

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

1. הבחינה מנוסחת בלשון נקבה ומכוונת לנקבה וזכר כאחת.
2. השימוש בכל חומר עזר אסור.
3. העמודים מסופררים. יש לוודא שקיבלת את כולם. חל איסור לפרק את המחברת!
4. הבחינה היא אנונימית. יש לכתוב את מספר הזהות שלך על גבי המחברת!
5. את כל התשובות יש לכתוב במחברת הזאת. מחברת זו מכילה מספר דפי טיוטא.
6. שאלות 1-10 (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 11 (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 8 נקודות כ"א. משקל השאלה הפתוחה הוא 25 נקודות. שימי לב, יש סה"כ 105 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		
8		1
8		2
8		3
8		4
8		5
8		6
8		7
8		8
8		9
8		10
25		פתוחה 11
105		סה"כ

# בהצלחה!

## שאלה 1 – תכנון לוגיקה צירופית

עליכם לתכנן לוגיקה צירופית המקבלת מספר טבעי בן  $n$  ביטים בייצוג בינארי סטנדרטי ופולטת 1 אם המספר הוא ראשוני ו-0 אחרת. נניח כי  $n > 10$ .

לרשותכם כמות בלתי מוגבלת של  $ROM$ -ים בעלי  $n-2$  כניסות וארבע יציאות. השהיית ה- $ROM$ -ים היא  $T_{pd} = 10ns$ .

תכננו לוגיקה צירופית כנדרש תחת סדר העדיפויות הבאות:

(1) מספר מינימלי של  $ROM$ -ים

(2) השהייה מינימלית

רשמו בקופסאות את מספר ה- $ROM$ -ים בהם השתמשתם ואת השהיית הלוגיקה.

20

השהייה:

2

:ROMs

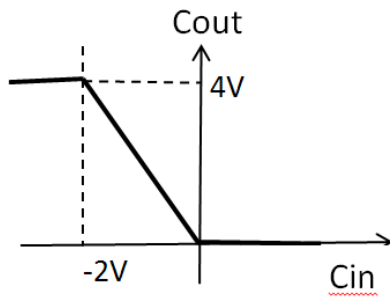
שימו לב שאם כל  $ROM$  ניתן לממש 4 פונקציות

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

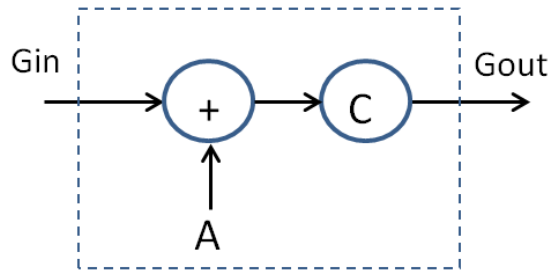
☐

## שאלה 2 – משטר סטאטי

הנך מתבקשת לתכנן שער לוגי מסוג NOT תוך שימוש ברכיב האלקטרוני C שדיאגרמת המעבר הסטטי שלו נתונה בדיאגרמה 1, ושל רכיב סיכום שמוצאו הוא סכום מתחי הכניסה. מעגל השער מתואר על ידי דיאגרמה 2, כאשר A הוא מתח קבוע, חיובי או שלילי, הנוצר בתוך השער ומתחבר לכניסת רכיב הסיכום.



דיאגרמה 1



דיאגרמה 2

מצאי ערך מספרי למתח A, המקיים שני תנאים:

1. קיים משטר סטטי בו הרכיב מהווה שער NOT.
2. עבור משטר סטטי זה לרכיב מרווח רעש מכסימלי.

אם לדעתך לא קיים ערך כזה, רשמי XXX

3- יניב את מרווח הרעש המקסימלי

כל ערך בין 2- ל 6- נכון חלקית

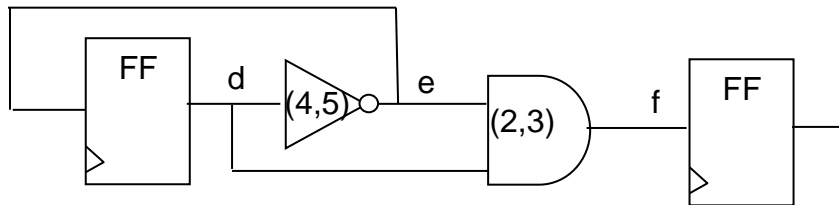
תזכורת: מרווח רעש של רכיב הוא המינימום בין מרווח הרעש התחתון והעליון.

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

### שאלה 3 – משטר דינמי

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



השהית השערים רשומה בתוכם בפורמט  $(T_{CD}, T_{PD})$ .  
זמן המחזור הוא 30 יחידות זמן.

