

האוניברסיטה הפתוחה

20471

ארגון המחשב
חוברת הקורס קיץ 2021

כתב: ד"ר רם בוסני

יולי 2021 – סמסטר קיץ – תשפ"א

פנימי – לא להפצה.

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

תוכן העניינים

1	אל הסטודנט/ית
2	1. לוח זמנים ופעילויות
3	2. תיאור המטלות
3	2.1 מבנה המטלות
3	2.2 חומר הלימוד הדרוש לפתרון המטלות וניקודן
3	2.3 אחריות הסטודנט להודיע אם מטלתו לא נבדקה
4	3. התנאים לקבלת נקודות זכות
5	ממ"ן 11
9	ממ"ן 12
13	ממ"ן 13
18	ממ"ן 14
25	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 שלמפגשים המקוונים **יתבצעו הקלטות מפגשי הנחיה**. יש לציין שהאפקטיביות של מפגש סינכרוני עולה על זה של צפייה בהקלטות ולכן המלצתי ככל הניתן להיות נוכחים במפגש באופן סינכרוני ופעיל.

2. במהלך הקורס יש להגיש מטלות (ממ"נים). כדי להיות זכאי/ת לגשת לבחינה יש לצבור לפחות 15 נקודות מתוך 30 הנקודות האפשריות. הכנת המטלות מהווה הכנה מצוינת לבחינה יש להקפיד על הגשת המטלות 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/ת 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>

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

צוות הקורס מאחל לך לימוד פורה ומהנה.

בברכה,

ד"ר רם בוסני

מרכז ההוראה בקורס

1. לוח זמנים ופעילויות (20471/2021)

שבוע הלימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח הממ"ן (למנחה)
1	9.7.2021-4.7.2021	פרק 1		
2	16.7.2021-11.7.2021	פרק 1 תחילת פרק 2		ממך 11 19.7.2021
3	23.7.2021-18.7.2021 (א צום ט' באב)	פרק 2		
4	30.7.2021-25.7.2021	פרק 2		
5	6.8.2021-1.8.2021	נספח B פרק 4		ממך 12 9.8.2021
6	13.8.2021-8.8.2021	פרק 4		
7	20.8.2021-15.8.2021	פרק 4		ממך 13 20.8.2021
8	27.8.2021-22.8.2021	פרק 5		ממך 14 5.9.2021
9	3.9.2021-29.8.2021	חזרה		ממך 15 17.9.2021

מועדי בחינות הגמר פורסמו
היות ומועד א הוא בתאריך 4.10.2021 ניתן להגיש את ממך 15 עד לתאריך 17.9.2021

* 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.** משקל מטלה 12 הוא 10 נקודות כפול משאר המטלות שמשקל כל אחת מהן הוא 5 נקודות.

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 למעט מטלה 12 שמשקלה 10 נקודות ניתן לצבור עד 30 נקודות. חובה להגיש מטלות במשקל 15 נקודות לפחות, כלומר, מטלה 12 ומטלה נוספת או 3 מטלות שאינן מטלה 12.

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 בלבד !** 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 הגשה הרשמי של הגשת הממ"ן ללא אישור מהמנחה. **באחריות הסטודנט ליצור קשר עם המנחה במידה ומטלתו לא נבדקה בהקדם האפשרי.**

לתשומת לבכם!

פתרון המטלות הוא מרכיב מרכזי בתהליך הלמידה, לכן מומלץ שתשתדלו להגיש מטלות רבות ככל האפשר.

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

בחישוב הציון הסופי נשקלל את כל המטלות שציוניהן גבוהים מהציון בבחינת הגמר. ציוני מטלות אלה תורמים לשיפור הציון הסופי. ליתר המטלות נתייחס במידת הצורך בלבד. מתוכן נבחר רק את הטובות ביותר עד להשלמת המינימום ההכרחי לעמידה בתנאי הגשת המטלות. משאר המטלות נתעלם.

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 (כשהמוצע 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

מספר השאלות: 4

משקל המטלה: 5 נקודות

מועד אחרון להגשה: 19.7.2021

סמסטר: 2021

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

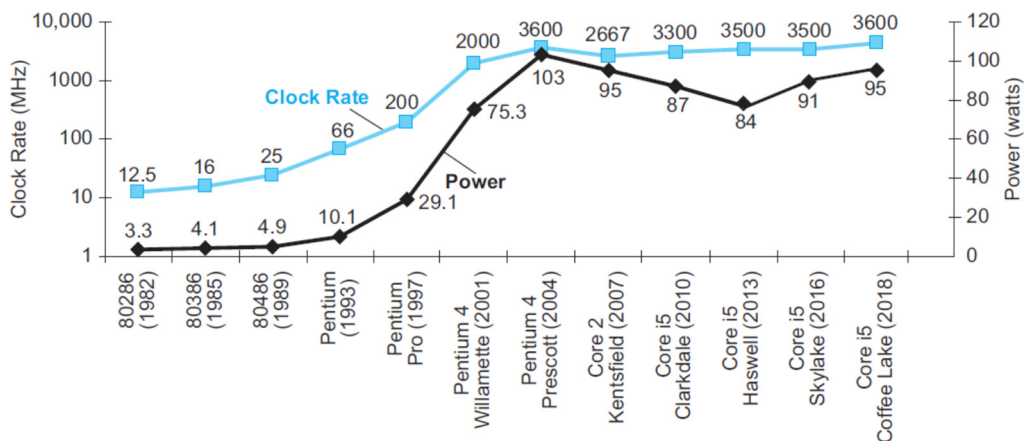
- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס (מומלץ)
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה (מאוד לא מומלץ)
- הסבר מפורט ב"תיאור המטלות"

שאלה 1 (20%)

בסעיף 1.7 The power wall – מוצג גרף Figure 1.16, המתאר את תדר השעון וההספק החל משנת 1982 עד לשנת 2012 (8 דורות של מעבדי אינטל).

נבחין שהייתה עליה הן בתדר והן בהספק עד לשנת 2004 שם הגענו לנקודת מקסימום. מספר שאלות להבנת ההתנהגות.

- מה הסיבה לנקודת המקסימום בשנת 2004 המכונה גם The power wall?
- עד לשנת 2004 גם התדר וגם ההספק גדלו. שימו לב שהעלייה בתדר גדולה משמעותית מהעלייה בהספק החשמלי עד לנקודת המקסימום בשנת 2004 לפי הכתוב בסעיף מהי הסיבה להבדל זה בעליה?
- מצורף כאן גרף מעודכן יותר לשנת 2018 המראה שלמעשה שגם ההספקים הם יחסית יציבים משנת 2004, לפי הכתוב מהם הגורמים המשפיעים על הספק המעבד?



ביצועי המעבד (סעיף 1.6)

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

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

שאלה 2 (20%)

נתונים שני מעבדים שונים, P1 ו-P2, עם אותו אוסף פקודות. יש ארבע קבוצות שונות של פקודות, A, B, C ו-D. נתונים קצב השעון של כל מעבד וה-CPI לכל קבוצה:

	קצב השעון	CPI קב' A	CPI קב' B	CPI קב' C	CPI קב' D
P1	1.2GHz	1	2	2	3
P2	1.5GHz	2	4	2	3

- מהו הביצוע המהיר ביותר האפשרי של סדרת פקודות כלשהי עבור P1 ו-P2, במונחים של פקודות לשנייה?
- אם בתכנית מסוימת כל קבוצת פקודות מיוצגת באופן שווה מלבד קבוצה A, שבה מספר הפקודות הוא כפול מכל אחת משאר הקבוצות, איזה מעבד הוא יותר מהיר ומה מדד ההאצה?
- אם בתכנית מסוימת כל קבוצת פקודות מיוצגת באופן שווה מלבד קבוצה D, שבה מספר הפקודות הוא כפול מכל אחת משאר הקבוצות, איזה מעבד הוא יותר מהיר ומה מדד ההאצה?

