|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| \\dsp-disk.eng.tau.ac.il\Documents\eeproj\Forms & Important\פרויקטים\הנחיות\Guidelines\Students\ENG_LOGO-01.png | | | **\\dsp-disk.eng.tau.ac.il\Documents\eeproj\Forms & Important\פרויקטים\הנחיות\Guidelines\Students\TAU_EngineeringENG.png** | |
| Sensing and telemetry systems | | | |
| פרויקט מס' 22-1-1-2666  דו"ח סיכום | | | |
| מבצעים: | | | |
|  | יונתן אמיר | 207021858 | |
|  | יורי לוקץ' | 311809867 | |
| מנחים: | | | |
|  | מר שמחה לייבוביץ | אוניברסיטת ת"א | |
|  |
| מקום ביצוע הפרויקט:  מעבדת בקרה | | | |

תוכן עניינים

[תקציר 4](#_Toc160268389)

[1 הקדמה 5](#_Toc160268390)

[2 רקע תיאורטי 5](#_Toc160268391)

[2.1.1 M5STACK 5](#_Toc160268392)

[2.1.2 PaHub 6](#_Toc160268393)

[2.1.3 PbHub 6](#_Toc160268394)

[2.1.4 Bosch BMI 270 6](#_Toc160268395)

[2.1.5 ToF 6](#_Toc160268396)

[2.1.6 AMG8833 6](#_Toc160268397)

[2.1.7 FSR402 7](#_Toc160268398)

[2.1.8 LCD 7](#_Toc160268399)

[2.1.9 Vibration Motor 7](#_Toc160268400)

[2.1.10 RGB 7](#_Toc160268401)

[3 סימולציה 7](#_Toc160268402)

[4 מימוש 8](#_Toc160268403)

[4.1 תיאור חמרה 10](#_Toc160268404)

[4.2 תיאור תוכנה 10](#_Toc160268405)

[5 ניתוח תוצאות 11](#_Toc160268406)

[5.1 השוואות בין תוצאות הסימולציה לעבודה בזמן אמת 11](#_Toc160268407)

[5.2 ביצועי המערכת מבחינת זמן אמת 12](#_Toc160268408)

[6 סיכום, מסקנות והצעות להמשך 12](#_Toc160268409)

[7 תיעוד הפרויקט 12](#_Toc160268410)

**רשימת איורים**

[איור 1 –דיאגראמת בלוקים 4](#_Toc160268411)

[איור 2 – דיאגרמת בלוקים 8](#_Toc160268412)

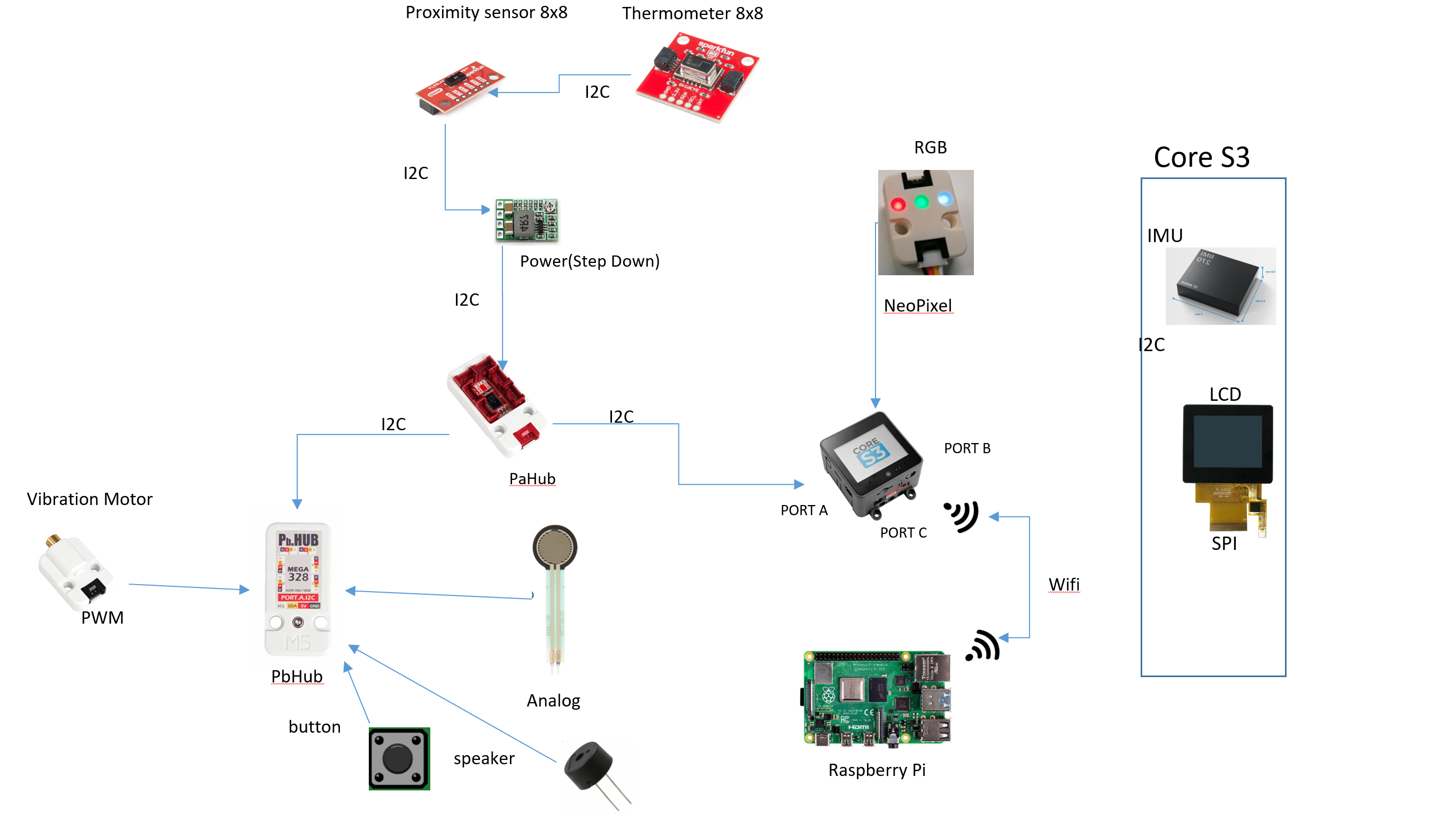
**רשימת טבלאות**

תקציר

פרויקט גמר זה עוסק בבניית תשתית מבוססת **Arduino**עבור פרויקטים עתידיים בהנדסת חשמל בדגש על פרויקטים בתחום הפיזיותרפיה.

פרויקטים רבים שנעשים בפקולטה להנדסה עוסקים בין היתר ביצור תשתיות חומרה ותוכנה עצמיות אשר ייחודיות עבור הצרכים הנקודתיים שלהם לפרויקטים. בפרויקט זה, אנו ניתן מענה לצורך זה על ידי כך שנספק **תשתית אחידה ורחבה** ככל הניתן בעבור פרויקטים אחרים שיהיו זקוקים לה.

סביבת העבודה והתשתית תכיל את **כניסות הסנסורים השונים ויציאותיהם** ובנוסף לכך חיווים ויזואליים וצלילים.



