

תכנון ובנייה של חממה חכמה

לגידול קנאביס

קדם פרויקט המהווה חלק מהדרישות לתואר B.Sc.

מוגש ע"י:

אייל מעודד 314884644 גיא שריבקר 206265035

אחראיים אקדמיים: מר אורי גליקשטין ומר שחר מונסה.

תאריך ביצוע: 08/04/2022

הקדמה

מסמך זה נועד לתאר כל שלב בבניית המערכת.

מסמך זה יתאר את הערכת אשר נבנתה בצורה כזו שגם קורא אשר אינו מכיר כלל את הערכת יבין אותה באופן מוחלט ובצורה מעולה כיצד מומשה ותוכננה המערכת לפרטיה וכל שלביה .

מטרת השקפים, הדיאגרמות והסכמות יקנו לקורא מתן ידע הולם ופשוט עד כמה שאפשר, אשר ייתן לקורא את המידע הנצרך כדי להבין כיצד מומש המכונה שנבנתה לכל חלקיה.

כדי להבין את המערכת בצורה טובה, נתחיל בתיאור מאפייניה הכלליים ביותר של המערכת, אשר הן אבני הבניין של כלל המערכת ועליהם מושתת המימוש .

לאחר מכן נמשיך עם דיאגרמת בלוקים אשר נותנת אינדיקציה לקורה מה הם כל השלבים במערכת הנתונה , ומה תפקיד כל שלב בתהליך.

לאחר מכן נציג תרשים זרימה מפורט המתואר בצורה סימולטנית את תהליך הביצוע מתחילתו ועד סופו, כך שלאחר ההבנה שתתרחש בשלב דיאגרמת הבלוקים, הקורא יוכל להבין כיצד המערכת פועלת מבחינת תזמון.

לאחר ההסברים בדיאגרמת הבלוקים, נעבור לשלב בו יפורט כל "בלוק" בנפרד.

הקורא יוכל לעקוב בעזרת דיאגרמת הבלוקים הנתונה, כך שיפורט כל שלב ושלב על ידי סימולציות , תרשימים והסברים עוקבים אשר יקנו לקורא את ההבנה הדרושה על כיצד פועלת כלל המערכת בצורה מפורטת.

הכרת תודה

ברצוננו להביע רב תודות לאנשים רבים בהם נעזרנו בפרויקט.

אנו מודים למנחים של הפרויקט מר אורי גליקשטיין ומר שחר מונסה על העזרה המקצועית במהלך הפרויקט והיחס האישי לאורך כל הדרך.

בנוסף, ברצוננו להודות לנשותינו, שאישרו לנו לגשת לקורס ונתנו לנו זמן לעבוד עליו במקום להשקיע בהן.

כמובן תודה רבה לחברינו היקרים, אשר תרמו את עזרתם והשכלתם במהלך הפרויקט.

תוכן עניינים :

4	מבוא -	1.
5	התפתחות הטכנולוגיה בעולם החקלאות -	1.1.
6	התפתחות הקנאביס בישראל -	1.2.
8	הצורך בשילוב הטכנולוגיה -	1.3.
9	מטרת הפרויקט -	2.
9	תנאי התכנון -	2.1.
10	דרישות המערכת -	2.2.
11	תיאור המערכת -	3.
12	תכנון החומרה	3.1.
16	תכנון התוכנה	3.2.
18	מימוש המערכת -	4.
18	מימוש החומרה -	4.1.
35	מימוש התוכנה -	4.2.
Error! Bookmark not defined.	ניסויים ובדיקות -	5.
Error! Bookmark not defined.	מערך הניסוי	5.1.
46	מכשירי המדידה -	5.1.1.
Error! Bookmark not defined.	רכיבי המערכת -	5.1.2.
Error! Bookmark not defined.	תוצאות ומסקנות -	6.
Error! Bookmark not defined.	תוצאות הניסויים :	6.1.
47	מסקנות הפרויקט :	6.2.
Error! Bookmark not defined.	סיכום	6.3.

1. מבוא-

הנושא בו עוסקת עבודתנו הינו תכנון ומימוש חממה חכמה לגידול קנאביס .
ישנו צורך לשילוב הטכנולוגיה בתחום החקלאות על מנת לאפשר יעילות וחסכון באנרגיה.
חממה הינה מבנה בעל קירות שקופים שנועד לגידול צמחים בתנאים מיטביים . גידולי חממה הינם גידולי
חקלאות אינטנסיבית , אשר מאפשר יצירת מיקרו אקלים באמצעות בקרה על התאורה , הטמפרטורה ,
הלחות וכו' .

1.1. התפתחות הטכנולוגיה בעולם החקלאות-

לאורך ההיסטוריה, שיטות עבודה בתחום החקלאות התפתחו באופן משמעותי, מכלי עבודה בסיסיים ועבודה פיזית של שעות רבות, לעבודה עם מכונות מודרניות, מכונות מתקדמות אשר מקצרות ומייעלות את תהליכי העבודה. החקלאות היום מאמצת את הטכנולוגיה בזרועות פתוחות, שיטות עבודה הופכות ליעילות יותר, פחות עבודה ידנית. המהפכה הטכנולוגית בענף החקלאות מצליחה להגדיל את הרווחיות ואת התפוקות של החקלאים באופן משמעותי. אפשר לומר שהטכנולוגיה חלחלה לענף החקלאות במשך שנים רבות, היא מסייעת לחקלאים במגוון דרכים, מחיזוי מדויק של מזג האוויר ועד איכות היבול. בסופו של דבר, השילוב הטכנולוגי בעולם החקלאות הביא לשיפור משמעותי בתוצרי מזון, הוא הביא לירידה במחירי המזון, וכל זה בעבודה הרבה יותר קלה, ובהרבה פחות שעות בשדה.

