

פרויקטים מעשיים במגמת הנדסת חשמל

מחברים:

אלי טרבלסי

בת אל אלחדד

ייעוץ מדעי ופדגוגי:

מור בן עזרא

מפמ"רית המגמה:

אירנה ליברמן

תשפ"ד

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, מור-טק

הפרויקט מבוצע על ידי מוסד הטכניון עפ"י מכרז 22/11.2020

הפרויקט מבוצע עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך

האוגדן יצא לאור במימון האגף למדעים במזכירות הפדגוגית ומינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

תוכן עניינים

1.....	1. מבוא
3.....	2. אנרגיות מתחדשות
3.....	2.1 מקורות אנרגיה מתחדשת
5.....	3. פרויקט מס' 1 - תחנת כוח עצמאית off-grid
6.....	3.1 הסבר תרשים מלבנים
6.....	3.2 טעינה של סוללות מפאנלים סולאריים (Photovoltaic Panels)
8.....	3.3 תכנון והקמה של תחנת כוח סולארית
14.....	3.4 תחנת כוח עצמאית off-grid מבוקרת בקר Arduino
17.....	4. פרויקט מס' 2 - הפעלה, מדידה ובקרה על צרכן חשמלי קיים חד פאזי באמצעות בקר Arduino
18.....	4.1 הסבר יחידת שקעים מבוקרים ע"י ארדואינו
19.....	4.2 מבנה עקרוני של יחידה מבוקרת ארדואינו
21.....	5. פרויקט מס' 3 - מערכת הכנת משקאות אוטומטית
21.....	5.1 תרשים מלבנים של המערכת
22.....	5.2 תרשים חיבור משאבות
22.....	5.3 מערכת ערבוב
26.....	5.4 יחידת תלת פאזי לפיקוד בעזרת ארדואינו
27.....	5.5 פירוט חיבורי בקר הארדואינו ליחידת פיקוד תלת פאזי בעזרת ארדואינו
29.....	5.6 סכמת חיבורים משאבות לבקר Arduino
30.....	6. פרויקט מס' 4 - מכונת מיון ואריזה משולבת ארדואינו בקר מתוכנת עם HMI
30.....	6.1 תיאור תהליך העבודה בקצרה
33.....	6.2 דיאגרמת סולם
35.....	7. פרויקט מס' 5 - בית חכם
35.....	7.1 יתרונות של בית חכם
35.....	7.2 בית חכם מבוסס ארדואינו
35.....	7.3 המרכיבים להפעלת בית חכם בעזרת ארדואינו באופן כללי
39.....	8. הצעות לפרויקטים נוספים

1. מבוא

מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה על כל התמחויותיה, נמצאת תהליך אדפטציה לשינויים הטכנולוגיים. התהליך בא לידי ביטוי בהתחדשות ועדכון קוריקולום, הן בתחום העיוני והן בתחום ההתנסותי. שינוי משמעותי עליו נדון בספר זה, הנו שינוי בהיבט ההתנסות. כחלק מדרישות ההסמכה הטכנולוגית, על התלמיד לתכנן מתקן חשמלי, עד כה התכנון התבצע באופן תאורטי. אנו מאמינים שלמידה משמעותית ויישום ידע תיאורטי מתקיים בפרט בהתנסות מעשית. המעבר לתכנון וביצוע פרויקט מעשי כרוכה בהכנות רבות, הכשרת צוות הוראה, הצטיידות מתאימה ומיומנויות רבות: עבודת צוות, למידה עצמאית, למידת חקר, למידה יצירתית וחשיבה ביקורתית. כמו כן, המגמה מקדמת שילוב תחומי דעת תוך ייצור פרויקטים רב תחומיים-מולטידיסציפלינריים, בהלימה למתרחש בעולם המשק והתעשייה. בניית דגם כפרויקט מעשי יקדם ויטמיע את:

- גיוס תלמידים מתאימים למגמה
- ביצוע פרויקטים מאתגרים הדורשים יכולת איתור ופתרון בעיות בזמן אמת
- העלאת המוטיבציה
- פיתוח מיומנות עבודת צוות
- קיום ממשקי ידע בין מגמות חשמל/אלקטרוניקה/מכונות בפרויקט המעשי
- פיתוח חשיבה יזמית
- ביצוע חקר- ידע מול יישום
- ביצוע חישובים ומדידות בזמן אמת
- הרחבת תחומי הידע של תלמידי המגמה- חשיפה למגוון רחב יותר של תחומי דעת
- התנסות מעשית, למידה מעשית בחייוט, חיבור ובניית לוחות מעניינת ורותמת את התלמידים לפרויקט

באוגדן זה יובאו מספר דוגמאות לפרויקטים מעשיים בתחומים שונים אשר מעבירים את תכני תכניות הלימודים של המגמה בדרך הרוותמת את הילדים ללמידה.

הפרויקטים המוצגים בספר זה הם:

1. תחנת כוח עצמאית off-grid.
2. הפעלה, מדידה ובקרה על צרכן חשמלי באמצעות בקר Arduino.
3. מערכת הכנת משקאות אוטומטית.
4. מערכת מיון ואריזה משולבת בקר Arduino, בקר מתוכנת עם HMI.
5. בית חכם.

בראשית כל פרויקט נכתוב:

1. רקע תאורטי על תחום הפרויקט בכלל ועל הפרויקט בפרט.
2. שיקולי תיכנון.
3. תרשים מלבני על הפרויקט.
4. שרטוט חשמלי של הפרויקט.
5. הוראות חיבור והפעלה.
6. קישור לתוכנה מתאימה עבור Arduino או ה-esp32.

2. אנרגיות מתחדשות

החיים המודרניים הפכו אותנו לתלויים באנרגיה. הקידמה הטכנולוגית שאליה הגענו ואורח החיים שלנו מחייבים שימוש רב באנרגיה. רוב מקורות האנרגיה בהם אנו משתמשים היום עושים שימוש במשאבים מתכלים כמו פחם ודלקים מחצביים אחרים. הבעיה עם מקורות אנרגיה אלו היא הזיהום הרב שהם יוצרים ותרומתם לשינויי האקלים. כך בעצם נולד הביקוש למקורות אנרגיה מתחדשת. אנרגיה מתחדשת עושה שימוש במקורות אנרגיה טבעיים הקיימים סביבנו כל הזמן ואינם יוצרים זיהום או פולטים גזי חממה. מקורות אלו מהווים חלק חשוב במאמץ העולמי להפחתת תלות בדלקים מאובנים ולמניעת שינויי אקלים.

2.1 מקורות אנרגיה מתחדשת

1. אנרגיית שמש (סולארית)

- פאנלים פוטו-וולטאים: ממירים קרני שמש לחשמל באמצעות תאים סולאריים. שימושים כוללים התקנות גג, שדות סולאריים, ושילוב במערכות מיקרו-רשת.
- מערכות תרמיות סולאריות: כוללות מערכות לחימום מים וקולטי שמש לתחנות כוח תרמו-סולאריות. עקרונות העבודה כוללים ריכוז קרני שמש באמצעות מראות או עדשות והמרתן לאנרגיית חום.

2. אנרגיית רוח

- טורבינות רוח יבשתיות: הפקת חשמל באמצעות טורבינות רוח המותקנות על היבשה. המערכות כוללות עמודי תמיכה גבוהים, רוטורים ומערכות בקרה.
- טורבינות רוח ימיות: ניצול רוחות חזקות יותר בים. מערכות אלו מחייבות עמידות בתנאי ים ומים מלוחים, ובעלות פוטנציאל גבוה יותר להפקת אנרגיה.

3. אנרגיה הידרואלקטרית (מים)

- תחנות כוח הידרואלקטריות גדולות: משתמשות בסכרים לאגירת מים ושחרורם כדי לסובב טורבינות. מערכות אלו כוללות גנרטורים ותשתית חשמלית מורכבת.
- מערכות הידרו-מיקרו: פתרונות קטנים המתאימים לנהרות זרמים קטנים יותר, ומשתמשות בטורבינות קטנות יותר.

4. אנרגיה גאותרמית

- תחנות כוח גאותרמיות: ניצול חום תת-קרקעי להפקת קיטור והנעת טורבינות. המערכות כוללות קדחים לעומקים משתנים ומערכות החלפת חום.
- מערכות חימום גאותרמיות: חימום וקיורר מבנים באמצעות חילוף חום עם הקרקע באמצעות מערכות צינורות תת-קרקעיות.

5. אנרגיה מביו-מסה

- שריפת ביומסה: הפקת חום וחשמל באמצעות שריפת חומר אורגני כמו עץ ושאריות חקלאיות. המערכות כוללות כבשנים וגנרטורים.
- ביוגז: הפקת גז מתאן מפירוק חומר אורגני בתנאים אנאירוביים לשימוש כדלק להפקת חשמל או חימום.

6. אנרגיה מאוקיינוס וגלים

- מערכות גלים: ניצול תנועת הגלים להנעת טורבינות והפקת חשמל. מערכות אלו מותקנות על פני הים ומחייבות עמידות בתנאים קשים.
- מערכות גאות ושפל: ניצול שינויי גובה הים להנעת טורבינות והפקת חשמל. המערכות מותקנות במקומות עם הפרשי גאות ושפל משמעותיים.

7. אנרגיית מימן ירוק

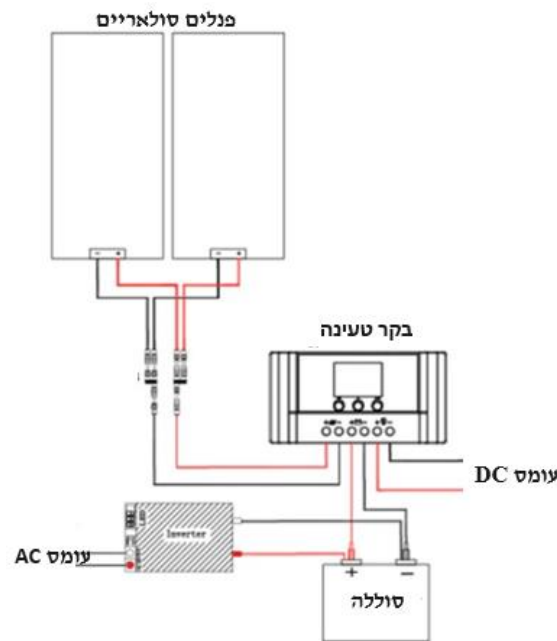
- הפקת מימן באמצעות אלקטרוליזה: שימוש באנרגיה מתחדשת לפירוק מים למימן וחמצן. המערכות כוללות אלקטרו ליזרים ותשתית להובלת ואחסון מימן.

אחת השיטות המוכרות והנפוצות יותר להפקת אנרגיה ירוקה היא אנרגיית שמש. חומרים מסוימים מגיבים לחשיפתם לקרינת השמש בפליטת אנרגיה חשמלית, הודות לתופעה הנקראת האפקט הפוטו-וולטאים.