שאלה 3 (40%)

נתון מעבד P1 העובד בתדר 3.5Ghz יש לו ארבעה סוגי פקודות. נפרט את ה-CPI לכל סוג פקודה ואת שכיחות ההופעה של אותו סוג בתכניות:

סוג פקודה	CPI	שכיחות
A	2	45%
B	3	25%
C	3	25%
D	5	5%

צוות פיתוח החומרה הצליח להגדיל את התדר ל-4GHz מבלי לשנות את סט הפקודות (ISA). בעקבות הגדלת התדר התקבלו ערכי CPI הבאים.

סוג פקודה	CPI	שכיחות
A	2	45%
B	2	25%
C	4	25%
D	5	5%

נקרא למעבד זה P2.

א. מהו ה-CPI לכל מעבד?

ב. מהו ערך ה-MIPS המתאים לכל מעבד?
(הכוונה ל Million instructions per second)

ג. פי כמה מהיר P2 מ-P1?

ד. עתה צוות פיתוח התוכנה מציע לשפר את המהדר של **המעבד P1**. נקרא למעבד העובד עם המהדר החדש **P1new**. האלגוריתם כעת על **P1new** מתבצע בצורה יותר יעילה, ועתה יש צורך לבצע פחות פקודות מכל סוג. נציג בטבלה עבור כל קבוצת פקודות את האחוז שיש לבצע ב **P1new**:

סוג פקודה	אחוז ביצוע לעומת P1
A	90%
B	80%
C	85%
D	60%

לדוגמה, אם מעבד **P1** מבצע 500 פקודות מסוג A, **P1new** יבצע $500 \cdot 0.9 = 450$ פקודות עבור אותה תכנית. מהו ה-CPI עבור **P1new**?
(שימו לב שמשקליושכיחויות סוגי הפקודות שונו ולא ה-CPI של כל סוג)
ה. פי כמה **P1new** יותר מהיר מ-P1?

ו. אם יש אפשרות לשלב את שיפור החומרה וגם את המהדר המשופר, ונקבל מעבד **P2new**, פי כמה **P2new** יהיה מהיר מ-P1?

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 4 (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 8574 (עשרוני) הציגו בבסיס 16 ו 4 ו 2. לאחר מכן בצעו היפוך סימן (negate) משלים ל 2 (two's complement) לערך זה ב 12 סיביות (בסיס 2).
- ג. אילו פעולות נדרשות על מנת לבצע **חלוקה ב 32** 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.

מספר השאלות: 4 משקל המטלה: 10 נקודות

מועד אחרון להגשה: 9.8.2021 סמסטר: 2021

- 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 (10%)

הציגו את הקוד הבא בצורות הבאות:
א. בעשרוני עם רווח בין חלקי הפקודה השונים.
ב. בבינרי עם רווח בין חלקי הפקודה השונים כל חלק פקודה עם הכותרת המתאימה (למשל
(rs=10100
ג. בבינרי ברצף 32 סיביות רצופות
ד. 16 ספרות בבסיס 4 ברצף
ה. 11 ספרות בבסיס 8 ברצף
ו. 8 ספרות הקסאדצימלי ברצף.

```
bne $17,$29,FIFA
lw $5,-0x10($16)
sub $9,$4,$8
FIFA: addi $t0,$t2,16
```

שאלה 2 (10%)

שאלה זו מתייחסת לתמונת סגמנט הקוד שלהלן, שנלקחה מה-MARS.

Address	Code	Basic	Source
0x04040594	0x3c010955	lui \$1,0x00000955	1 li \$t0,0x09553322
0x04040598	0x34283322	ori \$8,\$1,0x00003322	
0x0404059c	0x3c010065	lui \$1,0x00000065	2 ori \$t1,\$t0,0x00654321
0x040405a0	0x34214321	ori \$1,\$1,0x00004321	
0x040405a4	0x01014825	or \$9,\$8,\$1	
0x040405a8	0x000949c2	srl \$9,\$9,0x00000007	3 srl \$t1,\$t1,7
0x040405ac	0x11200000	beq \$9,\$0,0x00000000	4 beqz \$t1, zoom

א. בסיום הפקודה בשורה 3 (`srl $t1,$t1,7`), מה ערכו של האוגר \$t1 בבסיס הקסא (בסיס 16)?

ב. על סמך הנתונים בתמונת סגמנט הקוד, מה כתובת התווית `zoom`? (בבסיס הקסא)

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 3 (35%)

בשאלה זו יש לכתוב תכנית אסמבלי של mips. ניתן להשתמש בפסיאודו פקודות המוכרות ע"י ה-MARS.

התכנית מבקשת מהמשתמש להקליד (syscall 8) מספר מילים וביניהן בתו רווח אחד, וקולטת את המילים למחרוזת StringBuffer. האורך המקסימלי של המחרוזת הוא 80 תווים. התוכנית אמורה לעבוד עם אותיות גדולות או קטנות (או חלק גדול וחלק קטן). על התוכנית לעבור על המחרוזת, לבדוק את הדברים הבאים. את התוצאות יש לרשום מימין למחרוזת המתאימה (ראו דוגמא בהמשך השאלה).

- א. לספור כמה מילים יש במחרוזת.
- ב. לספור כמה אותיות יש במילה הארוכה ביותר במחרוזת.
- ג. לספור כמה אותיות יש במילה הקצרה ביותר במחרוזת.
- ד. לחשב את ההפרש בין מספר האותיות בסעיפים ב' וג'.
- ה. לחשב את מספר האותיות במחרוזת, לא כולל הרווחים.
- ו. להדפיס את המילה הארוכה ביותר. אם יש יותר ממילה אחת, יש להדפיס את האחרונה מבניהן.
- ז. להדפיס את המילה הקצרה ביותר. אם יש יותר ממילה אחת, יש להדפיס את האחרונה מבניהן.

הערות לקלט חוקי:

- התווים החוקיים הם אות (גדולה או קטנה), תו רווח (קוד אסקי 32), וסימון סוף קלט 'n' (קוד אסקי - 10 ירידת שורה) במידה והמשתמש מקליד קלט לא חוקי, יש לקלוט מחרוזת חדשה.
- במידה ויש שני תווי רווח או יותר ברצף הקלט אינו חוקי.
- המחרוזת חייבת להכיל לפחות אות אחת.
- המחרוזת לא מסתיימת בתו רווח.
- נא להדפיס בדיוק את אותן הודעות הקלט המופיעות בדוגמה, ולהדפיס את התוצאות באותו הסדר שבדוגמה.
חובה לתעד את התכנית ובפרט למה משמש כל אוגר.

דוגמא 1:

Please enter some words: We passed a nIcE afterNOon

Number of words = 5

Letters in longest word = 9

Letters in shortest word = 1

Difference = 8

Total number of letters = 22

The longest word = afterNOon

The shortest word = a

דוגמא 2:

Please enter some words: word aPPears once then once more

Number of words = 6

Letters in longest word = 7

Letters in shortest word = 4

Difference = 3

Total number of letters = 27

The longest word = aPPears

The shortest word = more

שאלה 4 (45%)

כתבו תכנית שמשחקת בול-פגיעה.

