

האוניברסיטה הפתוחה

20471

**ארגון המחשב**  
חוברת הקורס קיץ 2020

כתב: ד"ר רם בוסני

יולי 2020 – סמסטר קיץ – תש"פ

**פנימי – לא להפצה.**

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

## תוכן העניינים

א	אל הסטודנט/ית
ג	1. לוח זמנים ופעילויות
ד	2. תיאור המטלות
ד	2.1 מבנה המטלות
ד	2.2 חומר הלימוד הדרוש לפתרון המטלות וניקודן
ד	2.3 אחריות הסטודנט להודיע אם מטלתו לא נבדקה
ה	3. התנאים לקבלת נקודות זכות
1	ממ"ן 11
5	ממ"ן 12
9	ממ"ן 13
15	ממ"ן 14
21	ממ"ן 15



## אל הסטודנט/ית,

אנו מברכים אתכם עם הצטרפותכם לקורס "ארגון המחשב" באוניברסיטה הפתוחה.

הקורס "ארגון המחשב" הינו קורס בסיסי בלימודי מדעי המחשב. הדרישות מהסטודנטים במהלך הקורס הן גבוהות. על מנת לסייע לכם לעבור את הקורס בהצלחה, ברצוננו להפנות את תשומת ליבכם לנקודות חשובות:

1. כידוע לכם נוכחות במפגשי ההנחיה אינה חובה. יחד עם זאת, **מומלץ מאד** להגיע באופן סדיר למפגשי ההנחיה. המפגשים כוללים תרגול רב והעמקה בחומר, תוך שימת דגש על הנושאים החשובים ביותר. אין לי ספק כי ההשתתפות במפגשי ההנחיה תוכל לתרום לכם רבות. (כמו כן, נסיון העבר מלמד, כי קיים מתאם גבוה בין נוכחות סדירה במפגשי ההנחיה לבין הצלחה במבחן הסופי). יש לציין שבסמסטר הנוכחי **יתבצעו הקלטות מפגשי הנחיה**.
2. במהלך הקורס יש להגיש ממו"נים. כדי להיות זכאית לגשת לבחינה יש לצבור לפחות 15 נקודות מתוך 25 הנקודות האפשריות. הכנת הממו"נים מהווה הכנה מצויינת לבחינה, ולכן מומלץ להגיש כמה שיותר תרגילים. יש להקפיד על הגשת הממו"נים במועד.
3. **סמסטר קיץ: הקורס מכיל מספר נושאים הדורשים זמן להבנה והפנמה. היות וסמסטר ג קצר משמעותית מסמסטרים א ו ב נדרש מאמץ מרוכז והשקעה מוגברת בלימוד. רצוי להקדיש ללימוד ותרגול הקורס בין 10-15 שעות בשבוע.**

לקורס קיים אתר באינטרנט בו תמצאו חומרי למידה נוספים, אותם מפרסם/מת מרכז/ת ההוראה. חומרי הלמידה עברו עריכה בסמסטר זה ומומלץ לעבור עליהם במהלך לימוד החומר. בנוסף, האתר מהווה עבורכם ערוץ תקשורת עם צוות ההוראה ועם סטודנטים אחרים בקורס. פרטים על למידה מתוקשבת ואתר הקורס, תמצא/י באתר שה"ס בכתובת:

<http://telem.openu.ac.il>

מידע על שירותי ספרייה ומקורות מידע שהאוניברסיטה מעמידה לרשותך, תמצא/י באתר הספרייה באינטרנט [www.openu.ac.il/Library](http://www.openu.ac.il/Library).

### לתשומת לב הסטודנטים הלומדים בחו"ל:

למרות הריחוק הפיסי הגדול, נשתדל לשמור אתכם על קשרים הדוקים ולעמוד לרשותכם ככל האפשר. הפרטים החיוניים על הקורס נכללים בחוברת הקורס וכן באתר הקורס. מומלץ מאד להשתמש באתר הקורס ובכל אמצעי העזר שבו וכמובן לפנות אלינו במידת הצורך.

ניתן לפנות למנחים בשעות ההנחיה הטלפונית שלהם או אל מרכז ההוראה ד"ר רם בוסני ע"פ הפירוט באתר הקורס. בכל נושא **אדמיניסטרטיבי** ניתן לפנות לזמירה בטלפון 09-7781220. כמו כן

ניתן לפנות למרכז ב-e-mail. הכתובת היא: [rambu@openu.ac.il](mailto:rambu@openu.ac.il)

צוות הקורס מאחל לך לימוד פורה ומהנה.

בברכה,

ד"ר רם בוסני

מרכז ההוראה בקורס



1. לוח זמנים ופעילויות (20471/ 2020)

שבוע הלימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח הממ"ן (למנחה)
1	17.7.2020-14.7.2020	פרק 1		
2	24.7.2020-19.7.2020	פרק 1 תחילת פרק 2		ממך 11 26.7.2020
3	31.7.2020-26.7.2020 (ה צום ט' באב)	פרק 2		
4	7.8.2020-2.8.2020	פרק 2		
5	14.8.2020-9.8.2020	נספח B פרק 4		ממך 12 14.8.2020
6	21.8.2020-16.8.2020	פרק 4		
7	28.8.2020-23.8.2020	פרק 4		ממך 13 27.8.2020
8	4.9.2020-30.8.2020	פרק 4		
9	11.9.2020-6.9.2020	פרק 5		ממך 14 8.9.2020
10	14.9.2020-13.9.2020	חזרה		ממך 15 17.9.2020

מועדי בחינות הגמר יפורסמו בנפרד

\* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

## 2. תיאור המטלות

קראו היטב עמודים אלו לפני שתתחילו לענות על השאלות

פתרון המטלות הוא חלק בלתי נפרד מלימוד הקורס - הבנה מעמיקה של חומר הלימוד דורשת תרגול רב. המטלות יבדקו על-ידי המנחה ויוחזרו לך בצירוף הערות המתייחסות לתשובות. עליכם לפתור את המטלות בעצמכם.

### 2.1 מבנה המטלות

כל מטלה מורכבת מכמה שאלות. מספר השאלות, החומר הנדרש למטלה, משקל המטלה ומועד ההגשה מופיעים בתחילת כל מטלה. בראש כל שאלה מצוין משקלה היחסי בקביעת ציון המטלה. אם השאלה בממ"ן אינה ברורה לכם, אל תהססו ליצור קשר עם המנחה (ע"פ פרטי ההתקשרות באתר הקורס) לצורך קבלת הסבר.

במטלה 12 יש תרגילי הרצה. יש לצרף עבור כל תכנית את קובץ המקור, הנחיות לגבי אופן ההגשה נמצאות במטלה 12. **את מטלה 12 אתם מחויבים להגיש דרך מערכת המטלות המקוונת.**

### 2.2 חומר הלימוד הדרוש לפתרון המטלות וניקודן

המטלות מלוות את יחידות הלימוד בקורס. להלן פירוט המטלות, והיחידות שאליהן מתייחסת כל מטלה, וניקוד כל מטלה. בחלק מהמטלות תופענה גם שאלות המתייחסות ליחידות קודמות, שכבר נלמדו.

לכל מטלה נקבע משקל של 5 נקודות ניתן לצבור עד 25 נקודות. חובה להגיש מטלות במשקל 15 נקודות לפחות, כלומר, 3 מטלות מתוך 5.

### 2.3 אחריות הסטודנט להודיע אם מטלתו לא נבדקה

על מנת למנוע בעיות ובירורים מיותרים המלצת צוות הקורס הינה **להגיש את המטלות דרך מערכת המטלות** לאור ניסיון העבר במידה ובכל זאת בחרתם להגיש את הממ"ן שלא דרך מערכת המטלות תעזו את הממ"ן ואת אופן שליחתו. בכל מקרה אין לאחר את מועד הגשת הרשמי של הגשת הממ"ן ללא אישור מהמנחה. **באחריות הסטודנט ליצור קשר עם המנחה במידה ומטלתו לא נבדקה בהקדם האפשרי.**



### **לתשומת לבכם!**

כדי לעודדכם להגיש לבדיקה מספר רב של מטלות הנהגנו את ההקלה שלהלן:

אם הגשתם מטלות מעל למשקל המינימלי הנדרש בקורס, **המטלות** בציון הנמוך ביותר, שציוניהן נמוכים מציון הבחינה (**עד שתי מטלות**), לא יילקחו בחשבון בעת שקלול הציון הסופי.

זאת בתנאי שמטלות אלה **אינן חלק מדרישות החובה בקורס** ושהמשקל הצבור של המטלות האחרות שהוגשו, מגיע למינימום הנדרש.