3. פרויקט מס' 1 - תחנת כוח עצמאית off-grid

תחנת כוח עצמאית off-grid מיועדת לספק חשמל באופן עצמאי בעיקר במקומות שאין בהם גישה לרשת החשמל הרגילה, או לעיתים היא משמשת כתחנת כוח לשעת חירום כמו גנרטור גיבוי תוך שימוש באנרגיה פוטו-וולטאית (Photo-Voltaic Energy / PV) שהיא הטכנולוגיה הנפוצה ביותר כיום להפקת חשמל מאנרגיה סולארית. תחנת כוח עצמאית מספקת יכולת ייצור ואגירת חשמל בכל מקום. הפאנל הסולארי ממיר את קרינת השמש לזרם חשמלי באופן הבא: תאים פוטו-וולטאים בנויים מחומרים מוליכים למחצה. החומרים המוליכים למחצה הם חומרים אשר איכות ההולכה שלהם מושפעת מהקרנה של אור עליהם. רוב התאים הסולאריים מיוצרים מסיליקון. כדי ליצור תא סולארי יש לטעון שכבה אחת של הסיליקון במטען חיובי (מסוג P) ושכבה נוספת במטען שלילי (מסוג N), חיבור בין השכבות יוצר צומת (P-N) בצומת הזו נוצר שדה חשמלי. השמש מקרינה על הסיליקון ואז נוצרת תנועת אלקטרונים, ובשדה החשמלי נוצר זרם חשמלי, זרם ישר (DC).

היות והצרכנים הביתיים והמשמעותיים שלנו הם צרכני מתח חילופין (AC) יש צורך בהמרה של המתח הישר למתח חילופין כמו כן יש לדאוג לטעינה מבוקרת של המצבר.



איור מס' 1 - תרשים מערכת off-grid

3.1 הסבר תרשים מלבנים

תחנת כוח עצמאית בנויה מפאנלים סולאריים המפיקים חשמל. בדרך כלל אנו לא משתמשים במתח ישירות מהפאנל הסולארי מאחר והוא מהווה מקור מתח לא יציב ומשתנה בהתאם לתנאי מזג האוויר, לכן אנו מנצלים את המתח המופק מהפאנל הסולארי לטעון מצבר. המצבר מספק מתח קבוע ויציב לצרכנים על אף שינויי מזג האוויר. טעינת המצבר ושמירה על אורך חייו מתבצעים באמצעות בקר טעינה (Charge controller). באמצעות בקר הטעינה אנו מנהלים את טעינת המצבר, מבקרים על אחוזי הטעינה והפריקה שלו, כמו כן בעזרתו מונעים זרימת זרם חזרה מהסוללה.

יישומיו העיקריים של בקר הטעינה:

- ✓ הבקר תפקידו ניהול טעינת האנרגיה.
- ✓ בבקר ישנו מידע על נתוני רמת טעינה ופריקה של הסוללה.
- ✓ הבקר שומר על הסוללה מפני טעינת יתר כשהסוללה מלאה, ומפני טעינת חסר או פריקה כאשר הסוללה עובדת ומתרוקנת.
- ✓ הבקר מגן ומאריך את חיי הסוללה ומעלה את תפוקתה של המערכת.
- ✓ הבקר הינו אוטומטי ויודע מתי לנתק ומתי לחזור לעבודה.

במערכות ה- Off-Grid סוללה היא מרכיב קריטי לאגירת אנרגיה ולהבטחת זמינות חשמל כאשר אין ייצור ממקור האנרגיה המתחדש.

3.2 טעינה של סוללות מפאנלים סולאריים (Photovoltaic Panels)

הטעינה מתבצעת בעזרת בקרי טעינה סולאריים (Solar Charge Controllers) מוודאים שהמתח והזרם מהפאנלים הסולאריים מותאמים לסוללה. קיימים שני סוגים עיקריים של מטענים:

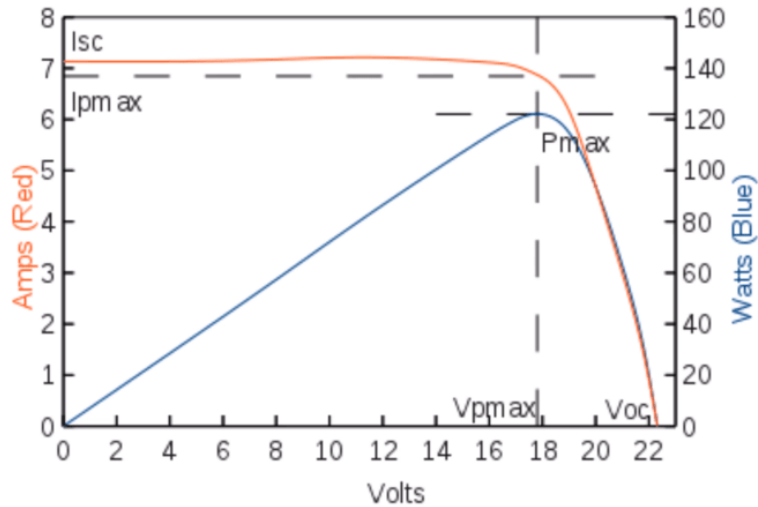
1. **PWM (Pulse Width Modulation)**: שיטה פשוטה וזולה, מתאימה למערכות קטנות.
2. **MPPT (Maximum Power Point Tracking)**: שיטה מתקדמת יותר המגדילה את ניצול האנרגיה מהפאנלים.

הסבר PWM

PWM (אפנון רוחב פולס), מייצג שיטה העושה שימוש בטעינה מווסתת. הפונקציה של האפנון מתבצעת ע"י הורדת המתח של הלוח הסולארי מטה, קרוב לזה של מתח הסוללה, כדי להבטיח שהסוללה נטענת כהלכה. במילים אחרות, מתבצעת נעילה של מתח הלוח הסולארי לזה של מתח הסוללה ע"י גרירת ה-Vmp (מתח ההספק המרבי) של הלוח הסולארי כלפי מטה למתח מערכת הסוללה, ללא שינוי בזרם. מתבצע שימוש במתג חשמלי (MOSFET) לחיבור וניתוק של הלוח הסולארי עם הסוללה. ניתן לשמור על מתח קבוע באמצעות העברת ה-MOSFET לתדר גבוה עם רוחב פולס (פעימה) שונים. בקר ה-PWM מבצע התאמה עצמית ע"י שינוי רחבים (אורכים) ותדר הפולסים הנשלחים לסוללה. כאשר רוחב הפולס הוא 100%, ה-MOSFET פועל במלואו, דבר שמאפשר ללוח הסולארי לטעון בכמות גדולה את הסוללה. כאשר רוחב הפולס הוא 0%, הטרנזיסטור במצב OFF כך שהוא פותח את המעגל כדי למנוע מזרם כלשהו לזרום לסוללה כאשר היא טעונה במלואה.

הסבר MPPT (העברת הספק מקסימלי)

בקר טעינה (MPPT (Maximum Power Point Tracking) הוא מכשיר אלקטרוני המווסת את טעינת הסוללות דרך פאנלים סולאריים על ידי מקסום כמות החשמל מהפאנל הסולארי והובלתו לסוללה. הבקר עושה זאת על ידי התאמה רציפה של המתח והזרם של הפאנל הסולארי כך שיתאימו למתח הטעינה האופטימלי של הסוללה. דבר זה מאפשר לסוללה להיטען במהירות וביעילות רבה יותר, ויכול גם להגדיל את תפוקת החשמל הכוללת של מערכת סולארית.



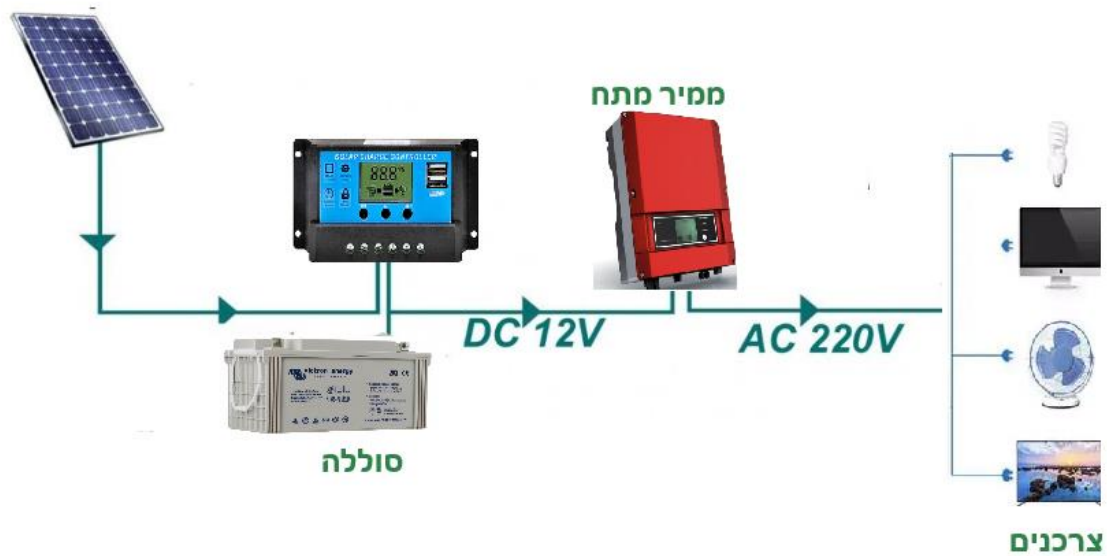
איור מס' 2 - אופיין זרם מתח של תא פוטו וולטאים

רוב הפאנלים הסולאריים מייצרים מתח גבוה בהרבה מהנדרש לטעינת סוללות 12v/24v/48v . פאנל טעינה של 12V יפיק למעשה 16 עד 18 וולט, תלוי בתנאים, אך רק כ-14.6 וולט נדרשים כדי לטעון את רוב סוללות ה-12V. בקר MPPT ייעל את הפרש המתח הזה לטעינה מהירה יותר של הסוללה.

3.3 תכנון והקמה של תחנת כוח סולארית

את ההקמה נחלק לשתי אפשרויות בניה שונות ההבדל מתבטא בבחירת סוג המטען הסולארי:

1. אפשרות א' נבחר מטען קיים בשוק נבחר מטען מסוג PWM.
2. אפשרות ב' נבחר מטען ייחודי אשר מבוסס ארדואינו .



איור מס' 3 - תרשים עקרוני מערכת off-grid

רשימת רכיבים עיקריים של תחנת הכוח

- ❖ פאנלים פוטו וולטאים
- ❖ בקר טעינה סולארית
- ❖ מטען סוללה מבוקר
- ❖ סוללה
- ❖ מהפך DC ל-AC

תיכנון תחנת כוח עצמאית כוללת

1. חישוב הספק שעל תחנת הכוח לספק ע"פ הצרכים שלנו.
2. בחירת גודל האגירה או במילים אחרות בחירת מטען המצבר.
3. בחירת סוג הפנל הסולארי.
4. בחירת כמות וצורת חיבור של הפנלים הסולריים.
5. בחירת סוג וגודל המטען שלסוללות.

חישוב ההספק הנדרש כדי לספק את צריכת האנרגיה לפי השימוש הבא:

צרכן	הספק (W)	משך הפעולה בשעות ביממה	סה"כ הספק ביממה (W)
תאורה	30	6	180
קומקום	1000	0.1	100
T.V	150	2	300
טעינת טלפון	10	3	30
מחשב	100	1	100
סה"כ צריכה ביממה			710

נגדיר: $P_1=710W$

בתכנון הבא נבחר את גודל הסוללה מבחינת מטען שתתאים לספק את הצרכים שלנו.

