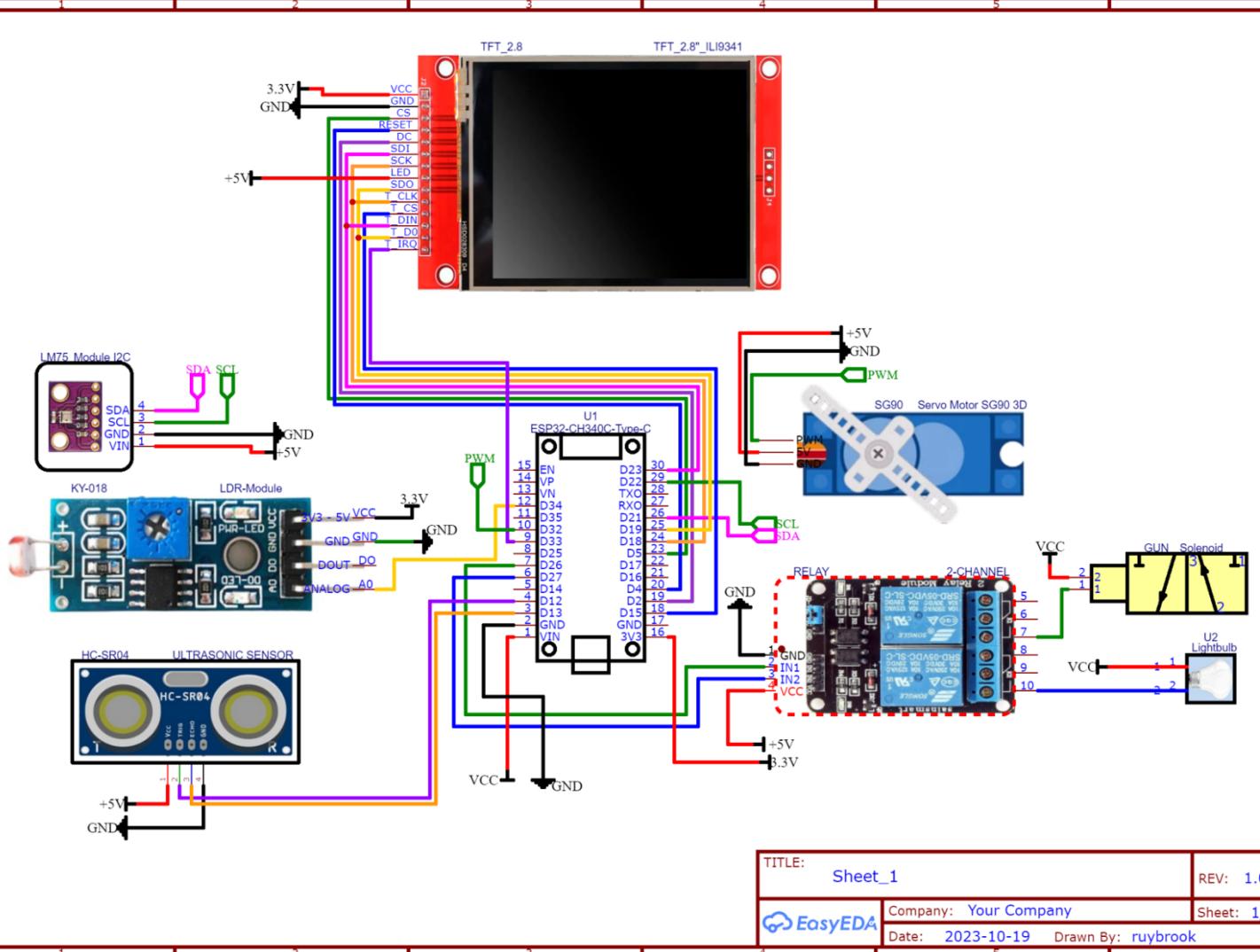
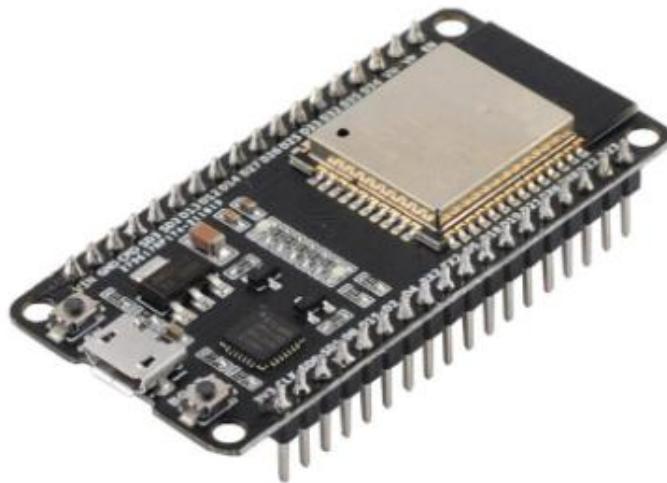


שרטוט חשמלי ראשוני בתוכנת EASYEDA



זה למעשה השרטוט הראשוני עבור המערכת אליה התchingיבתי בהצעת פרויקט. הפרויקט שעשייתי בפועל הוא יותר מרכיב ומחולק לשתי מערכות שמתקשרות ביניהן בעזרת פרוטוקול תקשורת אלחוטי הנקרא **ESP_NOW** אני משתמש בשני מיקרו בקרים מסוג **ESP32** ואתייחס לכך בשרטוט החשמלי הסופי שלiproject שם ניתן יהיה לראות בבירור את המערכות וכיידן מתחברות למערכת אחת גודלה.

מיקרו בקר ESP32



ה- **ESP32** הוא הרבה יותר מסתם מיקרו-בקר פשוט ; הוא מערכת על שבב (SoC) חזקה ורב-תכנית, המשלבת את כל מה שצריך כדי לבנות פרויקט חכם, מוקשר וחסכוני באנרגיה. פרי-פיתוחה של חברת **Espressif Systems**, ESP32 בולט בזכות השימוש הייחודי של עצמת עיבוד חזקה, קישוריות אלחוטית וכיותה צריכת חשמל נמוכה.

תכונות טכניות עיקריות:

- .**1. עיבוד בעל ביצועים גבוהים** : מצויד בمعالג כפול-ЛИבָה במהירות של עד 240 MHz, ה- ESP32 מסוגל לבצע משימות מורכבות ולנהל מספר פעולות במקביל במהירות גבוהה.
- .**2. קישוריות אלחוטית מובנית** : ה- ESP32 מגיע עם **Wi-Fi** ו- **Bluetooth** מובנים, מה שהופך אותו לבחירה אידיאלית לפיתוח פרויקטים מחוברים ללא צורך ברכיבים חיצוניים נוספים.
- .**3.יעילות אנרגטית** : עם מצבי שינה מרובים, ה- ESP32 מתוכנן לפעול לטוווח ארוך על סוללה בודד, מה שהופך אותו למושלם עבור יישומים המופעלים באמצעות סוללה.
- .**4. ממשקים קלט/פלט (I/O) גמישים** : ה- ESP32 מציע מגוון רחב של ממשקים היקפיים, כולל **GPIO, ADC, DAC, I2C, SPI**.
- .**5. תמיכת קהילה נרחבת** : עם אלפי מפתחים ברחבי העולם המשתמשים ב- ESP32, קיימים שפע של ספריות קוד, תיעוד ופרויקטים של קוד פתוח הזמינים לתמיכת בפיתוח שלך.

הסוד שמאחורי ה-ESP32: יחידת העיבוד המרכזית (CPU)

ה-ESP32 מצויד בمعالג עצמאי Xtensa LX6 dual-core, הפועל במהירות מרשימה של עד 240MHz. אבל מה זה בעצם אומר?

- דמיינו שיש לנו שני מוחים עובדים במקביל: בזמן אחד מהם מטפל בקשריות-Wi-Fi, השני יכול לעבוד נתונים מהחישונים שלכם - הכל בתאחת!
- 240MHz זהה למהירות השעון של המعالج. לשם השוואה, המعالج של ה-ESP32 מסוגל לבצע **240 מיליון פעולות בשנייה!**
- **ארQUITקטורת 32-בית** זה אומר שהمعالג יכול לעבוד נתונים בכמותות גדולות יותר, מה שמאפשר חישובים מורכבים במהירות גבוהה.

הזיכרון: איפה כל המידע נשמר?

ה-ESP32 מגיע עם מערך מרשים של אפשרויות זיכרון:

- **SRAM (Static Random-Access Memory)**: זיכרון מהיר לשימוש מיידי של 520KB. זהו המקום שבו המידע שהمعالגעובד עליו ברגע נתון נשמר.
- **ROM (Read-Only Memory)**: זיכרון קבוע של 448KB המכיל את ההוראות הבסיסיות הנדרשות להפעלת המערכת.
- **Flash (זיכרון חיצוני)**: זיכרון של עד 16MB שבו נשמרות תוכניות המשמשות לתוכנם של כוכם והנתונים הקבועים.

לשם השוואה, הזיכרון הכלול של ה-ESP32 הוא כל כך גדול, שהוא מסוגל לאחסן בו ספר אודיו שלם!

קשריות אלחוטית: החיבור לעולם:

ה-ESP32 הוא אלף התקשורות האלחוטית:

- **Wi-Fi**: תומך בטקן 802.11 n/g/b, מה שמאפשר חיבור כמעט ללא כל רשות אלחוטית מודרנית. הוא יכול לשמש גם כנקודת גישה ולספק חיבורם לממשירים אחרים.
- **Bluetooth Low Energy (BLE)**: עם תמיכה ב-Bluetooth Classic וגם ב- BLE, ה-ESP32 יכול לתקשר עם מגוון רחב של מכשירים, טלפונים חכמים ועוד חישונים זעירים.

ממשקים: חיבור לעולם הפיזי:

ה-ESP32 מציע מגוון רחב של אפשרויות חיבור כדי לתקשר עם העולם הפיזי:

- **GPIO (General Purpose Input/Output)**: עד 36 פינים, המשמשים כ"עצבים" של ה-ESP32, המאפשרים לו לחוש ולשנות בסביבה.
- **ממיר אנלוגי-דיגיטלי (ADC)**: ישנו 18 ערוצים המאפשרים ל-ESP32 ל לקרוא ערכים אנלוגיים מחישונים כמו טמפרטורה או עצמת אור.
- **ממיר דיגיטלי-אנלוגי (DAC)**: שני ערוצים המאפשרים לייצר אותן אוטות אנלוגיים כמו צלילים, או מתחים משתנים.
- **חיישני מגע (Touch Sensors)**: 10 פינים מגע מובנים המאפשרים ל-ESP32 לחוש מגע ישיר.

צריכת חשמל:יעילות אנרגטית מרשימה:

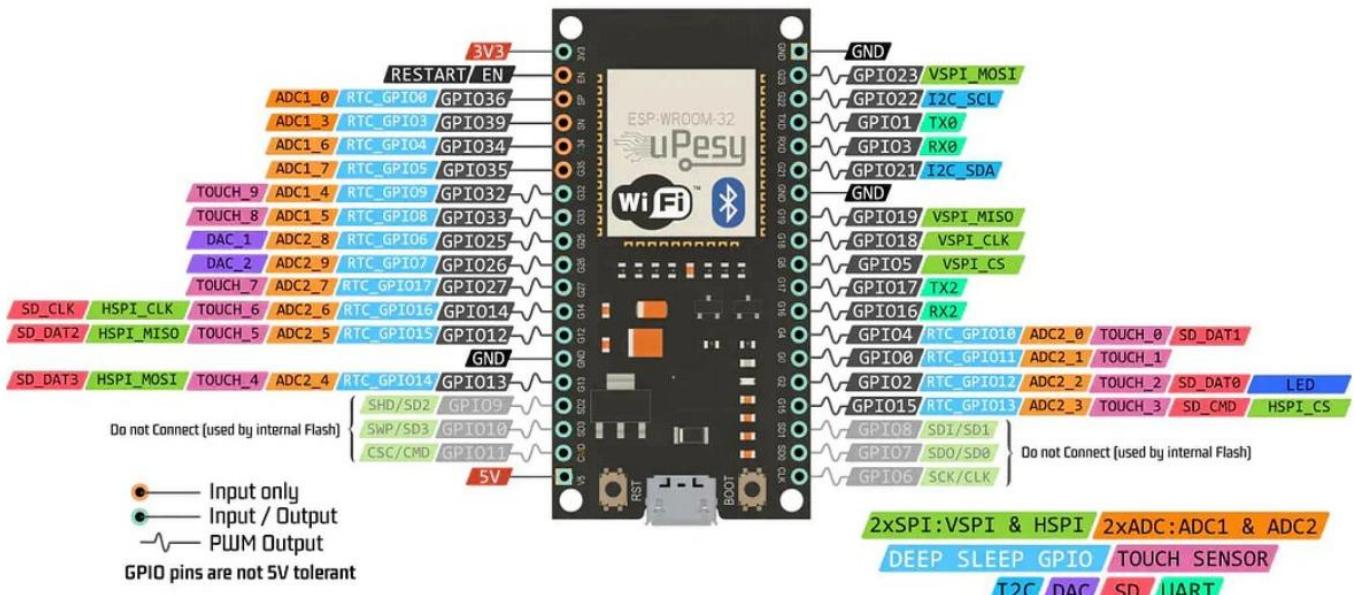
אחד ה יתרונות הגודלים ביותר של ה-ESP32 הוא יכולת שלו לחסוך באנרגיה:

- **מצב פעיל מלא:** במצב זה, צריכת הזרם היא עד **.240mA**.
- **מצב שינה عمוקה:** במצב זה, הצריכה יורדת באופן דרמטי ל-**A-10μ** בלבד!

זה אומר שגם עם סוללה קטנה, הפרויקט שלכם יוכל לפעול במשך שבועות ואף חודשים ארוכים.

כעת נראה את צורת הפנים במקרו בקר ESP32

ESP32 Wroom DevKit Full Pinout



כפי שכבר רأינו, ה-ESP32 מוקף בפינים רבים, שהם ה"שערים" דרכם הוא מתקשר עם העולם החיצוני. הבנה מעמיקה של פינים אלו היא המפתח לייצור פרויקטים מודרכים. בואו נצלול לעולם המרתך של פיני ה-ESP32:

סוגי הפינים העיקריים:

פיני (General Purpose Input/Output)

- אלו הם הפינים הרוב-תכלתיים של ה-ESP32.
- יכולים לשמש כקלט (לקראת מצבים) או כפלט (להפעלת רכיבים).
- ה-ESP32 מציע עד **34 פיני GPIO**, אך חלקם משמשים גם למטרות אחרות.
- **שימושים נפוצים:** חיבור נורות LED, לחצנים, מנועים ועוד.

:ADC (Analog to Digital Converter)

- אפשררים קרייה של מערכות אנלוגיות ומרתם לערכאים דיגיטליים.
- ה-ESP32 מציע שני מעגלי ADC עם סה"כ **18 ערוצים**.
- רזולוציה של **12 ביט** מאפשרת **4,096 רמות שונות** של קרייה.
- שימושים:** מדידת טמפרטורה, עצמת אור, לחות קרקע ועוד.

:DAC (Digital to Analog Converter)

- ממירים ערcis דיגיטליים לאוותות אנלוגיות.
- ה-ESP32 מציע שני ערוציו DAC ברזולוציה של **8 ביט**.
- **שימושים נפוצים:** יצירת צלילים, בקרת מתח ועוד.

:Touch

- ה-ESP32 מציע **10** חיישני מגע קפסיטיביים מובנים.
- אפשררים זיהוי מגע אנושי ישיר, ללא צורך ברכיבים נוספים.
- **שימושים נפוצים:** יצירת ממשקי משתמש מבוססי מגע, לחצנים וירטואליים ועוד.

:פיני תקשורת:

- **UART:** לתקשורת טורית. ה-ESP32 מציע **3 יחידות UART**.
- **SPI:** לתקשורת מהירה. ה-ESP32 תומך במספר חיבורו SPI במקביל.
- **I2C:** לתקשורת עם מגוון רחב של חיישנים ורכיבים. ה-ESP32 מציע שתי יחידות **I2C**.

:פינים מיוחדים:

- **פין BOOT:** משמש לכינסה למצב **כרייבת תוכנה (flashing mode)**.
- **פין (EN) (Enable):** משמשים להפעלה וכיבוי של השבב.
- **פיני אספקת מתח:** פינים המספקים מתחים של **5V, 3.3V** וכן **GND**.

נקודות חשובות לגבי השימוש בפינים:

- **רמות מתח:** פיני ה-ESP32 עובדים ברמת מתח של **3.3V**. חיבור למתח גבוה יותר עלול לגרום נזק.
- **פינים מרובי תפקידים:** רבים מהפינים יכולים לשמש במספר מטרות. חשוב לתכנן את השימוש בהם בקפידה.
- **הגנה על הפינים:** מומלץ להשתמש ב נגדים מגבילים זרם בעת חיבור רכיבים חיצוניים, במיוחד עם נוריות LED.
- **פינים מיוחדים:** חלק מהפינים GPIO (כמו 0, 2, 15) משמשים במהלך תהליך האתחול. שימוש לא נכון בהם עלול למנוע מה-ESP32 לפעול כראוי.
- **פולאף ופולאדיון (Pull-up and Pull-down):** חלק מהפינים כוללים גודי Pull-Up או Pull-Down פנימיים. זה יכול להוות שימוש חשוב, אך חשוב להיות מודעים לכך בעת תכנון המעגל.

הבנה מעמיקה של מבנה הפינים ותכונותיהם היא המפתח לייצרת פרויקטים מוצלחים ויעילים עם ESP32. זה מאפשר לנו לנצל את מלאה הפוטנציאלי של השבב העוצמתי הזה.

:הכוח האלחוטי של ESP32

אחד ה יתרונות הגודולים ביותר של ה-ESP32 הוא יכולתו המובנית לתקשורת באמצעות אלחוטי.

החיבור לעולם הרחב Wi-Fi

ה-ESP32 תומך בתקן **Wi-Fi 802.11 b/g/n**, מה שמאפשר לו להתחבר כמעט לכל רשת אלחוטית מודרנית.

מצבי פעולה עיקריים:

• מצב תחנה (Station Mode - STA)

- ה-ESP32 מתחבר לרשת Wi-Fi קיימת, כמו כל מכשיר קצה רגיל.
- שימושים נפוצים: התחברות לאינטרנט דרך הרouter הביתי, שליחת נתונים למסד נתונים מרוחק ועוד.

• מצב נקודת גישה (Access Point - AP):

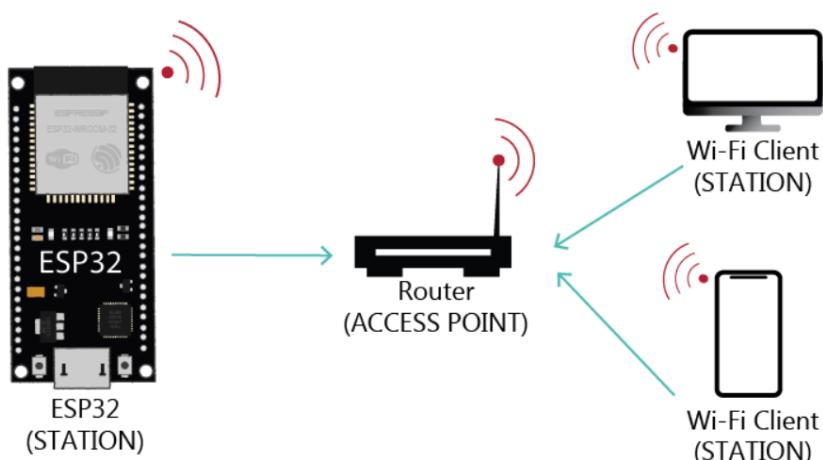
- ה-ESP32 יוצר רשת Wi-Fi משלו, אליה יכולים להתחבר מכשירים אחרים.
- מצוין לייצור פרויקטים שימושיים ממשק אינטרנט או תקשורת ישירה עם מכשירים ניידים.
- שימושים נפוצים במצבים בהם אין גישה לרשת Wi-Fi חיצונית.

• מצב כפול (Dual Mode):

- ה-ESP32 יכול לפעול במקביל גם כתחנה וגם כנקודת גישה בו-זמנית!
- אפשר ליצור "גשר" בין רשתות או אספקת גישה לאינטרנט דרך ה-ESP32.

יכולות מתקדמות של Wi-Fi:

- **שירות אינטרנט (Web Server):** ה-ESP32 יכול לשמש כשרת אינטרנט, מה שמאפשר יצירה ממשקי משתמש מרוחק ודף תצוגה נתונים.
- **MQTT:** תמייהה בפרוטוקול זה מאפשרת תקשורת יעילה בין מכשיר IoT ושרותים מרכזיים.
- **OTA (Over-The-Air) Updates:** עדכון תוכנה מרוחק, ללא צורך בחיבור פיזי למחשב.
- **ESP-NOW:** פרוטוקול תקשורת ייחודי של Espressif המאפשר תקשורת ישירה בין מכשירי ESP32 בזריכת אנרגיה נמוכה.



: תקשורת קצרת טווח עם יכולות ארכובות טווח Bluetooth

ה-ESP32 תומך הן ב-(BLE) Bluetooth Low Energy והן ב-(Classic), מה שפותח אפשרויות רבות:

:Bluetooth Classic

- מתאים לתקשורת עם מכשירים ישנים יותר או כנדרשת העברת נתונים בנפח גדול.
- שימושים נפוצים: הזרמת אודיו, העברת קבצים, ותקשורת עם מכשירים שאינם תומכים BLE.
- אפשר יצירה פרופילים שונים כמו **Serial Port Profile (SPP)** לתקשורת טורית אלחוטית.

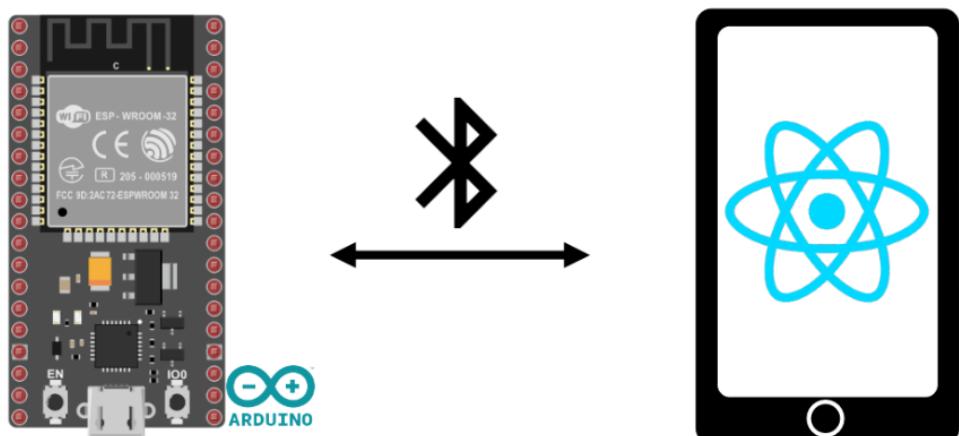
:Bluetooth Low Energy (BLE)

- צריכה אנרגיה נמוכה במיוחד, אידיאלי למכשירים המופעלים על סוללה.
- מתאים לשילוח נתונים קטנים באופן_TDיר, כמו נתונים חיישנים.
- תומך במודול **GATT (Generic Attribute Profile)** המאפשר יצירה שירותים ומאפיינים מותאמים אישית.
- אפשר יצירה "bijoux" לשיווק מידע ללא צורך בחיבור מלא.

שילוב Wi-Fi ו-Bluetooth: יתרונות מרתקים:

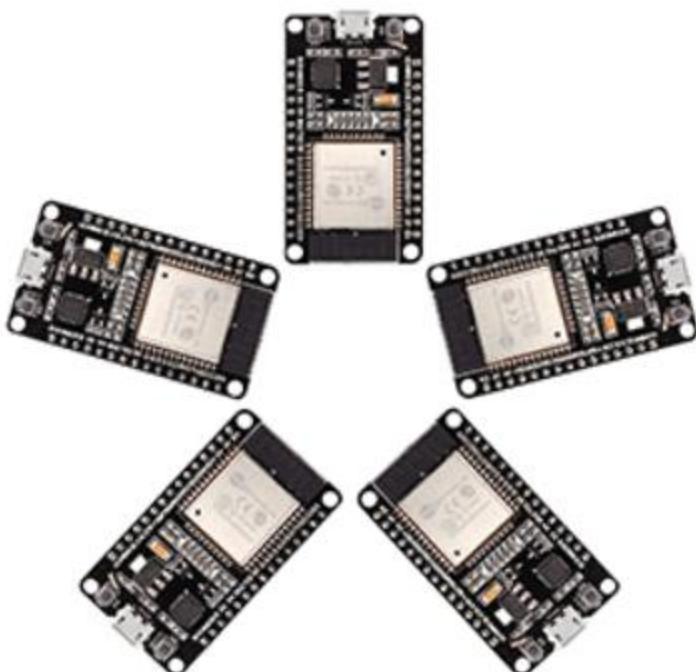
אחד היתרונות הגדולים של ה-ESP32 הוא יכולת להשתמש גם ב-Bluetooth וגם ב-Wi-Fi במקביל. זה פותח אפשרויות מרתקות:

- **שער (Gateway):** קבלת נתונים ממכשירי Bluetooth ושליחתם לענן דרך Wi-Fi.
- **שליטה מקומית ומרוחקת:** שליטה בפרויקט דרך Bluetooth כשלרבים, ודרך Wi-Fi כশמרוחקים.
- **רשתות היברידיות:** שימוש ב-BLE לתקשורת בין חיישנים קרובים, וב-Wi-Fi לשילוח נתונים רבים לשרת מרכזי.



יתרונות מרכזיים של ESP32:

- .**1. עוצמה חיובית**: עם מעבד כפול-ליבת ב מהירות של עד 240 MHz-ESP32-מאפשר ביצוע MERCHANTABILITYS ועיבוד נתונים מהיר, מה שהופך אותו למתאים לפרויקטים IoT מתקדמים.
- .**2. קישוריות אלחוטית מקיפה**: תמייהה מובנית ב- **Wi-Fi** ו- **Bluetooth** (כולל **BLE**) מאפשרת ייצור מגוון רחב של פרויקטים מחוברים, החל מערכות בית חכם ועד לישומים תעשייתיים.
- .**3. גמישות בחיבורים**: מגוון רחב של ממשקים כמו **GPIO, ADC, DAC** ופרוטוקולי תקשורת כמו **I2C, UART, SPI** מאפשרים אינטגרציה קלה עם כמעט כל סוג של חישון או פעולה.
- .**4.יעילות אנרגטית**: מנגנון שינה מתקדמים וצריכת חשמל נמוכה מאפשרים ייצור מכשירים ניידים עם חיי סוללה ארוכים, מה שהופך אותו לאידיאלי למערכות ניטור מרחוקות.
- .**5. פיתוח נגיש**: תמייהה במגוון סביבות פיתוח כמו **ESP-IDF** ו- **Arduino IDE** וקהילת מפתחים גדולה ופעילה מקלים על תהליכי הפיתוח ומספקים שפע של ספריות תוכנה.
- .**6. יכולות IoT מתקדמות**: תמייהה בפרוטוקולים כמו **MQTT** ויכולות עדכון תוכנה מרוחק (OTA) מאפשרות הקמת שרתים **web** מקומיים וניהול התקנים מכל מקום בעולם.
- .**7. אבטחה משולבת**: תכונות אבטחה מובנות כמו הצפנה חזקה ו- **secure boot** חיוניות להגנה על מכשירי IoT ועל נתונים המשתמשים בעולם המחבר.
- .**8. חיישנים מיוחדים מובנים**: ה- **ESP32** כולל חיישני מגע קפטייביים, המאפשרים ייצור ממשקים חדשניים ללא צורך ברכיבים נוספים.
- .**9. יכולות רשת מתקדמות**: תמייהה ביצירת רשתות **Mesh** ושימוש בפרוטוקול - **ESP-NOW** מאפשרות ייצור רשתות תקשורת מרובות ורב-כיווניות.
- .**10. התאמה למגוון יישומים**: מפרויקטטים פשוטים ועד למערכות תעשייתיות מורכבות, ה- **ESP32** מציע את הגמישות והעוצמה הדרושים למגוון רחב של יישומים.



ESP NOW

פרוטוקול ESP-NOW הוא טכנולוגיית תקשורת אלחוטית ללא חיבור (Connectionless) שפותחה על ידי חברת Espressif המאפשרת למספר מכשירים לתקשר זה עם זה ללא צורך בתשתיות Wi-Fi או ברואוטר. ה프וטוקול פועל בתדר 2.4 GHz ומאפשר ביצירת הספק נמוכה, בדומה לקשריות הקיימת בצד היקפי אלחוטי. על מנת ליצור תקשורת, נדרש ביצוע של תהליך צימוד (Pairing) בין המכשירים מראש. לאחר השלמת הצימוד, נוצר חיבור מאובטח בתצורת עמית-לעמית (Peer-to-Peer), אשר אינו מצריך תהליך "לחיצת יד" (Handshake). " בכל העברת נתונים. מאפיין זה מאפשר העברת כבilities מידע במהלך ייצואת דופן ובייעילות אנרגטית גבוהה, מה שהופך את ה프וטוקול לפתרון אידיאלי עבור ישומי IoT וחישוניים המופעלים על סוללות.

מאפייני פרוטוקול ESP-NOW:

- הגדרה:** על פי אתר האינטרנט של Espressif, וזה פרוטוקול המאפשר למספר מכשירים לתקשר זה עם זה באמצעות Wi-Fi.
- טכנולוגיה:** ה프וטוקול דומה לקשריות אלחוטית בתדר {GHz} 2.4 בעלת הספק נמוך.
- תהליך הצימוד:** נדרש ביצוע צימוד (Pairing) בין המכשירים לפני תחילת התקשרות ביניהם.
- אבטחה וחיבור:** לאחר סיום הצימוד, החיבור הוא בטוח ובतצורת עמית-לעמית Peer to Peer, כאשר אין צורך בתהליך "לחיצת יד" (Handshake).
- רציפות התקשרות:** החיבור בין המכשירים הוא קבוע (Persistent). אם אחד הלוחות מאבד מתח או מתAES, הוא יתחבר מחדש באופן אוטומטי לעמידה שלו עם הפעלו החדש כדי להמשיך בתקשורת.

יכולות ה프וטוקול:

- תמייה בתקשורת Unicast מוצפנת ושאיתנו מוצפנת.
- תמייה בשילוב של מכשירי עמית מוצפנים ושאיתנו מוצפנים.
- יכולת נשיאת מטען נתונים (Payload) של עד 250 בתים.
- אפשרות להגדרת פונקציית Callback לשיליחה, המיידעת את שכבת האפליקציה על הצלחה או כישלון של השידור.

מוגבלות טכניות:

- מוגבלת עמיתים מוצפנים:** תמייה ב-10 עמיתים מוצפנים לכל היוטר במצב Station ועד 6 עמיתים במצב SoftAP או מצב משולב(Station + SoftAP).
- סך עמיתים כללי:** ניתן לצמד מספר עמיתים שאינם מוצפנים, אך המספר הכללי של המכשירים (כולל המוצפנים) חייב להיות נמוך מ-20.
- נפח הודעה:** מטען הנתונים מוגבל ל- 250 בתים בלבד.

במילים פשוטות **ESP-NOW**, הוא פרוטוקול תקשורת מהיר שנitin להשתמש בו כדי להחליף הودעות קטנות (עד 250 בתים) בין לוחות ESP32.

ESP-NOW הוא ורטטייל 매우 ניתן לקים באמצעותו תקשורת חד-כיוונית או דו-כיוונית בתצורות שונות.

תקשורת חד-כיוונית ב-ESP-NOW

לדוגמא, בתקשורת חד-כיוונית, ניתן לקיים תרחישים כגון :

- **לוח ESP32 אחד השולח נתונים ללוח ESP32 אחר.**

צורה זו קלה מאוד לישום והיא מצוינה לשילוח נתונים מלאה אחד למשנהו, כמו קריאות חיישנים או פקודות הפעלה (ON) וכיבוי (OFF) לשיליטה בפנים ה-GPIO.



שליחה מלאה אחד למספר לוחות(One-to-Many):

לוח ESP32 אחד השולח פקודות זהות או שונות ללוחות ESP32 שונים. צורה זו אידיאלית לבניית מכשיר הדומה לשלט רחוק. ניתן להציב מספר לוחות ESP32 ברחבי הבית הנשלטים על ידי לוח ESP32 מרכזי אחד.



כמה נקודות לציין בשימוש בתצורה זו:

- **שליטה מרכזית:** לוח אחד משמש כ"MASTER" (Master) ווהשאר כסליבים (Slaves).
- **גמישות:** ניתן לשלוח פקודה אחת לכלם בו-זמנית או פקודות ייעודיות לכל לוח בנפרד.

איסוף נתונים ממספר לוחות לוח אחד (Many-to-One)

תצורה זו אידיאלית אם ברצון לאסוף נתונים ממספר צמתי חישנים לוח ESP32 אחד. ניתן להציג לוח זה כשרת אינטרנט (Web Server) כדי להציג נתונים מכל שאר הלוחות, למשל.



תקשורת דו-כיוונית ב-ESP-NOW (Two-Way Communication)

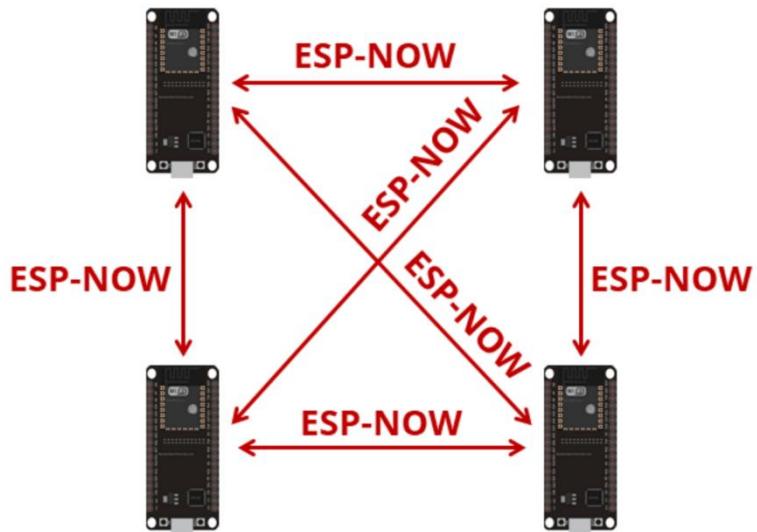
עם ESP-NOW כל לוח יכול לתפקיד שולח ו מקבל בו-זמנית. כך שניתן :

- **לקיום תקשורת דו-כיוונית בין שני לוחות:** לדוגמה, שני לוחות ESP32 יכולים להחליפה בינהם הודעות, קריאות חישנים או אישורי קבלה.
- **להציג רשות שבה כל לוח מתקשר עם האחרים:** בתצורה זו, כל יחידה מסוגלת לשולח נתונים ו גם להאזין לנתונים המגיעים מלוחות אחרים ברשות.

תצורה זו שימושית במיוחד כאשר יש צורך במסוב – (Feedback) למשל, לוח אחד שולח פקודה להדילק אור, והלוח השני מחזיר אישור שהפעולה בוצעה בהצלחה.



ניתן להוסיף לוחות נוספים לתצורה זו וליצור מבנה הדומה לרשת) כל לוחות ה- ESP32 מתקשרים זה עם זה בתצורה זו, כל לוח יכול לשלח נתונים לכל לוח אחר בטוחה הקליטה, מה שמאפשר גמישות מרבית במערכות מבזורת או ביישומי בית חכם מורכבים.



השגת כתובת ה- MAC של הלוח

כדי לתקשר באמצעות פרוטוקול ESP-NOW עליך לדעת את כתובת ה- MAC של ה- ESP32 המתקבל. כך תדע לאיזה מכשיר לשלח את הנתונים.

כל לוח ESP32 יש כתובת MAC ייחודית, וזה הדרך שבה אנו מזהים כל לוח כדי לשלח אליו נתונים באמצעות ESP-NOW.

תקשות טורית UART

הקדמה:

תקשות טורית (UART) היא שיטה נפוצה ו פשוטה להעברת מידע בצורה טורית (סידורית) בין שני התקנים דיגיטליים, כגון בין מיקרו-בקר לבין מחשב או מודם. זהו אחד מפרוטוקולי התקשורת הבסיסיים ביותר הנמצאים בשימוש בתחום האלקטרוניקה הדיגיטלית.

בבסיסה, תקשורת UART מורכבת וכוללת פרוטוקולים המאפשרים שידור וקליטה של מידע בצורה אמינה ויעילה. היא משתמשת בשני חוטי תקשורת עיקריים: "קבל (RX)" ו- "שלח (TX)".

מהי תקשורת UART?

תקשות טורית (UART) היא שיטה פשוטה ונוחה להעברת מידע בין שני התקנים דיגיטליים, למשל בין מיקרו-בקר כמו ארדואינו למחשב.

בתקשורת UART המידע מועבר בצורה **סיביות** (זרמים מתחלפים גבירות ונדוכות - ראו תמונה בלחץ) ומועברות בחווטי תקשורת נפרדים בין שני המכנים. כל מכשיר מחובר עם שני פינים לתקשורת - **קלט (RX)** ו**פלט (TX)**.

כדי לשדר מידע, המכשיר (השולח) שולח את הביטים על גבי קו ה- TX. בצד השני, המקלט מקבל מידע לאותו קו ומזהה את המידע בכניסה ה- RX. שלו ומפענה אותו בחזרה למידע דיגיטלי.

עקרונות חשובים בUART-ם **קצב התקשורת** - baud rate (כמו ביטים בשנייה), **אורך קבוע** (5-8ビיטים בשנייה), **בית התחלה** (סינכרון לתחילת העברת מידע), **בית סיום** (סיומו סיום המעבר).

ה יתרונות הגדולים של תקשורת טורית הם פשוטות וミニימליות בחומרת המכשיר, מה שמאפשר להשתמש בה ליישומים רבים עם מגבלות תוכנה וחומרה.

לכן UART היא אחת השיטות הנפוצות להעברת נתונים בין מיקרו-בקרים לבין מחשבים במגוון יישומים כמו התקני אינטראקטיביים של הדברים, מערכות בקרה תעשייתית, רובוטיקה ועוד.

לשימוש: תקשורת טורית מאפשרת לנו לשדר ולקלוט נתונים באופן אמין ופשוט יחסית בין כל סוגי התקנים הדיגיטליים.

מאפיינים תקשורת טורית:

- **תקשות סינכרונית** (סראילית) - המידע מועבר כביט, בית אחרי בית, על גבי קו תקשורת יחיד.
- **A-סינכרונית** - אין שעון משותף, כל התקן פועל לפי שעונו הפנימי.
- **תקשות דו-כיוונית** - יכולה לשדר ולקלוט נתונים.
- חד כיווני (Simplex) - שידור רק בכיוון אחד.
- חצי דו כיווני (Duplex-Half) - בכל רגע נתון, רק צד אחד משדר והשני קולט ולהפך, זהו האופן הנפוץ ביותר.
- **שידור וקליטה בקצב זהה** (קבוע מראש לדוגמה 9,600 או 115200 ביט לשנייה).
- **מבנה מוגדר היטב** של מסגרת הנתונים (פרויימים) - סיביות התחלה, נתונים, סיביות עצירה.
- **דרישות חומרה פשוטות** - בדרך כלל 2 קוים בלבד (TX ו-RX).

- ממשק חומרה פשוט וסטנדרטי (למשל UART 16550 במחשבים).
- שימוש נרחב במערכות מובנות (מחשב) ובתקשורת בין מכשירים.
- פרוטוקולי חיבור התקני קטן כמו מודמים, מדפסות, מודמים ועוד.
- פרוטוקולים נפוצים הבנויים מעל UART : RS-232, RS-422, RS-485

מבנה חבילת נתונים בתקשורת טורייה:

כאשר מתקן (למשל מיקרו-בקר) מעוניין לשדר נתונים, הוא בונה חבילה נתונים מבנה מוגדר הכולל מספר שדות :

- **בית התחלה (Start Bit)** - ירידת מ-1' ל-0' לוגי, המסמך את תחילת השידור.
- **נתונים** - המידע עצמו במסגרת של ביטים (בדרך כלל 8-5 ביטים).
- **בית זוגיות (Parity Bit)** - אופציונלי לבדיקת שגיאות.
- **בית עצירה (Stop Bit)** 1 לוגי, המסמך את סוף השידור.