**זכרו!** ציון סופי מחושב רק לסטודנטים שעברו את בחינת הגמר בציון 60 ומעלה והגישו מטלות כנדרש באותו קורס.

### **לתשומת לבכם:**

מדיניות קורס זה היא לאשר הזנת ציון אפס במטלות שלא הוגשו כנדרש בקורס. סטודנטים אשר לא הגישו את מכסת המטלות המינימאלית לעמידה בדרישות הקורס ולקבלת זכאות להיבחן, ומבקשים שמטלות חסרות יוזנו בציון אפס, יפנו למוקד הפניות והמידע בטלפון **09-7782222** או **יעדכנו בעצמם** באתר שאילתא <http://www.openu.ac.il/sheilta>

**קורסים ← ציוני מטלות ובחינות ← הזנת ציון 0 למטלות רשות שלא הוגשו.**

יש לקחת בחשבון כי מטלות אשר יוזן להן ציון אפס ישוקללו בחישוב הציון הסופי ובכך יורידו ציון זה ולא ניתן יהיה להמירן במטלות חלופיות במועד מאוחר יותר. על כן קיימת אפשרות שסטודנט אשר יעבור את הבחינה בהצלחה ייכשל בקורס (כשהממוצע המשוקלל של המטלות והבחינה יהיה נמוך מ- 60).

**כלל זה איננו חל על מטלות חובה או על מטלות שנקבע עבורן ציון מינימום.**

### **3. התנאים לקבלת נקודות זכות**

- (א) צבירת 15 משקלים **לפחות** במטלות.
- (ב) ציון של לפחות 60 נקודות בבחינת הגמר.
- (ג) ציון סופי בקורס של 60 נקודות לפחות.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 11

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: פרק 1 (ע"פ מדריך הלמידה) וסעיף 2.4

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 5

מועד אחרון להגשה: 26.7.2020

סמסטר: 2020ג

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס (מומלץ)
  - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה (מאוד לא מומלץ)
- הסבר מפורט ב"תיאור המטלות"

שאלה 1 (20%)

סעיף 1.2 עוסק בשמונה רעיונות גדולים בארכיטקטורת מחשבים.  
קחו את שלושת הרעיונות הראשונים

- Design for Moor's Law
- Use Abstraction to simplify Design
- Make the common case fast

נסו להביא לכל רעיון דוגמא או שתיים להדגמתו מתוך פרק 1 או מתוך דוגמאות אחרות בהן נתקלתם בתחום המחשבים.

## ביצועי המעבד (סעיף 1.6)

יחידות: [Cc]= Clock cycle [Sec]=seconds [Ins]=Instruction [P]=program

$1[\text{ns}] = 10^{-9}[\text{sec}]$   $1[\text{Ghz}] = 10^9[1/\text{sec}]$   $[\text{Mips}] = \text{million instructions per second}$

שאלה 2 (20%)

הניחו כי פקודות בנקודה צפה (ללא כפל וחילוק) מהוות 20% מהפקודות בתכנית טיפוסית, ושכל פקודה כזאת מתבצעת ב-20 מחזורי שעות. פקודות כפל וחילוק מהוות 25% מהפקודות בתכנית טיפוסית, וכל פקודה כזאת מתבצעת ב-10 מחזורי שעות. כל שאר הפקודות מתבצעות ב-5 מחזורי שעות.

א. באיזה אחוז מהזמן עוסק המעבד בפעולות נקודה צפה? בפעולות כפל וחילוק?

ב. אם יש אפשרות להקטין את מספר מחזורי השעות של פעולות נקודה צפה ל-15, אבל

במחיר של הגדלת זמן מחזור השעות ב-10%, ושום דבר אחר לא יושפע מהשינוי – האם

ניתן להמליץ על ביצוע השינוי?

### שאלה 3 (15%)

נתונה מכונה בה 4% מהמערכת לא ניתן למקבל, לכן לא ניתן לשפר את הביצועים של חלק זה של המכונה. את השאר ניתן למקבל.

- מה ה speedup עם מקבול של פי 4 ?
- מה ה speedup עם מקבול של פי 16 ?
- מה ה speedup המקסימאלי התאורטי שניתן לקבל עם אין-סוף מקבול ?

הערה : ההנחה היא שהמקבול ישפר את הביצועים של המכונה באותו היחס.

### שאלה 4 (25%)

נתונים שני מעבדים שונים, P1 ו-P2, עם אותו אוסף פקודות. ניתן לחלק את הפקודות ל-4 קבוצות שונות, A, B, C, ו-D. ל-P1 יש קצב שעון של 2.5 GHz, ול-P2 קצב שעון של 2 GHz. המספר הממוצע של מחזורי שעון לכל קבוצת פקודות עבור P1 ו-P2 הוא כדלקמן :

קבוצה	CPI על P1	CPI על P2
A	5	4
B	2	2
C	5	2
D	6	2

בהינתן תכנית X בת  $10^7$  פקודות, המחולקת לקבוצות בצורה הבאה : 20% לקבוצה A, 20% לקבוצה B, 40% לקבוצה C ו-20% לקבוצה D.

- "ביצועי שיא" מוגדרים כקצב המהיר ביותר שבו מחשב יכול לבצע סדרת פקודות כלשהי. מהם ביצועי השיא של P1 ו-P2 מבוססים ביחידות של MIPS (Million Instructions Per Second) ?
- מהו ה-CPI הממוצע לכל מעבד ?
- כמה מחזורי שעון נחוצים לביצוע התכנית בשני המעבדים ?
- מה מדד ה-MIPS (Million Instructions Per Second) לכל מעבד ?
- איזה מעבד הוא יותר מהיר ? ומה מדד ההאצה ?
- סטודנט יכול לשכור את שירותי p1 או p2 . את מעבד p1 ניתן לשכור לפי זמן. המחיר לשעת עבודה של p1 הינו \$1000. מעבד p2 ניתן להשכרה ע"פ מספר פקודות לביצוע. המחיר למיליון פקודות הינו סנט (מאית דולר) . אם הסטודנט, לצורך מחקרו, צריך להריץ את תכנית X 30000 פעם, מה עלות ההשכרה של כל אחד מהמעבדים ?
- הערה ניתן לשכור את p1 בדיוק לזמן הנדרש

הגדרה מדד האצה (speedup) : היחס בין מצב המערכת במצב האיטי למצב המערכת במצב המהיר ( מחלקים במצב המהיר כלומר ה 100% הינו המצב המשופר) בהנחה שהיה שיפור נקבל גודל חסר יחידות הגדול בערכו מאחד.

הערות :

- בדרך כלל מצב המערכת יימדד על סמך cpu time
- בהגדרה מצב מערכת ניתן להתייחס לשני מחשבים שונים או אותו מחשב בשינוי פרמטרים שונים ( חומרה או תוכנה).

### שאלה 5 (20%)

שאלה זו עוסקת בייצוג מידע במחשב ובפרט ייצוג מספרים עם סימן (משלים ל 2) וללא סימן. במידה והחומר אינו מוכר לכם קראו בעיון סעיף 2.4 בספר.

- א. בעמוד 76 למטה מתואר תהליך הנקרא sign extension תארו אותו במילותיכם. ניתן להסתכל גם בהסבר לתהליך בעמוד 78
- ב. את המספר 3456 (עשרוני) הציגו בבסיס 16 ו 8 ו 2. לאחר מכן בצעו היפוך סימן (negate) משלים ל 2 (two's complement) לערך זה ב 16 סיביות (בסיס 2).
- ג. אילו פעולות נדרשות על מנת לבצע חלוקה ב 128 של מספר ב 16 סיביות המיוצג לפי שיטת משלים ל 2? (רמז: האם קיים הבדל בין מספר חיובי לשלילי) תנו דוגמא מספרית לכל מקרה אפשרי.
- ד. מדוע שיטת ייצוג מספרים משלים ל 2 נבחרה להיות זו הנתמכת ע"י חומרת המחשב לייצוג מספרים שלמים עם סימן.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 12

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: פרק 2 + הפקודות במדריך מפרק 3.

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 5

מועד אחרון להגשה: 14.8.2020

סמסטר: 2020ג

- מטלה זו יש לשלוח דרך מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס בלבד

האסמבלי של ה-MIPS: רשימת הפקודות מופיעה במדריך הלמידה, ניתן לראות את הפקודות בקובץ אקסל בשם "MIPS Instruction set" בחומר העזר באתר הקורס, ריכוז הפקודות נמצא גם בנספח A.10 בספר הקורס.

