

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

1. הבחינה מנוסחת בלשון נקבה ומכוונת לנקבה וזכר כאחת.
2. השימוש בכל חומר עזר אסור.
3. העמודים מסופרים. 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<br>11 |
| 105          |  | סה"כ        |

# בהצלחה!

## שאלה 1 – משטר סטאטי

1.. האם רכיב בעל פונקציה מעבר סטטית  $f(x) = 6x$  יכול לממש שער כלשהו תחת משטר סטאטי כלשהו? הקיפי את התשובה הנכונה

כן      לא

2.. אם ענית "כן", רישמי ערכים המגדירים משטר סטאטי כזה.

Vol = -6      Vil = -1      Vih = 1      Voh = 6

3.. האם רכיב בעל פונקציה מעבר סטטית  $f(x) = -0.6x$  יכול לממש שער כלשהו תחת משטר סטאטי כלשהו? הקיפי את התשובה הנכונה

כן      לא

4.. אם ענית "כן", רישמי ערכים המגדירים משטר סטאטי כזה.

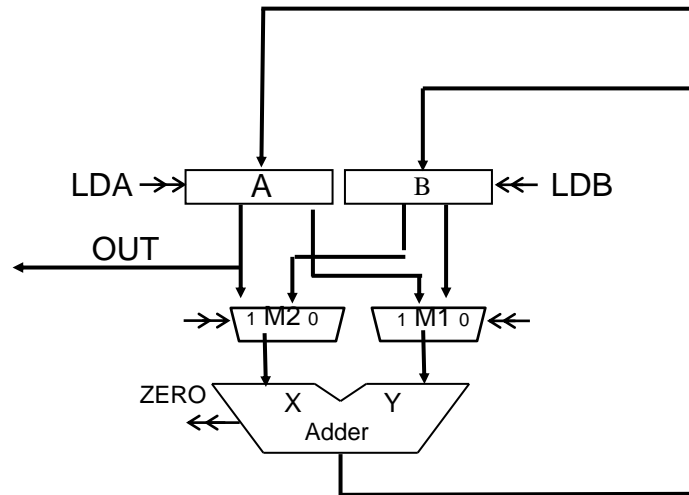
Vol = \_\_\_\_\_      Vil = \_\_\_\_\_      Vih = \_\_\_\_\_      Voh = \_\_\_\_\_

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 2 - בקר ומסלול נתונים

נתון מסלול הנתונים הבא :



כל הקווים העבים בשרטוט ה- DP הם ברוחב 8. ה- **Adder** מבצע חיבור,  $Y+X$ , מודולו  $2^8$ , והוא משדר 1 על **ZERO** אם ורק אם המוצא שלו 0.

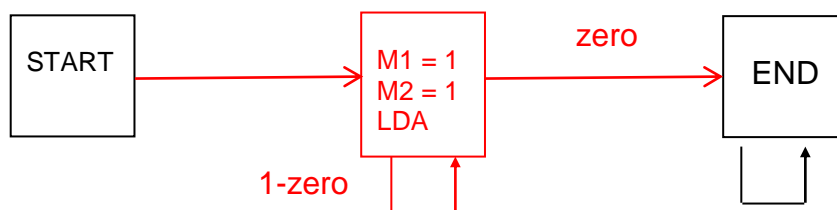
נתון שבמצב ההתחלתי  $A = 8$  ו-  $B = 1$ .

תכנני בקר כך שבמצב הסופי, **END**, ישודר על הפלט, **OUT**, הערך 0. **שימי לב:** ניתן לכל היותר להוסיף 3 מצבים לדיאגרמה.

טיב הפתרון הינו לפי הקריטריונים הבאים, בסדר חשיבות יורד :

1. מספר מצבים נמוך ככל האפשר בדיאגרמת המצבים.
2. חישוב מהיר ככל האפשר, כלומר מספר מחזורי שעון מינימלי.