חקלאים רבים טוענים כי פורום האינטרנט מסייע להם רבות ביום יום, הוא מאפשר גישה למידע בכל העולם, האינטרנט מציע מגוון פתרונות לבעיות שיש לכל חקלאי באזורי חקלאות שונים, ופורומים מקצועיים אשר מסייעים לחקלאים לשוחח, להחליף מידע, לשתף ולהציע זה לזה פתרונות במגוון דיונים ובכך לשפר את הקיים. מהפכה טכנולוגית נוספת היא GPS (Global Positioning system), עד לפני כמה עשורים, לחשוב על טרקטור שמסוגל לנסוע בעצמו היה דבר דמיוני לחלוטין, כיום, עם כניסת ה-GPS והרכיבים האוטונומיים, ניתן לשלוט במספר כלים מרחוק, ובכך להגדיל באופן משמעותי את התפוקות ולהקטין את הוצאות שכר העובדים. אם לא די בכך, מטוסים זעירים ללא טייס (מזל"טים) מונחי GPS משמשים לביצוע משימות ריסוס יבול, ניטור בעלי חיים, ומיפוי תלת מימד. הטכנולוגיה המתקדמת מאפשרת לחקלאי לקחת דגימות קרקע, ובאמצעות מערכת מתקדמת לזהות אזורי פוריות. היבול גדל לצד סנסורים אלקטרוניים מתקדמים, ובכך החקלאי יודע לספק את המשאבים הנדרשים בכל זמן, החקלאי יכול לראות את רמת הלחות, טמפרטורה, ובכך לקבוע באיזה חומרים ובאיזה כמות להשתמש בכל זמן נתון. העולם צועד לכיוון חקלאות חכמה, ויש אשר אומרים חקלאות מדויקת. הטכנולוגיה משתלטת על מגזר החקלאות באמצעות GPS, רובוטים, חיישנים מאגרי נתונים, כלי טייס, מערכות השקייה חכמה. יום הטכנולוגיה מספקת לחקלאי פוטנציאל תפוקות גדול הרבה יותר, ייצור איכותי יותר ובפחות זמן, בפחות מאמץ ובפחות עלויות.

הטכנולוגיה מסייעת לחקלאי לקבל החלטות טובות יותר, כבר היום ניתן לראות שינוי בענף התעסוקה בתחום החקלאות, כאשר טכנאים ואנשי טכנולוגיה מגיעים כדי לקדם את הענף. אתגרים גדולים עומדים מול ענף החקלאות בשנים הקרובות, הריבוי הטבעי גורם לביקוש הולך וגדל של מזון, ועל פי מומחים עד שנת 2050 נצטרך לייצר 70% יותר מזון. מדובר במצב מורכב מאד, כאשר לוקחים בחשבון שמיליארד בני אדם בעולם סובלים מרעב או מתת תזונה. לכן, לטכנולוגיה, למשקיעים וליזמים בתחום החקלאות יהיה ערך רב בפתרון בעיית הרעב בשנים הקרובות.

1.2. התפתחות הקנאביס בישראל –

שוק הקנאביס הרפואי בישראל נחשב אחד המפותחים בעולם. אבל גם אחרי עשרות אלפי מטופלים ומטופלות שעושים שימוש בחומר כבר שנים ארוכות, משרדי הממשלה עדיין לא הצליחו ליצור מסגרת חוקית וכלכלית סופית שתסדיר את השימוש בקנאביס רפואי. בשנת 2019 נכנס לתוקף אחד המהלכים החשובים ביותר בתולדות הקנאביס הרפואי בישראל "הרפורמה בקנאביס רפואי" או כפי שהיא ידועה בקרב המטופלים, פשוט 'הרפורמה'. הרפורמה הורכבה מכמה מהלכים, כל אחד מהם בעל השלכות משמעותיות על המשתמשים הקיימים והעתידים.

פיקוח על איכות הקנאביס הושלם

במסגרת הרפורמה, אימץ משרד הבריאות שורה של תווי תקן שהתוו כיצד יש לגדל, להפיץ ולאחסן את הקנאביס. רק עסקים שעמדו בתווי התקן קיבלו רישיון לעסוק בתחום. המטרה של תווי התקן הייתה להעביר את השוק תהליך שנקרא 'מדיקליזציה' - להקנות לו מאפיינים דומים לשוק התרופות, הזוכה לפיקוח צמוד ולרמת מוצרים גבוהה. נכון לסוף שנת 2021, ניתן להעריך שתהליך הפיקוח על איכות הקנאביס הרפואי הושלם - תווי התקן נמצאים בתוקף ובעלי הרישיונות לאספקת קנאביס רפואי מחזיקים ברישיון משרד הבריאות.

הפרדה בין חוליות שרשרת האספקה בעוד שבעבר יכלו המטופלים לגשת ישירות לחברות המגדלות ולקבל מהן קנאביס רפואי, לאחר הרפורמה חילקה הממשלה את השוק לחוליות שונות: המגדלות, המפעלים שמעבדים ואורזים את הצמח, בתי מסחר ובתי מרקחת. על פי הרפורמה, צריכה להיות הפרדה בין הגורמים השונים בשרשרת, כך שהמגדלת, למשל, לא תוכל לשמש גם כבית מרקחת. נכון לסוף שנת 2021, גם חלק זה ברפורמה יושם כך שמטופלים בעלי רישיון יכולים לקבל קנאביס רפואי רק מבתי המרקחת, ולא מהמגדלות.