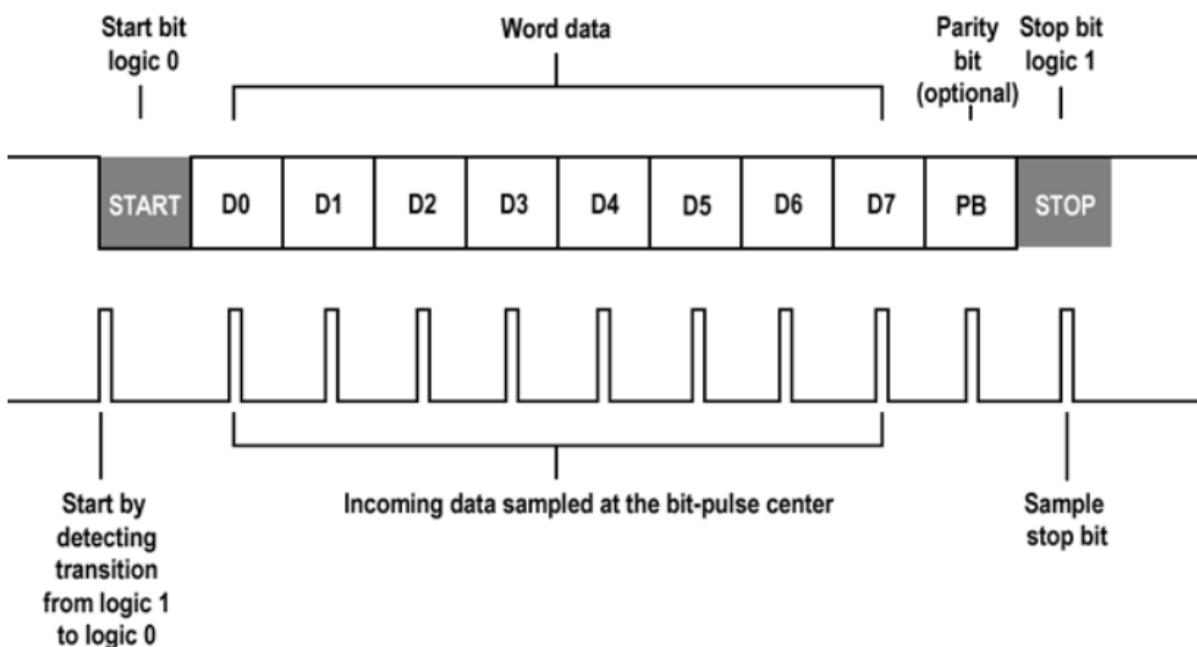
דוגמה:

במידה ונרצה לשЛОוח את התו Fhex (המספר 63 בעשורי) ייבנה מסר באורך 8 ביטים :

Start Bit (0) → 00111111 → Stop Bit (1)

כלומר, **בית התחלה אחד (0)**, אחריו (**מימין לשמאן**) **הbiteים של הנתון (11111110)**, ולבסוף **בית עצירה אחד (1)**.

בין כל שידור של חבילה כזו יש מרווה זמן קצר לא שידור, כך שהצד מקבל יוכל להזמין היבט את בית ההתחלה הבא ובכך את תחילת הנתונים החדשים.



Parity bit (optional) : בית זוגיות (אופציונלי).

Start bit logic 0 : בית התחלה.

Stop bit logic 1 : בית סיום.

Word Data : המuid שאנו שולחים.

- 0 גובה מהמתה – מעבר ממהמתה גובה :** תחילת שידור – Start by detecting transition from logic 1 to logic 0 (0 לוגי) למתח הנמוך (0 לוגי) שמסמן את תחילת העברת המידע.
- נתונים מגיעים בפולסים של ביטים :** Incoming Data sampled at the bit – pulse center
- סיום שידור :** Sample stop bit

בית זוגיות (Parity Bit) :

בית הזוגיות משמש לזיהוי שגיאות בסיסי בתקשורת טורית. הוא מוסף ביט נוסף למסגרת הנתונים, כך שמספר הביטים עם ערך 1 יהיה תמיד זוגי (זוגיות זוגית) או אי-זוגי (זוגיות אי-זוגית). אם בחלוקת המידוע מספר הביטים עם ערך 1 לא מתאים לסוג הזוגיות שנקבע, המקלט יכול להניח שאיירעה שגיאה בשידור. עם זאת, בית זוגיות לא מאפשר לתקן שגיאות או לזהות שגיאות רבות ביטים, שכן הוא שיטה בסיסית בלבד לויזוא שלמות הנתונים.

תקשורת טורית ב-ESP32 :

ה-ESP32-בניגוד לארדואינו אונו, מצויד במספר יחידות תקשורת טורית (UART). בדרך כלל, יש לו שלושה ממתקי UART, מה שהופך אותו למתאים במיוחד לפרויקטים הדורשים חיבור למספר התקנים חיצוניים כמו מודולים GPS, חיישני טמפרטורה, מסכי LCD ועוד.

הבדלים העיקריים בין תקשורת טורית בארדואינו ל-ESP32 :

- מספר יחידות UART :** בעוד שארדואינו אונו יש רק יחידת UART אחת (בסיכון 0 ו-1), ESP32 יש שלושה ממתקי UART : (UART0, UART1, UART2) זה מאפשר לפתח פרויקטים מורכבים יותר המשתמשים במספר רב של מכשירים הפעילים בשיטה טורית.
- חופש בחירת הפינים :** ה-ESP32 מאפשר לתוכנת לבחור באופן חופשי את הפינים (GPIO) שישמו לכל יחידת UART, בזוכות יכולת מולטיפקסינג הפינים. המשמעות היא שניתן להגדיר את פיני ה- TX ו- RX של כל UART לכל פין GPIO פנוי בלוח, דבר המעניין גמישות רבה בתכנון החומרה.
- פונקציונליות :** כל יחידת UART ב-ESP32 היא עצמאית לוחלווטן וכוללת מאגרים (buffers) גדולים לקליטה ושידור. זה מבטיח שהמידע לא יאבד גם כאשר יש עומס גדול של נתונים, ומאפשר שימוש ב- UART0 (שמחובר גם ל- USB) לצורך ניפוי באגים (debug) בתוכנה, תוך כדי שימוש ב- UART1 ו- UART2 לצורך תקשורת עם רכיבים אחרים.

קצב שליחת נתונים :

אנו מגדירים את קצב שליחת הנתונים בתקשורת טורית בפקודה אחת בלבד בפונקציה void Setup באמצעות הפקודה :

Serial.begin(115200);

רשימת קצבי השידור הנפוצים בתקשורת טוירית (UART):

• 300 בית לשניה
• 600 בית לשניה
• 1,200 בית לשניה
• 2,400 בית לשניה
• 4,800 בית לשניה
• 9,600 בית לשניה
• 19,200 בית לשניה
• 38,400 בית לשניה
• 57,600 בית לשניה
• 115,200 בית לשניה
• 230,400 בית לשניה
• 460,800 בית לשניה
• 921,600 בית לשניה

ניתן לראות שיש מגוון רחב של קצבי שידור, החל מ-300 בית לשניה במערכות ישנות יותר, ועד למיליאוני ביטים לשניה במערכות טויריות מהיריות יותר.

הकצבים הנפוצים ביותר הם: 9,600 בית לשניה ו-115,200 בית לשניה.

קצב השידור נקבע מראש ומחייב להיות זהה בין שני ה התקנים המתקשרים כדי לאפשר קליטה נכונה של הנתונים.

רכיבים שעובדים בתקשורת טוירית:

- **מודולי בלוטוס** - HC-05, HC-06
- **מודולי WiFi** - ESP8266, ESP32
- **מודולי LoRaWAN/LoRa** - לתקשורת לטוחה רחוק
- **מודולי תקשורת סלולרית** - SIM900, SIM800L
- **מודולי GPS** - NEO-6M, UBLOX
- **צגי OLED ו-LCD** טוריים (I2C)
- **חיישני טמפרטורה, לחות, אור ותנוועה**
- **מודולי קוראי RFID/NFC**
- **מודולי מצלמות טויריות**
- **כרטיסי SD וקוראי כרטיסי SD**
- **מדפסות ומפענחים טויריים**

שליחת נתונים בתקשורת טורית:

ניתן לשולח נתונים בתקשורת טורית באמצעות הפקודה :

Serial.print();

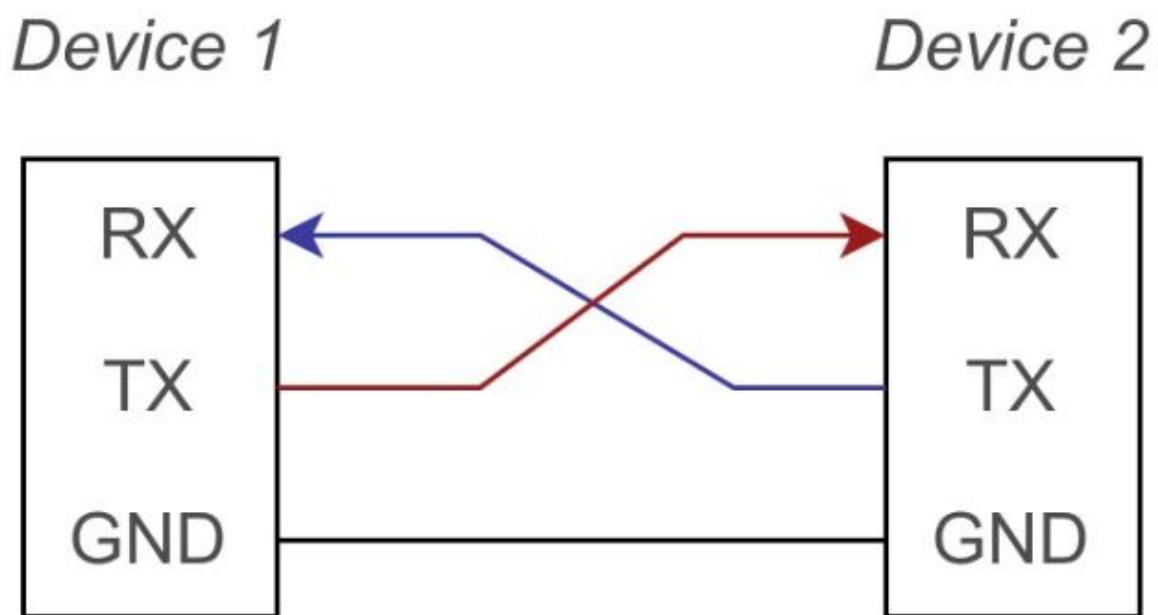
כל מה שנרשם בין הסוגרים () עם מראכות ישלח בתוUr ערך של משתנה. בפקודה זו אין ירידת שורה. במידה ונרצה לרדת שורה אנו צריכים להשתמש בפקודה :

Serial.println();

חיבור בין 2 רכיבים בתקשורת טורית:

בחיבור בין שני התקני UART נדרשים לפחות 3 חוטים - TX של צד אחד מתחבר ל-RX של הצד השני, וחוט האركה משותף (GND).

לעתים נדרש גם חיבור של מתח ההזנה (Vcc) אם אחד ההתקנים מספק כוח לשני. יש לוודא התאמה של רמות המתח בין שני הצדדים (5V או 3.3V).



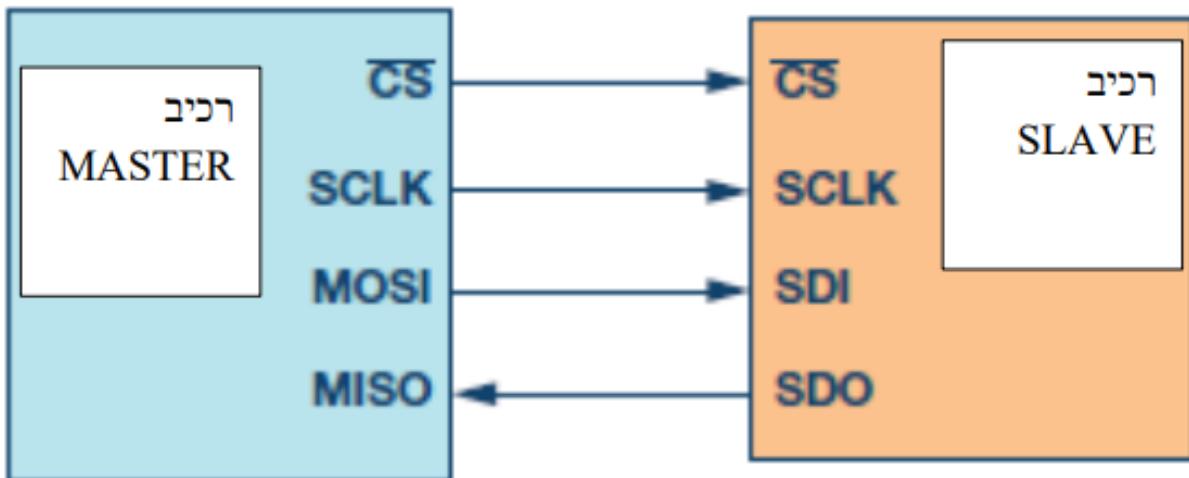
תקשורת SPI

התקשורת נוצרה על ידי חברת מוטורולה ב 1979 עם יציאת המיקרו פרוססור של חברת מוטורולה שנקרא 68000.

השם SPI הוא – Interface Peripheral Serial – ממשק טורי היקפי . זהה תקשורת טורית סינכרונית כי יש בה שעון שמסנכרן את הכניסה/ היציאה הנתונים.

דוגמאות לרכיבי SPI הם מתגים, זיכרונות, רכיבי שמע להקלטה/השמעה , ממירים למיניהם (ADC), תצוגות לדיס, TFT ועוד.

באיור הבא מתואר חיבור של תקשורת טורית SPI בין רכיב MASTER ורכיב SLAVE.



באיור רואים שבתקשורת SPI יש 4 קווים:

- .1 **Master out slave in – MOSI :** קו הנ传出 מהMASTER (המיקרו בקר) אל העבד (ברכיב העבד השם הוא SDI – Serial Data In).
- .2 **Master in slave out – MISO :** קו הנ传出 הטורי מהעבד אל המMASTER. ברכיב העבד השם הוא SDO – Serial Data Out ().
- .3 **Serial clock – SCLK :** שעון טורי. שני האותות MOSI ו- MISO מסונכרנים בעזרת קו השעון הטורי.
- .4 **Slave select :** זה קו נוסף שדרכו אנו בוחרים את העבד ה- slave, בעזרת קו זה המיקרו בקר מודיע לאיזה עבד הוא פונה. הקו פועל בנМОץ – LOW ACTIVE. שמות נוספים לקו הם – CS – בחרית רכיב – Enable, אפסור ועוד.

תהליכי התקשורת מתבצעת בשלבים הבאים:

- כאשר ה-MASTER מתחילה תקשורת עם ה-SLAVE הוא מוריד את קו בחירת הרכיב עבד (Select slave) ל-0.
- ה-MASTER שלוח בקו ה- MOSI בית אחרי בית, כאשר כל בית מסונכרן בעזרת פולס שעון – SCLK – שמייצר ה- MASTER לתוך ה- SLAVE.
- הביטים הנשלחים נמצאים ברגיסטר הזהה הנמצא בתוך ה- SLAVE.
- הסyncrown לתוך ה- SLAVE יכול להיות בעליית פולס שעון או בירידה שלו.

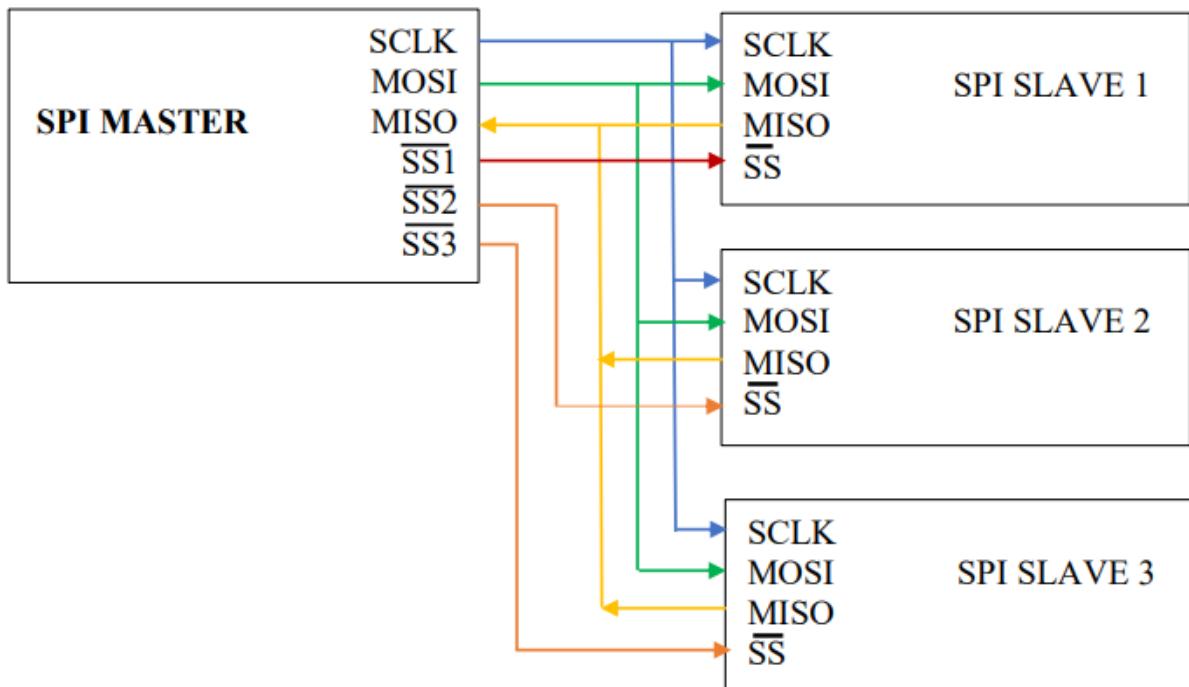
- תוך כדי שליחה של כל בית מה- SLAVE גם ה- MASTER מוציא בית אחריו בית נתון אל קו ה- MISO.
- גם הביטים מה- SLAVE מסונכרנים בעזרת פולסי השעון ב- SCLK והם נכנים לרגיסטר זהה ב- MASTER.
- בסיום שליחת הביטים ה- MASTER מעלה את קו בחירת רכיב עבד (Select slave) ל- 1 ומסיים תקשורת.
- בסיום התקשרות ה- MASTER לא מייצר פולסי שעון, והקו של פולסי השעון SCLK נמצא במצב IDLE מצב סרף. הוא יכול להיות ב- 0 או ב- 1.

חיבור מספר SLAVES אל ה- MASTER :

ניתן לחבר ל- SLAVES אחד במספר MASTER, מה שיקרא למעשה שהקווים המשותפים לכל ה- SLAVES הם SLAVE-SCLK, MISO, MOSI. קו שנבדל בין כולם הוא הקו לבחירת רכיב העבד.(Slave select)

כל ה- SLAVES מקבלים במקביל את פולסי השעון ואת קווי ה- MOSI ו- MISO. קו ה- MISO select של כל רכיב יהיה ב- 1 (כלומר הרכיב לא נבחר) והוא- MASTER יוריד את קו בחירת רכיב העבד ל- 0 רק עבור אותו ה- SLAVE שהוא רוצה לתקשר אליו.

נראה את האירור הבא שמאפשר לנו חיבור של 3 SLAVES ל- MASTER :



חיבור של MATER אחד לשולש SLAVES שונים דרך תקשורת טורית SPI.

באיור זה נוכל לראות שלכל עבד יש קו (Slave select) משלו. ל- MASTER יש אותו מספר קוויים בדומה למספר ה- SLAVES. לכל רכיב עבד יתחבר קו מסוים אחר, באירור הם נקראים :

(Slave select 1, Slave select 2, Slave select 3)

הם מסומנים עם קו מעליים כדי להציג שהם פעילים בנמוך (Active Low). דוגמה אם ה- MASTER יחליט לתקשר רק עם רכיב 1 SPI SLAVE הוא יוריד את קו (Slave select 1) ל- 0 ואז רק רכיב העבד הראשון ידע שהוא- MASTER מתקשר אליו. שאר העבדים יודעים שהמייקרו בקר אינו מתקשר איתם.

כמוות ה- SLAVES שנitinן לחבר אל ה- MASTER תלויים בכמות הבדיקות הפנויים שיש לו במערכת בה הוא נמצא ובקשר של דחיפה הזרם שלו. אפשרויות מתקדמות יותר על מנת לחסוך בחדקים של המיקרו בקר הן להתחבר אל הדקי Slave select של כל רכיב SPI בעזרת מנגנון או מפלג DEMUX עם כניסה אחת, 3 הדקי בחרה ו- 8 יציאות שונות.

אפשרויות העבודה עם תקשורת SPI:

במערכת ה- SPI (גם ה- MASTER וגם ה- SLAVE) יש 2 רגיסטרים, האחד הוא הרגיסטר הזזה המקבל את הדגימות ומזיז את הנטוון, עוד רגיסטר נتوון שבסיום העברת הנטוון שהתקבל נמצא בו.

- בפולס שעון יש 2 מעברים (מגבוה לנמוך ולהפך) הכוללים גם עלייה וגם ירידה ויש לעשות 2 דברים :
- א.** במעבר מ-0 ל-1 גם המסטר וגם העבד מוצאים את בית הנטוון לקו הנטוון (I_S MOSI בMASTER ו-MISO בעבד).
 - ב.** במעבר השני מתבצעת הזזה של הנטוון ברגיסטר ההזזה שנמצא גם בMASTER וגם בעבד.

שני פרמטרים/מאפיינים חשובים בתקשורת SPI:

- 1.** CPOL – קוטביות השעון הקובעת מה מצב הקו (נמוך או גבוה) במצב סריך – IDLE כאשר אין פולסי שעון (לפני התחלת תקשורת ובסוף), כאשר CPOL=0 בקו יש 0 לוגי וכשהר CPOL=1 בקו יש 1 לוגי.
- 2.** CPHA – פאוזת השעון הקובעת באיזה מעבר (האם מ-0 ל-1 או מ-1 ל-0) יוצא בית הנטוון בקו ה- MOSI ובקו ה- MISO ובאיזה מעבר הוא מזוז ברגיסטר הזזה גם בMASTER וגם בעבד. פרמטר נוסף חשוב הוא באיזה מצב נמצא קו השעון SCLK בסיום התקשורת (האם ב 0 או ב 1).

מבנה העברת של נטוון עבור 0=CPHA:

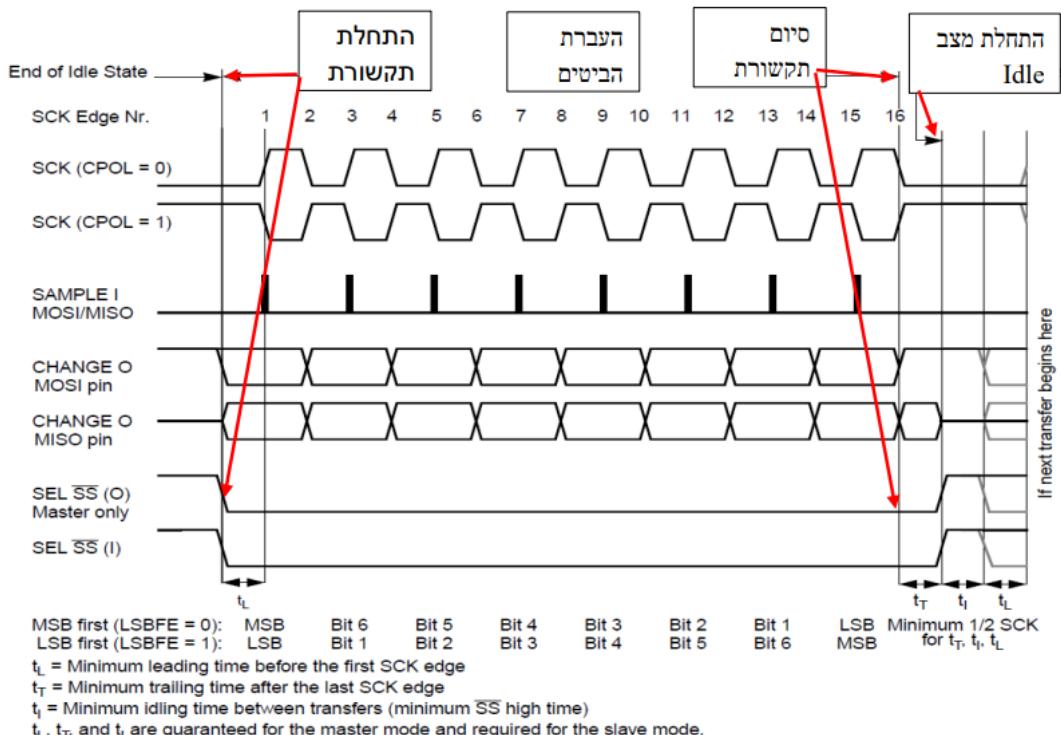
הקו Slave select פעיל בנמוך, ניתן לרשום אותו גם כך : NSS כדי שלא יהיה צורך לרשום גם SS. האירור הבא מתאר את תבנית העברת עם צורות הגל של תקשורת SPI כאשר CPHA=0 ועם פרמטרים של זמן אופיניים.

בחלק התחתיו רואים את התחלת התקשורת כאשר קו NSS (Slave select) יורד ל-0 ואת סיומו כאשר קו זה עולה ל-1.

קו השעון SCK מתואר על ידי 2 צורות גלים . העליונה ביותר מתארת את פולסי השעון כאשר CPOL = 0 (כאשר אין תקשורת יש 0 בקו פולסי השעון) והפולס הראשון הוא עלייה וצורת הגל שמתחתייה כאשר CPOL = 1 הוא פולסי השעון והפולס הראשון הוא ירידה. הראשון הוא ירידה.

במקומות הרושים באירור O הכוונה ל- Output (יציאה) ובמקומות שרשום I הכוונה ל- Input (כניסה). הביטים של הנטוון הטורי בהדקspi MOSI ו- MISO נדגמים ומתבצעת הזזה ברגיסטרים של ההזזה באחת מ- 2 אפשרויות. או בעליית השעון או בירידת פולסי השעון ואת זה נקבע לפי נתוני הרכיב שאליוו מתחברים.

איור: צורת גל בתקשות SPI כאשר $\text{CPHA} = 0$



המעבר הראשון של קו SCK (מ-0 ל-1 או מ-1 ל-0 תלוי ב-CPOL) משמש להכנסת בית הנטוון הראשון של העבד אל המスター (בקו ה-MISO) ואת בית הנטוון הראשון של המスター אל העבד (בקו ה-MOSI). באירור ניתן לראות במרכזו את הקו שנקרא SEMPLE והוא משמש ככניסה גם למスター בקו ה-MISO וגם לעבד בקו ה-MOSI.

במעבר השני, בחצי המחוור הבא, מופיע מעבר נוסף בקו SCK ואוז הערך שנಡגס מהעבד בקו MISO נכנס לתוך רגיסטר ההזזה שבMASTER. אחרי המעבר הזה משודר הביט הבא של המスター על קו ה-MOSI התהיליך נמשך עד 16 מעברים בקו SCK כאשר נטען **נעל אל המスター במעברים איזוגיים ומועבר אל העבד במעברים זוגיים**.

אחרי מעבר מס' 16 הנטוון יהיה ברגיסטר ה-SPI של המスター צריך להיות ברגיסטר הנטוון של העבד והנתוון יהיה ברגיסטר הנטוון של העבד צריך להיות בMASTER.

באיור מופיעים זמינים בגון:

- t_L המראה מה הזמן המינימאלי מרגע הורדת קו NSS (Slave select) ל-0 ועד להתחלה פולסי השעון.
- T_t הוא הזמן המינימאלי בין פולס השעון האחרון והעלאת קו NSS (Slave select) ל-0.
- T_i הוא זמן הסרק-IDLE – בין העלאת קו NSS (Slave select) ל-1 ועד שידור נתון חדש על ידי הורדת NSS (Slave select) ל-0.

מתוחת לצורות הגלים ניתן לראות את הנטוון מביט ה-LSB אל ה-MSB או להיפך.

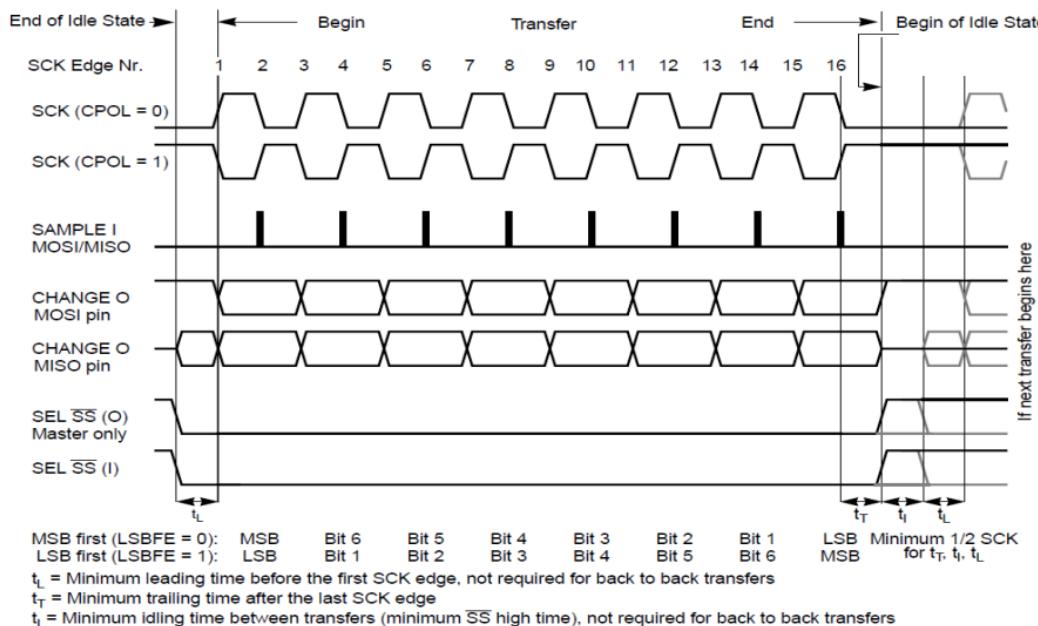
קיימים ביט LSB First Enable (LSBFE) אשר LSB First Enable (LSBFE) שקבע מי נכנס ראשון. כאשר הוא 0 נכנס ביט ה-MSB ראשון וכאשר הוא 1 נכנס ה-LSB ראשון.

קיבולת הנטוון מתבצעת בשני שלבים. היא מזוזת לרגיסטר ההזזה של ה-SPI בזמן ההעברה וMOVEFROM לרוגיסטר הנטוון של ה-SPI כאשר הבית האחרון הווז פנימה.

תבנית העברת של נתון עבור 1 : CHPA

קייםים רכיבים שצרכיהם את המעבר של פולס השעון הראשון לפני שניתן יהיה לגשת לביט הנתון הראשון בכו היציאה של הנתון. המעבר השני מכניס את הנתון למערכת. פורמט זה מתקבל על ידי השמה של A-L-CPHA.

האיור הבא מ_tAר את התקשורות עבור 1 .CPHA = 1

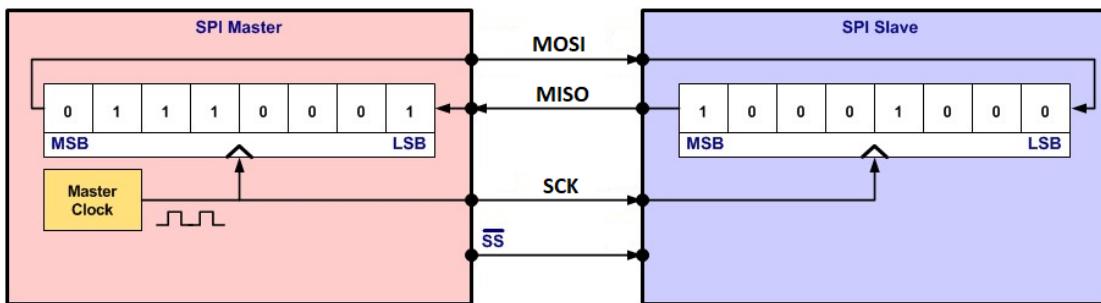


באיור רואים שהמעבר הראשון משמש כהשיות סync'רו וואמר לעבוד להוציא נתון בכו ה- MISO. בחצי המחוור הבא, במעבר השני, יש געילה של בית הנתון גם בMASTER וגם בעבד. כאשר מגיע המעבר השלישי מועבר הבית שנגע במעבר השני לתוך ה- MSB או ה- LSB של רגיסטר החזזה (כתלות בבית).

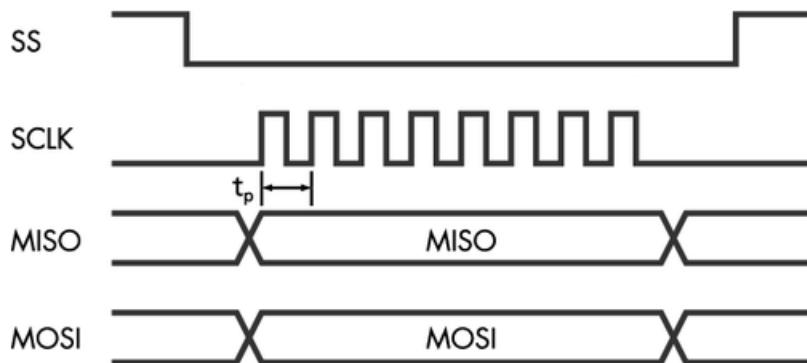
אחרי מעבר זה יוצא בית הנתון הבא של המסטר בכו ה- MOSI. התהליך חוזר על עצמו עבור כל 16 מעברים, כאשר הנתון נגע במערכות הזוגיים וההזזה קוראת במערכות האי זוגיים.

המידע מועבר בו זמינות בשני הכוונים בכל עליית שעון באמצעות אוגרי הזזה .

בדוגמה הבאה: לאחר 8 מחזורי שעון מידע מוחלף בין ה- Master ל- Slave .



שליחת מילת בקרה של 8 סיביות.



בתחילת התקשרות, הדק SS יורדת ל- 0. לאחר מכן מועבר המידע מה- Master דרך הדק I במקביל. ה- Master יכול לקרוא את המידע מה- Slave דרך הדק MISO. בסיום התקשרות הדק SS חוזרת ל- 1 lagi.

t_p – זמן מחזור של השעון .

תקשורת I2C

הקדמה:

פרוטוקול I2C הוא שיטת תקשורת סריאלית נפוצה בין התקני אלקטרונייקה וחישנים. הוא מאפשר העברת נתונים בין מספר התקנים, כאשר יתרונו הגדול הוא שהוא דורש רק שני חוטים לתקשורת – החוט לאותות השעון והחוט לאות הנתונים.

מהו פרוטוקול I2C:

פרוטוקול I2C (אי-שטיים-סי) הוא שיטה סריאלית להעברת נתונים בין התקנים, שפותחה על ידי חברת פיליפס בשנתה 80.

בניגוד לתקשורת UART שדורשת שני חוטי תקשורת לכל כיוון, ב-I2C יש רק שני חוטים משותפים לשני הכוונים: SDA לנtones ו-SCL לאות שעון. שני חוטים אלו מחוברים לכל החתקנים בטופולוגיה BUS.

כל התקן ברשות I2C מזוהה בכמות ייחודית. כאשר מתokin אחד רוצה לתקשר, הוא שולח הודעה עם הכתובת של המתokin היעד. רק המתokin עם אותה כתובות יירום את השפוגרת.

ההעברה הנתונים עצמה נעשית לפי עקרון מסטר/עבד (לרוב מסטר עובד), מפעיל את אות השעון ושולט מתי לשדר ומתי לקבל נתונים, ואילו המתקנים המשניים הם עובדים פסיביים.

ב-I2C כל בית נשלח ברכז אחורי הבית הקודם, והוא תוקף כל עוד אות השעון SCL גבוהה. ירידת SCL מהווה אינטואיטיבית לחישת בית חדש.

יתרונותיו הגדולים של פרוטוקול I2C הן הפשטות והחיסכון בכמות החוטים לתקשורת, ניתן לחבר עשרות מתקנים קצה, וכל יחסית ליישם במיקרו-בקרים.

לכן זהו פרוטוקול נפוץ לתקשורת עם אלקטרונייקה כמו חישנים, מסכי LCD, גרפים, זיכרונות וכו'.

מאפיינים פרוטוקול I2C:

- **תקשורת סדרתית (סריאלית)** - המידע מועבר בטור, בית אחורי בית, על גבי קו התקשורת SDA.
- **סינכרוניות** - אות השעון SCL מסנכרון בין כל המכשירים.
- **תקשורת דו כיוונית** בין מסטר למספר סלייבים.
- **שני קווי תקשורת** משותפים לכל המכשירים SDA ו-SCL.
- **קצב תקשורת** גבוה יחסית - עד 5 מגה ו אף יותר.
- **כתובות מוגדרות** מראש לכל רכיב (10/7 בית כתובות).
- **ממשק חומרה פשוט וסטנדרטי.**
- **מתאים במיוחד** לתקשורת בין מעבד להתקני קצה כמו חישנים, מסכיים וזיכרון.
- **מצמצם מאוד** בכמות החיווט לעמודת UART.

מבנה חיבור (מסגרת) נתונים בתקשורת טורית:

כאשר מתקן מסטר (כמו מיקרו-בקר) מעוניין לשדר נתונים למתקן SLAVE, הוא בונה את החיבור במבנה מוגדר הכלל מספר שדות:

- **התחלת העברה (START)** - ירידה באות SDA מ-1 ל-0 בזמן שאות SCL נשאר גבוה, מה שמהווה "אות התחלת".
- **כתובת SLAVE** - 7 או 10 ביטים עם הכתובת הייחודית של המתקן SLAVE היעד. רק אותו מתקן ייריב את השופורת.
- **נתונים** - המידע עצמו בסדרת ביטים הנשלחים על ידי המאסטר או שמתקבלים מהמתקן SLAVE.
- **אישור 9 (ACK)** - פעולות שעון שבוחן ה-SLAVE מאשר קיבל תקינה של העברת 8 ביטים בקו SDA.
- **סיום העברה (STOP)** - עלייה באות SDA מ-0 ל-1 בזמן שקו SCL נשאר גבוה, מה שמהווה "אות סיום".

דוגמה: שליחת בית ב프וטוקול I2C:

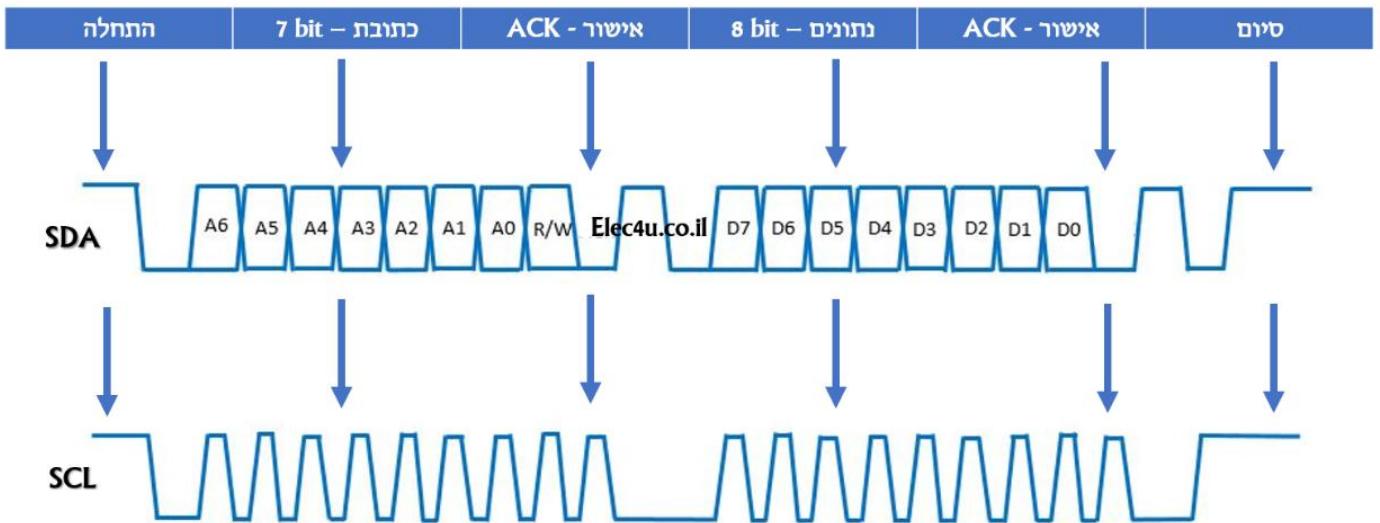
הנה פירוט דוגמה לשילוח הביטי $0x2F$ (מספר 47 עשרוני) למתקן בכתובת $0x38$ (מספר 56 עשרוני):

- $00101111 \rightarrow ACK \rightarrow STOP \rightarrow 0x38$ (כתובת SLAVE) $\rightarrow START \rightarrow 0111000$

פירוט שלבי התקשורת:

- **START** : מצין על התחלת העברת חדשה. נוצר על ידי ירידה של קו הנתונים SDA מ-1 ל-0, בעוד קו השעון SCL נשאר גבוה.
- **0x38** (כתובת SLAVE) : שבעת הביטים הבאים מצינים את כתובת ה-SLAVE (במקרה זה 47 עשרוני). הם נשלחים מהביט הנמוך (LSB) לביט הגבוה ביותר (MSB).
- **00101111** : שבעת הביטים הבאים מצינים את הנתונים שאנו שולחים ל-SLAVE (במקרה זה 56 עשרוני או $0x2F$). שוב, מ-LSB ל-MSB.
- **ACK** : לאחר הנתונים, ה-SLAVE חייב לשלוח בית "אישור" אחד בחזרה לMASter כדי מאשר שקלט את הנתונים כראוי.
- **STOP** : סיום תנועת ה-I2C. נעשה על ידי העלאת קו הנתונים SDA בחזרה מ-0 ל-1, בעוד קו השעון SCL נשאר גבוה.