השלימי את דיאגרמת המצבים :

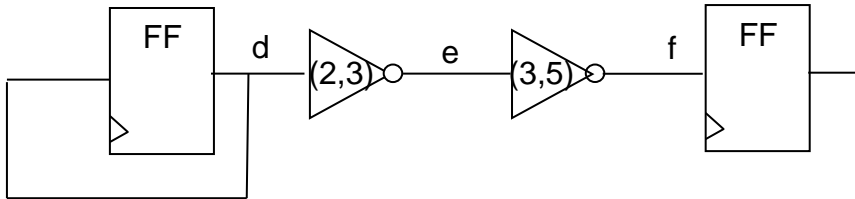


אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

### 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 20 יחידות זמן. ה FLIP-FLOP ים הם חסרי ספחות.

בשאלה זו נסכים שמחזור השעון מתחיל בסיום הקטע A. נסמן באותיות את הערכים הבאים:

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

הערכים x, w, v 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.

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

17 - x

ב. במקרה ש  $x=1.5$ , האם יש רגע שבו d ו e תקפים ואילו המהפך השמאלי אינו עקבי?

בוודאות כן \ בוודאות לא \ אולי

ג. במקרה ש  $x=2.5$ , האם יש רגע שבו d ו e תקפים ואילו המהפך השמאלי אינו עקבי?

בוודאות כן \ בוודאות לא \ אולי

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## טיוטא

#### שאלה 4 - מעגלים צירופיים

סמנו את התשובה הנכונה.

- (1) נתון גרף המקיים את קריטריון מילי. אורכם של כל המעגלים המכונים בגרף זה הוא לפחות 3. בגרף יש שתי יחידות  $A, B$  (מסוג כלשהו, לאו דווקא שכנות). האם הגרף המתקבל ממיזוג היחידות  $A$  ו- $B$  מקיים את קריטריון מילי ?

בוודאות כן / בוודאות לא / **אולי**

- (2) נתון שגרף **שאינו** מקיים את קריטריון מילי. אורכם של כל המעגלים המכונים בגרף זה הוא לפחות 3. בגרף יש שתי יחידות  $A, B$  (מסוג כלשהו, לאו דווקא שכנות). האם הגרף המתקבל ממיזוג היחידות  $A$  ו- $B$  מקיים את קריטריון מילי ?

בוודאות כן / **בוודאות לא** / אולי

- (3) נתון שבמערכת יש מעגל צירופי. האם קיימת חלוקה שלה ליחידות המקיימת את קריטריון מילי ?

בוודאות כן / **בוודאות לא** / אולי

- (4) נתון גרף שאינו מקיים את קריטריון מילי ומתאר מערכת מסויימת. האם במערכת הזו קיים מעגל צירופי ?

בוודאות כן / בוודאות לא / **אולי**

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

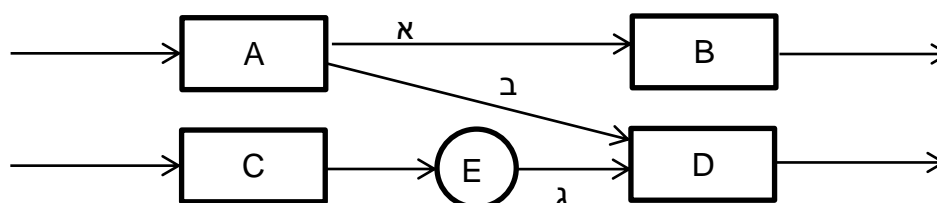
☐

## שאלה 5 pipeline

נתונות 4 מערכות pipeline :  $A, B, C, D$ . הספיקה וההשהיה של המערכות נתונות בטבלה הבאה. השהיית הרגיסטרים זניחה.

|   | Throughput | Latency |
|---|------------|---------|
| A | 1/60ns     | 180     |
| B | 1/30ns     | 240     |
| C | 1/90ns     | 270     |
| D | 1/100ns    | 200     |

את המערכות חיברו באופן הבא (כאשר  $E$  היא לוגיקה צירופית בעלת  $T_{pd} = 20ns, T_{cd} = 5ns$ ):



מותר להוסיף רגיסטרים, אבל רק על שלשת הקשתות א, ב, ג.

