

# 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: 28.10.2018

סמסטר: 2019א

## פתרונות

שאלה 1 (15%)

סיווג חלקי המחשב:

- **מקלדת** - משמשת כ standard input
- **מיקרופון** - input ( בדרך יש תרגום אות אנלוגי לדיגיטלי )
- **רמקול** - output (בדרך יש תרגום אות דיגיטלי לאנלוגי)
- **מסך** – המסך הרגיל יסווג כ output מאחר והוא רק מציג פלט.
- **מסך מגע** - מסווג גם כ output וגם כ input מאחר ובנוסף להצגת הפלט הוא גם קולט אותות מן המשתמש.
- **עכבר** - input
- **המעבד** – מסווג הן כ control והן כ datapath מאחר והוא כולל יחידות האחראיות על עיבוד הנתונים ביצוע פעולות אריתמטיות ולוגיות (datapath) כמו גם ניתוב הבקרה (control) של הנתונים הזיכרון והתקני הקלט פלט, במהלך ביצוע פקודות המכונה.
- **(הערה: רוב המעבדים כיום מכילים גם את סיווג memory, זיכרון מטמון כמו מעבד A5 שבדוגמא)**
- **זיכרון ראשי** (בטכנולוגיית DRAM) **וזיכרונות מטמון** (בטכנולוגיית SRAM) שהינם טכנולוגיות הזיכרון הנדיף השימושיות במחשב כמובן מסווגות כ memory בהיררכיות זיכרון הקרובות למעבד.
- **secondary memory** – זיכרון גדול **שאינו נדיף** (הטכנולוגיות המקובלות לאפסון הינם flash וכוון מגנטי ואופטי) משמש לשמירת המידע של התוכניות בין ההרצות, כמובן מסווג כ memory בהיררכיות זיכרון הרחוקות מהמעבד.
- **חיבור רשת** – הן חיבורי הרשת הקווית והן האלחוטית מסווגים כ input ו output מאחר והן מייבאות מידע לתוך המחשב (קלט) ואף מייצאות מידע (פלט). ( בטופוגרפיות השונות LAN ו WAN )

## ביצועי המעבד (סעיף 1.6)

יחידות: [Cc]= Clock cycle [Sec]=seconds [Ins]=Instruction [P]=program  
 $1[\text{ns}] = 10^{-9}[\text{sec}]$   $1[\text{Ghz}] = 10^9[1/\text{sec}]$  [Mips]=million instructions per second

### שאלה 2 (15%)

נחשב את מספר מחזורי השעון בכל תכנית:

$$\text{CPU clock cycles}_1 = (7 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3) \cdot 10^9 = 12 \cdot 10^9 [\text{cc/p}]$$

$$\text{CPU clock cycles}_2 = (5 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 3) \cdot 10^9 = 13 \cdot 10^9 [\text{cc/p}]$$

היות והתכניות רצות על אותו המעבד אז יש לנו את אותו התדר (זמן המחזור) לחישוב זמן הריצה

$$\text{execution time}_1 = 12 \cdot 10^9 / \text{CR}$$

$$\text{execution time}_2 = 13 \cdot 10^9 / \text{CR}$$

מכאן שמהדר 1 יוצר תכנית יותר מהירה פי  $13/12 = 1.0833$

### שאלה 3 (15%)

נתון מהדר A :  $\text{CPU time} = 1 \text{ sec}$ ,  $\text{IC} = 10^9$ ; מהדר B :  $\text{CPU time} = 1.4 \text{ sec}$ ,  $\text{IC} = 0.7 \times 10^9$ .  
 נתון  $\text{CCT} = 1 \text{ ns}$ .

א. נחשב את ה-CPI הממוצע באמצעות הנוסחה:  $\text{CPU time} = \text{IC} \times \text{CPI} \times \text{CCT}$

$$\text{CPI A} = 1 / (10^9 \times 10^{-9}) = 1 [\text{CC/ins}]$$

$$\text{CPI B} = 1.4 / (0.7 \times 10^9 \times 10^{-9}) = 2 [\text{CC/ins}]$$

ב. נתון CPI מהסעיף הקודם, מעבדים שונים,  $\text{CPU time A} = \text{CPU time B}$

$$\text{IC}_A \times \text{CPI}_A / \text{CR}_A = \text{IC}_B \times \text{CPI}_B / \text{CR}_B$$

$$10^9 \times 1 / \text{CR}_A = 0.7 \times 10^9 \times 2 / \text{CR}_B$$

$$\text{CR}_B / \text{CR}_A = 1.4$$

תדר השעון במהדר B מהיר פי 1.4 מזה של A

### שאלה 4 (30%)

א. ה-CPI לכל מעבד הוא ה-CPI המשוקלל עבור כ"א מהקבוצות:

$$\text{P1: } 2 \cdot 0.4 + 3 \cdot 0.25 + 3 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.1 = 2.8 [\text{Cc/Inc}]$$

$$\text{P2: } 2 \cdot 0.4 + 2 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.1 = 2.8 [\text{Cc/Inc}]$$