- א. התכנית תזמן פרוצדורת קלט (בשם `get_number`) שתקלוט מהמשתמש ב `syscall 12` 3 תווים בתחום '0' עד '9' יש להקפיד שהתווים יהיו שונים אחד מהשני. במידה והקלט לא חוקי יש לבצע קלט חוזר. הקלט יבוצע למעריך המוגדר ב `.data`. בשם `bool` אשר את כתובתו הפרוצדורה `get` תקבל כפרמטר.
- ב. כעת בלולאה יש לנסות לנחש את 3 התווים הנמצאים ב `bool`. ניעזר במעריך עזר `guess` המוגדר אף הוא ב `.data`.
- יש לזמן מ `main` פרוצדורה בשם `get_guess` המקבלת כפרמטרים את כתובת `bool` וכתובת `guess`. הפרוצדורה `get_guess` קולטת מחרוזת של 3 תווים (`syscall 8`) ושומרת אותם במעריך העזר `guess`.
 - כעת הפרוצדורה `get_guess` מזמנת פרוצדורת השוואה (בשם `compare`) המקבלת כקלט את כתובות המערכים `bool` ו `guess` ומבצעת השוואה בין המערכים, במידה ויש זהות תווים ומיקום יוצג `b` (לציין בול) במידה ויש זהות תווים לא במיקום הנכון יוצג `p` (לציין פגיעה) במידה ואין התאמה כלל בין כל שלושת התווים יוצג `n`.
 - במידה ויש שלושה בול יסתיים המשחק (יש לבצע זאת ע"י החזרת הערך מינוס 1 באוגר `$v0` מהפרוצדורה `compare` שיגרום להחזרה של מינוס 1 באוגר `$v0` מהפרוצדורה `get` וזה יהיה הסימן ל `main` לסיום התכנית)
 - ג. לאחר סיום המשחק ישאל השחקן האם להתחיל משחק נוסף או לסיים.

דוגמה לדו שיח עם התכנית עבור קלט ב `bool` 379

תכנית	משתמש	תכנית
Guess my number	345	b
Guess my number	246	n
Guess my number	273	bp
Guess my number	739	bpp
Guess my number	379	bbb
Another game?	n	

הערות:

- יש להקפיד על הודעות קלט פלט מסודרות ותיעוד התכנית כמפורט בדרישות הממ"ן
- כמו שניתן לראות בדוגמא ההדפסה מ `compare` היא קודם כל של ה `b` ולאחר מכן ה `p` ללא חשיבות של מיקום ה `b` או ה `p` בניחוש.

מטלת מנחה (ממ"ן) 13

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

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

מספר השאלות: 4

(יש לענות על שאלה מספר 1

ועל שתי שאלות מתוך שאלות 2-4)

משקל המטלה: 5 נקודות

מועד אחרון להגשה: 20.8.2021

סמסטר: 2021ג

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

שאלה 1 (20%)

שאלה זו מתייחסת לנספח B.

א. על סמך תרשים Figure B.5.10 התחתון, מה מיוחד בסיבית ה MSB (most significant bit) ב ALU איזה מידע נוסף היא מכילה?

ב. על סמך Figure B.5.12, איפה בא לידי ביטוי ההבדל בין פקודות sub ל subu אותן למדנו בפרק 2.

מעבד חד מחזורי

יש לענות על שתיים מתוך שלוש השאלות הבאות (שאלות 2 - 4) בנושא מעבד חד מחזורי.
למי שעונה על שלוש שאלות יבדקו השתיים הראשונות למעט אם צוין אלו שתי שאלות יש לבדוק.

מעבד חד מחזורי (פרק 4 עד 4.4)

שאלה 2 (40%)

שאלה זו מתייחסת לתרשים מעבד חד מחזורי כמופיע בעמוד הבא. כאשר רכיב הרחבת הסימן (sign extend) הוחלף ברכיב **shift left 16**. (מיקומו בתחתית התרשים, והוא מבצע הזזה שמאלה 16 פעמים לערך הנכנס אליו ב 16 סיביות ויוצא ב 32 סיביות).

- א. (מתוך שש הפקודות המופיעות בטבלה בעמוד הבא (**addi j beq lw sw R-Type**)
 ציינו אלו פקודות יושפעו מהחלפת רכיב הרחבת הסימן ברכיב **shift left 16**, ומה תהיה ההשפעה ? ואלו פקודות לא יושפעו כלל ומדוע.
- ב. נתון הקוד הבא באסמבלי של ה-mips :

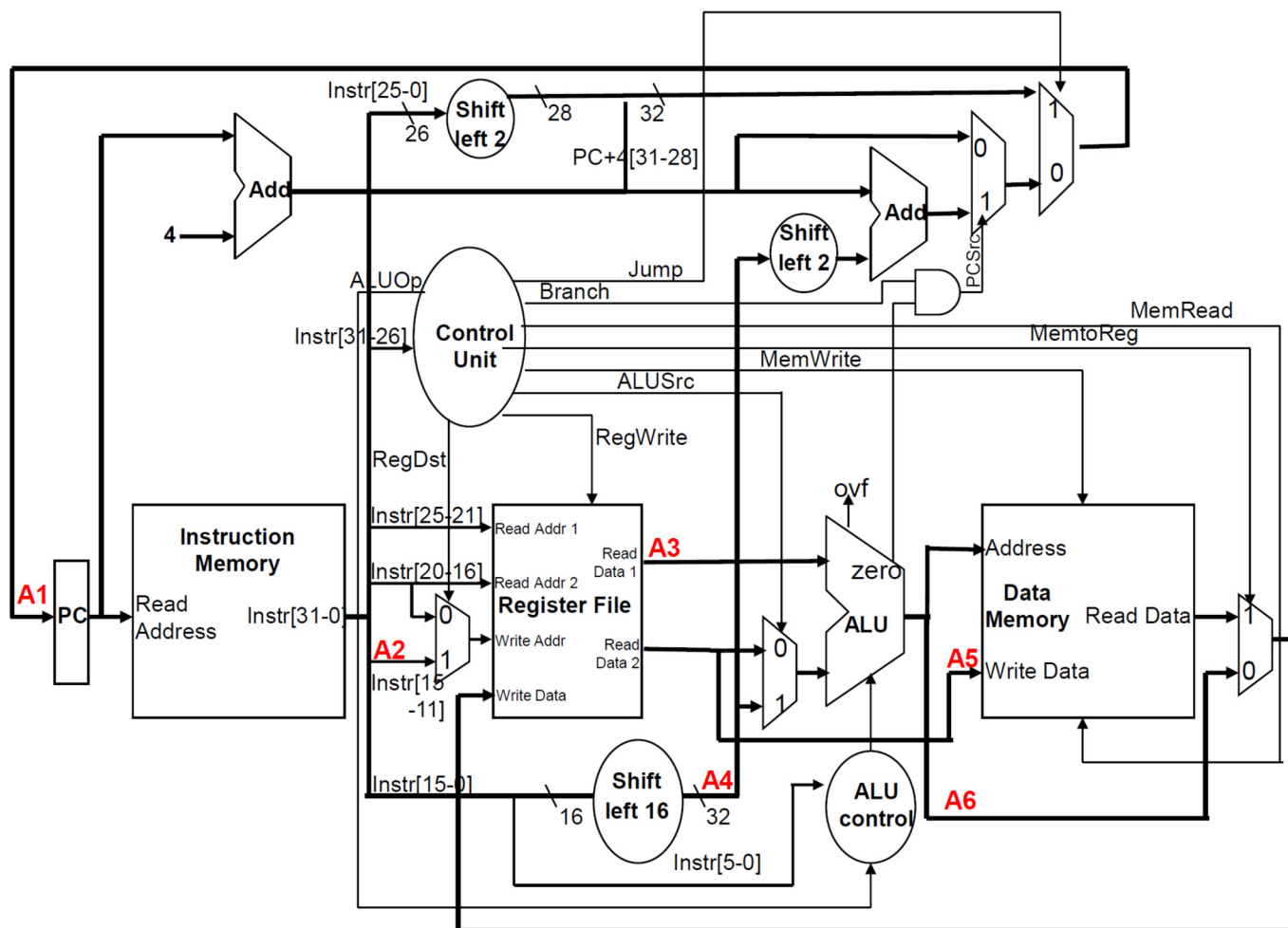
Address	Code	Basic		Source
0x07700024	0x20100044	addi \$16,\$0,0x00000044	1	addi \$16,\$0,0x44
0x07700028	0xae11fffc	sw \$17,0xffffffff(\$16)	2	sw \$17,-0x4(\$16)

ערך האוגרים בתחילת ביצוע הקוד הוא מספר האוגר כפול 0x300 (כלומר אוגר 1 ערכו 0x300 אוגר 2 ערכו 0x600 וכן הלאה). כמו כן נתון שניתן לגשת לכל מרחב הזיכרון בפקודות lw sw (כל עוד הכתובת מתחלקת ב 4).