איור 1 –דיאגראמת בלוקים

# הקדמה

בפרק זה יתוארו:

* מטרות הפרויקט
* המוטיבציה
* הגישה לפתרון הבעיה
* השוואה כנגד עבודות ואלגוריתמים/מימושים קיימים בנושא

לשימוש בפרויקט השאפתני שלנו. המטרה העיקרית שלנו היא להקים תשתית מבוססת Arduino שתשמש כבסיס למיזמים עתידיים בתחום ההנדסה החשמלית, עם דגש מיוחד על פרויקטים הקשורים לפיזיותרפיה.

מטרתנו היא לספק תשתית מוכנה, שחיישניה נבדקו על ידינו, והיא תהיה קלה לשימוש עבור סטודנטים ותשמש כתשתית אחידה לעבודה. בנוסף, התשתית צריכה להיות מסוגלת לעבוד באינטגרציה עם Raspberry Pi באמצעות Wi-Fi.

פיתחנו תשתית קוד קבוע FIRMWARE ועבודה מול הבקר M5Stack עבור התממשקות עם החיישנים, למצב עבודה עצמאי(STANDALONE) או מצב עבודה של חיבור MASTER-SLAVE, כשהבקר שלנו היננו הslave. פיתוח תשתית Python שהננה הmaster, שניתן לעבוד איתה ב-Windows או באמצעות חיבור סריאלי או Wi-Fi ולקבל מחוון מחיישנים או להפעיל חיישני פלט (כמו רמקול). ניתן להתחבר ל-Raspberry Pi באמצעות Wi-Fi . ההסבר על עבודה עם התשתית נמצא בקבצי הפרויקט עצמו, וכיצד ניתן להרחיב את יכולותיה במידת הצורך.

# רקע תיאורטי

### M5STACK

בפרויקט זה, נשתמש ב-M5Stack CORES3 ESP32S3 כבקר הראשי. ה-M5Stack ששייך למשפחת המיקרובקרים, ESP32 מציע ביצועים חזקים ותאימות רחבה עם ספריות תוכנה וחומרה רבות, ולכן בעל התאמה רבה לפרוייקט שלנו. הוא כולל חלק מן חיישנים משולבים הדרושים לפרויקט, מה שמפשט את תהליך ההתקנה ומקטין את הסיכוי לטעויות בחיבורים. בנוסף, ה-M5Stack יעיל מבחינת צריכת החשמל וניתן לתכנת בקלות באמצעות Arduino IDE , ומציע גמישות בהתאמת מספר חיישנים, ומאפשר לסטודנטים לחקור ולחדש בתחום היישומים המבוססים חיישנים.

### PaHub

הצורך להרחיב את יציאת ה-I2C מתקיים באמצעות HUB, שדרכו אנו יכולים להוסיף עוד חיישנים עם חיבור Grove .אנו משתמשים ב AP9548PCA (B040-U)- שדרכו אנו יכולים לחבר כשישה חיישנים.

### PbHub

רכיב זה הוא עם יציאת I2C ודרכו ניתן לחבר עד שישה חיישנים שאינם I2C , כמו GPIO,PWM,ANALOG וכו'. מכיל פנימית בתוכו ממיר ADC ומכיל בקר פנימי STM32F030

.

### Bosch BMI 270

רכיב זה היננו IMU, המובנה בתוך הm5stack, אשר משלב פנימית בתוכו חיישן בעל 6 צירים כך שג'ירוסקופ תלת צירי ו16 סיביות ומד התאוצה תלת צירי 16 סיביות.

### ToF

מד מרחק SparkFun Qwiic ToF Imager VL53L5CX. היננו חיישן בעל 64 פיקסלים, טווח סריקה של עד כ4 מטרים וראייה אלכסונית של עד כ-63 מעלות. כאמור סנסור זה משלב בתוכו מערך SPAD, מסנני אינפרא אדום פיזיים ואלמנטים אופטיים עקיפים בכדי לקבל ביצועים טובים ביותר עבור טווחי תאורות שונות וסביבות שונות.

### AMG8833

מצלמה תרמית SparkFun Grid-EYE סנסור זה מכיל מערך תרמופילים בגודל 8 על 8 ( 64 פיקסלים ) אשר מזהה באמצעות אינפרא אדום טמפרטורה . קצב הדיוק היננו , וטווח טמפרטורות . מצלמה תרמית זו יכולה לזהות חום גוף אדם עד כ7 מטרים וקצב הפריימים שלו היננו בין 1-10 פריימים לשנייה.

### FSR402

חיישן נגד חישת כוח, עם אזור יחיד אשר מותאם לשימוש בבקרת מגע אנושי של מכשירים אלקטרוניים. כאמור FSR מכשיר דו-חוטי בעל חיישן סרט עבה פולימרי אשר מפגין ירידה בהתנגדות עם עליית הפעלת הכוח עליו. מדובר על חיישן אנאלוגי.

### LCD

LCD מובנה בm5stack הדגם היננו ILI9342C.

### Vibration Motor

מנוע רטט המכיל גלגל אקסצנטרי מתכתי. מהירות הסיבוב שלו היננו של .

### RGB

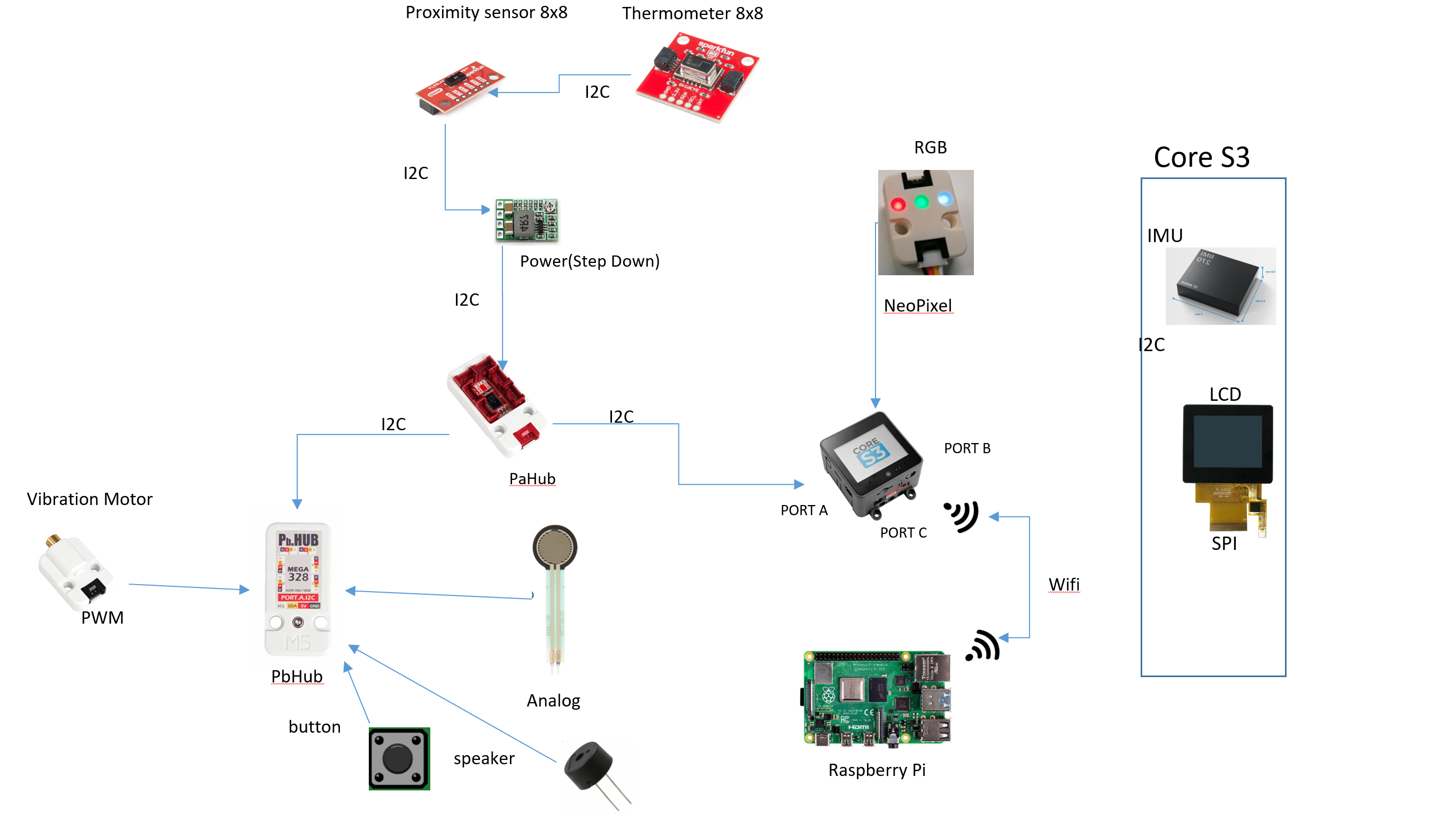
יחידת RGB עם 3 נוריות לד בודד. **\*לא עבר בדיקות חומרתיות**.

