



אוניברסיטת בן גוריון בנגב

בית הספר להנדסת חשמל ומחשבים

דו"ח תיעוד פרויקט גמר קורס "מבנה מחשבים ספרתיים" 361-1-4191

# Control system of motor-based machine – Final Project

208389833

315150987

ניצן וקסלר

נעם מגדל

מגישים:

תאריך הגשה: 02.09.2024

## מטרת הפרויקט -

תכנון ומימוש מערכת משובצת מחשב מבוססת MCU לצורך בקרת מכונה מבוססת מנוע צעד בשליטה ידנית ע"י joystick analog בנוסף לשליטה מרחוק ממחשב אישי דרך ערוץ תקשורת טורית.

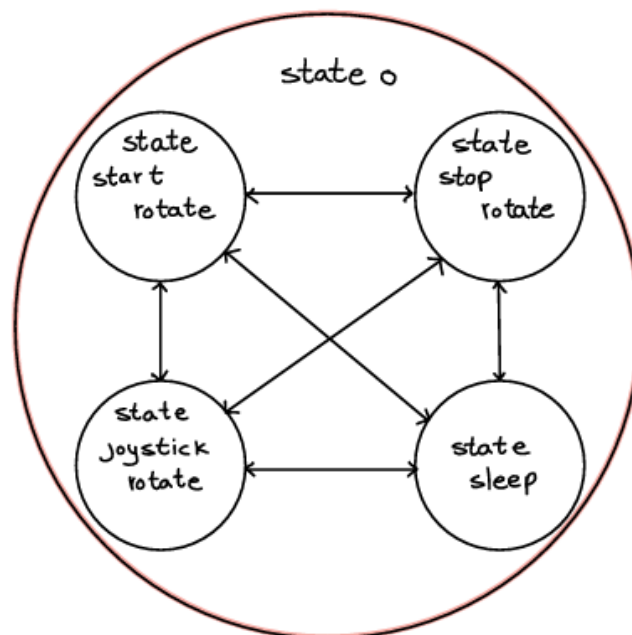
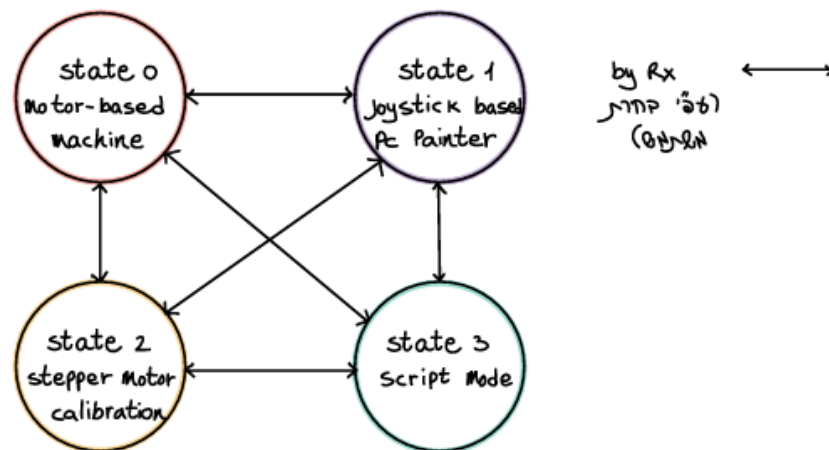
הפרויקט מומש על גבי בקר MSP430G2553 בשפת C בתוכנת CCS. בנוסף, צד המחשב האישי מומש בשפת Python באמצעות תוכנת Pycharm.

