

## מחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה רכיבים מתוכנתים ומבוא ל VHDL

### מטלה מס' 6

במטלה זו תשתמש בכרטיס Basys3 (ראה חומר במעבדה 4, ואת המדריך של הכרטיס) על מנת לממש מחשבון בינארי המבצע פעולות כפל וחילוק. המערכת תבוסס על המיקרו בקר PicoBlaze ועבודת המעבדה תכלול פיתוח חומרה ותוכנה (כתיבת קוד באסמבלי).

להלן תיאור הקלט\פלט של המערכת:

שם	סוג	מספר סיביות	רכיב בכרטיס	תיאור
A	קלט (נתון)	4 [S,XXX]	SW3, ..., SW0	מספר בינארי (מיוצג בשיטת SIGNED (MAGNITUDE)
Y	פלט	8 S,XXXXXXXX] [	LED7,...,LED0	מספר בינארי (מיוצג בשיטת SIGNED (MAGNITUDE)
MULA	קלט (הוראה)	1	BTNR	$Y \leftarrow Y \times A$
DIVA	קלט (הוראה)	1	BTNL	$Y \leftarrow Y \div A$
RESET	קלט (הוראה)	1	BTNU	$Y \leftarrow 1$
ENTER	קלט (הוראה)	1	BTND	קליטת ערך A לתוך המחשבון

### הסבר

המספר A מיוצג בעזרת ארבעת המתגים Switches. תוצאת החישוב תיוצג כמספר בינארי Y (מס' שלם) בעל 8 סיביות המיוצגות ב LEDs. שיטת הייצוג לפי signed magnitude כאשר הסיבית המשמעותית ביותר S מייצגת את הסימן SIGN של המספר Y או A ויתר הסיביות מייצגות את הערך המוחלט שלו (ראה טבלה הבאה):

ערך עשרוני בייצוג Signed Magnitude	Binary code (צירוף בינארי) [S,XXXXXXXX]
0	00000000
1	00000001

2	00000010
4	00000100
.....	.....
127	01111111
0	10000000
-1	10000001
-2	10000010
-4	10000100
....	....
-127	11111111

למערכת יש ארבעה קלטות נוספים: ENTER, MULA, DIVA, RESET המייצגים את פעולת החישוב שעל המערכת לבצע.

### תיאור פעולת המערכת

אתחול המחשבון נעשה בעזרת לחיצה על ה-RESET המאתחל את המספר המופיע בפלט לערך  $Y = 1$ .

לאחר אתחול המערכת מוכנה לקבל כקלט מספר בינארי A בעל 4 סיביות, כיון ש-A מיוצג בשיטת signed magnitude ערכיו מוגבלים לקבוצת הערכים הבאה: 0, 2, 4, -2, -4. המשתמש יכניס מספר כלשהו בטווח הנ"ל (למשל 1010 המסמל את המספר 2- בעשרוני) ויילחץ על ENTER.

לאחר מכן המשתמש יבחר בסוג הפעולה MULA או DIVA על ידי לחיצה על הכפתור המתאים. לאחר הלחיצה, המערכת תבצע את הפעולה ותציג בפלט Y את תוצאת החישוב.

התוצאה Y יכולה להיות מספר בטווח הבא:  $-127 \leq Y \leq +127$  (במידה והחישוב עובר את הטווח יש לשמור את Y בערך הקיצוני ביותר אותו עברה).

אם המשתמש בחר לחלק ב 0 אזי יופיע המספר הגבוה ביותר, במידה ו-Y היה חיובי  $Y = 01111111$ , ובמידה ו-Y היה שלילי  $Y = 11111111$ .

אם המשתמש בוחר לחלק את 1 בכל מספר A (שאינו 0), אזי יקבל 0 מכיוון ש Y הוא מספר שלם.

לדוגמה, כאשר נציג את הנתונים הבאים בזמן Time נקבל:

Time	1	2	3	4	5	6
A	4	4	-2	-4	0	2
הוראה	RESET	MULA	MULA	DIVA	DIVA	MULA
Y	1	4	-8	2	127	127

כל עוד לא לחץ המשתמש על RESET תמשיך המערכת לקלוט מספרים A נוספים ולחשב בהתאם לאחר לחיצה על ENTER ולאחר מכן על הפעולה האריתמטית הרצויה.

הערה: המיקרו בקר מבצע פעולות אריתמטיות בשיטת המשלים ל-2. לכן, למטרת ייצוג התוצאה Y בפלט יש צורך בהמרה מייצוג במשלים ל-2 לייצוג ב-signed magnitude. המרה זו תבצע בתוכנה. האלגוריתם להמיר מספר  $\alpha$  בשיטת המשלים ל-2 למספר  $b$  בשיטת signed magnitude מתוארת בנספח של מסמך זה.

הערה: במידה ותחליט להשתמש בתוכנית הסימולטור pBlazeIDE במהלך הפיתוח, חשוב לציין שיש לבחור בתוך pBlazeIDE בגרסה picoBlaze III של המיקרו-בקר. וכך ניתן להשתמש בהוראות COMPARE ו-TEST (הקיימות בגרסה 1.3 של המיקרו-בקר בו אנו משתמשים).