נתבונן באיור הבא:



בחבילת נתונים של פרוטוקול I₂C ישנה אפשרות לשЛОח מסגרת אחת או מספר מסגרות ברכז באותה החבילה. מוגרת נתונים אחת מכילה את כמות המידע שאנו רוצים לשЛОח באותו הרגע. הפרוטוקול מאפשר לנו לשLOB מספר מסגרות נתונים ברכז בתוך אותה החבילה, ללא צורך לשLOW חדשה עBOR כל מסגרת. זאת על ידי שליחת אישור (ACK) מהתקן המקבל בין מסגרת למסגרת. כך ניתן לשLOW ביעילות נתונים ארוכים יותר באותו החבילה I₂C.

יתרונות מרכזיים של פרוטוקול I₂C :

- **חסכוני בكمות החיווט** - משתמשים רק בשני קווי תקשורת משותפים לכל התקנים - קו SDA לנواتים וקו SCL לאוות השעון.
- **תקשורת דו-כיוונית** - מאפשר הרחבות למאסטר לשLOW נתונים והן ל-SLAVE להחזיר נתונים.
- **פשוט לחיבור התקני קצה רבים** - ניתן לחבר עשרות התקנים שונים על אותה רשת I₂C.
- **ממשק תקשורת פשוט וסטנדרטי** - כל רכיבי החומרה מתוכננים לתמוך בפרוטוקול.
- **מהירות תקשורת גבוהה** - עד 5 מגה-הרץ, מותאים להעברת נתונים מחישנים, שליטה ועוד.
- **אמינות גבוהה** - שימוש ב-ACK-ומנגנון זיהוי שגיאות.
- **נתיבות מוגדרות מראש** - מאפשר תקשורת מכוונת בין התקנים הרשא.

כמויות רכיבים שנייתן לחבר לפרטוקול I2C:

בפרטוקול I2C ניתן לחבר מספר רב של **רכיבים**, אך ישנה הגבלה על הכמות המקסימלית. בפועל, ניתן לחבר עד 128 **רכיבי קצה (SLAVES)** לכל רשות I2C. הסיבה להגבלת 128 היא **שימוש ב-7 ביטים לייצוג כתובת הריבב בפרטוקול**, מה שמאפשר טווח כתובות של 0 עד 127 (כלומר 128 כתובות שונות). כמות זו של 128 רכיבים נחשבת כבואה יחסית ומספריקה לרוב המערכות והיישומים הנוכחיים.

הרחבה ל-10 ביטים:

ישנה אפשרות להשתמש גם בכתובות עם 10 ביטים, מה שמרחיב את טווח הכתובות ומאפשר חיבור של מספר רב יותר של רכיבים. עם זאת, השימוש ב-10 ביטים מורכב יותר ופחות נפוץ.

הגבלות נוספות:

מלבד מגבלת הכתובות, קיימות גם **מגבליות פיזיות** שאלוולות להשפעה על כמות הרכיבים המקסימלית שנייתן לחבר בפועל. מגבלות אלו כוללות:

- **קיבוליות (Capacitance)**: ככל שמוסיפים יותר רכיבים, כך גדלה הקיבוליות על קווי התקשורת SCL ו-SDA. קיבוליות גבוהה מדי יכולה לעוות את האותות החשמליים ולשבש את התקורת.
- **אורך החוטים**: ככל שהחוטים ארוכים יותר, כך גדלים הסיכון לרעש חשמלי ולירידת מתח.
- **זיהום סביבתי**: סבيبة רועשת מבינה חשמלית עלולה להשפיע על האותות.

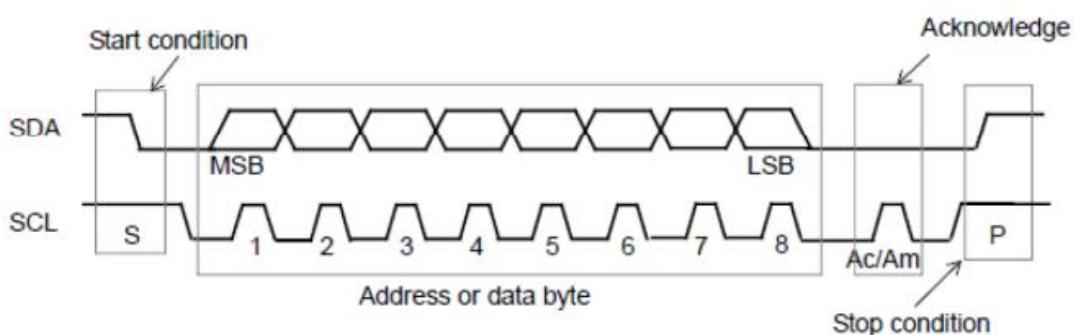
בפועל, למروת התיאוריה של 128 כתובות, יש לנקוט בחשבון את המגבליות הללו, ולרוב רשותות I2C פשוטות מוגבלות למספר קטן יותר של רכיבים.

פעולות בסיסיות בפרטוקול התקורת I2C:

כאשר שני האותות SDA ו- SCL, נמצאים במצב 1 לוגי ה- BUS במנוחה. השידור עצמו נעשה בשיטת MSB – First.

- האות SDA חייב להיות יציב כשהאות SCL במצב 1 לוגי.
- האות SDA יכול להשתנות רק כשהאות SCL במצב 0 לוגי.

נראה תמונה שמתארת העברת מידע בפרטוקול בדומה לתמונה מהעמוד הקודם:



ניתן לראות שפעולות START מתבצעת כאשר SDA בירידת ו- SCL נמצא ב-1 לוגי. לעומת זאת פעלות STOP מתבצעת כאשר SDA בעלייה ו-SCL כבר ב-1 לוגי.

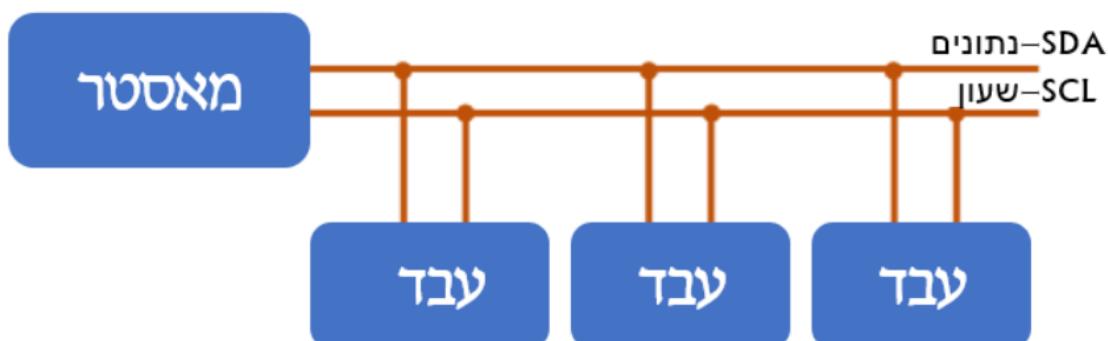
הרכיב שמקבל את המידע (ה-MASTER) או ה-SLAVE מקבלים Acknowledge (MASTER או SLAVE) מוחזירים תמיד תמיד להשיב באוטו Acknowledge לפניהו להורדת SDA ל-0 לוגי, וכך יתאפשר חיבורם שלם שלם.

מצבים בהם רכיבי SLAVE לא מגיבים ב-Acknowledge :
רכיבי SLAVE יכולים שלא להגיב בתגובה Acknowledge (כלומר להגיב ב-NACK), במקרים הבאים :

- ה-MASTER עסוק (במקרה כזה הוא יכול גם להאריך את ה-SCL).
- ה-SLAVE קיבל מידע לא חוקי.

לאחר קבלת NACK ה-MASTER חייב לבצע פעולה STOP. כאשר ה-MASTER הוא ה-Receiver הוא יכול שלא להגיב באוטו Acknowledge (כלומר להגיב ב-NACK) כדי לסמן שהגיעה ל-byte הסופי של המידע. מערכות שפועלות ב프וטוקול I2C יכולות לבצע פעולה Byte Acknowledge גם ברמת ה-Byte.

הסביר כיצד ה프וטוקול I2C פועל:



פרוטוקול I2C הוא שיטת תקשורת טורית בין מיקרו-בקר לרכיבי ציוד היקפי, המשמשת בשני קווים בלבד.

- רgel - (SDA) Serial Data אחראית על שליחת וקבלת המידע בין המכשירים.
- רgel - (SCL) Serial Clock אחראית על אותן השעון, המسانדרן את התקשרות בין כל רכיב, כך שהם "מדברים" יחד ובזמן הנכון.

הארדואינו/ESP32, הם ה"מאסטרים" והוא שולט על הקווים, והשאר הם ה"עבדים" (SLAVES). כאשר הארדואינו/ESP32 רוצה לתקשר עם אחד החישנים, הוא שולח אליו את הכתובת הייחודית שלו. לדוגמה :

- תצוגת LCD 2X16 עובדת בכתובת 0x27.
- חיישן טמפרטורה LM75 עובד בכתובת 0x48 או 0x40.

מסך TFT (ST7735) – 1.8



זהו המסך בו השתמשתי על מנת להציג את הרדאר בפרויקט שלי. מסך קטן וקומפקטי שיוצר תסמונה ברורה וטובה עבור הרדאר. אשר מציג את המרחק החל מ 0 ועד 100 סנטימטרים. במרכזו שנייתן לראות את הuko שמשתובב 180 מעלות החל מצידו הימני/הشمالي של המסך ועד לצידו השני ומציעיר נקודה בהתאם למרחק ככל שהאובייקט קרוב יותר נראה שצבעה של הנקודה הוא אדום, וככל שהאובייקט רחוק יותר הנקודה תהיה בצבע צהוב.

1. סוג המסך:

- דגם : ST7735
- גודל : 1.8 אינץ'.
- רזולוציה : 128×160 פיקסלים.
- צבעים : צבעוני (RGB565).
- ממשק : SPI (Serial Peripheral Interface) מהיר ומדויק.

2. חיבור פיניים (SPI):

- המסך מתקשר עם ה- ESP32 דרך SPI. בפועל בקורס שלי :
- MOSI (Master Out Slave In) – GPIO 23 (נתונים מה- ESP32 למסך).
 - SCLK (Clock) – GPIO 18 (שעון SPI).
 - CS (Chip Select) – GPIO 5 (בחירה התקן SPI פעיל*).
 - DC (Data/Command) – GPIO 2 (מספר למסר “פוקודה או נתון”).
 - RESET – GPIO 4 (Ấתחול המסך).
 - VCC / GND - מתח והארקה.
- הערה:** SCLK ו-MOSI – משותפים אם יש יותר מסך אחד CS ו- DC - חיבורים להיות שונים לכל מסך.

3. תאורת רקע (Backlight)

- לרוב המטכים יש **LED backlight** פנימי.
- חיבור פיזי: BL / LED .
- אם מחברים ל- 5V → Backlight או 3.3V Dolk .
- ניתן לכבות או לשנות בעוצמה דרך טרנזיסטור PWM כדי לחסוך צריכה חשמלית .
- כיבוי Backlight חיסכון משמעותי בזרם (mA 300–50) .

4. ספריות ותפקודים בקוד שלבי:

- הספרייה Ucglib שולחת פקודות SPI למסך .
- פונקציות עיקריות בקוד :

 - ucg.begin() - אתחול המסך .
 - setRotate90 () - סיבוב המסך לאופקי .
 - setColor (...) - הגדרת צבע לצירור .
 - drawLine, drawBox, drawDisc, drawCircle .
 - setFont(...), setPrintPos(...), print(...) .
 - cls() - ניקוי המסך באמצעות ריבועים שחורים .

5. זרם ומתח

- VCC : רוב המודולים מקבלים 5V חלק תומכים גם ב-3.3V .
- צורך טיפוסית :

 - backlight: 10–60 mA ללאם .
 - backlight: 50–300 mA עםם .

מה המסך מציג בקוד שלבי:

- רקע גрафי :** עיגולים, קוויים, רקע ירוק-שחור (גרדיינט)
 - טקסט :** שם הפרויקט “Mini Radar”, מרחקים בקנה מידה (..cm 25, 50,...)
 - נקודות :** מיקום אובייקטים לפי החישון האולטראשוני (cm >100cm, אדום <100cm, צהוב)
 - קוויים :** קו סריקה שמסתובב עם הסרווי, כמו קרן רdar .
- בקיצור, המסך הוא **המסך הגרפי של הרdar** – מציג מידע בזמן אמת בצורה צבעונית .

הסביר על תוצאות הרדאר:

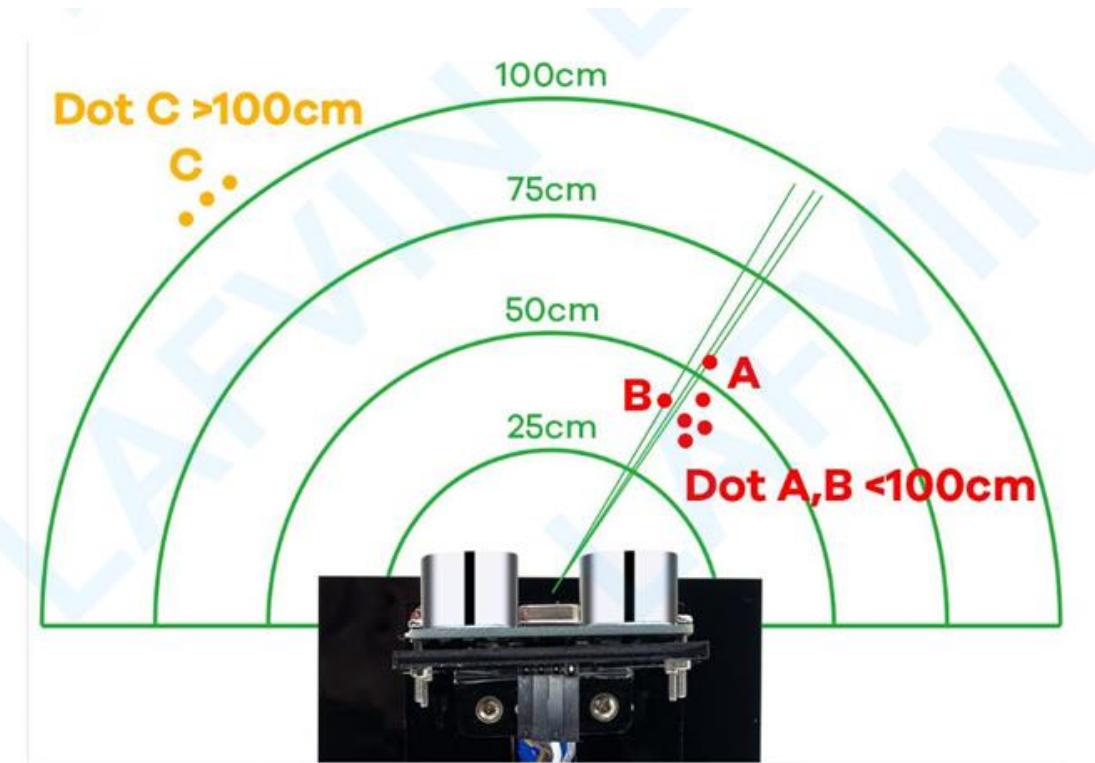
איך למשה המרבית עובדת מה אנחנו רואים על המסך?

אוначיל בזזה שהרובוט השומר שלנו צריך לשמור על סביבה שנסרקת 180 מעלות.

הפעולה של הסריקה עצמה מתבצעת באמצעות שני רכיבים חשובים מאוד במערכת הרדאר שלנו. הרכיב הראשון זהו המנוע סרו שבכל מספק לנו את כל העניין של התזוז של חצי הסיבוב החל מ0 מעלות ועד הגעתו ל180 מעלות. הרכיב השני שלו שלמעשה מבצע את המדייה זהו החישון האולטריאסוני שמבצע בדיקת האובייקטים בסביבה בתווך של 100 פלוס סנטימטרים ומחזיר לנו "מידע" שלמעשה מתופיע בנקודה על הרדאר.

כל המערכת מוצגת באופן חד וברור על המסך שלו ואנו יכולים לדעת האם האובייקט קרוב אלינו או רחוק מיתנו, כאשר האובייקט נמצא בתחום בין 0 ל- 100 סנטימטרים נראה שהנקודה היא בcube אדום. כאשר האובייקט נמצא מעל ל- 100 סנטימטרים אז הנקודה תהיה במצב צהוב.

נראה תמונה שמחישה לנו באופן ברור את מה שתרחש במסך בזמן פעולה מערכת הרדאר:



כמו שאמרתי קודם לכן, ניתן לראות מההמונה שכל עוד אנו נמצאים בתחום בין 0-100 סנטימטרים צבע הנקודות האו אדום וברגע שאנו עברים תחום זה צבע הנקודות הוא צהוב.

מסך גרפי טאץ' TFT 9341

מסך גרפי 9341 TFT מאפשר הצגת תווים, מספרים, צורות גרפיות ותמונות על המסך.

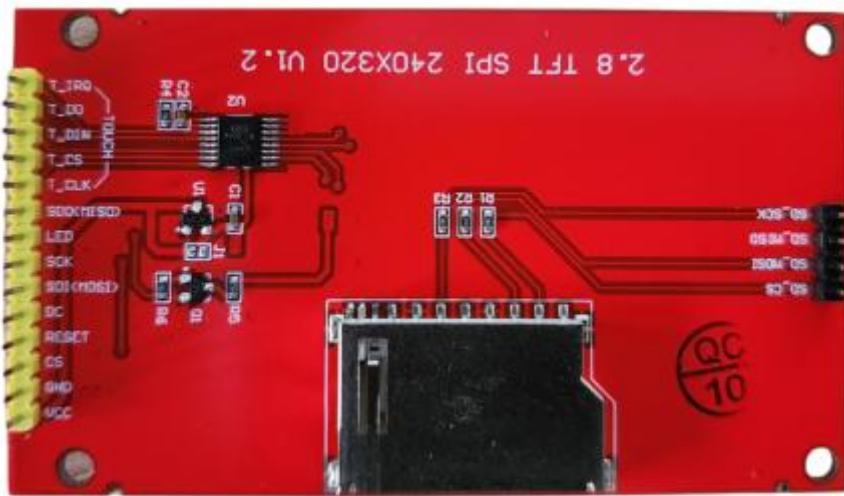


מפורט טכני של מסך גרפי:

- .**1. סוג תצוגה :** מסך גרפי צבוני מגע (Touch).
- .**2. פרוטוקול עבודה :** SPI (Serial Peripheral Interface).
- .**3. גודל פיזי 8 :** אינץ'.
- .**4. רזולוציה 240x320 :** פיקסלים (נקודות).
- .**5. ציר X רוחב :** (מכיל 320 פיקסלים).
- .**6. ציר Y גובה :** (מכיל 240 פיקסלים).
- .**7. מתח הפעלה :** 3V.
- .**8. תכונת אחסון :** תצוגה כוללת קורא כרטיסי SD המאפשר שמירת קבצי תמונה בנפח זיכרון גדול.

הערה : אם תעדיף שהסדר יהיה רוחב ואז גובה (כפי שמקובל לעתים ברזולוציה), ניתן לשנות את סעיפים 5-6 בהתאם לצורה שבה תרצה להציג את זה במסך. הרשימה הנוכחית משקפת את המידע שסבירת, כאשר ציר X הוא 320 וציר Y הוא 240.

תיאור ותפקיד פיני חיבור – מסך TFT/Touch :



המסך הגרפי דורש מספר חיבורים מרכזיים כדי לאפשר תקשורת נתונים מהירה (SPI) ובקרה מגע. כל פין משרת מטרת ייחודית:

- 1. VCC מתח אספקה :** זהו פין אספקת המתח החיובי של התצוגה, הנדרש להפעלת הבקר והתאורה האחוריית. עבור מסך זה, **המתח הנדרש הוא 3.3V**.
- 2. GND הארקה :** (חיבור הארקה המשותף, סוגר את המעגל החשמלי).
- 3. CS בחירת רכיב - (Chip Select) :** משמשת לשיליטה על שבב התצוגה (LCD). כאשר הפין זהה במצב נמוך (LOW) לוח הבקרה (כمو ESP32) מסנו לבקר התצוגה (ILI9341) שהוא הרכיב העיקרי לקבל או לשלוח נתונים דרך דרכ קו-ה-SPI המשותף.
- 4. DC נתונים/פקודה (Data/Command) :** – פין קריטי בבקרה. הלוח משתמש בו כדי להבדיל בין סוג המידע הנשלח: אם הפין במצב גבוה (HIGH) המידע הנשלח הוא **נתונים** (צבע פיקסלם, תמונה); אם הפין במצב נמוך (LOW) המידע הוא **פקודה** (הוראות לבקר לשנות רזולוציה או אתחול).
- 5. MOSI - Master Out Slave In (SDI) :** קו **כניסת הנתונים הראשי** בפרוטוקול SPI. באמצעות פין זה, לוח הבקרה שולח את כל הנתונים הגרפיים ופקודות אל התצוגה.
- 6. CLK שעון - (Clock) :** רgel השעון. מספקת את הקצב והתיזמון הנדרשים לסינכרון תהליך העברת הנתונים ב-SPI. כל פיקסל או בית נשלח בתיאום עם דופק השעון.
- 7. MISO - Master In Slave Out (SDO) :** קו **יציאת הנתונים** מפרוטוקול SPI. דרכ פין זה, לוח הבקרה **מקבל נתונים** חזירים מהמסך (למשל, קריית סטטוס או זיהוי הבקר).
- 8. CS בחירת שבב מגע :** (זהו פין Chip Select נפרד המשמש לשיבב בקר המגע לרוב (XPT2046) הואאפשר ללוח הבקרה לתקשר עם שבב המגע באמצעות רשת SPI, בנפרד מבקר התצוגה הראשי.
- 9. T-IRQ_F- פסיקת מגע Touch Interrupt :** רgel זו נכנסת לפעולה כאשר **נגיעה מזויה** על פני המסך. היא מאפשרת ללוח לעבד אירועי מגע באופן יעיל ומידי (mbased פסיקה), מבלי צורך לבדוק באופן קבוע אם התרחש נגעה.

הסבר מקייף על פונקציות התצוגה (Adafruit ILI9341): בה אני משתמש בפרויקט

1. הכללת הספריות (Headers):

בתחילת כל סקיצה (קוד) علينا לכלול את הספריות הבאות, המגדירות את כל הפקודות הגרפיות והחומרתיות:

- `#include <Adafruit_GFX.h>` : זהה ליבת הציור הגרפי (GFX Core). היא מספקת את כל הפקודות הגרפיות לצור צורות, קוים וטקסט, ואני תליה בברcker המסך הגרפי.
- `#include <Adafruit_ILI9341.h>` : זהה הדרייבר הגרפי התומך בברcker הפיזי ILI9341 של המסך שלו. הוא מתרגם את הפקודות הגרפיות של GFX לפקודות ברמה נמוכה (SPI) שהחומרה מבינה.

2. אתחול ותחילת עבודה:

- פונקציות אלו נראות לרוב רק פעם אחת בתחום פונקציית `setup()`:
- `() tft.begin()` : זהה הפקודה הראשונה והקריטית ביותר. היא שולחת את כל רצף האתחול הנדרש לבקר ILI9341 כדי להביא אותו במצב עבודה וכיוול ראשי. (מקביל ל- `lcd.begin()`)
 - `() tft.setRotation()` : כיוון (פקודה זו קובעת את כיוון התצוגה (אורינטציה). ישנו ארבעה מצבים אפשריים (0, 1, או 2, או 3), כאשרם יגדיר את המסך לרוחב (320x240) והאחר לאורץ (240x320).
 - `() tft.fillScreen()` : צבע (זויה הפקודה לניקוי המסך. היא ממלאת את כל שטח התצוגה בצבע אחד, ומשמשת לרוב לקביעת צבע הרקע (למשל, lcd.clear() מחליף `tft.fillScreen(ILI9341_BLACK)` במערכות אחרות).

3. עבודה עם טקסט ומיקום:

- פונקציות אלו משמשות להציג נתונים מסוימים במספריים ומילוליים על המסך:
- `(y) tft.setCursor(x, y)` : מגדירה את מיקום הסמן שבו הטקסט הבא יודפס. ה- X וה- Y מציננים את הפינה השמאלית העליונה של האות הראשונה, (מקביל ל- `lcd.goto(x, y)`).
 - `() tft.setTextSize()` : קובעת את גודל הפונט. גודל 1 הוא הפונט הבסיסי, וגדלים גדולים יותר מכפילים את הפיקסלים (לדוגמה, גודל 3 הוא פי 3 מהגודל הבסיסי).
 - `(color) tft.setTextColor()` : צבע (קובעת את צבע הטקסט (צבע החזית) שיוצג. ניתן להוסיף ארגומנט שני אופציוניaldi כדי להגדיר את צבע הרקע סביב הטקסט).
 - `() tft.print() / tft.println()` : מבצעת את הדפסת הטקסט, המספריים או המשתנים אל המסך במקומות הסמן הנוכחי (מקביל ל- `lcd.print()` מוסיפה ירידת שורה).

4. פונקציות מגע (Touch):

- הפונקציות הללו מטפלות בברcker המגע ככל הנראה (XPT2046) הנמצא במסך:
- `: tft.begin()` : אתחול שבב המגע (כאשר ts הוא אובייקט של ספריית המגע הנפרדת, כמו XPT2046_TouchScreen). זהה המקביל לאתחול בקרת המגע.
 - `(): ts.getTouch()` : פונקציות ספציפיות בספרייה המגע, (כגון: ts.getTouch()) מאפשרות לzechות את הנגיעה ולקבל את קואורדינטות ה- X וה- Y של נקודת הלחיצה על המסך.

סקירת הספרייה TFT_eSPI :

ספריית TFT_eSPI שפותחה על ידי Bodmer נחשבת לטנדרט בתעשיית עבור פרויקטים מבוססי ESP32 ו-ESP8266- בזכות הביצועים המהירים שלה והתמייה בוגון רחוב של בקרים ומסכימים.

1. מאפיינים עיקריים:

- מהירות ייצואת דופן: הספרייה עושה שימוש ביכולות DMA (Direct Memory Access) של בקר ה-ESP32- מה שמאפשר ריענון מוך מהיר מאוד ללא הגדלה על המעבד.
- תמייה רחבה בדראיברים: הספרייה תומכת ברוב הדראיברים הנפוצים בשוק, כגון:
 - ILI9341, ST7735, ST7789, ST7796
- ריבוי גופנים (Fonts): כוללת גופנים מובנים וגופני Anti-aliased (גופנים מוחלקים) שנראים מڪווים בהרבה מה גופנים הסטנדרטיים של ארדואינו.
- ניהול זיכרון (Sprites): תומכת ב- "Sprites" יצירת גרפיקה בזיכרון ה-RAM ושליחתה למסך בבת אחת, מה שמנע "הבהובים" (Flickering) "באנימציות".

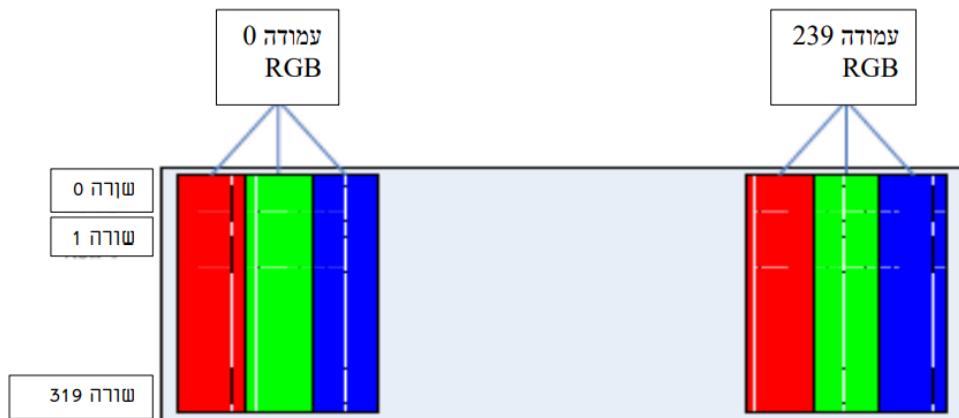
2. ארכיטקטורת ההגדרה (User_Setup):

בשונה מספריות רגילות שבן מגידרים את הפינים בתוך הקוד, (Sketch) ב-TFT_eSPI- מותבצעת בדרך כלל בקובץ הגדרות חיצוני הנמצא בתוך תיקיית הספרייה:

- **User_Setup.h**: כמו מגידרים את סוג הדראיבר של המסך, הרזולוציה ופיני ה-SPI כמו (MOSI, SCK, CS).
- שיטה זו מאפשרת לקוד המקור להישאר נקי וקבוע, בעוד שינויי החומרה מותבצעים ברמת הספרייה.

תצוגות - טרנזיסטור סרט דק – הן תצוגות אקטיביות:

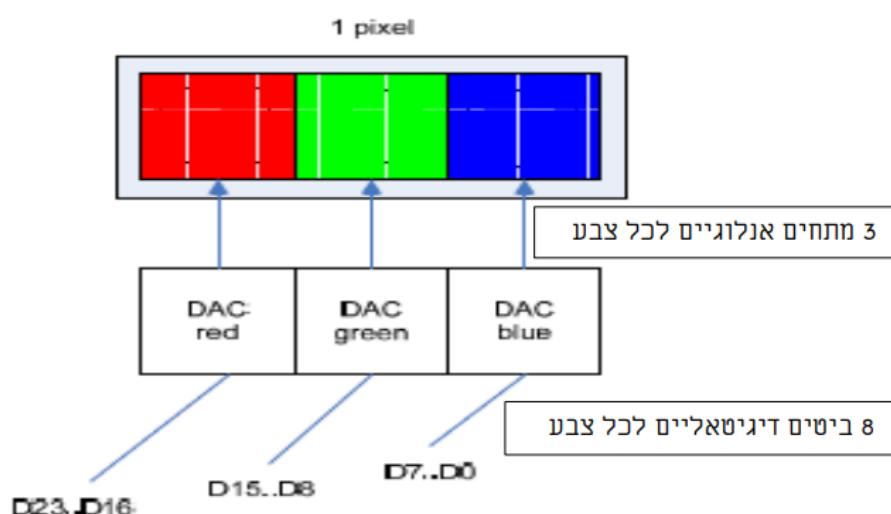
כל סגמנט בתצוגה מאפשר החזרה או העברה של אור. גם כאן יש מקור אור המקרין אוור מאחרוי התצוגה אל החזיות. בעזרת הטרנזיסטור קבועים האור יוקרן החזiosa או שהוא ייחסס ולא יועבר. כדי ליצור צבעים צריך 3 סגמנטטים. 3 סגמנטטים אלו מעבירים אוור דרך מסנתת אדומה, יroxeh או כחולה. כך נוצר פיקסל RGB. כלומר פיקסל מורכב מ- 3 סגמנטטים. למעשה כל פיקסל מורכב מ- 2 מסננות עם קיטוב, 3 מסננות צבע ו 2 שכבות יישור וכך נקבע בדיקוק כמה אוור עברו ובאיזה צבע. באирור רואים את סידור העמודות והשורות של תצוגת RGB של 320 שורות ו- 240 עמודות.



צירת צבע בתצוגה TFT (Thin Film Transistor)

تצוגות TFT יכולות לדוחוף 3 סגמנטטים (פיקסל אחד) בpolloס שעון אחד עם שדה חשמלי משתנה חזק. גודל המתח האנלוגי בכל צבע קובע את עצמת הצלב המסוים. תצוגה כזו תומכת בצבעים רבים. רמות הצלב נקבעות על ידי מספר קווי הנטוון בפנל התצוגה ובמספר קווי יציאות הנטוון של הבקר. האפשרויות הן: 24 בית לפיקסל (bits per pixel), 15bpp, 16bpp, 18bpp, 8bpp. במשחק מקבילי נדרשים 320 פולסי שעון ל 320 פיקסלים.

ניתן לראות בתמונה ממשק של 24 ביטים לפיקסל בשעון אחד:

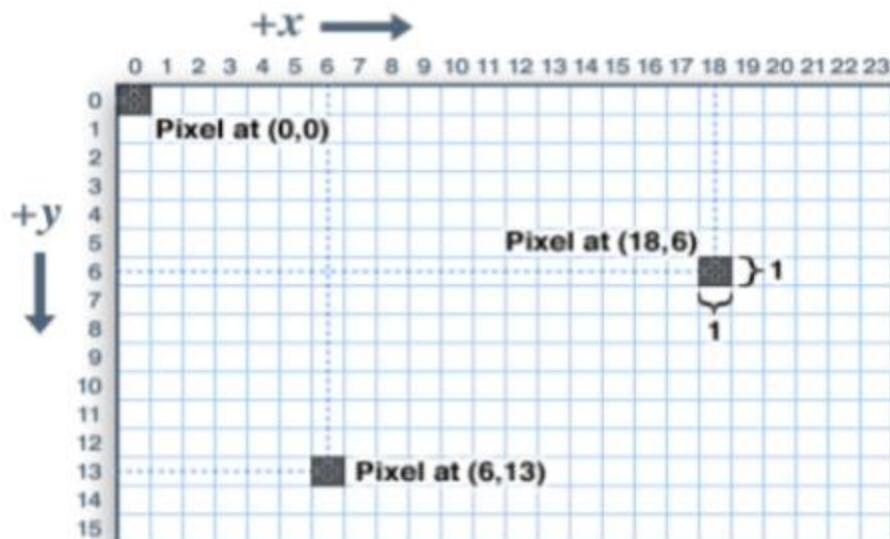


תמונה זו מותארת תצוגה המתחברת בMUX של 24 ביט.

כל 8 ביטים מתחברים ל DAC הקובע את גודל המתח שיגיע לכל צבע בפיקסל מסוים. הצלע הכחול נשלט על ידי 8 הביטים , D0~D7 הצלע הירוק על ידי הביטים D8~D15 והצלע האדום על ידי D16~D23. 8 הביטים של המספר הדיגיטלי קובעים את גודל המתח האנלוגי שיוצא מהוואיתו את עצמת הצלע בכל אחד מ 3 צבעי ה-RGB.

התמונה בתצוגת TFT מורכבת מפיקסלים. תצוגת TFT זו מורכבת ממכפלת של 2 המספרים 320 × 240 (הנותנת 76800 פיקסלים). ניתן לשולט על הצלע של כל פיקסל ומכאן ניתן להבין כי ניתן להציג תצוגה מנוקודה בודדת ועד תמונה מורכבת.

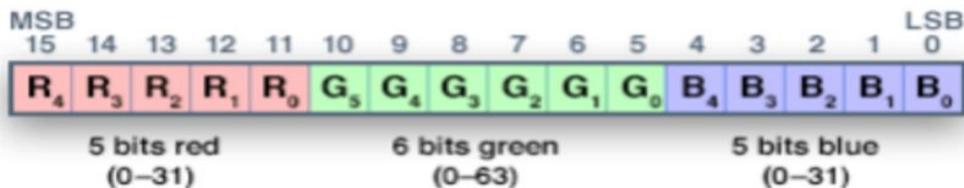
לכל פיקסל יש קואורדינטות (קואורדינטות הן קבוצת מספרים המציינות את מיקומו של גופם במרחב כלשהו) של x ושל y שלו. מערכת הקואורדינטות ממקמת את הראשית (0,0) בפינה השמאלית העליונה כאשר x גדול לכיוון ימין ו- y כלפי מטה, ניתן לראות באירוע.



בתוצאות התומכות בצבע, הצבע נרשם כערך בן 16 סיביות לא מסומן – (unsigned) כמו כן בחלוקת מהنتائج ניתן לקבל יותר צבעים וחלוקת פחות – יותר או פחות סיביות בערך. רוב הספריות שעובדות עם תוצאות כאלה עובדות עם 16 סיביות. גם לארזיאנו קל לעובוד עם צבעים בני 16 ביטים. שלושת צבעי היסוד -RGB- אדום (red), ירוק (green), כחול (blue) נוכנים בתוך ה-16 סיביות בצורה הבאה:

מחיוך רואים:

5 הביטים הגבוהים הם של הצבע האדום והם בני 5 ביטים (0-31).



6 הביטים הבאים הם של הצבע ירוק (0-63).

5 הביטים הנמוכים הם של הצבע הכחול (0-31).

צבע הירוק יש 6 ביטים כי העין של האדם רגישה יותר לצבע הירוק,

לדוגמה, אם נרצה לצבע פיקסל בצבע ירוק נשלח את הערך $00000\ 11111\ 00000 = 07E0H$ הערך: $1111100000000000\ F800H = FFFFH$ יציב את הפיקסל לבן.

הצבעים הנפוצים הם:

- #define BLACK 0x0000 • שחור //
- #define BLUE 0x001F • כחול //
- #define RED 0XF800 • אדום //
- #define GREEN 0x07E0 • ירוק //
- #define CYAN 0x07FF • טורקיז //
- #define MAGENTA 0XF81F • גוון אדום //
- #define YELLOW 0xFFE0 • צהוב //
- #define WHITE 0xFF • לבן //

```

1. // Color definitions
2. #define BLACK      0x0000      // שחור
3. #define BLUE       0x001F      // כחול
4. #define RED        0XF800     // אדום
5. #define GREEN      0x07E0     // ירוק
6. #define CYAN       0x07FF     // כחול ירוק
7. #define MAGENTA   0XF81F     // גוון אדום
8. #define YELLOW     0xFFE0     // צהוב
9. #define WHITE      0xFF      // לבן

```

בPRIOSHOM הקואורדינטות , קודם נרשמת הנקודה בציר ה X של הפיקסל ולאחריה בציר ה Y. הקואורדינטות מבוטאות ביחידות של פיקסל ולא בגודלים של אורך (מ"מ או ס"מ אינץ'ים וכו'). גודל מלבן שנציג בהמשך יהיה במספר פיקסלים שלו בציר ה X ומספר הפיקסלים בציר Y ולא באורך של מ"מ או ס"מ. ניתן למדוד את אורך ורוחב המסך ואז לחלק בכמות הפיקסלים בכל ציר ולדעת את הגודל של כל פיקסל, אם כי הדבר פחות שימושי . ניתן לשנות את האוריינטציה של התמונה כך שהאורק יהיה רוחב והרוחב יהיה אורך .



נקבל תמונה כזו :

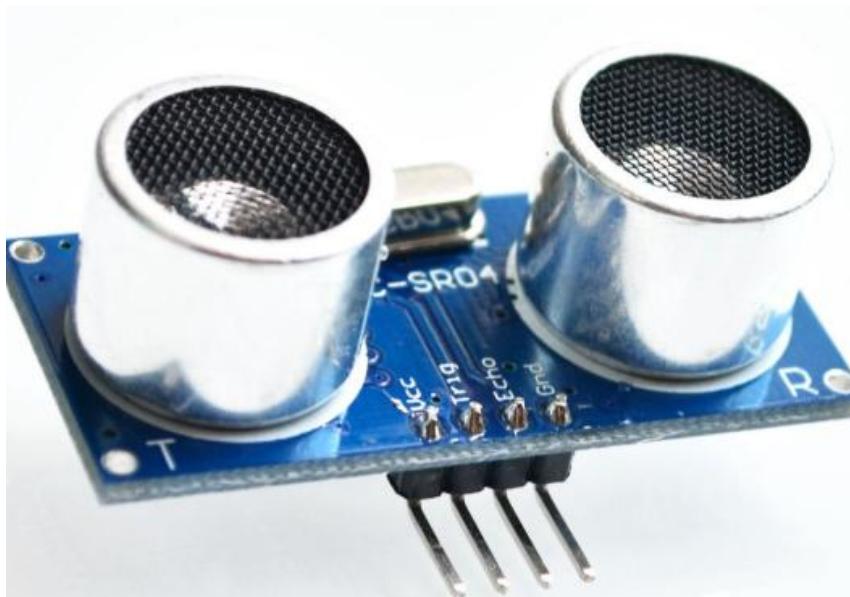


כלומר ממצב של תמונה כזו :

התצוגה הימנית נקראת פורמט landscape (נוף) והשמאלית portrait (דיוקן). ראשית הצירים היא הנקודה השמאלית למעלה. ניתן לקבל 4 סוגים אוריינטציה, ככלומר איזו אחת מ- 4 הפינות של המלבן תהיה ראשית הצירים (0,0) .

פונקציות הגרפיקה לכל תצוגת TFT יש בקר תצוגה פנימי המנהל את התצוגה עצמה ואת הקשר עם העולם שמחוץ לתצוגה שבו יש בדרך כלל מיקרו בקרים השולחים פקודות להפעלת התצוגה. לכל בקר יש פונקציית אתחול משלו. כדאי לראות בדף הנתונים של התצוגה מי הבקר המפעיל אותה. במידה ולא יודעים אז בפונקציית.