עליכם לרשום את הערכים העוברים על הקווים המסומנים A6-A1 בבסיס הקסא בעזרת הסימון 0x, ערך לא ידוע יש לסמן ב X.

בהנחה שהמידע נבדק לקראת סוף פעימת השעון בביצוע הפקודה השנייה בקוד - \$17, sw
0x4(\$16) כאשר קוד זה מורץ על המעבד כמתואר בעמוד הבא כאשר רכיב הרחבת הסימן (sign extend) הוחלף ברכיב **shift left 16**. אפשר להיעזר בנתונים מטבלאות 4.12, 4.18 בספר.

- ג. כעת נודע שיש תקלה וערך הקו alusrc ערכו 0 באופן קבוע. כל שאר נתוני השאלה זהים לסעיף ב עליכם לרשום שוב את הערכים העוברים על הקווים המסומנים A6-A1 בבסיס הקסא בעזרת הסימון 0x, ערך לא ידוע יש לסמן ב X.



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

Instruction	opcode	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp1	ALUOp0	Jump
R-Type	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
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
J	2	X	X	X	0	0	0	X	X	X	1
addi	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

שאלה 3 (40%)

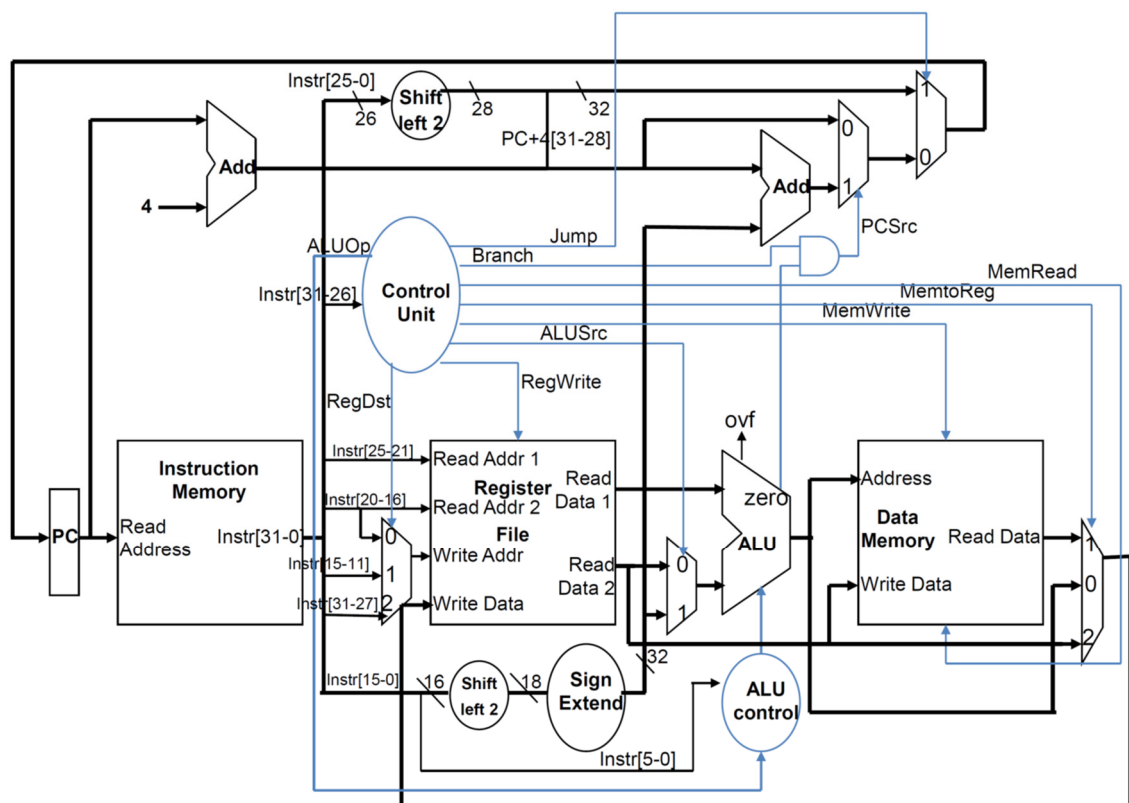
נתון מעבד חד מחזורי כמפורט בתרשים הבא :

במעבד בוצעו 3 שינויים (ביחס למעבד המופיע בספר בתרשים 4.24)

- המרבב לקו הבקרה RegDst הורחב מה כעת ניתן להכניס לכניסה הנוספת ? (הכניסה הנוספת מסומנת ככניסה מספר 2)
- המרבב לקו הבקרה MemtoReg הורחב מה כעת ניתן להכניס לכניסה הנוספת? (הכניסה הנוספת מסומנת ככניסה מספר 2)
- רכיב ה Shift left 2 שינה מיקום. על אילו פקודות המיקום החדש ישפיע ? ובאיזה אופן ישפיע שינוי זה ?

opcode	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp
0x33	2	1	2	1	0	0	0	01
0x25	2	1	2	0	0	1	0	00

- בטבלה שלעיל נתונים ערכי קווי בקרה עבור שתי פקודות. מה מבצעות הפקודות שאלו הן קווי הבקרה שלהן?



שאלה 4 (40%)

עליכם להוסיף את הפקודה jm (jump memory) לנתיב הנתונים החד מחזורי. הפקודה גורמת לקפיצה על פי ערך מילה הנלקחת מזיכרון הנתונים, שכתובתה מופיעה בפקודה, המורכבת מאוגר (\$rs) ומ-offset (ב 16 סיביות לאחר הרחבת סימן).

פורמט הפקודה: jm IMM(\$rs)