בחירת סוללת אגירה מתאימה באופן הבא:

מתח הסוללה שנבחר הוא: של 12V

כעת נחשב את המטען הדרוש לסוללה

נחשב את ההספק כולל מקדם פיתוח (הוספת צרכנים בעתיד) של כ-30%

נחשב את ההספק בתוספת מקדם פיתוח נקרא לו P_2

$$P_2 = P_1 * 1.3$$

$$P_2 = 710 * 1.3$$

$$P_2=923W$$

נחשב את קיבול הזרם בסוללה

$$I = \frac{P2}{12} = 76.9A$$

$$Q = I * t$$

$$Q = 76.9 * 1 = 76.9Ah$$

נעגל לקיבול סוללה של $77Ah$. היות ואנו רוצים לשמור על המצבר כך שהטעינה שלו לא תרד מ-20% ולא תעלה על 80%, ניקח מקדם ביטחון נוסף, על מנת לקבל מתח יציב בסוללה, נוסיף כ-50% ונקבל

$$Q = 77 * 1.5 = 115.5Ah$$

לכן נבחר סוללה בעלת קיבול של **120 Ah**

חישוב כמות הפנלים הסולריים

הסוללה שבחרנו בקיבול של 120Ah צריכה להיטען במשך יום אחד.

על סמך הנתונים שיש לנו נחשב את משך זמן הטעינה בהסתמך על נתוני הפנל הסולארי שבחרנו.

חישוב זמן טעינת הסוללה

בהנחה כי בממוצע שנתי יש 8 שעות של אור שמש. כדי לטעון את הסוללה במלואה, תחילה נחשב כמה זרם יכול להיות מסופק על ידי הפאנל הסולארי לסוללת 12 וולט.

נתוני הסוללה

$$Q = 120Ah$$

$$E = 12v$$

נתוני הפאנל

$$P = 100W$$

חישוב זרם הטעינה של הסוללה

$$P = I * V$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{100}{12} = 8.33A$$

התקבל מהחישוב כי פאנל סולארי בעוצמה של 100 וואט יספק זרם טעינה של 8.33 A בלבד, לסוללת 12 וולט. הסוללה שלנו בעלת קיבול של 120Ah.

כעת נחשב את הזמן שייקח לסוללה להיטען.

$$Q = I * t$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{120}{8.33} = 14.4(hour)$$

מכאן רואים כי נדרש 14.4 שעות של אור שמש על מנת לטעון את הסוללה במלואה, שזה כיומיים של אור שמש.

כדי לטעון את המצבר שלנו שהוא Q=120Ah ביום אחד (8 שעות של אור)

עלינו להגדיל את זרם הטעינה כדי שייספיק לטעון את המצבר ביום אחד (8 שעות)

$$Q = I * t$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{120}{8} = 15A$$

על מנת לקבל זרם טעינה של 15A נצטרך לבחור פאנל סולארי מתאים בהתאם לחישוב הבא:

$$P = I * V = 15 * 12 = 180 W$$

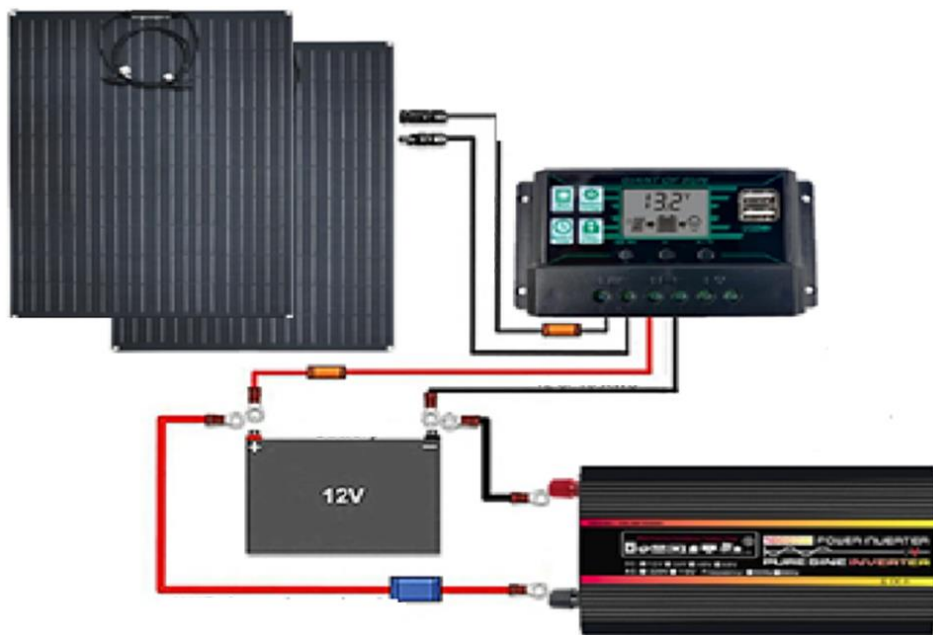
12

כלומר נדרש פאנל סולארי עם הספק של 180 וואט כדי להטעין את הסוללה שלנו במלואה תוך 8 שעות בלבד. אם נשתמש בפאנלים של 100 וואט, נצטרך שני פאנלים שמחוברים במקביל. וכך נקבל הספק כולל של 200 וואט מהפאנל, שזה קצת יותר ממה שרצינו ולכן הסוללה תטען בפחות מיום.

בהתאם לזרם הטעינה הדרוש ששישבונו 15A אנו נבחר להשתמש בבקר טעינה של 20 אמפר עבור מערכת זו.

לסיכום, לתחנת כוח הדרושה לצרכים שלנו נבחר:

1. שני פנלים של 100W כל אחד המחוברים במקביל.
2. סוללה של 12v בעלת קיבול של 120Ah.
3. בקר טעינה של 20A לפחות.
4. ממיר של 3000w.



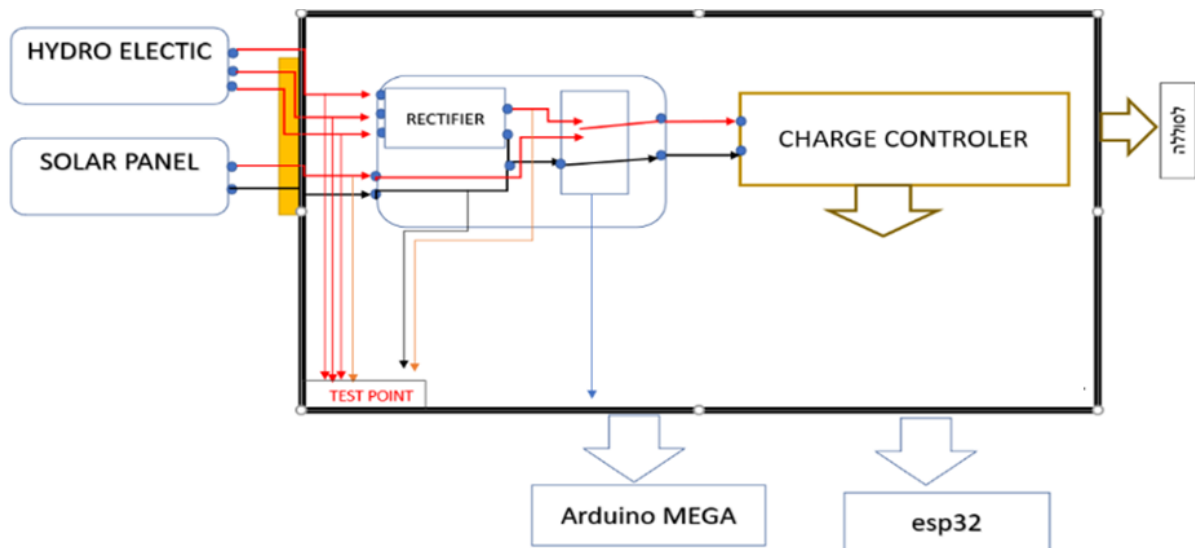
איור מס' 4 - תרשים המרכיבים לתחנת הכוח ששישבונו

אפשרות ב'

3.4 תחנת כוח עצמאית off-grid מבוקרת בקר Arduino

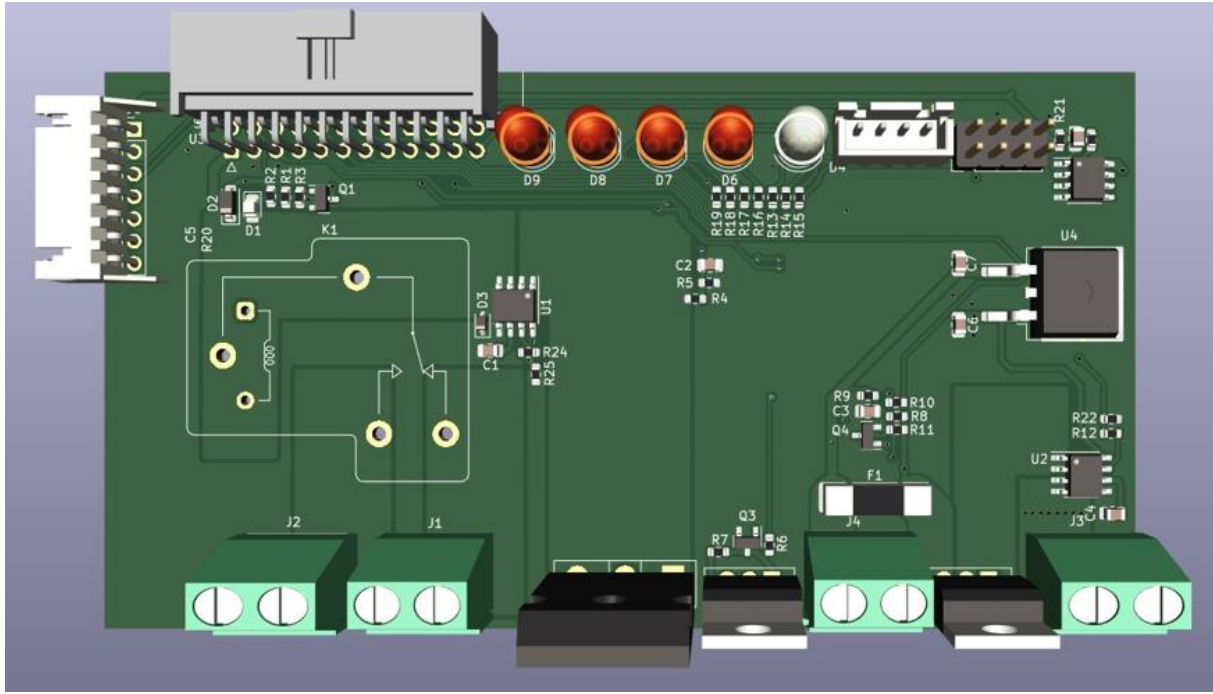
במערכת הקודמת בקר הטעינה היה מוצר מוגמר שאנו יכולים להשתמש בפונקציות המוטמעות בו ללא יכולת לשנותן. בפרויקט זה נציג מערכת סולארית off-grid אשר מבוססת על בקר טעינה מבוסס Arduino. במערכת זו, במקום בקר, אנו נשתמש ביחידה המשתלבת בקר ארדואינו מגה על מנת ליצור בקר טעינה מבוסס Arduino.

נציין כי ייתר המרכיבים שחיברנו ובחרנו לא משתנים אנו מחליפים רק את הבקר.



