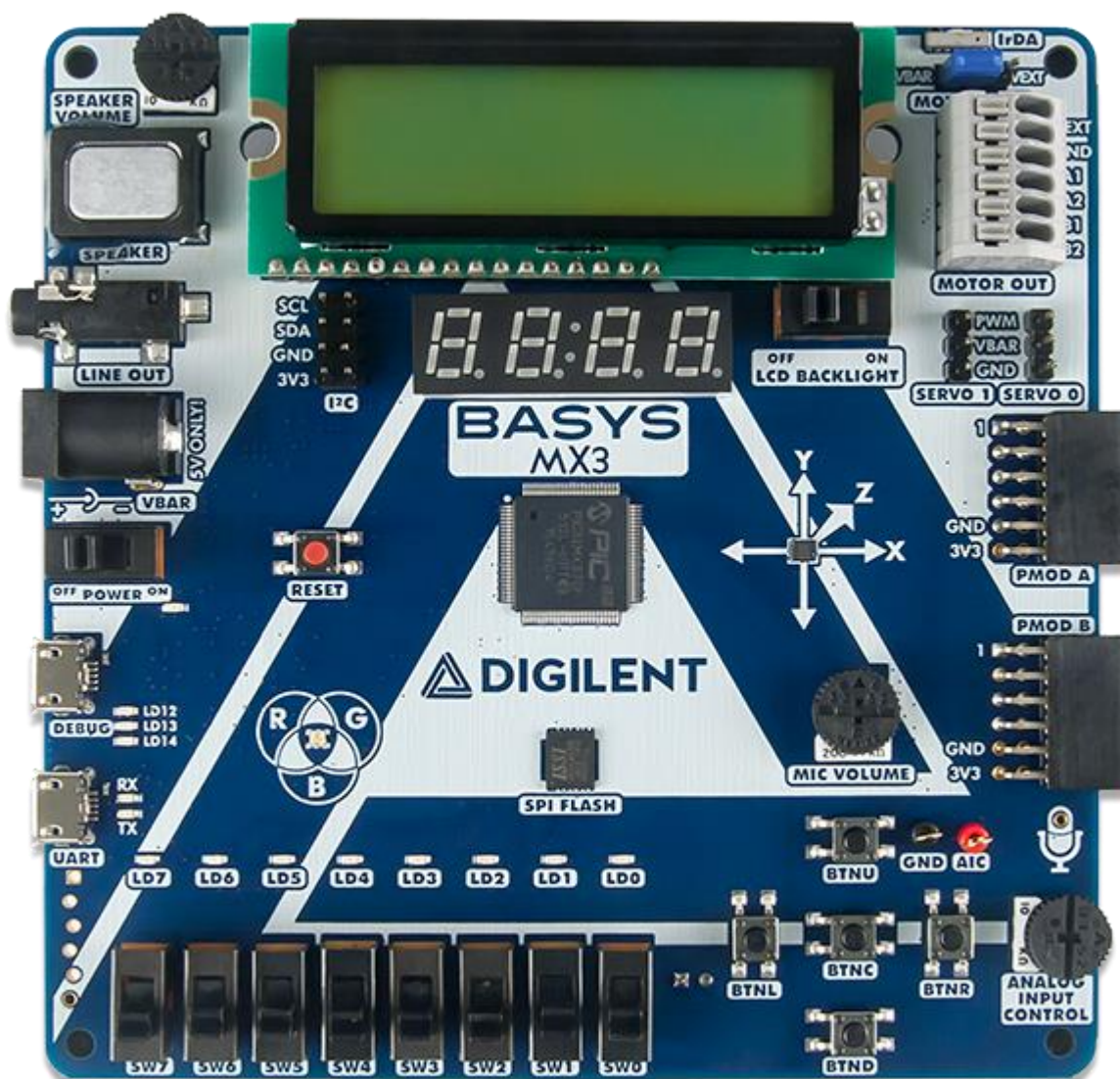


## אוניברסיטת תל-אביב, הפקולטה להנדסה

### פרויקט BASYS בקורס: מבנה המחשב 0512.4400

שנת הלימודים תשע"ט, סמסטר א'

בפרויקט זה נממש סימולטור למעבד SIMP, שהוגדר בפרויקט הראשון, ע"י תכנות כרטיס מחשב BASYS MX3 של חברת DIGILENT בשפת סי:



כרטיס זה כולל מיקרוקונטרולר PIC32MX370 מחברת Microchip, המכיל מעבד MIPS, זיכרונות, טיימרים, ותמיכה בפסיקות ו-DMA. מעבד זה מחובר על גבי הכרטיס להתקני קלט/פלט שונים כמתואר בשרטוט מעלה: תצוגת LCD, תצוגת 7-segment, מפסקים וכפתורים, מיקרופון, רמקול, ועוד. הכרטיס מתחבר למחשב האישי ע"י כבל MicroUSB.