## הנחיות

1. את הקלט / פלט יש לממש כ- ports למיקרו בקר.
2. לכל קלט ופלט יהיה port מוגדר ספציפי :

port0 עבור A  
port1 עבור Y  
port2 עבור MULA  
port3 עבור DIVA  
port4 עבור RESET  
port5 עבור ENTER

פורט port0 ימומש על ידי אוגר ברוחב 4 bit עם התנהגות הבאה: דוגם בכל עליית שעון, ואם ה'EN=1' מוציא את הנתון שנדגם לפלט, אחרת מוציא עכבה גבוהה. פלט האוגר יחובר לארבעת ה bit הנמוכים של **in\_port** וקלט האוגר יחובר אל ארבעת המתגים SW3,SW2,SW1,SW0

פורט port1 ימומש על ידי אוגר ברוחב 8 bit עם התנהגות הבאה: דוגם בעליית שעון רק אם ה'EN=1' (אוגר זה אינו מממש עכבה גבוהה). פלט האוגר יחובר ל 8 היציאות LED עד LED0, וקלט האוגר יחובר ל **out\_port**

פורט port2,port3,port4,port5: כל אחד מהם ימומש על ידי אוגר ברוחב של bit אחת עם התנהגות הבאה: דוגם בכל עליית שעון, ואם ה'EN=1' מוציא את הנתון שנדגם לפלט, אחרת מוציא עכבה גבוהה. פלט של כל אחד מארבעת האוגרים האלו יחובר אל bit הנמוך ביותר של in\_port (שהוא הקו המשותף לכל הפורטים)

שים לב לדרישה הבאה (שלא מתוארת בסרטון):

עליך לממש מערכת אחת ויחידה הנקראת **reg** (בקובץ reg.VHD) אשר תממש את כל סוגי האוגרים המתוארים לעיל. עליך להשתמש ב **generic** למטרת קביעת רוחב האוגר, קרא לפרמטר N. על מנת לקבל התנהגויות שונות (כמתואר לעיל) עליך לכתוב שני architecture שונים עבור **reg**. לכל אחד תן שם שונה, לדוגמה, **Behavioral\_reg\_output**, **Behavioral\_reg\_input**

לדוגמה: בקובץ reg.VHD תכתוב

```
entity reg is
port(
```

```
end reg;
```

```
architecture Behavioral_reg_input of reg is
begin
```

תיאור ההתנהגות של אוגר המשמש כקלט למערכת

```
end Behavioral_reg_input;
```

```
architecture Behavioral_reg_output of reg is  
begin
```

תיאור ההתנהגות של אוגר המשמש כפלט למערכת

```
end Behavioral_reg_output;
```

ובקובץ הראשי (שבדרך כלל אנו קוראים לו **main.VHD**) תציין באיזה architecture יש להשתמש בהתאם לאיזה אוגר תרצה ליצור.

לדוגמה:

```
regPort0: entity work.reg(Behavioral_reg_input) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);  
regPort1: entity work.reg(Behavioral_reg_output) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);  
regPort2: entity work.reg(Behavioral_reg_input) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);  
regPort3: entity work.reg(Behavioral_reg_input) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);  
regPort4: entity work.reg(Behavioral_reg_input) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);  
regPort5: entity work.reg(Behavioral_reg_input) generic map(N=>רוחב) port map (מיפוי האותות);
```

3. יש לממש קלט SysReset המחובר לreset ל המיקרו-בקר. השתמש בלחצן Pushbutton הנקרא BTNC (ראה במדריך של הכרטיס).

4. יש לכתוב תוכנית באסמבלי (ראה מטלה 4) המבצעת את קריאת הנתון (קלט), קריאת ההוראות (קלט), חישוב הפעולות האריתמטיות, הצגת התוצאה (פלט).

5. התוכנה תממש את פעולת ה-debouncing (השתמש במה שפיתחת במטלה 5, מלבד ערך הקבוע theDelay יהיה מחושב לזמן שהייה של 20 ms) על קלטי ההוראות של המחשבון בלבד (אין צורך לבצע פעולת debouncing על הקלט הנתון A).

6. את תוכנית האסמבלי יש לכתוב, ולבדוק ב-pBlaze IDE.

7. יש לכתוב Testbench ב-Vivado המציג את תוכן ה-register של כל אחד מה-ports של הפלט והקלט לאחר השמת סדרת קלט אשר בודקת את הערכים הקיצוניים של המחשבון, חלוקה באפס של מספר חיובי ושליילי (Y/0), ומס' פעולות כפל וחילוק שונות של מספרים חיוביים ושלייליים. (נא השתמש בסדרת קלט אשר מתוארת בקובץ "סדרת בדיקה למערכת מחשבון - מטלה 6")

## נספח

בכדי להמיר מספר בינארי  $a$  בשיטת המשלים ל-2 לתוך מספר בינארי  $b$  בשיטת ייצוג של signed magnitude נבצע את הפעולות הבאות:

אם  $a \geq 0$  אז  $b \leftarrow a$ .

אם  $a < 0$  אז  $b \leftarrow -128 - a$ .

.