א) רשמו את המספר המינימלי של רגיסטרים שיש להוסיף לכל קשת על מנת שהמערכת תהיה בוודאות pipeline טהור:

א:  ב:  ג:

ב) קבעו את זמן המחזור המינימלי בהתבסס על הנתונים ותשובתכם לסעיף א'

T:

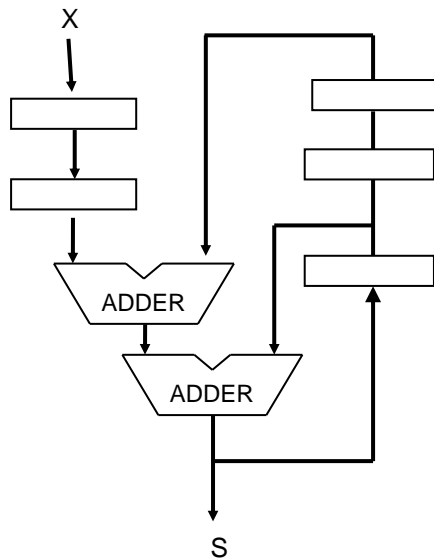
ג) קבעו מהי השהיית המערכת ומהי הספיקה שלה לאחר השינוי בסעיף א.

Latency:  Throughput:

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

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  $S$ :

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

האם  $S(8)$  הוא מהצורה הבאה:

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

כאשר כל ה  $C_j$  קבועים וכל הערכים הם מודולו  $2^n$ .

סמני בעיגול את התשובה הנכונה :

**כן** **לא**

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

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ |
| 0     | 4     | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     | 0     |

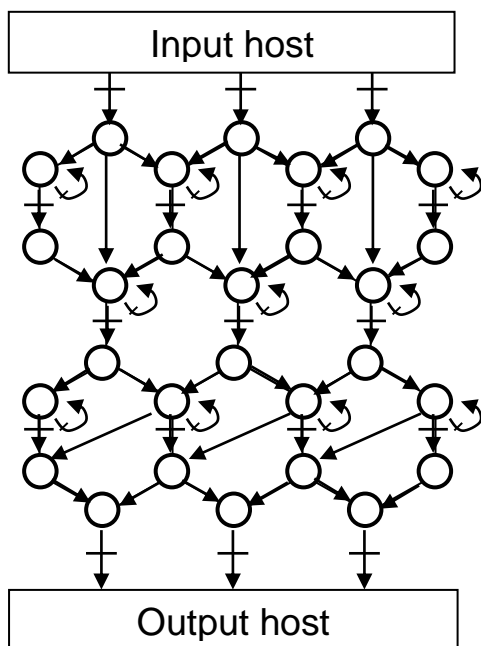
**אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה**

11



## טיוטא

## שאלה 7



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?

400

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?

105

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 8 – MIPS

בשאלה זו נתייחס למעבד MIPS המתואר בתרשמים 5.1 ו 5.2 .  
הוחלט להאיץ את המעבד ע"י PREFETCHING.  
הוחלט לבצע זאת ע"י שינוי מוגבל של תרשים הזרימה כדלקמן. במחזור השעון האחרון של פקודות מסוימות, המעבד יקרא את הפקודה הבאה ויקדם את ה PC . כל זה בנוסף לפעילותו הנוכחית באותו מחזור.

לשם כך שינו את ה D.P כדלקמן. הוסיפו אוגר מותנה על מוצא הבורר M4 .  
(אסורים שינויים נוספים ב D.P)

אין שום הגבלות לגבי שינוי הבקר, כולל אופן חלוקת הבקר ליחידות.

עבור כל אחת מהפקודות הבאות רישמי האם ניתן לבצע *pre-fetch* במחזור האחרון של הפקודה (תחת המגבלות שלעיל).

