

תשפ"ה-2025, סמסטר ב'

ארגון המחשב ושפת סף 10145

### תרגיל מס' 4 – חובת הגשה - תכנות פרוצדורלי

מועד הגשה: עד יום ראשון, 15/06/2025 שעה 23:59

**אופן הגשה:** יש להגיש את דרך המודל בלבד את קובץ האסמבלי לאחר שעבר הידור בהצלחה. ניתן לבצע ולהגיש את הפתרון בזוגות. בעת הגשה בזוגות, יש לרשום בהערה, בתחילת הפתרון, את השמות ות"ז הזרות של 2 השותפים לפתרון. במקרה של הגשה בזוג יש להגיש את הפתרון פעם אחת בלבד, דרך אחת/אחד מהסטודנטים.

כתבו תכנית באסמבלי של ה MIPS (ניתן להשתמש בפסיאודו פקודות המוכרות ע"י ה MARS). בעמוד אחרון של קובץ זה, נתונות לכם דוגמאות הרצה של התוכנית במלואה. עיינו בדוגמאות אלה, בעת קריאת ההנחיות לביצוע, כדי לוודא ולהבין את המצופה מכם.

**התוכנית עובדת עם מערך חד-ממדי.** בסגמנט המשתנים הגדירו/הקצו מערך array המאותחל למספרים עם סימן (משלים ל 2). גודל כל איבר במערך – בית (Byte). במערך יש 10 איברים/ערכים בדיוק.

#### **הנחיות כלליות:**

- קראו את משימות התוכנית הראשית **בתשומת לב**, וכמו כן את תיאור ופירוט הנדרש בכל פרוצדורה ופרוצדורה.
- התחילו במימוש רק לאחר קריאה מלאה של כל המשימות והבנת דוגמאות ההרצה בעמוד האחרון.
- יש לממש את הפתרון עם פרוצדורות ותמיכת מחסנית, בהתאם לכללי העבודה עם פרוצדורות כפי שלמדנו, ובהתאם להנחיות המפורטות כאן.
- את הפרוצדורות יש לכתוב ע"פ המוסכמות המופיעות בפרק ד
- יש להקפיד על תיעוד

#### **משימות התוכנית הראשית:**

א. התוכנית מציגה את השאלה הבאה למשתמש:

**"In what base to print 2-10?"**

יש לקלוט מספר בין 2-10. במידה והקלט לא תקין יש לקלוט שוב עד לקבלת קלט תקין". את הערך הנקלט יש לשים באוגר \$a1 (ישמש כפרמטר לפרוצדורות בהמשך).

ב. יש להדפיס את המערך כמספרים עם סימן (משלים ל 2) לפי הבסיס הנבחר 2-10: לביצוע הדפסה זו יש להשתמש בפרוצדורה **print\_array\_sign** (ראו תיאור פרוצדורה 2) המקבלת כפרמטר את כתובת המערך והבסיס להדפסה.

ג. יש להדפיס את המערך כמספרים ללא סימן (unsigned) לפי הבסיס הנבחר 2-10: לביצוע הדפסה זו יש להשתמש בפרוצדורה **print\_array\_unsign** (ראו תיאור פרוצדורה 3) המקבלת כפרמטר את כתובת המערך והבסיס להדפסה