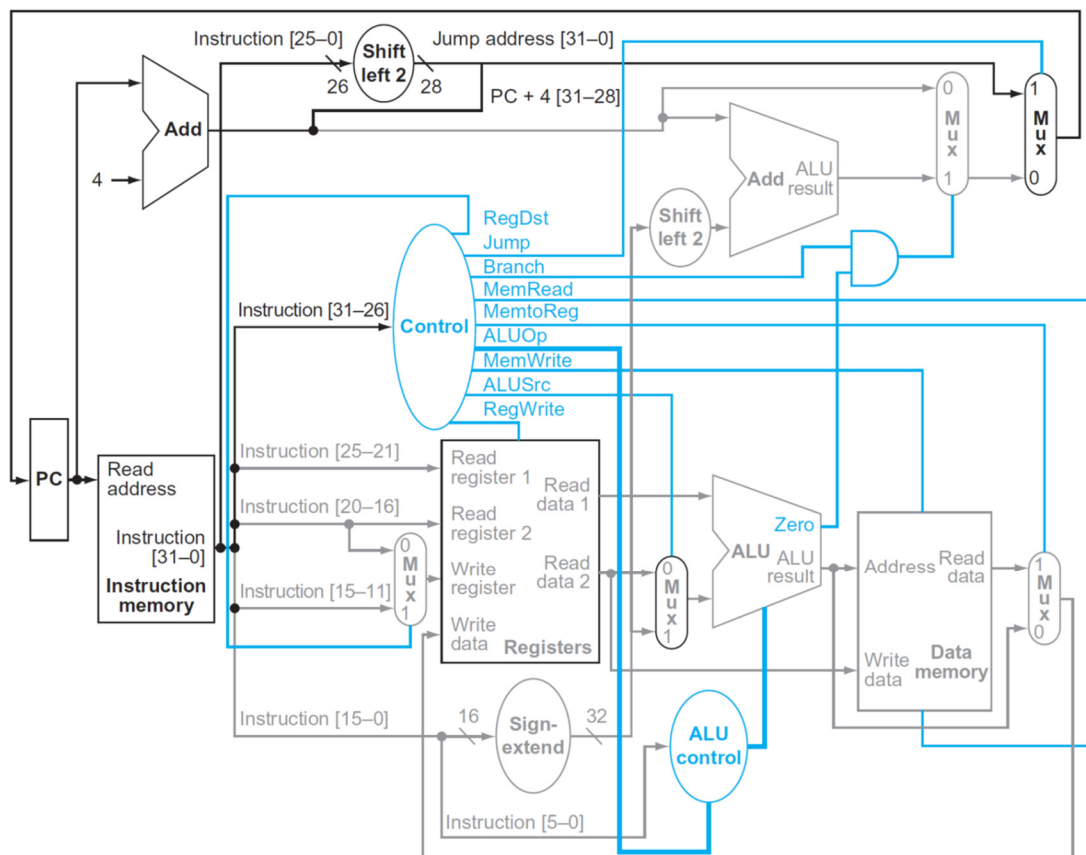
שתוצאתו היא j MEM[\$rs+ sign extend (IMM)]

(א) יש לשרטט את שדות הפקודה לפי סיביות. יש להציג את מימוש הפקודה והשינויים המתבקשים בתרשים 4.24 וטבלה 4.18 המעודכנת ל jump, האם קיימות בעיות במימוש הפקודה?

(ב) האם יש אפשרות להגדיל את שדה ה offset (add/imm) בפקודה זו? מה נדרש לשם כך?

טבלה 4.18 (בתוספת jump) ותרשים 4.24 מהספר מעבד חד מחזורי

Instruction	RegDst	ALUSrc	MemtoReg	RegWrite	MemRead	MemWrite	Branch	ALUOp1	ALUOp0	Jump
R-Type	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
lw	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
sw	x	1	x	0	0	1	0	0	0	0
beq	x	0	x	0	0	0	1	0	1	0
J	x	x	x	0	0	0	X	X	X	1
Jm										



מטלת מנחה (ממ"ן) 14

הקורס: 20471 - ארגון המחשב

חומר הלימוד למטלה: פרק 4 (עד 4.9 כולל)

מספר השאלות: 3, יש לענות על 2.

משקל המטלה: 5 נקודות

מועד אחרון להגשה 5.9.2021

סמסטר: 2021

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"

יש לענות על שתיים מתוך שלוש השאלות בלבד.
למי שעונה על שלוש שאלות יבדקו השתיים הראשונות
למעט אם צוין אלו שתי שאלות יש לבדוק.

שאלה 1 (50%)

- א. הוסיפו לטבלה 4.49 את הבקורות של הפקודה addi כפי שלמדנו בפרק 2 .
ב. עבור הקוד המצורף זהו את כל סיכוני הנתונים ותארו את פתרון החומרה עבור כל סיכון.
בזיהוי יש להשתמש במונחים: load use, מקרים 1a 1b 2a 2b (כמתואר בעמוד 306 בספר)
בהעברה קדימה, וחציית מקבץ האוגרים (כלומר כתיבה למקבץ האוגרים באמצע מחזור שעון וקריאת הערך המעודכן בסופו).

0x1000 lw \$13,8(\$0)

0x1004 addi \$8, \$7, -3

0x1008 sub \$11, \$8, \$13

0x100C sw \$15, 12(\$0)

0x1010 add \$16,\$8,\$11

- ג. התרשים שבעמוד הבא מתאר את עיקרי נתיב הנתונים בצנרת, כדוגמת תרשים 4.60 בספר. מתרשים זה הושמטו יחידות חומרה. אילו יחידות, ומדוע לדעתכם הן הושמטו ?
ד. בהנחה שהמעבד נמצא לקראת סוף פעימת השעון החמישית של הקוד המתואר בסעיף ב (כלומר lw מסיימת את ה WB מסיימת את ה SUB MEM מסיימת את ה EX וכן הלאה). עליכם לרשום את 16 הערכים על הקווים המסומנים באותיות W1-W16 .
הסימון בהתאם להנחיות הבאות :

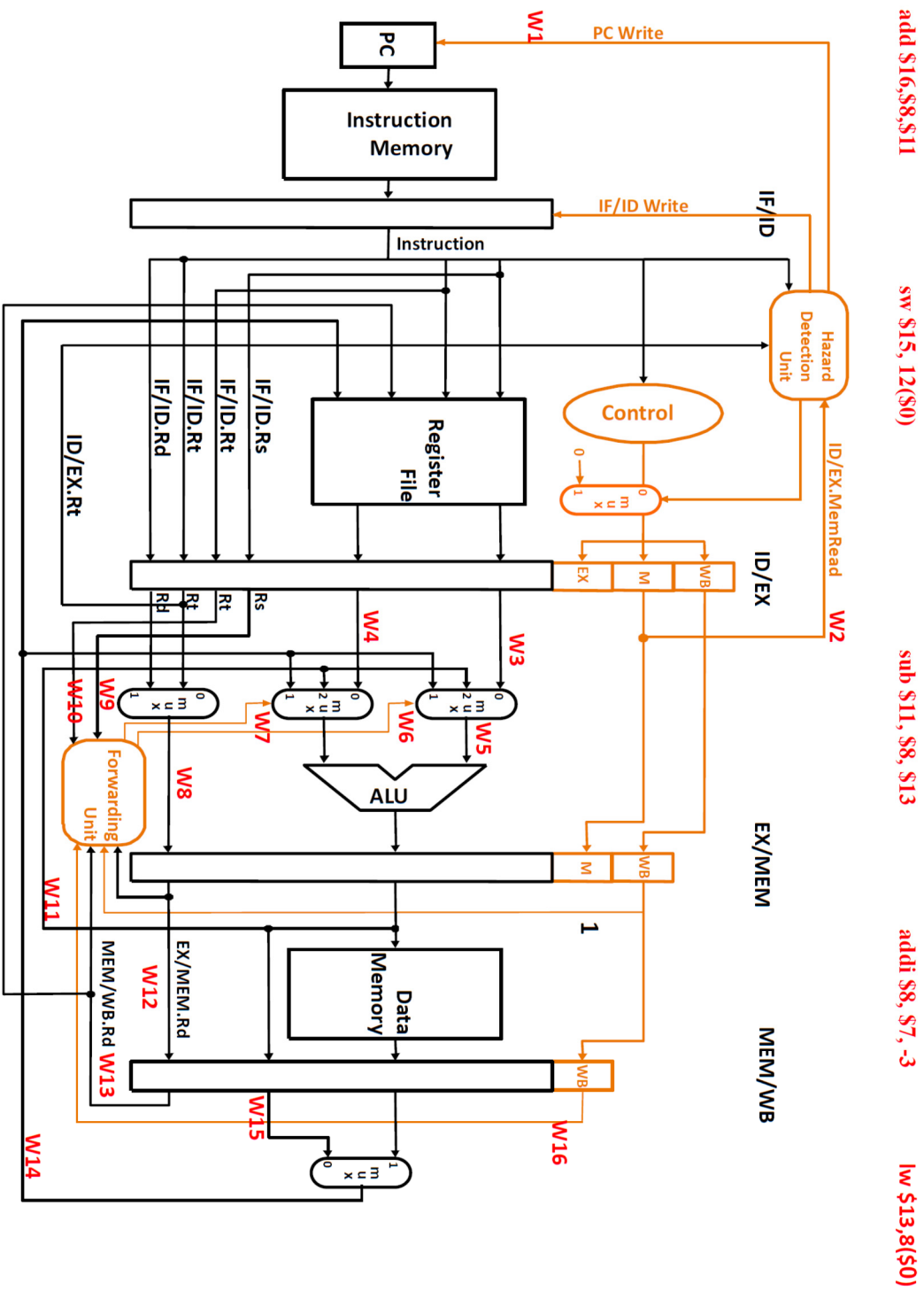
- יש להניח שהערכים ההתחלתיים של האוגרים הינם מספרם בריבוע, כלומר ערך האוגר $2=4$, ערך האוגר $8=64$ וכן הלאה.