# סימולציה

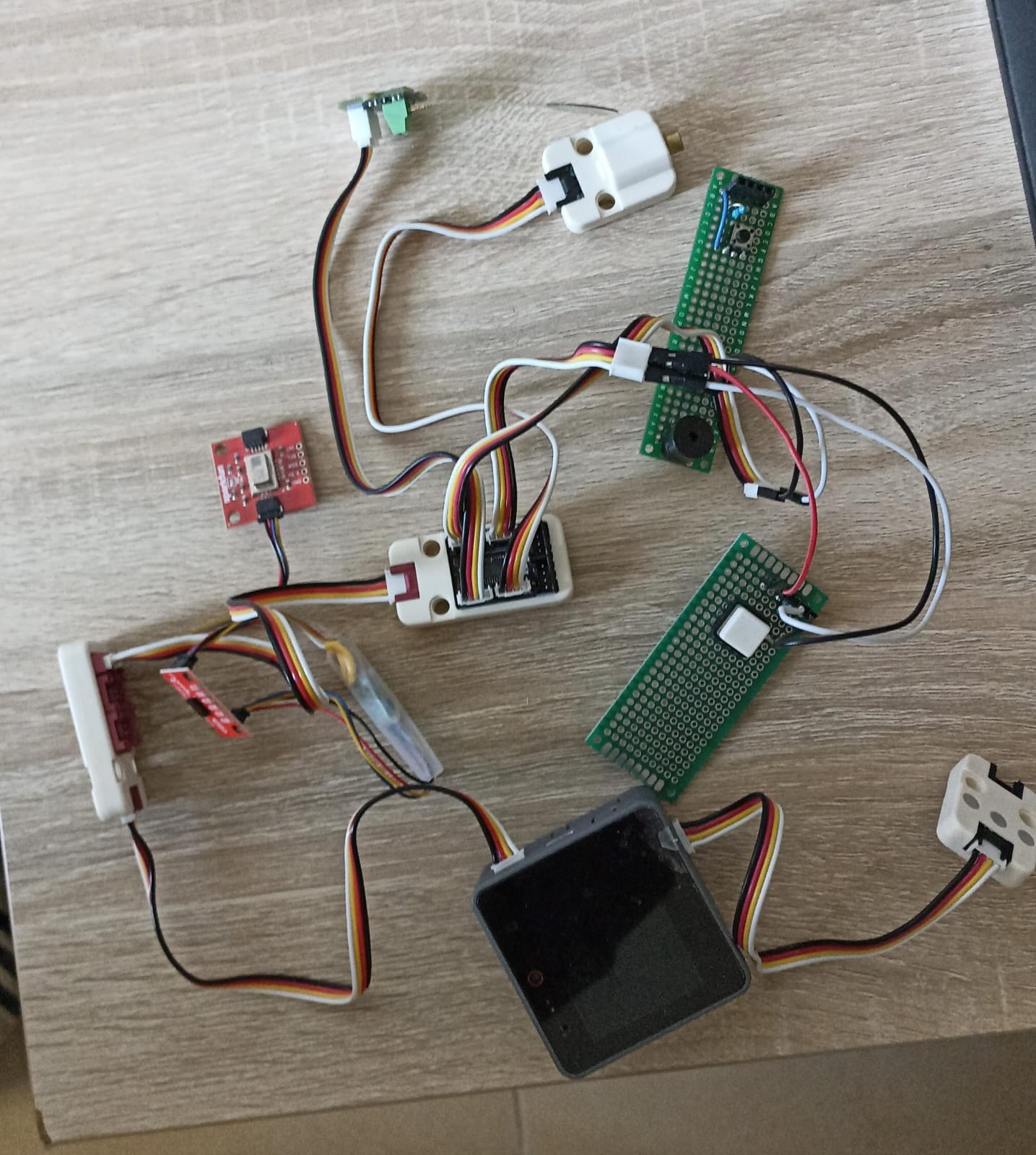
בפרק זה תתואר סביבת הסימולציה, יוצגו סימולציות רלבנטיות למימוש הפרויקט.

# מימוש

בפרק זה יתואר המימוש והשיקולים לבחירתו, ההקדמה תכלול תיאור כללי, כולל דיאגרמת בלוקים מפורטת עבור אופן מימוש הפרויקט.