שאלה 1 (15%)

הציגו את הקוד הבא בצורות הבאות:

- בעשרוני עם רווח בין חלקי הפקודה השונים. (למשל  $rs=20$ )
  - בהקסאדצימלי עם רווחים בין חלקי הפקודה השונים. (למשל  $rs=0x12$ )
  - בבינרי עם רווח בין חלקי הפקודה השונים כל חלק פקודה עם הכותרת המתאימה (למשל  $rs=10100$ )
  - בבינרי ברצף 32 סיביות רצופות.
  - שמונה ספרות הקסאדצימלי ברצף.
- הערה: אין צורך לנתח את פעולת הקוד.

```
nextCh:  lb $t0,-3($t2)
        beq $t0,$zero,strEnd
        add $t9,$t9,$t0
        addi $t2,$t2,-12
        j nextCh
strEnd:
```

(נתון שכתובת התווית nextCh הוא 0x400100)

שאלה 2: (10%)

מצאו את סדרת פקודת MIPS הבסיסיות (שאינן פסיאודו פקודות) הקצרה ביותר המבצעת את הפקודות הבאות ( שאינן כלולות בסט הפקודות המקורי) לצורך הפתרון מותר להשתמש באוגר \$at.

א.  $even \$t2, \$t3$  -- מקבל את תוכן  $\$t3$  אם  $\$t2$  זוגי.

ב.  $min \$t1, \$t2, \$t3$  -- מקבל את הערך המינימאלי בין ערכי  $\$t2, \$t3$ .  
(הערך המינימאלי לפי משלים לשתיים)

### שאלה 3 (15%)

נתונה תמונת סגמנט הקוד הבאה שנלקחה מ-MARS:

- א. מה ניתן להגיד על הפקודה בשורה 73 בקובץ המקור `subi` ? האם התכנית תעבור הידור ?  
האם ניתן לבצע תרגום יעיל יותר מהתרגום של ה MARS כפי שמופיע בעמודת ה Basic ?
- ב. האם ניתן לדעת מה יקרה בעקבות הפקודה `syscall` בשורה 72 בקובץ המקור ?
- ג. האם ניתן לדעת מה יקרה בעקבות הפקודה `syscall` בשורה 81 בקובץ המקור ?
- ד. על סמך הנתונים בתמונת סגמנט הקוד , מה כתובת התווית `reverse` ?

Text Segment				
Bkpt	Address	Code	Basic	Source
<input type="checkbox"/>	0x00400078	0x002f0821	<code>addu \$1,\$1,\$15</code>	Source code line
<input type="checkbox"/>	0x0040007c	0x802b0000	<code>lb \$11,0x00000000(\$1)</code>	
<input type="checkbox"/>	0x00400080	0x000b2021	<code>addu \$4,\$0,\$11</code>	70: <code>move \$a0,\$t3</code>
<input type="checkbox"/>	0x00400084	0x2402000b	<code>addiu \$2,\$0,0x0000000b</code>	71: <code>li \$v0,11</code>
<input type="checkbox"/>	0x00400088	0x0000000c	<code>syscall</code>	72: <code>syscall</code>
<input type="checkbox"/>	0x0040008c	0x20010001	<code>addi \$1,\$0,0x00000001</code>	73: <code>subi \$t7,\$t7,1</code>
<input type="checkbox"/>	0x00400090	0x01e17822	<code>sub \$15,\$15,\$1</code>	
<input type="checkbox"/>	0x00400094	0x15e0fff7	<code>bne \$15,\$0,0xffffffff7</code>	74: <code>bne \$t7,\$zero,reverse</code>
<input type="checkbox"/>	0x00400098	0x2402000a	<code>addiu \$2,\$0,0x0000000a</code>	80: <code>li \$v0,10</code>
<input type="checkbox"/>	0x0040009c	0x0000000c	<code>syscall</code>	81: <code>syscall</code>

עתה לפניכם שתי שאלות תכנות. הכינו את הבסיס לקראתן: הריצו תכניות פשוטות, כגון: החלפת מקום של תוכן שתי מילים בזיכרון, חישוב נוסחה כלשהי, בדיקת סיביות במילה על ידי מסכה, ועוד. חשוב לכלול בכל תכנית `syscalls` המבצעים קליטה והדפסה (רשימת ה-`syscalls` נמצאת בספר, נספח A, עמודים 43-44, וגם ב `help` של ה MARS).  
לצורך כתיבת התוכניות מותר להשתמש בפסיאודו פקודות הנתמכות ע"י ה MARS (רשימה נמצאת ב `help` של ה MARS).  
בחומר עזר באתר הקורס בסעיף 2.6 נמצא חומר רקע לכתיבת תכניות כולל תכניות דוגמא. (בין שאר ניתן למצוא בסעיף 2.6 קובץ "קישורים" לסרטוני youtube ועוד אתרים רלוונטיים וקובץ אקסל בשם MIPS instruction set היכולים לעזור).

יש להגיש את קובץ המקור בלבד.  
שאלות הרצה תיבדקנה בסימולאטור - MARS לכן תנאי הכרחי לבדיקה הוא הרצת התוכנית ללא שגיאות ב-MARS.

קישור להורדת MARS  
<http://courses.missouristate.edu/kenvollmar/mars/>

(שם גם יש הסברים על התוכנה גרסה 4.5 כמו כן לסימולאטור יש `help` עם הסברים נרחבים בכל נושאי כתיבת תכנית בנוסף יש עדכון לבעיית רזולוציה לעובדים ב windows 10)

יש לתעד היטב את התוכניות: בתחילת התוכנית יש לתאר את האלגוריתם ואת האוגרים, בתחילת כל קטע קוד יש לכתוב כמה מילים על תפקידו, וליד הפקודות המרכזיות יש להוסיף הערה. בחירת שמות משמעותיים למזהים

אנא בדקו את התוכניות לפני ההגשה!



#### שאלה 4 (25%)

כתבו תכנית באסמבלי של ה MIPS (ניתן להשתמש בפסאודו פקודות המוכרות ע"י ה MARS). הקצו בסגמנט המשתנים מערך array המאותחל למספרים עם סימן (משלים ל 2 ) בגודל בית. גודלו של המערך הינו 10 מספרים (בתים).

- א) יש להדפיס באותו הסעיף את סכום 10 המספרים במערך array ואת סכום ריבועי המספרים במערך array.  
ב) יש להדפיס למסך את הפרשי כל זוג מספרים סמוכים במערך  
ג) יש להדפיס למסך את המספרים בהתייחסות כמספרים ללא סימן המקודדים לבית.  
ד) יש להדפיס באותו הסעיף את סכום 10 המספרים במערך array ואת סכום ריבועי המספרים במערך array כמספרים ללא סימן מקודדים לבית.

יש לעבוד עם 4 syscall להדפסת הודעות ו 1 syscall להדפסת מספר

הערה: כל סעיף יש לבצע כקטע קוד ניפרד !

לדוגמא עבור המערך :

array: .byte 23,-2,45,67,89,12,-100,0,120,6

יודפס למסך :

The sum of the array(sign) is:260

The sum of the squares(sign) is:39548

The differenc of each pair of number(sign) in the array is:

25,-47,-22,-22,77,112,-100,-120,114,

The array as unsign numbers:

23,254,45,67,89,12,156,0,120,6,

The sum of the array(unsign) is:772

The sum of the squares(unsign) is:118396

### שאלה 5 (35%)

כתבו תכנית המקבלת מהמשתמש שני מערכים בני 10 מספרים עם סימן (משלים ל-2) בגודל מילה, ממוינים ע"פ ערכים עולים ממש לפי בסיס 10. יש להדפיס הודעות מתאימות. לאחר קבלת הקלט יש להדפיס למסך רק את המספרים המופיעים **בשני המערכים (חיתוך של המערכים)** בסדר ערכים יורד לפי בסיס 10 (ניתן להשתמש ב syscall 1) ולפי בסיס 4!!

**לצורך הפיתרון יש להשתמש בשלוש פרוצדורות.**

- פרוצדורה אחת בשם get\_array אשר מקבלת כפרמטר כתובת היסט מערך וקולטת 10 מספרים עם סימן (משלים ל-2) בגודל מילה ע"פ ערכים **עולים ממש** (מותר ורצוי להשתמש ב syscall 5).

- פרוצדורה שניה בשם find\_eq אשר מקבלת שלושה פרמטרים השניים הראשונים כתובות שני המערכים והפרמטר השלישי הבסיס להדפסה (10 או 4). הפרוצדורה מדפיסה למסך את הערכים המופיעים בשני המערכים בסדר ערכים יורד בבסיס 10 (רצוי להשתמש ב syscall 1). ובבסיס 4 (יש להשתמש בפרוצדורה base4 כקריאה מקוננת)

- פרוצדורה שלישית בשם base4 נקראת מהפרוצדורה find\_eq ומקבלת את הערך להדפסה (מספר עם סימן בגודל מילה) ומדפיסה למסך את ערכו ב 16 ספרות לפי בסיס 4 יש להדפיס את סימן המינוס ואת ההדפסה של הספרות יש לבצע בלולאה הרצה 16 פעמים כולל הסימן מינוס. יש להדפיס 16 ספרות כולל האפסים משמאל. (נשים לב שתי סיביות הן ספרה בבסיס 4).