הקיפי בעיגול את התשובה הנכונה :

| פקודה | ניתן לבצע <i>pre-fetch</i> |   |    |
|-------|----------------------------|---|----|
| J     | כן                         | \ | לא |
| ADD   | כן                         | \ | לא |
| ADDI  | כן                         | \ | לא |
| LW    | כן                         | \ | לא |
| SW    | כן                         | \ | לא |
| BEQ   | כן                         | \ | לא |

\ לפעמים כן ולפעמים לא, תלוי בתוכן הרגיסטרים

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה 9

השאלה עוסקת במעבד MIPS הבנוי בשיטת MICRO-PROGRAMMING. הוחלט להוסיף פקודה חדשה שהקוד שלה הוא 19. 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 |
|----------|-----------------|-----|----|---------|--------|
| R,+      | ADD, Rs, Rt, Rt |     |    | FETCH   |        |
| Q        | ADD, Rs, 4, Rt  |     |    | FETCH   |        |
|          | ADD, PC, SX, Rt |     |    | FETCH   |        |
| NEW, 19  | ADD, Rs, SX     |     |    |         |        |
|          | ADD, Rs, SX, Rt |     |    | Q, ZERO |        |
| W        |                 |     |    | FETCH   |        |

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

המעבד החדש מבצע את המקרו-פקודה הבאה:

|    |   |   |    |
|----|---|---|----|
| OP | s | t | IM |
| 19 | 1 | 2 | 3  |

הנמצאת בכתובת 1000 בזיכרון.

הערכים ההתחלתיים של הרגיסטרים הם  $R_j = j$  לכל  $0 < j < 32$ .

1. האם מובטח שביצוע הפקודה יסתיים?

דהינו, האם מובטח שקטע ה-μ-תוכנית יקפוץ לכתובת ?FETCH (שימי לב שהוחלט לשנות את מחזור השעון בהתאם לצורך.)

סמני בעיגול את התשובה הנכונה: **כן** לא

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

2. רשמי בתבה את ערך R2 בסיום ביצוע הפקודה.

רשמי NNN אם הערך עשוי להיות לא לוגי.

רשמי XXX אם הערך הוא בודאות לוגי אבל לא ידוע.

R2 = **5**

3. מהו מחזור השעון המינימלי כדי שהמעבד יבצע את הפקודה הנתונה (בכתובת 1000) עם הערכים הנתונים של הרגיסטרים?

זיכרי - ההשהיה של היחידות העיקריות במעבד היא יחידת זמן אחת.

**2**

4. מהו מחזור השעון המינימלי כדי שהמעבד יבצע כל פקודה (כולל הפקודה החדשה) עם ערכים כלשהם של הרגיסטרים?

**3**

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

## טיוטא

### שאלה 10 – אריתמטיקה מהירה

ברצונך לתכנן לוגיקה צירופית המקבלת  $k$  מספרים  $(a_1, \dots, a_k)$  בני  $n$  ביטים כל אחד ומוציאה פלט של ביט אחד הנקרא out. הלוגיקה בודקת האם המספרים מהווים סדרה מונוטונית עולה כלומר:

$$out = \begin{cases} 1 & a_1 < a_2 < \dots < a_{k-1} < a_k \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

לרשותכם מספר בלתי מוגבל של כל השערים בעלי שתי כניסות. תכננו לוגיקה צירופית כנדרש בעלת השהייה מינימלית. מהי השהיית הלוגיקה? סמנו התשובה הראשונה הנכונה.

א)  $O(1)$

ב)  $O(\log n)$

ג)  $O(\log k)$

ד)  $O(\log k + \log n)$

ה)  $O(\log k \log n)$

ו)  $O(k \log \log n)$

ז)  $O(k \log n)$

ח)  $O(k + \log n)$

ט)  $O(n)$

י)  $O(n + k)$

יא)  $O(nk)$

יב) לא ניתן לבנות מערכת צירופית שכזו

אני מעוניינת לא לענות על השאלה ולקבל נקודה

☐

## שאלה פתוחה 11 – MIPS

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

$$ADD2\ R_i, R_j, R_k$$

הסמנטיקה של הפקודה:

$$MEM(R_i) \leftarrow R_j + R_k$$

**הערה:** ערכי  $i, j, k$  לאו דווקא שונים.

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

| 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"ח 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. עלות שינוי נמוכה
3. זמן ביצוע נמוך של הפקודה.