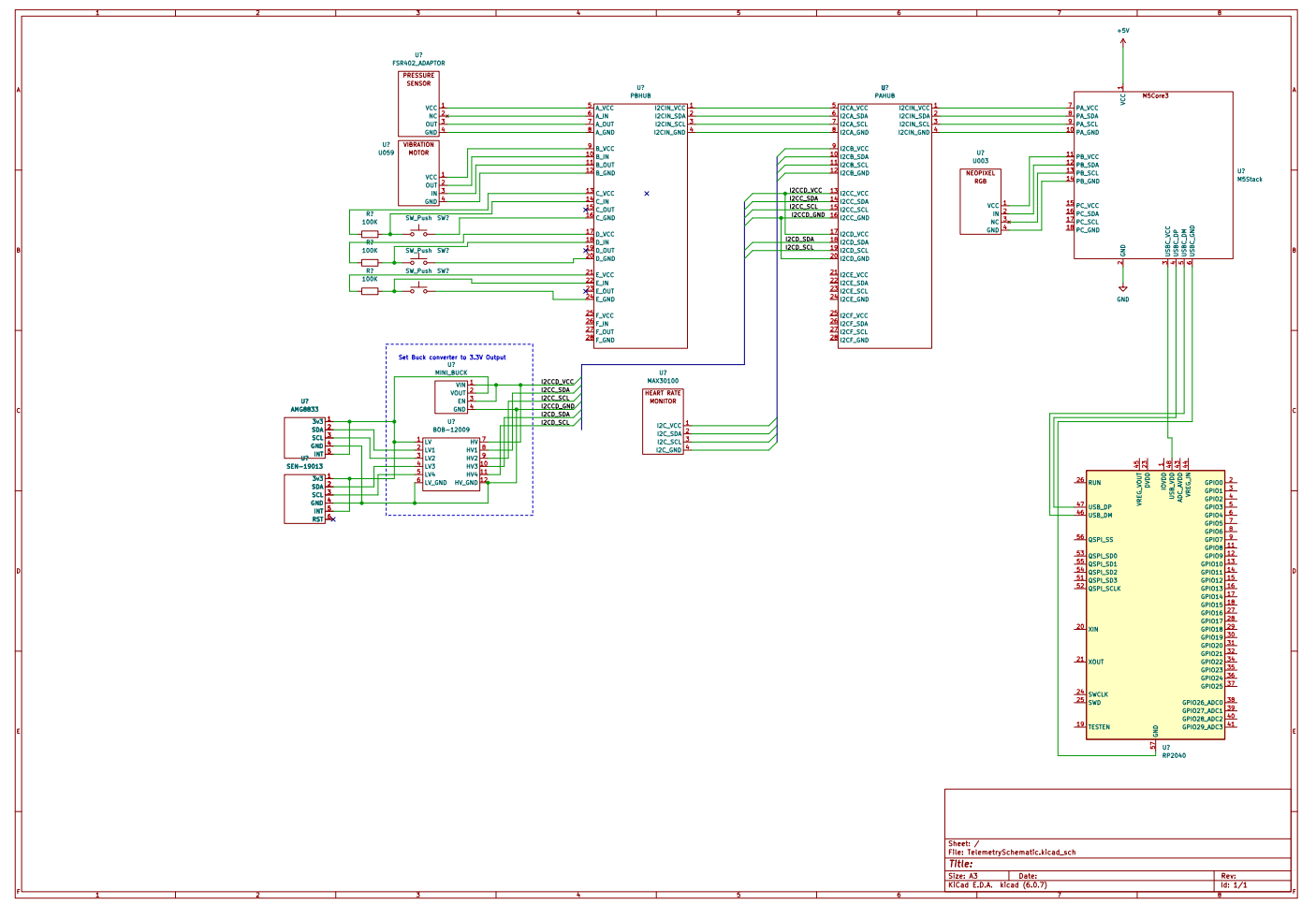


איור 2 – דיאגרמת בלוקים



איור 3 – מבנה המערכת

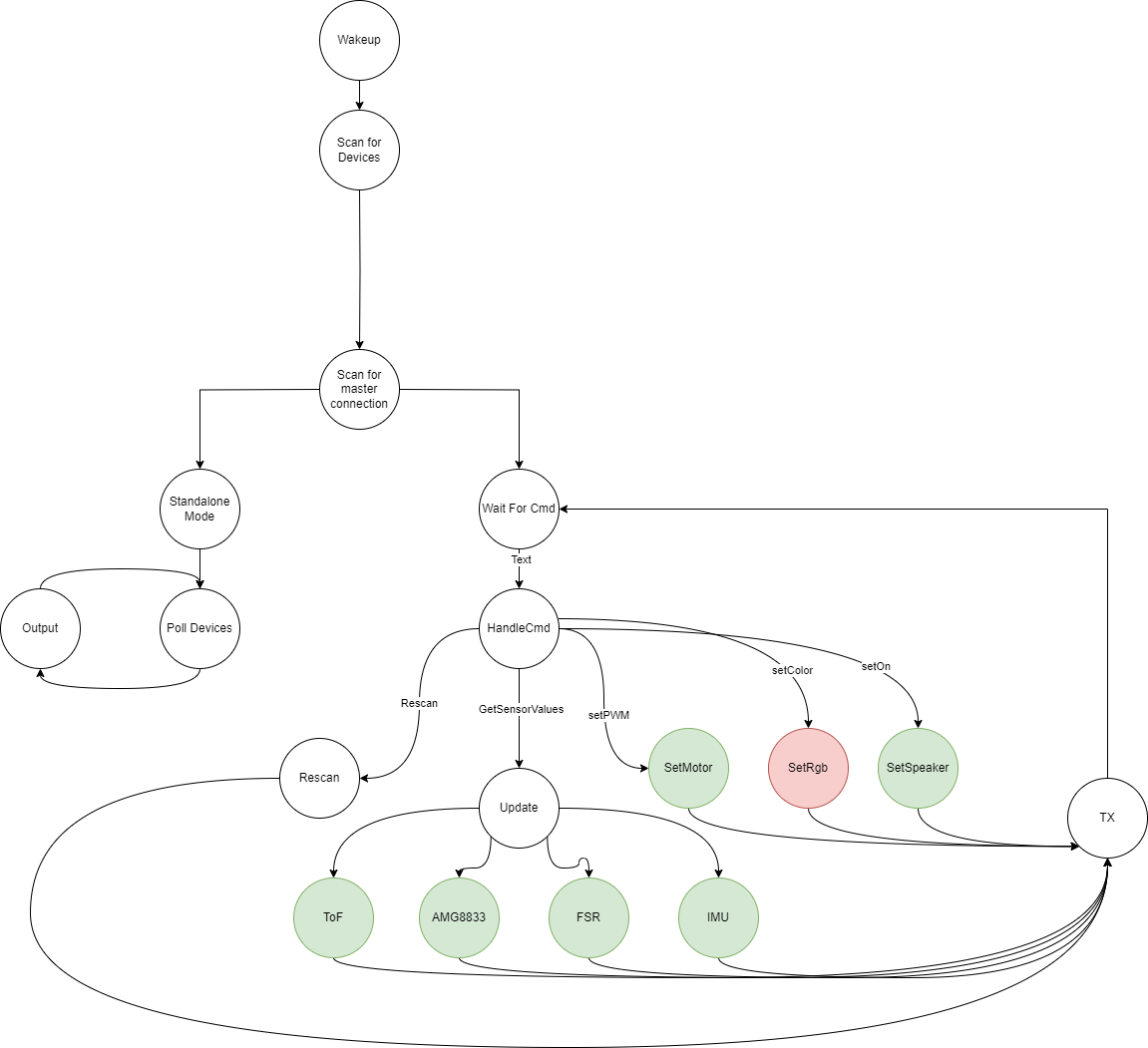
## תיאור חמרה



איור 4 – תיאור חומרתי של חיבורים מול הבקר

## תיאור תוכנה

תיאור אופן מימוש הפרויקט בתוכנה כולל פירוט הכלים ,הפלטפורמות והסברים רלבנטיים – אין לכלול קטעי קוד.



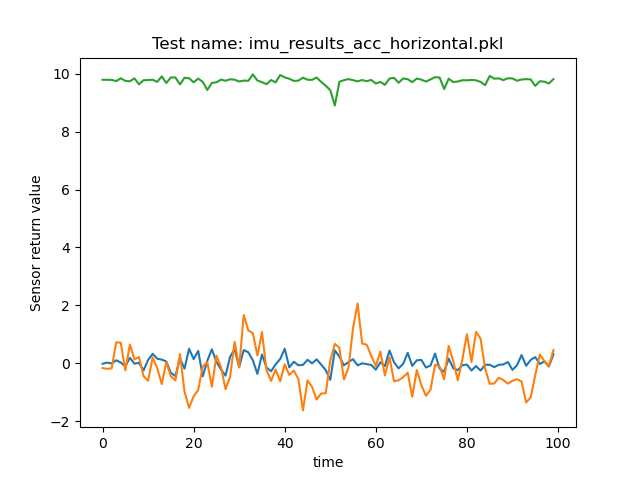
איור 5 – מכונת מצבים של הבקר

פותח ב-C++ וPython. יש להיעזר בפלטפורמות Arduino IDE(ניתן גם להשתמש ב Visual Code (, ו Pycharm. הפרויקט פותח באמצעות חשיבה מודולרית ומונחת עצמים לצורך נוחות מימוש והוספת יכולות בהמשך על ידי סטודנטים אחרים שיעזרו בפרויקט זה.