## פעולת הסימולטור

לצורך פרויקט זה, הזיכרון הראשי המסומלץ קטן יותר מהפרויקט הראשון וסה"כ בגודל 512 שורות של 32 ביטים במקום 4096 (200 הקסא), מכתובת 0 עד 1FF. אין שינוי בקידוד ההוראות, אולם בסמלון הגישה לזיכרון, יש לקחת רק את 9 הביטים הנמוכים של הכתובת.

בזמן היציאה מ-Reset, תוכן הזיכרון הראשי יטען באחת משתי תוכניות אסמבלי, כתלות במפסק SW7. לאחר טעינת התוכנית לזיכרון, PC יאותחל לאפס והתוכנית תתחיל לרוץ עד להגעה להוראת HALT. כל הוראה רצה ב- 31.25 מילישניות, כלומר קצב ריצה ההוראות הוא 32 הוראות לשנייה, וכל 31.25 מילישניות ה- PC משתנה.

**מצבי PAUSE ו- SINGLE STEP:** לחיצה על BTNL מבצעת PAUSE בריצת התוכנית. כלומר בלחיצה ראשונה על BTNL, הסימולטור עוצר וה- PC מצביע על ההוראה שאנו נמצאים בה.

במצב PAUSE, לחיצה על BTNR מבצעת SINGLE STEP כלומר הסימולטור מריץ הוראה אחת נוספת, ועוצר שוב.

לחיצה נוספת על BTNL משחררת את מצב ה- PAUSE, וממשיכים לרוץ כרגיל, עד לכניסה הבאה ל- PAUSE או עד לסיום התוכנית.

## תצוגת LCD: המפסקים SW1, SW0 שולטים על תצוגת ה- LCD:

- כאשר SW1=OFF, SW0=OFF, ההוראה INST שאותה מריצים כעת תוצג בשורה הראשונה באותו פורמט כמו ה- trace בפרויקט הראשון: 8 ספרות הקסאדצימליות. בשורה השנייה יוצג ה- PC הנוכחי ב- 3 ספרות הקסאדצימליות.

- כאשר SW1=OFF, SW0=ON, תוכן הרגיסטרים יוצג בפורמט RXX = YYYYYYYY כאשר XX הינו מספר הרגיסטר שמוצג כרגע בספרות דצימאליות, החל מרגיסטר אפס, ו- YYYYYYYY הינו תוכנו ב- 8 ספרות הקסאדצימליות. לחיצה על BTNU תקדם את XX באחד כך שניתן יהיה להציג את כל הרגיסטרים. קידום מספר הרגיסטר מעל 15 חוזר חזרה לרגיסטר אפס.

- כאשר SW1=ON, SW0=OFF, תוכן הזיכרון יוצג בשורה הראשונה, בפורמט MAAA = DDDDDDDD כאשר AAA הינו הכתובת בזיכרון ו- DDDDDDDD הינו הדאטא, שניהם בספרות הקסאדצימליות. בשורה השנייה יוצג RSP בפורמט RSP = YYY. הכתובות הראשונה שתוצג הינה:

000 אם SW6=0,SW5=0.

100 (הקסא) אם SW6=0,SW5=1.

1FF אם SW6=1.

לחיצה על BTNU תקדם את הכתובת באחד. חריגה מחוץ לגבולות הזיכרון (01FF) מבצעת "סיבוב" חזרה לאפס.

- כאשר SW1=ON,SW0=ON, יוצג מספר ההוראות שבוצעו עד עתה.

שימו לב שאין קשר בין המפסקים המשפיעים על התצוגה במסך ה-LCD לבין מצב ה-PAUSE ו-SINGLE STEP שנקבעים ע"י הכפתורים BTNL ו-BTNR. מותר למשל לשנות את התצוגה ע"י המפסקים בזמן שתוכנית האסמבלי רצה ואין לעצור את התוכנית. כמו כן מותר לשנות את המפסקים גם בזמן שהתוכנית במצב PAUSE.

תוכנית האסמבלי שאותה מסמלצים נקבעת ע"י מצב SW7 לאחר היציאה מ-RESET. בזמן העבודה אין צורך לתמוך בשינוי מצב SW7 עד הפעם הבאה שמתבצע RESET.

#### **תוכנית אסמבלי 1:**

כאשר SW7=OFF, תורף הדוגמא של סדרת פיבונאצ'י מפרויקט ה-ISA.

#### **תוכנית אסמבלי 2:**

כאשר SW7=ON, תורף תוכנית אסמבלי חדשה, סטופר, המציגה את הזמן שעבר מאז RESET באופן MM.SS בתצוגת ה-7-segment display, כאשר SS הינו מספר השניות (0 עד 59) ו-MM מספר הדקות (0 עד 59). לאחר שעה הסטופר מסתובב חזרה ל-00:00 וממשיך לספור.