ה FLIP-FLOP ים הם חסרי ספחות.

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 ודאות/אי ודאות.

29-X

5 נק' א. כמה זמן, בסך הכל, האות e תקף במשך מחזור שעון?  
(שימי לב שמדובר באות e ולא באות f.)

1 נק' ב. במקרה ש  $V=2, W=0.5, X=0.5$ , האם יש רגע שבו f תקף וערכו הוא 1 לוגי?

בוודאות כן \ בוודאות לא \ אולי

1 נק' ג. במקרה ש  $V=4, W=1.5, X=1.5$ , האם יש רגע שבו f תקף וערכו הוא 1 לוגי?

בוודאות כן \ בוודאות לא \ אולי

1 נק' ד. במקרה ש  $V=6, W=2.5, X=2.5$ , האם יש רגע שבו f תקף וערכו הוא 1 לוגי?

בוודאות כן \ בוודאות לא \ אולי

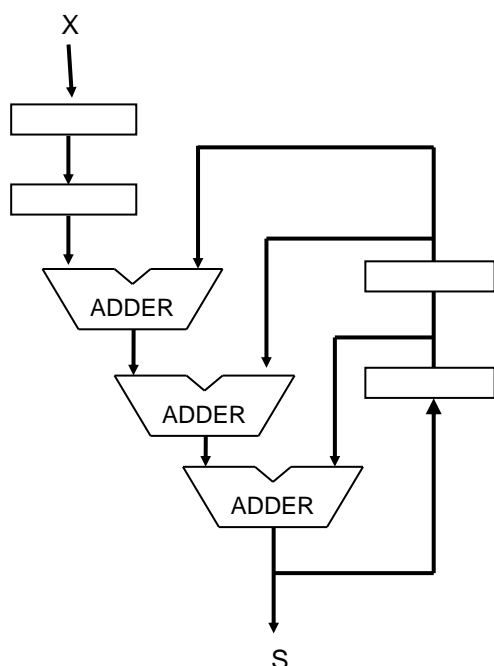
אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## טיוטא

## שאלה 4 - זמן בדיד

נתונה המערכת הבאה.



כל הקווים הם באותו רוחב  $n$ . ה ADDER מחבר מודולו  $2^n$ . עבור קו או אוסף קווים  $Z(j)$ , 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.
- $0=S(0)=S(1)=S(2)$

האם  $S(8)$  הוא מהצורה הבאה:

$$S(8) = C_0 X(0) + C_1 X(1) + C_2 X(2) + C_3 X(3) + C_4 X(4) + C_5 X(5) + C_6 X(6) + C_7 X(7)$$

באשר כל ה  $C_j$  קבועים וכל הערכים הם מודולו  $2^n$ . סמני בעיגול את התשובה הנכונה:

כן לא

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

כל מספר	21	11	5	3	1	1	0

כל טעות מזכה ב-2. יותר משתי טעויות מזכה ב-0.

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 5 - מכונת מצבים סופית, בקר ומסלול נתונים

כל מערכת בקר ומסלול נתונים המוצגת בשאלה זו מקיימת את המשטר הדינאמי. הבקר שלה (מכונת מצבים סופית) ממומש בשיטה הסטנדרטית. לצורך שאלה זו הובאה לכם ההגדרה הבאה.

עבור שתי מכונות  $M'$  ו- $M''$  (מסוגים כלשהם), נאמר ש- $M'$  מקדימה את  $M''$  ב  $j$  מחזורים, ו- $M''$  מפגרת אחר  $M'$  ב  $j$  מחזורים אם:

- ל- $M'$  ו- $M''$  יש אותו א"ב קלט ואותו א"ב פלט.
- לכל סדרת קלט, סדרת הפלט של  $M'$  מקדימה את זו של  $M''$  ב  $j$  מחזורים, ופרט לכך הן זהות.

לכל היגד סמנו: בוודאות כן, בוודאות לא, או אולי.

- (1) נתונה מכונת מצבים  $M$  מסוג כלשהו (מילי או מור). האם קיימת מכונה  $M'$ , לאו דווקא מאותו סוג, המפגרת אחריה בשני מחזורי שעון?

בוודאות כן / בוודאות לא / אולי

- (2) נתונה מכונת מצבים  $M$  מסוג מור. האם קיימת מכונה  $M'$ , לאו דווקא מאותו סוג, המקדימה אותה בשני מחזורי שעון?

בוודאות כן / בוודאות לא / אולי

- (3) נתונה מערכת בקר ומסלול נתונים בעלת בקר מסוג מילי, האם ניתן לממש את הלוגיקה הצירופית של הבקר ע"י  $ROM$  יחיד כך שישמר המשטר הדינאמי?