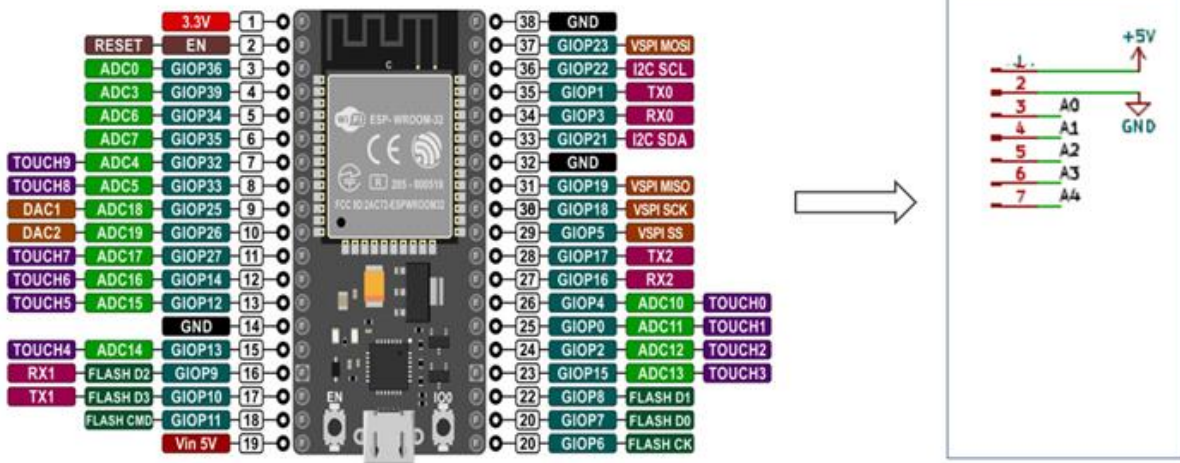
איור מס' 5 - יחידת בקר מבוסס ארדואינו

כרטיס בקר מבוסס ארדואינו

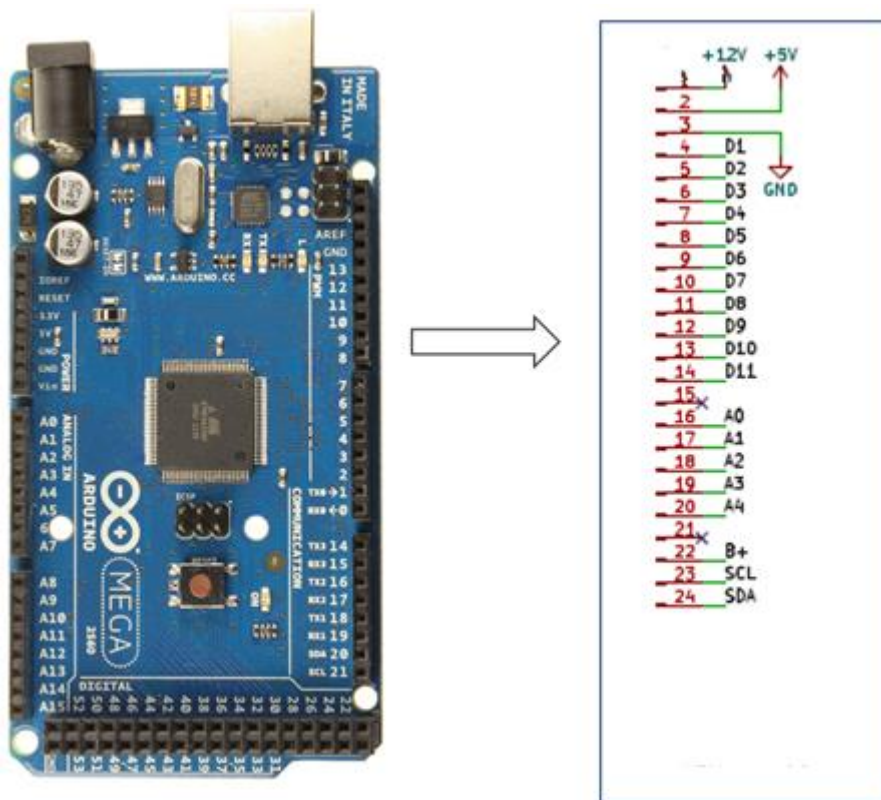


איור מס' 6 - מבנה בקר מבוקר בעזרת ארדואינו

יחידת הבקר ממתגת ומודדת את טעינת הסוללה. היחידה מספקת מתח לבקרים הארדואינו וה-esp32 כמו כן היחידה זו מאפשרת, לשלוט ולנהל ממערכת אשר בה יותר ממקור אחד של אנרגיה מתחדשת, לדוגמה אנרגיה סולארית ואנרגיה הידרואלקטרית, טעינה מבוקרת אשר מבצעת מיתוג בין מקורות האנרגיה. ביחידה קיים מיישר מתח אשר מקבל במבואו מתח חילופין מהמערכת ההידרואלקטרית או ממקור אחר ומפיק במוצאו מתח ישר לטובת טעינת הסוללה. היחידה ממתגת בין מקור המתח המגיע מהפאנל הסולארי לבין המתח המגיע מהמערכת ההידרואלקטרית. בשעה שהסוללה פרוקה והמערכת הסולארית לא מפיקה חשמל (כאשר אין אור שמש) טעינת הסוללה תבצע ע"י מיתוג למערכת ההידרואלקטרית. כפי שניתן לראות באיור את היחידה מבקר בקר ה-Arduino מגה עם התוכנה המתאימה, כמובן שניתן לשנות את התוכנה ולהתאימה לדרישות שיוגדרו ביחידת הבקר קיים חיבור נוסף שמתחבר לבקר ה-ESP-32 שאחראי להעביר את נתוני טעינת הסוללה לענן וכך נוכל לצפות בכל רגע נתון במצב טעינת הסוללה, הזרם המופק מהתא הסולארי ועוד. החיבור של בקר ה-Arduino ליחידה מתואר בתרשים הבא:



איור מס' 7 - חיבור של בקר ה-ESP32 ליחידת הבקר



איור מס' 8 - תרשים חיבור בקר ה-Arduino ליחידה

תמונות של תחנת כוח עצמאית off-grid שבנינו



איור מס' 9 - מרכיבי פרויקט תחנת כוח



[קישור לתוכנה לטעינה הסוללה מהפאנל סולארי](#)

4. פרויקט מס' 2 - הפעלה, מדידה ובקרה על צרכן חשמלי קיים חד פאזי באמצעות בקר Arduino

ביצוע עבודות בתחום החשמל מחייב תעודה של חשמלאי וכן נדרשת זהירות יתרה מבחינה בטיחותית. לצורך זה פותח ונבנה מודול בקרת שקעים. המודול מתאם מתח חד פאזי לבקר ה-Arduino בצורה נוחה ובטוחה וגם מאפשר לבצע מדידות על הצרכן ע"י תלמידים באופן עצמאי.

יישומים עיקריים של יחידת מודול בקרת שקעים

- ### פיקוד ובקרה 1 פאזי:
1. מיתוג 2 צרכנים חד פאזיים
 2. מדידת זרם ומתח מכל צרכן
 3. מדידת הספקים, עכבה . O.L , זרם דלף

איור מס' 10 - יישומי יחידת TLM-1P בקרת שקעים

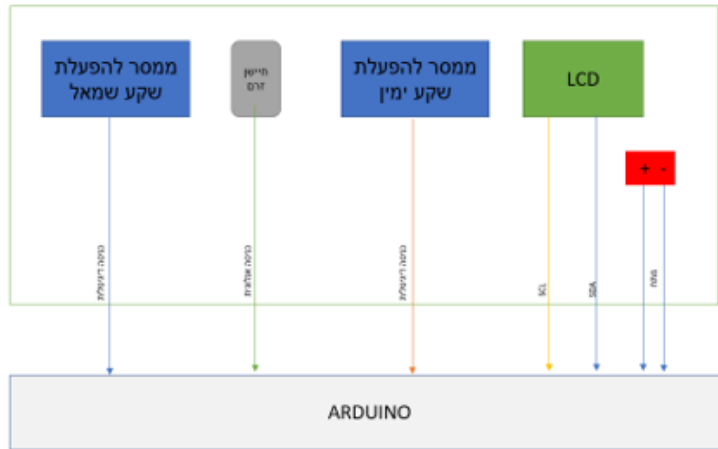
4.1 הסבר יחידת בקרת שקעים

היחידה ממתגת באמצעות ממסרים שמופעלים ע"י בקר ה-Arduino בהתאם לתוכנה שצורבה בו. ממסרים אלו ימתגו את השקעים ובכך יאפשרו הפעלה וניתוק של הצרכן החשמלי המחובר לשקע. בנוסף, ביחידה זו קיימים חיישני זרם למטרת מדידת זרמים של הצרכנים המחוברים. ביחידה קיים שני אשר מספק מתח לבקר ה-Arduino, כך שאין צורך לדאוג לאספקת מתח חיצונית. בנוסף, היחידה מספקת מתח של 12V לצרכים אחרים במידה וידרשו.

באמצעות התוכנה נוכל לבצע הפעלה וניתוק של צרכנים, חישובי זרמים, הספקים, התנגדויות של צרכנים ועוד. כמובן שיש אפשרות להוסיף חיישנים נוספים לבקר ה-Arduino ובכך לשדרג את הפרויקט.

את היחידה ניתן להפעיל גם בעזרת esp32 ובכך לאפשר הפעלה וביצוע מדידות מרחוק.

4.2 מבנה עקרוני של יחידת בקרת שקעים



איור מס' 11 - שרטוט עקרוני של מבנה יחידה בקרת שקעים

מבנה חיצוני של יחידה בקרת שקעים

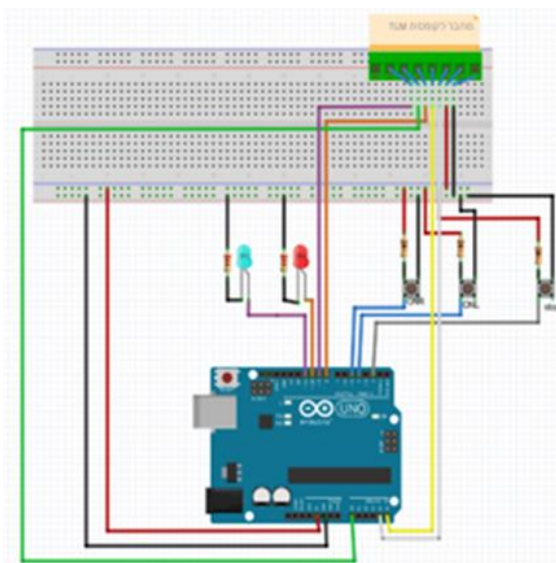


איור מס' 12 - מבנה חיצוני של יחידה בקרת שקעים

בעזרת היחידה ניתן לבקר ולמדוד כל צרכן חד פאזי שמתחבר לתקע ע"י זה שנחבר אותו לאחד התקעים של היחידה ועליו נבצע מיתוג בקרה ומדידות.

נבחר צרכן שקיים בכל מקום נבחר במאוורר.