**- הערות והכוונות:**

- באחריותכם לוודא קלט חוקי ושההכנסה אכן ממוינת והמספרים עולים ממש כלומר אין שני ערכים שווים באותו המערך.
- אם ערך הקלט אינו חוקי יש לקלוט מהמשתמש ערך חדש במקומו ולא להתחיל את הקלט מהתחלה.
- את הפרוצדורות יש לכתוב ע"פ הכללים. כלומר לא ניתן להשתמש בשמות התוויות של המערכים משום שאלו אינם מוכרים בפרוצדורות ואת הפרמטרים יש להעביר דרך \$a1-\$a3 (כלומר חרגנו מהמוסכמה על מנת לשמור את \$a0 לצורך syscall)
- יש להדפיס הודעות לפני הקלט.

# מטלת מנחה (ממ"ן) 13

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: נספח B ופרק 4 (עד 4.4 כולל).

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 27.8.2020

סמסטר: 2020ג

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס (מומלץ)
  - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה (מאוד לא מומלץ)
- הסבר מפורט ב"תיאור המטלות"

## נספח B ומעבד חד מחזורי

שאלה 1 ( 20% )

- א. התבוננו בתרשים B.8.4 (נספח B) והסבירו את המונח "falling-edge trigger" המופיע בתחתית תרשים זה על סמך המופיע בתרשים.
- ב. בתרשים B.8.8 מתוארים שני הפורטים לקריאה במקבץ האוגרים. איך תהליך הקריאה תלוי בשעון ? ואילו ערכים מופיעים ב read register 1 read register 2 במעבד חד מחזורי ? אילו פקודות מהפקודות המתוארות בפרק 4 מבצעות קריאה במקבץ האוגרים ?
- ג. תרשים B.8.9 מתאר את תהליך הכתיבה. איך תהליך זה תלוי בשעון ? אילו ערכים נכנסים ל Register number , Write ו Register data במעבד חד מחזורי ? אילו פקודות מהפקודות המתוארות בפרק 4 מבצעות כתיבה במקבץ האוגרים ?

**שאלה 2 (25%)**

נתונה הפקודה lw \$s3,0x202C(\$t1) הנמצאת במקום 0x0000B02C בזיכרון הראשי.

כמו כן, נתון שערך כל אוגר בעת ביצוע הקוד הינו מספרו כפול 0x1000 (אוגר 1 ערכו 0x1000, אוגר 2 ערכו 0x2000 וכן הלאה). כמו כן הניחו, כי פקודות swlw יכולות לגשת לכל כתובת בזיכרון הראשי ( בכפולה של 4 כמובן).

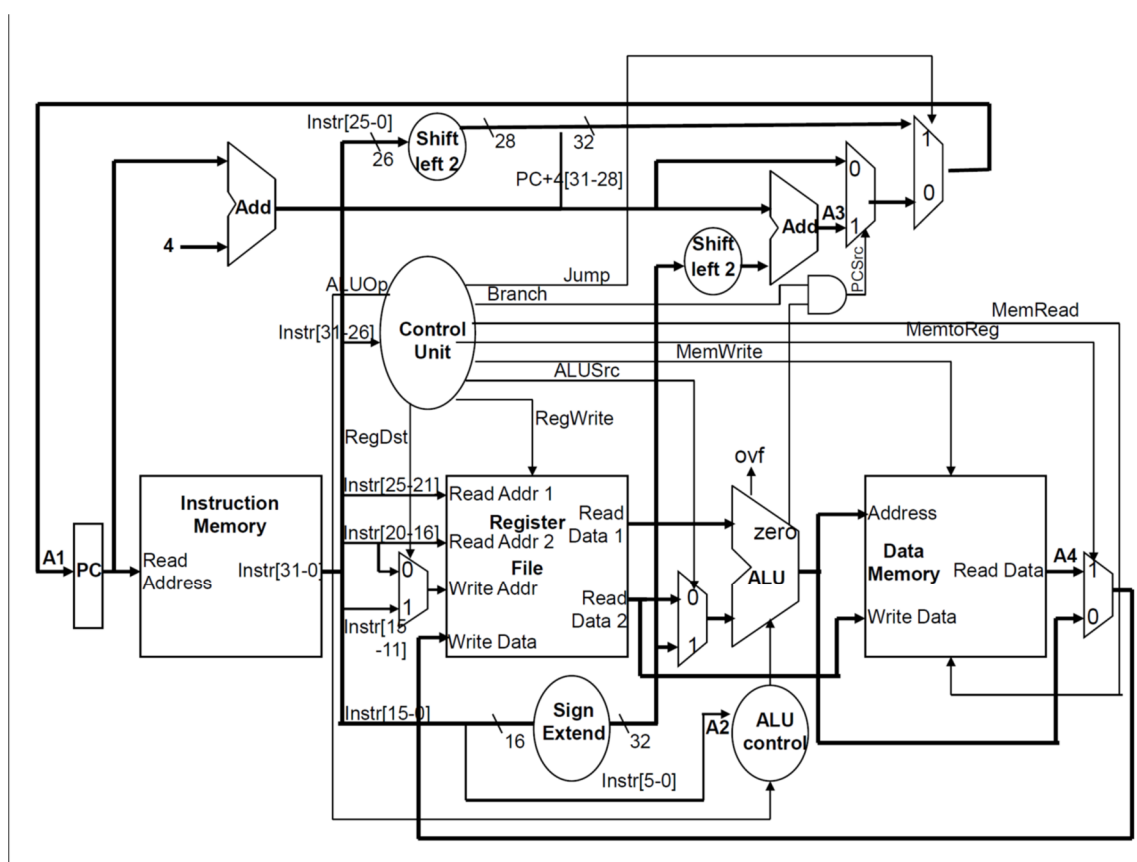
א. מה קידוד הפקודה הזו ב-8 ספרות הקסא?

ב. בתרשים המעבד החד-מחזורי שלפניכם ישנם 4 סימונים **A1-A4**. עליכם לכתוב את

הערכים העוברים על הקווים המסומנים **בבסיס הקסא**, נמקו את תשובתכם.

בהנחה שהמידע נבדק לקראת סוף פעימת השעון בביצוע הפקודה `lw $s3,0x202C($t1)`.

ערך לא ידוע יש לסמן ב X. (הבקורות של הפקודה הן לפי טבלאות 4.12 4.18 בספר הלימוד).



ג. כעת הניחו כי הפקודה מבוצעת על מעבד חד-מחזורי (כמתואר בתרשים 4.24 בספר), וכי במהלך יציאת הפקודה מזיכרון הפקודות התרחשה התקלה הזאת: סיביות קידוד הפקודה הוזזו ימינה ב-3 סיביות (חלוקה ב-8), כאשר משמאל נכנסו 3 סיביות אפס. באופן גרפי, ניתן לתאר את שאירע לקידוד הפקודה באופן הזה:

קידוד הפקודה לפני ההזזה ימינה:

[illegible]

הקידוד לאחר ההזזה ימינה ב-3 סיביות:

[illegible]

האם ניתן לדעת מה יתבצע במקרה זה? נמקו את תשובתכם. אם התשובה חיובית, פרטו

את מה שיתבצע.