בוודאות כן / בוודאות לא / אולי

- (4) נתונה מערכת בקר ומסלול נתונים בעלת בקר מסוג מור. האם ניתן לממש את שתי הלוגיקות הצירופיות של הבקר ע"י שני  $ROM$ -ים כך שישמר המשטר הדינאמי?

בוודאות כן / בוודאות לא / אולי

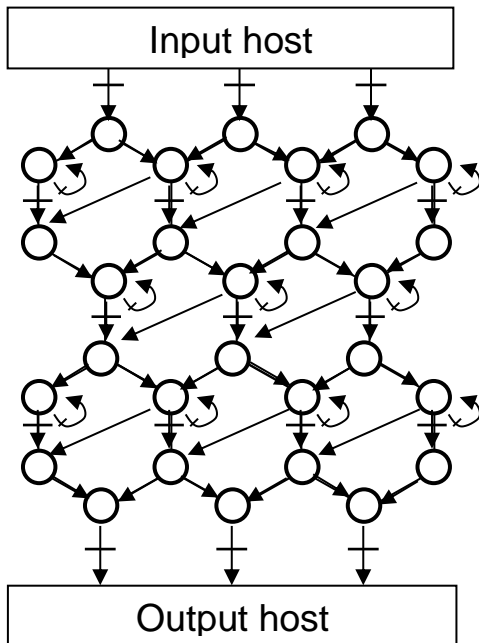
כל טעות מזכה ב 2-. יותר משתי טעויות מזכה ב 0.

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 6 – מערכות סיסטוליות

נתונה המערכת הסיסטולית הבאה :  
לכל היחידות אותה השהיה – 1ms  
השהית הרגיסטרים זניחה.



מערכת זו מבצעת חישוב מסוים, למשל חישוב הממוצע של 17 מספרים.  
המערכת אינה PIPELINE והיא מבצעת רק חישוב אחד בו-זמנית  
החישוב מתבצע ב 100 מחזורי שעות, כולל קלט/פלט.  
רוצים לבצע חישוב זה מהר ככל האפשר. מחזור השעות נתון לבחירתנו.  
ענה, בתוך הקופסאות, על השאלות הבאות.

בכמה זמן המערכת הנתונה תבצע את החישוב הנ"ל כאשר מחזור השעות הוא אופטימלי?

800

ניתן לשנות את המערכת ע"י רתזומון לפי חתכים, אבל חייבים לשמור על העובדה שלכל הקשתות היוצאות או נכנסות ל HOST יש לפחות רגיסטר אחד.  
בכמה זמן אפשר לבצע את החישוב הנ"ל תחת תנאים אלו?

107

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐



## שאלה 7-MIPS

בחברה המייצרת מעבדי מיפס משרטוט 5.2, המצורף לסוף הבחינה, נוצר מחסור ביחידות הזכרון הראשי. החברה החליטה להחליף את יחידות הזכרון המקוריות ביחידות זכרון חדשות אשר השהייתן כמעט שני מחזורי שעות. אין שינויים נוספים במסלול הנתונים. אין שינוי במשך מחזור השעות. לכל פקודה, תכננו בקר אשר יביא לזמן ביצוע מינימלי של אותה פקודה (גם על חשבון זמן הביצוע של פקודות אחרות) תוך קיום המשטר הדינאמי. מהו מספר מחזורי השעות המינימלי עבור כל פקודה במעבד החדש ? (מספר זה כולל את קריאת הפקודה וקידום ה PC)

(קיבלנו גם תשובה 3)

4

J •

5

ADD •

5

ADDI •

7

LW •

6

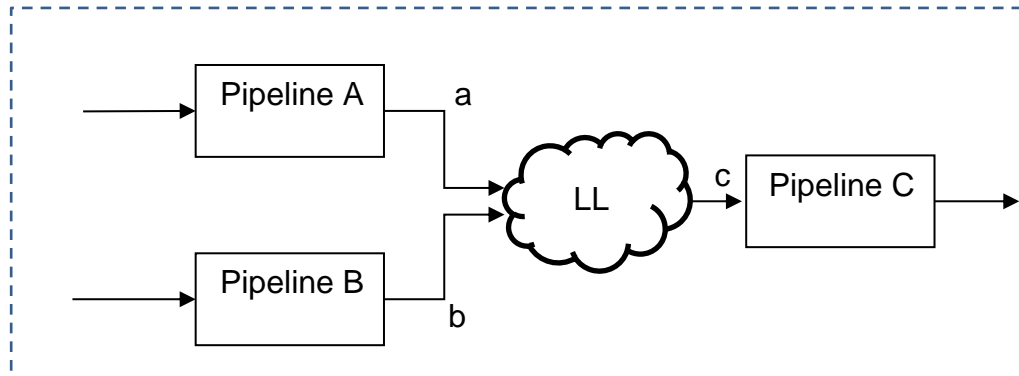
SW •

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 8 - Pipeline

נתונה המערכת, T, הבאה:



המערכת בנויה מחלקים, משלושה רכיבי Pipeline-טהור (A, B, C) ולוגיקה צירופית אחת, L. נתונה הטבלה הבאה:

	Throughput	Latency
A	$\frac{1}{10}$	60
B	$\frac{1}{15}$	135
C	$\frac{1}{6}$	36

יחידת הזמן בטבלה זו היא ns. כמו כן נתון  $Tpd(L) = 20 \text{ ns}$ .

מהנדסי המערכת, T, גילו כי לא מקיימת את כל הדרישות של Pipeline טהור.

א. האם ניתן להפוך את המערכת T ל – Pipeline טהור על ידי הוספת רגיסטרים על הקשתות?

כן / לא / לא ניתן לדעת

ב. אם ענית כן בסעיף א', רשמי את המספר המינימאלי של רגיסטרים שיש להוסיף על כל קשת (a, b, c) על מנת להפוך את T ל – Pipeline טהור עם ספיקה מקסימאלית?

a =

b =

c =

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

שאלה 9

שאלה זו עוסקת במעבד MIPS הבנוי בשיטת בקר ומסלול נתונים ומתואר בתרשים 5.2 המצורף. יש להוסיף את הפקודה:  $SPC\ Rj, K$  כאשר  $K$  הוא מספר שלם (חיובי או שלילי) הניתן ליצוג ב 16 ביטים בשיטת TWO'S COMPLEMENT. הסמנטיקה של הפקודה היא:  $Rj \leftarrow \diamond + 4 + K$ . משמעותו של  $\diamond$  היא כתובתה של הפקודה  $SPC$  בזיכרון.

קידוד הפקודה נתון לבחירתך. אסור לשנות את מחזור השעון. לצורך השאלה נניח כי ה  $ALU$  מסוגל לבצע רק את הפעולות הבאות:  $A+B$ ,  $A-B$ . כאשר  $A$  הכניסה העליונה ו  $B$  הכניסה התחתונה של ה  $ALU$ . 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.

יש לבצע את הפקודה החדשה מהר ככל האפשר, אבל אסור לפגוע בזמן החישוב של פקודות אחרות.

3

1. בכמה מחזורי שעון תבוצע הפקודה?  
(מספר זה כולל קריאת הפקודה וקידום ה PC).

2. כפוף לתשובתך בסעיף 1, תארי בטבלא הבאה את העלות המינימלית של השינוי הנדרש, מפורטת לפי סוג הרכיבים.

הרכיב	הפרש העלות
בורר (אדיש) "K to 1" ברוחב n ביט	0
אוגר (רגיסטר) ברוחב n ביט	0
ALU	0
Register file	0

קבלנו גם תשובות שהוסיפו ALU בלבד.

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 10 – אריתמטיקה מהירה

נתונים לנו  $2^k$  מספרים  $a_1, a_2, \dots, a_{2^k}$  בני  $n$  ביטים כ"א וברצוננו לייצר לוגיקה צירופית המחשבת את ממוצע

$$\left\lfloor \frac{\sum_{i=1}^{2^k} a_i}{2^k} \right\rfloor \quad \text{המספרים הללו מעוגל למטה (כלומר)}$$

לרשותכם מספר בלתי מוגבל של שערים בעלי שתי כניסות (מכל הסוגים). תכננו לוגיקה צירופית כנדרש בעלת השהייה מינימלית. מהי השהיית הלוגיקה? סמנו התשובה הראשונה הנכונה.