חישון מרחק – HC-SR04 :



ה-HC-SR04 זה חישון בו השתמשתי למדידת מרחק בפרויקט שלי. זה חישון מאוד נפוץ בפרויקטים של רובוטיקה, חישוני חניה, ומכשורים חכמים. חישון זה נפוץ בגלל מספר דברים, כמו למשל: הוא נחשב לזול, פשוט לשימוש ומדויק יחסית בטעחים קצריים ובינוניים.

איך החישון עובד?

העיקרונו מאחוריו HC-SR04 מושם על גלי קול על-קוליים . Ultrasonic Waves . – החישון משדר גל קול בתדר גבוה, שאיןנו נשמע לאוזן האנושית (כ-40 קילו-הרץ). הגל הזה מתפשט בסביבה, וכאשר הוא פוגע במכשול או חפץ כלשהו, הוא חוזר אל החישון. החישון מודד את הזמן שלקח לגל להגעה חזרה. בעזרתו מהירות הקול באוויר, ניתן לחשב את המרחק למכשול.

הנוסחה שמאפשרת לחשב את המרחק היא :

$$\text{מרחק} = \frac{\text{זמן החזרה} \times \text{מהירות הקול}}{2}$$

החלק החשוב הוא חלוקה ב-2, שכן הזמן שנמדד הוא הזמן הכלול של ההלך והחזרות של הגל.

מהירות הקול באוויר אינה קבועה, והיא תלולה בעיקר בטמפרטורה. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, המולקولات באוויר נעות מהר יותר ומעבירות את גל הקול בעילות רבה יותר. כתוצאה לכך, מהירות הקול עולה.

נוסחה לחישוב מהירות הקול

ניתן לחשב את מהירות הקול באוויר (במטרים לשנייה) בצורה מוקorbit באמצעות הנוסחה הבאה :

$$\text{מהירות} = 331.4 + 0.6 \times T$$

כasher:

- T היא הטמפרטורה במעלה צלזיאוס ($^{\circ}\text{C}$).
- 331.4 מ/ש היא מהירות הקול באוויר בטמפרטורה של 0°C .
- 0.6 מ/ש היא הקירוב לשינוי ב מהירות הקול עבור כל עלייה של מעלה אחת בטמפרטורה.

השפעה על הדיווק

אם לא מתחשבים בטמפרטורה, חישוב המרחק יכול להיות לא מדויק. המרכיבות כה חשובות כגון כיפיות ברזל או רובוט שומר בהתחשב בפרויקט שלו, יש צורך להתחשב בטמפרטורה הסביבתית על מנת להבין כיצד למפרק שמתתקבל על פי החישון האולטרסוני.

מבנה החישון:

הגיע עם ארבעה פינים עיקריים :

- פין VCC - מתח אספקה של 5 וולט.
- פין GND - חיבור לאדמה.
- פין Trig - פין טריגר, אליו שולחים פולס קצר (בדרכו כל 10 מיקרו-שניות) כדי להפעיל את שליחת הגל האולטרסוני.
- פין Echo - פין החזרה, שማפיק פולס שמתממש לאורך זמן החזרה של הגל. אורך הפולס זהה מאפשר לחשב את המרחק.

מגבלות ויתרונות

מצוין למדידה בטוחים של 2 ס"מ עד 400 ס"מ. עם זאת, יש לו מגבלות : HC-SR 04 משטחים קטנים או סופגים עשויים להקשות על קריית המרחק, כמו גם רעשים חזקים באוויר שמפריעים לגלי האולטרסוניים. בנוסף, הוא רגיש לזווית החזרה של הגל – החישון עובד היטב כאשר המשטח ניצב אליו.

1.דרישות פולס הטריגר והטזמון (Timing):

אף שצוין הצורך בפולס של $\Delta t = 10 \mu s$ בפין Trig, חשוב להציג את סדר הפעולות המדוייק ואת התזמונים הקרייטיים לתקשורת תקינה:

- **שליחת הפולס :** יש להකפיד שהפולס יהיה $\Delta t = 10 \mu s$ (או ארוך יותר, אך $\Delta t = 10 \mu s$ זה המינימום הדרושים) כדי להפעיל את המשדר האולטרארסונייק.
- **זמן המתנה פנימי (Internal Delay) :** לאחר קבלת פולס הטריגר, המודול ממתין $\Delta t = 500 \mu s$ לפני שהוא מפעיל אסדרת שמונה פולסי $40 kHz$ אלחוטיים.
- **פין ה - Echo :** פין זה משמשתנה במצב HIGH (גובה) ברגע שהשידור מתחילה, ונשאר במצב זה עד לקליטת החזר או עד זמן ה- "Time-Out" הפנימי (בסביבות $38ms$ חולף). המיקרו-בקר שלך (כמו ארדואינו) צריך למדוד את משך הזמן שבו פין ה- Echo נמצא במצב HIGH.

2.רזולוציה ודיוק מעשי (Resolution and Practical Accuracy)

מעבר לתלות בטמפרטורה, ישנן מגבלות נוספות המשפיעות על הדיוק:

- **רזולוציה התאורטית :** ה- HC-SR04 משדר ומודד את הזמן. אם נניח מהירות קול של $(\Delta t = 0.034cm / 340m/s) = 0.25 \mu s$. אורך גל בודד הוא כ- $8.5mm$. כדי לקבל רזולוציה של $3mm$ (0.3 ס"מ), נדרש יכולת מדידת זמן מדויקת מאוד.
- **מעשית, הרזולוציה של המודול היא כ- 3 מילימטר.**
- **היסט מיניימי (Blind Zone) :** הטווח המיניימי הוא כ- $2cm$. הסיבה לכך היא שהחישון זוקק בזמן מיניימי להשלמת הפעולה של שליחת, מכבי והתחלה הקליטה, לפני שהחץ של גל הקול הראשון חוזר.
- **פיצול אלומת הקול (Beam Divergence) :** החישון אינו פועל כ"קרכן לייזר" צרה. הוא משדר בקונוס (זווית פתיחה) של כ- 15° החישון יזהה את האובייקט הקרוב ביותר שנמצא בתחום קונוס זה. משמעות הדבר היא שמדדית המרחק משקפת את הנקודה הקרובה ביותר על פני האובייקט ולא דזוקא את המרכז. ככל שהמרחק גדול, שטח הכנפי של הקונוס גדול, מה שמחזק את הדיוק המקומי (Local Accuracy).

3.מודל הנהיגה הפנימי ומתח הלוגי (Driving & Logic Level)

- **מתח פעולה ובקרה :** (VCC) החישון דורש $5V$ בפין ה- VCC והוא מתאים לעבודה עם מיקרו-בקרים של $5V$ כמו ארדואינו אונו (ישנם רגילים מתאימים עבור חישונים העובדים ב- $5V$ וולט גם במיקרו בקר ESP32).
- **תאיימות לוגית עם $3.3V$:** כאשר מחברים את החישון למיקרו-בקרים של $3.3V$ כמו ESP32, (פין ה- Trig יכול להיות מופעל ישירות) מכיוון שהוא $3.3V$ נחשב למצב HIGH (מספיק), אך פין ה- Echo מוציא פולס של $5V$. חיבור $5V$ ישירות לפין קלט של $3.3V$ עלול לגרום לנויה. לכן, נדרש שימוש במחולק מתח (Voltage Divider) או ממיר רמות לוגיות (Logic Level Shifter) בפין ה- Echo.
- **צריict זרם :** החישון צורך זרם נמוך במצב רגיל (פחות mA-mA) אך בזמן שידור הוא יכול לצורך עד כ- $15mA$.

חישון טמפרטורה LM75



חישון הטמפרטורה **LM75** אינו רק רכיב אלקטרוני פשוט אלא הוא מערכתי-על-שਬב (SoC) דיגיטלי קומפקטי שנועד למדוד טמפרטורה ולהמיר אותה לאוטות שמיקו-בקרים כמו הארדואינו או ה-ESP32 יכולים להבין בקלות. בנגוד לחישנים אנלוגיים (כמו ה-**LM35**) שמוסכאים מתח משתנה, ה-**LM75**- מבצע את ההמרה לאות דיגיטלי בתוכו, מה שפשט משמעותית את החיבור והתקנות.

מאפיינים וдиוק טכניים:

- **טוחה מדידה :** החישון מתוכנן למדוד טמפרטורות בטווח רחב של $125^{\circ}\text{C} + 55^{\circ}\text{C}$ עד 0.5°C . טוחה זה הופך אותו למתאים ליישומים תעשייתיים, רפואיים וביתיים.
- **רזולוציה ודיוק :** החישון מספק קריאה ברזולוציה של 9 ביט, המקבילה לדיווק 0.5°C . דגמים מתקדמים יותר כמו ה-**LM75B** מציעים רזולוציה של 11 ביט, מה שמספק דיוק גובה יותר של 0.125°C (למרות שהדיווק המוחלט עדיין תלוי בטווח הטמפרטורה).
- **צריכת אנרגיה :** יתרון משמעותי של ה-**LM75** הוא ייעילותו האנרגטית. הוא צורך זרם נמוך מאוד במצב פעולה, וככלל מצב **כיבוי** (Shutdown mode) בו הוא צורך זרם של מיקרו-אמפרים בלבד (בסביבות $4\mu\text{A}$), מה שהופך אותו לאידיאלי ליישומים המופעלים על סוללות.
- **מתח עבודה :** החישון יכול לפעול בתחום שנו בין 2.7V ל- 5.5V , מה שהופך אותו לתואם למגוון רחב של מיקרו-בקרים, כולל ארדואינו (5V) ו-ESP32 (3.3V).

עקרון הפעולה והתקשות הדיגיטלית (I2C) : (כפי שהוסבר בתחילת הספר)

ה-**LM75** מתקשר עם המיקרו-בקר באמצעות פרוטוקול, (Inter-Integrated Circuit, I2C) הידוע גם בשם "TWI" (Two-Wire Interface). פרוטוקול זה משתמש בשני קוויים בלבד לתקשורת:

- **SDA (Serial Data Line) :** קו דו-כיווני להעברת נתונים.
- **SCL (Serial Clock Line) :** קו שעון המסנכרן את התקשרות בין המיקרו-בקר לחישון.

לכל רכיב I₂C יש כתובות ייחודית של **7 ביט**. ה- LM75-מציע שלוש רגלי כתובות (A0, A1, A2) שנitinן לחבר ל-VCC-או ל-GND, מה שמאפשר להגדיר עד **שמונה חיישני LM75** שונים על אותו אוטובוס I₂C ללא הפרעות.

כיצד זה עובד?

המיicro-בקר (המאסטר) שולח בקשה לקריאת נתונים לכתובת הספציפית של ה- LM75 (העובד). החישון מגיב נתונים המאוחסנים בזיכרון הפנימי שלו, שם הטמפרטורה נשמרת באופן רצוף לאחר המרה.

פונקציונליות "תרמומטט- (Over-temperature :

אחד התכונות המייחדות והשימושיות של ה- LM75 היא יכולתו לפעול כתרמומטט דיגיטלי עצמאי. לחישון יש יציאה ייודית OS (Over-temperature Shutdown), שיכולה לשמש בשני מצבים :

- **מצב השוואה (Comparator Mode)**: המicro-בקר יכול להגדיר שני ספי טמפרטורה
 - בחישון עצמו :
- TOS (Temperature Over-limit) : טמפרטורה מקסימלית. כאשר הטמפרטורה עולה מעלה מערך זה, יציאת ה- OS מפעילה פلت דיגיטלי.
- THYST (Hysteresis) : טמפרטורה שבה הפלט חוזר למצב רגיל. הדבר מונע הפעלה וכיבוי חזריים ונשנים (נדון) של היציאה כאשר הטמפרטורה נמצאת קרוב ל██.
- **מצב פסיקה (Interrupt Mode)** : במצב זה, יציאת ה- OS יכולה לייצר פסיקה (interrupt) למicro-בקר, להתריע בפניו על חריגה מהטמפרטורה, ללא צורך בסקרים מתמידים של החישון.

פונקציה זו שימושית במיוחד לבניית מערכות פשוטות של בקרת טמפרטורה, כמו מפוח שמופעל אוטומטית כאשר הטמפרטורה עולה על סף מסוים.

שלבי חיבור בסיסיים :

- .1 VCC (מתח) ו-GND (הארקה) : חיבור למקור מתח של 5V או 3.3V.
- .2 SCL ו-SDA : חיבור לפיני I₂C המתאימים בארדואינו (ברוב הלוחות : A4 ו-A5 בהתאם) או ל-ESP32.
- .3 נגדי פול-אף : יש צורך בנגדי פול-אף (בדרך כלל $\Omega = 4.7k\Omega$) על קו ה-SCL ו-SDA כדי למשוך את הקווים למתח גבוה כאשר הם אינם פעילים. במודולים רבים, הנגדים הללו כבר מובנים על הלוח.

חיבור החומרה ב-ESP32 :

חיבור הגרפי של חיישן LM75 ל- ESP32 הוא פשוט מאוד, כיון ששניהם תואמים למתח עבודה של 3.3V.

- .1 VCC(מתח) של ה- LM75 מתחבר לפין 3.3V ב-ESP32.
 - .2 GND(הארקה) של ה- LM75 מתחבר לפין GND ב-ESP32.
 - .3 SDA(קו נתונים) של ה- LM75 מתחבר לפין GPIO21 ב-ESP32.
 - .4 SCL(קו שעון) של ה- LM75 מתחבר לפין GPIO22 ב-ESP32.
- פיני GPIO21 ו- GPIO22 הם ברירת המחדל של I₂C בלוחות ESP32 רבים, מה שפשט את החיבור.

שלבי תכונות (פסאודו קוד):

- .1. **הכללת ספרייה:** השתמש בספרייה ייעודית לחישון (למשל, Adafruit LM75) כדי לפשר את התקשרות.
- .2. **Ấתחלול:** בפונקציה `setup()`, אתחל את החישון.
- .3. **קריאת נתוניים:** בפונקציה `loop()`, קרא את ערך הטמפרטורה מהחישון. הספרייה כבר תמיר את הערך הדיגיטלי לטמפרטורה בצלזיוס.
- .4. **הצגת הנתוניים:** הדפס את הנתוניים לצג טורי (Serial Monitor) או לצג LCD.

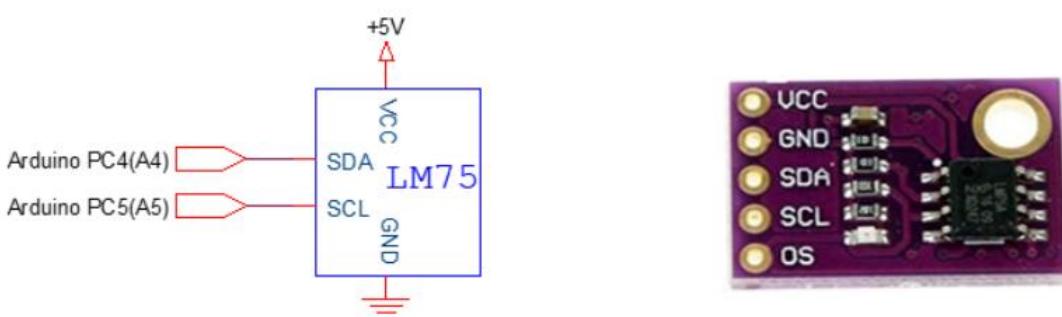
ישומים נפוצים:

השילוב הייחודי של דיק סביר, צריכה נמוכה וממשק דיגיטלי פשוט הפך את ה-LM75 לבחירה פופולרית ב有很多种 רחב של תחומיים :

- **מערכות קירור:** בקרת טמפרטורה בצד אלקטронני, שרתים ומחשבים כדי למנוע התחלומות יתר.
- **טרמוסטטים:** בניית מערכות בקרת אקלים פשוטות לבית או למשרד.
- **מכשירים ניידים:** שימוש במכשירים המופעלים על סוללות, כמו שעונים חכמים או מערכות ניטור אישיות.
- **מדידת טמפרטורה כללית:** ישומים מדעיים, תעשייתיים וחינוכיים שבהם נדרשת מדידת טמפרטורה אמינה ולא יקרה.

לxicom, ה-LM75 מספק פתרון אלגנטי וחסכוני לממדידת טמפרטורה דיגיטלית. הוא משריר את המיקרו-בקר ממשימת המרת האות האנלוגי, מציע גמישות בשימוש בזוכות I₂C ותכונות ה-"טרמוסטט" המובנות, מה שהופך אותו לרכיב יסוד בפרויקטים רבים של IoT ואלקטרונית.

נראות ומאפיינים עיקריים של החישון:



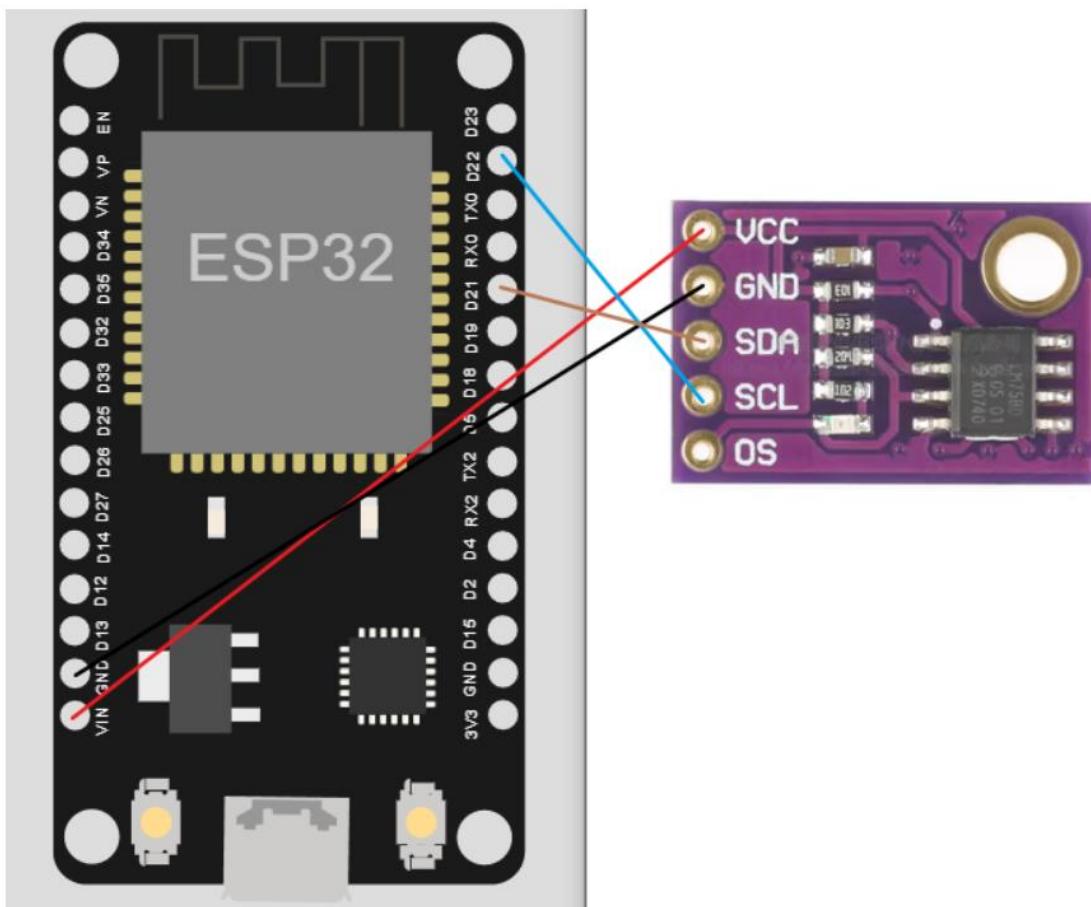
הסבר מדוע החישון מחובר באמצעות ה프וטוקול I2C

I2C הוא פרוטוקול תקשורת שמאפשר לחבר התקנים שונים לוח הארדואינו באופן פשוט יחסית. במקרה שלנו, החישון **LM75** מחובר דרך פיני ה- SCL ו- SDA של הלוח. פינים אלה משמשים לתקשורת I2C דרך הפינים האלה, הארדואינו ESP32 והחישון "מדוברים", באמצעות פרוטוקול I2C.

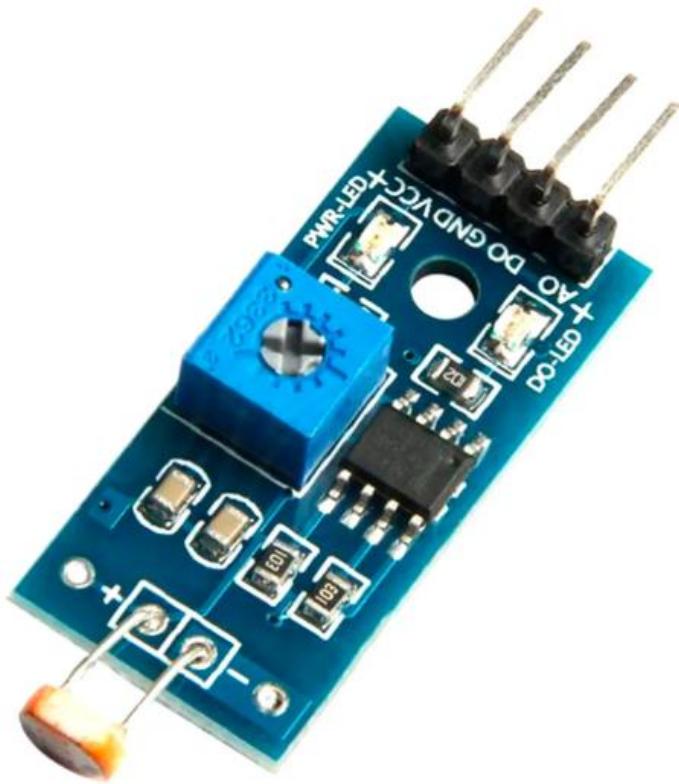
כשאנו רוצים לקרוא את הטמפרטורה, הארדואינו/ESP32 שולח בקשה לחישון דרך פיני ה- I2C. החישון קורא את הטמפרטורה, ושולח חזרה את הערך דרך אותם פינים. כך אנחנו יכולים לקרוא את הטמפרטורה בקלות רבה, ללא צורך בمعالג מורכב.

I2C מאפשר לנו לחבר מספר התקנים על אותם פינים SCL ו- SDA, ולתCKER איתם באופן עצמאי

נראה חיבור של החישון LM75 אל מיקרו בקר ESP32:



מודול חיישן האור KY-018



מודול חיישן האור (KY-018 או "LDR Module") הוא רכיב אידיאלי למדידת עצמת אור ובקרת תאורה אוטומטית באמצעות ה-ESP32. המודול משלב את החישון הבסיסי עם רכיבי בקרה, מה שמאפשר שתי דרכי פעולה: קריאה מדוקט או קריאה בינארית פשוטה.

1. המבנה והרכיבים העיקריים:

המודול בנוי סבב שלושה רכיבים מרכזיים:

- .**1. נגד תלוי-אור (LDR)**: זהו החישן הראשי האחראי על המדידה. כשהאור הפוגע בו גדל, החתוגדות שלו יורדת. המודול מכיל מעגל פנימי שממיר את שינוי החתוגדות הזה לשינוי מתח.
- .**2. קומפרטור מתח (LM393)**: זהו הцип האלקטרוני הראשי. תפקידו הוא להשוות את המתח המשנה של ה-LDR מול מתח ייחוס קבוע (הספ). השוואה זו מניבה את הפלט הדיגיטלי (D0).
- .**3. פוטנציאומטר כחול**: זהו נגד משתנה שמאפשר למשתמש **לפייל ידנית** את מתח הייחס הקבוע של ה-LM393 ובכך לקבוע באופן חומרתי את סף ההדרקה/כיבוי של היציאה הדיגיטלית.

2. דרכי השימוש במודול (היציאות):

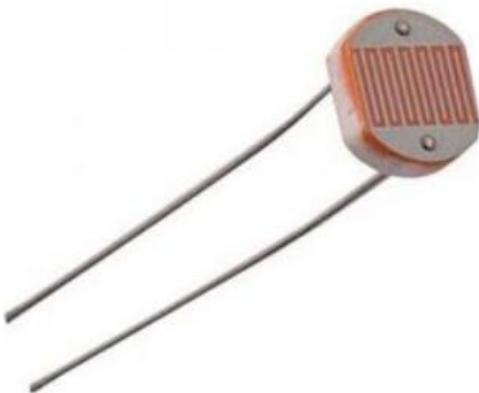
הגמישות של המודול נובעת משתי יציאות הפלט שלו:

א. יציאה אנלוגית - (A) למדידה מדויקת

- **תפקיד :** פין זה מספק את המתח המשתנה המגיע ישירות ממחולק המתח הפנימי של ה-LDR.
 - **היתרון :** הוא מעביר את כל טווח האור באופן רציף (ערכים בטוווח של 0 עד 4095, ב-ESP32). שיטה זו מאפשרת לך לקבוע את סף ההדלקה **בתוך הקוד** שלך, מה שננותן שליטה וдиוק גובהים יותר.
 - **חיבור :** חיבור את A0 לפין ADC של ה-ESP32 (למשל, GPIO34).
 - **ב. יציאה דיגיטלית - (D0) להחלה בינהראית**
 - **תפקיד :** פין זה הוא הפלט של ה-LM393. הוא מספק רק שתי אפשרויות: HIGH או LOW.
 - **היתרון :** השיטה היא "הכנס והפעל". ה-LM393 מבצע את ההחלטה האם חושך או מואר עבורה, בהתאם לכיוול שקבעת באמצעות **הפוטנציאומטר** הכהול.
 - **חיבור :** חיבור את D0 לפין GPIO DIGITAL מגיל-ב-ESP32.

חישון אור - LDR - Light Dependant Resistor

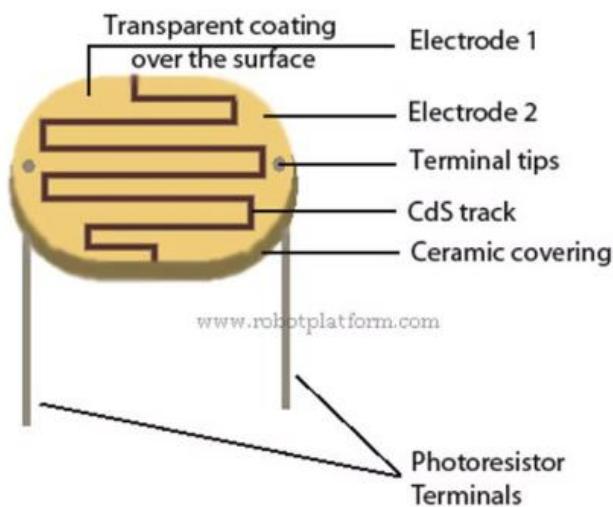
חישון היכול למדוד את עוצמתו האור הנמצאת בסביבתו, שמו באנגלית מסגיר את אופן פועלתו - נגד תלוי או, ככלומר נגד שמשנה את התנגדותו בתלות באור אליו הוא נחשף.



מבנה חישון א/or:

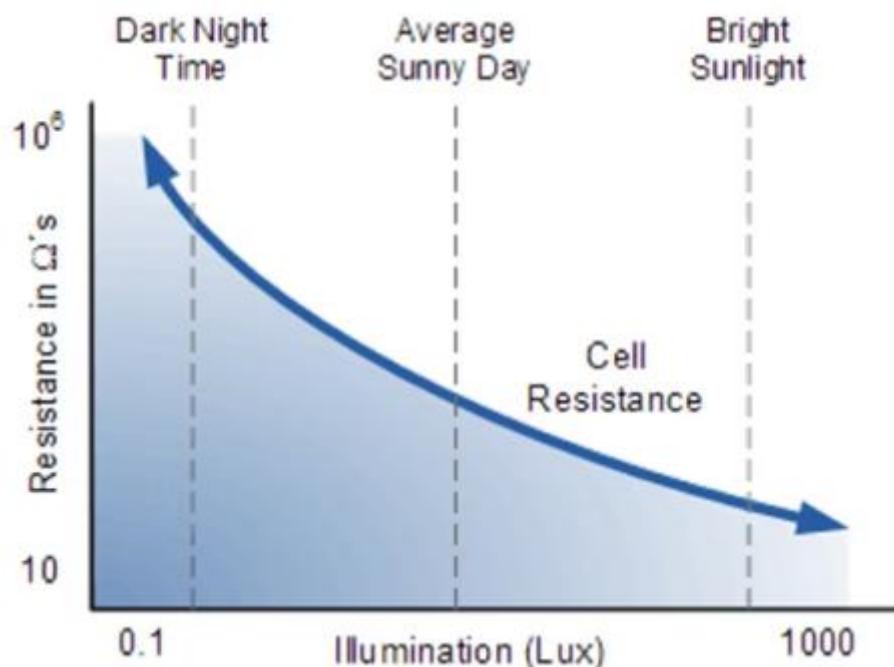
החיישן מורכב מודסquit מודם העשויה חומר קרמי. הדסקית מחולקת לשני אזוריים המופרדים ביניהם על ידי חומר הנקרא קדמים סולפייד CdS. חומר זה אחראי להתחנות החשמלית של החישו. שני החזאי הקרים יוצאים גם שתי קטבים מוליכים המתבחרים את המערכת.

- בחושך (התנודות גבואה):** במצב זה, האלקטרונים בחומר ה- CdS קשורים חזק לאטומים שלהם. כתוצאה מכך, ישנים מעט מאוד נושאים חופשיים שימושיים לשאת זרם חשמלי, ולכן החישון מציג התנודות גבואה מאוד (עשרות קילו-א Ohm עד מהה- אום).
 - באור (התנודות נמוכה):** כאשר אור (המורכב מפוטוניים) פוגע בשטח הפנים של ה- CdS, הפוטוניים מעבירים אנרגיה לאלקטרונים ומשחררים אותם מבננה האטום. שחרור זה יוצר מספר רב של **אלקטرونים חופשיים**.
 - توزאה חשמלית:** ככל שנוצרים יותר אלקטرونים חופשיים, המוליכות של החומר גדלה, וההתנודות החשמלית של החישון יורדת באופן דרמטי.



אופין שינוי התנודות:

החיישן משנה את התנודות בהתאם לעוצמת האור אליה הוא נחשף. כאשר החישון בחושך מוחלט איז התנודותו מאד גבוהה (ניתן לראות קטע מדף נתוני הייצור), ואילו כאשר הוא מואר התנודותו יורדת באופן מהיר. עוצמת תאורה נמדדת ביחידות מידת הנקראות Lux.



אוף המדידה של מודול חיישן האור KY-018 מtabסס על עקרון **מחלק המתח**. הליבה של החישון היא **נגד תלוי אור (LDR)**, אשר התנודותו משתנה באוף הפוך לעוצמת האור. המודול מחובר ל-ESP32 דרך אספקת מתח של (VCC) 3.3V המודול עצמו כולל **נגד קבוע** בטור עם ה- LDR כדי ליצור מחלק מתח.

כחותה משינוי התנודות של ה-LDR, המתח בנקודה המשותפת (המסומנת A0) משתנה. בקורס ESP32 מודד את המתח המשנה זהה באמצעות הפין האנלוגי (A0) ומרתוגם אותו לערך מספרי בטוחה של **עד 4095**, בהתאם לרזולוציית 12bit של הממיר האנלוגי-לדיגיטלי (ADC) שלו.

מנוע SERVO

הסביר כללי על המנוע SERVO:

מנוע SERVO הוא מנוע שבו יש את המרכיבים הבאים :

- **מנוע זרם ישיר (DC Motor)**
- **מערכת תמסורת פנימית של גלגלי שיניים**
- **בקשה אלקטרוניות על מיקום המנוע.**

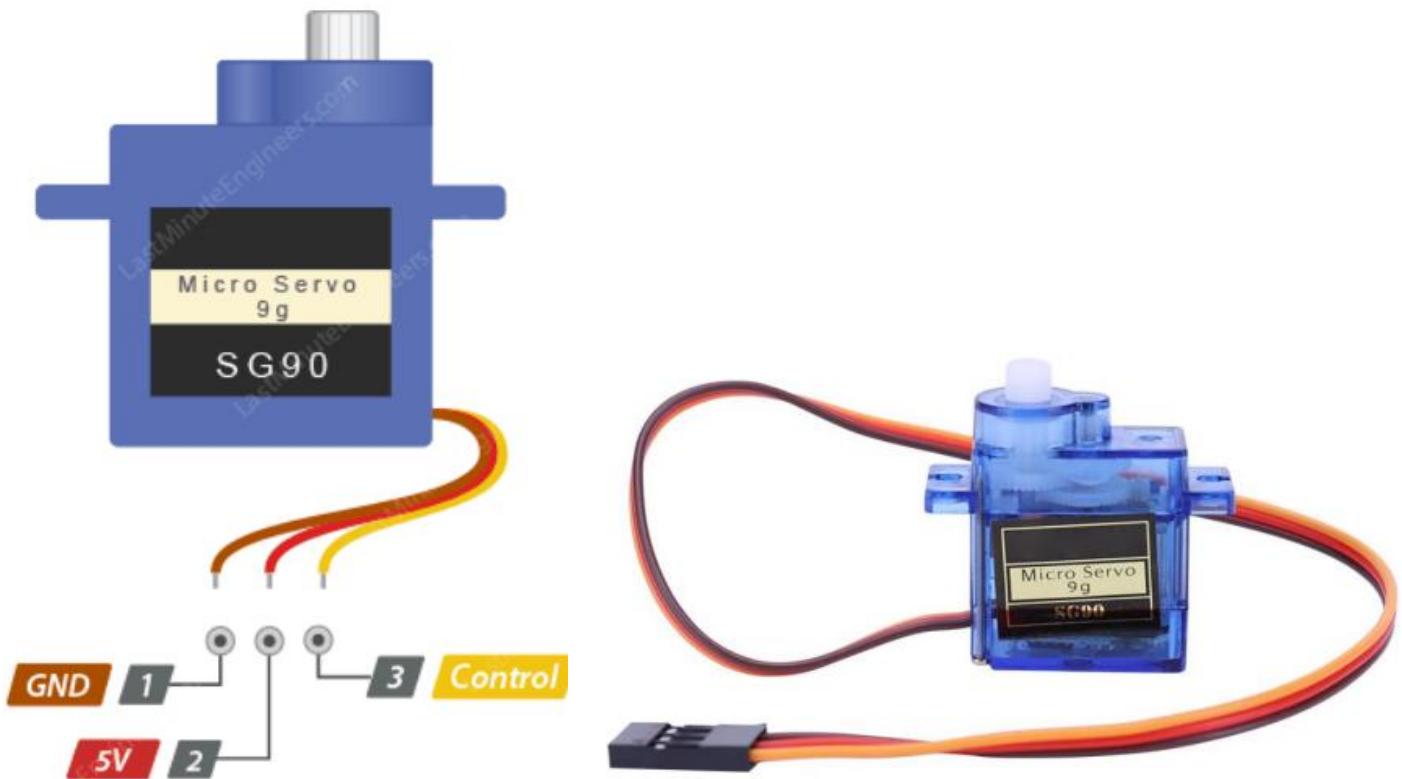
מנוע SERVO לא מסתובב בצורה חופשית כמו מנועי DC אלא נע עם פי זווית – לרוב בין 0 ל- 180 מעלות (אם כי יש מנועי SERVO שמסתובבים גם עד 360 מעלות).

מנועי SERVO נפוצים מאוד ומשמשים באפליקציות רבות. הסיבות לכך הן : יכולת השיליטה על **מנועי SERVO**, דרישות האנרגיה הנמוכות) **יעילות**, (ה**כוח החזק יחסית** של המנוע, **רמת המתוח** המשמשים להפעלו, **הגודל, המשקל והמחיר** הנמוכים שלו.

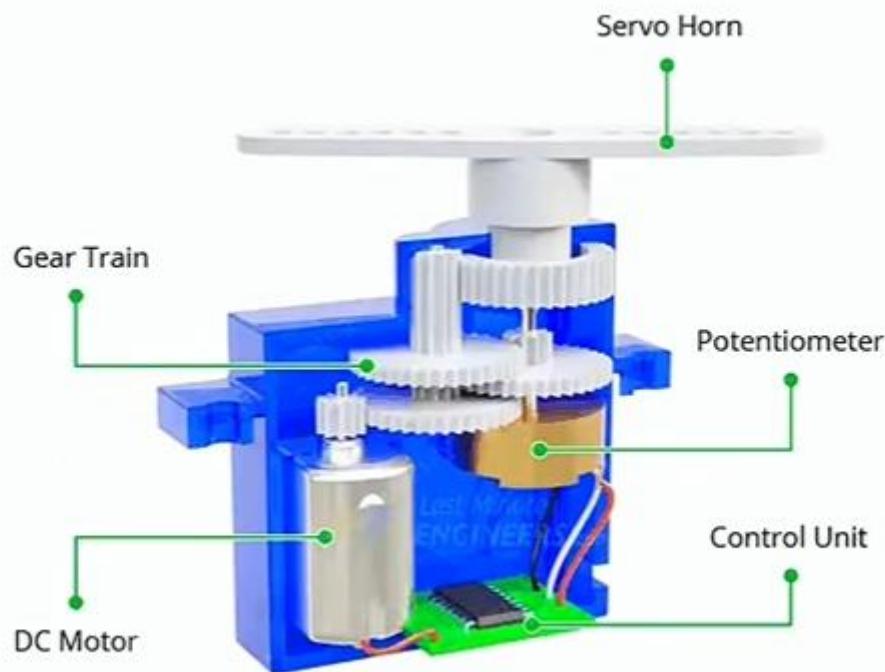
מנועי SERVO פועלם **בתוך מעגל סגור**, כלומר יש להם מערכת בקרה על מיקום המנוע והם יכולים לתקן הפרשנים מהמיוקם הרצוי.

האיור הבא מתאר מנוע SERVO שנitinן להשיג באינטרנט במחירים נמוכים יחסית ואת החיבורים שלו המנוע נקרא : **SG90**.

נראה כיצד נראה המנוע SERVO :



מנוע SERVO מכיל מנוע DC קטן המחבר לציר היציאה דרך גלגלי השיניים. על הציר מחובר פוטנציאומטר המחזיר משוב למערכת הבקרה על המיקום הנוכחי בו הוא נמצא.



עקרון פעולה של מנוע SERVO

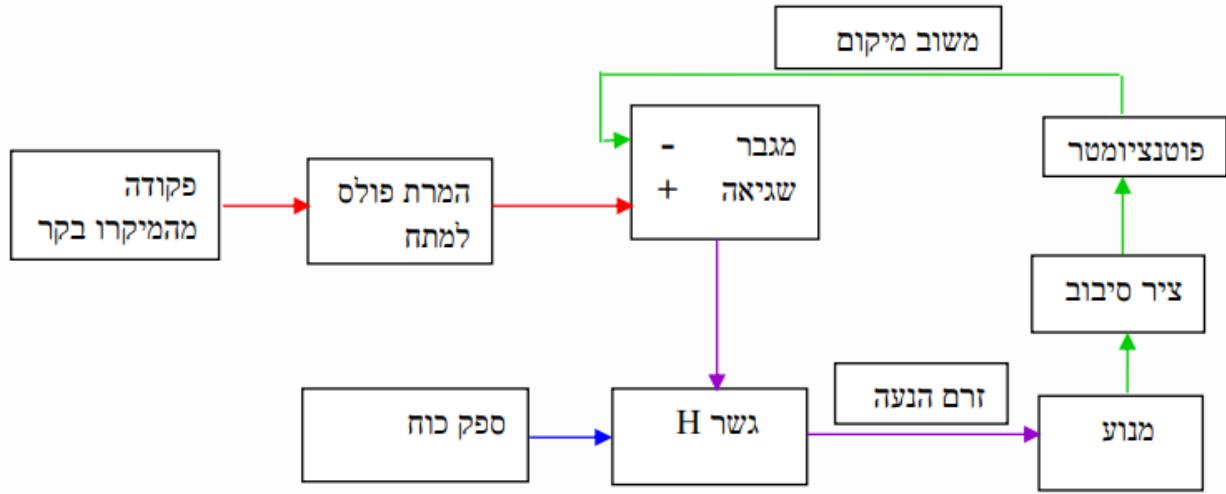
מנוע SERVO מופעל בדרך כלל על ידי **מיקום בקר** הגורם לו להגיע למיקום רצוי. פקודת התנועה מתקבלת בקר מטורמת למתח **PWM** שMOVEDר ליחידת הבקשה הנמצאת בתוך המנוע. ערך זה הוא **הערך הרצוי** של המנוע.

הערך המצוין של המנוע, נמדד בעזרת **פוטנציאומטר** המחבר לציר המנוע (הציר שיוצא מחילקו העליון של המנוע ואליו מחברים את המנגנון שיש להניע). סיבוב הפוטנציאומטר גורם לשינוי התחנכותות שלו ולשימושים של שינוי מתח המתח על רגלו של הפוטנציאומטר. מתח זה הוא **הערך המצוין** שימוש כמשוב ל"בקר הסגור". **כך מתח שגיאה** בין המתח המצוין ולבין המתח הרצוי. מנוע ה- **DC**-SERVO, ימשיך לנוע בכיוון המתאים.