מהפכה במחירים - ועליית מחיר למטופלים במינונים גדולים

לפני הרפורמה, כל המטופלים שילמו את אותו המחיר על קנאביס רפואי (370 ש"ח בחודש), בלי קשר לכמות או למינון שנקנתה. לאחר הרפורמה, המחיר הוצמד למינון שהמטופל קנה, כך שמטופלים במינונים קטנים שילמו פחות ומטופלים במינונים גדולים שילמו יותר. זו הייתה אחת מנקודות הביקורת הבולטות ביותר נגד הרפורמה. ראוי לציין בהקשר הזה שהמדינה לא סבסדה את הפרשי העלויות העצומים ובעצם החברות ספגו הפסדים עצומים ממטופלים שקיבלו כמויות גדולות במחיר שלא מכסה עמדת משרד הבריאות היא שלאורך הזמן ועם השתכללות שוק הקנאביס הרפואי המחירים ירדו. כמו כן, נבחנת אפשרות להטיל פיקוח מחירים ממשלתי על מחירי הקנאביס הרפואי.

רופאים שרשאים להמליץ על קנאביס רפואי

הרפורמה הייתה אמורה להגדיל את מספר הרופאים והרופאות שיכלו לאשר את השימוש בקנאביס רפואי ולהעניק רישיון. כיום יש שני מסלולים לקבלת רישיון לשימוש בקנאביס רפואי:

1. באמצעות רופא מוסמך למתן של קנאביס רפואי: באתר משרד הבריאות ניתן למצוא רשימה של 117 רופאים בעלי הסמכה להנפקת רישיון לקנאביס רפואי. רופאים ורופאות אלה יכולים להעניק רישיון במקרים המתאימים כבר במעמד המפגש עימם.
2. באמצעות רופא מומחה, שאינו מוסמך למתן של קנאביס רפואי: כל רופא מומחה יכול להמליץ (אך לא לאשר באופן סופי) על שימוש בקנאביס רפואי עבור מצב רפואי שנמצא בתחום התמחותו. במקרים כאלה, הרופא יגיש המלצה ליחידה לקנאביס רפואי במשרד הבריאות, שם יבחנו אם לאשר אותה או לא. אם הבקשה תאושר המטופל או המטופלת יקבלו רישיון ויוכלו לרכוש קנאביס רפואי.

עדכון לתחילת שנת 2022 - רפורמה חדשה?

בחודש אוקטובר 2021 עברה בכנסת הצעת חוק לרפורמה חדשה בקנאביס הרפואי. במסגרתה מבקשים 'להחזיר חזרה' חלק מגלגלי הרפורמה כך שיהיה אפשר לשוב לימים בהם לא היה צורך במפעלי קנאביס ובבתי המרקחת. כמו כן, מבקשת הרפורמה החדשה לאפשר לכל הרופאים המומחים (אלפים רבים) להעניק רישיון לקנאביס רפואי, ולא רק לרופאים שעברו את ההסמכה של משרד הבריאות (117 נכון לסוף 2021). מדובר בצעד ראשוני ביותר בתהליך החקיקה. היישום של הצעדים האלה לא צפוי להיכנס לתוקף בזמן הקרוב.

למרות שרפורמת הקנאביס הרפואי ספגה ביקורת רבה, ואף הועמדה בפני בתי המשפט מספר פעמים, כיום היא עדיין נמצאת בתוקף ולא צפוי שהמצב ישתנה בזמן הקרוב. על אף שגורמים שונים בממשלה הנוכחית וממפלגות הקואליציה בכנסת מנסים לשפר את השירות שמקבלים המטופלים בישראל, סביר שנצטרך לחכות זמן מה עד שנראה שינויים אלה בשטח.

1.3. הצורך בשילוב הטכנולוגיה

בעולם כיום כ-6,000,000 דונם חממות, מספרם מוכפל בכל עשור. אחזקת החממות כרוכה בעלויות גבוהות במיוחד ורבים מהחקלאים מנסים לחסוך בהן. כתוצאה מכך נפגמת התוצרת החקלאית וכמותה פוחתת. מזה שנים נאבקים חקלאים רבים בתופעות שונות בתהליך גידול התוצרת החקלאית. מזג אוויר, לחות, בצורות, נזקי טבע, מחלות ונגעים שונים עלולים לפגוע בגידולים ולדללם. תוצרת חקלאית רבה מושמדת עקב "אי התפתחות", רקב, מחלות וסיבות נוספות על ידי הפיתוח הטכנולוגי וכל תעשיית ההיטק ניתן לייעל את כל המערכות הפועלות בתוך החממה, כגון מערכות של חיסכון באנרגיה, מניעת מחלות בגידולים, חיישני בקרה כמובא בפרויקט שלנו. בהקמת חממות ושתילת גידולים חקלאים מושקעים סכומי עתק, האמורים להיות מוחזרים ממכירת התוצרת. אולם, במידה והתוצרת לא התפתחה כמצופה מסיבות שונות, מדובר בהפסד כלכלי עצום לחקלאי. על מנת שגידול חקלאי יתפתח בצורה מיטבית, יש להקפיד על מספר גורמים ביניהם - עלווה יבשה, הנשמרת על ידי לחות יחסית בסביבות 80%, ותנאי אקלים הומוגניים בתוך החממה.

תנאים אלו חשובים מאוד להבטחת התפתחות תקינה של גידולים ומכך הגדלת התפוקה בקטף. לשם יצירת תנאים אלה יש להרחיק עודפי לחות מחלל החממה, זאת בהתחשב בשינויי הטמפרטורה המתרחשים במעבר שבין יום ללילה, עונות ותנאי סביבה נוספים.

כיום, על מנת לנסות לספק את התנאים האופטימאליים לגידולים, החממות נסגרות לעת ערב, על מנת לשמר את הטמפרטורה הרצויה, ונפתחות לאוויר מספר רב של פעמים במהלך הלילה וכן בבוקר במטרה לאדות את עודפי הלחות המצטברים העלולים לפגוע בגידולים.