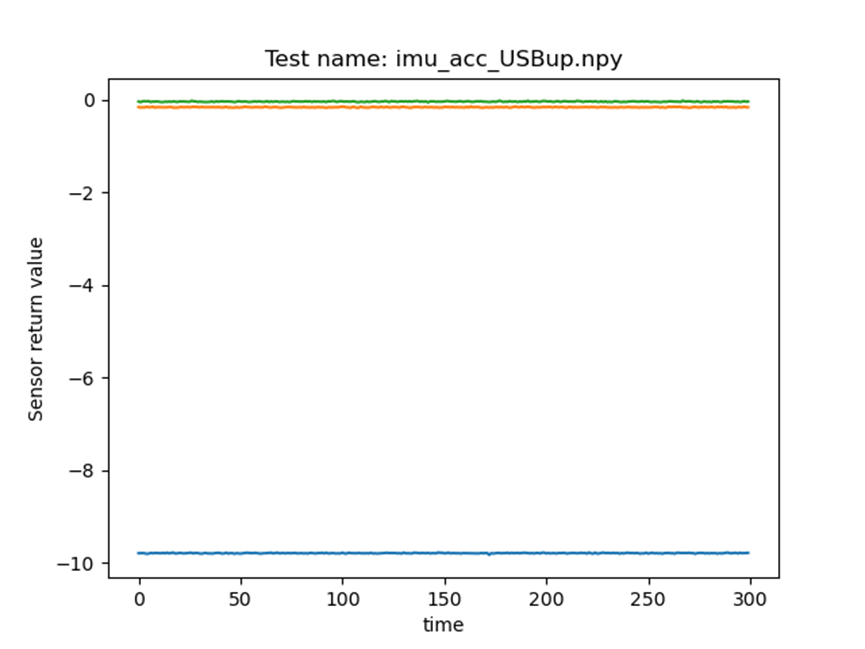
# ניתוח תוצאות

## השוואות בין תוצאות הסימולציה לעבודה בזמן אמת

### IMU



החזקנו את הimu באוויר(מצב סטטי). ניתן לראות שקיבלנו בציר Z בקירוב טוב את תאוצת כדור הארץ ובשאר הצירים השינוי בציר X,Y יציב.



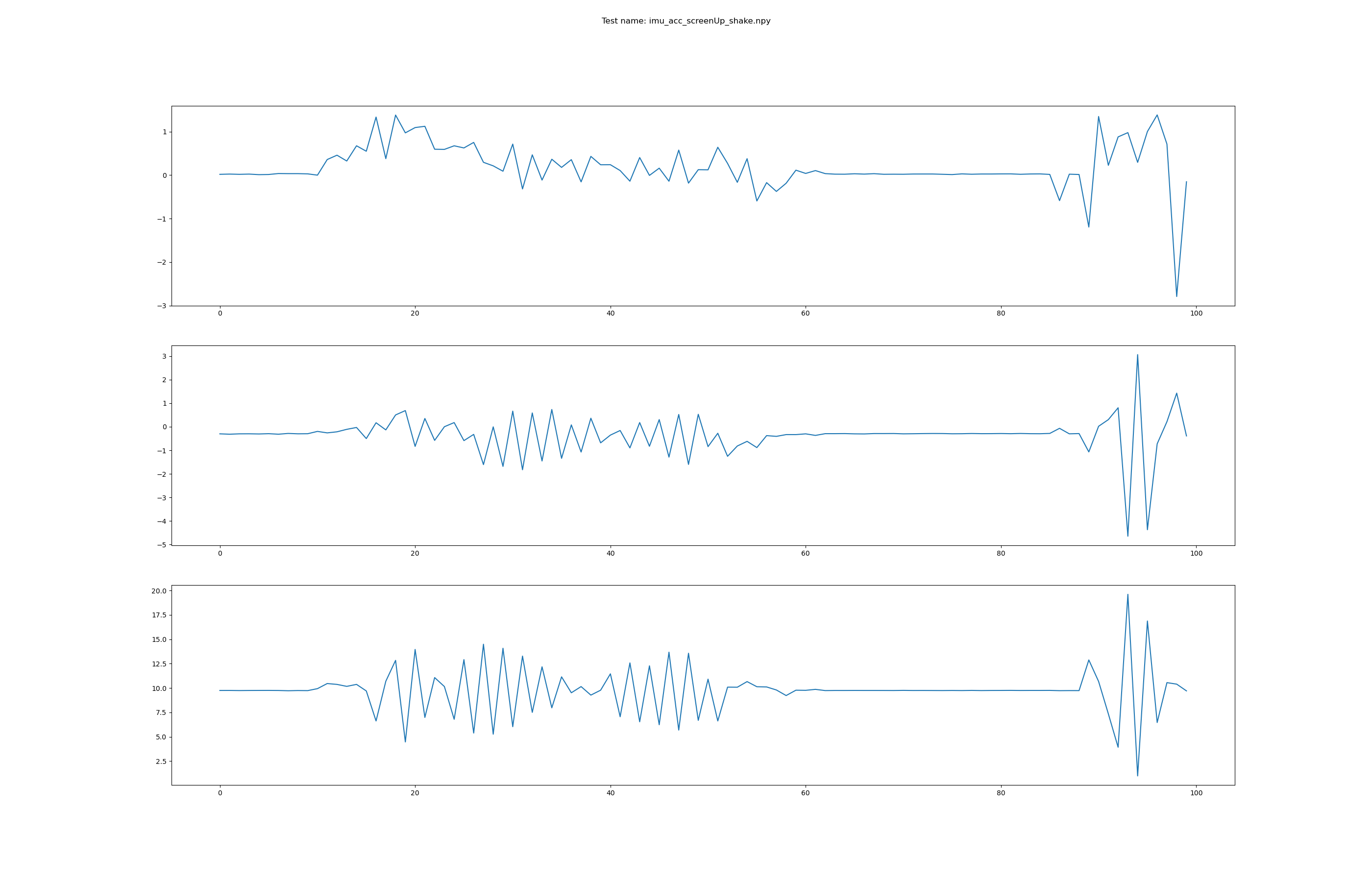
בדיקה סטטית זו נותנת אינדיקציה למרחב שלנו.