סיבוב מנוע ה- **DC** מתבצע יחד עם **סיבוב גלגלי השיניים** - שמהווים תמסורת מפחיתה) מאטה את מהירות הסיבוב ומגדילה את מומנט הכוח. (גלגלי השיניים מניעים את ציר היציאה ואת הפוטנציאומטר. ברגע שהפרש המתחים יהיה קטן מערך סף (קרוב ל-0), ייחידת הבקשה של המנוע תנתק מתח הנחוץ למנוע ה- **DC** והוא יחולט לנוע. עצירת המנוע תהיה **בדיוק** בזווית שנשלה מהתוכנית בימיקרו בקר'.

אם התוכנית שולחת למנוע פקודה לנוע לזווית מעבר ל-180 מעלות, המנוע יתחל לרעוד מכיוון שהוא ינסה לסגור את השגיאה בין **הערך הרצוי** למציג ולא יצליה. כמו כן יש ציר יציאה שמסומם מכני מהמנוע לעبور את זווית הסיבוב של 180 מעלות.

נראה בעת כיצד נראה מערכת הבקרה של מנוע SERVO



מעולה, הנה גם הtekסט מהתמונה השלישית, מוקן להעתקה לוורד :

בצד שמאל מגיעו אוט הפקודה מהמיקרו בקר על הזרווית הרצוי שנקרא **הערך הרצוי**. זהו פולס עם **Duty Cycle** כאשר הזמן בין ה-ON ל-OFF קובע את הזרווית הרצוי. אותן זה נקרא גם **מיקום מטרה**.

معالג "מרת פולס למתח" מעביר למוגבר השגיאה מתח שמצוין מה- **Duty Cycle** של אוט הפקודה.

מוגבר השגיאה מקבל מהפוטנציאומטר מתח היחסי למיקום ציר המנוע, מתח זה הוא **המיקום הנוכחי של המנוע ונקרא ערך מצוי**.

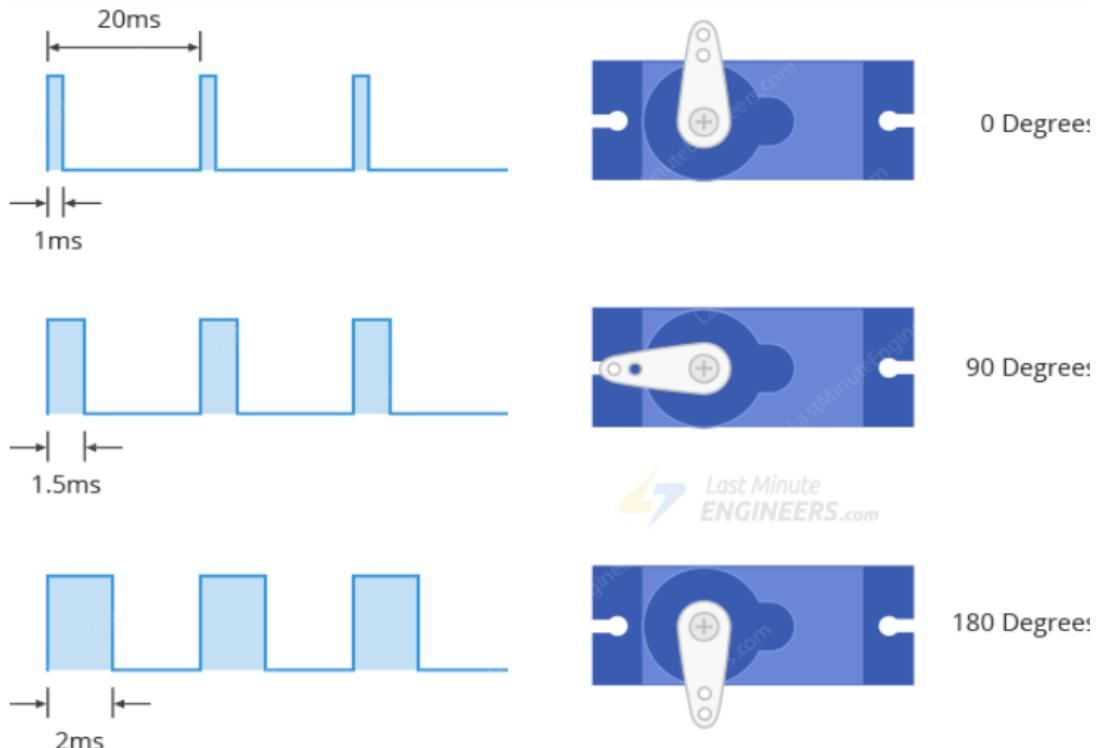
מוגבר השגיאה מגביר את הפרש המתח בין הרצוי למתח המ מצוי. יציאת המוגבר מחוברת לגשר - **H Bridge** שמעביר זרם המסובב את המנוע.

כאשר המנוע מסתובב הוא **מסובב את הפוטנציאומטר** שמעבירשוב מתח שלילי אל **הכניסה המהפקת** (המינוס של המוגבר) של המוגבר. ככל שהמנוע מסתובב וציר המנוע מתקרב אל **הזרווית הרצiosa הפרש המתח הולך וקטן**. כאשר מגיעים לזרווית הרצוייה, **הפרש המתח למוגבר הוא 0** ואין איינו מוציא פקודה לסתובב המנוע והמנוע עצר.

כיצד עובד מנוע סרוו?

עבודה עם פולסים:

אפשר לשולוט על מנוע SERVO על ידי שליחת סדרה של פולסים אליו. מנוע SERVO טיפוסי מחייב לפולס כל 20 אלףות השנייה (כלומר, תדר האות שנשלחה למייקרו בקר ציריך להיות 50HZ). רוחב הדופק קובע את מיקום המנוע - SERVO. האירור הבא מראה את הזוויות של המנוע עבור רוחבי שונים.



מיקום המנוע כתלות ברוחב הדופק של ה-DUTY CYCLE.

מתיאור רוחב הפולס:

- **פולס קצר** ברוחב של 1 אלףות השנייה או פחות מסובב את מנוע הסervo ל- 0 מעלות.

- **פולס ברוחב של 1.5 אלףות השנייה** מסובב את מנוע הסervo ל- 90 מעלות.

- **פולס ברוחב של 2 אלףות השנייה** בערך מסובב את מנוע הסervo ל- 180 מעלות.

פולסים בטוחה של 1ms עד 2ms יסובבו את הסervo למיקום פרופורציוני לרוחב הפעימה.

יש מנועי servo המסוגלים להסתובב 360 מעלות. רוחב הפולס במנועים אלו יכול לתת את הזווית הבאות:

- 0.5 ms נוthen זווית של 0 מעלות.
- 1 ms נוthen זווית של 45 מעלות.
- 1.5 ms נוthen זווית של 90 מעלות.
- 2 ms נוthen זווית של 135 מעלות.
- 2.5 ms נוthen זווית של 180 מעלות.

הערה: אין תאום מדויק בין רוחב הפולסים למיקום ולכן יהיה علينا לשנות את התכונות שלנו כדי להתאים לטוווח של מנוע-SERVO שלנו. כמו כן, **משך/רוחב הדופק** יכול להשנות בין יצרני מנועי SERVO שונים; לדוגמה, זה יכול להיות 0.5ms עד 2.5 ms עבור 180 מעלות ו- 1ms עבור 0 מעלות.

הטבלה הבאה מאפיינת את המנוע SERVO

טיואר	עברית	אנגלית
23.2 x 12.5 x 22 mm	מידות	Dimensions
9 g	משקל	Weight
0.12sec/60 degrees (4.8V) 0.10sec/60 degrees (6V)	פעולה מהירות	Operating Speed
1.3kg.cm/18.09oz.in (4.8V) 1.5kg.cm/20.86oz.in(6V)	מומנט מעכב	Stall Torque
4.8V~6V	מתח פעולה	Operating Voltage
Analog	מערכת בקרה	Control System
CCW	כיוון	Direction
120degrees	זווית פעולה	Operating Angle
900us-2100us	הפולס הנדרש	Required Pulse
None	סוג מילס	Bearing Type
Metal	סוג גלגל השיניים	Gear Type
Plastic	סוג המנוע	Motor Type
20 cm	אורך חוטי החיבור	Connector Wire Length

עבודה עם מנוע סרו ומיקרו בקר ESP32

העבודה עם מיקרו בקר ESP32 בסביבת AEDUINO IDE דומה מאוד לעבודה עם כרטיסי מיקרו בקר ארדואינו (אונו, נאנו, מגה וכו').

התכונות כמעט זהה לתכונות עבור הארדואינו.

הערה חשובה: יש לשים לב כי המתח של מנוע ה-SERVO הוא בין 4.8V עד 6V ולא את מתח 3.3V שברכיבים.

מודול ממser כפול 5 וולט



מודול ממser כפול 5 וולט (2 Channel 5V Relay Module)

מודול ממser כפול 5 וולט הוא רכיב אלקטרוני חיווני המשמש כמתג אלקטرومגנטי. מטרתו העיקרית היא לאפשר לכם לשלוט במכשורים בעלי מתח וזרם גבוהים) כמו נורות ביתיות בעקבות 220V או מנועים (באמצעות מעגל בקרה בעל מתח נמוך ובטוח של **3.3 וולט כמו ה-ESP32**)

עקרון הפעולה של המסר:

בלב כל ממser נמצא **אלקטромגנטי** - סליל תיל. כאשרם מפעילים מתח של 5V על הסליל, הוא הופך למגנט רם עצמה. המגנט הזה מושך אליו **מagnetooptical switch** (Armature). תנעuta המשך גורמת **למגעים החשמליים** של המפסק להיסגר או להיפתח, ובכך היא סוגרת או מנתקת את המעגל החזק שבו אתם רוצים לשלוט. ככלומר, זרם קטן בצד הבקרה משמש כמנוף להפעלת זרם גדול בצד העומס. המודול הזה הוא **כפול** מכיוון שהוא מכיל שני ממserים כאלה, הפעלים **באופן עצמאי** אחד מהשני. זה מאפשר לשלוט בשני מכשורים שונים באמצעות מודול אחד.

התאמת ממser 5V ל-(3.3V):

השינוי העיקרי נובע לכך שה-ESP32 פועל ברמת מתח לוגי של 3.3V בעוד סלילי הממסרים במודול דורשים 5V להפעלה אמינה. הנה שני השיקולים המרכזיים וכייזד להתמודד איתם:

1. אספקת כוח מופצלת הפרצת VCC ו-(JD-VCC):

הבעיה הנגדולה ביותר היא שסלילי הממסר צורכים זרם גבוה (בדרכן כל 100-70 מיליאמפר לכל ממסר). ה-ESP32 לא יכול לספק את הזרם הזה מהיציאות שלו, ואפיו לא מפני ה-5V שלו (אם הוא מופעל מ-USB) הפתרונו הוא להפריד את אספקת הכוח.

- **בדיקה קרייטית:** רוב מודולי הממסר מגיעים עם מגשר (Jumper Cap) קטן המחבר בין הפינים (VCC ל-JD-VCC או JD-VCC ל-VCC) הפעולה הנדרשת:

1. יש להסיר את המגשר הזה פועלה זו מפרידה בין מעגל השיליטה (VCC) לבין מעגל הכוח של הסלילים (JD-VCC).

2. VCC הצד הבקרה : יש לחבר את VCC של המודול ל-3.3V של ה-ESP32 זה נותן מתח לעיני הבקרה האופטיות (Optocouplers) שבמודול.

3. JD-VCC הצד הכוח : יש לחבר את JD-VCC למקור מתח חיצוני וישיב של 5V. זה מספק את הכוח הנדרש לסלילי הממסרים.

4. GND : יש לחבר את הארקה (GND) של ה-ESP32 ואת ה-GND של ספק ה-5V החיצוני ביחד ל-GND של מודול הממסר.

2. רמת מתח השליתה V 3.3 מול V

פנוי הבקרה IN1 ו-IN2 מצפים בתיאוריה לאות V כדי להיות מופעלים/מכובים. למזלנו, ברוב המודולים החדשניים יותר (שמכילים אופטוקופלים) :

- אות (HIGH) כיבוי : (מתוך של V 3.3 יוצא מה-ESP32) בדרך כלל מספק גובה כדי להיחשב כ"אות" HIGH ולכבות את הממסר (בנהנזה שהמודול הוא "הדק רמה נמוכה").
- אות (LOW) הפעלה : (מתוך של V 0 מה-ESP32) תמיד ייחשב כ"אות" LOW ויפעל את הממסר.

ברוב המקרים, ה-ESP32-עובד ישירות עם מודול V 5 ללא צורך במיר רמות מתח נוספים, בתנאי שהפרצת הכוח (סעיף 1) בוצעה כהלכה.

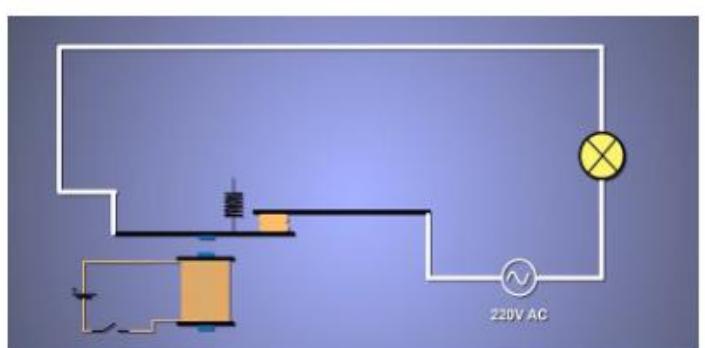
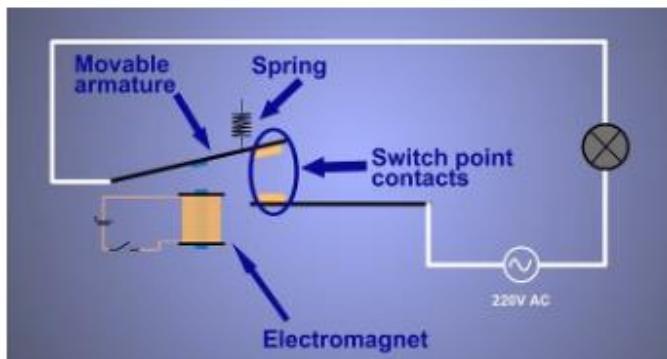
יתרונות מריציים

השימוש במודול זה מספק שני יתרונות קריטיים :

- בידוד ובטיחות** : הממסר יוצר **בידוד חשמלי מלא** בין מעגל הבקרה הרגיש והבטוח (V5) לבין מעגל הכוח המשוכן (כgon V 220). זה מגן על הבקר שלכם מפני קפיצות מתח ו מבטיח שהשליטה תתבצע בביטחון.
- יכולת מיתוג** : הוא מאפשר למעגל אלקטוריוני פשוט לשנות על זרמים גבוהים שהבקר לבודו לא יכול היה לשאת, בדרך כלל עד **10 אמפר (A)** ב- AC 250V או DC 30V (בהתאם למפרט הממסר הספציפי).

תיאור פשוט של אופן פעולה הרכיב

המסר הוא רכיב חשמלי הבנוי משני חלקים : סליל אלקטרו-מגנטי ומפסק (מtag). כאשר מועבר זרם חשמלי בסליל, נוצר שדה מגנטי המושך את המגעים ופותח או סגור את המעגל, דבר המוביל לניטוק או הפעלת המכונה/מערכת בהתאם.



הסבר פנימי של אופן פעולה הרכיב:

מצבי המגעים במסר

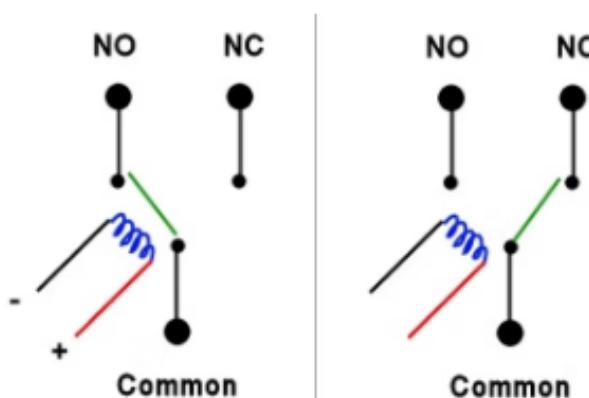
במסר לרוב אפשר להשתמש בשני מצבים עיקריים :

- מגע פתוח** : **(NO - Normally Open)** מצב שבו כשהמסר לא מופעל המגעים פתוחים ולכן לא עבר זרם במערכת (המעגל הנשלט פועל כשהמסר דלוק).
- מגע סגור** : **(NC - Normally Closed)** מצב שבו כשהמסר לא מופעל המגעים סגורים וועבר זרם במערכת (המעגל הנשלט פועל כשהמסר כבוי).

במסרים רבים, כמו זה שאינו עשייתי בו שימוש, למתכוון/ת המערכת יש אפשרות לבחור לחבר את המasser בתצורת NO או NC בהתאם לצרכים שלו/ה.

עקרון הפעולה האלקטרומגנטי:

מהסרטוט משמאל אפשר להבין פחות או יותר מה קורה בתוך המ מסר עצמו ואיך הוא פועל.



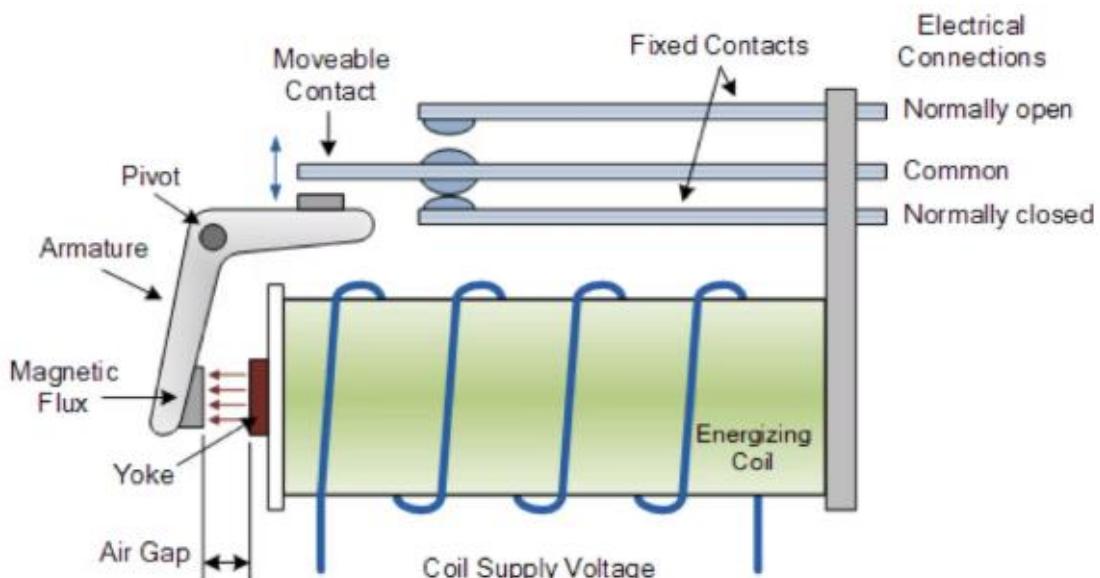
- **הסליל הכהול מייצג את מעגל השליטה הלווי, כשהוא מופעל על ידי הבקר ESP32.**

כאשר מעבירים דרכו זרם נוצר שדה מגנטי שמוסך את לשונית המתכת (בירוק).

- **הלשונית סוגרת מעגל בין רגלי הכניסה COM - common (COM) לרגל ה-NO.**

כשאין זרם, הלשונית (בעזרת קפיז) חוזרת למצבה המקורי ו**סוגרת מעגל** בין הכניסה לרגל ה-NC.

נבחן בשרטוט הבא:



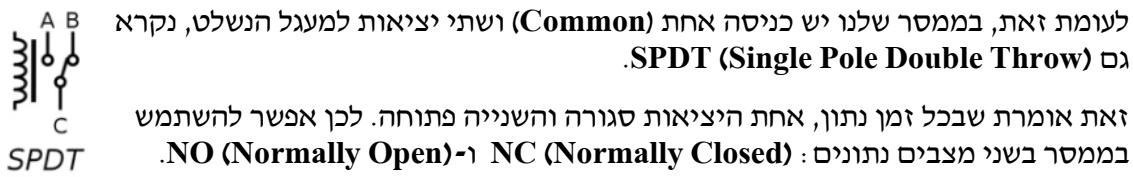
בשרטוט מועל ניתן לראות כיצד המ מסר האלקטרו-מכני הנפוץ נראה מבפנים ומאליו חלקיים הוא בינוי. **סליל אלקטרו מגנטי** שכادر עובר בו זרם מושך את המגנטי ובכך מזיז את לשונית ה-Common לסגור מעגל עם לשונית ה-(**NO**) Normally Open, וכשבסליל לא עבר זרם הלשונית סוגרת מעגל עם רגלי ה-(**NC**) Normally Closed.



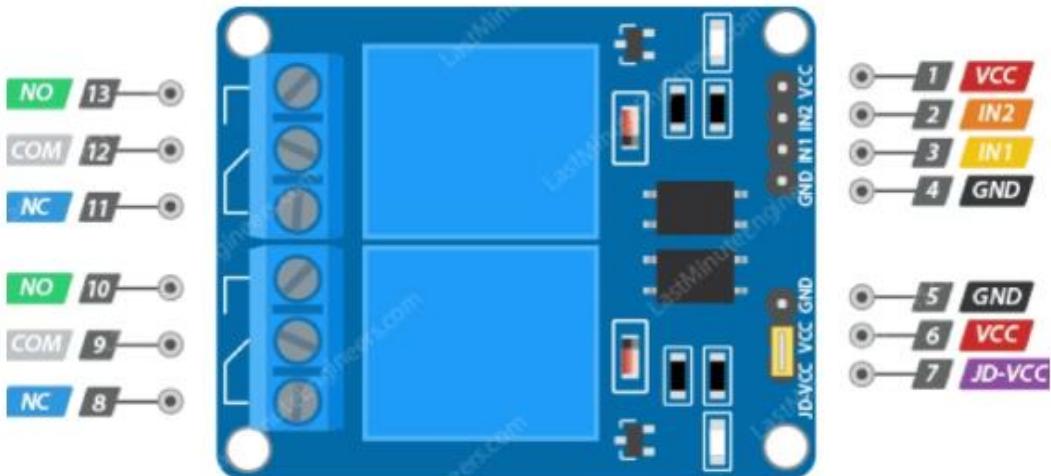
כדי להבין איך המ מסר עובד מבפנים נח Sob על המ פסק ה כי פשו ט שאפער לדמיין.



למפסק כזה יש רק שני מצבים, פתוח או סגור. לצורה זו קוראים SPST - single pole single throw והמשמעות היא שיש לו כניסה אחת ויציאה אחת.



נתבונן באירור הבא ונסביר אותו:



מבנה וחיבורו מודול MMCRC פול 75:

מודול MMCRC כולל שני MMCRCים עצמאיים. החיבורים שלו מחלקים לשני אזורים עיקריים: כניסה בקרה ויציאות כוח.

1. כניסה בקרה (צד ה - ESP32 / אודיאינו)

אלו הפינים המקבלים מתח ושליטה מהבקר כגון ESP32 הפינים הנפוצים הצד זה הם :

- **VCC**: חיבור למתח האספקה הלוגי של המודול 5V (במקור, או 3.3V המשמשים ב-ESP32).
- **GND**: חיבור להארקה המשותפת של המערכת.
- **IN1**: כניסה דיגיטלית לשיליטה בMMCRC הראשון.
- **IN2**: כניסה דיגיטלית לשיליטה בMMCRC השני.

2. יציאות הכוח (צד המעגל הנשלט)

יציאות אלו מחברות את MMCRCים למכשיר החשמלי הנשלט. לכל אחד משני MMCRCים יש סט של שלושה חיבורים (בורגים) זהים :

- **(COM Common) משותף**: (זהי נקודת הכניסה המשותפת של MMCRC, אליה מחברים קצה אחד של המעגל הנשלט).
- **(NO Normally Open) פועל רגיל**: (זהו מגע שפותוח במצב מנוחה של MMCRC. המעגל נסגר רק כשהMMCRC מופעל).
- **(NC Normally Closed) סגור רגיל**: (זהו מגע ששגור במצב מנוחה של MMCRC. המעגל נפתח רק כשהMMCRC מופעל).

תיאור כללי של המרבי:

הממר הוא רכיב חשמלי המורכב משני חלקים: **סליל אלקטرومגנטי וmpsak (מגען)**. מטרתו היא להעביר או לנתק את הזרם בין שתי נקודות במעגל חשמלי באופן נשלט. כאשר מועבר זרם חשמלי בסליל, נוצר שדה מגנטי המושך ופותח/סגור את המגעים, ובכך מפעיל או מנתק את המערכת בהתאם.

סקירת סוגי מסרים נוספים

מסר מצב מזק (SSR - Solid State Relay):

במסר זה אין שימוש בחלקים מכניים, והוא עובד בצורה שונה מהמסר האלקטרו-מכני שאנו מכירים (EMR). הוא משתמש ברכיבים אלקטронיים מוליכים למחצה, כמו טרנזיסטורים וטיריסטים, כדי לחבר ולנתק את הזרם בין המעגלים (השלט והנשלט) בצורה מבודדת. הוא מחוווט בצורה של (SPST כניסה אחת וכיינאה בלבד).

יתרונות:

- **עמידות גבוהה :** לעומת מסר אלקטרו-מכני (EMR), חלקיו אינם נשחקים ומתבלים מהר, ולכן הוא עמיד ליותר זמן.
- **מהירות :** מתאפשרה החלפה מהירה יותר בין מצביו המפסק.
- **שקט :** אין רעש בעת קיום הפעולות.

מסר עלה (Reed Relay):

מסר זה, כמו ה-EMR, משתמש בסליל אלקטرومגנטי לפעולה, אך הפעם המוליך מושפע ישירות מהשדה המגנטי. המוליך הוא דק מאוד, ולכן הזרם הדרוש להפעלתו קטן יותר. במאמר זה שני חלקים המתג הם מגעים דמיי "עליה". בזמן שהמסר מופעל, הסליל יוצר שדה מגנטי באזורי המגעים. כתוצאה מכך נחכים לבני קטבים מגנטיים הפוכים כך שהם נמשכים זה לזה וסגורים את המעגל. כשהמסר לא פועל, אין שדה מגנטי והמגעים חוזרים למצבם המקורי (מצב פתוח).

גם במסר זה הוא מסוג SPST.

יתרונות:

- **חסכון בחשמל :** דורש מעט חשמל להפעלה.
- **מהירות :** כמות מופחתת של חלקים, גודלם הקטן והזרם המועט הדרוש מאפשרים לו להחליף מצבים בקצב מהיר יחסית.
- **שחיקה מופחתת :** ה"עלים" נמצאים בתוך שפופרת זכוכית אטומה שמלאה בגז אציל (או מרוקנת), מה שמקטין את הקורוזיה (חולודה) ומאורך את חיי המסר.

חסרונות:

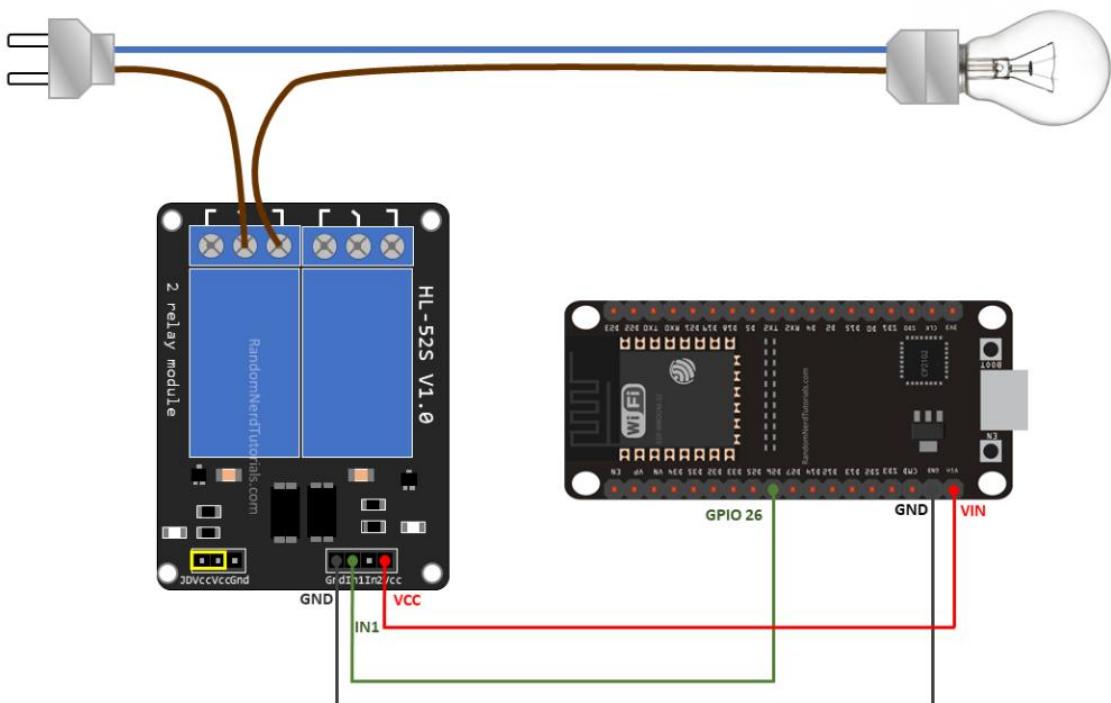
- **רגישות להפרעות :** הפרעות חיצונית עלולות להשפיע על תזוזת המגעים במסר.
- **עדינות מכנית :** את המגעים מקיפה לרוב מעתפת זכוכית עדינה שעלולה להישבר מלחץ רב.

שגיונות שכדי להימנע מהן וטיפים מועילים:

כמובן שאלו רק שתி דוגמאות למסרים נוספים שאפשר למצוא בנוסח לממסר אלקטרוני-מכני.
ישנם סוגים רבים נוספים של מסרים הפעלים באופןים שונים שבמציאות פועלות דומות.

- **ברירת מחדל :** חשבו היטב כיצד אתם רוצים שברירת המחדל של המעגל הנשלט שלכם תיראה, כה תוכלו לדעת لأن לחבר אותו לממסר (-**NO** או -**NC**)
- **קליק חזק :** כשהם מסר מופעל שומעים קליק חזק. לא לפחות, זה סימן שהוא עובד.
- **מקור מתח נפרד :** המעגל הנשלט לא מקבל מתח מהבקר, (**ESP32**) لكن צריך לדאוג שהוא יהיה מחובר למקור מתח נפרד! (אפשר לראות דוגמה בהסביר על החיווט).
- **שימוש כפול :** אפשר להשתמש באותו מסר לשני מעגים שונים אם רוצים שהם אף פעם לא יופעלו במקביל ושיהיו תלויים באותו משתנים.
- למשל: לחבר שני לד סטריפים בעלי מקור מתח משותף, אחד לרجل של ה-**NC**- והשני לרجل של ה-**NO**, וכך כשהם מסר יפעל – לד סטריפ אחד יAIR והשני יהיה CABO, וכשהם מסר יכבה – הראשון יכבה והשני יפעל.
- **דוגמאות לשימוש :** מנורתليلת שנדלקת כשהחדר חשוך, מאורר שמופעל כשהתמפרטורה גבוהה מדי.
- **מגבליות מתח :** בסדנה אנו משתמשים בדרך כלל בממסר לשיליטה על מעגים בעלי מתח של עד **24V**, אבל בפועל הוא מסוגל להחזיק עד **10AMP** במתה של **250V**.
- **התאמת לבקר :** הממסר דורש יחסית מעט מתח להפעלה, לכן הוא מצוין לשימוש ב벅רים כמו ה- **ESP32** שמסוגל להעביר לו את המתח הלוגי הדורש (3.3V) לשיליטה. מומלץ לשים לב עם אילו מתחים הממסר שכך פועל כדי לוודא שהוא יעבוד עם הבקר.

נראה חיבור של מסר כפול המಡליק מנורה דרך מיקרו בקר :



הסביר מפורט על החיבורים בסכימה בדף הקודם:

הסכמה מחולקת לשולשה חלקים עיקריים : בקר ה-ESP32 (המוח), מודול הממסר הכלול (הmps) ומעגל העומס (הנורה).

1. חיבור צד הבקרה (למודול הממסר)

חיבור זה משתמש במתח נמוך (3.3V) כדי לשלוט על הממסר.

- אספקת מתח לוגית (VCC) : הפין VCC במודול הממסר מחובר לפין (Voltage In) VIN ב-ESP32. במקרה זה, ה-VIN בדרך כלל מספק 5V למודול (אם ה-ESP32 מופעל מ-USB), אך חשוב לציין שרמת המתח הלוגית של ה-ESP32 היא 3.3V.
- האركה (GND) : הפין GND במודול הממסר מחובר ל-GND ב-ESP32.
- כניסה שליטה (IN1) : הפין IN1 במודול (השולט על הממסר הראשון) מחובר לפין GPIO 26 ב-ESP32. זהו האות הדיגיטלי (LOW/HIGH) שבו ה-ESP32 משתמש כדי להפעיל או לכבות את הממסר (בשיטת "הדק רמה נמוכה").
- חיבור JD-VCC : ניתן לראות שהחיבורים JDVCC ו-GND בצד המודול נשארים מנוקקים (או שנמחברים לכוח 5V חיצוני באמצעות ספק כוח נפרד), וזהו החיבור הנכוון והמומלץ עבור ESP32, שmbטיח שהסליל קיבל את הכוח החדשנו לו (5V) ולא יפגע בבקר.

2. חיבור צד העומס (הנורה למודול הממסר)

חיבור זה משתמש בממסר כדי לחתך זרם ה-AC מהנורה.

- מעגל ה-AC : כבל המתח (במקרה זה, כבל הפאזה, בדרך כלל חום/כחול) מהתקע נחתק.
- חיבור ל-COM : קצה אחד של הcabל החתוּך (הבא מהתקע) מחובר לפין COM של הממסר הראשון (Common).
- חיבור ל-NO : הקצה השני של הcabל החתוּך (המוביל אל הנורה) מחובר לפין NO של אותו ממסר (Normally Open).

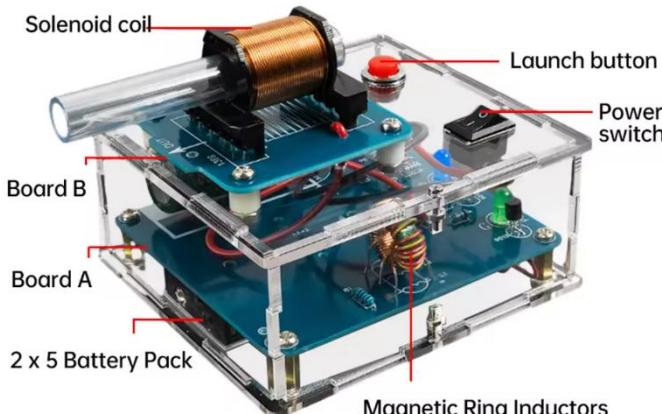
3. משמעות התצורה

התצורה שנבחרה היא (NO) Normally Open, שפירושה :

- ברירת מחדל : כאשר ה-ESP32 כבוי או שולח אותן HIGH (3.3V), הממסר נמצא במצב מנוחה, המגעים פתוחים, והנורה כבוייה.
- הפעלה : כאשר ה-ESP32 שולח אותן LOW (0V) לפין 26 GPIO, הממסר מופעל, סוגר את המעגל בין COM ל-NO, והנורה נדלקת.

לסיכום, הסכמה מראה כיצד ה-ESP32 שולט בביטחון במקשר חשמלי (נורה) באמצעות מודול ממסר כפול, תוך ניצול העיקרי האלקטרומגנטי לניתוק או חיבור של זרם ה-AC.

רובה אלקטרוני (Electromagnetic gun)



תיאור כללי:

המערכת המתוארת בתמונה היא רובה אלקטרוני שנוצר ע"י סליל (Solenoid Coil), המפעיל גוף מתכתי דרך קנה פלסטי. הרובה נשלט ידנית באמצעות כפתור שיגור, ומתקבלת אספקת החשמל ממאז סוללות פנימי.

מטרת המערכת:

שיגור גופים מתכתיים גליליים קטנים (הנקראים כאן "Bombs") באמצעות כוח מגנטי – לצורכי הדגמה פיזיקלית, חינוכית או ניסיונית.

טבלת הסבר של התמונה:

רכיב

תיאור

Solenoid Coil סליל
אלקטרומגנטי

סליל נחושת דרכו עובר זרם גבוה. יוצר שדה מגנטי חזק ברגע הפעלה ומושך את הגוף המתכתי לתוךו ב מהירות גבוהה.

Launch Button כפתור
שיגור

כפתור אדום המפעיל את המערכת ומזורם זרם לסליל. זהו רכיב השיליטה הידני לשיגור.

Power Switch מתג הפעלה

מתג הפעלה/כיבוי ראשי של המערכת. מנתק ומחבר את אספקת המתח לכל המעגלים.

Board B לוח עליון

מכיל את הסליל, קונקטורים, כפתור ההפעלה, נורות בקרה, והחיבורים הפיזיים.

Board A לוח תחתון

מכיל את הרכיבים החשמליים המרכזיים – קבלים, נגדים, מיצבים, לולאות השראה וכו'. אחראי על ויסות המתח וההגנה על המערכת.

2x5 Battery Pack סוללות

שתי סדרות של 5 סוללות המספקות מתח כולל גבוה (לרוב 18–24 וולט) אחראי על אספקת האנרגיה לסליל.

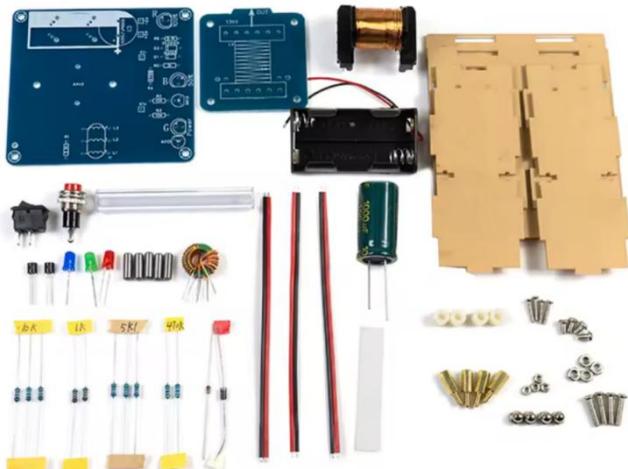
Magnetic Ring Inductors
חיישוקי השראה מגנטיים

משמשים להחילקת הזרם, ההפחתת רעשיהם אלקטרוניים, ואחסון אנרגיה זמנית בمعالג.

Bombs כדוריות מתכתיים

גופים גליליים מתכתיים אשר מוכנסים לקנה. בזמן שיגור הם נמשכים דרך הסליל ויוצאים ב מהירות מהקצתה השנייה.

תמונה של הרכיבים ברובה האלקטרומגנטי:



עקרון פעולה:

- .1. המשמש מפעיל את מתג ההפעלה.
- .2. בלחיצה על כפתור השיגור, זרם מוזרם מהסולולות לסולנויד.
- .3. נוצר שדה מגנטי חזק בתוך הסליל.
- .4. גוף המטען נמשך פנימה וሞץ לאורך הקנה.
- .5. לאחר מכן, הגוף י יצא במהירות מהקנה – ללא חלקיים נעים מכניים.

הטבלה הבאה מציגה את כל רכיבי הערכה לרובה האלקטרומגנטי כפי שמופיעים בתמונה לעיל, כולל תיאור תפקודו של כל רכיב המערכת:

רכיב	תיאור תפקודי
לוח PCB ראשי	לוח המעלן המרכזי שעליו מוחלמים כל רכיבי האלקטרוניקה, כולל נגדים, קבלים וסלילים.
לוח PCB שני	לוח עזר – לרוב משמש לקישוריות בין סליל הירוי לבין הלוח הראשי או כקונקטור.
סולנויד (Solenoid Coil)	סליל נחושת דרכו עובר זרם ליצור שדה מגנטי חזק המאיץ את הקליע לאורך הקנה.
מחזיק סולולות (2x5)	מחזיק שני סטים של 5 סולולות – AA מספק מתח גבוה (לרוב 1.5V–24V) להפעלת הסולנויד.
פלטות מארז (Housing Panels)	חלקי הגוף המערכת – חיתוך לייזר מחומר מוקשה / (MDF) אקריליק (להרכבת המארז).
כפתור שיגור (Launch Button)	כפתור אדום להפעלת השיגור – מזרים זרם מיידי לסליל לצורך ירי.
מתג הפעלה (Power Switch)	mpsok הראשי להפעלה או כיבוי המתח הכללי של המערכת.
נורת לד	נורת חיוי – מדיליקה כשהמערכת פועלה או מוכנה לשיגור.
צינור פלסטיק (קנה)	משמש כמיסילה לירוי – דרכו עובר הקליע במהלך השיגור.
קליעים מתכתיים (Bombs)	גופים גליליים ממתכת אשר נמשכים אל תוך הסליל ויוצאים במהירות – משמשים להדגמה.