השיטות הנהוגות כיום לחימום חממות סגורות הינן בזבזניות ובלתי יעילות מבחינה אנרגטית. בנוסף, בעקבות עליית מחירי הדלק, העלות השוטפת גדלה ורמת הרווחיות קטנה משמעותית בהתאמה. לאחרונה נאסר אף השימוש בדלקים זולים הגורמים לזיהום כבד של הסביבה.

היום ניתן בהשקעה חד פעמית לחסוך לחקלאים כסף רב ולשפר את הרווחיות בשני כיוונים עיקריים: הראשון, בסכומי התשלומים השוטפים ובעיקר הוצאות האנרגיה אותם הם משלמים והשני, יצירת תנאים המבטיחים את הבשלת הגידולים ובכך מניעת הפסדים כספיים כבדים.

בעקבות השימוש בטכנולוגיה החסכונית החדשה שפותחה כבר אין צורך לפתוח ולסגור את יריעות החממות לצורך אוורור לילי, כפי הנהוג כיום, דבר המוביל לאיבוד אנרגיה אותה מנסים לשמר בכל דרך. סגירת החממה ומניעת אוורור מוביל לחיסכון משמעותי בצריכת האנרגיה הנאמד ב- 6 ק"ג דלק לשעה לדונם. לנוכח כל הסיבות והתיאורים הנזכרים לעיל, נראה שהכניסה המסיבית של עולם ההייטק לעולם החקלאות הינו בלתי נמנע והינו תהליך חשוב גם בשביל החקלאים שבסופו של יום ירוויחו כסף מההשקעה הרבה שלהם ומנגד לנו בצרכנים, על ידי יעול המערכות, הפגיעה בכיסנו תהיה הרבה יותר נמוכה.

2. מטרת הפרויקט-

פיתוח חממה חכמה לגידול קנאביס בהיבט חומרתי והיבט תוכנה, החממה תעבוד ב"שלט רחוק" באמצעות בקר ESP32.

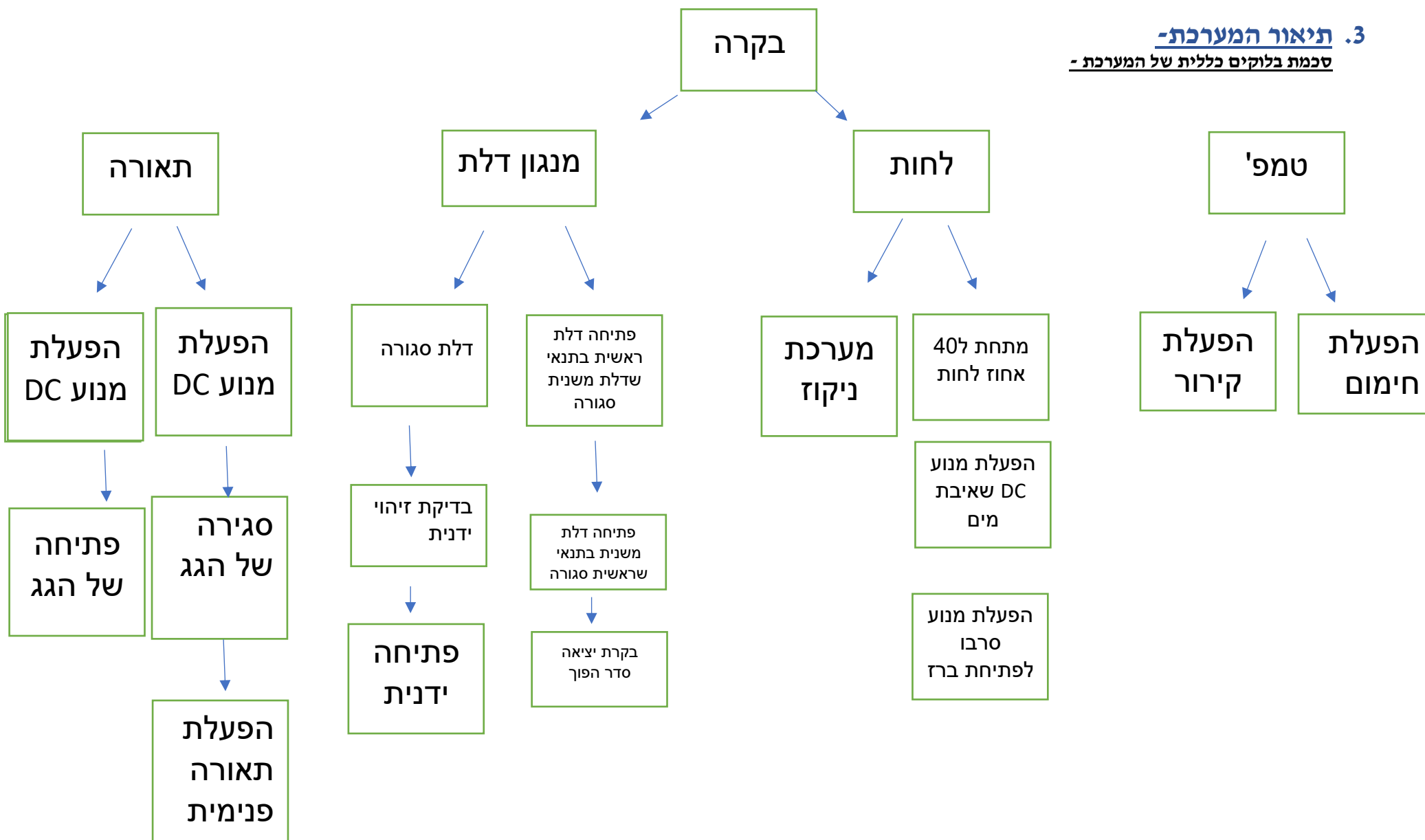
2.1. תנאי התכנון-

תנאי התכנון הינם מורכבים מדרישות המערכת ואילוצים שונים אשר מפורטים בסעיף מטה 2.2.