קידוד הפקודה נתון לבחירתך. אפשר להניח כי opcode 53 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 |  |
| תוכן השדה |  |

(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.  
**הקפידו על שרטוט ברור של התשובה הסופית. אסור להוסיף הסברים מילוליים לשרטוט.**

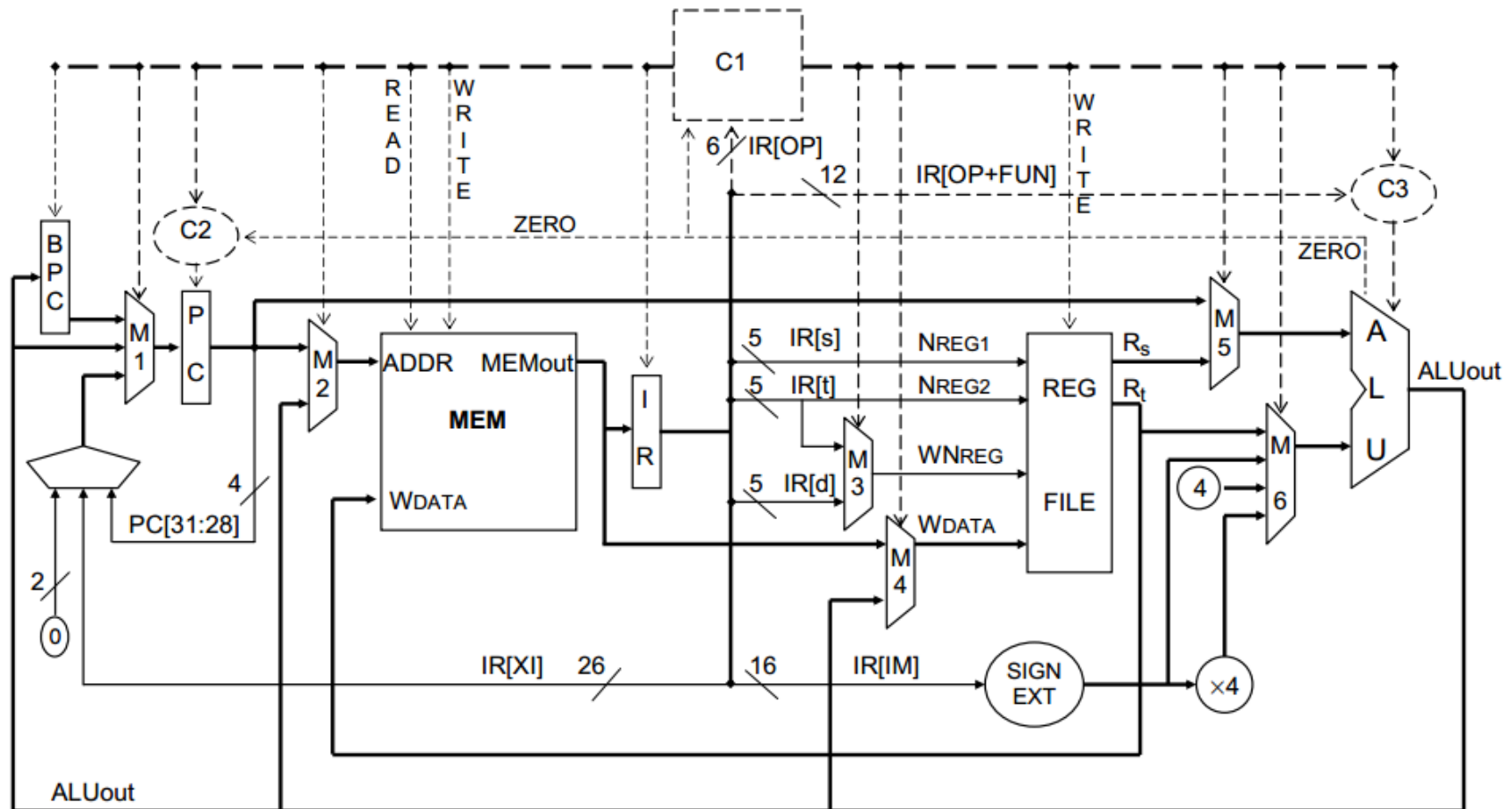
(ג) על פי הפתרון שלך, בכמה מחזורי שעון הפקודה החדשה מתבצעת (כולל fetch ו decode)?

(ג) רישמי בעמוד הבא את תרשימים הזרימה של הפקודה החדשה.