א)  $O(1)$

ב)  $O(\log n)$

ג)  $O(\log(n+k))$

ד)  $O(\log n + \log k)$

ה)  $O(\log k \log n)$

ו)  $O(k + \log(n+k))$

ז)  $O(\log(2^k + n))$

ח)  $O(n+k)$

ט)  $O(2^k)$

י)  $O(n + 2^k)$

יא) לא ניתן לבנות לוגיקה צירופית שכזו

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐



השאלה עוסקת ב pipeline MIPS משרטוט 5.4 המצורף בהמשך.  
יש להוסיף למחשב זה פקודה חדשה כדלקמן.  
הכתיב הסימבולי של הפקודה הוא :

ADD3 Ri,Rj,Rk,Rm

כאשר הרגיסטרים האלו לאו-דווקא שונים.  
הסמנטיקה של הפקודה היא :

$$R_i \leftarrow R_j + R_k + R_m$$

להבדיל מהפקודות הרגילות של הMIPS, פקודה חדשה זו תאוחסן בשני תאים שכנים בזיכרון.  
פרט לכך, קידוד הפקודה נתון לבחירתך.  
אסור לשנות את מחזור השעון.  
מותר לשנות רק את התחנה EX ואת הלוגיקה CNT בתחנה ID.  
מותר להוסיף פלטים חדשים ללוגיקה CNT.

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•K ש"ח
אוגר (רגיסטר) ברוחב n ביט	4•n ש"ח
ALU (זהה ל ALU הקיים בשרטוט)	300 ש"ח
Register file (זהה ל R.F. הקיים בשרטוט)	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 בלוגיקות הבקרה CNT ו ALU CNT הוא בחינם.

להלן הקריטריונים לטיב התשובה, בסדר עדיפויות יורד :

1. נכונות.
2. Throughput גבוה.
3. Latency נמוך (של כל הפקודות).
4. עלות שינוי נמוכה.

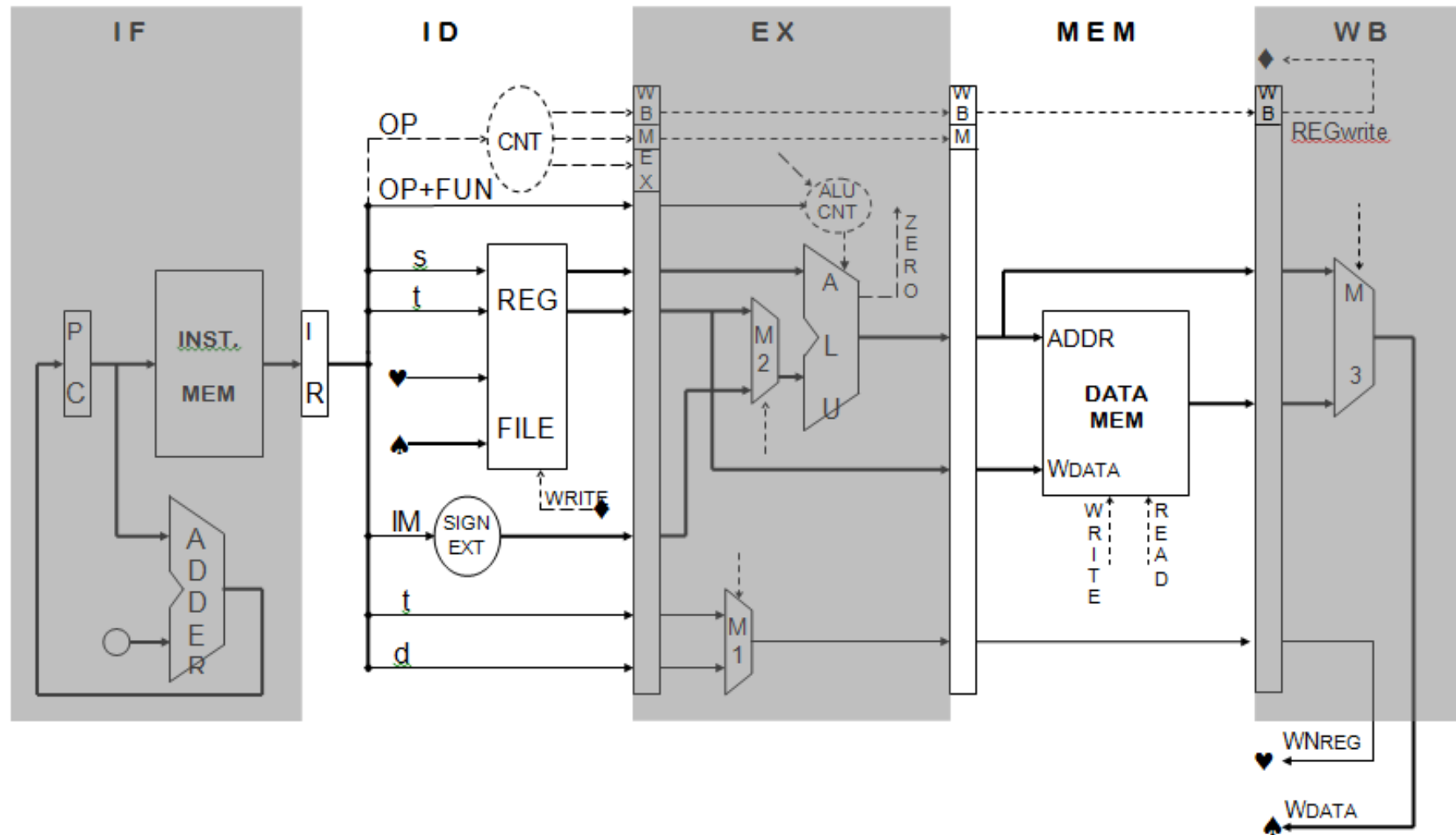
קידוד הפקודה נתון לבחירתך. ניתן להניח ש OP-CODE 17 ו 18 פנויים.  
(א) תארי להלן את קידוד הפקודה. צייני באופן ברור את הרוחב של כל שדה ואת הערך המאוכסן בו.  
רשמי XXX כאשר ערך השדה אינו חשוב.