טורואידים / סילילים טבעתיים	רכיבי השראה מגנטיים לאגירת אנרגיה ולSHIPOR יציבות הזרם.
קבל אלקטROLITY	משמש לאגירת אנרגיה קצחה והעברת זרם חזק מיידי בעט השיגור.
נגדים (Resistors)	רכיבים להגבלת זרם, קביעת מתח, או תיאום בין רכיבים שונים במעגל.
חותמים ומוליכים	חותמים אדומיים/שחורים ל קישוריות חשמלית בין הלוחות, הסוללות, הסולנואיד והכפטורים.
ברגים, אומים ומרוחחים	חלקים מכניים להרכבת הלוחות, קיבוע הסוללה, בניית המסגרת וחיבור כללי של המערכת.

יתרונות המערכת:

יתרון

שימוש בטכנולוגיה אלקטرومגנטית מתקדמת

מודגים את עקרונות ההנעה המגנטית ללא צורך במכאניקה מסובכת.

**אין חלקים נעים מכניים
פעול פשוט**

מקטין בלבד, שקט יותר וב吐וח יותר (יחסית).
כפטור אחד לשיגור – מותאים ללמידה, הדוגמה וניסויים.

גודל קומפקטי ונידות

ניתן להפעיל את המערכת בכל מקום ולשאת אותה בקלות.

רב פעימות

ניתן לשגר מספר פעמים עם אותו "פיצוץ".

הסבר

הסבר

עוצמת שיגור מוגבלת

בשל מגבלות מתח, סליל יחיד וגוף קל – העוצמה וה מהירות יחסית נמוכות.

יעילות אנרגטית נמוכה

חלק גדול מהאנרגיה מתבזבז כחום ולא תורם להאצת הגוף.

חימום רכיבים

שימוש רצוף עלול לגרום להתחממות יתר ולפגיעה במעגלים.

אין בקרת תזמון מתקדמת

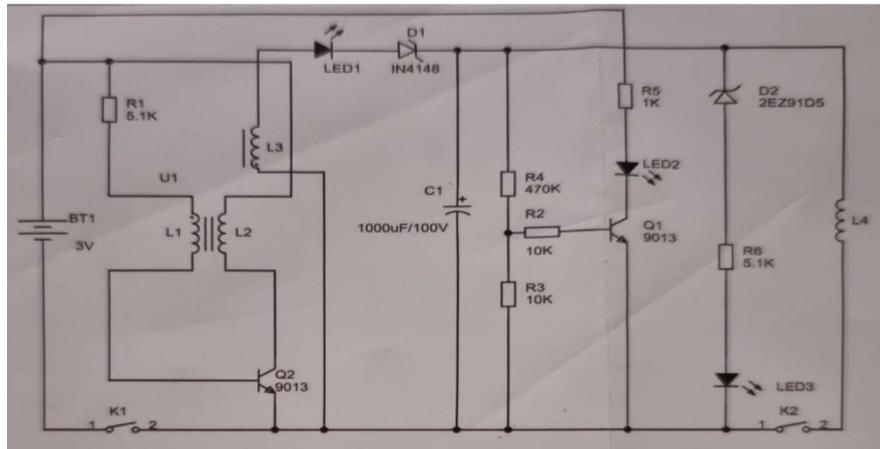
לא חייני מיקום – אין ניתוק מדויק של השדה ולכן תיתכן האטה בשלב מסוים.

טעינה איטית (אם משתמש בקבלים)

אם קיימים שלב טעינת קבלים, יידרש זמן בין שיגור לשיגור.

רובה אלקטرومגנטי הוא מערכת מורתקת ומשולבת – מדגים פיזיקה, חשמל, אלקטרוניקה ומכניקה בסיסית. הוא מהוות פלטפורמה חינוכית מצוינת להבנת עקרונות השראה מגנטית, בקרה, ואנרגיה. מבנהו הקומפקטי והשימוש הנגיש הופכים אותו לכלי לימוד ולמעבדה ניידת לכל דבר.

הסבר על מעגל חשמלי - רובה אלקטромגנטי



הסבר כללי:

המעגל משתמש ברכיבים כמו קבלים, סילילים (L) טרנזיסטורים, דיודות, ונוורות LED כדי לטען קובל בתמוך גבוה ואז לפרוק אותו דרך סליל אלקטромגנטי לצורך יצירת דחף (למשל, שיגור פרויקטיל מותכתי קטן).

הסבר לפיזי אזורים:

אזור הספק:

BT1 - סוללה (V)3- מספקת את האנרגיה למעגל.
K1 - מתג הפעלה ראשי שמחבר את החשמל.

חלק טעינת הקובל:

C1 - קובל μF 1000 – 100V נתון בהדרגה דרך המעגל, ואוגר אנרגיה שתוחרר בביטחון אחת לשיגור.
D1 - דיודה 1 – (N4148) מגינה על המעגל מזרם חוזר.
LED1 - מצבן שהקובל נתען.
L1, L2, L3 - סילילים כנראה חלק מעגל מתנד/רוזוננס שמעביר אנרגיה לקובל.

חלק בקרה:

Q1, Q2 - טרנזיסטורים מסוג 9013 – מפעילים או חוסמים את מעבר הזרם.
R1-R6 - נגדים – קובעים את זרימת הזרם לבסיס הטרנזיסטורים, וכן שלוטים עליהם.
LED2 - חיובי נוסף למצב הפעלה של השלב הבא.

חלק הפעלת סליל השיגור:

D2 - דיודה Zener או – SCR (2EZ91D5) מפעילה שחרור מהיר של האנרגיה מהקובל.
L4 - סליל השיגור – כאשר הקובל נפרק דרכו, נוצר שדה מגנטי חזק שיכל לדחוף אובייקט מותכני קטן.
K2 - מתג הפעלה לשיגור.
LED3 - נדלק כאשר מתחבצע השיגור.

טבלת רכיבים:

רכיב	תיאור	תפקיד
BT1	סוללה 3V	מקור מתח
K1, K2	מתגים	K1-הפעלה, K2-шиגור
Q1, Q2	טרנזיסטורים 9013	מגברים/מתגים לברכה
C1	קбл μF 1000 - 100V	אגירת אנרגיה חשמלית
D1	דיודה N41481	הגנה מזרם חוזר
D2	דיודה Zener / SCR	פריקה פתאומית של הקבל
R1-R6	נדדים	קביעת זרמים לברכה
LED1-LED3	נוריות חיומי	מראה מצבים פעולה שונות
L1-L4	סלילים	יצוב, תדר, שיגור

פירוט רכיבי המעגל ותפקידם האלקטרוני:

C1 : קבל האגירה (μF -100V-1000):

- **תפקיד ראשי:** המאגר הראשי של האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית. הקבל נתען באופן יזום למתח נבוה (עד 100V) ומחזיק את האנרגיה זו עד לשלב השיגור.
- **ניתוח מקצעי:**
 - **קיבול :** ($C=1000 \mu F$) הקיבול נמדד בפאראדים (Farads) וקובע את כמות המטען (Q) הנדרשת כדי להגיע למתח נתון.
 - **מתח נקוב :** (100V) זה המתח המקסימלי הבטיחותי שהקבל יכול לעמוד בו. במעגל דחף, חשוב שהמתח הנספג במהלך הטעינה לא עלה על ערך זה.
- **אנרגייה אగורה:** האנרגיה הפוטנציאלית המקסימלית האגורה בקבל נתונה על ידי הנוסחה

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

עבור קבל זה בטעינה מלאה (100V) :

$$E = \frac{1}{2} \cdot (1000 \cdot 10^{-6} \text{ F}) \cdot (100 \text{ V})^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.001 \cdot 10,000 = 5 \text{ Joules}$$

זהו אנרגיית השיגור המקסימלית העומדת לרשות המערכת.

D1: דיוידת הגנה (1N4148)

- **תפקיד ראשי: חסימת זרם חוזר (Reverse Current Blocking).** הדיוידה מודדת שהזרם יזרום רק מהמעגל המגביר המעגל שמשתמש ב- (L1,L2,L3) אל הקבל (C1).
- **ניתוח מקצעי:**
 - **הגנה מפני פריקה:** בזמן השיגור (כasher הקבל נפרק), המעגל חוויה שינוי דרמטי במתח וזרם גדול. הדיוידה מונעת מהזרם הפורק להזיק לרכיבי המגבר (כגון טרנזיסטורים) שעלוים להיות עדינים.
 - **דגם הדיוידה :** (1N4148) זהה לדיויד מיתוג מהירה וקטנה (Small Signal Switching Diode, עם זרם קדיימה מקסימלי נמוך יחסית (כ- 150mA) לכן, יש להניח שהיא ממוקמת **במעגל הטעינה בלבד**, היכן שהזרם קטן יחסית (שכן הקבל נתען בהדרגה, ולא חלק מעגל הפריקה של ה-J5-שים נדרש דיוידה חזקה בהרבה (כגון דיוידת UF4007 או FR107).

נוירית חיוי LED1

- **תפקיד ראשי: אינדיקציה חזותית ל乓בוב הטעינה.**
- **ניתוח מקצעי:**
 - נוירית זו מעידה כי המתח על הקבל (V) הגיע לרמה מספקת או מלאה. היא מחוברת בדרך כלל **במקביל** לקבל בטור עם נגד הגבלת זרם מתאים. כיוון שמתהה הטעינה הוא 100V, יש צורך בנגד הספק גובה או במנגנון מיתוג (כגון נוירית ניאוון קטנה או טרנזיסטור) כדי להבטיח שהיא לא תישרף בגל המתהה הגבוה.

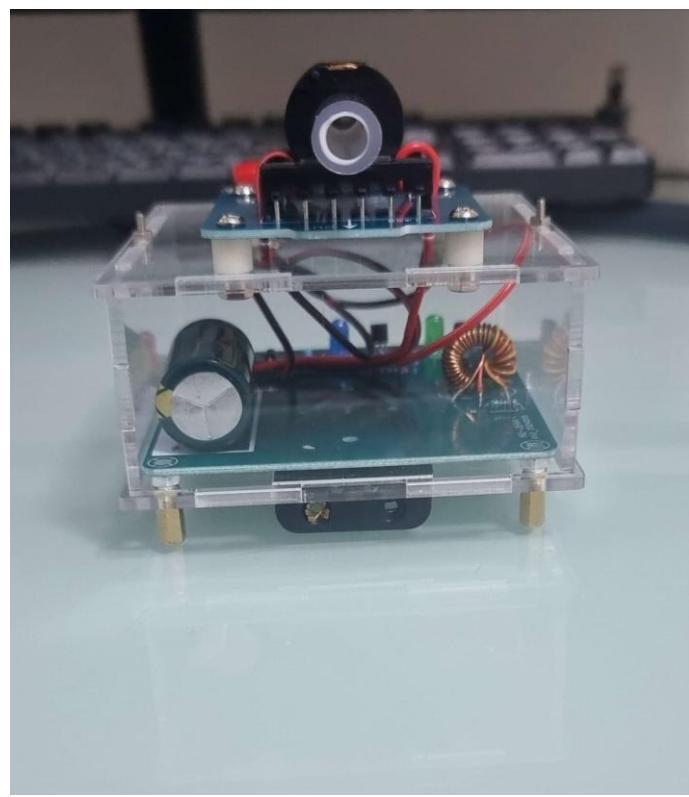
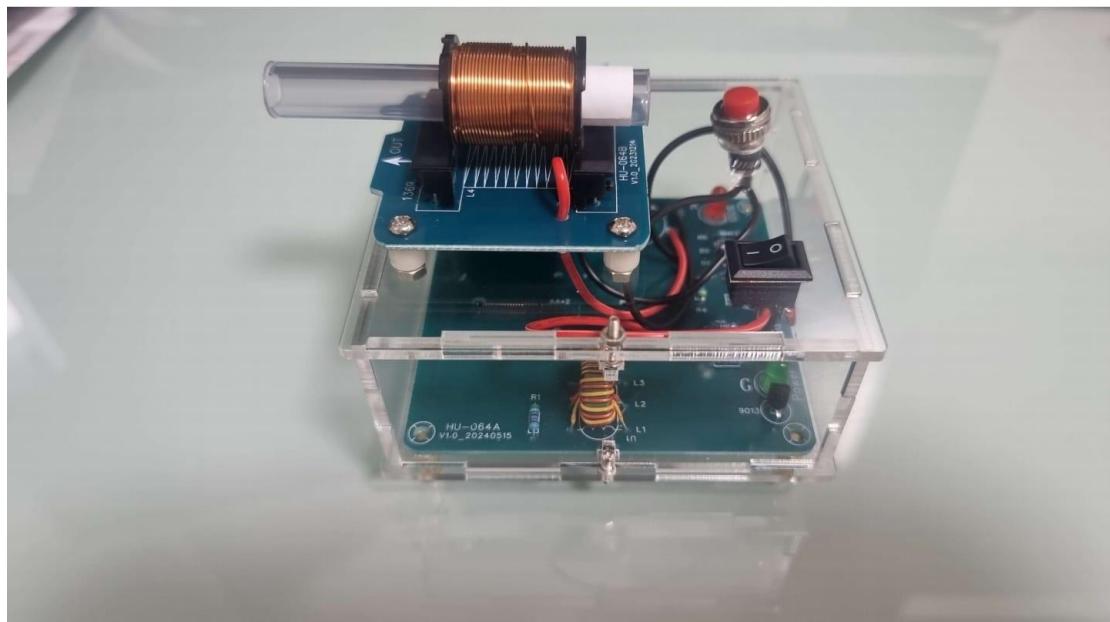
L1, L2, L3 : סילילים (Inductors/Coils)

- **תפקיד ראשי: רכיבים אלו הם ליבת **מעגל המגביר** (Boost Converter) או **ממיר מתח מורם** (Flyback Converter). תפקידם הוא להפוך מתח כניסה נמוך (כגון סוללה של 12V – 3V למתח גובה של 100V)**
- **ניתוח מקצעי:**
 - **ממיר DC-DC :** סילילים אלה משמשים ליצור שדה מגנטי. על ידי מיתוג מהיר של זרם דרך סליל ראשוני (L1) או (L2 באמצעות טרנזיסטור, נוצרת השראה הדזית שמיצרת מתח גובה בסליל שני L2 או (L3).
 - **דחית זרם ישיר :** המעגל המגביר פועל על העיקרונו של **שינוי מהיר בשטף המגנטי**, שיוצר מתח גובה על פי חוק פאראדי. המתח הגובה הזה מיושר באמצעות דיוידה (אולטי, D1, אם כי D1 היא חלשה מדי, או דיוידה נוספת) ונשלח לטיענת C1.

סיכום ומסקנה (הקשר המערבת)

- המערכת יכולה מתארת **מחולל דחף אלקטромגנטי**, העובר את שלבי הפעולה הבאים :
1. **הגברה :** המתח הנמוך מוגבר ל- V 100 באמצעות מעגל המתנד/הממיר (L1,L2,L3).
 2. **טעינה :** המתח המוגבר עובר דרך דיוידת הגנה (D1) ונטען לתוך **קבל האנרגיה** (C1).
 3. **МОכנים :** כאשר C1 מגיע ל- V 100 (אוגר J5), נוירית החיווי (LED1) נדלקת.
 4. **שיגור :** בשלב זה, באמצעות מתג מיוחד שאינו מצוי בראשימה, כגון טרנזיסטור SCR או MOSFET בעל זרם גבוה), משוחררת האנרגיה האגורה ב- C1 **בבאת אחת** לתוך סליל שיגור (העומס), מה שמייצרת את הדחף האלקטרומגנטי הדרוש לשיגור.

תמונות של התוצאה הסופית של הרובה:



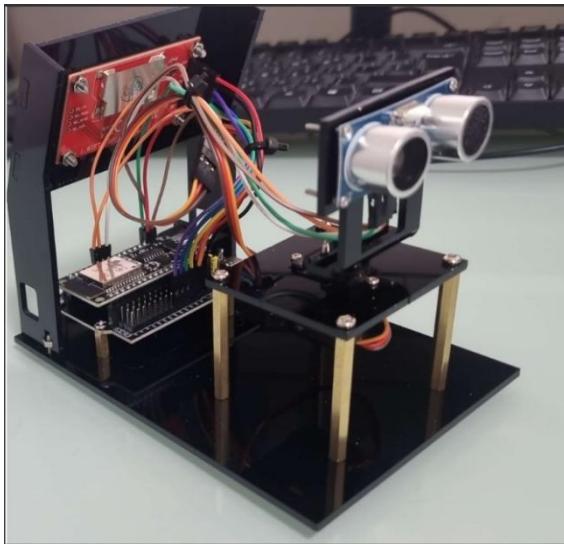
קישור לסרטון תיעוד בו אני מרכיב את המערכת של הרובה האלקטרומגנטי ומדגים את אופן
פעולתו וכייד מtbody היריה (יש לחוץ CTRL + על קישור של הסרטון)

<https://youtu.be/5IMt-HXeClk?feature=shared>

מיני רdar (Mini Radar)

המטרה והעקרון:

המטרה של הפרויקט הייתה ליצור מערכת שתסורך את הסביבה הקרובה שלה, תזהה מכשולים ותציג אותם על גבי מסך, בדיקות כמו מכ"ם אמיתי.



הרכיבים והתפקידים שלהם:

כמו בכל פרויקט מוצלח, גם המערכת זו מורכבת מכמה חלקים שפועלים יחד :

- המוח : זהו המיקרו-בקר, הלב והמוח של המערכת. הוא שולט בכל הרכיבים ומבצע את החישובים המורכבים בזמן אמיתי.
- העיניים : החישון האולטרה-סוני, שמצויר קצר שתי עיניים קטנות. עין אחת משדרת פולס קולי שאנחנו לא יכולים לשמעו, והשנייה קולות את החד שחזור. הנתון הקרייטי שאנחנו מקבלים הוא הזמן שלקח לפולס הזה לצאת ולהזוז.
- הזרוע : זהו מנוע הסרבו. הוא מאפשר לחישון שלנו לנوع מצד לצד, מה שנutanן למערכת את היכולת לסרוק שטח שלם ולא רק נקודה אחת.
- התוכנה : כל החלקים הפיזיים לא שווים כלום בלי הקוד שכתבתי. התוכנה היא זו שמנחה את מנוע הסרבו לנوع בזוויתות שונות (למשל, 5 מעליות בכל פעם), ובכל עירה היא מורה לחישון למדוד את המרחק לעצם. לאחר מכן, הקוד שולח את נתוני המרחק והזווית למסך חיצוני או למחשב.



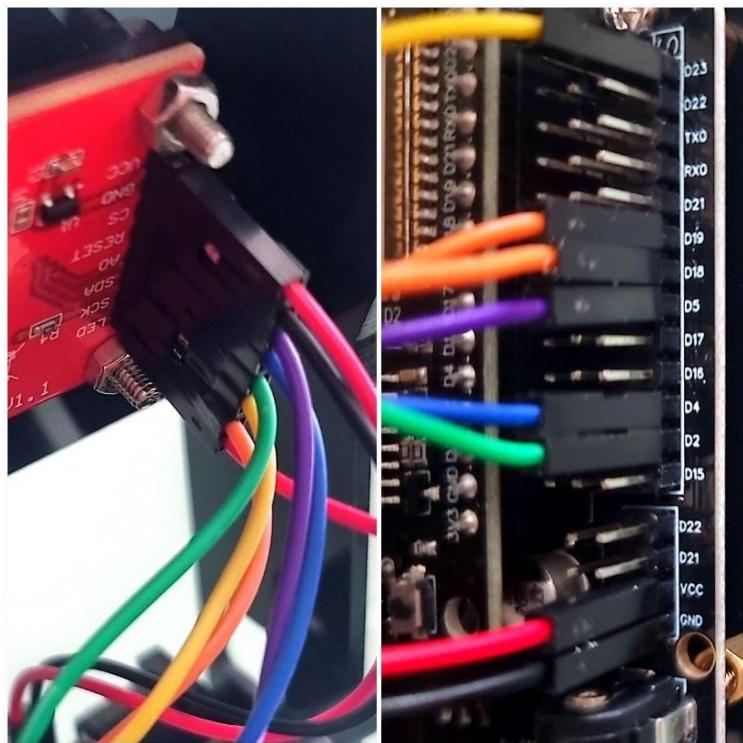
איך זה עובד בפועל?

התהליך פשוט ואלגנטי: המנוע מסתובב בזווית מסוימת, החישון מודד את המרחק לעצם הקרוב מזונים לקוד. התוכנה לוקחת את הנתונים – **הזווית והמרחק** – ביותר, ושני הנתונים האלו ומציגו אוטומטית ויזואלית על מסך. ככל שהמכשול קרוב יותר, כך הנקודה שתופיע על ה"מכוון" תיהה קרובה יותר למרחוק. על ידי חזרה על התהליך בכל זווית לאורך הקשת של 180 מעלות, אנחנו מקבלים תמונה שלמה של הסביבה שנמצאת מולנו.

הפרויקט הזה מדגים שימוש פשטוט של רכיבים יכול ליצור מערכת מורכבת ויעילה, והוא פותח את הדלת ליישומים מרחוקים כמו רובוטים אוטונומיים, מערכות אבטחה ביתית ועוד.

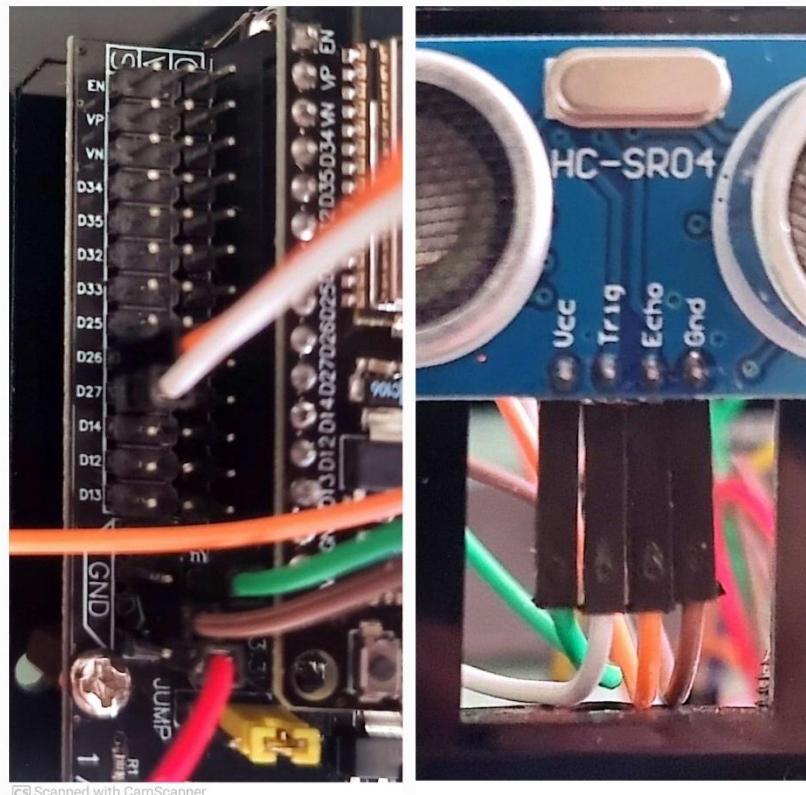
נראה את אופן צורת החיבור של המძק והחישון האולטרסוני אל המיקרו בקר בזורה ברורה ומקורבת יותר:

[המסך הקטן מחובר באופן הבא:](#)



- ניתן לראות ש-VCC במסך מחובר ל-VCC שבמיקרו בקר.
- היפין GND שבמסך מחובר ל-GND שבמיקרו בקר.
- רgel CS שמוצגת במסך מחוברת לפין D5 שבמיקרו בקר.
- רgel ה-RESET שבמסך שלגנו מחוברת לפין D4 שבמיקרו בקר.
- רgel 5 A יכולה להיות מחוברת לרgel אנלוגית או>Dיגיטלית תליי בפקודות שנרצה להשתמש, אני חיבורתי רgel זאת לרgel>Dיגיטלית/Sifرتית 2 שבמיקרו בקר.
- רgel SDA שהיא למעשה הרgel SPI מאחר והמסך מתקשר עם המיקרו בקר דרך תקשורת טורית SPI, ישנו בלבול משום שהוא רגליים שרגל SDA שימושית בתקשורת I2C אך יבואנים סיניים החלו לייצר מסכים ולרשום גם במסכים המתזרים דרכם תקשורת SPI את השם של הרgel SDA והוא מאפיינת את התקשרות שבין המסך למיקרו בקר.
- רgel SCK מחוברת לפין D18 (החוות השני הוא של המנוע סרבו שמחובר לפין D19).
- למעשה רgel SCK זהה הרgel שמעבירה את אותן הש�ון.
- רgel ה-LED מחוברת ל-3.3V בצד השני של המיקרו בקר.

נראה את החיבור של החישון האולטרסונייק:



- רgel-h-TRIG מחוברת לפין D27 שבמיקרו בקר.
- רgel-h-ECHO מחוברת לפין D26 שבמיקרו בקר.
- המתח VCC שבחישון מתחבר לפין 5V שבמיקרו בקר משומש לחישון זה בדומה למונע סרווו שלנו עובדים עם 5 וולט והמיקרו בקר ESP32 עובד על 3.3V.
- הארקה GND מחובר כמובן לאזמה GND שבמיקרו בקר שלנו.

קישור לסרטון בו אני מרכיב את המערכת של המיני רадאר. (יש ללחוץ Ctrl + אוז על הקישור):

<https://youtu.be/TOxmNhN4LiU>

תיעודים-בדיקות

תיעוד של אופן פעולה החישון האולטרסוני ומדידת מתחים 5.9.25:

בתיעוד זה נוכל לראות את אופן פעולה החישון האולטרסוני, מדדתי את המתח שהספק מקבל מהמיקרו בקר ESP32 ובנוסך בדكتי כמה מתח המיקרו בקר מוצאי מהפין של ה- 3.3V האם הוא באמות מוציא מתח זה או שלא, בבדיקות קיבلت שחקל תקין וחישון קיבל טיפה פחותה מתח 5 וולט וזה עלול להיגרם ממספר סיבות הבאות :

מתח ה- USB הסטנדרטי מוגדר להיות 5.0V, אך יש לו **סבירות** (Tolerance). קריאה של 4.5V נובעת ככל הנראה מהשילוב של הגורמים הבאים :

1. מפל מתח בcabbel ה-

זהו הגורם העיקרי :

- **התנגדות הקabel:** לכל cabbel, גם הקצר והaicotti ביותר, יש התנגדות חשמלית. כאשר ה- ESP32 מחוברים וצורכים זרם (הס **העומס**) נוצר **מפל מתח** לאוריך הקabel, לפי חוק אוהם : $V_{drop} = I \times R$.
- **cabbel USB דקים וארכיים:** cabbelים דקים יותר (בעלי מס' AWG גובה יותר, כמו AWG 28 במקום AWG 20 עבה יותר) או ארוכים, הם בעלי התנגדות גבוהה יותר, מה שմגביר את מפל המתח.
- **הקריאה שלך נушה תחת עומס:** "אם מדדת 4.5V בזמן שה- ESP32, חישון האולטרסוני ומוגל ה- Wi-Fi שלו פועל, המתח יורד עקב צריכת הזרם.

2. סבירות תקן ה-USB:

תקן USB 2.0 מאפשר למתח לרಡת עד 4.4V בחיבור ל"Hub Port"- (SKU פחות חזק) או לכל הפחות 4.75V בחיבור לשקע ורגיל, עד לצריכה המקסימלית המותרת. ערך של 4.5V נופל בטוויה הסביר, במיוחד אם אתה משתמש בcabbel ארוך או ביציאת USB של מחשב נייד או רכזת(Hub).

3. מפל מתח ברכיבי לוח ה-ESP32:

המתח עבר דרך מספר רכיבים על לוח ה- ESP32 שלך :

- **הגנת זרם יתר:** (Over Current Protection) לוחות רבים מכילים נתיק הנitinן לאיפוס או רכיב ההגנה אחר שמוסיף התנגדות קטנה וגורם למפל מתח קל.
- **דיודת הגנה:** (Protection Diode) דיודת הגנה בכניסה ה-USB- יכולה לגרום למפל מתח של כ- 0.2V עד 0.7V תלוי בסוג.

לסיום, הקריאה של 4.5V היא תוצאה של הזרם שצורך ה- ESP32 (והחישונים המתחברים אליו) בשילוב ההתנגדות של cabbel ה- USB ורכיבים שעל הלוח. אם הלוח עובד יציב, המתח הזה **תקין לחלוטין עבורה**.

את המדידות שיצאו ניתנו לראות בהסביר על החישון האולטרסוני במס' זה איפה שאני מסביר על החישון ואופן פועלתו בסוף ההסבירים הכנסתי תחת הכותרת "מדידות מתח ואופן פולה" מצרף כאן סרטון מיפוי בו אתיודתי את אופן הפעולה ואת המדידות וכמוון אכנים את הסרטון לאתר שלי תחת כתורת בדיקות.

קישור לסרטון: <https://youtu.be/qJxPFXFTNug>

מדידות מתח ואופן פעולה:

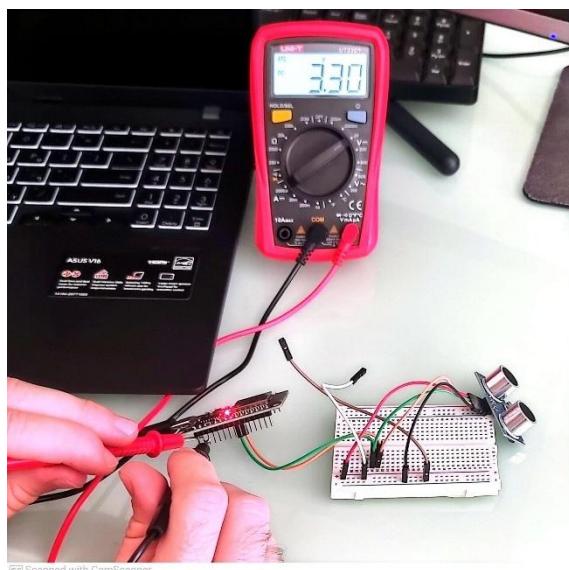
מדידת מתחים של החיבור האולטרסונייק אל המיקרו בקר ESP32, אראה את המדידה אל המתח אליו אני לחבר את החיבור עצמו אל המיקרו בקר. בנוסף לכך אראה את המתח שMOVEDה הפין של ה- 3.3V, האם הוא באמת מוצריה מתח זה:

נראה תמונות:

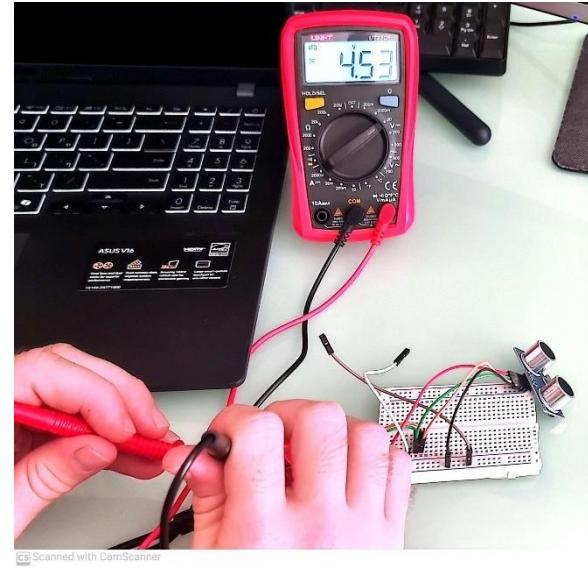
```

1 // חיבור תזוזאת בסיריאל HC-SR04-ESP32
2 // פולס-Trig פולס-Echo פין ח
3 #define TRIG_PIN 27
4 // חזרה את חווילס עוצמה פין ח
5 #define ECHO_PIN 26
6 // משנה לשינוי הזמן של גזען לפולס גזודור
7 long duration;
8 // המרחק במטרים
9 int distance;
10
11 void setup() {
12     // 初始化 תקשורת סיריאלית ליציאה בתוצאות
13     Serial.begin(115200);
14
15     // גדרת פינים
16     pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
17     pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
18
19     Serial.println(" מדידת מרחק עם חיישן אולטרסונייק ESP32");
20 }
21
22 void loop() {
23     // ל- 2 מילימטר פולס קוצר
24     digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
25     delayMicroseconds(2);
26     digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
27     delayMicroseconds(18);
28     digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
29
30     // קירiat משך זמן Echo HIGH
31     duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
32
33     // חישוב מרחק בס"מ
34     distance = duration * 0.034 / 2;
35
36     // הדפסת המרחק במסך הסיריאלי
37     Serial.print("המץ: ");
38     Serial.print(distance);
39     Serial.println(" מ");
40
41     // המתנה קצרה בין מדידות
42     delay(500);
43 }
```

המתח שMOVEDה המיקרו בקר מהפין 3.3V:



המתח שאני מספק לחיפוי:



תיעוד של אופן הפעולה 20.9.25:



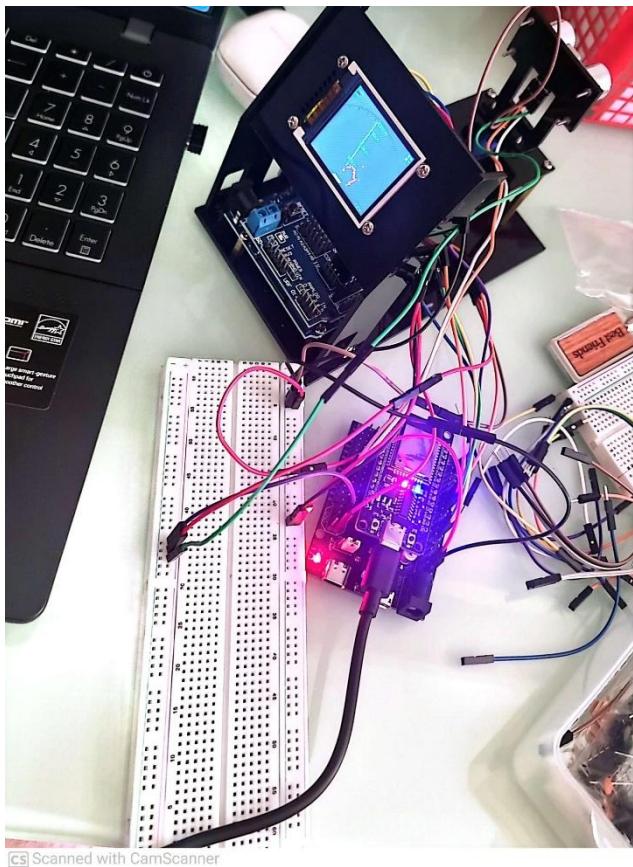
Scanned with CamScanner

אחד הביעות הגדולות שיצא לי להתמודד בפרויקט זה היה להפעיל את מערכת הרdar.

נתקלתי בבעיות כמו למשל ספירות לא תואמות הגדרת פורטים לא נכוןים. בעיות אלו פתרתי על ידי חקירה על הפונקציונליות של המיקרו בקר ובנוסף על בסיסו הפורט בעזרת הטרמינל במחשב, אלו היו הפוצדרות המשובכות אך המועלות ביותר מאחר והן לימדו אותי להתמודד עם בעיות כאלו לפעם הבאות במידה ואתקל בהן.

נוסף על כך אחד הביעות שיצא לי להתמודד היה הפינים שהוגדרו להיות "בעיתיים" לשימוש, הכוונה שבמיקרו בקר אי אס פין פינים בהם כדי להשתמש משום שנוחים יותר עבר פעולות מסויימות ויישם ככלו שמדובר בעבודה ספציפית יותר. לדוגמה יכול לומר שהמנוע שלי לא עבד כאשר חיבורתי אותו לפין 15 ואז שיחקנתי קצת עם הפינים ומתי שחברתי SERVO לפין 19 הוא התחליל לעבוד והתנסכון בעבודה יחד עם המסק והחישן אולטרה סוני שלמעשה נמצא עליו. בנוסף אחד הביעות הגדולות ביותר היה להפעיל את המסק. גרפיקה זה צעד גדול בפרויקט ויחסית מסוובך, לא כל הפונקציות תואמות למיקרו בקרים ספציפיים וצריך לנשות כמה פונקציות על מנת למצוא את המתאימה ביותר עבור אופן הפעלה שלו.

마וחר ואני יוצר תמונה הרdar שפועל בזמן אמת אז עלי לא להשתמש רק בתצוגה רגילה אלא ממש בתצוגת עיצוב גרפי חדשני ממעני להשתמש בפונקציות ייחודיות עבור פעולות אלו. בסופה של דבר עם קצת כישלונות ולמידה הצלחתית להבין יכון טעיתי בכל הניסיונות הללו ולמדתי מזה המונ.



Scanned with CamScanner

גם כאן בתמונה ניתן לראות את הניסיון הפעלה על מיקרו בקר אי אס פי.

בהתחלת חיבורתי הכלול דרך מטריצה ולבסוף ארגנטית את זה על המערכת עצמה כדי לשפר את הנראות והנוחות במהלך השימוש בה.

בתמונה קצת קשה לראות את הרדאר שנוצר על המסך וכמובן שהתמונה לא משדרת את התזוזה של המנוע סרוו ואת הקליטה של החישון אולטרסוני אך כדי להמחיש זאת אני צירפתי לכטוטון שלי לבדוק את אופן הפעולה של המערכת.

בסרטון אציג את הבניה כולה של המערכת ואת אופן פועלתה בסוף הסרטון כדי שניתן יהיה לראות ולעקוב אחר השלבים צורת הבניה של המערכת.

בנוסף הסרטון יעלה לאתר שניתן לגשת אליו דרך ספר זה בקישור שאצרא' שיהיה תחת הכותרת **"קישור לאתר"**

תיעוד של אופן פעולה הרדאר 21.9.25 :

בניסיון זה בדקתי את סימון הנקודות הצהובות שהן מופיעות עברו אובייקטים רחוקים מ-100 סנטימטר. הנקודות האדומות שמופיעות על הרדאר אלו נקודות שמאפיינות אובייקטים הנמצאים בתחום של 0 עד 100 סנטימטרים מהחישון אולטרסוני.

תיעדתי ניסיון זה והוספתי סרטון שמראה כיצד בדקתי זאת הסרטון טיפול הפוך החלק של הבדיקה לקראת הסוף אבל זה לא פרק זמן ארוך וניתן להבחן בכל זאת את הנקודות הצהובות. אני מצרא' כאן קישור לסרטון שלי שנמצא ביוטיוב וגם הכנסתי את הסרטון תחת הקטגוריה "בדיקות" בתוך האתר שיצרתי שיופיע בעמודים האחרונים של הספר פרויקט שלי.

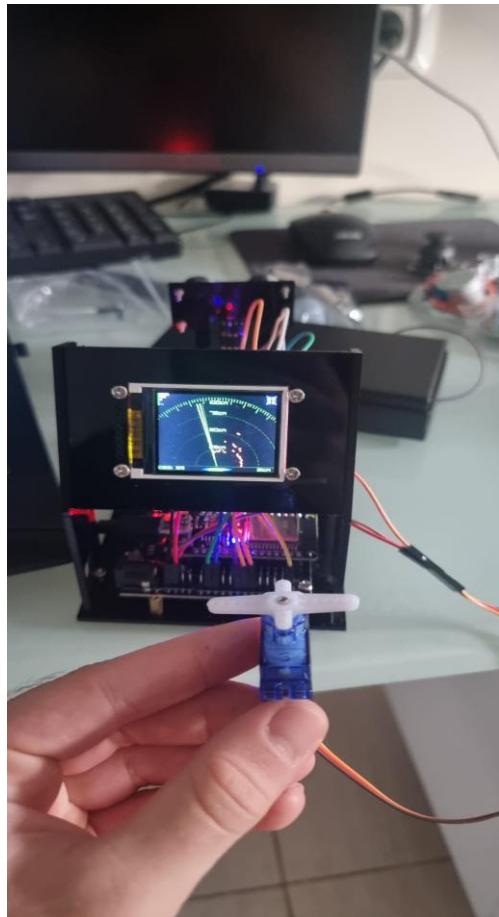
קישור לסרטון תיעוד של ניסיון יצירתי ובדיקה של הנקודות הצהובות שמנדריות אובייקטים שנמצאים למרחק מעל 100 סנטימטרים כולל מהחישון האולטרסוני:

[קישור הסרטון:](https://youtu.be/8BiuvFxFUo20)

תיעוד של אופן הפעלה כאשר חיבורתי סדרו נוסף שיחיה אחראי על הסיבוב של התותח 23.9.25:

בניסוי זה הקפנתי צעד יחסית מושם בפרויקט שלי משומש שהצלחתו לבצע סנכרון בין שני המנועי SERVO שיש לי במערכת שלי. ה-SERVO הראשון אחראי על לסובב את החישון האולטרסוני שסורק את הסביבה בטוחה של 180 מעלות החל מ-0 מעלות ועד ל-180 מעלות. המנוע ה-SERVO השני שלי אחראי למשעה על הסיבוב של המשטח עליו לחבר את הרובה האלקטרומגנטי שלי. ברגע שמתגלו נקודות אדומות שבמשמעותן שהאובייקט נמצא בתוך של 100 סנטימטר ופחות אז המנוע ה-SERVO השני ישרוטט לפועל מהותו המוקם בו המנוע O SERVO הראשון שמסובב את החישון האולטרסוני נמצא כעת וברגע שייתגלת שוב נקודה אדומה שמשמעותה על אובייקט אז תבצעו ריירה מהרובה האלקטרומגנטי אך זה בשלבים מתקדמים יותר כרגע בצעתי את הסנכרון של המנוע ה-SERVO השני עם הראשון יחד.