2.2. דרישות המערכת –

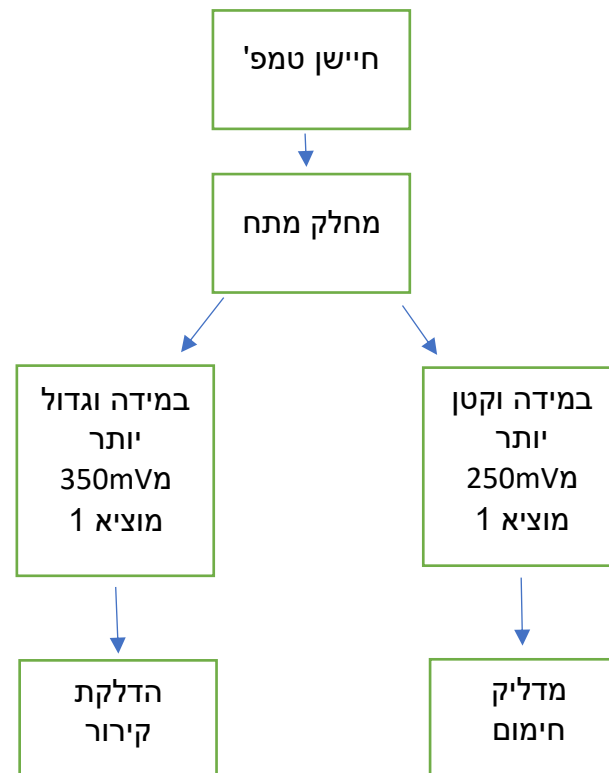
- שליטה על הטמפרטורה (טמפ') בחממה -
הטמפ' בחממה צריכה להיות בטווח של 10-16 (מעלות צלזיוס) מעשית, בפתרון יש לתכנן לטווח של 25-35 (מעלות צלזיוס) במקרה בו הטמפ' חורגת מטווח התכנון עליך למצוא פתרון הולם.
- שליטה על לחות האדמה של השתיל -
הלחות בקרקע של השתיל צריכה להיות בתחום 40%-70% במקרים בהם יש חריכה עליך לחשוב על פתרון הולם!
כאשר אין מספיק לחות בקרקע יש להשקות את הרדמה על פי התהליך הבא:
א. מפעילים את המשאבה (מנוע DC)
ב. פותחים את הברז (סרבו)
- שליטה על מנגנון פתיחת הדלת (דלת כפולה) לשינוע-
לצורך העברת המוצר המוגמר לדרכו יש צורך לשנע את המוצר הסופי לספק.
שליטה על שער כניסה לחממה :
א. פיתחת דלת ראשית.
ב. חניית הרכב
ג. סגירת הדלת הראשית
ד. העמסה
ה. בקרת יציאה סדר הפוך.
- שליטה על מערכת התאורה/גג החממה-
בעזרת חיישן האור (LDR) נבדוק האם יש שמש בחוץ במשך 10 שניות ואם מצב זה מתקיים אזי יש לפתוח את גג החממה, במצב שאין שמש יש להדליק תאורה פנימית.
- בנוסף התכנון יכלול:
 - סכמת בלוקים.
 - תכנון מפורט עבור כל בלוק ברמת החיבורים.
 - סימולציה מלאה ועובדת באמצעות תוכנת MULTISIM
 - מימוש המערכת על גבי מטריצה באמצעות רכיבים.
 - על המערכת לפעול באמצעות שליטה מרחוק בעזרת הטלפון הסלולרי האישי, ע"י שימוש בבקר ESP32 אשר מכיל WiFi ו Bluetooth.