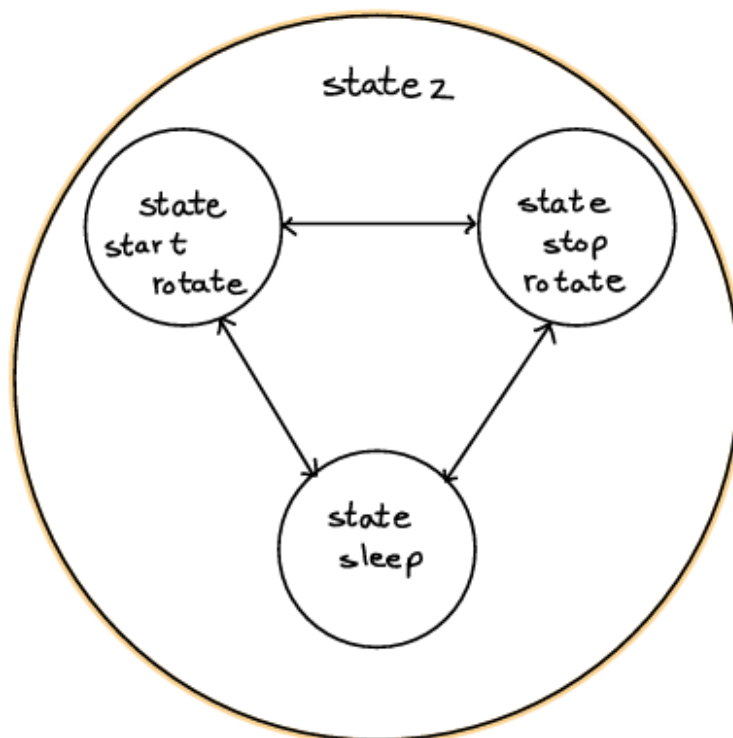
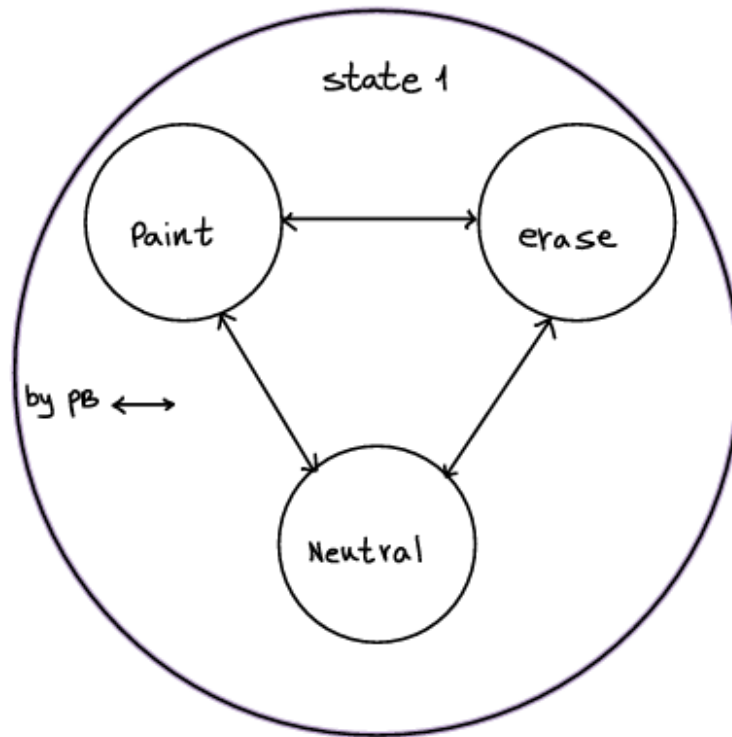
## תיאור הפרויקט -