ניתן לבצע את הפרויקט על מוצר חשמלי כלשהו במקרה זה בחרנו מאוורר שצורך 230V. נפעיל את המאוורר בעזרת לחצן שמחובר לבקר ה-Arduino יחד עם חיישן טמפרטורה. נגדיר בתוכנה טיימר שיכבה את המאוורר כעבור שעתים. באמצעות חיישן הטמפרטורה נפעיל בצורה אוטומטית את המאוורר בהתאם לטמפרטורת הסביבה הרצויה המוגדרת בתוכנה. את המאוורר נחבר לאחד השקעים של יחידת בקרת שקעים, נפעיל את המאוורר דרך בקר ה-Arduino. יחידת בקרת שקעים מבצעת מדידת זרם, מתח והספק של צריכת הצרכן. ברגע שהטיימר ינתק את המאוורר, תזהה היחידה שאין זרימת זרם, תפעיל חיווי או תשלח הודעה שהמקום מאוורר. בנוסף, יוצגו על גבי המסך נתוני צריכת האנרגיה. קיימת אפשרות עבור התלמיד להיכנס לתוכנה ולהתאימה לצרכיו.



צבע	תפקיד	הסבר
לבן	SDA	מסך
אפור	SCL	מסך
חום	CT	זרם כללי
כתום	CS1	זרם צרכן 1
סגול	CS2	זרם צרכן 2
אדום	5V	מתח להספקה
שחור	GND	מתח להספקה
צהוב	12V	מתח להספקה
ירוק	SW1	ללחצן הפעלה 1
כחול	SW2	ללחצן הפעלה 2

איור מס' 13 - חיבור יחידת בקרת שקעים לבקר ה-Arduino

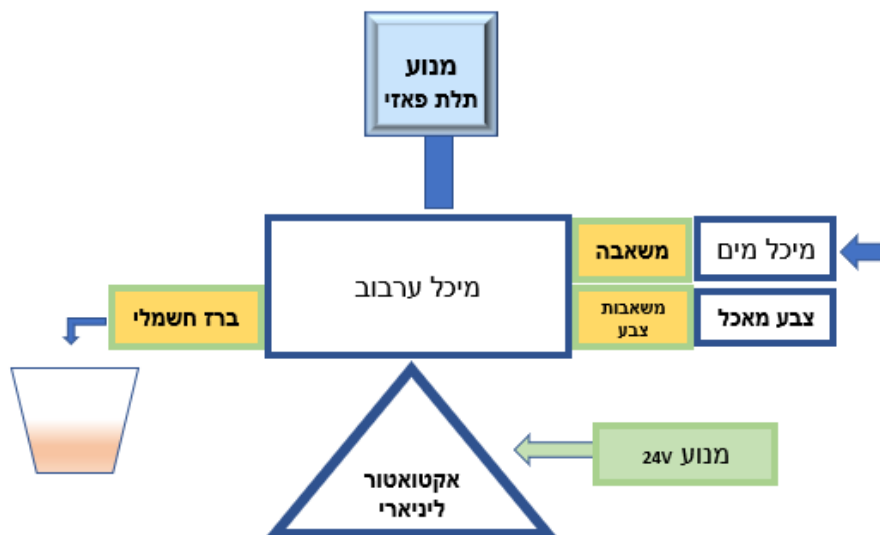
תוכנה להפעלת מאוורר באמצעות יחידת בקרת שקעים



5. פרויקט מס' 3 - מערכת הכנת משקאות אוטומטית

נתכנן ונבנה מערכת להכנת משקאות אוטומטית. המערכת כוללת סוג אחד של תרכיז ומיכל מים. המערכת תערבב על פי דרישה יצירת משקה מותאם אישית. בהתאם לדרישה משאבת הצבע ומשאבת המים יעבירו תרכיז ומים למיכל ערבוב. מיקום מיכל הערבוב יעלה בעזרת אקטואטור ליניארי ויתבצע ערבוב במיכל של התרכיז עם המים, הערבוב יתבצע באמצעות מנוע תלת פאזי, בהפעלה לשני כיוונים. 10 שניות לכל כיוון בתום תהליך הערבוב, ירד המיכל באמצעות האקטואטור הליניארי והמשקה יהיה מוכן למזיגה באמצעות ברז חשמלי. המערכת כולה מבוקרת ע"י בקר ה-Arduino.

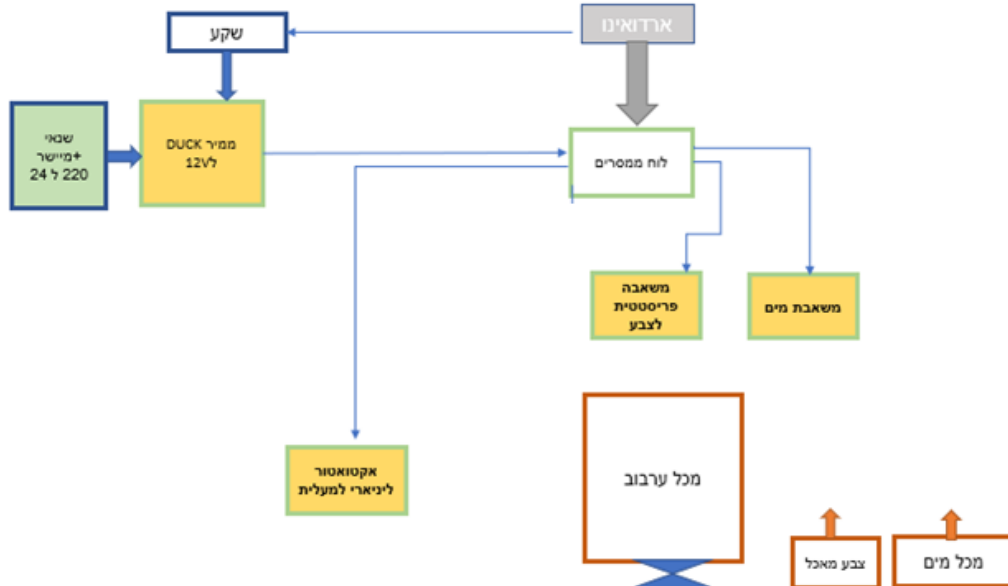
5.1 תרשים מלבנים של המערכת



איור מס' 14 - מערכת הכנת משקאות אוטומטית

5.2 תרשים חיבור משאבות

משאבה חשמלית, משאבה פריסטטית ואקטואטור ליניארי (12V)



איור מס' 15 - סכמת מלבנים של חיבור משאבות

5.3 מערכת ערבוב

הערבוב מתבצע בעזרת מנוע תלת פאזי המופעל בשתי מגמות סיבוב. בחלק זה נציג מערכת סטנדרטית של הפעלת מנוע לשתי מגמות סיבוב ולאחר מכן נציג הפעלת מנוע תלת פאזי לשני כיוונים בעזרת ארדואינו.

תיאור מערכת קובנציונלית להפעלת מנוע בשתי מגמות סיבוב

בשלב זה בפרויקט אנו מפעילים מנוע תלת פאזי בשתי מגמות סיבוב. את מגמת הסיבוב במנוע תלת פאזי, משנים ע"י שינוי סדר הפאזות המגיע למנוע. השימוש של מעגל זה רב, כגון שער חשמלי, מעלית וכו'.
 דוגמאות:

1. R-S-T זהו המצב הראשי, המנוע מסתובב עם כיוון השעון.

2. כאשר נרצה לשנות את כיוון הסיבוב נבצע החלפה בין שתי פאזות בלבד:

R T S

S R T

T S R

במצבים אלו המנוע יסתובב נגד כיוון השעון.

יש לשים לב:

1. אם נשנה מהמצב הראשי את מיקום שלושת הפאזות מגמת הסיבוב לא תשתנה.
2. אם שתי מגמות הסיבוב יעבדו יחד יזרום זרם קצר במעגל, לכן אנו צרכים להתחשב בגורם זה בבניית מעגל הפיקוד.

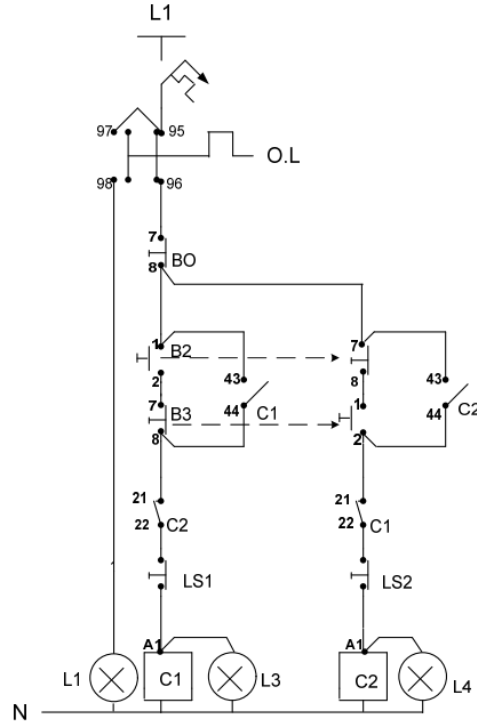
הסבר מעגל הפיקוד והכוח

C1 - מפעיל מגמת סיבוב עם כיוון השעון.

C2 - מפעיל מגמת סיבוב נגד כיוון השעון.

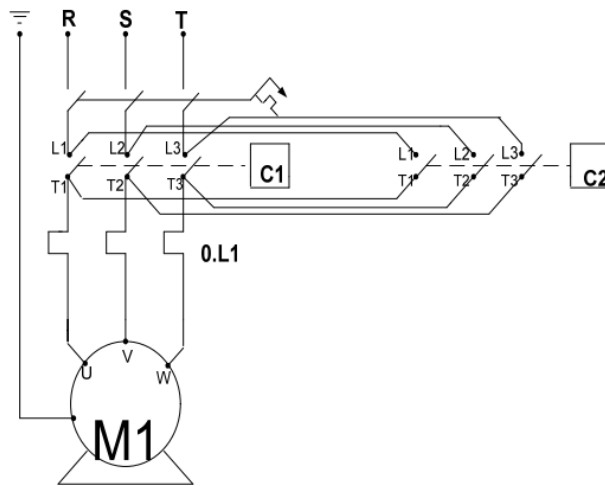
כאשר נלחץ על לחצן B2 יזרום זרם לממסר C1 שיבצע אחזקה עצמית ויפעיל את המנוע עם כיוון השעון. ברגע זה לא נוכל להפעיל את C2 בעקבות מגעו הפתוח של C1 בענף השני, זוהי הגנה חשמלית. כאשר נרצה לשנות את מגמת הסיבוב נלחץ על לחצן ניתוק B0 ולאחר מכן על לחצן B3. גם כאשר C2 עובד קיימת הגנה חשמלית המונעת עבודה של שני הממסרים יחד (מפתחים קצר חשמלי).