3. תיאור המערכת -
סכמת בלוקים כללית של המערכת -

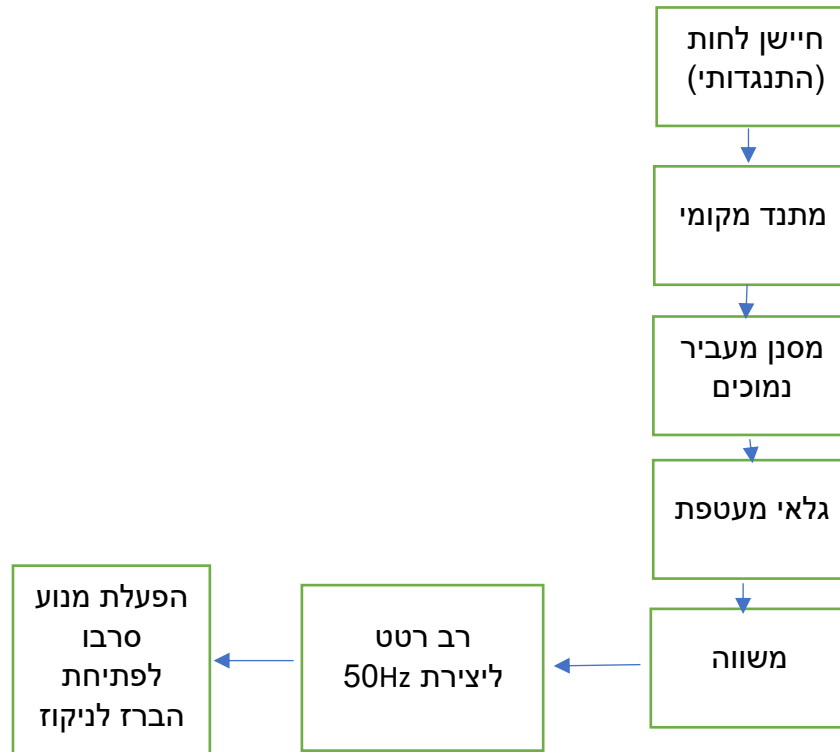


3.1. תכנון החומרה

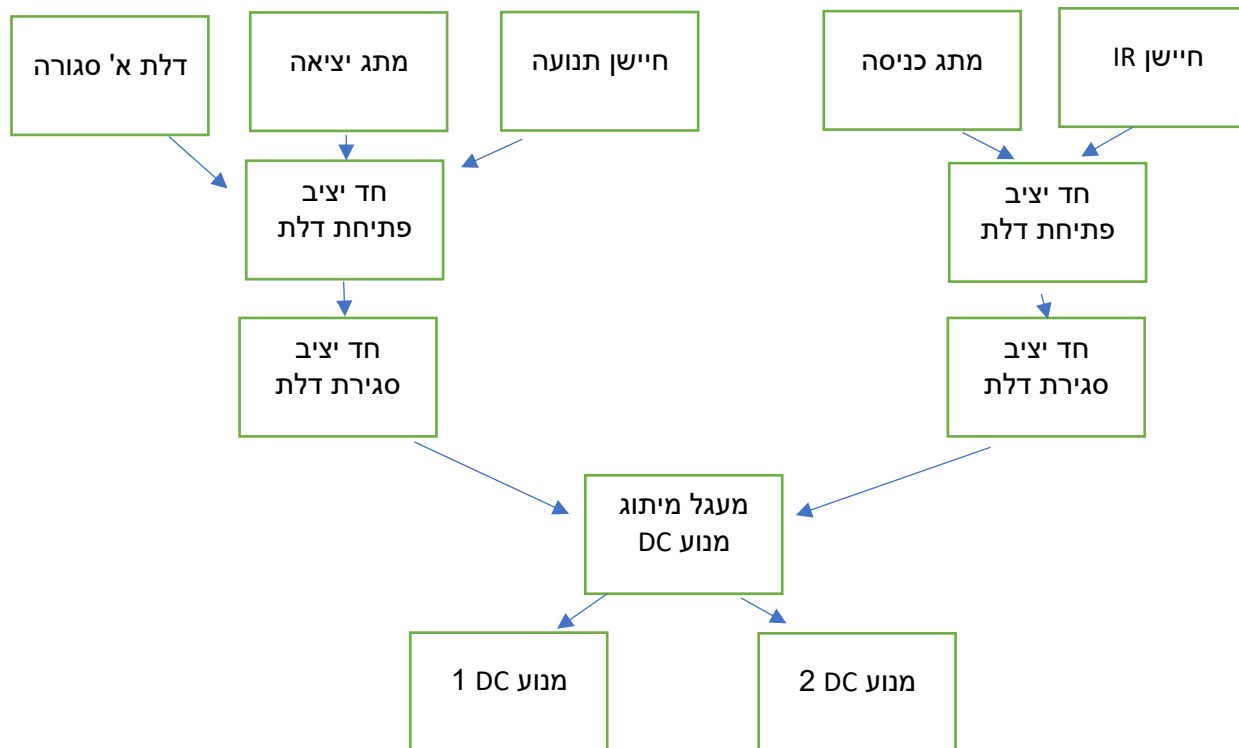
3.1.1. בלוק ראשון – שליטה על בקרת טמפ' (מבט עומק):



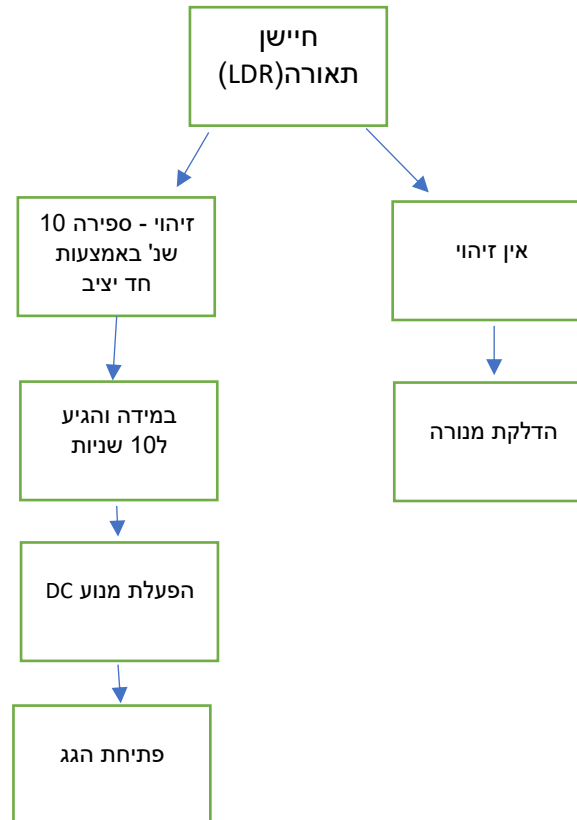
3.1.2. בלוק שני – שליטה על לחות הקרקע (מבט עומק) :



3.1.3. בלוק שלישי - שליטה על מנגנון דלת (מבט עומק):