ב. מספר הפקודות לשנייה הוא (פקודות למחזור) \* (מחזורים לשנייה), כלומר

$$(\text{clock rate}) \cdot 1/(\text{CPI}) \text{ לכן}$$

ערך MIPS של P1 הוא:

$$(3.5 \cdot 10^9 [\text{CC/sec}]) / (2.8 [\text{CC/ins}] \cdot 10^6) = 1250 \text{ MIPS.}$$

ערך MIPS של P2 הוא:

$$(4 \cdot 10^9 [\text{CC/sec}]) / (2.8 [\text{CC/ins}] \cdot 10^6) = 1428 \text{ MIPS.}$$

ג. היות ש-P1 ו-P2 משתמשים באותו אוסף פקודות, ניתן לייצג את הביצוע היחסי כיחס בין ערכי ה-

$$\text{MIPS שלהם} = \text{לכן, P2 מהיר מ-P1 פי } \underline{1.142} = (1250 \text{ MIPS}) / (1428 \text{ MIPS}).$$

ד. החלק החדש של הפקודות (החלק שיבוצע מתוך המספר הכללי):

$$0.9 * 0.4 + 0.8 * 0.25 + 0.85 * 0.25 + 0.60 * 0.1 = 0.8325$$

עתה נחשב את החלק היחסי לגבי כל קבוצה ואת ה-CPI:

Inst.	Freq.	
A	$0.4 * 0.9 / 0.8325$	$= 0.43243$
B	$0.25 * 0.8 / 0.8325$	$= 0.24024$
C	$0.25 * 0.85 / 0.8325$	$= 0.25525$
D	$0.1 * 0.6 / 0.8325$	$= 0.07207$

$$\text{CPI(P1new)} = 0.43243 * 2 + 0.24024 * 3 + 0.25525 * 3 + 0.07207 * 5 = \underline{2.7117[\text{cc/ins}]}$$

ה. נמצא את זמן הביצוע של שני המעבדים.

$$\text{CPU time P1} = (\text{IC} * \text{CPI}) / \text{clock rate} = (\text{IC} * 2.8) / \text{clock rate}$$

$$\text{CPU time P1new} = (\text{IC} * 0.8325 * 2.7117) / \text{clock rate} = (\text{IC} * 2.2575) / \text{clock rate}$$

ולכן מדד ההאצה יהיה:

$$(\text{IC} * 2.8) / \text{clock rate} / (\text{IC} * 2.2575) / \text{clock rate} = 2.8 / 2.2575 = \underline{1.24}$$

ו. ה-CPI של P2new יהיה שונה מזה של P1 ו-P1new. נמצא אותו תחילה:

$$(2 * 0.4 * 0.9 + 2 * 0.25 * 0.8 + 4 * 0.25 * 0.85 + 5 * 0.1 * 0.6) / 0.8325 = 2.727[\text{cc/ins}]$$

זמן הביצוע של P2new יהיה

$$(\text{IC} * 0.8325 * 2.727) / \text{clock rate} = (\text{IC} * 2.27) / 4 * 10^9$$

את זמן הביצוע של P1 כבר חישבנו

$$2.8 * \text{IC} / 3.5 * 10^9$$

נחלק אותם זה בזה ונקבל **1.41**.

## שאלה 5 (25%)

א. תחום ייצוג המספרים כתלות במספר הסיביות  $n$  בשיטת ייצוג ללא סימן הוא:  $0 \dots 2^n - 1$ .

ולכן ב 7 סיביות נייצג את המספרים בין 0-127

תחום ייצוג המספרים כתלות במספר הסיביות  $n$  בשיטת ייצוג משלים לשתיים הוא:

$$-2^{n-1} \dots -2^{n-1} - 1$$

ולכן ב 7 סיביות תחום הייצוג יהיה בין 64- ל 63+.

ב. תהליך הרחבת סימן משלים לשתיים הנקרא sign extension מגדיר באיזה אופן נבצע הגדלת מספר

הסיביות של מספר בייצוג משלים לשתיים ללא שינוי ערכו. התהליך הוא למעשה שיכפול סיבית הסימן לחלק המורחב.

