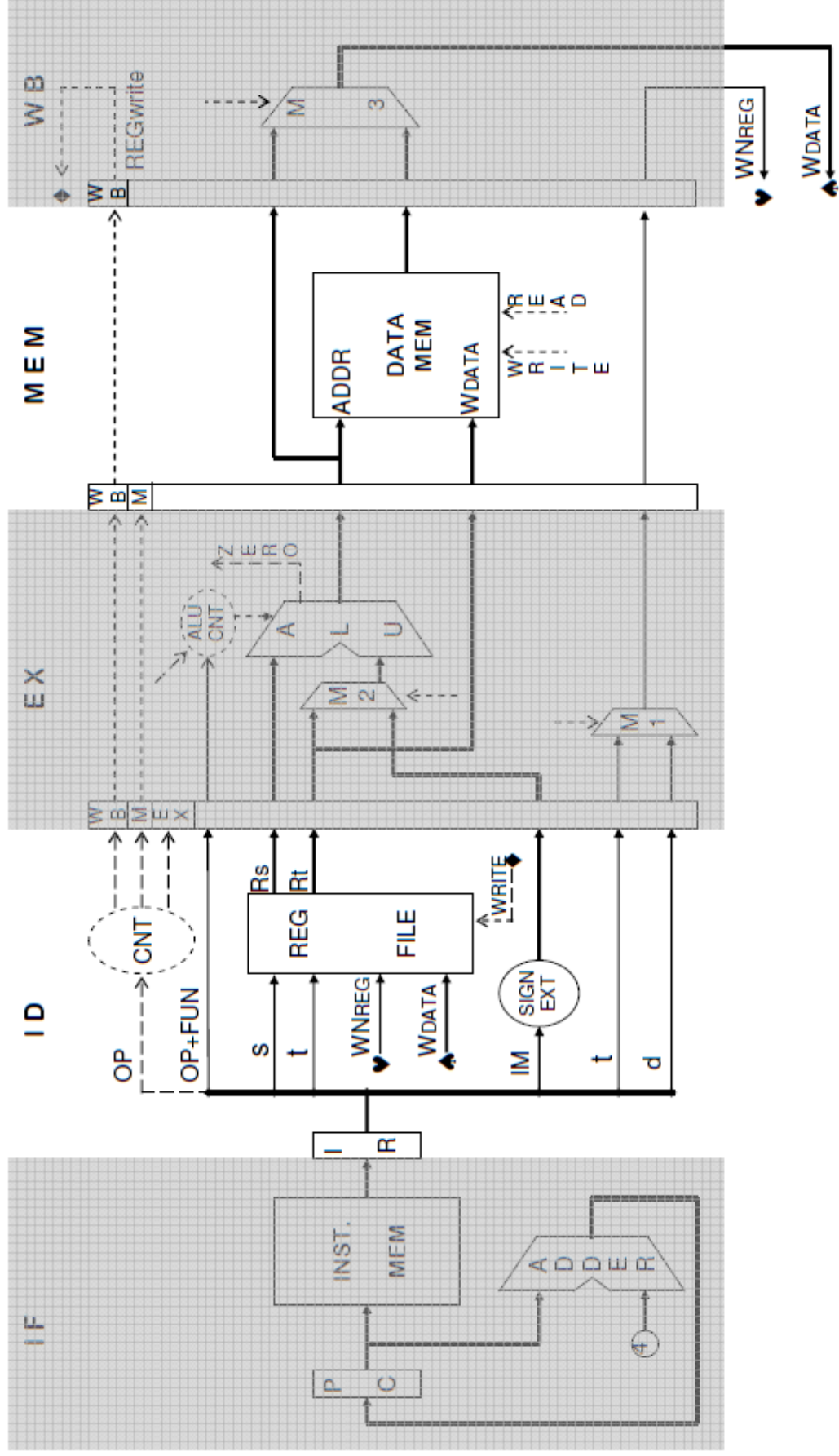
Single Cycle MIPS Datapath



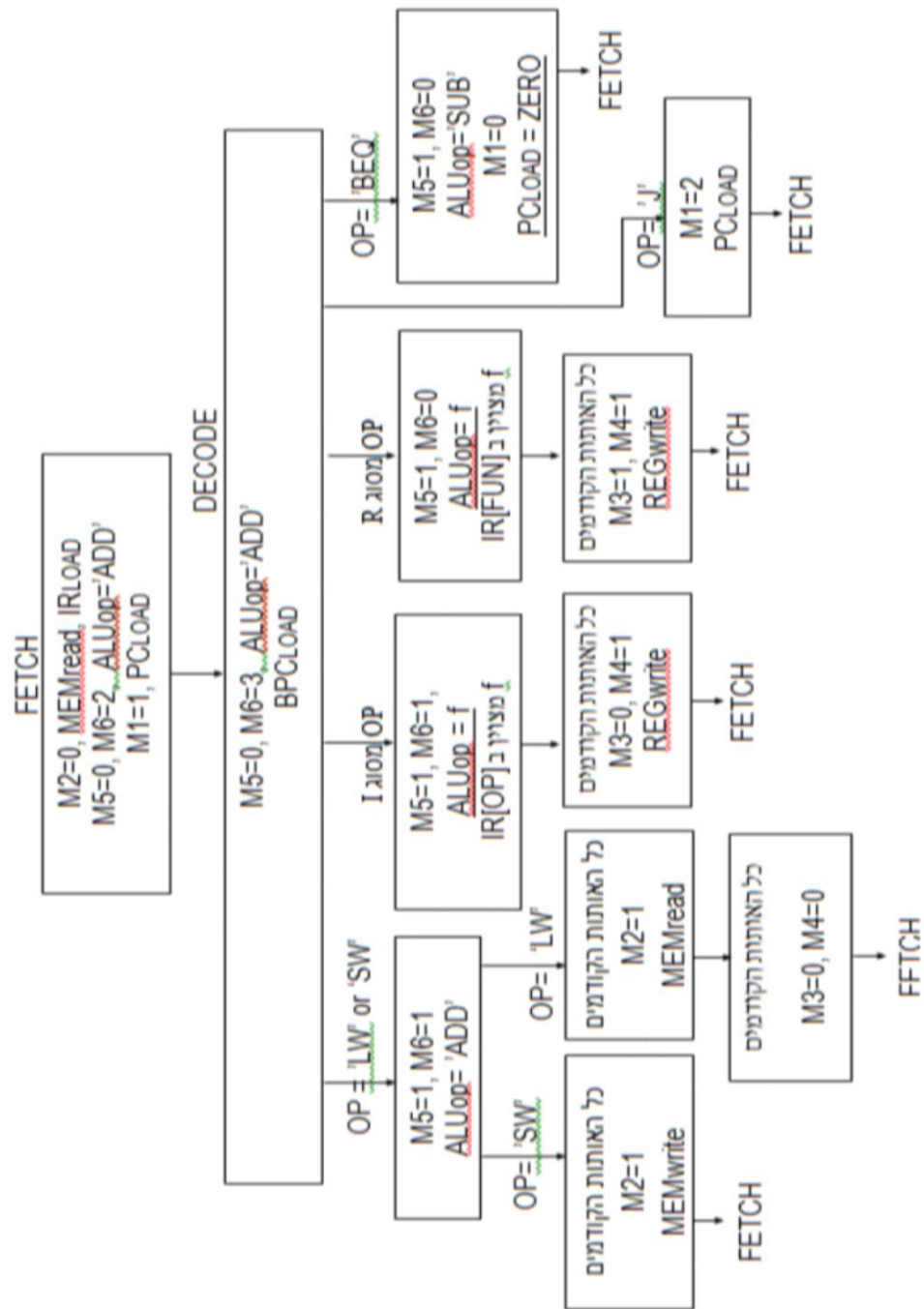