- ערכם של מאה הבתים הנמוכים בזיכרון הינו 0xc

- אם אין אפשרות לדעת ערך בקו מסוים, יש לסמן X.

יש להציג את הערכים בבסיס הקסא, עם הסימון 0x.

- ה. מה יחשב המחבר של ה branch target במהלך פעימת השעון המתוארת בסעיף ז, בהנחה שחישוב ה branch מבוצע כמתואר בתרשים 4.65? איך תשתנה תשובתך אם נתייחס לתרשים 4.51 ?
ו. אם אנחנו מבצעים את פקודת beq כמתואר בתרשים 4.65, האם יש צורך לשנות את טבלה 4.49 ?



שאלה 2 : (50%)

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

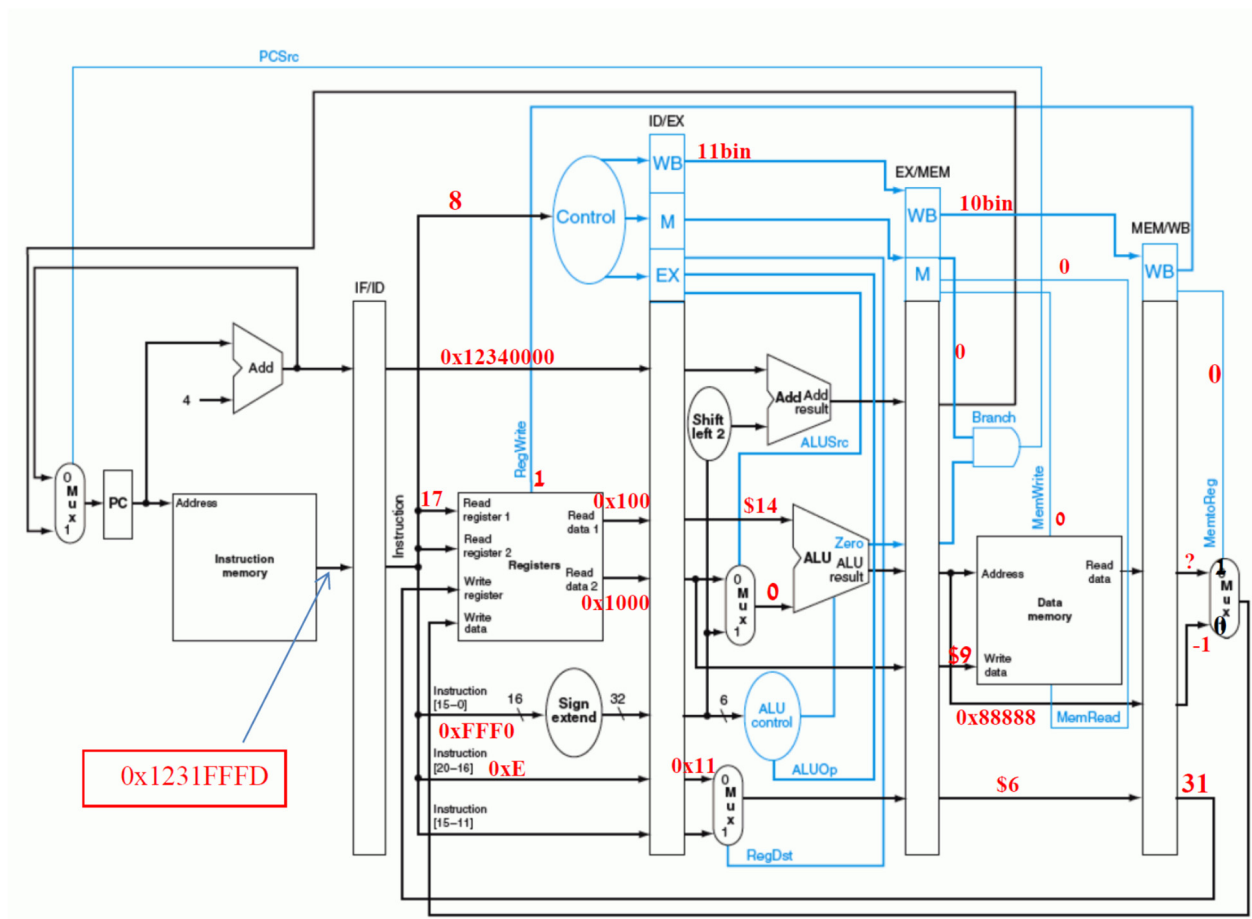
Fetch.Decode,Exe,Mem,WB חמשת השלבים

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 בסימן שאלה.
- ניתן להניח שבדומה לשאלה 1 הוספנו את הפקודה `addi`.
- ערכי הבקורות מסודרים ע"פ הסדר של טבלה 4.49** (ומצוינים בבסיס 2 בסימון `bin`)
- ניתן להניח שניתן לגשת לכל מרחב הזיכרון בפקודות `lw` `sw` (כתובת המתחלקת בארבע).
- ניתן להניח שסיכויי הנתונים נפתרים ע"י היחידות המתאימות, **שלא מופיעות בתרשים**.
- בסימון X מסמל ה X את מספר האוגר למרות שהערך העובר על הקו הוא תוכן האוגר.



שאלה 3 (50%):

נתון קטע הקוד שלהלן באסמבלי של ה mips :

Address	Code	Basic	Source
0x2855738c	0x8d0b0100	lw \$11,0x00000100(\$8)	3 lw \$11,256(\$8)
0x28557390	0x016b3820	add \$7,\$11,\$11	4 add \$7,\$11,\$11
0x28557394	0x00ec4822	sub \$9,\$7,\$12	5 sub \$9,\$7,\$12
0x28557398	0xae090000	sw \$9,0x00000000(\$16)	6 sw \$9,0(\$16)
0x2855739c	0x10eb0000	beq \$7,\$11,0x00000000	7 beq \$7,\$11,far_away

- ערך כל אוגר בתחילת ביצוע הקוד הינו מספרו כפול 0x30 (אוגר 1 ערכו 0x30 אוגר 2 ערכו 0x60 וכן הלאה).
- כמו כן נתון שניתן לגשת לכל מרחב הזיכרון בפקודות lw sw (כל עוד הכתובת מתחלקת ב 4).
- ערך 1000 המילים הנמוכות בזיכרון מאותחל באופן שכל מילה מאותחלת לערך הנגדי לכתובתה במילים (בהיפוך סימן משלים ל 2).
- לדוגמא: מילה בכתובת אפס במילים (בתים 0-3 בזיכרון) מאותחלת לערך 0.
- מילה בכתובת אחד במילים (בתים 4-7 בזיכרון) מאותחלת לערך מינוס 1.
- מילה בכתובת 100 במילים (בתים 403-400 בזיכרון) מאותחלת לערך מינוס 100.