נניח שרוצים להגדיל מספר ב  $n$  סיביות ל  $n+m$  סיביות. כלומר אם המספר חיובי (סיבית סימן 0) נוסיף

משמאל  $m$  אפסים. אם המספר שלילי (סיבית סימן 1) נוסיף משמאל  $m$  סיביות אחד.

נסביר זאת:

במקרה של מספר חיובי ברור שתוספת אפסים משמאל לא תשנה את ערכו של המספר.

נניח כי המספר שלילי נסמנו כ  $-N$  ע"פ משלים לשתיים בייצוג בינארי ב  $n$  סיביות יהיה המספר  $2^n - N$  (משלים ל  $2^n$ )

נחפש מספר  $X$  כך שהערך המיוצג של המספר ב  $n+m$  סיביות הוא  $X + 2^{n+m} - N$

(ברור שקיים  $X$  כזה)

על פי ההגדרה של משלים ל 2 המספר השלילי ב  $n+m$  סיביות הוא:  $2^{n+m} - N$

נחלץ את  $X$ :

$$2^{n+m} - N = X + 2^n - N \rightarrow X = 2^n(2^m - 1)$$

כלומר  $X$  הינו בעצם הוספה של  $m$  סיביות 1 משמאל למספר המקורי  $(2^m - 1)$  בגודל  $n$

ההכפלה ב  $2^n$  נותנת  $n$  אפסים מימין (למעשה הזזה  $n$  סיביות שמאלה של  $m$  הסיביות)

ג. הכפלה ב 2 הינה חיבור המספר לעצמו או הזזה שמאלה בעמדה אחת של הסיביות והכנסת 0 מימין.

לכן במשלים לשתיים עלינו לבדוק את שתי הסיביות השמאליות לפני ההזזה במידה והן זהות (00 או 11) אז

שמרנו על הסימן בהזזה שמאלה, ואין גלישה במשמעות משלים ל 2. לעומת זאת אם שתי הסיביות

השמאליות שונות בערך (01 10) אז בהזזה שמאלה החלפנו סימן ויש גלישה משלים ל 2. פונקציית

השונויות הינה xor ולכן ניתן לסכם את המקרים ל:

$$a_{n-1} \text{ xor } a_{n-2} = 1$$

(יש לציין שבמקרה של גלישה נקבל תוצאה שגויה. המקרה של 01 ניתן לראות כסכום חיוביים נותן שלילי

כלומר חיברנו מספר חיובי לעצמו לקבלת מספר שלילי. את המקרה של 10 ניתן לראות כסכום שלילים נותן

חיובי כלומר חיברנו מספר שלילי לעצמו וקיבלנו תוצאה חיובית)

בהמשך הקורס נראה איך מעבד ה MIPS מתמודד עם תופעת הגלישה במשלים ל 2 הנקראת גם overflow

אריتمטי או בקיצור overflow.

ד.  $2^{16} - 25 = 65511$  ערך זה בייצוג בינארי

$$1111\ 1111\ 1110\ 0111(\text{bin})$$

ניתן להגיע לערך זה גם בטכניקות נוספות להיפוך סימן משלים ל 2 כמו:

- ביצוע not לערך של 25 בבינארי ב 16 סיביות והוספת אחד

- מעבר על הערך של 25 בבינארי ב 16 סיביות מהסיבית הימנית כלפי שמאל עד לסיבית הראשונה שערכה

1 החל מהסיבית הבאה יש לבצע not על הסיביות.

ה. היתרון הגדול של שיטת משלים ל 2 בייצוג מספרים שלמים עם סימן הוא בזה תמיכת החומרה פשוטה

ולכן מהירה יותר. מאחר שאלגוריתם החיבור לא מבחין בין שיטת ייצוג מספרים משלים ל 2 לבין שיטת ייצוג

מספרים ללא סימן למעשה מבוצע אלגוריתם חיבור בינארי. בחיבור מספרים בשתי שיטות הייצוג מתקבלת

אותה התוצאה. ההבחנה והפירוש למה התכוונו בתוצאה ניתנת בפקודות האסמבלי עצמן. כפי שנראה

בהמשך הקורס גם פעולת החיסור לפי משלים ל 2 הינה ישירה ברמת החומרה.

יתרון נוסף הוא ייצוג יחיד לערך 0. אך יחד עם זאת הדבר גורם לאי סימטריות סביב ה 0, כך שיש שלילי אחד יותר שאין כנגדו חיובי.