Single Cycle MIPS Datapath



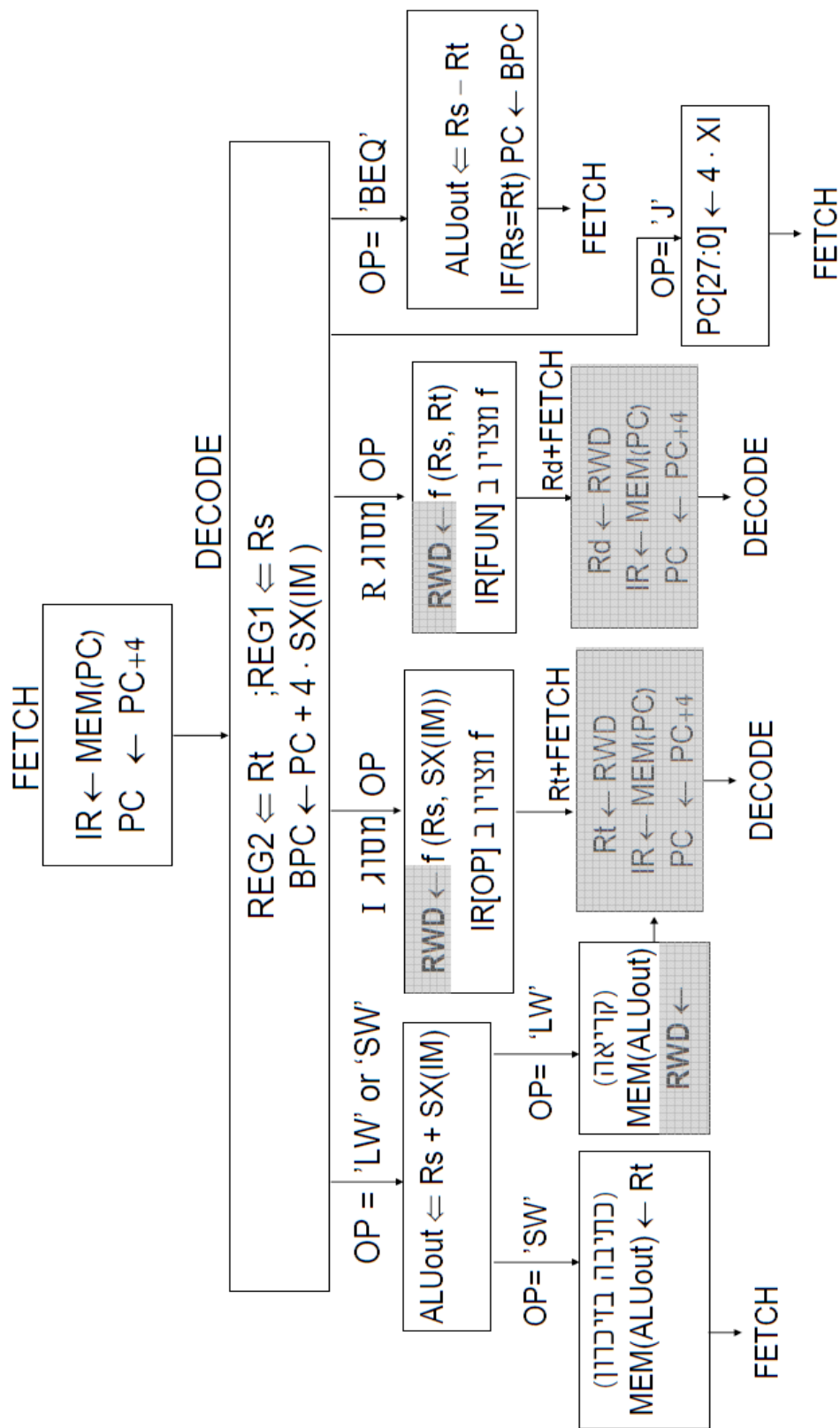
תרשים 5.4 : MIPS ל PIPELINE (בלי פקודות בקרה)



תרגילים 5.3: דיאגרמות המצבים של הבקר ל- MIPS



תרשים זרימה משופר המבצע PRE-FETCHING



תרשים 5.2 – מסלול הנתונים של Multi Cycle MIPS.