א. במידה ונריץ את קטע הקוד על מעבד MIPS, העובד בטכנולוגיית צנרת , כמתואר בתרשים 4.66

בספר, הכולל יחידת העברה קדימה ויחידת איתור סיכונים (HDU, Forwarding Unit).

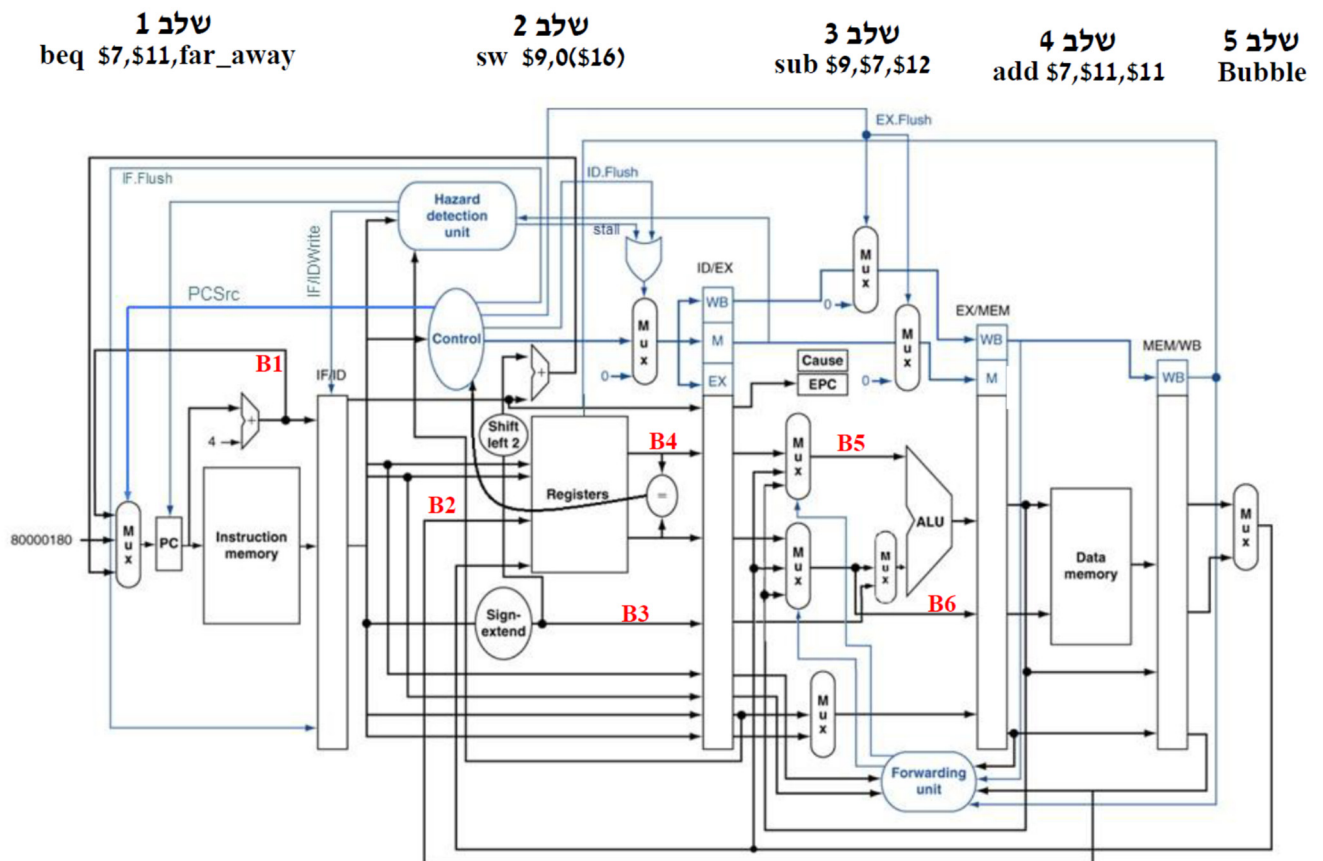
זהו את כל סיכוני הנתונים. יש לפרט עבור כל סיכון נתונים את אופן הזיהוי, ואיזה פתרון חומרה מבוצע עבורו.

בזיהוי יש להשתמש במונחים: load use, מקרים 1a 1b 2a 2b (כמתואר בעמוד 306 בספר) בהעברה קדימה, וחציית מקבץ האוגרים (כלומר כתיבה למקבץ האוגרים באמצע מחזור שעון וקריאת הערך המעודכן בסופו).

האם עקב הקדמת ה beq לשלב 2 קיים סיכון נתונים, שלא טיפלנו בו באופן מלא במימוש הצנרת? במידה שכן תארו באופן כללי דרך אפשרית לטיפול בסיכון זה.

ב. בתרשים שלהלן, של מעבד MIPS, העובד בטכנולוגיית צנרת (המבוסס על תרשים 4.66 בנספח בתוספת המרבב ALUSrc), מתוארת סוף פעימת השעון **השישית** בביצוע הקוד שבשאלה, ע"פ נתוני השאלה.

(בפעימה זו נמצאת בשלב 5 שלב ה WB בועה (bubble) כתוצאה מ load use בתרשים 6 סימונים B1-B6 על קווים מסוימים על המעבד. עליכם לרשום את הערכים על קווים אלו. יש להציג **בבסיס הקסא**, ערך לא ידוע יש לסמן ב X.



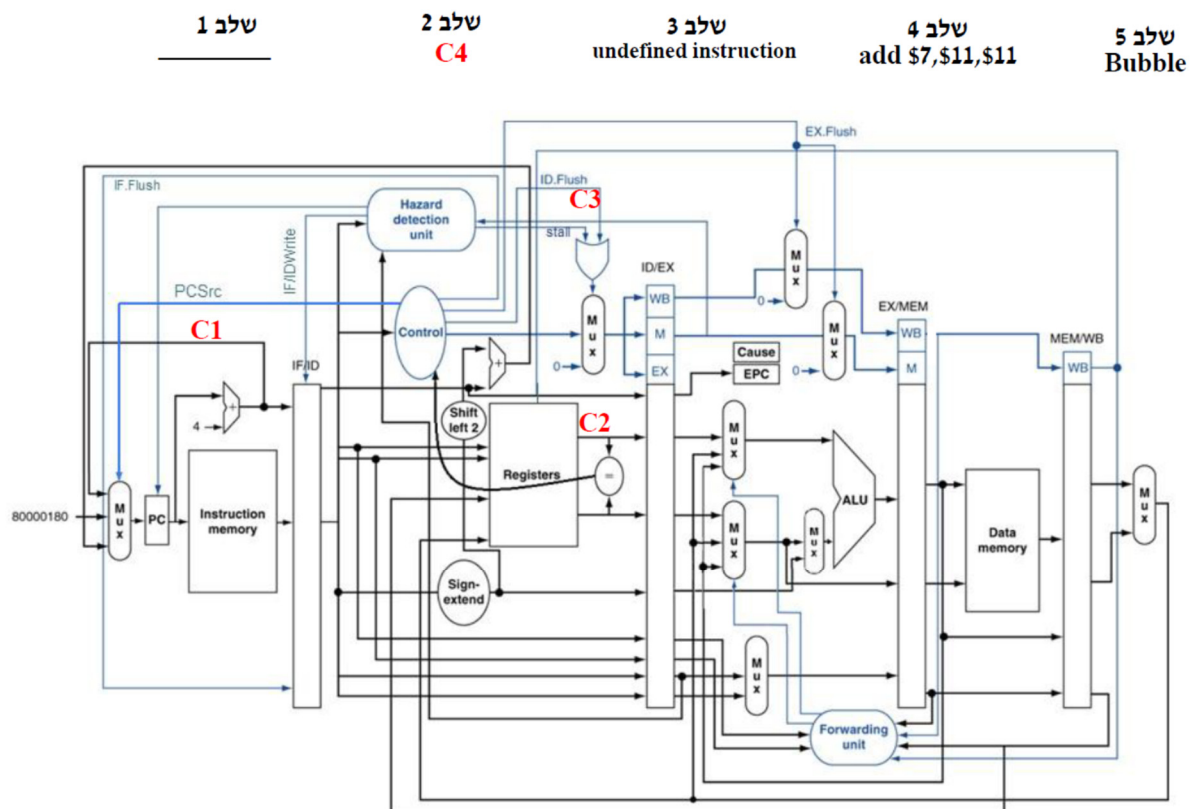
ג. כעת נתון שבמעבד ה mips בטכנולוגיית צנרת. במהלך הבאת הפקודה `sub $9,$7,$12` התהפכו סיביות קידוד הפקודה. זה opcode פוענח כפקודה לא מוגדרת (undefined instruction).