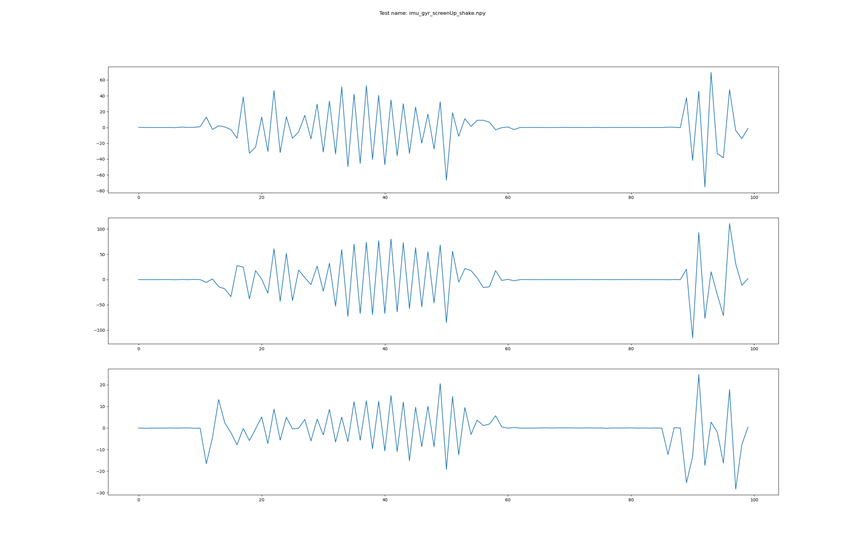
מיקום המסך למעלה חיובי בציר Z

מיקום ה-USB למטה חיובי בציר X

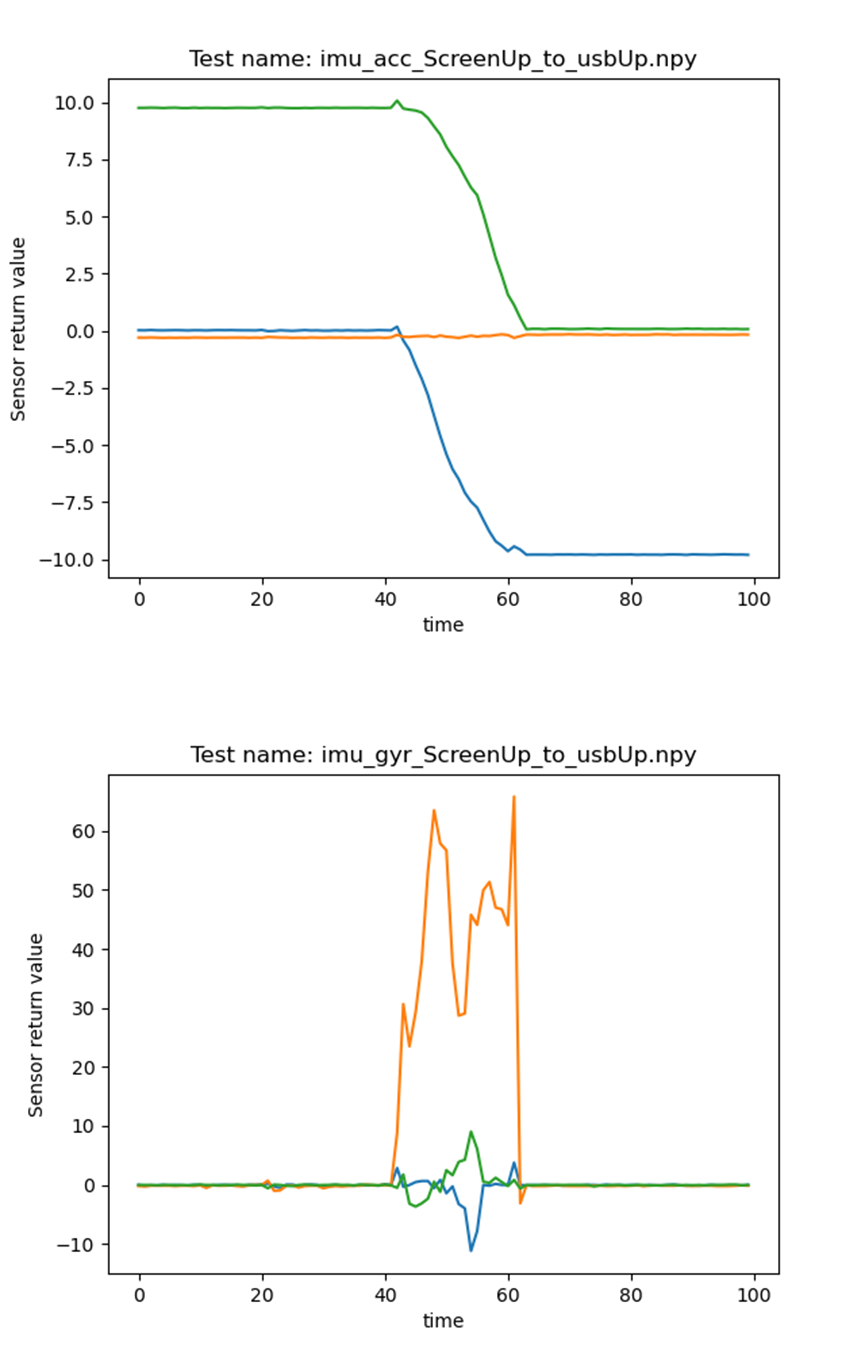
מיקום יציאת IIC למעלה חיובי בציר Y.