### שאלה 3 (25%)

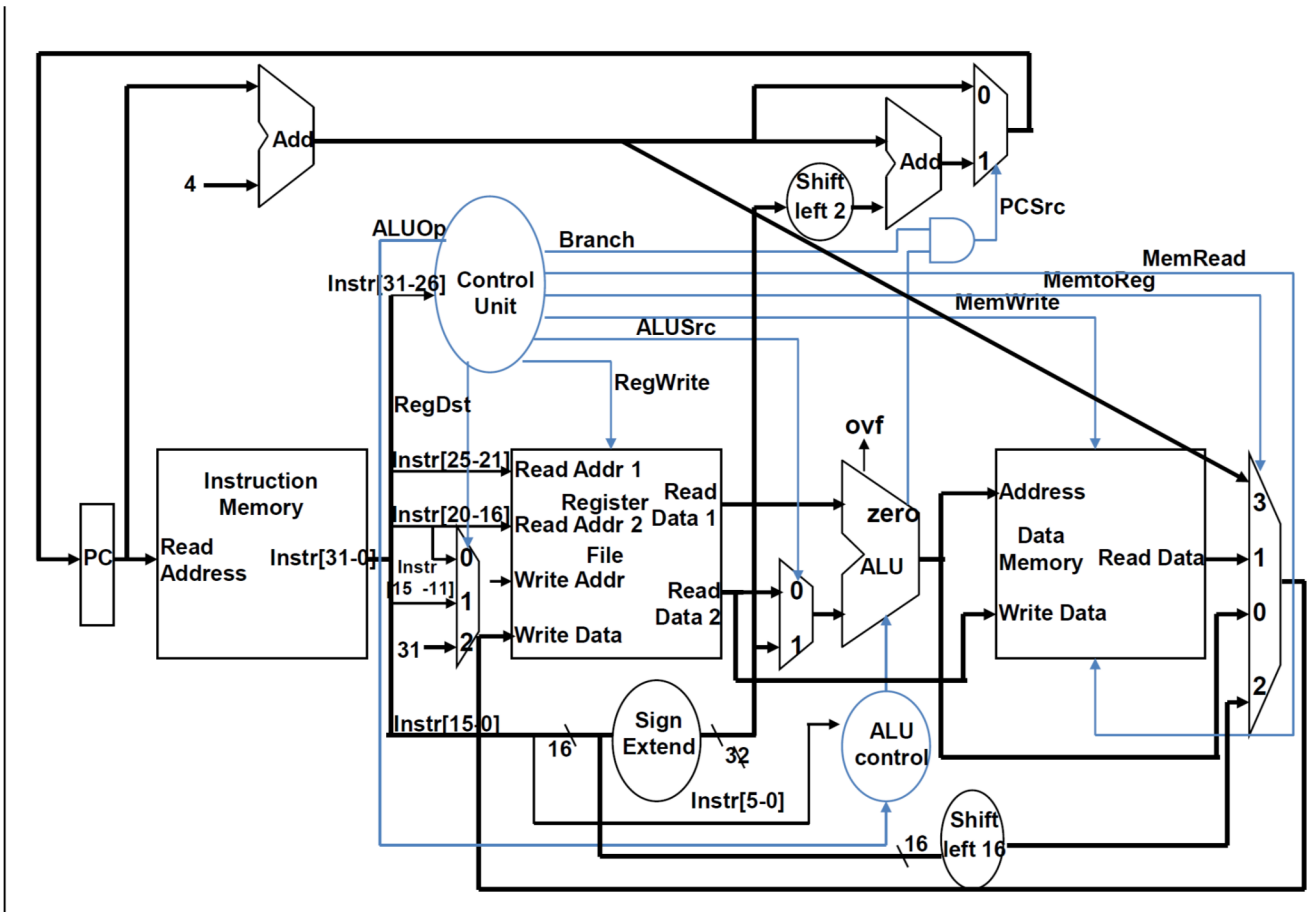
מצ"ב שרטוט של מעבד MIPS העובד באופן עבודה חד-מחזורי בשינוי נתיב הנתונים.  
א. המרבבים של MemtoReg ו RegDst הורחבו בין אילו ערכים מנתבים מרבבים אילו ?  
ב. נתונה הפקודה שאלו הן קווי הבקרה שלה :

RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp
0	X	2	1	0	0	0	XX

איזו פקודה זו ? (בתוך הפקודות שלמדנו בפרק התכנות) מה מבצעת פקודה זו ?  
ג. התרשים בעמוד הבא מציג את הערך המגיע לכניסה 2 במרבב MemtoReg עובר הרחבת סימן (sign extend). האם תשובתכם לסעיף ב תשתנה ? נמקו את תשובתכם במידה וכן האם ניתן לדעת מה תבצע הפקודה ?  
ד. נתונים קווי הבקרה הבאים.

RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp
2	X	3	1	0	0	0	XX

איזה פעולה מתבצעת ? וכחלק מאיזה פקודה שלמדנו בפרק התכנות יכולה להיות פקודה זו ? מה חסר בשרטוט על מנת שהפקודה תבצע במלואה ?



**שאלה 4 (30%)**

שאלה זו מתייחסת לנתיב הנתונים החד-מחזורי של מעבד ה MIPS

למעבד נוספו שני רכיבי NEG המבצעים היפוך סימן משלים ל-2 :

- רכיב NEG אחד ממוקם ביציאה Read Data 2 של מקבץ האוגרים.

- רכיב NEG שני ממוקם לפני הכניסה לרכיב ה-2 Shift left.

א מתוך שש הפקודות בטבלת הבקורות שבעמוד הבא ( addi j beq lw sw R-Type )

אילו פקודות לא יושפעו בשום מקרה מהוספת שני רכיבי NEG? נמקו תשובתכם.

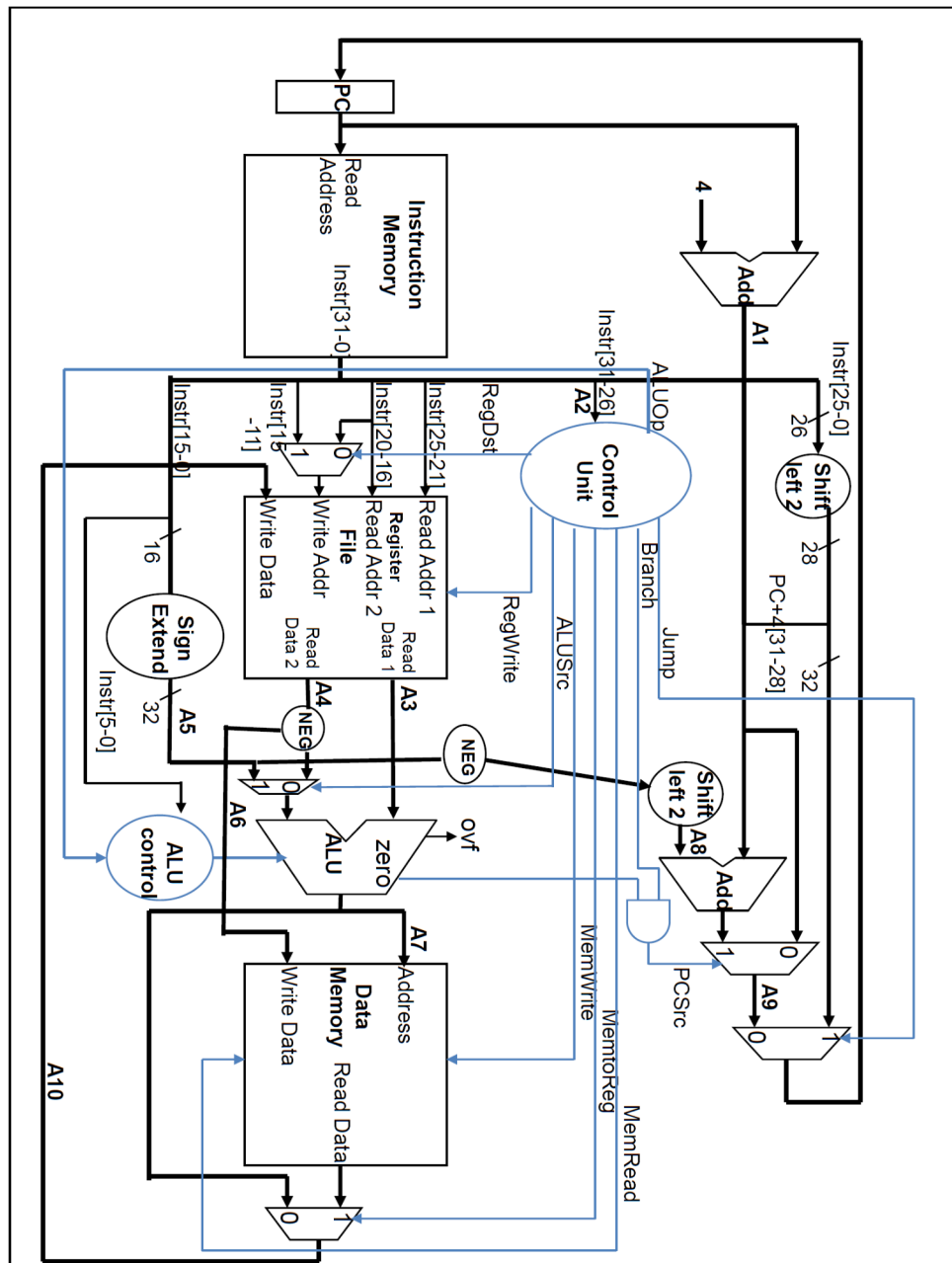
(ב) הפקודה **beq \$3,\$4,0x010** נמצאת בכתובת **0x00004600** בזיכרון ומורצת על מעבד ה MIPS בתוספת שני רכיבי ה NEG. כמו כן נתון שערך כל אוגר בעת ביצוע הפקודה הינו מספרו כפול

0x100 ( אוגר 1 ערכו 0x100 אוגר 2 ערכו 0x200 וכן הלאה).