רוחב השדה	
תוכן השדה	
רוחב השדה	
תוכן השדה	

( ב ) תקני את שרטוט 5.4 כך שיאפשר את ביצוע הפקודה.  
לנוחיותכם מצורפים לבחינה שני העתקים של שרטוט 5.4 . אחד מיועד לטיוטה והשני לתשובה הסופית.  
הקפידו על שרטוט ברור של התשובה הסופית.

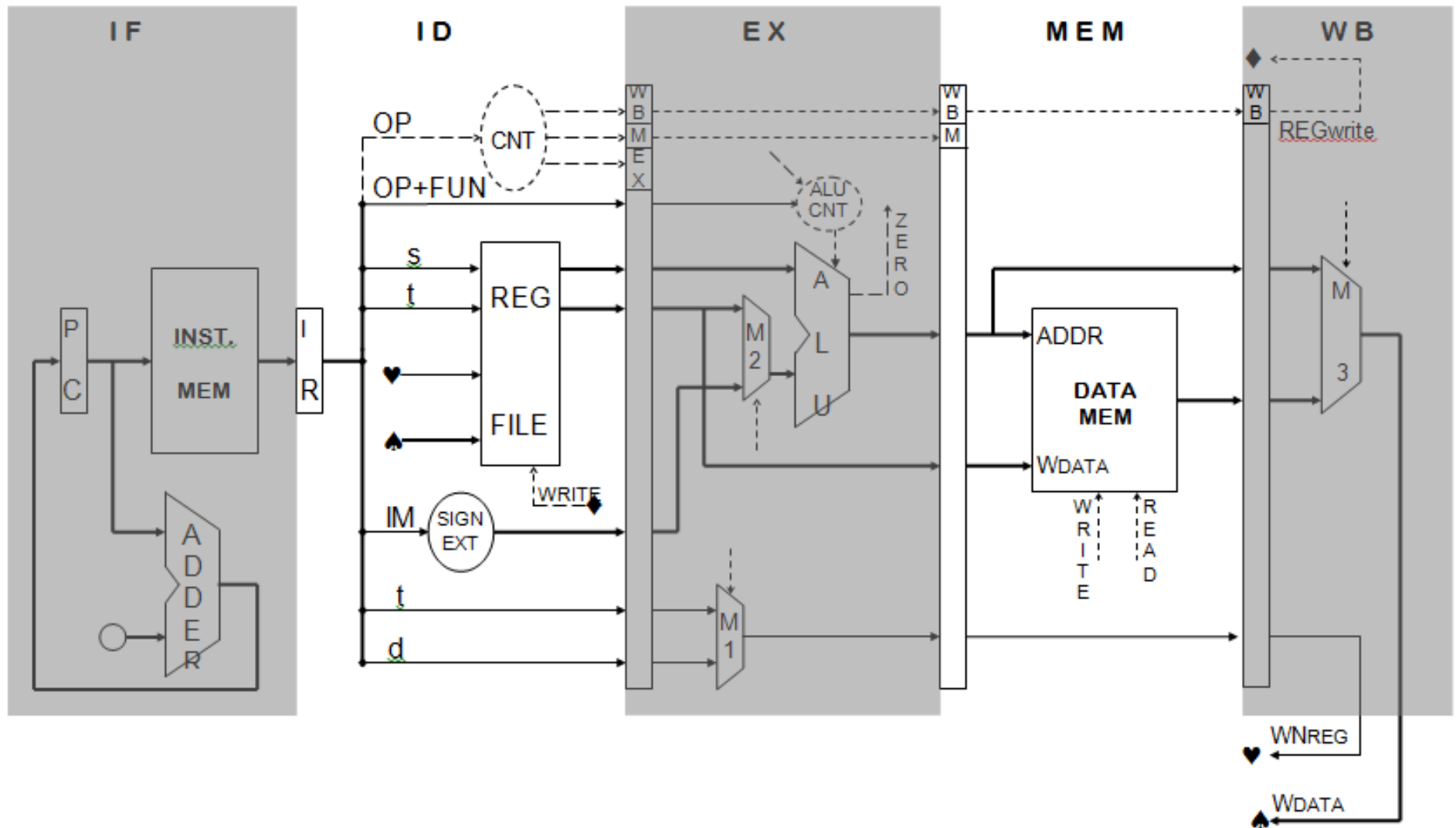
**אסור להוסיף הסברים מילוליים לשרטוט.**

תרשים 5.4 : PIPELINE ל MIPS (בלי פקודות בקרה)



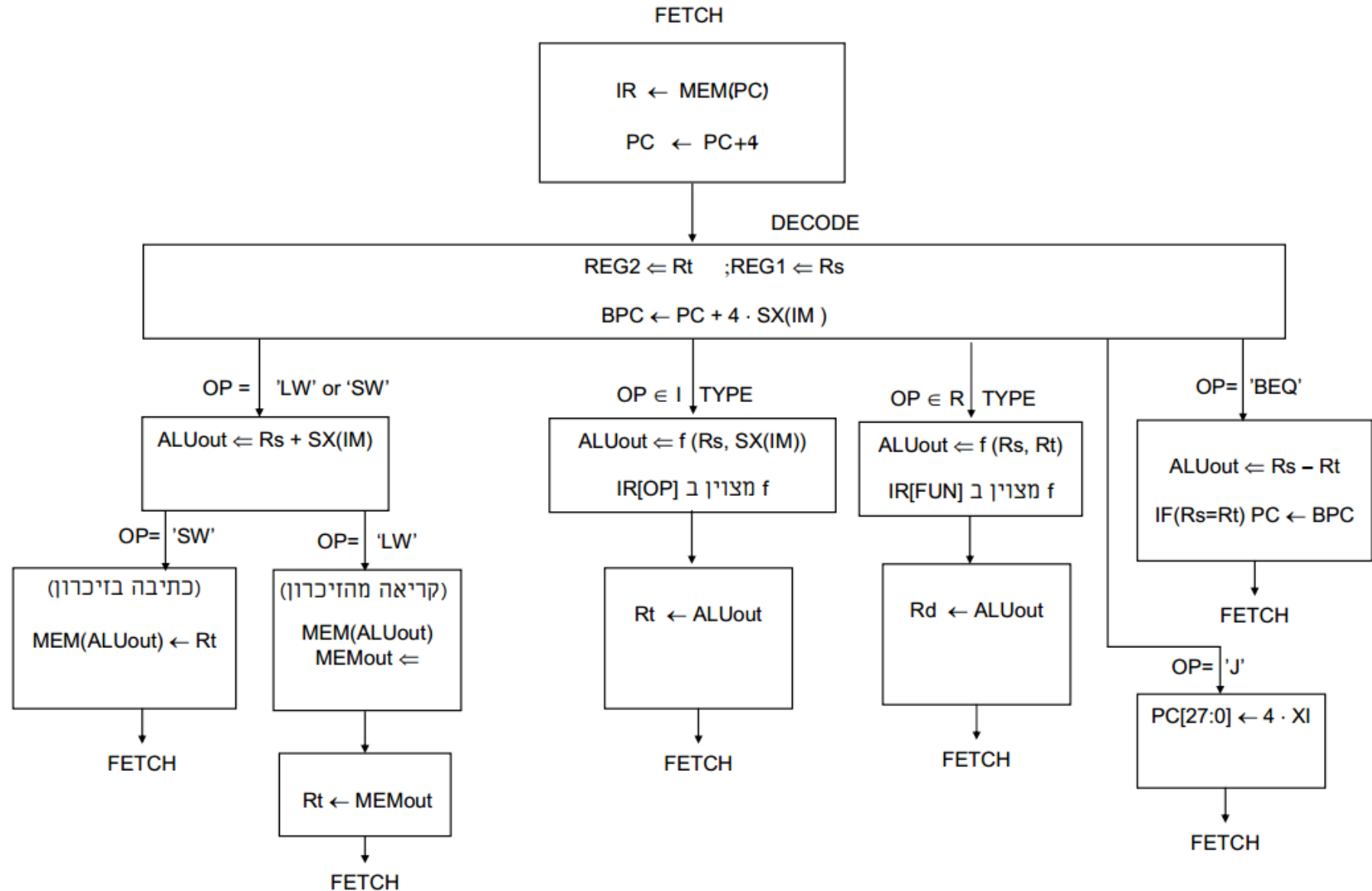
# טיוטה

תרשים 5.4 : PIPELINE ל MIPS (בלי פקודות בקרה)