מעגל פיקוד – הפעלת מנוע בשתי מגמות סיבוב

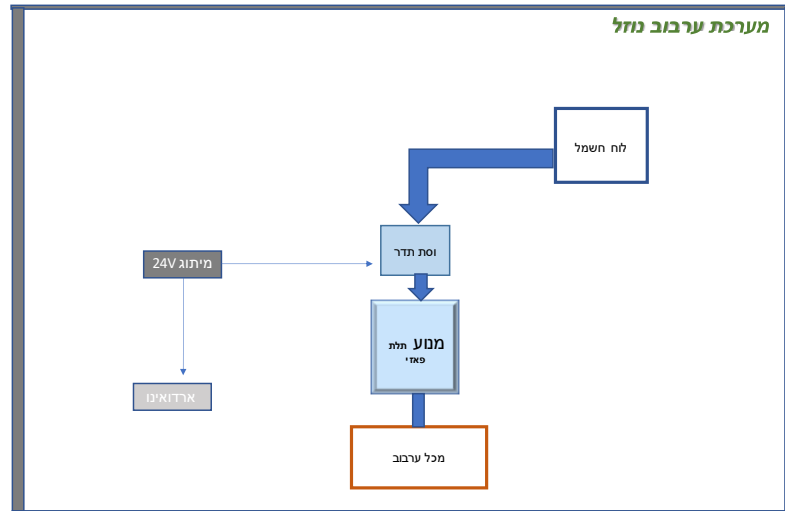


איור מס' 16 - מעגל פיקוד הפעלת מנוע בשתי מגמות סיבוב

מעגל כוח

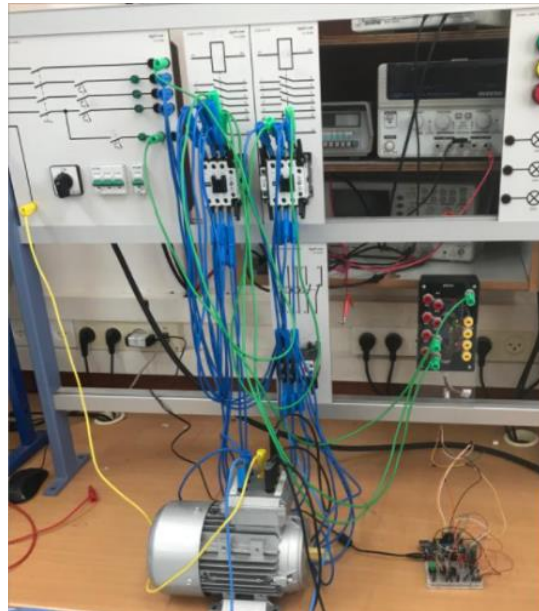


איור מס' 17 - מעגל כוח הפעלת מנוע בשתי מגמות סיבוב



איור מס' 18 - סכמת מלבנים שדרוג המערכת באמצעות ווסת תדר ובקר Arduino

בפרויקט זה אנו נפעיל את המנוע באמצעות בקר Arduino ויחידת חיבור הקונטקטורים לארדואינו. בנוסף, אנו נחבר ווסת תדר VFD אשר בעזרתו נוכל לשלוט על מהירות המנוע.

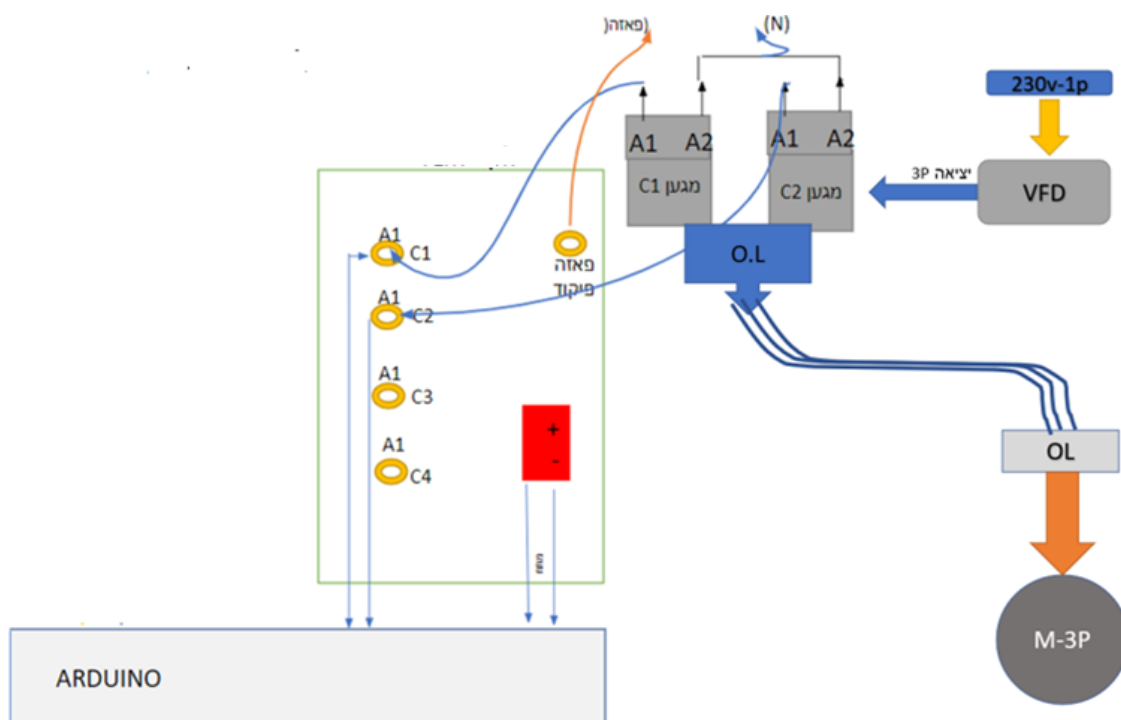


איור מס' 19 - חיבור המערכת באמצעות יחידת חיבור הקונטקטורים ובקר Arduino

5.4 יחידת חיבור הקונטקטורים לארדואינו

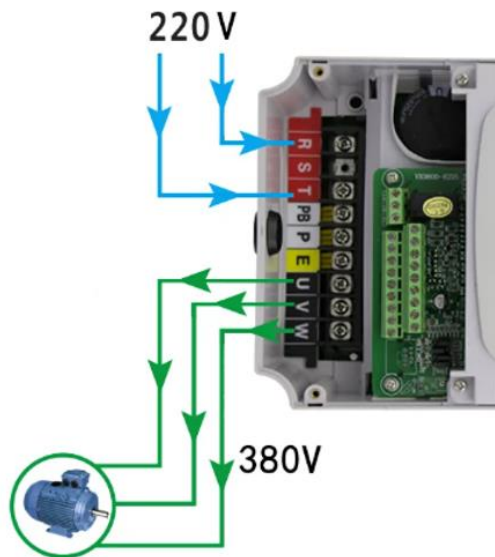


איור מס' 20 - יחידת חיבור הקונטקטורים לארדואינו



איור מס' 21 - סכמת חיבורים של המנוע באמצעות בקר Arduino ויחידת חיבור הקונטקטורים

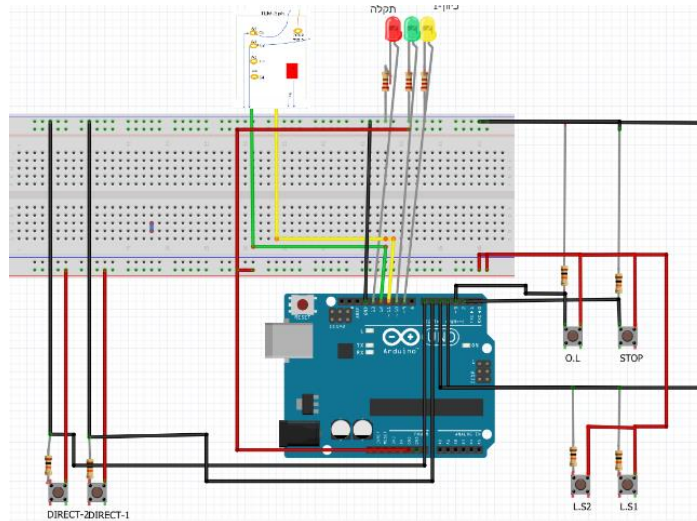
מנוע ערבוב הוא מנוע תלת פאזי. על מנת שנוכל להפעיל אותו גם במקומות שלא קיים חיבור תלת פאזי השתמשנו ברכיב VFD. VFD הינו כונן תדר משתנה (VFD) הוא מכשיר אלקטרוני המשמש לשליטה במהירות של מנועי AC על ידי שינוי התדר והמתח המסופקים למנוע. ה-VFD ממיר את המתח החילופין (AC) למתח ישר (DC) ולאחר מכן ממירים אותו בחזרה ל-AC בתדר ובמתח הרצויים. טכנולוגיה זו מאפשרת בקרת מהירות מדויקת, חיסכון באנרגיה וביצועי מנוע משופרים. VFD שאנו משתמשים בו, בנוסף לשינוי תדר הוא ממיר מחיבור חד פאזי לחיבור תלת פאזי, באופן בו נוכל להפעיל מנוע תלת פאזי בעזרת חיבור חד הפאזי שנגיש הרבה יותר.



איור מס' 22 - חיבור עקרוני של ה-VFD למנוע

5.5 פירוט חיבורי בקר הארדואינו ליחידת TLM-3P

הפעלת המנוע מבוקרת ע"י בקר ה-Arduino, על מנת לחבר את בקר ה-Arduino למגענים שאחראים על הפעלת המנוע, אנו נעזר ביחידת התיאום אשר ממתגת בין בקר ה-Arduino למתח של 230v.

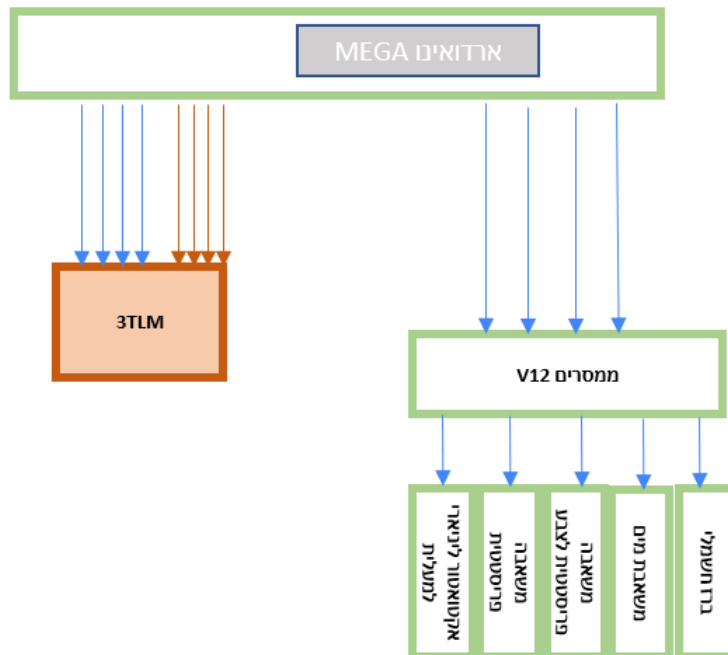


איור מס' 23 - פירוט חיבורי בקר הארדואינו ליחידת התיאום

רכיבים נדרשים

1. מפסק O.L
2. מנוע תלת פאזי
3. כונן תדר משתנה (VFD)
4. 2 לחצנים להפעלה ידנית של REV/FWD
5. בקר Arduino

5.6 סכמת חיבורים משאבות לבקר Arduino



איור מס' 24 - סכמת חיבורים משאבות לבקר Arduino



[תוכנה למערכת הכנת משקאות](#)

6. פרויקט מס' 4 - מכונת מיון ואריזה משולבת ארדואינו בקר מתוכנת עם HMI

כחלק מההתקדמות הטכנולוגיות בתהליכי הייצור השונים, עולה דרישה חדשה ומרעננת ממוסדות החינוך המקצועי וההשכלה הגבוהה להטמעת שיטות הייצור החדשות.

תהליך השיפור הנ"ל מתקיים תוך מתן דגש על שימוש במוצרי בקרה מתקדמים (חיישנים אופטיים/מגנטיים וכו'), פרוטוקולי תקשורת שונים, ממשקי אדם-מכונה (HMI), וצורות חשיבה יצירתיות בשילוב מספר דיספלינות בכל פרויקט.