#### טסטים דינמיים של IMU



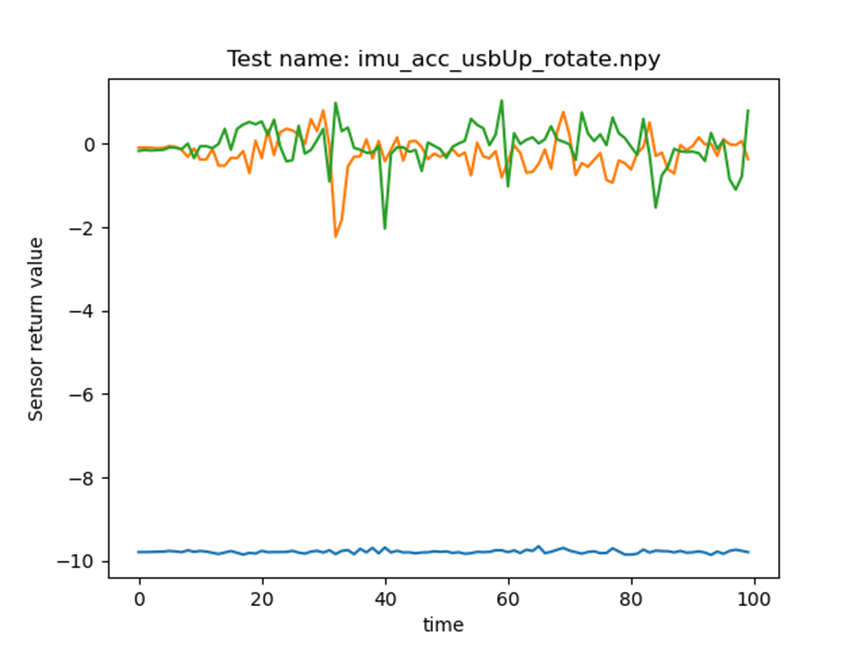


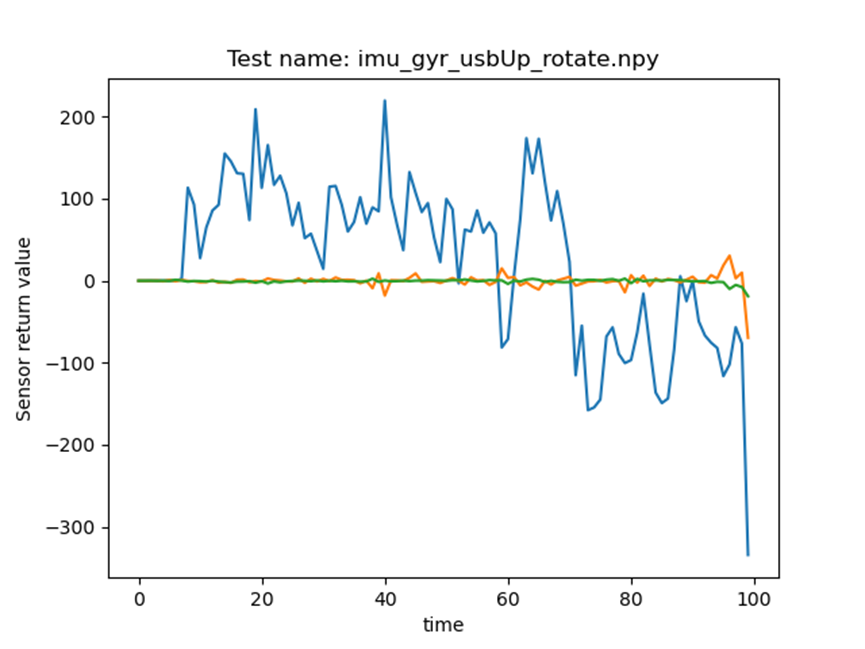
ניתן לראות בבירור המערכת מזהה בבירור שיש ניעור שלה(ניתן לראות על פי תוצאות הג'ירוסקופ).



בבדיקה זו החזקנו הרמנו מהשולחן את הm5 עד לגובה מסוים ולאחר מכן נערנו אותו.

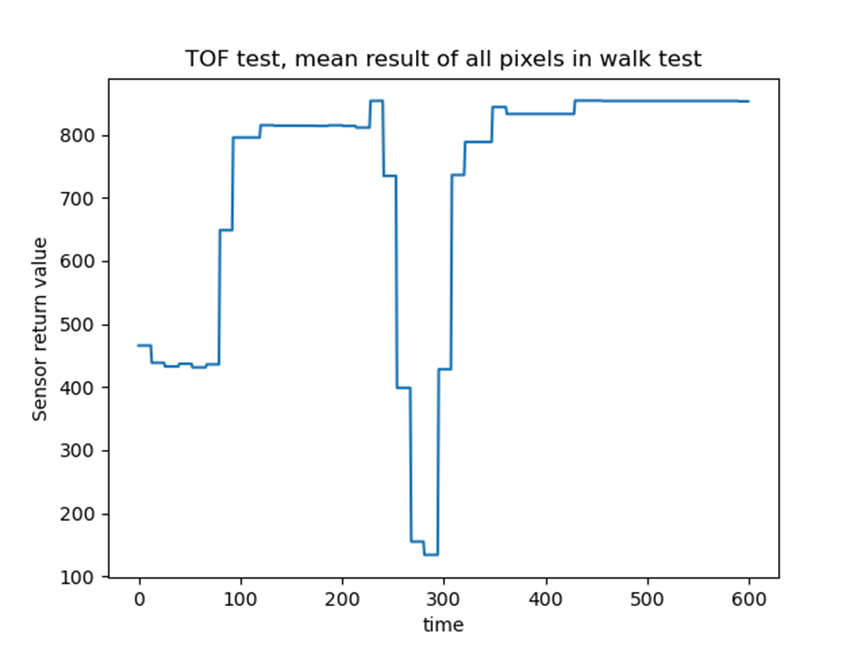
הבדיקה האחרונה שביצענו זו בדיקת רוטציה של הimu, על ידי 'נעילת' שתי צירים אחרים וקיום של ציר אחד בלבד:





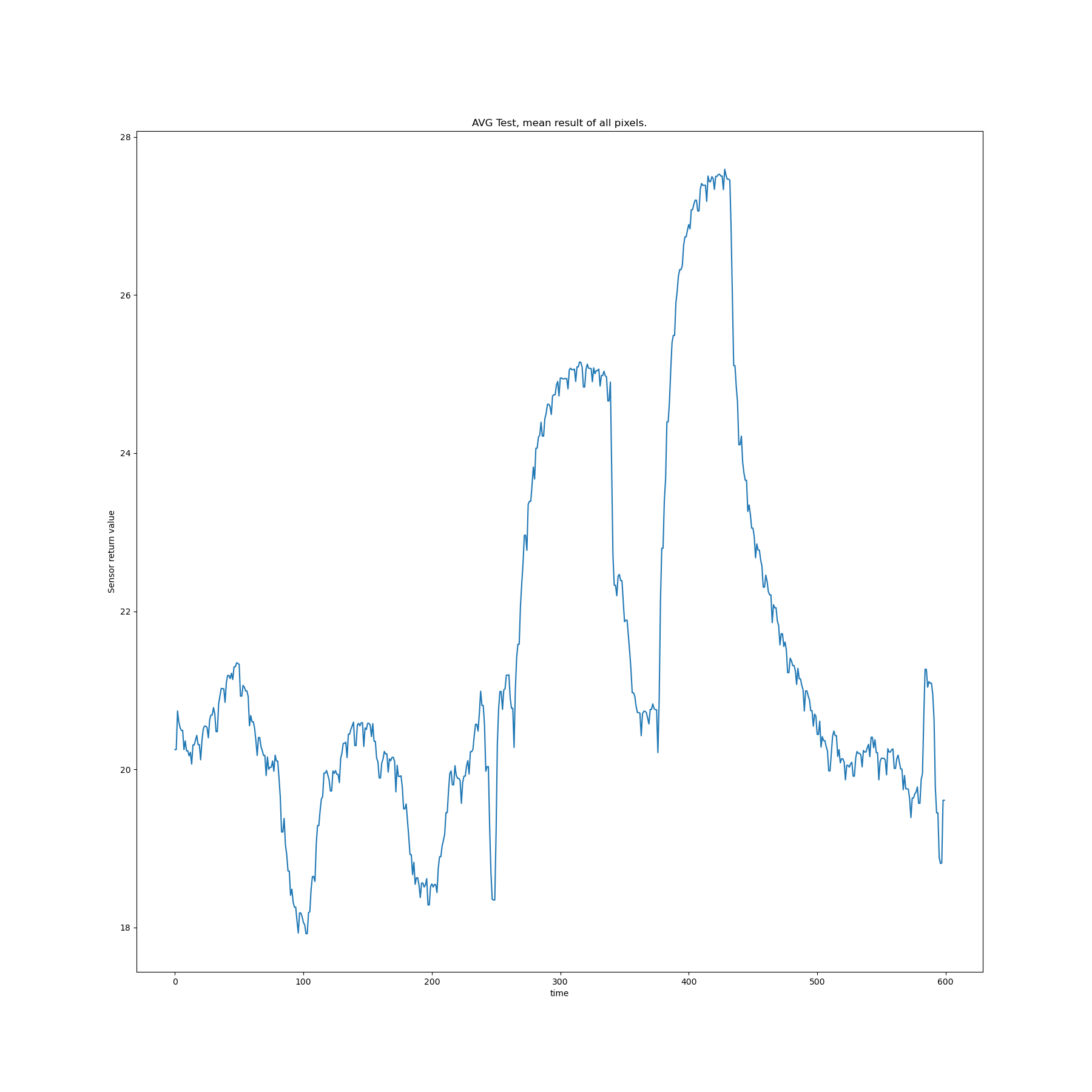
ניתן לראות שרק ציר אחד זז כפי שציפינו.