לחיצה על BTND מאפסת את הסטופר חזרה ל-00:00.

לחיצה על BTNC בזמן שהסטופר רץ מבצעת PAUSE לסטופר כך שהסטופר עוצר במקום ומפסיק להתקדם. בזמן ה-PAUSE, נורה LD0 תהבהב כל 5 שניות (תהיה דלוקה 5 שניות, כבויה 5 שניות וחוזר חלילה).

לחיצה על BTNC בזמן שהסטופר במצב PAUSE משחררת את הסטופר כך שהוא ממשיך לספור מהמקום בו הפסיק, והנורה LD0 תהיה כבויה.

יש להקפיד שהסטופר יהיה מדויק ולא יצבור טעות של יותר משנייה עבור כל 5 דקות ספירה.

### תמיכה בקלט/פלט

לצורך מימוש הסטופר באסמבלי, נוסף למעבד תמיכה בקלט ופלט ע"י הוראות חדשות, באופקודים 8 ו-9, שהיו reserved בפרויקט הראשון. קידוד ההוראות הינו כמו שאר ההוראות:

31:28	27:24	23:20	19:16	15:12	11:0
opcode	rd	rs	rt	rm	imm (קבוע)

Number	Name	Meaning
8	in	$R[rd] = IORegister[R[rs] + simm]$
9	out	$IORegister[R[rs] + simm] = R[rd]$

כאשר  $IORegister[5]$  הינו מערך של חמישה "רגיסטרי חומרה", כפי שמתכנת האסמבלי חושב שהם, שיסומלצו ע"י הסימולטור:

$IORegister[0]$  מונה את הזמן הנוכחי מאז שבוצע Reset. רוחב הרגיסטר הינו 32 ביטים, והמונה מתקדם באחד כל 31.25 מילי-שניות, עם סיבוב אחרי FFFFFFFF. הרגיסטר ממשיך להתקדם כל הזמן, גם בזמן שהסימולטור במצב Pause. כתיבות לרגיסטר זה אינן משנות אותו.

$IORegister[1]$  מאפשר הדלקת וכיבוי הנורות. בכתיבה לרגיסטר יש להתעלם מביטים 8 עד 31. עבור ביטים 0 עד 7, כאשר הביט דלוק, יש להדליק את הנורה המתאימה, אחרת יש לכבותה. למשל כאשר ביט 0 דלוק, יש להדליק את LD0, כאשר ביט 7 דלוק, את LD7, וכך הלאה. קריאה מרגיסטר זה תחזיר את מצב הנורות הדלוקות, 1 בביט המתאים עבור כל נורה דלוקה.

$IORegister[2]$  מאפשר עבודה עם הלחצן BTNC. הוא מכיל מונה 32 ביטים שמתאפס בזמן Reset, ומתקדם באחד בכל פעם שהמשתמש לחץ על BTNC. יש להתעלם מכתיבות לרגיסטר זה.

$IORegister[3]$  מאפשר עבודה עם הלחצן BTND. הוא מכיל מונה 32 ביטים שמתאפס בזמן Reset, ומתקדם באחד בכל פעם שהמשתמש לחץ על BTND. יש להתעלם מכתיבות לרגיסטר זה.

$IORegister[4]$  קובע את התצוגה של ה-7-segment display. כל 4 ביטים קובעים ספרה בודדת שתוצג, מימין לשמאל. כלומר ביטים 0:3 קובעים את הספרה הימנית, ביטים 4:7 את הספרה השנייה מימין, ביטים 8:11 את הספרה השנייה משמאל, וביטים 12:15 את הספרה השמאלית. כל ספרה יכולה להכיל 0 עד F, אבל בתוכנית האסמבלי יש לכתוב בספרת האחדות ערכים מאפס עד 9 ובספרת העשרות ערכים מאפס עד 5. עבור כתובות החורגות ממערך רגיסטרי החומרה, יש להתעלם מהכתיבה ולהחזיר אפס בקריאה.

## דרישות הגשה

1. ההגשה בזוגות.
2. יש להגיש קובץ דוקומנטציה של הפרויקט, חיצוני לקוד, בפורמט pdf.
3. הפרויקט יכתב בשפת התכנות סי בסביבת MPLAB IDE. יש להגיש את כל ספרית הפרויקט כך שניתן יהיה לבנות אותו ע"י לחיצה על build project.
4. יש להגיש גם את קוד האסמבלי של תוכנית הסטופר.
5. בנוסף להגשה במודל, יש לתאם מועד להצגת הפרויקט (DEMO) על הכרטיס.