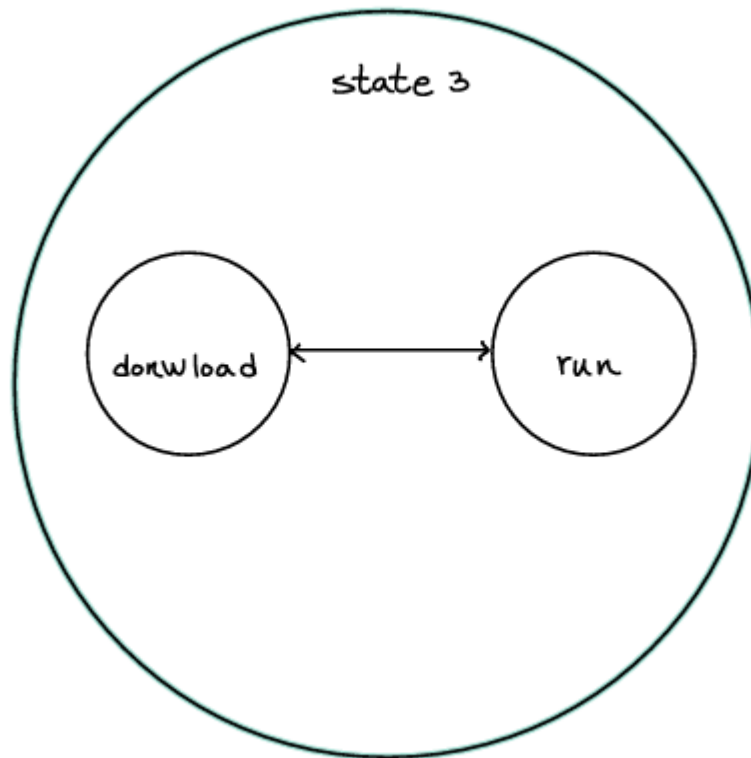
במהלך הפרויקט, הבקר והמחשב יצטרכו לתפקד באופן מתואם לביצוע מספר פקודות. התוכנה פועלת לפי פרדיגמת תכנות מסוג FSM (מכונת מצב סופית), ומבצעת קטע קוד השייך לאחד ממצבי המערכת בהינתן בקשה של פסיקת RX המגיעה מה PC לבקר דרך ערוץ התקשורת לUART.

מצורפת מערכת ה-FSM של הפרויקט-

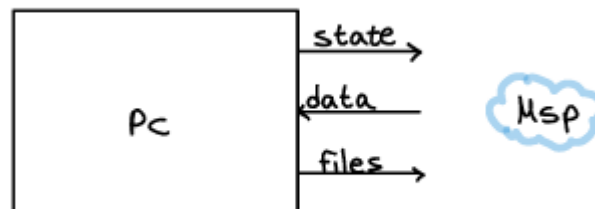
צד בקר -







צד מחשב –



כעת נצלול לכל state בנפרד.

### - State 0 - Manual control of motor-based machine

במשימה זו נדרשנו לנהל שליטה ידנית במנוע הצעד באמצעות הג'ויסטיק באופן הבא – בכל פעם שהמשתמש יזיז את הג'ויסטיק לזווית מסוימת, מנוע הצעד יזוז גם כן לאותה זווית. ההתאמה בין הזוויות נקבעת עפ"י זווית האפס במנוע הצעד.

כעת ניתן לפרט את המשימה לשלוש פקודות עיקריות.

1. הזזת מנוע הצעד באמצעות הג'ויסטיק
2. הזזת מנוע הצעד בכיוון השעון
3. עצירה

כאשר המשתמש ילחץ בתפריט על אפשרות זו, התפריט יתעדכן ויציג תפריט משנה רלוונטי שיכלול את שלוש הפקודות הנוספות האלו.

אופן מימוש המשימה –  
לאחר ביצוע כיול אנחנו יודעים את כמות הצעדים הנדרשת למנוע הצעד לביצוע סיבוב שלם, ולכן ניתן לחשב את גודל הזווית של כל צעד על ידי חלוקה ב- $360^\circ$ . הגדרנו משתנה חדש שמייצג את הזווית הנוכחית של הבקר ביחידות צעדים לסיבוב מלא.

הזזת המנוע לפי הג'ויסטיק – במצב זה, נבצע בקרה בחוג פתוח. בכל איטרציה נחשב את הזווית הנוכחית ואת הזווית הרצויה על ידי דגימת ערכי הג'ויסטיק בשני הצירים באמצעות ה-ADC (\*) והמרה לזווית רצויה ביחידות של המנוע). אם הזווית הנוכחית קטנה מהזווית הרצויה, המנוע ינוע בכיוון השעון. אחרת, הוא ינוע נגד כיוון השעון.