- ד. יש להדפיס למסך את סכום 10 המספרים במערך array כמספר עם סימן (משלים ל-2) בבסיס הנבחר 2-10.  
לביצוע חישוב הסכום והדפסתו יש להשתמש בפרוצדורה **sum\_sign** (ראו תיאור פרוצדורה 4) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך ובסיס ההדפסה.
- ה. יש להדפיס למסך את סכום 10 המספרים במערך array כמספר ללא סימן (unsigned) בבסיס הנבחר 2-10.  
לביצוע חישוב הסכום והדפסתו יש להשתמש בפרוצדורה **sum\_unsign** (ראו תיאור פרוצדורה 5) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך ובסיס ההדפסה.
- ו. יש להדפיס למסך את הפרשי כל זוג מספרים סמוכים במערך, בהתייחסות למספרים כמספר עם סימן (משלים ל-2) בבסיס הנבחר 2-10:  
לחישוב ההפרשים והדפסתם יש להשתמש בפרוצדורה בשם **print\_dif\_sign** (ראו תיאור פרוצדורה 6) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך והבסיס הנבחר.
- ז. יש להדפיס למסך את סכום כל זוג מספרים סמוכים במערך, בהתייחסות למספרים כמספר ללא סימן (Unsigned) בבסיס הנבחר 2-10:  
לחישוב הסכומים והדפסתם יש להשתמש בפרוצדורה בשם **print\_sum\_unsign** (ראו תיאור פרוצדורה 7) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך והבסיס הנבחר.
- ח. יש להדפיס למסך את המערך ממוין מגדול (משמאל) לקטן (מימין) בהתייחסות למספרים כמספר עם סימן (משלים ל-2) בבסיס הנבחר 2-10.  
לביצוע מיון המערך והדפסתו יש להשתמש בפרוצדורה בשם **sort\_array\_sign** (ראו תיאור פרוצדורה 8) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך והבסיס הנבחר.
- ט. יש להדפיס למסך את המערך ממוין מקטן (משמאל) לגדול (מימין) בהתייחסות למספרים כמספר ללא סימן (משלים ל-2) בבסיס הנבחר 2-10.  
לביצוע מיון המערך והדפסתו יש להשתמש בפרוצדורה בשם **sort\_array\_unsign** (ראו תיאור פרוצדורה 9) המקבלת כפרמטרים את כתובת המערך והבסיס הנבחר.

### סעיפים ח ט הם סעיפי רשות

הערה: שימו לב שסעיפים ח ו ט מבצעים שינוי במערך עצמו (בעזרת הפקודות sb )

## פירוט והסברים על הפרוצדורות אותן יש לממש לתמיכה בדרישות התוכנית הראשית:

### 1. כתבו פרוצדורה בשם `print_base`:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- `$a1` – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10
- `$a2` – ערך להדפסה (32 סיביות, ערך עם סימן – signed number)

הפרוצדורה מבצעת אלגוריתם פירוק מספר לספרות לפי בסיס (`$a1`) של המספר (`$a2`) ומדפיסה את המספר לאחר המרה לבסיס שנדרש.

במידה והערך שלילי, יש להדפיס את הסימן מינוס לפני הדפסת הספרות, לבצע היפוך סימן משלים ל-2, ולהדפיס את הספרות של הערך המוחלט).

דוגמאות:

- עבור הערך 37, ובסיס 5, תדפיס הפרוצדורה: 122
- עבור הערך (-37) ובסיס 6, תדפיס הפרוצדורה: -101

את הדפסת הערך המוחלט יש לבצע לפי אלגוריתם הפירוק כמתואר במדריך/ספר הקורס בסעיף ב.3. את הפירוק יש לבצע בעזרת הפקודות `mflo`, `mfhi`, `divu` **ובעזרת עבודה עם המחשנית** על מנת לבצע את ההדפסה בסדר הפוך לפירוק

**הערה:** שימו לב שהפרמטר של המספר להדפסה הוא ב-32 סיביות, ואילו הערכים במערך המקורי הינם בגודל Byte (8 סיביות). חישבו כיצד ניתן לבצע הרחבת סימן משלים ל-2 (S.E – Sign Extention) או הרחבת סימן ללא סימן (Z.E – Zero Extention) בסעיפים השונים שתדרשו בהמשך לממש בתוכנית הראשית, על מנת שלמעשה ההתייחסות ב `print_base` היא תמיד למספר עם סימן.

**שימו לב:** פרוצדורה זו מזומנת פעמים רבות, כפי שתראו, באמצעות הפרוצדורות הבאות

### 2. כתבו פרוצדורה בשם `print_array_sign`:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- `$a0` – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- `$a1` – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מדפיסה את כל ערכי המספרים במערך הנתון, עם רווח אחד בין כל מספר למספר. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים עם סימן (Signed Numbers) הפרוצדורה משתמשת ב- `print_base` בכדי לבצע הדפסת מספר בודד מתוך המערך.