יש לציין את 10 הערכים בבסיס הקסא על הקווים המסומנים בסימונים A1-A10, (בתרשים מעבד ה MIPS בתוספת שני רכיבי ה NEG) בהנחה שהמידע העובר על הקווים נבדק לקראת סוף

פעימת השעון של הפקודה beq \$3,\$4,0x010. יש לנמק איך הגעתם לערכים אלו.

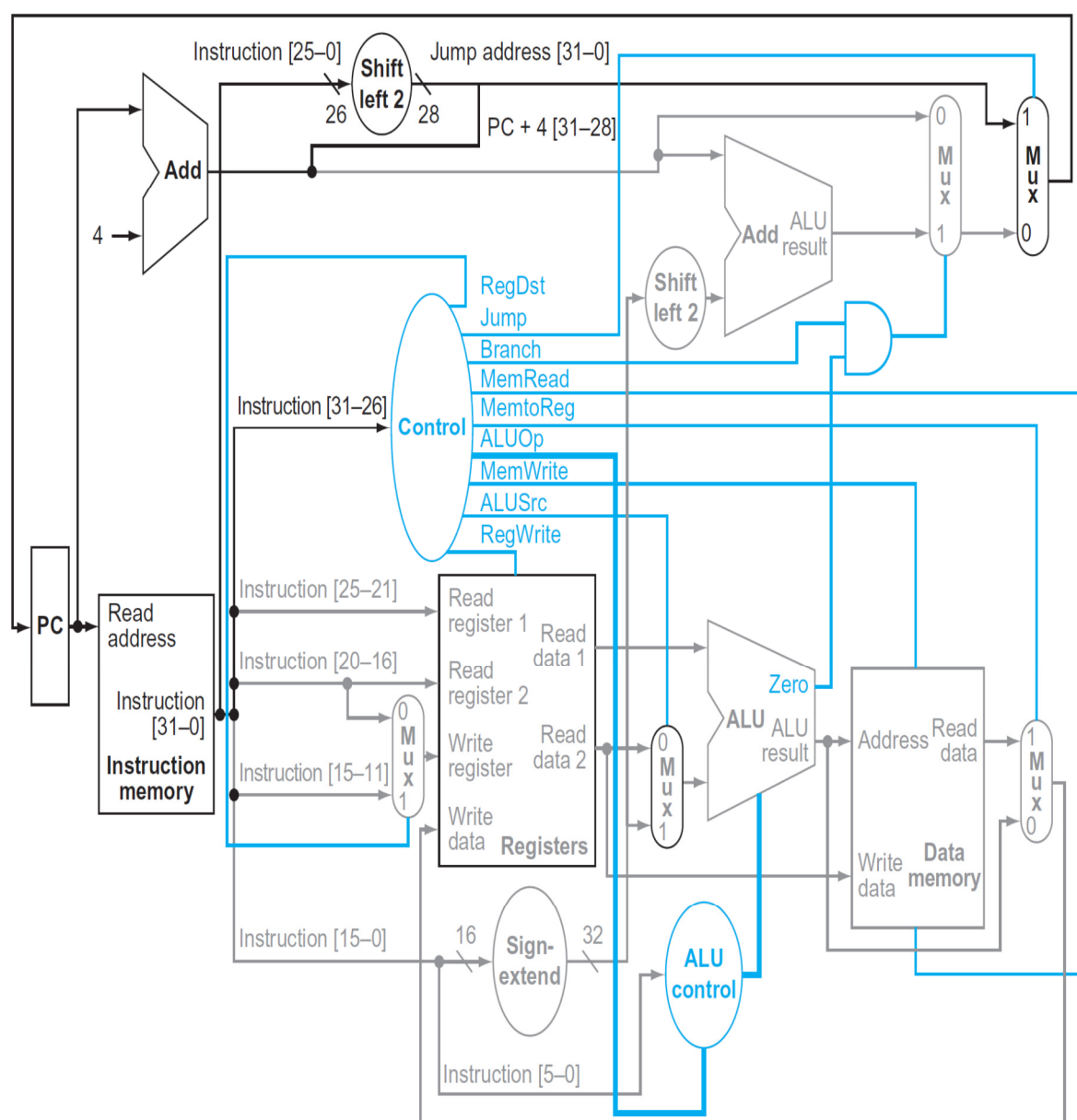
ערך לא ידוע יש לסמן ב  $X$ . (הבקורות הן של הפקודה beq)



טבלת בקורות מעבד חד מחזורי: טבלה 4.18 (בתוספת הפקודות J addi)

Instruction	opcode	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp1	ALUOp0	Jump
<b>R-Type</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
lw	35	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
sw	43	X	1	X	0	0	1	0	0	0	0
beq	4	X	0	X	0	0	0	1	0	1	0
<b>J</b>	<b>2</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>1</b>
addi	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

תרשים 4.24 מהספר מעבד חד מחזורי







# מטלת מנחה (ממ"ן) 14

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: פרק 4 (עד 4.9)

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 8.9.2020

סמסטר: 2020

## קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס (מומלץ)
  - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה (מאוד לא מומלץ)
- הסבר מפורט ב"תיאור המטלות"

## חד מחזורי מתקדם - וצנרת

### שאלה 1 (25%)

שאלה זו מתיחסת למעבד חד מחזורי כמתואר בתרשים 4.24. נתונים זמני העבודה של כל יחידת ביצוע או בלוק של לוגיקה ספרתית בתרשים זה:

500ps	-	I-Mem
100ps	-	Add
90ps	-	Mux
250ps	-	ALU
200ps	-	Regs (קריאה או כתיבה)
800ps	-	D-Mem
10ps	-	Sign-extend
20ps	-	Shift-left-2
60ps	-	ALUctrl

ניתן להניח שרכיב שלא נתון לו זמן העבודה, זמן זה זניח.

א. בהנחה שהמעבד עובד באופן חד מחזורי לפקודות המתוארות בתרשים 4.18 בספר (בתוספת הפקודה jump) מהו תדר המעבד?

ב. איזה אות הוא הקריטי ביותר מבין האותות, כלומר, שאם לא ייוצר בזמן הוא יגרום לדחייה של שאר האותות ולהארכת זמן המחזור? כמה זמן יש ליחידת הבקרה כדי לייצרו, כך שלא יהיה על הנתבי הקריטי?

ג. איך תשתנה תשובתכם לסעיפים א ו ב במידה ונתון שהותקן רכיב Shift-left-2 פגום שמשך הזמן שלו הינו 1400ps (ניתן להניח שמתכנני המעבד יכולים לשנות רק את תדר השעון ללא יכולת שינוי החומרה ע"פ תרשים 4.24)

## שאלה 2 ( 25% )

התרשים המופיע כאן הוא תרשים 4.51 המתאר את עבודת הצנרת במעבד ה-MIPS. לתרשים נוספו ערכים ע"ג הקווים השונים המתארים הקפאת מצב של פעימת שעון מסוימת בעבודת המעבד.

נסו לזהות ככל הניתן איזו פקודה נמצאת בכל אחד מחמשת שלבי הצנרת בפעימת שעון זו

חמשת השלבים Fetch, Decode, Exe, Mem, WB

כלומר בכל אחד מחמשת השלבים יש לציין איזו פקודה (מהו התחביר שלה) מה מיקומה בזיכרון (אם ניתן לדעת) מה קידודה ב 8 ספרות הקסא ואילו ערכים היא מכילה/מחשבת/וכותבת ולאן.