\*נשים לב שקיים פער בין זווית האפס בג'ויסטיק לבין זווית האפס במנוע, לכן בחישוב הזווית הרצויה בכל איטרציה נבצע המרה בין הזווית הרצויה שנמדדה מהדגימה ב-ADC לבין הזווית הרצויה שנשווה לזווית הנוכחית (במנוע) באמצעות חיסור זוויות מתאימות.

### **- State 1 - Joystick based PC painter**

במשימה זו נדרשנו לממש צייר על גבי מסך המחשב הנשלט ע"י joystick analog המשמש "כחוד עיפרון לצייר". לצייר ישנם שלושה מצבים הנשלטים ע"י לחיצה על 2 PB מצב כתיבה <- מצב מחיקה <- מצב ניוטרל.

אופן מימוש המשימה –  
פיתחנו אפליקציה בצד המחשב שמטרתה לשלוט על הסמן בצייר באמצעות ג'ויסטיק שנמצא בצד הבקר. כדי להשיג זאת, דגמנו את ערכי הג'ויסטיק באמצעות ה-ADC ושלחנו את הנתונים למחשב, כך שהסמן בצייר יתעדכן בהתאם לכיוון תנועת הג'ויסטיק.

צד המחשב יקבל את המידע בצורה רציפה ויפענח אותו בהתבסס על הדגימות. כמו כן, נבצע את הזזת הסמן באפליקציית הצייר כך שהסמן ינוע בהתאם לתנועת העכבר. מאחר ורצינו שהג'ויסטיק יפקח אוטומטית על העכבר, נמצא את ההפרש בין דגימות עוקבות ונתאים את תנועת העכבר להפרש בצירים השונים.

כדי לנהל את מצב הצייר, השתמשנו במשתנה נוסף. מצב הצייר יתעדכן במשתנה זה בהתאם ללחיצה על כפתור מהערכה, כאשר שידור של קוד מסוים יגרום למחשב להבין שהתקבלה לחיצה מהבקר. כתוצאה מכך, המחשב יעדכן את ערך משתנה המצב שלו.

### **- State 2 - Stepper Motor Calibration**

במשימה זו נדרשנו לבצע כיול למנוע הצעד ולהציג על גבי מסך המחשב את כמות הצעדים בסיבוב שלם ואת גודל זווית הצעד.

בלחיצה על מצב זה התפריט יתעדכן עם שני לחצנים התחלת סיבוב וסיום סיבוב. כאשר המשתמש ילחץ על כפתור הסיום (לאחר סיבוב שלם מפס האפס), צד המחשב יקבל מהבקר את כמות הצעדים שביצע ויחשב את ערך הזווית ע"י חלוקה ב-360 מעלות.

### **- State 3 - Script Mode**

במשימה זו, היינו צריכים לנהל פעולות שונות בבקר בהתבסס על קבצי סקריפט ברמת high-level שהוגדרו מראש. המטרה הייתה לתמוך בשליחה ובקבלה של עד שלושה קבצים, כאשר כל קובץ פועל בנפרד ובאופן עצמאי מהשניים האחרים. כל קובץ סקריפט נצרב לרכיב ה-Flash של הבקר.

נגדיר מבנה (struct) אשר יכיל את הנתונים הבאים:

- מספר הקבצים הזמינים.
- מערך שמכיל את שמות הקבצים.
- מערך המצביע על תחילת כל קובץ בזיכרון.
- מערך המתעדכן עם גודל הקבצים.

הצריבה של כל קובץ תתבצע בהתאם לבחירה מהתפריט. לאחר הצריבה, נבצע את הפעלת הסקריפט שנצרב בבקר, בהתאם לאינדקס שנבחר בתפריט.