בפרויקט הזה, בחרנו להציג מערכת מיון אריזות שימורים אוטומטית לפי גודל המוצר.

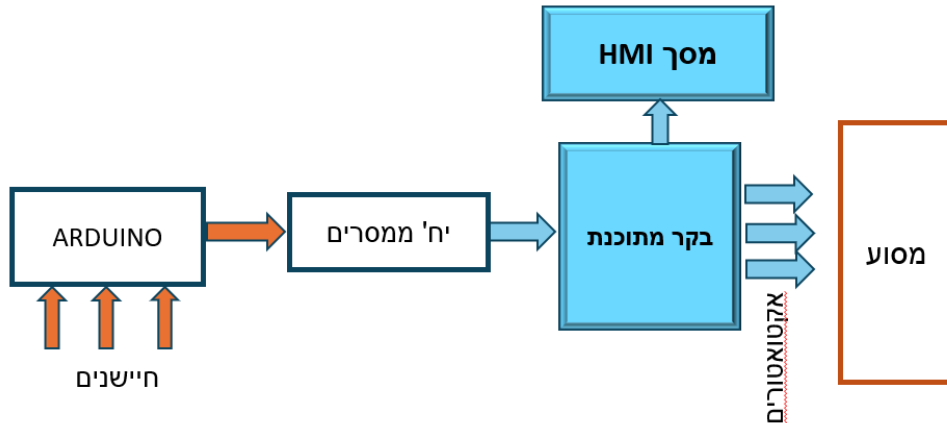
המיון התבצע לפי שלושה גדלים:

גדול – בינוי – קטן.

6.1 תיאור תהליך העבודה בקצרה

לחצן הפעלה מפעיל את המערכת, במקביל, המסוע מתחיל לעבוד. לאורך המסוע ישנם שלושה חיישנים אופטיים בגבהים שונים, שתפקידם לזהות את גודל הפריט ובהתאם לעצור את המסוע לזמן מסוים ולהפעיל את האקטואטור הלינארי המתאים (זרוע מכנית) כדי לדחוף את הפריט למיכל הרלוונטי. המכונה מצוידת ברמזור אשר יציג את מצב המכונה (פועל / מיכל מלא / תקלה).

בקרת המכונה תהיה משולבת בין מערכת ארדואינו לבקר מתוכנת תעשייתי, לצורך בקרה וניהול התהליך בצורה נוחה, יעילה ונגישה.



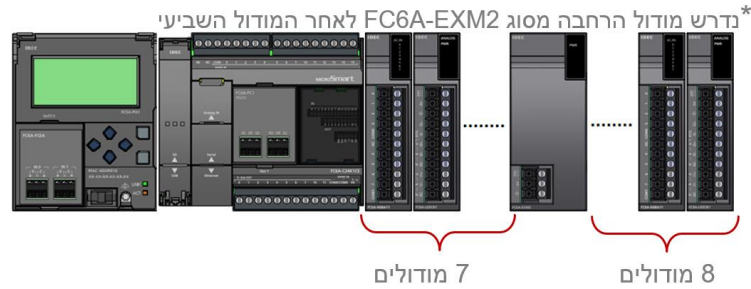
איור מס' 25 - תרשים מלבנים מערכת מיון ואריזה משולבת ארדואינו בקר מתוכנת עם HMI

הבקר בו בחרנו להשתמש בפרויקט הינו בקר ממותג יפני בעל שם עולמי בתחום הבקרים התעשייתיים ונמצא בשימוש במגוון תחומים בתעשייה בארץ, כגון: מחצבות, מתקני שאיבה, בקרת מבנה, מכונות ייצור, ועוד... הבקר ממשפחת הבקרים של IDEC (FC6A-C24R1CE) ומסך HMI גם של IDEC.

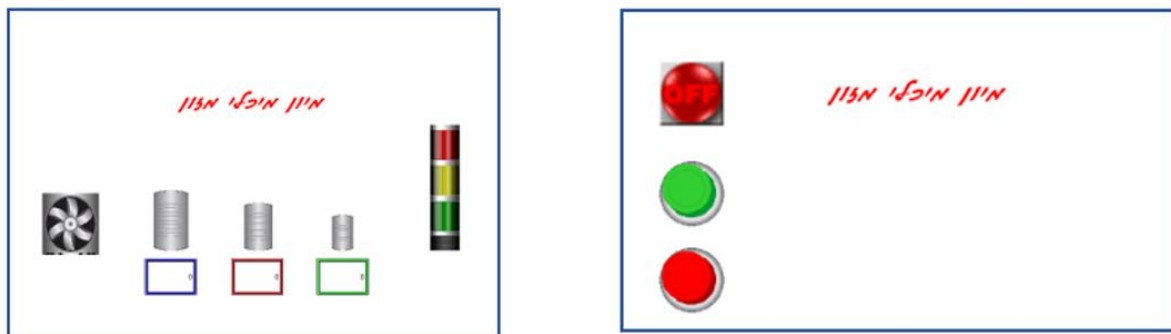
בקר זה נמצא במגוון רחב של בתי ספר ומכללות מקצועיות בארץ זאת בשל תוכנה ידידותית, אינטואיטיבית, ובעיקר, פרקטית.

לבקר ישנם מספר מאפיינים ההופכים אותו לבקר מוביל מהדקי חיבור נשלפים בקלות, תקשורת ו-TCP טורית מובנית, כניסת מתח/ זרם מובנית, אפשרות הרחבה לעד 528 I/O, אפליקציה ייעודית ועוד...

- בקר 24 כניסות ויציאות
 - מתחי עבודה של 24V או 100-240V AC
 - יציאות ממסר או טרנזיסטור
 - אפשרויות הרחבה:
 - הרחבה משמאל:
 - הרחבה מימין:
 - מחסניות הרחבה:
- מודול יחיד של HMI (בעל מחסנית אנלוגית נוספת)
 עד 15 מודולים* (digital I/O, analog I/O, PID)
 מחסנית אחת לתקשורת אנלוגית או דיגיטלית

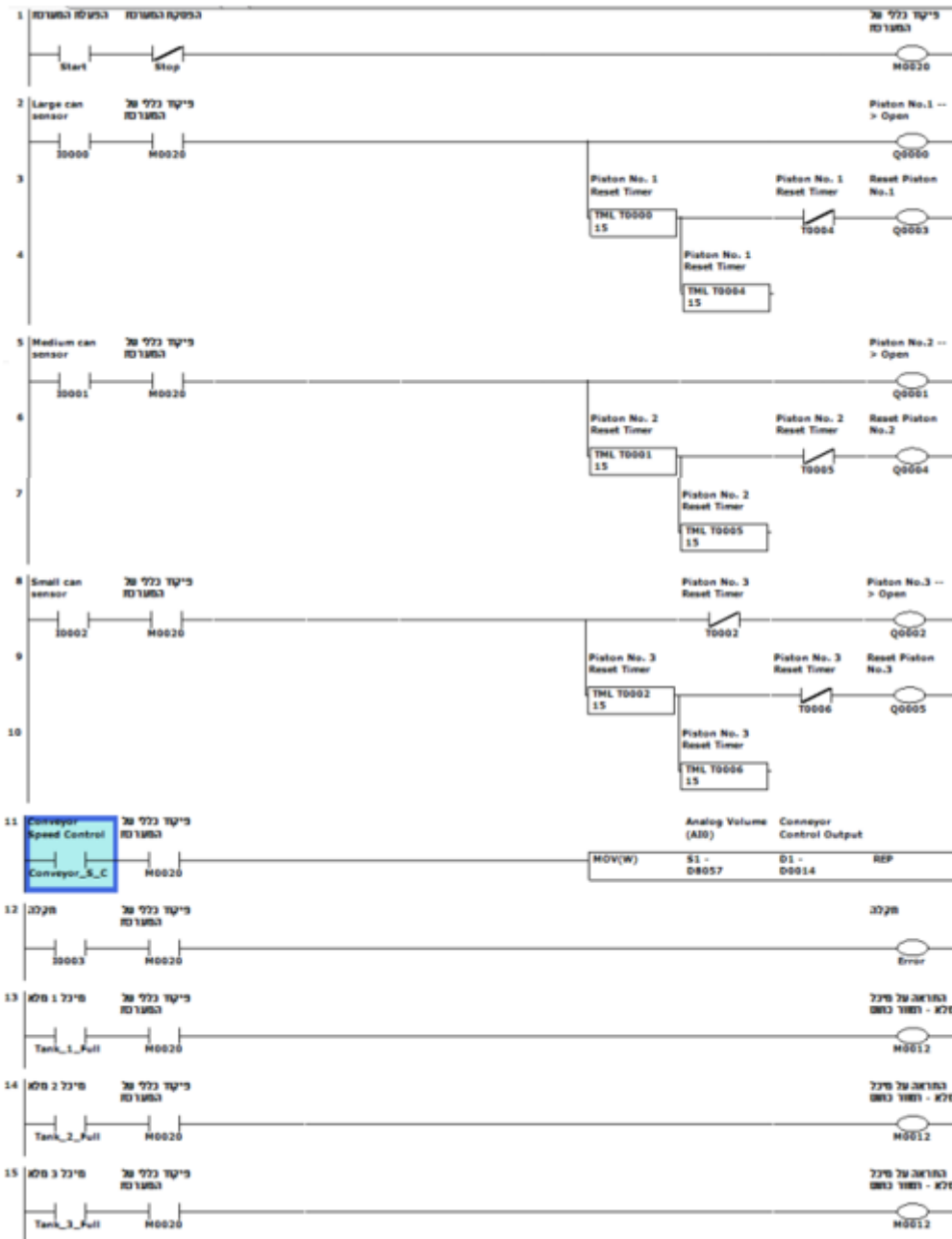


מסך ה-HMI, גם הוא תוצרת IDEC, הינו בגודל של 7", בעל מסך זכוכית (ולא פלסטיק כמו במרבית מסכי ה-HMI), דבר המעניק יתרון משמעותי באיכות המגע, עוצמת תאורת המסך ויכולת עבודה גם בשמש ישירה (במרבית המסכים, ציפוי הפלסטיק נהרס וקשה מאוד לראות במשך הזמן את התמונה).



איור מס' 26 - תרשים מסך למיון הפרטים במסך HMI

6.2 דיאגרמת סולם

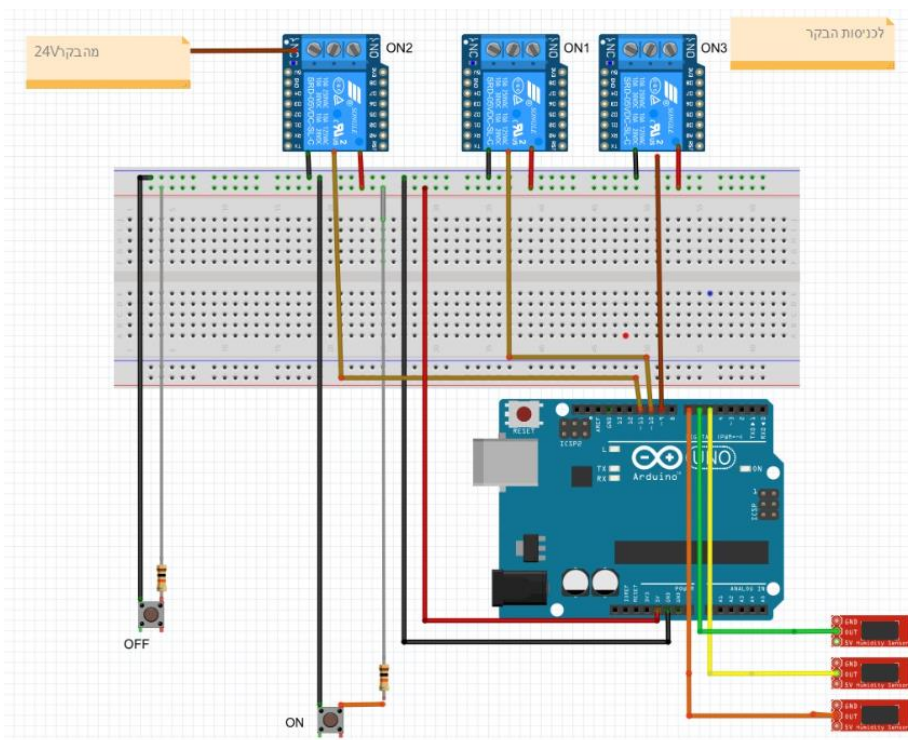


הארדואינו

תפקיד הארדואינו הוא לקלוט נתונים מהחיישנים ולהעביר אותם לבקר.