### ToF



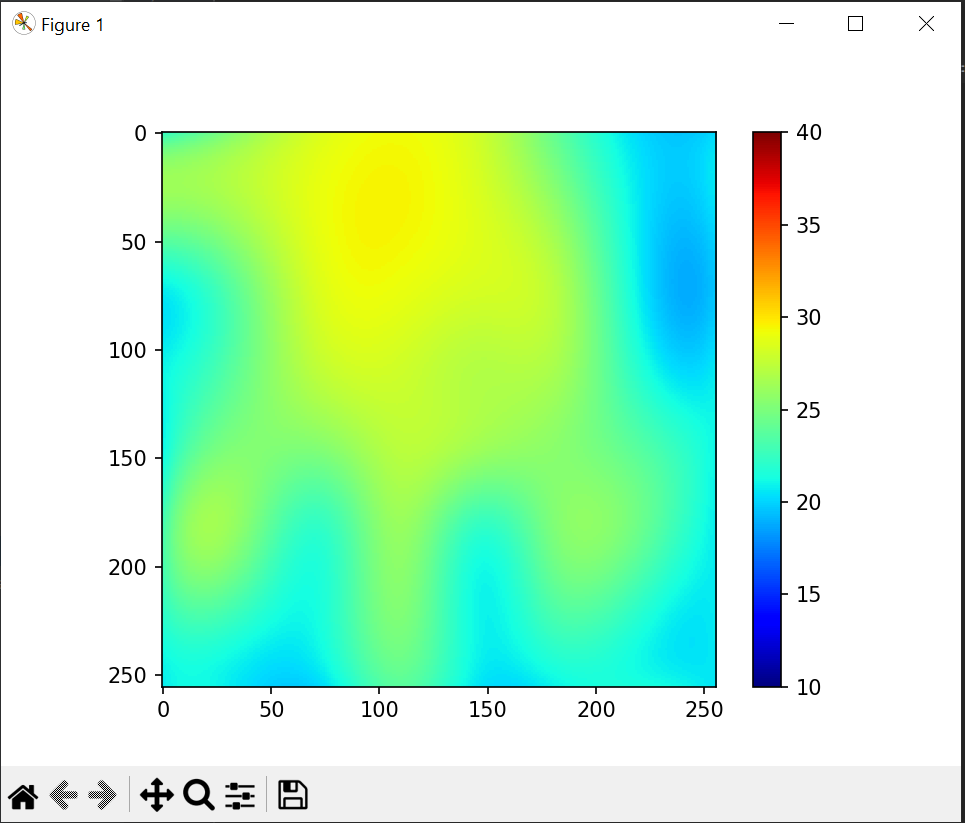
התרחקנו והתקרבנו אל הToF,ניתן לראות שהגרף מתאר זו בצורה טובה.תוצאות הגרף משקפות ממוצע הערכים של 64 פיקסלים של החיישן.

### AMG8833



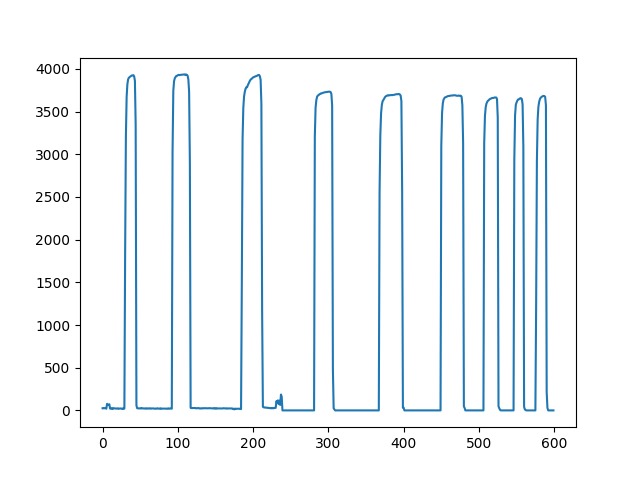
עמדנו מול הamg8833, ניתן לראות שהוא משקף בצורה טובה את טמפ' הגוף של אדם העומד מול המצלמה( ממוצע הדגימות של כל 64 הפיקסלים).

בדיקה נוספת זה נחת יד מול המצלמה התרמית ובאמצעות אינטרפולציה לוודא שאנחנו רואים את היד:



ניתן לראות שבערך קיבלנו את צורת היד, צריך לקחת בחשבון שמדובר רק על 64 פיקסלים לכן קשה לראות תמונה מדויקת, אך סה"כ ניתן לראות צורה של יד כפי שצופה.

### FSR402



ניתן לראות שהמד לחץ משקף בצורה טובה את הפעולה שביצענו שזה לחיצה ושחרור עם האצבע.

## ביצועי המערכת מבחינת זמן אמת

* מלבד לחיבור USB שביצע התנהגות לא צפויה(ולכן נכון לכרגע לא אמין) והRGB, המערכת תפקדה מעבר למצופה מבחינת ביצועים(תדירות דגימה שגדולה מ10 הרץ).

# סיכום, מסקנות והצעות להמשך

דברים הטעונים לשיפור בפרויקט:

* במקור היה צורך שpi יתמוך בחיבור סריאלי, אך בעקבות זה שבחרנו בקר חדש מדי – לא היה תמיכה ולכן הpi עובד רק באמצעות WIFI.
* הrgb נכשל בבדיקות שביצענו מולו ואופרטיבית התגלה כלא אמין לשימוש.

מסקנות:

* עדיף לעבוד עם גרסה לפעמים לא הכי עדכנית של מערכת, אך אמינה יותר.
* קנייה של כמה סוגי חיישנים מאותו סוג ובדיקת אמינות של כל אחד.

ניתן יהיה להרחיב לתמיכת סנסורים נוספים(הפרויקט מודולרי מראש עבור אופציה זו). ניתן להכין פרויקטים מגוונים בgui(יש דוגמאות בgit של הפרויקט עצמו). בנוסף יהיה אפשר לעדכן את קוד התוכנה של החומרה של m5.

# תיעוד הפרויקט

* תיעוד- <https://github.com/YonatanAmir1996/M5StackTelemetry/blob/main/ProjectDocuments/FinalProject.docx>
* הפרויקט - <https://github.com/YonatanAmir1996/M5StackTelemetry>

1. “M5Stack CoreS3 ESP32S3 loT Development Kit Specification https://shop.m5stack.com/products/m5stack-cores3-esp32s3-lotdevelopment-kit
2. Bosch IMU specification: <https://www.bosch-sensortec.com/products/motion-sensors/imus/bmi270/>
3. PaHub specification - <https://shop.m5stack.com/products/i2c-hub-1-to-6-expansion-unit-pca9548apw>
4. PbHub specification - <https://shop.m5stack.com/products/i-o-hub-1-to-6-expansion-unit-stm32f0>
5. SparkFun Qwiic ToF Imager - VL53L5CX <https://www.sparkfun.com/products/18642>
6. SparkFun GRID-EYE Amg8833 - <https://www.sparkfun.com/products/14607>
7. FSR402 Data sheet <https://www.trossenrobotics.com/productdocs/2010-10-26-DataSheet-FSR402-Layout2.pdf>
8. Vibration motor unit - <https://shop.m5stack.com/products/vibration-motor-unit>