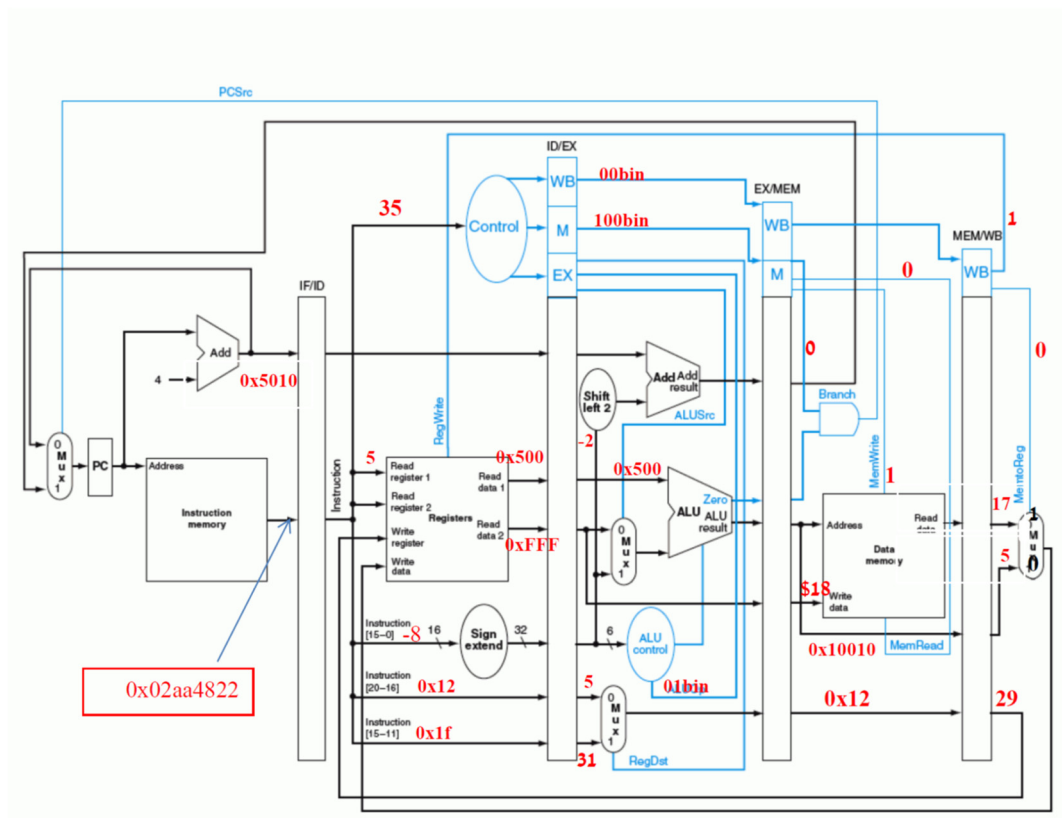
נמקו את תשובתכם.

הערות :

- ערכים שלא ניתן לדעת מהתרשים יש לציין.

- ערכי הבקורות מסודרים ע"פ הסדר של טבלה 4.49 (ומצוינים בבסיס 2 בסימון bin)

- למרות שאין התייחסות בתרשים ניתן להניח שיש טיפול בסיכוני נתונים ובקרה במעבד



### שאלה 3 (25%)

קטע הקוד שלעיל מורץ על מעבד העובד בטכנולוגיית צנרת כולל יחידת העברה קדימה (forwarding unit) ויחידת איתור סיכונים (HDU).

א) עבור הקוד הבא, זהו את כל תלויות הנתונים (כולל חציית מקבץ האוגרים). יש לפרט עבור כל סיכון נתונים את אופן הזיהוי, איזה פתרון חומרה מבוצע עבורו.

בזיהוי יש להשתמש במונחים סיכון הנתונים של lw (load use), מקרים 1a 1b 2a 2b בהעברה קדימה כמתואר בעמוד 306. יש להתייחס גם לחציית מקבץ האוגרים (כלומר כתיבה למקבץ האוגרים באמצע שעון, וקריאת הערך המעודכן בסופו).

I1. sw \$2,0x20(\$0)

I2. add \$8, \$4,\$2

I3. lw \$6,0(\$8)

I4. slt \$3, \$8,\$6

I5. add \$4,\$5,\$6

ב. בתרשים שבעמוד הבא (המתאר את עיקרי נתיב הנתונים בצנרת) מתוארת פעימת השעון החמישית בביצוע הקוד של סעיף א. עליכם להחליף את 19 סימני השאלה בתרשים בערך המתאים.

הסימון בהתאם להנחיות הבאות :

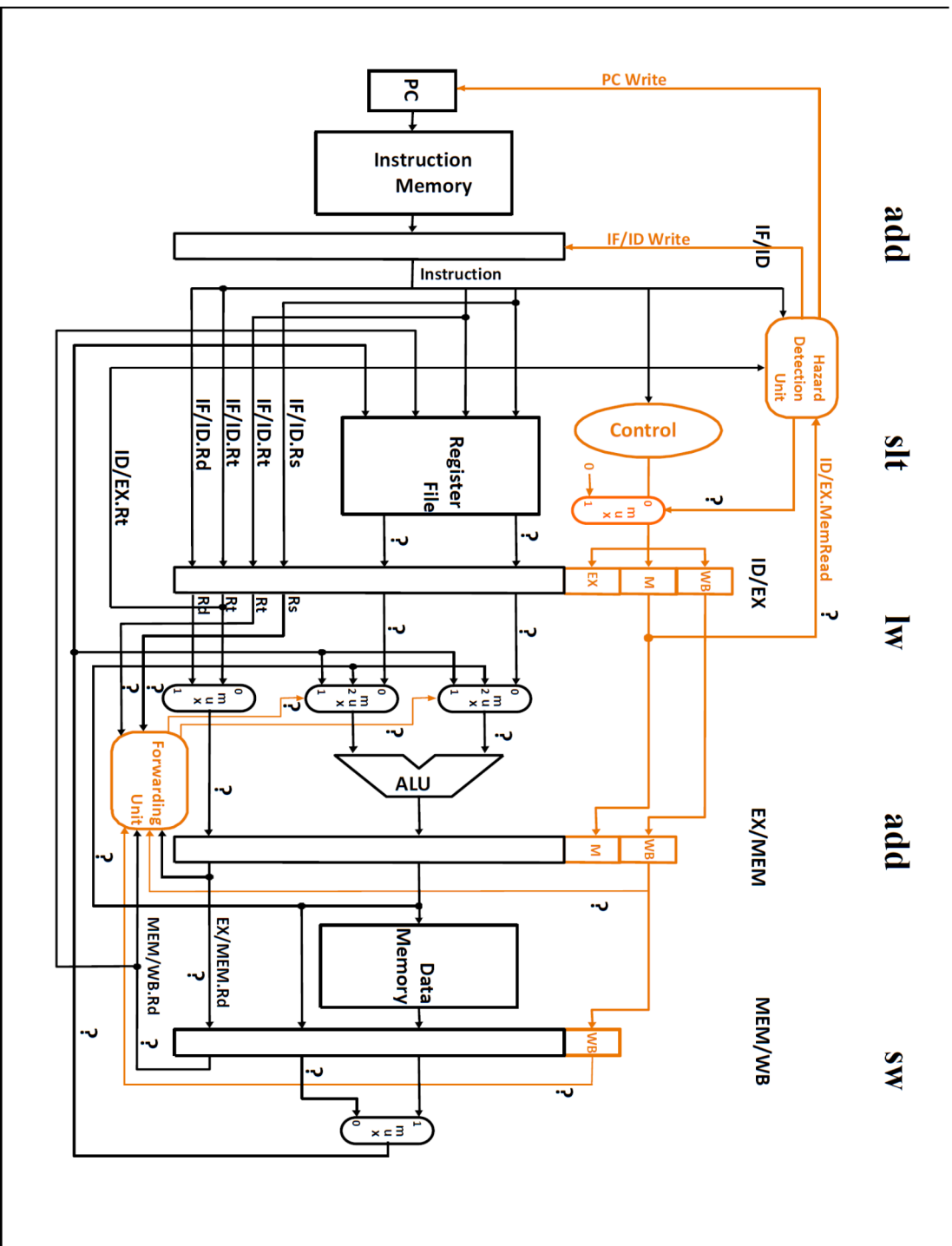
- יש להעתיק את התרשים ולסמן את הערך המתאים ע"ג התרשים בצורה

ברורה

- בתחילת הקוד ערכם של אוגרי מקבץ האוגרים הינו מספר האוגר כפול 8 (כלומר ערך האוגר 1 הינו 8, ערך האוגר 2 הינו 16, וכן הלאה).

- ערכם של מאה הבתים הנמוכים בזיכרון הינו 0x11.

- במידה ולא ניתן לדעת ערך בקו מסוים יש לסמן X.



#### שאלה 4 (25%)

נתון מעבד MIPS בעל 5 שלבים כמו שלמדנו, עם זמן מחזור  $10\text{ns}$ . נניח שאנו מבצעים על מעבד זה תכנית שחלק  $f$  ממספר פקודותיה מופיעות מיידית לאחר פקודת  $lw$ , והן זקוקות לערך שהיא כותבת באוגר.

א. אם קיימת העברה קדימה, מה יהיה זמן הביצוע של התכנית אם יש בה  $N$  פקודות? התשובה צריכה לכלול את  $N$  ו- $f$ .