## תרשים הזרימה של פקודת



## תרשים 5.2 : בקר ומסלול נתונים ל MIPS



מקרא:

יחידת בקרה מסוג MOORE

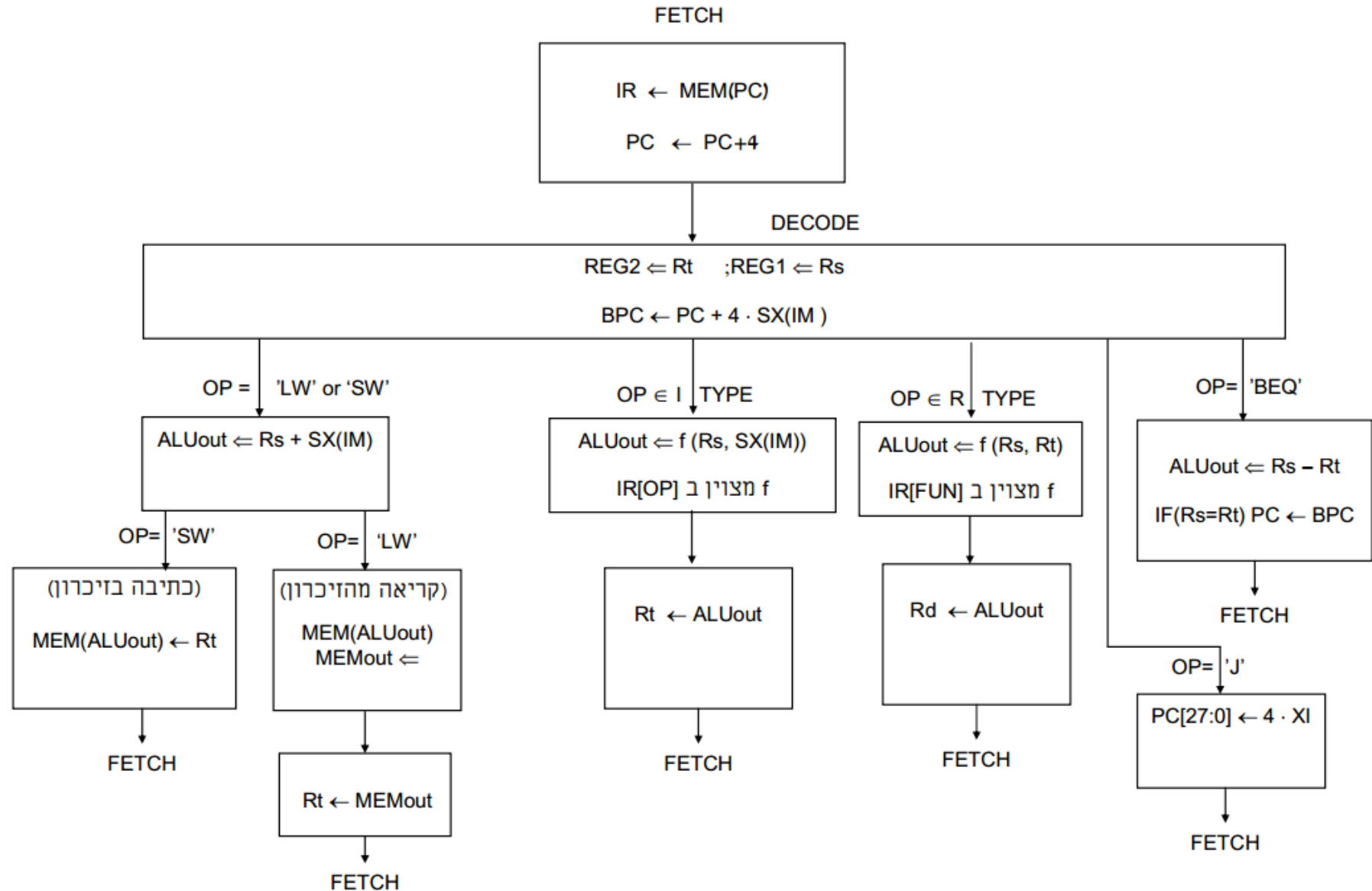
יחידת בקרה צירופית

קו נתונים ברוחב 32

קו נתונים ברוחב n