### 3. כתבו פרוצדורה בשם `print_array_unsign`:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- `$a0` – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- `$a1` – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מדפיסה את כל ערכי המספרים במערך הנתון, עם רווח אחד בין כל מספר למספר. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים ללא סימן (Unsigned Numbers) הפרוצדורה משתמשת ב- `print_base` בכדי לבצע הדפסת מספר בודד מתוך המערך.

#### 4. כתבו פרוצדורה בשם **sum\_sign**:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- \$a0 – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- \$a1 – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מחשבת את סכום הערכים במערך, ומדפיסה את הסכום באמצעות הפרוצדורה **print\_base**. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים עם סימן (Signed Numbers)

#### 5. כתבו פרוצדורה בשם **sum\_unsign**:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- \$a0 – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- \$a1 – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מחשבת את סכום הערכים במערך, ומדפיסה את הסכום באמצעות הפרוצדורה **print\_base**. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים ללא סימן (Unsigned Numbers)

#### 6. כתבו פרוצדורה בשם **print\_dif\_sign**:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- \$a0 – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- \$a1 – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מחשבת בלולאה את ההפרש של כל זוג ערכים סמוכים במערך, ומדפיסה את ההפרשים עם רווח ביניהם. הדפסת ההפרש תעשה באמצעות הפרוצדורה **print\_base**. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים עם סימן (Signed Numbers)

#### 7. כתבו פרוצדורה בשם **print\_sum\_unsign**:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- \$a0 – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- \$a1 – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מחשבת בלולאה את הסכום של כל זוג ערכים סמוכים במערך, ומדפיסה את הסכומים עם רווח ביניהם. הדפסת הסכומים תעשה באמצעות הפרוצדורה **print\_base**. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים ללא סימן (Unsigned Numbers)

#### 8. כתבו פרוצדורה בשם **sort\_array\_sign**:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- \$a0 – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- \$a1 – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מבצעת מיון בועות על המערך (מהגדול לקטן). לאחר המיון, מדפיסה הפרוצדורה על המערך הממוין באמצעות זימון של הפרוצדורה **print\_array\_sign**. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים עם סימן (Signed Numbers)

## 9. כתבו פרוצדורה בשם `sort_array_unsign`:

הפרוצדורה מקבלת 2 פרמטרים:

- `$a0` – כתובת מערך מספרים, גודל כל איבר במערך – בית (Byte)
- `$a1` – בסיס להדפסה. מספר בין 2-10

הפרוצדורה מבצעת מיון בועות על המערך (מהקטן לגדול). לאחר המיון, מדפיסה הפרוצדורה על המערך הממוין באמצעות זימון של הפרוצדורה `print_array_unsign`. הפרוצדורה מתייחסת לערכים במערך כערכים ללא סימן (Unsigned Numbers)

דוגמאות הרצת התוכנית עבור המערך:

array: .byte 18, -2, 13, -4, 120, -6, 7, -8, -50, 12

יתקבל:

```
In what base to print 2-10? 4
102 -2 31 -10 1320 -12 13 -20 -302 30
102 3332 31 3330 1320 3322 13 3320 3032 30
1210
111210
110 -33 101 -1330 1332 -31 33 222 -332
10100 10023 10021 11310 11302 10001 3333 13012 3122
-- program is finished running --
```

```
In what base to print 2-10? 7
24 -2 16 -4 231 -6 10 -11 -101 15
24 512 16 510 231 505 10 503 413 15
202
4011
26 -21 23 -235 240 -16 21 60 -116
536 531 526 1041 1036 515 513 1216 431
-- program is finished running --
```

```
In what base to print 2-10? 10
18 -2 13 -4 120 -6 7 -8 -50 12
18 254 13 252 120 250 7 248 206 12
100
1380
20 -15 17 -124 126 -13 15 42 -62
272 267 265 372 370 257 255 454 218
-- program is finished running --
```

```
In what base to print 2-10? 2
10010 -10 1101 -100 1111000 -110 111 -1000 -110010 1100
10010 11111110 1101 11111100 1111000 11111010 111 11111000 11001110 1100
1100100
10101100100
10100 -1111 10001 -1111100 1111110 -1101 1111 101010 -111110
100010000 100001011 100001001 101110100 101110010 100000001 11111111 111000110 11011010
-- program is finished running --
```