בתרשים שלהלן, הוזה לתרשים של סעיף ב, מתוארת סוף פעימת השעון **השישית** **בביצוע הקוד שבשאלה עם התקלה של undefined instruction** בעת פענוח הפקודה `sub`.

(בפעימה זו הפקודה `add $7,$11,$11` נמצאת בשלב 4 שלב ה MEM).

עליכם לרשום את שלושת הערכים על הקווים המסומנים באות C בערך המתאים.

בסימון הרביעי C4 יש לכתוב את הפקודה הנמצאת בשלב 2.
 במידה שלא ניתן לדעת ערך בקו מסוים, יש לסמן X.
 יש לסמן את הערכים בבסיס 16 באמצעות 0x.



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)

מספר השאלות: 4 (יש לענות על שאלה מספר 1

ועל שתי שאלות מתוך שאלות 2-4)

משקל המטלה: 5 נקודות

מועד אחרון להגשה: 17.9.2021

סמסטר: 2021ג

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 (30%)

נתון קטע הקוד הבא הרץ על מעבד MIPS העובד בשיטת הצנרת כמתואר בתרשים 4.66 בספר:

I1	beq	\$1,\$0,label
I2	sw	\$3,40(\$1)
I3	label: bbb	\$1,\$1,\$1
I4	sub	\$2,\$4,\$3
I5	lw	\$3,16(\$4)
	handler:	
I6	add	\$1,\$2,\$3

I3 הוא פקודה לא מוגדרת. התווית handler מסמנת את תחילתה של התכנית המטפלת בחריגה. הניחו שהקפיצה מתבצעת, ואז מתבצעת הפקודה שאינה מוגדרת, וגורמת לחריגה/פסיקה. I6 היא הפקודה הראשונה של התכנית המטפלת בחריגה. (תכנית זו נקראת exception handler).

א. אילו פקודות מתבצעות עד סופן, בהנחה שהקוד רץ על הצנרת המתוארת בתרשים 4.66?

ב. איפה נשמרות כתובות חזרה מפסיקה במעבד MIPS? ומה הבעייתיות בזה?

ג. אם בפקודה I6 יש גלישה אריתמטית (כתוצאה מחיבור $\$2 + \3) מה יתרחש?

ד. 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

יש לענות על שתיים מתוך שלוש השאלות הבאות (שאלות 2 עד 4) בנושא זיכרון מטמון בלבד.
למי שעונה על שלוש שאלות יבדקו השתיים הראשונות
למעט אם צוין אלו שתי שאלות יש לבדוק.

שאלה 2 (35%)

נתון זיכרון מטמון העובד בשיטת מיפוי ישיר (direct mapped cache) כאשר הכתובת המגיעה אליו הינה מהצורה

17	8	3	2
Tag	Index	Block offset	Byte offset

- א. מה גודלו של הזיכרון הראשי הממופה למטמון זה? נמקד?
- ב. מה כמות בתי הנתונים הכולל בזיכרון מטמון זה? כמה שורות מכיל זיכרון מטמון זה? כמה בתי נתונים נכללים בכל שורה? נא להסביר.
- ג. מה גודלו של ה tag directory בסיביות?
- הערה: ה tag directory הכוונה לכמות הכוללת של הסיביות בשדות ה tag השונים במטמון כולל סיבית ה valid המוצמדת אל שדה זה.
- ד. בהינתן ששדות Byte offset ו ה Block offset מאופסים ואילו בשדה ה index נמצא הערך 0x5c- (בשיטת המשלים ל 2) ואותו הערך נמצא גם בשדה ה tag, נא לציין את מהי הכתובת המלאה ב 30 סיביות ובהקסדצימלי.
- ה. כעת נרחיב את מספר הבתים בשורה ל 256 מבלי לשנות את המספר הכולל של בתי נתונים בזיכרון. איך ישפיע השינוי על תשובתכם לסעיפים א עד ג?
- ו. איך לדעתכם ישפיע השינוי בסעיף ה על שיעור הפגיעות בזיכרון זה?
- ז. מדוע באופן בסיסי זיכרון המטמון לפקודות תומך בעיקרון הלוקאליות במרחב?
- ח. מדוע אופן עבודה של החלפת בלוקים LRU בזיכרון מטמון אסוציאטיבי יכול להקטין את שיעור הפספוסים (ה miss rate)?

שאלה 3 (35%)

נתון מרחב זיכרון ראשי בגודל 1MB (כלומר 20 סיביות למיפוי 2^{20} בתים)
נתונה סדרה של גישות לזיכרון המיוצגות ככתובות של מילים (משמאל לימין) :

12, 9, 6, 14, 3, 20, 15, 22, 64, 30, 8, 16, 12, 39, 25, 4

א. נתון זיכרון מטמון במיפוי ישיר בגודל 16 מילים המתחלקות בין ארבעה בלוקים בני ארבע מילים. 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?

ב. נתון זיכרון אסוציאטיבי מלא בגודל 8 מילים המתחלקות בין שני בלוקים (סט אחד) בני ארבע מילים ומדיניות פינול 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?

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 פינול 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?

שאלה 4 (35%)

ברצוננו לתכנן שלוש רמות זיכרון. L2, L1 וזיכרון ראשי. קיימות 4 אפשרויות בתכנון זיכרונות מטמון L1, L2.

א. שני הזיכרונות במיפוי ישיר

ב. שני הזיכרונות במיפוי 2-Way Set associative

ג. שני הזיכרונות במיפוי 4-Way Set associative

ד. שני הזיכרונות במיפוי 8-Way Set associative

לפניכם שתי טבלאות, האחת של miss rate בכל אפשרות, והשנייה של זמן הגישה לזיכרון -

Latency (ביחידות של מחזורי שעון המעבד).

(כמובן ככל שדרגת האסוציאטיביות גדלה כך גדל זמן הגישה לזיכרון)

על סמך הנתונים שלעיל לאיזו אפשרות מיפוי זיכרון יש את זמן הגישה לזיכרון הממוצע הקטן ביותר (ביחידות של מחזורי שעון מעבד)?

Miss rate	Direct-Mapped/ Direct-Mapped	2-way/2-way	4-way/4-way	8-way/8-way
L1	20%	15%	8%	4%
L2	6%	4%	3%	2%

Latency	Direct-Mapped/ Direct-Mapped	2-way/2-way	4-way/4-way	8-way/8-way
L1	2	3	4	5
L2	12	14	16	18
Memory (same for all)	100	100	100	100