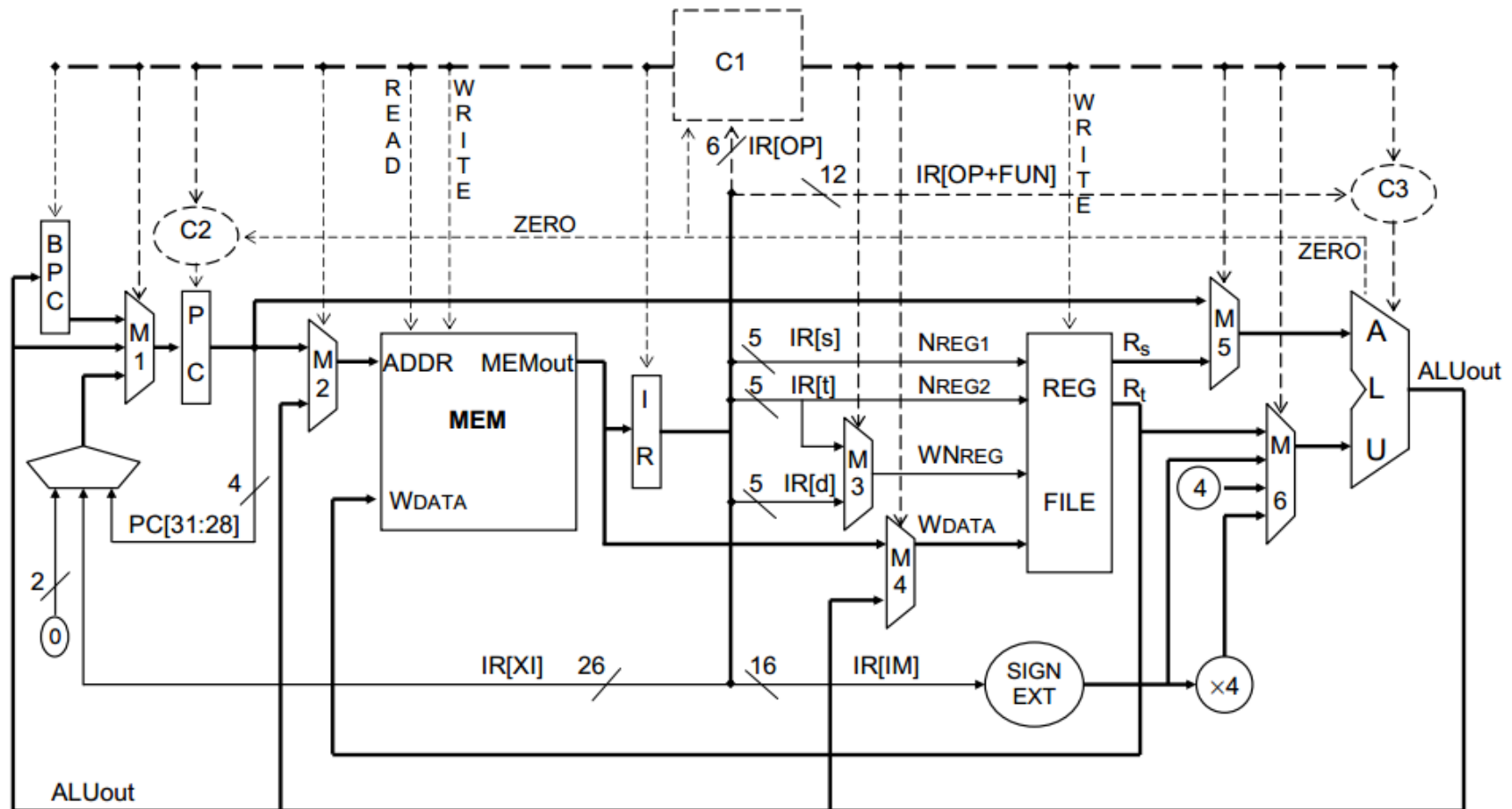
קו בקרה ברוחב כלשהו

תרשים 5.1 : תרשים זרימה של מסלול הנתונים ל-MIPS





# טיוטא




## 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