השימוש בארדואינו נועד לשתי סיבות:

1. לשלב בין מערכות כדי לייצור אתגר לתלמידים.
2. החיישנים של הארדואינו זולים יותר.



איור מס' 27 - מערכת מיון ואריזה משולבת ארדואינו



תוכנת ארדואינו למערכת מיון ואריזה המשתלבת עם הבקר המתוכנת

7. פרויקט מס' 5 - בית חכם

בית חכם (Smart Home) הוא מערכת מגורים המצוידת בטכנולוגיות מתקדמות שמאפשרות שליטה וניהול של מגוון רחב של מכשירים ומערכות ביתיות באמצעות אינטרנט ודיגיטליזציה.

7.1 יתרונות של בית חכם

1. **נוחות ושליטה מרחוק:** שליטה בכל מערכות הבית ממקום אחד, גם כאשר אתה מחוץ לבית. ניתן לשלוט במכשירים ולהתאים את הבית לצרכים שלך דרך אפליקציה בסמארטפון או פקודות קוליות.
2. **חיסכון באנרגיה:** המערכות החכמות לומדות את הרגלי השימוש שלך ומציעות פתרונות לחיסכון באנרגיה, כמו כיבוי אוטומטי של אורות ומכשירים כשהם לא בשימוש.
3. **ביטחון ואבטחה:** מערכות אבטחה חכמות מספקות התראות בזמן אמת, מאפשרות צפייה מרחוק במצלמות האבטחה וניהול מנעולים ומערכות אזעקה.

בית חכם הוא צעד קדימה בניהול הבית היומיומי, המציע שילוב של נוחות, חיסכון ואבטחה.

7.2 בית חכם מבוסס ארדואינו

בית חכם מבוסס ארדואינו הוא מערכת אוטומציה ביתית המשתמשת בלוח ארדואינו (Arduino) כדי לשלוט במגוון מכשירים ומערכות בבית. ארדואינו הוא פלטפורמה בקוד פתוח שמאפשרת תכנות ובקרה על חומרה. להלן הסבר על המרכיבים והיתרונות של בית חכם מבוסס ארדואינו.

7.3 המרכיבים להפעלת בית חכם בעזרת ארדואינו באופן כללי

1. **לוח ארדואינו:** הלוח המרכזי שמקבל את הפקודות ומבצע את הבקרה על המכשירים המחוברים אליו. לדוגמה, לוחות כמו Arduino Uno, Arduino Mega ועוד.
2. **חיישנים:** כוללים חיישני טמפרטורה, לחות, אור, תנועה ועוד. החיישנים מספקים מידע על הסביבה.
3. **מפעילים (Actuators):** כוללים מנועים (Relays), נורות LED ותצוגות. המפעילים מבצעים את הפעולות הפיזיות על פי הפקודות הארדואינו.

4. **מודול תקשורת:** מאפשר שליטה מרחוק על המערכת. באמצעות WIFI, בלוטות' או תקשורת סלולארית.

5. **קוד תכנות:** התוכנה שרצה על לוח הארדואינו וכוללת את כל הפקודות והלוגיקה לניהול הבית החכם.

תיאור הפרויקט של בית חכם

הפעלת בית חכם באמצעות Arduino Uno וכרטיס בלוטות' להפעלת מנורה ומאוורר וכן הפעלה על ידי לחצנים.

רכיבים דרושים:

Arduino Uno

מודול בלוטוס HC-05 או HC-06

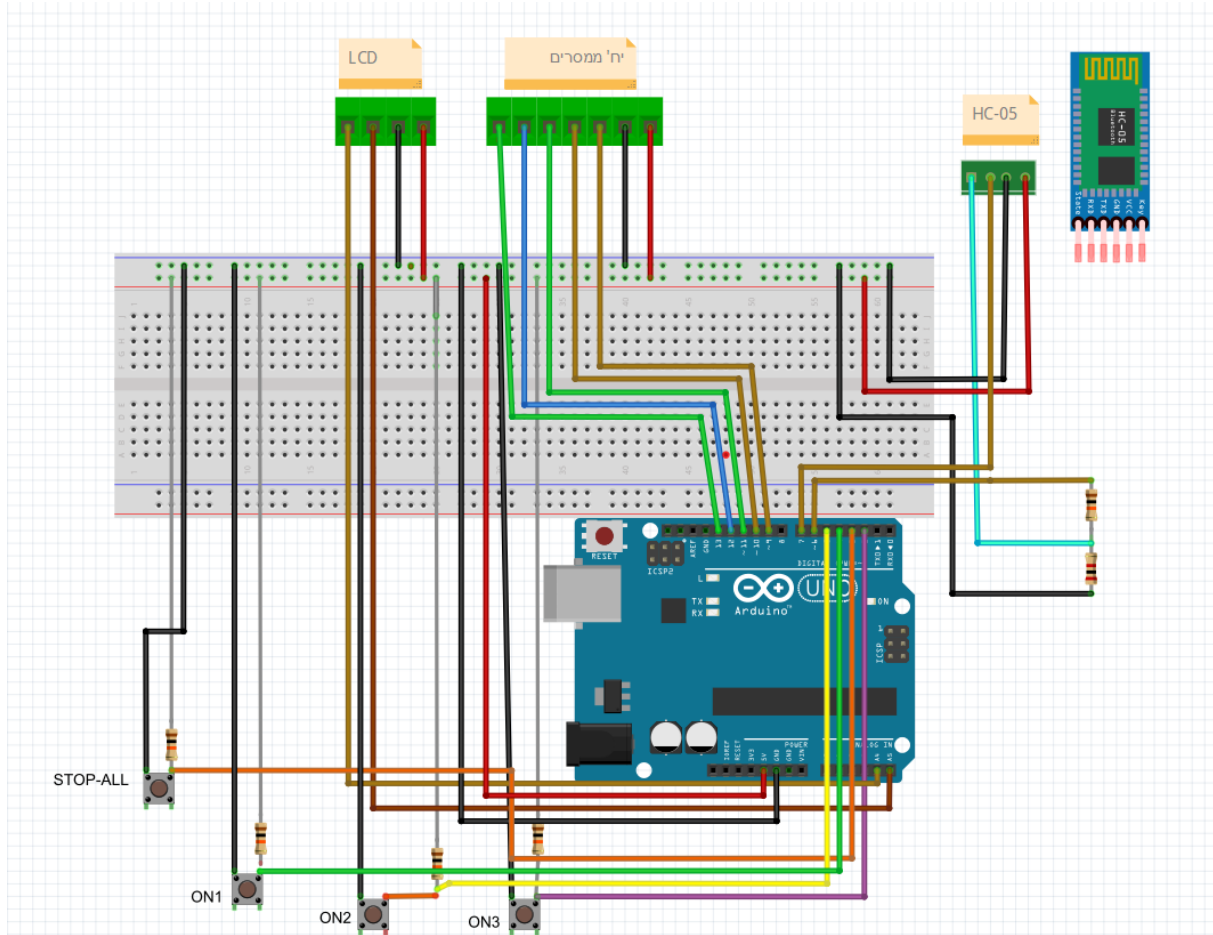
TLM4R – יחידה הכוללת 4 ממסרים ויציאה לארדואינו וכניסת מתח 5VDC

מאוורר (230VAC)

נורה (220VAC)

לחצנים (2 לחצנים)

תיאור החיבורים של בקר Arduino uno ליחידות השונות:



איור מס' 28 - חיבור בקר Arduino ליח' השונות



איור מס' 29 - יח' הממסרים

שלבי ביצוע:

1. חיבור החומרה

חיבור ה-Arduino Uno למודול הבלוטוס:

- VCC של המודול מחובר ל-5v של ה-Arduino
- GND של המודול מחובר ל-GND של ה-Arduino
- TXD של המודול מחובר ל-RX של ה-Arduino (עם מחלק מתח של שני נגדים של K1 ו-K2 כדי להוריד את המתח מ-5V ל-3.3V)
- RXD של המודול מחובר ל-TX של ה-Arduino

חיבור ה-ממסרים ל-Arduino:

- VCC של הממסר מחובר ל-5v של ה-Arduino (החוט האדום)
- GND של הממסר מחובר ל-GND של ה-Arduino (החוט השחור)
- IN1 ו-IN2 מחוברות ליציאות דיגיטליות של ה-Arduino (לדוגמה, D8 ו-D9)

חיבור הצרכנים של המתח הגבוה:

הצרכנים מתחברים לממסרים ביציאות NO ומשם לצרכנים מקבלים ישירות את מוליך האפס (N) ואת מוליך הארקה.



תוכנה לפרויקט בית חכם

8. הצעות לפרויקטים נוספים

באוגדן זה תיארו חמישה פרויקטים לדוגמה. ניתן לבצע עוד הרבה פרויקטים המשלבים מתח גבוה חד פאזי או תלת פאזי לבצע ניהול ובקרה בעזרת ארדואינו או esp32 או דומיו.

להלן דוגמאות של פרויקטים במגמת חשמל שניתן לבצע בהמשך:

1. בלימה אוטונומית של מנוע

- הפעלת מנוע תלת פאזי ל-2 כיוונים
- הפעלה ויישום בעזרת בלוטות'
- שליטה במהירות
- מדידת זרם התנעה וזרם עבודה
- מדידות שונות
- מימוש L.O
- הצגת גרף של התנעת מנוע

2. הפעלת מנוע ל-2 כיוונים עם מעלית (3-4 תלמידים)

- הפעלה ויישום בעזרת בלוטות'
- מדידת זרמים
- מימוש L.O
- שימוש ב-VFD
- תצוגה מפורטת

3. בית חכם

- הפעלה וכיבוי ב-WIFI
- 4 מרכיבים של הפעלה
- תצוגה באתר של מצב ההפעלות
- לכלול הפעלה בשעון שבת

4. ייצור חשמל הידרואלקטרי

- כולל אגירת אנרגיה
- שימוש בשיטות טעינה
- שמירת נתונים בענן
- מימוש בצרכן לניצול אופטימלי

5. ייצור חשמל מתחנת רוח

- כולל אגירת אנרגיה
- שימוש בשיטות טעינה
- שמירת נתונים בענן
- מימוש בצרכן לניצול אופטימלי