נראה תמונה ואסביר את החיבורים הנוספים שבעת למיקו בקר על מנת שהמנוע SERVO השני יתחליל להסתובב:



זאת למעשה התמונה בה אני מחזק את המנוע O SERVO השני, למעשה אי אפשר להבין מה מערכת אכן עובדת מהתמונה פשוטה וכן חשבתי איך סרטון ביוטיוב ו קישור בתוך הספר וכמוון שאכנים את התיעוד לקטגוריות הבדיקות שבאתר שלי.

המנוע SERVO מחובר לרgel D25 שבמיקרו בקר ESP32 ואת שאר החוטים שבמנוע SERVO צירפתי את החוט האדום ל-GND ואת החוט החום חיבורתי לאדמה.

בקוד כל מה שעלי היה להוסיף זה את ההגדשה של ה-SERVO הנוסף ולאיזו רגל הוא מחובר במיקרו בקר, ובנוסף לכך היה עלי להוסיף בתנועה הלוֹך וה坦ומה חזור בתוך התנאי AiFa שרשום המרחק קטן מ-100 שזה לעומת הנקודות אדמות מה שאומר שהאובייקט נמצא בטוחה של 100 סנטימטרים ומטה בשנייהם היה עלי להוסיף פקודה שתפעיל את המנוע SERVO השני או במידה והמרחק של האובייקט גדול מ-100 אז התנוּע של המנוע SERVO השני פוסקת והמנוע עצם.

מצרך קישור לסרטון בערוץ היוטיוב שלו:

<https://youtu.be/eeDQquCGN5I>

תיעוד של אופן פועלות המסך טאץ' המסך השני בו אני משתמש בפרויקט 27.9.25

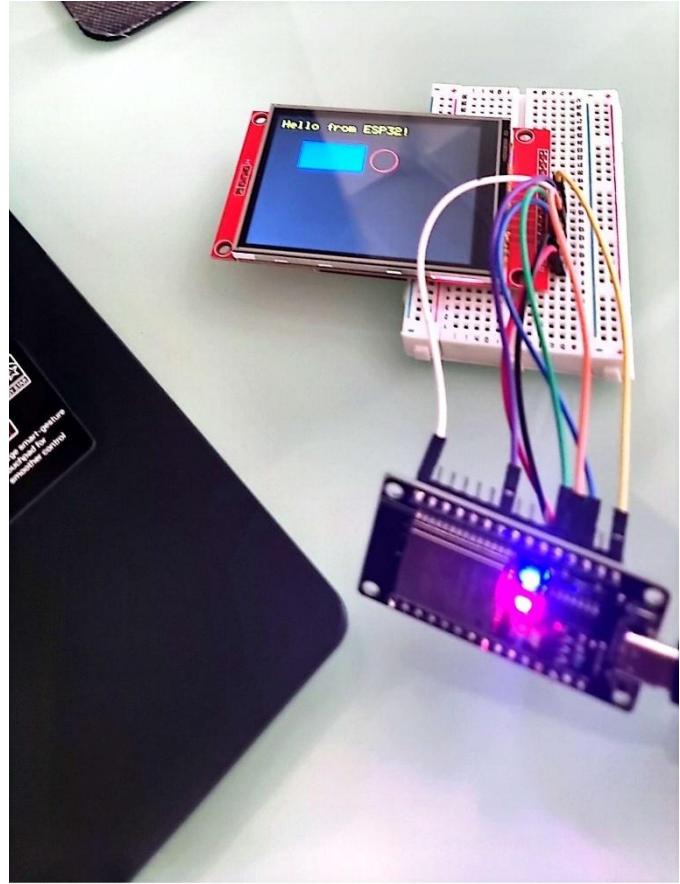
בתיעוד זה אציג את אופן פועלות המסך השני זהו מסך טאץ' בו משתמש כדי להראות את מצב התאורה והטמפרטורה ואוכל לעבור בין מצבים שונים שאחלייט לצרף על המסך.

הקישים איתם התמודדתי על מנת לצרף את המסך השני עיביר ייחד עם פועלות המסך הראשון היי בעיקר מאופיינים בהגדרת ספירות אחירות בוחן המסך שלו לא תמק, לאחר זמן ממושך וחקירה לגבי הנושא מצאתי את הספריות המתאימות שעלייהן הרחבתי והסבירתי בספר זה כאשר הסברתי על המסך טאץ'.

מצרף קישור לסרטון בו אני מבצע מדידת מתחים יחד עם אופן פועלות המסך השני. הקוד שצרכתי זהו קוד בסיסי שמדפיס את המשפט Hello from ESP32 ומתחתיו יש מלבן שכלי כחול ועיגול שהיקפו אדום והפניהם הוא במצב צבע (בצבע שחור). זהו אותו הקוד שהציגתי בהסביר על המסך טאץ' (המסך השני בפרויקט שלי), لكن ניתן לראותו בצורה מלאה וברורה יותר בספר זה תחת הכותרת והסבירים של "מסך טאץ' TFT 9341".

נראה כיצד אופן פועלות המסך ומדידת המתחים בפנים אליהם אני לחבר את המסך:

```
1 #define TFT_CS 15 // Chip Select (CS)
2 #define TFT_DC 2 // Data/Command (DC)
3 #define TFT_RST 4 // Reset (RST)
4 // הכללת הספריות
5 #include <Adafruit_GFX.h>
6 #include <Adafruit_ILI9341.h>
7 // בירורת אובייקט המסך
8 // אנו מנהירים לו את הגדרות הפיינרים הנדרשים
9 Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(TFT_CS, TFT_DC, TFT_RST);
10
11 void setup() {
12     Serial.begin(115200);
13     // אתחול המסך
14     tft.begin();
15
16     // הגדרת כיוון המסך (0, 1, או 3)
17     tft.setRotation(1);
18
19     // ניקוי המסך ומייזורי בזבוב שחזור
20     tft.fillScreen(ILI9341_BLACK);
21
22     // הגדרת גודל וצבע הטקסט
23     tft.setTextSize(2); // 2 גודל טקסט
24     tft.setTextColor(ILI9341_YELLOW); // צבע טקסט: צהוב
25
26     // (x, y) = (10, 10) הדפסת טקסט במיקום
27     tft.setCursor(10, 10);
28     tft.print("Hello from ESP32!");
29
30     // (רוחב, גובה, צבע, x, y) ציור מלבן מלא
31     tft.fillRect(50, 50, 100, 50, ILI9341_BLUE);
32
33     // (רוחב, גובה, צבע, x, y) ציור מעגל
34     tft.drawCircle(180, 75, 20, ILI9341_RED);
35 }
36 void loop() {
37 }
```



מתמונה זו ניתן לראות שהדפסתי על המסך דברים בסיסיים על מנת לראות שהוא פועל יחד עם המיקרו בקר ESP32 מה שניתן לראות למעשה על המסך מה שמודפס עליו זה Hello from ESP32 בנוסף מלבן ממולא בצבע כחול ומעגל שرك ההיקף שלו צבוע בצבע אדום ואני צבע מבפנים.

הקוד הוא פשוט ובסיסי רק כדי להמחיש את אופן הפעולה של המסך יחד עם המיקרו בקר ולראות שהוא מדפיס ואכן מתבצעת תקשורת בין המסך למיקרו בקר.

כעת נראה את מדידת המתחים:

מדידת מתח הנכנס לפין LED:



Scanned with CamScanner

מדידת מתח הנכנס לפין VCC:



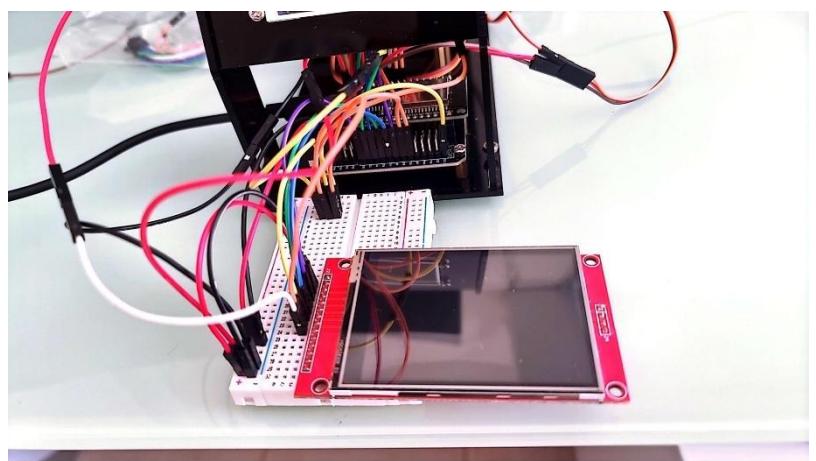
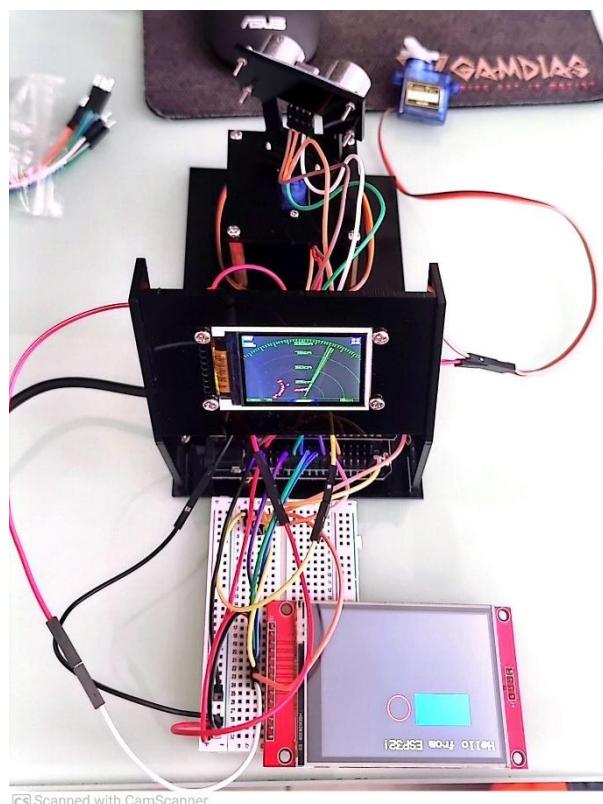
Scanned with CamScanner

ניתן לראות הסביר מדוע המתח אינו 5 וולט אלא בקרוב 4.5 וולט. בחישון אולטרסונייק כאשר ביצעתנו מדידה של המתחים מהפינים האלו במקירו בקר אליו נכנסים הפינים GND ו- VCC . ברגע שמדדתי בfin - VN קיבلتني גם מתח דומה למתח זה ובfin ה- 3.3V קיבلتני גם בקרוב למתח 3.3V חקרתי מדוע תופעה זאת קורת והסבירתי בטעוד הראשן תחת הכותרת "תיעודים- בדיקות" בתיאוריך 5.9.25 , הסברתי מדוע תופעה זאת עלולה לקרוות ומה הסיבות שגורמות ל"אייבוד" המתח בכינסה VN .

קישור לסרטון: <https://youtube.com/shorts/a2xaMos41Qk?feature=share>

תיעוד של חיבור המסך השני למערכת כולה ואופן פועלות המערכת 28.9.25:

כأن תיעדי את אופן החיבור של המסך השני למערכת כולה, המסך מציג בניסויו זה את אותו הדבר כמו שהראה בתיעוד הקודם אך ניסוי זה היה מדרגה משמעותית עברית בהתקדמות הפרויקט יצא את אופן פועלות המערכת בסרטון נוסף וכמוון יצא מס' טרנומות להמחשה כדי שנייתן יהיה לראות זאת. הסרטון מראה בצורה ברורה ומקצועית יותר את אופן הפעולה, ניתן לראות את התזוזה של המנוע SERVO ואת ריצת הרזאר במסך השני.

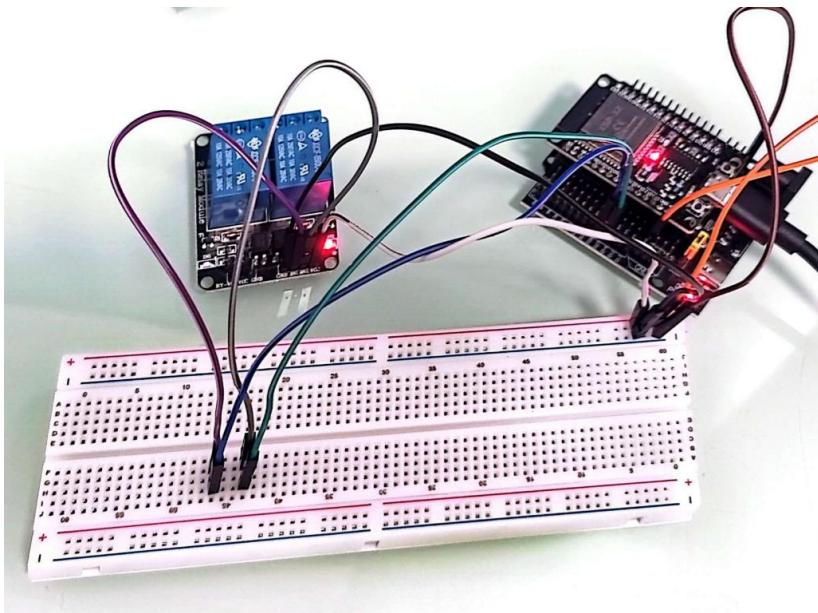


שני המסכים עובדים ב프וטוקול SPI لكن היו לי שני רגליים משותפות בשני המסכים. בעזרתו שני הרגליים האלו המסכים מתקשרים בפרוטוקול SPI עם המיקרו בקר. ניתן לראות הסבר מורחב בנוגע לפרוטוקול זה בספר שלי תחת הכותרת "פרוטוקול SPI"

[קישורסרטון](https://youtube.com/shorts/rToKhwszY90?feature=share):

תיעוד של אופן פעולה של הממסר ההפוך 3.10.25:

בניסוי זה חיבורתי ממser 5 וולט כפול בעזרת מטריצה אל המיקרו בקר ESP32. נתתי קוד בסיסי שמדפיס לי במניטור שהמסר הראשוני דולק ואז לאחר זמן קצר נכבה, ובנוסף המסר השני גם כן פועל לזמן מסוים ולאחר מכן נכבה. ההודעות מופיעות ומוצגות במניטור. כמו כן, ניתן לראות שהלדים פועלים על המסר וattiיחס לכך גם במהלך הניסויים הבאים.



כאן ניתן לראות את החיבור שביצעתך ייחד עם המטריצה אל המיקרו בקר.

המטריצה שמשה ככלי עזר על מנת לסדר את חיבור החוטים בין המסר ההפוך אל המיקרו בקר ESP32.

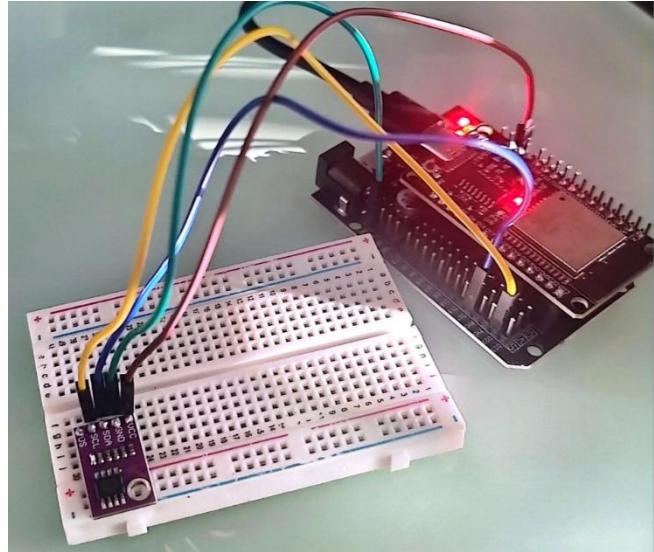
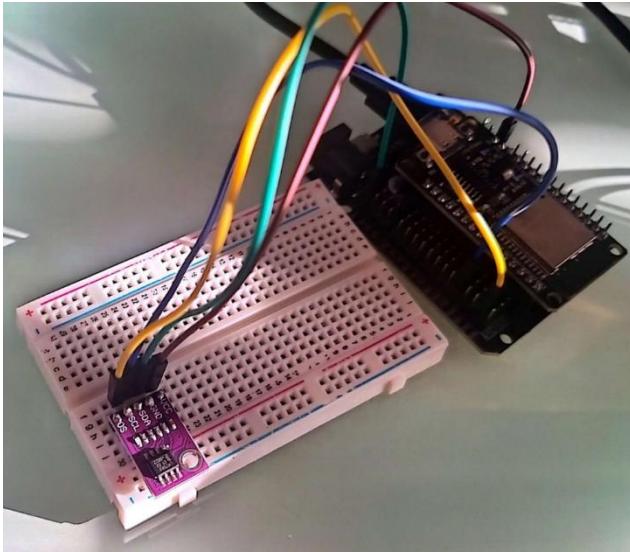
הקוד והפלט:

```
Turning RELAY 1 OFF
Turning RELAY 2 ON
Turning RELAY 2 OFF
Turning RELAY 1 ON
Turning RELAY 1 OFF
Turning RELAY 2 ON
Turning RELAY 2 OFF
Turning RELAY 1 ON
Turning RELAY 1 OFF
Turning RELAY 2 ON
Turning RELAY 2 OFF
Turning RELAY 1 ON
Turning RELAY 1 OFF
Turning RELAY 2 ON
Turning RELAY 2 OFF
```

קישור לסרטון:
<https://youtu.be/T7QlbvXVhSo>

```
1 const int RELAY_PIN_1 = 26;
2 const int RELAY_PIN_2 = 27;
3
4 const int DELAY_TIME = 2000;
5
6 void setup() {
7     pinMode(RELAY_PIN_1, OUTPUT);
8     pinMode(RELAY_PIN_2, OUTPUT);
9
10    digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
11    digitalWrite(RELAY_PIN_2, HIGH);
12
13    Serial.begin(115200);
14    Serial.println("Dual Relay Test Started...");
15}
16
17 void loop() {
18     Serial.println("Turning RELAY 1 ON");
19     digitalWrite(RELAY_PIN_1, LOW);
20     delay(DELAY_TIME);
21
22     Serial.println("Turning RELAY 1 OFF");
23     digitalWrite(RELAY_PIN_1, HIGH);
24     delay(DELAY_TIME);
25
26     Serial.println("Turning RELAY 2 ON");
27     digitalWrite(RELAY_PIN_2, LOW);
28     delay(DELAY_TIME);
29
30     Serial.println("Turning RELAY 2 OFF");
31     digitalWrite(RELAY_PIN_2, HIGH);
32     delay(DELAY_TIME);
33 }
```

תיעוד של אופן פעולה החישון LM75 תאריך : 10.10.25



ניתן לראות את אופן החיבור של החישון טמפרטורה LM75 הפעול בפרוטוקול תקשורת I₂C. מה שלמעשה שונה בחישון זה האופן חיבור המיעוד שלו למיקרו בקר ESP32, יש שתי רגילים אליהן חיבורתי את הפינים שאחרים על התקשרות של החישון עם המיקרו בקר. הרגילים על המיקרו בקר הם 22,21 כאשר פין 21 מס' מתחבר לפין SCL בחישון הטמפרטורה והפין 22 מתחבר ל.pin SDA שבחישון. על מנת שאני אוכל לתקשר בפרוטוקול תקשורת I₂C אני רושם Wire.begin לאחר מכן אני רשאי למשה לתקשר בפרוטוקול תקשורת זה ולהגידו אפיו פנים אחרים ולא דואק את הפינים 22 ו 21. אם ארצה לשנות רגילים נראה זאת בעורת הפקודה .Wire.begin(32, 33); // SDA=32, SCL=33

```

1 #include <Wire.h>
2
3 #define LM75_ADDR 0x48 // של הזיהישן I2C כתובות //
4
5 void setup() {
6     Wire.begin();
7     Serial.begin(9600);
8     Serial.println("...בזמן אמת LM75 קריית טמפרטורה ...");
9 }
10
11 void loop() {
12     Wire.beginTransmission(LM75_ADDR);
13     if (Wire.endTransmission() == 0) { // אם הזיהישן מגיב
14         Wire.requestFrom(LM75_ADDR, 2); // מבקש 2 בתים
15         if (Wire.available() == 2) {
16             byte msb = Wire.read();
17             byte lsb = Wire.read();
18
19             int temp = ((msb << 8) | lsb) >> 5; // המרת בתים
20             float celsius = temp * 0.125;
21
22             Serial.print("טמפרטורה: ");
23             Serial.print(celsius);
24             Serial.println(" °C");
25         }
26     } else {
27         Serial.println("LM75 נמצא!");
28     }
29
30     delay(200); // מseg
31 }
```

ניראה את התוצאות המודפסות ב serial monitor

```
15:05:01.370 -> LM75 לא נמצא.  
15:05:03.381 -> LM75 לא נמצא.  
15:05:05.370 -> LM75 נמצא!  
15:05:05.370 -> 29.75 °C טמפרטורה:  
15:05:07.364 -> LM75 נמצא!  
15:05:07.364 -> 29.00 °C טמפרטורה:  
15:05:09.363 -> LM75 נמצא!  
15:05:09.363 -> 28.50 °C טמפרטורה:  
15:05:11.358 -> LM75 נמצא!  
15:05:11.358 -> 28.25 °C טמפרטורה:  
15:05:13.364 -> LM75 נמצא!  
15:05:13.364 -> 28.00 °C טמפרטורה:  
15:05:15.346 -> LM75 נמצא!  
15:05:15.346 -> 27.75 °C טמפרטורה:  
15:05:17.368 -> LM75 נמצא!  
15:05:17.368 -> 27.75 °C טמפרטורה:  
15:05:19.346 -> LM75 נמצא!  
15:05:19.346 -> 27.50 °C טמפרטורה:  
15:05:21.346 -> LM75 נמצא!  
15:05:21.391 -> 27.75 °C טמפרטורה:  
15:05:23.368 -> LM75 נמצא!  
15:05:23.368 -> 28.00 °C טמפרטורה:  
15:05:25.376 -> LM75 נמצא!  
15:05:25.376 -> 28.12 °C טמפרטורה:  
15:05:27.346 -> LM75 נמצא!  
15:05:27.346 -> 28.25 °C טמפרטורה:
```

```
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.00  
לא נמצא.  
לא נמצא.  
לא נמצא.  
! נמצא!  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.25  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.12  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.00  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.12  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.00  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 23.00  
! נמצא!  
°C טמפרטורה: 22.87
```

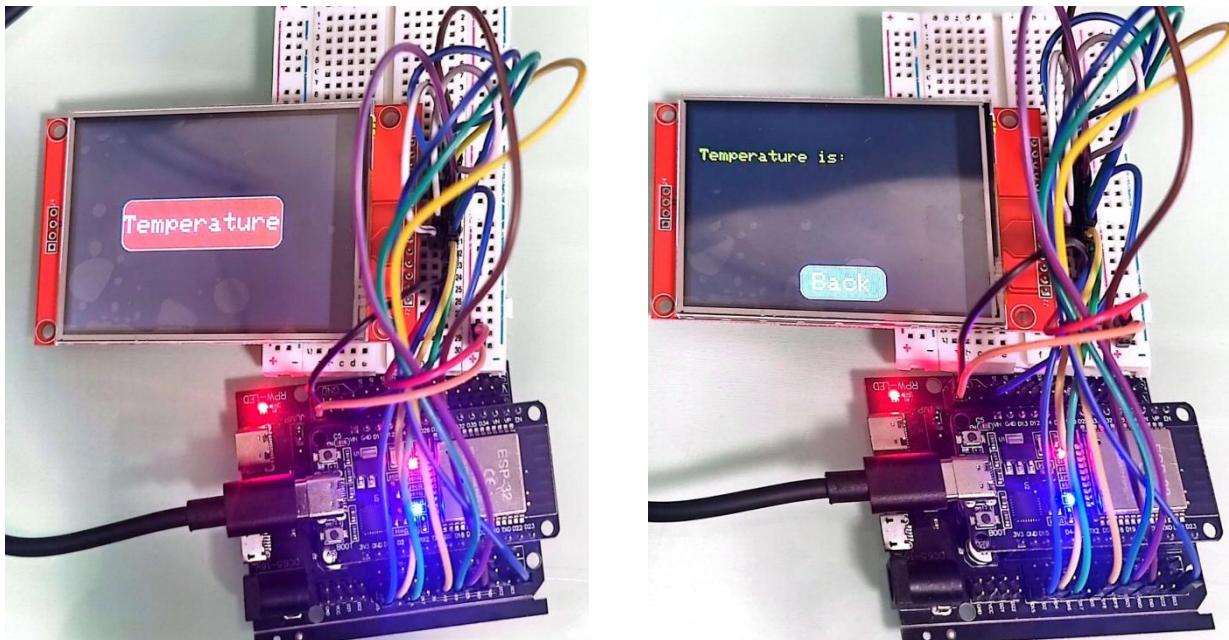
ניתן לראות את ההדפסות המתקבלות ב-serial monitor. "המצא" או "לא נמצא" זה כאשר אני מכסה את החישון וברגע שמכסים אז ניתן לראות שזה לא מצוי את החישון וברגע שלא מסתירים אז החישון נמצא. בנוסף ברגע שנגעתי בחישון אז הטמפרטורה שהוא בדק עלתה בעקבות החום גופי שלי ואני ניתן לראות את זה ממש בהדפסות למסך.

[קישור לסרטון אופן פעולה של הרכיב](https://youtube.com/shorts/kOMxanI2hQE):

תיעוד עבור טאץ במסך TFT 9431 : 17.10.25

כעת אבנה את המערכת השנייה בפרויקט שלי. הפרויקט הוא פרויקט גדול וCompanyId העומס שיש על כל רכיב/ מסך בקורס עלול לגרום להפרשי זמנים עצומים בין פעולתם. לכן החלטתי להפריד את הפרויקט לשתי מערכות נפרדות, כאשר לכל מערכת יש מיקרו בקר משלה והמיקרו בקרים יתקשרו ביניהם באמצעות הпрוטוקול WiFi_NOW.

כעת נראה את אופן הפעולה של המסך טאץ כיצד יצרתית את הטאץ ומיצאיו למעשה את הקואורדינטות עבור כל כפטור בצורה ידנית. לחצתי בעוזרת קוד פשוט לחישוב קואורדינטות ובדיקת טאץ באופן כללי, רשמתי את הקואורדינטות בקורס חדש שמשלב יצירה תצוגה לכפתורים ואדגים בעוזרת תמונות וסרטון בעמוד יווטיוב שלו שיכנס גם לאתר שלי שבניתי עבור הפרויקט ונitin יהיה ממש לראות את האופן פועלה של המסך טאץ בצורה היקפית וברורה יותר מאשר בתמונות.



בתמונות אלו ניתן לראות את האופן בו אחיברתי את המסך. לאחר מכן מוגדר כבירותת מחדר להדפסה בצורה אונכית אז על מנת שאראה הכל בצורה אופקית נדרשתי לשובב את התצוגה בעוזרת 90 מעלות שזה למעשה סיבוב פי 1, כל 90 מעלות זה סיבוב 1 נוספת.

ESP32	מסך TFT
3.3V	VCC
GND	GND
GPIO 15	CS
GPIO 2	DC
GPIO 4	RST
GPIO 23	MOSI (DIN / SDA)
GPIO 19	MISO
GPIO 18	SCK / CLK
3.3V	LED / BL
ESP32	Touch
GPIO 5	T_CS
GPIO 21	T_IRQ
GPIO 23	D_IN
GPIO 19	D_OUT
GPIO 18	SCK

נראה את הקוד:

```

1 #include <TFT_eSPI.h>
2 #include <SPI.h>
3 #define ILI9341_DRIVER
4 #define TFT_MOSI 23
5 #define TFT_MISO 19
6 #define TFT_SCLK 18
7 #define TFT_CS 15
8 #define TFT_DC 2
9 #define TFT_RST 4
10 #define TOUCH_CS 5
11 #define TOUCH_IRQ 21
12 TFT_eSPI tft = TFT_eSPI();
13 struct Button {
14     int x, y, w, h;
15     String label;
16     uint16_t fillColor;
17     uint16_t textColor;
18 };
19 // Temperature Button
20 Button btnTemp = {0,0,200,60,"Temperature",TFT_RED,TFT_WHITE};
21 // Back Button
22 Button btnBack = {tft.width()-110, 193, 100, 40, "Back", TFT_DARKGREY, TFT_WHITE};
23 enum Screen { MAIN, TEMP };
24 Screen currentScreen = MAIN;
25 // Initialize Buttons
26 void drawButton(const Button &btn, bool pressed=false){
27     uint16_t color = pressed ? TFT_ORANGE : btn.fillColor;
28     tft.fillRoundRect(btn.x, btn.y, btn.w, btn.h, 12, color);
29     tft.drawRoundRect(btn.x, btn.y, btn.w, btn.h, 12, TFT_WHITE);
30     tft.setTextColor(btn.textColor);
31     tft.setTextSize(3);
32     int txtW = btn.label.length() * 6 * 3; // רוחב הטקסט
33     int txtH = 8 * 3; // גובה הטקסט
34     int cx = btn.x + (btn.w - txtW)/2;
35     int cy = btn.y + (btn.h - txtH)/2;
36     tft.setCursor(cx, cy);
37     tft.print(btn.label);
38 }
39 // Initialize Screen
40 void drawText(String text, int x, int y, uint16_t color, int size){
41     tft.setTextColor(color);
42     tft.setTextSize(size);
43     tft.setCursor(x, y);
44     tft.print(text);
45 }
46 // Draw Main Screen
47 void drawMainScreen(){
48     tft.fillScreen(TFT_BLACK);
49     // Temperature Button
50     btnTemp.x = (tft.width() - btnTemp.w)/2;
51     btnTemp.y = (tft.height() - btnTemp.h)/2;
52     drawButton(btnTemp);
53 }
54 // Draw Temp Screen
55 void drawTempScreen(){
56     tft.fillScreen(TFT_BLACK);
57     drawText("Temperature is:", 10, 50, TFT_YELLOW, 2);
58     drawButton(btnBack); // Back button, same height as the temperature button
59 }
60 void setup(){
61     Serial.begin(115200);
62     tft.init();
63     tft.setRotation(1); // 90° orientation
64     pinMode(TOUCH_IRQ, INPUT);
65     drawMainScreen();
66 }
67 void loop(){
68     uint16_t tx=0, ty=0;
69
70 if(digitalRead(TOUCH_IRQ) == LOW){
71     if(tft.getTouch(&tx,&ty,600)){
72         Serial.print("Touch X: "); Serial.print(tx);
73         Serial.print(" | Y: "); Serial.println(ty);
74         // MAIN screen - touch here to change Temperature
75         if(currentScreen == MAIN){
76             if(tx >= btnTemp.x && tx <= btnTemp.x + btnTemp.w &&
77                 ty >= btnTemp.y && ty <= btnTemp.y + btnTemp.h){
78                 drawButton(btnTemp, true); // Update button
79                 delay(100);
80                 currentScreen = TEMP;
81                 drawTempScreen();
82                 while(tft.getTouch(&tx,&ty,600)); // Wait for release
83             }
84         }
85         // TEMP screen - touch here to go back
86         else if(currentScreen == TEMP){
87             if(tx >= btnBack.x && tx <= btnBack.x + btnBack.w &&
88                 ty >= btnBack.y && ty <= btnBack.y + btnBack.h){
89                 drawButton(btnBack, true); // Update button
90                 delay(100);
91                 currentScreen = MAIN;
92                 drawMainScreen();
93                 while(tft.getTouch(&tx,&ty,600)); // Wait for release
94             }
95         }
96     }
97 }
98 }
99 }
100

```

הקוד למעשה יוצר לנו שני כפתורים כאשר הכפתור הראשון Temperature הוא כפתור אדום וברגע שאלחץ עליו עברו לחילונית חדשה במסך שתכיל את הטקסט Temperature is: וגם כפתור Back שיחזיר אותנו לישירות לחילונית עם הפתור טמפרטורה. הלוח שאני בוחר בהרצאת התוכניות זה

ESP32 DEV Module

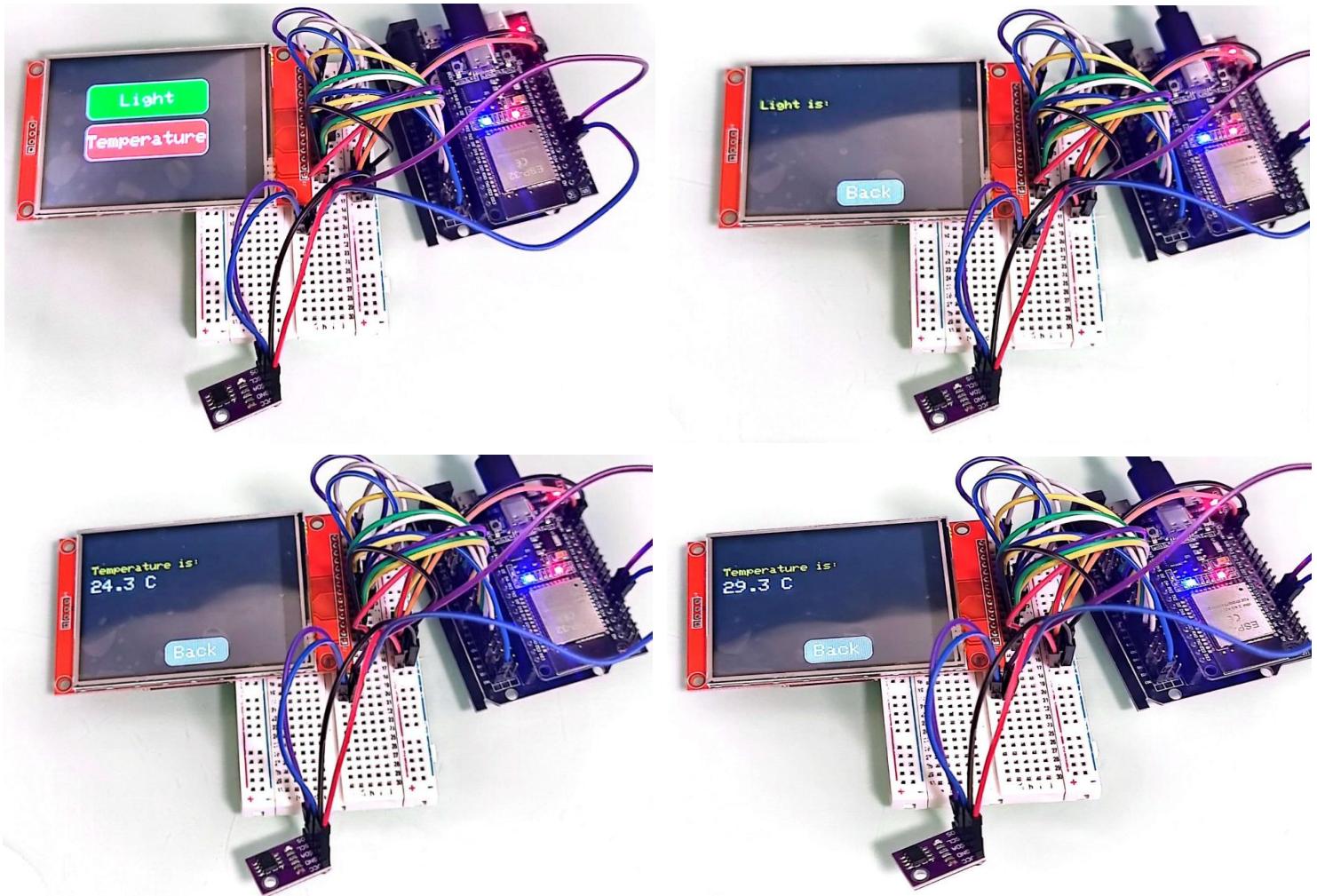
ניתן לראותו בודאי מציג את זה באופן ברור ולהבחן באופן הפעולה של המסך יחד עם הטאץ. את הסרטון אוסף גם ישירות לאתר שלי שעובד אחר הפוך.

[קישור לסרטון:](https://youtube.com/shorts/wPKWHskcr4U)

חיבור חיישן טמפרטורה למערכת השנייה והוספת כפטור עבור החישון תוארה, 25.10.25 :

כאנ אציג את ההתקדמות שעשיתני, הוסף כפטור נוסף שיציג את מה שהחישון תוארה יציג את ערכיו, כתע לא חיבורתי אותו עדין لكن בניסוי זה רק נראה את הcpfotor ומה שקרה לאחר שלוחצים עליו. הבדיקה העיקרית בניסוי זה החיבור של החישון טמפרטורה LM75 אל המערכת יכולה. אצרף למעשה תמונה המשלבota את החיבור של החישון טמפרטורה ואציג שני סרטונים בפנרד אחד עבור עיצוב המשך יחד עם הcpfotor השני, וסרטון נוסף עבור חיבור של החישון עם המערכת השנייה.

נראה את החיבורים:



חברתי את החישון טמפרטורה את המתח ל-3.3 וולט את האדמה לאדמה ואת SDA לפין 32 ואת SCL לפין 33. ניתן לראות את התצוגה החדשה על המשך שלו יחד עם הcpfotor הירוק החדש שרשום עליו תוארה באנגלית וכאשר לחוצים עליו אז ניתן לראות בתמונה מעלה מכך ימין שהוא מעביר אותו לחלונית כזאת ומשם ניתן לחזור ולראות את הערכיהם רק שמכיוון שלא חיבורתי את החישון עדין אז לא קורא שום ערכיהם וכרגע אי אפשר לראותו.

סרטון ראשון של הוספת כפטור נוסף:

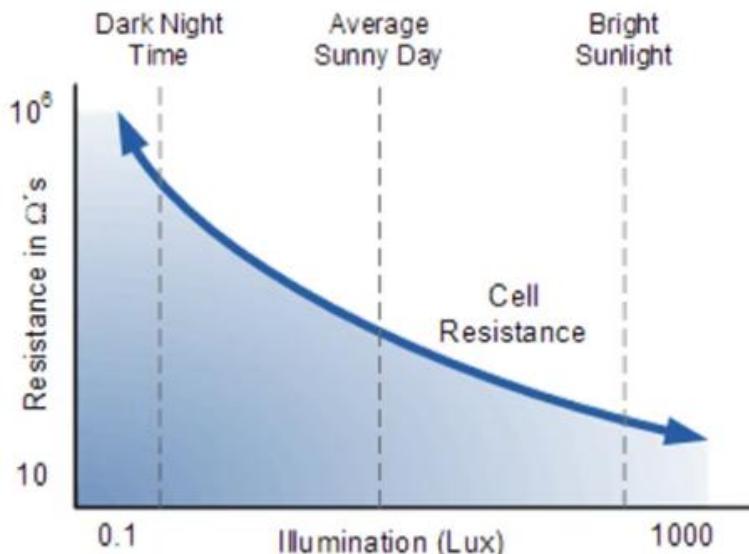
<https://youtube.com/shorts/AhsRNy-44W4?feature=share>

סרטון שני של הוספת חיישן טמפרטורה : LM75
<https://youtube.com/shorts/1TjnN75Hobc?feature=share>

תיעוד של אופן פעולה חיישן LDR עם המודול חיישן האור 018-KY:

בניסוי זה בדקתי למשה את אופן פעולה החישן LDR בתוך המודול שאני משתמש בו עבור פרויקט זה. למעשה אני זוקק לבדוק תאוריה מסוימת שמדובר בתנאי חושך עלי לפעיל משווה שידמה מקור אור על מנת להגדיל את שדה הראיה ואת השטח מסביב למערכת.