ב. נניח שגילינו ששלב ה-MEM זקוק ל- $12\text{ns}$ . עכשיו קיימות שתי אפשרויות: האחת, לחלק את שלב ה-MEM לשני שלבים,  $\text{MEM1}$  ו- $\text{MEM2}$ , או להגדיל את זמן המחזור ל- $12\text{ns}$  ולהשאיר את מספר השלבים כפי שהיה. אם אפיון התכנית הוא כפי שתואר לעיל, עבור איזה  $f$  האפשרות הראשונה טובה מהשנייה?

ג. נניח שלמעבד שלנו יש שני סוגי זיכרונות: אחד רגיל ואחד קטן ומהיר. נניח שבמעבד בעל ששת שלבי הצנרת שמתואר בסעיף ב השלב  $\text{MEM1}$  משתמש בזיכרון המהיר ומקבל את התוצאה מהזיכרון כבר בסוף שלב זה, בעוד ששאר התוצאות מהזיכרון מתקבלות לאחר שני השלבים,  $\text{MEM1}$  ו- $\text{MEM2}$ . אם 40% מהשבר  $f$  שהוזכר לעיל מקבלות את הערך שהן זקוקות לו מהזיכרון המהיר, כיצד משתנה התשובה לסעיף ב?

**הערה:** בתשובתכם יש להתעלם מפעילות השעון הנדרשות למילוי הצנרת הראשוני.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 15

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: חזרה על פרק 4 (4.4 עד 4.9) ופרק 5 (5.1 – 5.4)

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 17.9.2020

סמסטר: 2020ג

## קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס (מומלץ)
  - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה (מאוד לא מומלץ)
- הסבר מפורט ב"תיאור המטלות"

## צנרת+חריגות (פסיקות)

שאלה 1 (15%)

במעבד MIPS העובד בטכנולוגיית צנרת (pipeline) ב-5 שלבים התפלגות הפקודות בזמן ריצה עבור תכנית מסוימת היא כמפורט להלן:

Other	LW	SW	Branch
43%	25%	10%	22%

- בהנחה שאין השהיות, כאשר 70% מפקודות הקפיצה נלקחות (taken), באיזה אחוז ממחזורי השעון חישוב כתובת הקפיצה (branch target) מייצר ערך שמשתמשים בו? הראו חישובים.
- הניחו שההשהיות היחידות הנוצרות הן כתוצאה מסיכונים נתונים (אין סיכונים בקרה) ביחידת ה-HDU. שכיחות סיכונים נתונים אלו היא ב-5% מפקודות ה-LW. מהו ה-CPI הממוצע של מעבד זה? הראו חישובים.
- הניחו שהמעבד עובד בתצורה של branch delay slot והמהדר שבו אנו משתמשים מצליח למצוא פקודה למילוי ה-slot delay ב-60% מהמקרים (כאשר לא נמצאת פקודה מתאימה המהדר דואג להכניס את פקודת האסמבלי nop). מהו ה-CPI הממוצע של מעבד זה כולל סיכון הנתונים של סעיף ב? (יש להתייחס ל-nop כהשהיה).
- הניחו שהמעבד עובד בשיטת חיזוי דינמי, וחווה הקפיצות צודק ב-90% מהמקרים, אולם על כל חיזוי שגוי משלמים ב-4 השהיות. מהו ה-CPI הממוצע של מעבד זה בהנחה שאין השהיות אחרות?
- כעת נאמר לנו שיש ירידת ביצועים עקב החטאות של זיכרון המטמון. בזיכרון המטמון לנתונים שיעור ההחטאה (miss rate) הינו 5%; בזיכרון המטמון לפקודות שיעור ההחטאה (miss rate) הינו 1%; הקנס על החטאה (miss) הינו 500 מחזורי שעון של ה-CPU. מהו ה-CPI הממוצע של מעבד זה כולל ההשהיות של סיכון הבקרה בסעיף ד, ובהנחה שאין השהיות נוספות?

## שאלה 2 (25%)

נתון קטע קוד :

```

I1:      beq    $5,$4,label
I2:      lw     $5,16($3)
.
I3: label:  INVALID
I4:      something
I5:      Exception Handler

```

הפקודה I2 היא delay slot, ותמיד תתבצע. בין I2 ל-I3 יש פקודות נוספות אבל הן לא מתבצעות. הפקודה I3 היא בלתי חוקית. הפקודה I5 היא הפקודה הראשונה של התכנית המטפלת בפסיקה (Exception handler) נניח שפקודת הקפיצה נלקחת.

- על סמך תרשים 4.66 בספר תארו את כל שלבי הצגרת בכל מחזור שעון, החל מהמחזור בו מתרחש פענוח פקודת ה-branch ועד המחזור שבו מובאת הפקודה הראשונה של התכנית המטפלת בחריגה (exception handler). סמנו כוכבית בשלב בו פקודה הופכת לבועה.
- נניח שבפקודה I2 (ב-delay slot) התרחשה חריגת חומרה בשלב ה-MEM. חזרו על סעיף א. איזו כתובת תהיה ב-EPC? מה קורה לאחר הביצוע של ה-Exception Handler?
- בעמוד 327 מתוארת שיטה המכונה "vectored interrupt" (בשיטה זו משתמשים במעבד אינטל). תארו את עקרון שיטה זו במילותיכם. מה מחליף במעבד ה-MIPS את ה-vectored interrupt (טבלת ההפניות)?

## זיכרון מטמון

## שאלה 3 (25% נקודות):

נתון מטמון בעל המאפיינים הבאים :

- גודל הנתונים 3072 בתים (DATA area).
- מספר בלוקים – 48.
- אורך כתובת לגישה בזיכרון הראשי 32 סיביות.
- ארגון 3-way set associative.
- לכל בלוק מוצמדות גם סיביות valid ו-dirty.
- מדיניות החלפת בלוקים : Random.

א. כיצד תבצע חלוקה של הכתובת ל- index, block offset, byte offset ו-tag :

שם שדה	Byte offset	Block offset	Index(set)	Tag
מספר סיביות				



ב. כמה סה"כ סיביות זיכרון מכיל המטמון (cache)? (הכוונה לאיזור ה data כולל המעטפת tag valid dirty )

(הערה: סיבית ה dirty מוספת לכל בלוק במטמון במידה ומדיניות החלפת הבלוקים היא write back)

ג. האם ייתכן כי ברגע מסוים יימצא במטמון זה שני בלוקים בעלי tag זהה? (נמקו)

ד. מה תהיה תשובתכם לסעיף ג' עבור מטמון המאורגן בשיטת מיפוי ישיר direct-mapped? (נמקו)

ה. מה תהיה תשובתכם לסעיף ג' עבור מטמון המאורגן בשיטת Fully-Associative? (נמקו)

#### שאלה 4 (35%)

נתון מרחב זיכרון ראשי בגודל 256MB ( כלומר 28 סיביות למיפוי  $2^{28}$  בתים)  
נתונה סדרה של גישות לזיכרון המיוצגות ככתובות של מילים (משמאל לימין):

12,33,67,15,73,56,89,13,68,44,46,60,63,45,54,8,79

א. נתון זיכרון מטמון במיפוי ישיר בגודל 64 מילים המתחלקות בין שמונה בלוקים בני שמונה מילים. מהי חלוקת הסיביות ( index tag וכו ) בזיכרון זה ? אפיינו כל כתובת בסדרה הגישות כהחטאה או כפגיעה והציגו את התוכן הסופי של זיכרון המטמון (ניתן להניח זיכרון ריק בהתחלה).  
מה שיעור הפגיעות בזיכרון זה?

ב. נתון זיכרון אסוציאטיבי מלא בגודל 32 מילים המתחלקות בין ארבעה בלוקים (סט אחד) בני שמונה מילים ומדיניות פינוי LRU. מהי חלוקת הסיביות ( index tag וכו ) בזיכרון זה ? אפיינו כל כתובת בסדרה הגישות כהחטאה או כפגיעה והציגו את התוכן הסופי של זיכרון המטמון.  
(ניתן להניח שהזיכרון ריק בהתחלה ומדיניות האכלוס ההתחלתית היא החל מבלוק 0 לבלוק 3 )  
מה שיעור הפגיעות בזיכרון זה ?

ג. נתון זיכרון מטמון 2-Way set associative בגודל 32 מילים המתחלקות ל 8 סטים בכל סט שני בלוקים (זה המשמעות של 2-way) כל בלוק מכיל 2 מילים ומדיניות פינוי LRU. מהי חלוקת הסיביות ( index tag וכו ) בזיכרון זה ? אפיינו כל כתובת בסדרה הגישות כהחטאה או כפגיעה והציגו את התוכן הסופי של זיכרון המטמון.  
מה שיעור הפגיעות בזיכרון זה?