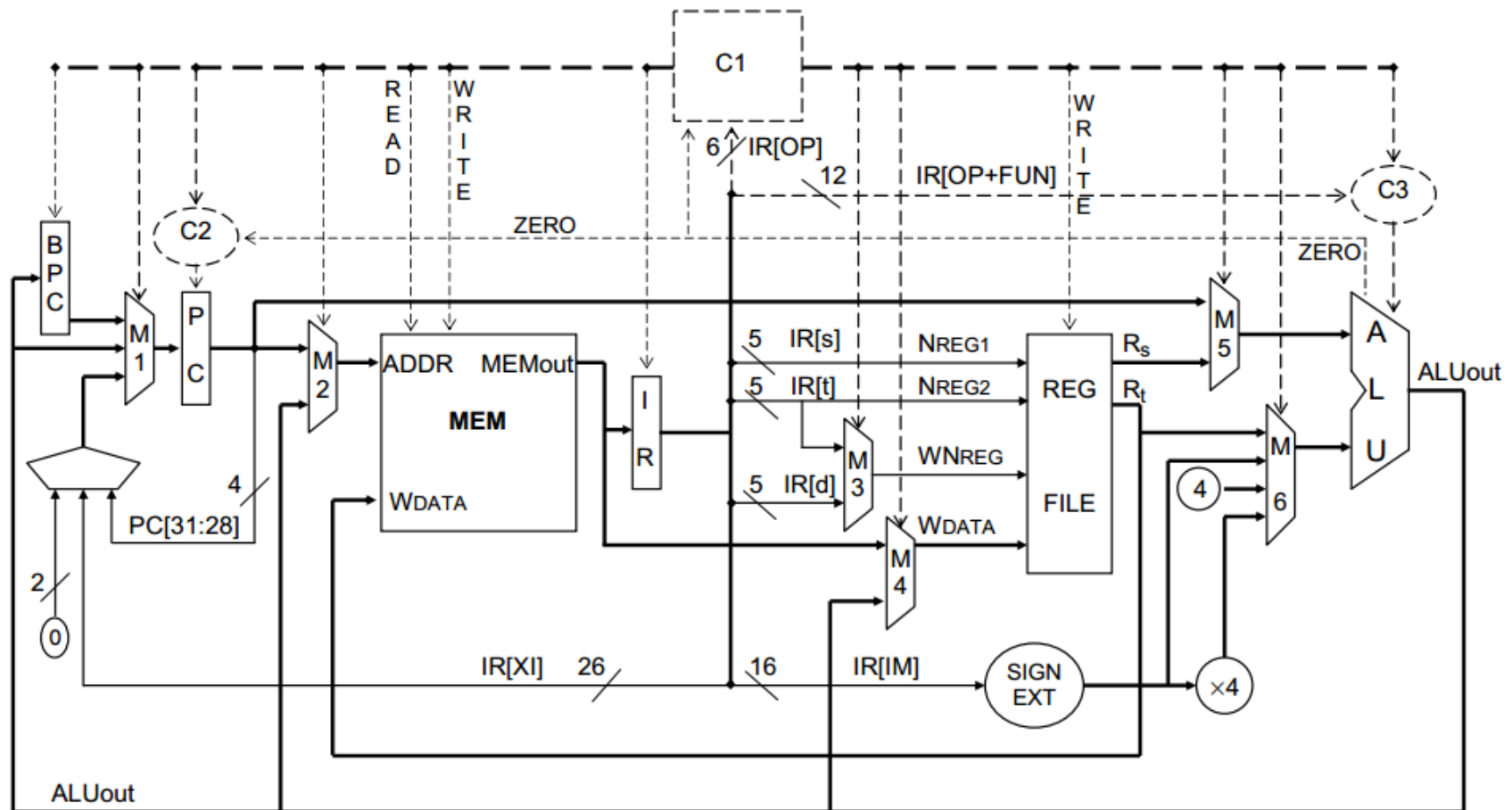




תרשים 5.1 : תרשים זרימה של מסלול הנתונים ל-MIPS



## תרשים 5.2 : בקר ומסלול נתונים ל MIPS



מקרא:

יחידת בקרה מסוג MOORE

יחידת בקרה צירופית

קו נתונים ברוחב 32  
קו נתונים ברוחב n  
קו בקרה ברוחב כלשהו

—  
—  
---

תרשים 5.3 : דיאגרמת מצבים של בקר ל MIPS