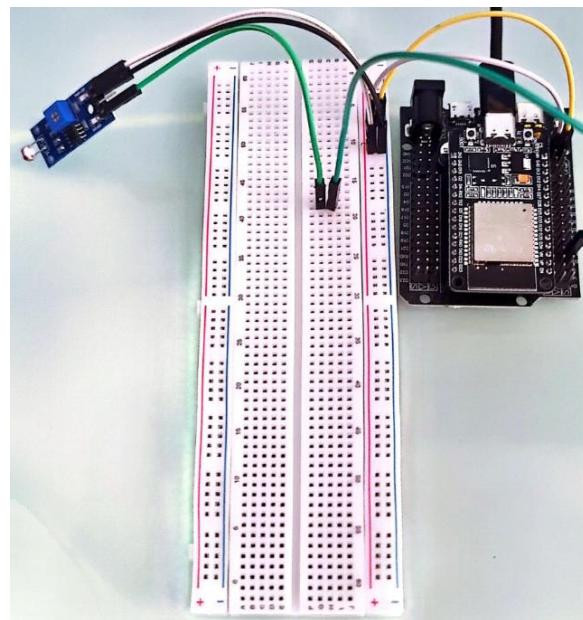
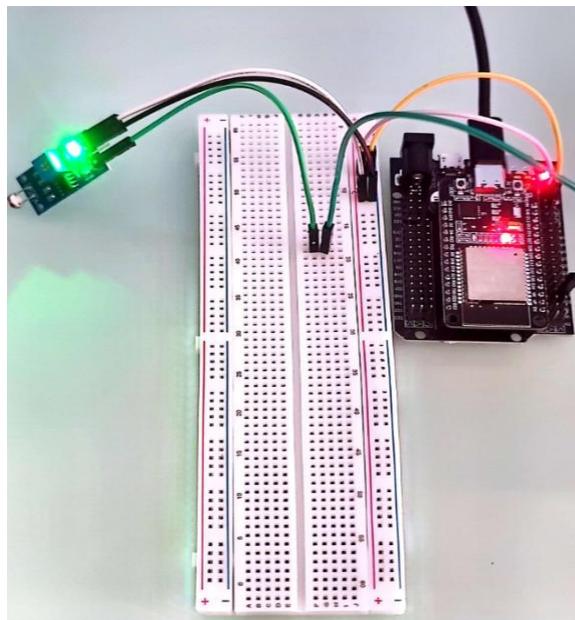
בניסוי זה ראייתי שככל שיש יותר אור בסביבת החישן LDR הערך האנלוגי צונח ומנגד כאשר אני מכסה את החישן עם האכבעות אז הערך האנלוגי גדול. אוכל לשמש בבדיקה ערכאים אלו ולהציג ערך סף שמננו אדליק או אכבה את ה"מקור אור" בפרויקט שלי.



כאן לנעש ניתן לראות את הגרפ' שהוא בוצרה הקספוננציאלית. ככל שייתר חשוך בסביבה נראה שהערכים גדלים מושום שהה Tangendot גדלה ככל שייתר חשוך בסביבה.

לעומת זאת כאשר בהיר בסביבה של החישן LDR נראה שהה Tangendot קטנה וכן גם הערכים שמציד החישן קטנים.

נראה את אופן החיבור :



החיבורים שעשייתי:

חיברתי את המתח ל-3.3 וולט ואת האדמה לאדמה את הpin A0 חיבורתי לפין 34 במקרו בקר.

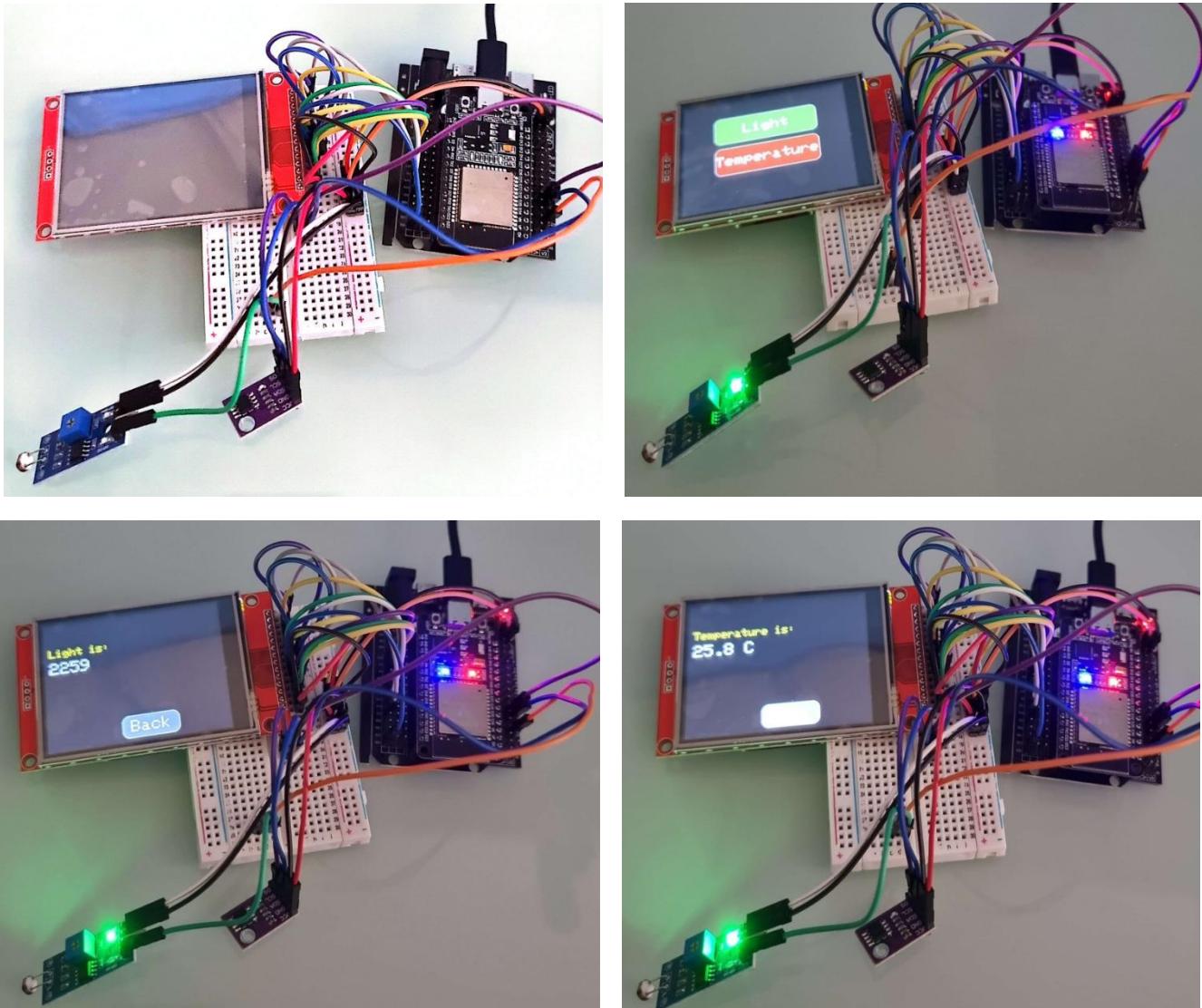
סרטון בו אני מציג את אופן הפעולה:

<https://youtube.com/shorts/BH0AUaHqhAI?feature=share>

תיעוד של חיבור החישון למערכת השניה עם המ██ ו החישון טמפרטורה, 8.11.25:

בניסוי זה למשה בדקתי האם המערכת עם הבקר השני יכולה המשך יחד עם כל החישונים. לאחר שחברתי את החישון LDR עם המודול אל המערכת יכולה שיניתי את הקוד כך שייציג לי את הערכים האנלוגיים שמנגלה החישון LDR הערכים מוצגים בחלוןנית ישר לאחר שלוחצים על הכפתור LIGHT וזה מעביר לחלונית נוספת שם יוצאה הערך והכפתור חוזר לתפריט הראשי.

נראה את החיבור של המערכת ומצבים שונים :



ניתן לראות את הממצבים השונים המשקף פתיחה ואת החלונית הנפתחות בהתאם לכל כפתור שנלחץ. את אופן הפעולה קל יותר לראות בתורה ברורה בסרטון שאצרף ממש כאן עבור בדיקה זו. וכמוון שאצרף גם לאתר שלי עם כוונת מתאימה שיהיה קל לעקוב אחרי התקדמות הפרויקט.

קישור לסרטון בערוץ יוטיוב שלי:
<https://youtube.com/shorts/ooBv1BanwWM?feature=share>

תיעוד של תקשורת בין שני המיקרו בקרים ומציאת כתובת MAC של המקלט

בניסוי זה בדקתי את הדבר החשוב ביותר התקשורת בין שני המיקרו בקרים. למעשה הפרויקט שלי הוא פרויקט גדול והחלטי חלק אותו לשתי מערכות נפרדות המתקשרות זו עם זו בזורה תקשורת אל-חוותית הנקראת ESP_NOW. תקשורת זו עדיפה על פני תקשורת טורית רגילה UART משום שמאפשרת לנו מרחק רחב יותר של שימוש ואך יותר מיקרו בקרים לתקשורת.

נראה את הקודים והפלטים בסריאלי מוניטור שייצאו לי:

בצד השולח:

```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <esp_now.h>
3 uint8_t receiverAddress[] = {0x6C, 0xC8, 0x40, 0x4E, 0x31, 0x78}; // כל כתובת MAC כחומרה
4 typedef struct {
5     uint8_t value;
6 } Message;
7 void setup() {
8     Serial.begin(115200);
9     delay(1000);
10    Serial.println("Sender setup started...");
11    WiFi.mode(WIFI_STA);
12    if (esp_now_init() != ESP_OK) {
13        Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
14        while(true);
15    } else {
16        Serial.println("ESP-NOW initialized");
17    }
18    esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
19    memcpy(peerInfo.peer_addr, receiverAddress, 6);
20    peerInfo.channel = 0;
21    peerInfo.encrypt = false;
22    if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
23        Serial.println("Failed to add peer");
24    } else {
25        Serial.println("Peer added successfully");
26    }
27 }
28 void loop() {
29     Message msg;
30     msg.value = random(0, 256);
31     esp_err_t result = esp_now_send(receiverAddress, (uint8_t *)&msg, sizeof(msg));
32     if (result == ESP_OK) {
33         Serial.print("Sent value: ");
34         Serial.println(msg.value);
35     } else {
36         Serial.println("Send failed");
37     }
38     delay(1000); // שולח פודם בשנייה
39 }
40 
```

פלט בסריאלי מוניטור:

```

19:33:05.014 -> Sent value: 140
19:33:06.004 -> Sent value: 39
19:33:07.014 -> Sent value: 208
19:33:08.031 -> Sent value: 201
19:33:09.007 -> Sent value: 244
19:33:10.015 -> Sent value: 225
19:33:11.011 -> Sent value: 88
19:33:12.020 -> Sent value: 177

```

בצד המקלט:

```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <esp_now.h>
3 typedef struct {
4     uint8_t value;
5 } Message;
6 // Callback הודהה
7 void onDataRecv(const esp_now_recv_info_t *info, const uint8_t *incomingData, int len) {
8     Message msg;
9     memcpy(&msg, incomingData, sizeof(msg));
10    Serial.print("Received value: ");
11    Serial.println(msg.value);
12 }
13 void setup() {
14     Serial.begin(115200);
15     delay(1000);
16     Serial.println("Receiver setup started...");
17     WiFi.mode(WIFI_STA);
18     if (esp_now_init() != ESP_OK) {
19         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
20         while(true);
21     } else {
22         Serial.println("ESP-NOW initialized");
23     }
24     esp_now_register_recv_cb(onDataRecv);
25 }
26 void loop() {
27     // כלום, ההודאות מתקבלות ב callback
28 }

```

פלט בסריאל מוניטור:

```

19:33:05.012 -> Received value: 140
19:33:06.002 -> Received value: 39
19:33:07.012 -> Received value: 208
19:33:08.029 -> Received value: 201
19:33:09.005 -> Received value: 244
19:33:10.013 -> Received value: 225
19:33:11.010 -> Received value: 88
19:33:12.018 -> Received value: 177

```

ניתן לראות שהערכים הנשלחים מהצד של הבקר השולח אלו בדיקת הערכים שאנו מקבלים בצדו של התקיבר המקלט.

ESP-NOW הוא פרוטוקול תקשורת אלחוטי שנבנה בתוך שבבי ESP8266 ו-ESP32 ומאפשר למיקרו-בקרים לתקשר זה עם זה ישירות באמצעות Wi-Fi, ללא צורך בנטב, רשת אלחוטית או חיבור לאינטרנט. ברגע של Wi-Fi וגל שבו יוצרים רשת, מתחברים ל-SSID ומעבירים נתונים בפרוטוקולים כמו TCP/IP, UDP, ESP-NOW המשיע נשלח בצורה של חבילות קצורות (packets) ישירות בין מיקרו-בקרים על בסיס כתובות החומרה שלהם. היתרון הגדול של ESP-NOW הוא מהירות גבוהה, השהייה נמוכה מאוד, צרכית חשמל נמוכה, ופשטות – מה שהופך אותו לאידיאלי לפROYקטים של חישנים, רובוטיקה, רדיארים ומערכות בזמן אמת כמו בפרויקט שלך.

במערכת של קיימים שני תפקדים ברורים: משדר (Sender) ומקבל (Receiver). המשדר מודד ערך כלשהו (ערך שמייצג מצב או מרחק), אוزو אותו בתוך מבנה נתונים (struct) ושולח אותו למקבל באמצעות WiFi. המקלט אינו "מבקש" את המידע אלא מקבל אותו אוטומטית

ברגע שהוא נשלח, באמצעות מנגנון שנקרא `callback`. זהו רעיון חשוב: הפונקציה `onDataRecv` אינה רצתה בולאה (`loop()`), אלא מופעלת אוטומטית על ידי המערכת בכל פעם שהቢילט נתונים הגיעו מהאוויר.

בקוד של המקלט רואים שהוא מוגדר מבנה בשם `Message`, שבתוכו שדה אחד מסוג `uint8_t`. זהו מבנה הנתונים שמייצג את הודעה שנשלחת. כאשר מתאפשרת הודעה, המידע הגולמי (`bytes`) מועתק לתוך המבנה הזה באמצעות `memcpy` וכן אפשר לעובוד עם הנתונים בצורה מסודרת וברורה. לאחר מכן מופיע מדפס לסריאלי את הערך שהתקבל, דבר שמאפשר בדיקה וניטור של התקשרות בזמן אמת. חשוב להבין שב-`ESP-NOW` אין "חיבור מתחמץ" כמו ב-`Bluetooth`, אלא כל הודעה היא חיבור עצמאי שמניעה, מעובדת, ונגמרה.

בצד המשדר מתבצע תהליך הפוך. גם כאן מוגדר אותו מבנה `Message`, כדי שני הצדדים "ידברו באותה שפה". המשדר מתחילה את `ESP-NOW`, ואז מוסיף מקבל (`peer`) לרשימת היעדים שלהם מותר לשולח נתונים. החוספה זו מתבצעת באמצעות כתובות ה-`MAC` של המקלט. לאחר שה-`peer` נוסף בהצלחה, המשדר יכול לשולח הודעות באמצעות הפונקציית `esp_send_now`. בדוגמה הזאת, ככל שניתנה נשלח ערך אקראי, והמשדר מדפיס לסריאלי האם השילוח הצלicher. זה שלב חשוב מאוד בפיתוח, כי כך ניתן לדעת שהבעיה אינה בתקשורת אלא בלוגיקה של התוכנית.

כתובות ה-`MAC` היא מזהה ייחודי של כל רכיב, Wi-Fi בדומה למספר שלדיה של רכב. כל `ESP32` מגע מהפעל עם כתובות `MAC` ייחודית, והוא משתמש את `ESP-NOW` כדי לדעת למי לשולח את הנתונים. בפרויקט שלנו מצאנו את כתובות ה-`MAC` של המקלט על ידי הדפסתה בסריאלי מוניטור באמצעות פונקציה כמו `WiFi.macAddress()` או על ידי קריית הפלט שמופיע בעת צירבת הקוד (כפי שנitinן לראות בלוג של `esptool`). לאחר שמצאנו את הכתובות, העתקנו אותה לצורה של מערך בתים (hexadecimal) אל קוד המשדר, למשל

{`0x78, 0x31, 0x40, 0xC8, 0x6C, 0x00`}

זהו שלב קרייטי: אם כתובות ה-`MAC` אינה נכונה, הנתונים פשוט לא יגיעו, גם אם הקוד תיקון לחלוטין.

לxicom `ESP-NOW`, אפשר לנו לבנות מערכת מבוססת מיקרו-בקר אחד מודד ומעבד נתונים, ומיקרו-בקר אחר מציג או מגיב אליהם, לצורה מהירה ואמינה ולא תלות בתשתיות חיצונית. השימוש ב-`struct`, `callback`, לקבלת נתונים, וכתוות `MAC` לויהוי היעד, יוצר מערכת תקשורת נקייה, מודולרית ומקצועית.

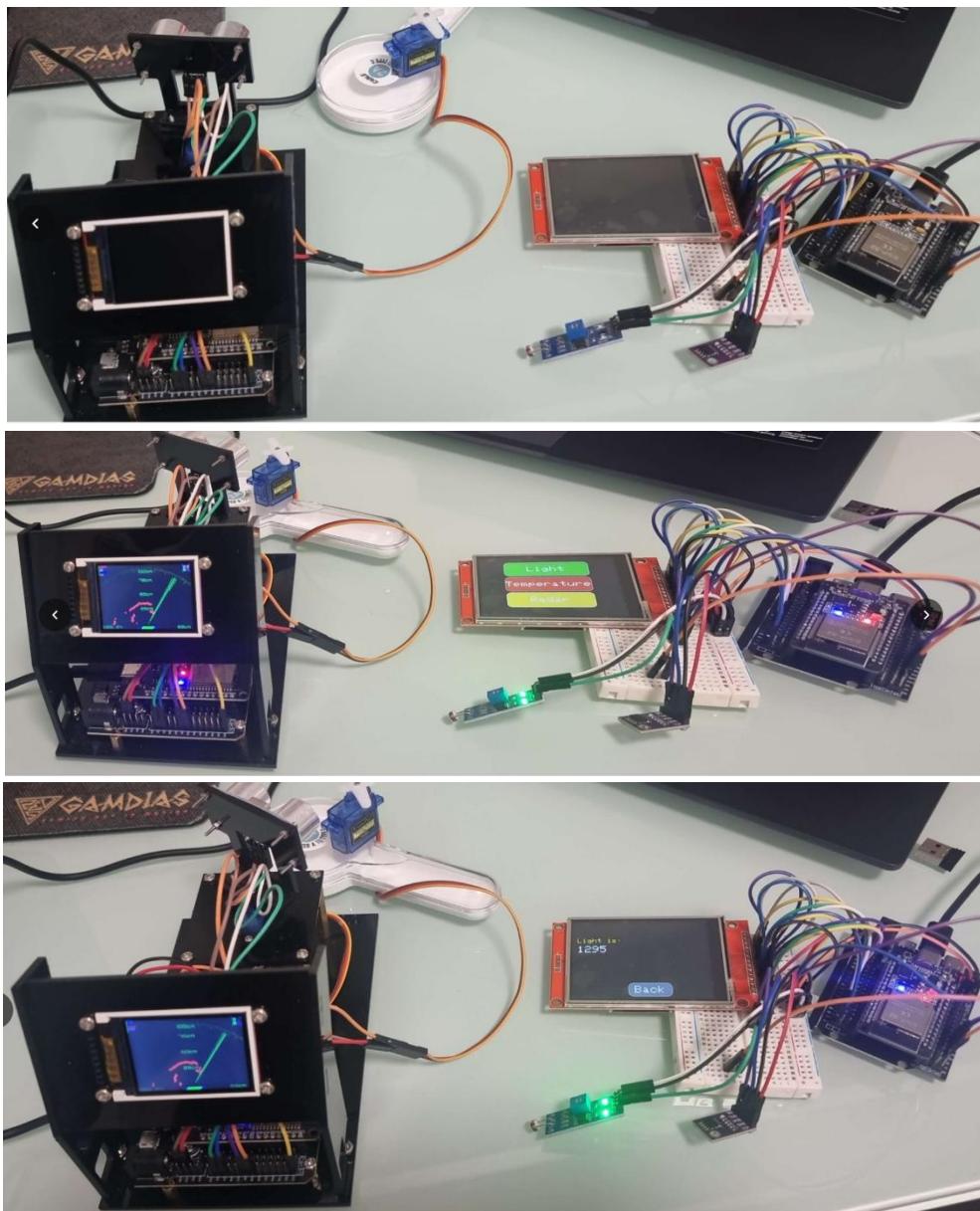
קישור לסרטון של אופן תקשורת בין שני הבקרים:

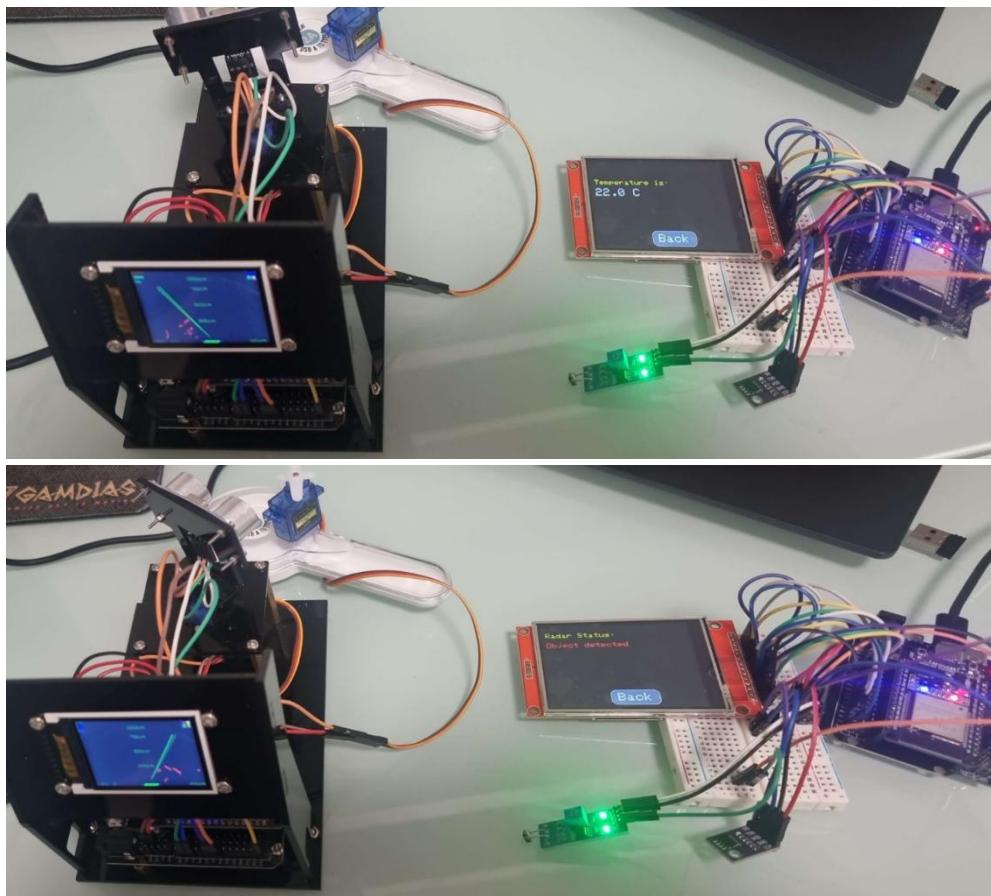
https://youtu.be/oa2_R1PLNHI

תיעוד של אופו התקשרות בין שתי המערכות, 22.11.25:

בניסוי זה החלטתי לבדוק את האופן בו המערכות פועלות כל אחת בפני עצמה ובנוסף לכך את התקשרות בין שני המיקרו בקרים. כיצד עשית זאת? למעשה חיבורתי כל מערכת לפורט אחר במחשב דרך חיבור USB לאחר מכן בחרתי את ה- COM המתאים עבור כל מערכת והרצתי אותה בתוכניות. מה שימושה עשית זו הוספה במערכת של המערכת עם המשך תצוגה הגדול והחישונים, הוספה כפתרון נוספת לצבע צחוב ובו רשות RADAR לאחר מכן כאשר לוחצים עליו זה מעביר אותנו לחולנית נפרדת שבה רואים האם התגללה אובייקט במידה והמערכת הראשונה עם הרadar גילתה אובייקט והנוקודה היא אדומה אז במערכת השנייה רשום לנו שהתגללה אובייקט לצבע אדום. במידה ולא התגללה אובייקט שזה מ-100 סנטימטר ומעלה ויש נוקודה צהובה במערכת הראשונה של הרadar אז המערכת השניה מראה שאין אובייקט. נראה איך הכל עובד ואצרפ סרטון שמרת החול בזורה ברורה ומקצועית יותר. כמובן שככל הסרטונים עולים לאתר שלי שמהווה חלק בלתי נפרד לתצפית על התקדמות הפרויקט שלי.

נראות חיבורים:





ניתן לראות את אופן הפעולה של התצוגה ואת המוצבים השונים לאחר שלוחצים על כל כפתור. מאחר ואלו תמונות קצט קשה להבין כיצד הדברים פועלים בפועל لكن אצרף סרטון להמחשה ברורה שיציג את אופן הפעולה של המערכת והפרויקט. בנוסף ניתן לראות את המוצבים השונים של הרadar שכאשר יש נקודות אדומות אז שום שהתגלה אובייקט וזה רשום בצד אדום וכאשר יש נקודות צהובות רשום שאין אובייקט בטווח של 100 סנטימטר.

נבחן גם בסריאל מוניטור של כל אחד מהמיקרו בקרים. צירפתי גם הדרשות בסריאל מוניטור על מנת להבטיח תקשורת בטוחה ולראות שכאן מתקיימת תקשורת. למעשה השולח שזאת המערכת של הרaadär מעבירה את המרחק שהראaadär מדפיס על המסך והחישן אולטרסונייק קולט. לאחר מכן אנו נראה בהדפסה הסריאלית של המיקרו בקר מקבל את אותם הערכים שנשלחו אליו.

המקבל :	השלוח :
22:09:34.887 -> Object detected: 35	22:09:34.887 -> Object detected: 35
22:09:34.922 -> Object detected: 36	22:09:34.922 -> Object detected: 36
22:09:34.988 -> Object detected: 34	22:09:34.988 -> Object detected: 34
22:09:35.116 -> Object detected: 16	22:09:35.115 -> Object detected: 16
22:09:35.162 -> Object detected: 25	22:09:35.161 -> Object detected: 25
22:09:35.196 -> Object detected: 30	22:09:35.196 -> Object detected: 30
22:09:35.278 -> Object detected: 41	22:09:35.278 -> Object detected: 41
22:09:35.359 -> Object detected: 39	22:09:35.358 -> Object detected: 39
22:09:35.445 -> Object detected: 38	22:09:35.445 -> Object detected: 38
22:09:35.492 -> Object detected: 36	22:09:35.491 -> Object detected: 36
22:09:35.654 -> Object detected: 37	22:09:35.653 -> Object detected: 37
22:09:35.740 -> Object detected: 36	22:09:35.740 -> Object detected: 36
22:09:35.858 -> Object detected: 37	22:09:35.857 -> Object detected: 37
22:09:35.903 -> Object detected: 36	22:09:35.903 -> Object detected: 36

ניתן להבחין שישנם הפרשים קטנים בזמני שליחה וקבלת וכך אנו למשזה מבחנים מי מהם מי. השולח שלח את ההודעה והמקבל יכול לקבל את ההודעה בעיקוב ממש קטן ניתן להבחן בזאת בכמה מקומות כמו למשל 22:09:35.857 בצדו של השולח, והמקבל מקבל את זה ב 22:09:35.858.

קישור לסרטון:

<https://youtube.com/shorts/cFMXjWujSgI?feature=share>

בנייה הנוראה/מיני פרויקטורה לפרויקט, 29.11.25:

למעשה הרעיון מ_aboveי בנית המיני פרויקטור הוא שם חזוק בסביבה אנחנו זוקים לתאורה לשטח אליה מכון הרדאר והתותח. האור החזק שיכoon אל פני השטח אותו אנו סורקים יטשש את שדה הראייה של האובייקטים שננסים להתקרב אליו יחדת ההגנה וגם מגדייל את שדה הראייה של האנשים הנמצאים באזור שמאחורי התותח למשל חיילים או אנשים בכללי מכוחותינו.

על מנת לבנות פרויקטור שיתאים לרמת מתח אותו עובדת המערכת ואינו זוקק לכוח רב כמו נורות למיניהם הצורכות מתח וזרם ונרא גבויים השימושי בפנס שקניתי ואז פירקטוי אותו, לאחר שפירקטוי השימושי בבית הסוללות ובחלק של הלדים והחלמתי לכל מקום שהייתי צריך חוטים שאוותם חיברתי או ישירות לבקר או דרך מטריצה. לאחר שפירקטוי את הפנס וחיבורתי הכלול כפי שהייתי צריך דרך הממסר זה ייפשר לי לשЛОט מתי להדליק או לח-כבות את הפנס למשל כאשר החישן תוארה מצא ערכיים גבויים מדי אז זה מסמל לנו שיש חזוק בסביבה ולהפוך כאשר יש ערכיים נמכרים אז זה אומר שיש אור בסביבה וידעתו לפי זה להדליק או לכבות את החלק של הלדים מהפנס.

נראה תחילת את הפנס וכייז פירקטוי והחלקים השימושיים:



ניתן לראות את המבנה של הפנס רגיל שקניתי ולאחר מכן פירקטוי והוצאתי ממנו את החלקים שאני רוצה להשתמש בהם. השימושי בבית הסוללות ובחלק של הלדים.

לאחר שפירקטוי ולקחתי את החלקים שאני רוצה להשתמש היתי חייב לבדוק את הקוטביות של בית הסוללות וכן בדקתי בעזרת המולטי מטר את המתח שבית הסוללות מוציאות והיכן נמצא הפלוס והמיןוס של בית הסוללות (ניתן יהיה לראות זאת בצורה הטובה ביותר בסרטון שאצרא לאחר ההסבירים).

בדיקות המתח של בית הסוללות והקוטביות שלו:



ניתן לראות שבית הסוללות מוציא בערך 4.5 וולט כך גם היה רשום בכל סוללה עם מתח של 1.5 וולט. היתי חיבר לוודא זאת על מנת לא לגרום נזק למערכת שלי וגם על מנת למצוא קוטביות של בית הסוללות.

השאלה הגדולה מודיע שاشתמש בכלל בבית סוללות נפרד אם ה-esp32 מסוגל גם ככך להוציא מתח 4.5-5 וולט? איז התשובה לזו שאני לא רציתי להכביר על המערכת יתר על המידה וצריכת הזרם הזקוקה להדלקת המערכת גדולה לנון לא רציתי להכביר על המערכת כך שגם היתי מחבר שירות זה עלול היה להכביר על הבקר כולם ועל אופן פעולת המערכת בכלל.

נראה את החיבורים שביצעתו לפנס:



לאחר מכון הוסף חוט נוסף לשדה המתכת של הפנס שנמצא ממש במקום איפה שהחוט החום שמאפיים את הפלוס של הפנס, עשייתי זאת על מנת לסגור את המעגל החשמלי ורק כך המיני הפרויקט יוכל לפעול.

מזכיר את הקוד שהרצית על מנת לבדוק שהכל עובד כמו שצריך:

```
1 const int relayPin = 13;
2 void setup() {
3     pinMode(relayPin, OUTPUT);
4 }
5 void loop() {
6     // הדלקת הפנס //
7     digitalWrite(relayPin, LOW);
8     delay(5000); // נשאר דולק ל-5 שניות
9     // כיבוי הפנס //
10    digitalWrite(relayPin, HIGH);
11    delay(2000); // נשאר כבוי ל-2 שניות
12 }
```

הקוד מעשה מדליק את הפנס במשך 5 שניות
ולאחר מכן מכבה את הפנס במשך 2 שניות
נוספות.

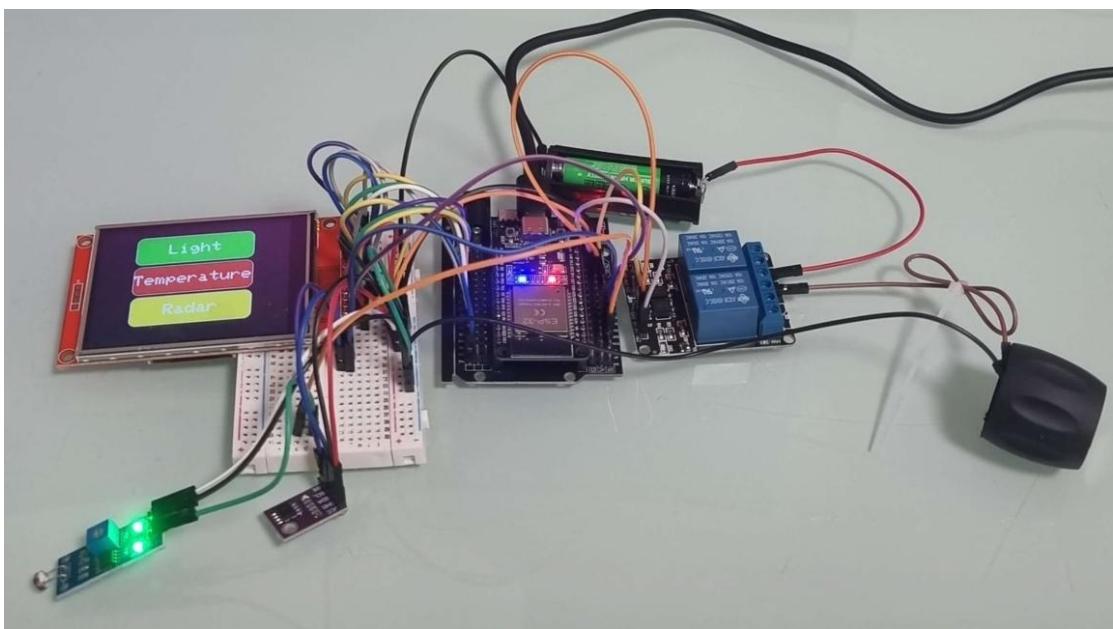
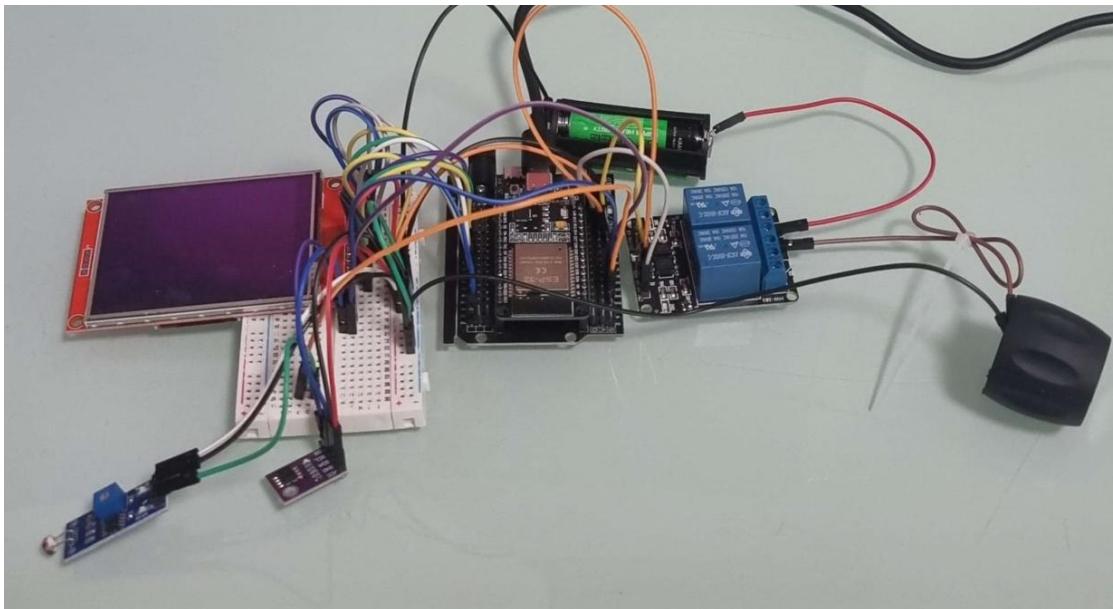
מצרף סרטון שבו אני מראה את כל התהליך יחד עם אופן הפעולה:

<https://youtu.be/JK8zP62lnlc>

תיעוד של אופן פעולה המערכת יחד עם חיבור המיני פroz'יקטור, 5.12.25:

לאחר שפירקתי את הפנס יד ובניתי את המיני פroz'יקטור מחלקים שלקחתי ממנו ובדקתי שהכל אכן עובד חיבורתי את המיני פroz'יקטור למערכת השנייה בפרויקט שלי שם מוצגים כל הערכים של החישנים ושל הגילוי אובייקט מהראדר.

נראה את החיבור המלא של המערכת השנייה:



חיבור המיני פroz'יקטור אל המערכת כולה. ניתן יהיה לראות בסרטון שאוצרף ישירות לאחר ההסברים וכמוון כל השרתונים גם עליהם לקטgorיה "בדיקות" באתר שלי. החיבור נעשה על ידי מסמר כפול שאליו לחבר גם את הרובה

קישור לסרטון בו אני מציג את אופן הפעולה של המערכת:

<https://youtube.com/shorts/0NTXoXyeGn0>

ביבליוגרפיה:

במהלך הפרויקט שלי נזורתי במספר מקומות באינטרנט כדי לרכז ולסכם את המידע בצורה הכי פרקטית ומקוצרת שאפשר. נזורתי במספר אתרים.

האתרים שיצא לי ללמוד מהם ולרכז מידע מדויק שעזר ליקדם את הספר פרויקט היו אתרים שנזורתי בהם בכלל תקופת הלימודים שלי במהלך התואר הטכנולוגי (יג-יד) שעשיתי.

באטרים אלו ישנו סיכומים רבים ו מבחני תרגול שהייתי מתכוון דרכם ומתפתח באופן כללי כדי לחזק ולשפר את הידע שלי לגבי חישנים למיניהם או פרוטוקולים שונים.

לדעתי גם במהלך התואר ובאופן כללי בחיים יש צורך להתפתח מחו למסגרת הלימודים הקבועה לנו וללקחת קורסים עצמאיים כדי לקבל ידע ממקורות נוספים.

האתרים שבעיקר השתמשתי בהם הם:

- האתר לאלקטרוניקה ומחשבים אתר גדור עם סיכומים ורחבים בכל התחומיים. דרך האתר זה למדתי עוד בלימודי במהלך התיכון והוא עזר לי המון כדי לחזור ואףקדם את הידע שלי בכל תחום עלולות האלקטרוניקה, התכונות והמחשבים, קישור לאתר :
<https://www.elec4u.co.il>
- אתר נוסף שעזר לי לגבי הפרויקט שלי גם במהלך הפרויקט בסוף לימודי בתיכון במקצוע אלקטרוניקה ומחשבים וגם בלימודי בתואר הטכנולוגי במהלך זהו האתר של פורט, יש לו חומר לימודי, סיכומים, דוגמאות ועוד הרבה דברים שימושיים שיכולים לעזור להבנת הנושאים בכל עלולות האלקטרוניקה, התכונות ומחשבים. הקישור לאתר שליהם :
<https://www.arikporat.com>
- ספר טוב מאוד שמננו לקחתי חלק מההتمונות ויש בו Data-sheets I2C בנושא זה- ודברים טובים ו שימושיים להבנת הפרוטוקול תקשורת I2C. הקישור בספר זה שנזורתי בו הוא <https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l8cx.pdf>
- מקום נוסף שהשתמשתי בו על מנת לסקם מידע ולקיים חלק מההتمונות בנוגע למגוון SERVO זהו הספר עם הקישור הבא :
<https://www.arikporat.com/wp-content/uploads/2024/03/%D7%9E%D7%A0%D7%95%D7%A2-SERVO.pdf>
- נזורתי בדף הבא על מנת לסקם לגבי החישן אור שהוא חלק מן המודול חישן LDR שבו אני משתמש בפרויקט שלי, הקישור לאתר הוא :
<https://gabbyshimoni.wixsite.com/arduino-programming/ldr>
- כדי להעלות את האתר שלי השתמשתי בשני תוכנות הראשונה GitHub שבה עשיתי העלייתי את התקינה שבה נמצאים הקודם CSS+HTML בנוסח לכך שם נמצאים התמונות שקיירתי לאתר לסרטונים הראשיים בעמוד הבית. ובנוסח הקובץ PDF של הספר שלי, על מנת שנitin יהיה לפותח אותו באתר או Netlify צריך לזהות את מיקום קובץ ה-PDF ולכן הכנסתי אותו לתיקייה הראשית שמנה אני מעלה את כל המסמכים שלו ל- GitHub וב- Netlify אני למשה 맺ש את התקינה שמאוכסנת ב- GitHub ולאחר מכן יוצר את הדומין של האתר (ה קישור) שדרכו למשה אני יכול להכנס אל הדף האינטרנט שלי.
- לאתר הבא שאציג נזורתי בו כדי לסקם את החומר בנוגע למודול מסר כפול 75. קישור לאתר :
<https://www.handasiya.co.il/aboutus>
- באתר הבא נזורתי בהציגת תमונות החיבור של מיקרו בקר ESP32 יחד עם המمسטר הכפול בספר פרויקט שלי, הקישור להיפוך：
<https://randomnerdtutorials.com/micropython-relay-web-server-esp32-esp8266/>
- אתר נוסף שנזורתי בו על מנת לסקם מידע על פרוטוקול תקשורת NOW_ESP, הקישור לאתר הוא :
<https://randomnerdtutorials.com>

קישור לאתר שלי : <https://raybrook-radar-system.netlify.app>