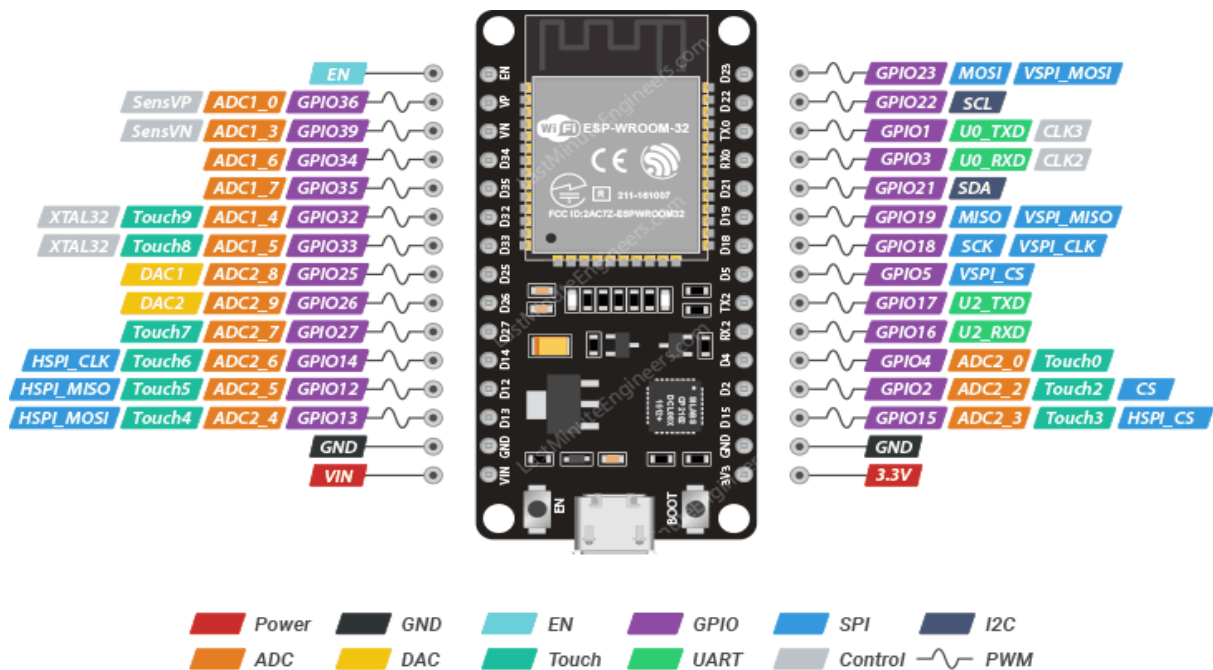


3.1.4. בלוק רביעי – שליטה על תאורת החממה (מבט עומק):



3.2. תכנון התוכנה

3.2.1. רקע – מיקרו בקר ESP32:



ESP32 Dev. Board Pinout

3.2.1. איור – תיאור של מיקרו בקר ESP32

תכנון התוכנה נעשה באמצעות בקר ESP32 אשר מורכב מכמה פרוטוקולי תקשורת כגון: SPI, UART אשר לרכיב אפשרות שליטה על יציאות של פינים ועל כניסות של פינים באמצעות ממירים של מתח אנלוגי למתח ספרתי/דיגיטלי. בנוסף לבקר קיים BLE ו-WiFi. הרכיב הינו Open-Source כלומר נוכל לתכנת את הבקר לפי רצונו של המתכנת.

3.2.2. שלבי התוכנה:

כשלב ראשון, החלטנו לתכנת את הבקר באמצעות שפת Python ולא ב C++ שהיא הברירה מחדל של הבקר. בשביל זה היינו צריכים לצרוב את הבקר בגרסת MICROPYTHON אשר באמצעותה ניתן לכתוב על הבקר בשפת PYTHON.

סביבת העבודה אשר כתבנו את התוכנה בה הינה PyCharm.

סכמת בלוקים של כתיבת הקוד:

הגדרת משתנים לשליטה על
הפינים של הבקר

פתיחת נקודת גישה לבקר/
חיבור לאינטרנט

כתיבת דף HTML לצורך
תקשורת עם הבקר

פתיחת SOCKET בין הבקר
לWEBSERVER

אפשרו הפינים באמצעות
התניות

אפשרו הפינים באמצעות
התניות

סגירת הSOCKET בין הבקר
לWEBSERVER

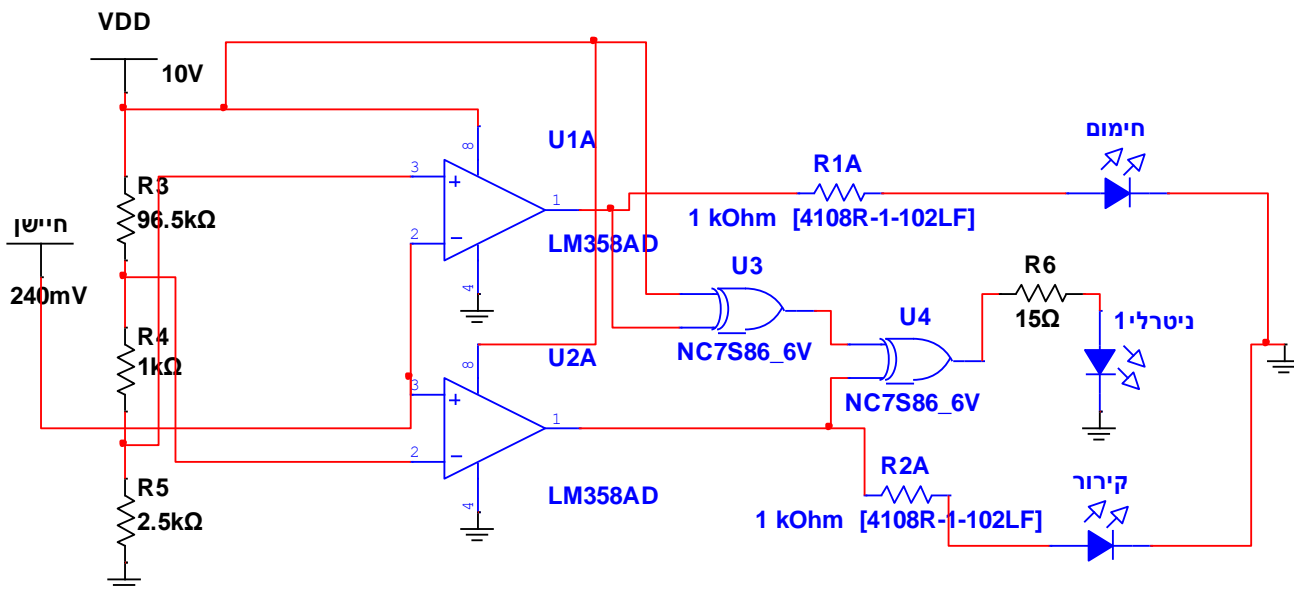
4. מימוש המערכת-

מימוש המערכת יעשה בשני אופנים, ההיבט הראשון הינו חומרתי כלומר תכנון ובנייה של החומרה על מנת לייצר את פעילות החממה באמצעות רכיבים אלקטרוניים, ההיבט השני הינו התוכנה אשר תפקידה לספק את האפשרות של בקרה ושליטה מרחוק על פעילות החממה.

4.1. מימוש החומרה-

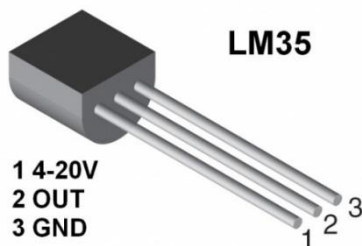
4.1.1. בלוק ראשון – שליטה על הטמפ':

תפקיד הבלוק הינו להוות שליטה על הטמפ' בחממה, התכנון מבוסס על מחלק מתח משווים ולבסוף הפעלת מאורר (לקירור) ומנגד הפעלת תאורה (לחימום).



איור 4.1.1.1 – ניתן לראות כי המשווה הראשון U1A מחזיק מתח של 350mV ברגל מספר 3, ואילו המשווה השני U2A מחזיק מתח של 250mV ברגל מספר 2.

לצורך הפעלת המעגל נשתמש בחיישן טמפרטורה LM35, החיישן הינו חיישן התנגדותי כלומר כאשר הטמפ' בסביבה תעלה אזי המתח יעלה והפוך.



בחיישן כל מעלת צלזיוס הינה 10mV.

כאשר הדרישות לתכנון הינם מתחת לטמפי של 25 מעלות להדליק חימום.
ומעל טמפי של 35 מעלות להדליק קירור.

$$25^\circ = 250mV$$

$$35^\circ = 350mV$$

יצרנו מעגל החלטה באמצעות רכיב LM358 מגבר משווה, אשר משווה בין המתחים ובהתאם לכך מוציא '0' או '1' דיגיטלי.

בחירת ערכי נגדים :

ערכי הנגדים נקבעו באמצעות משוואות של מחלק מתח על מנת להחזיק ברגל אחת של המשווה מתח של 250mV ובמגבר השני להחזיק מתח של 350mV כאשר שני הרגלים של המשווה מקוצרות ביניהם על מנת לאפשר כניסה של מוצא החיישן .

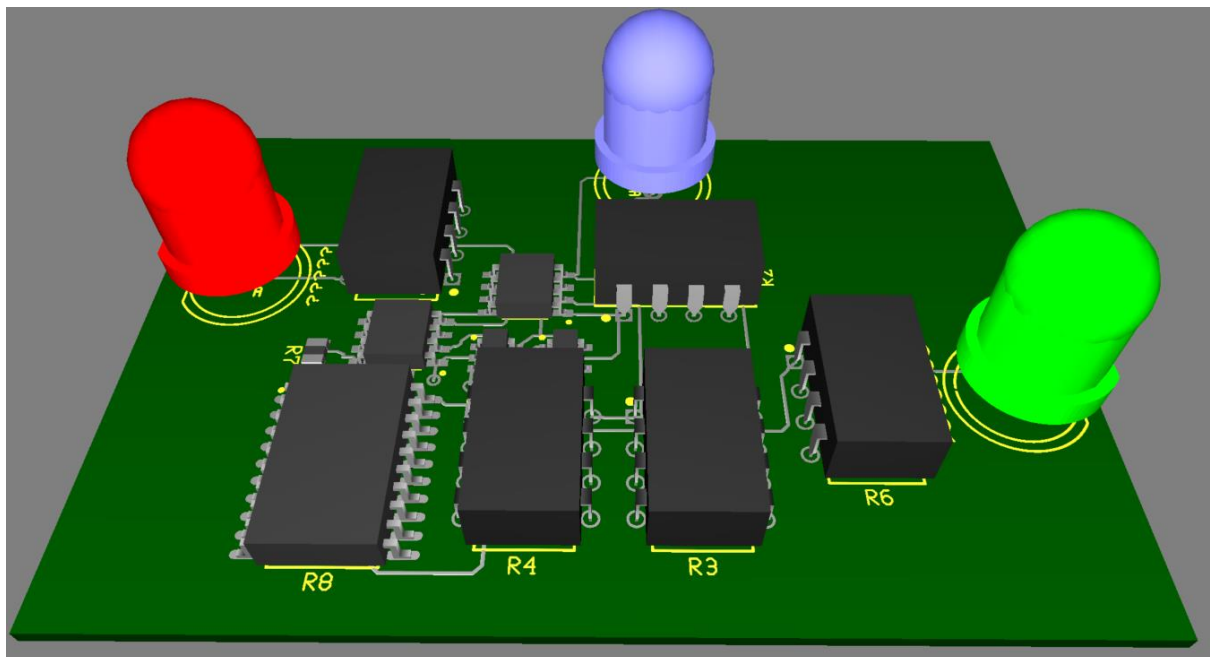
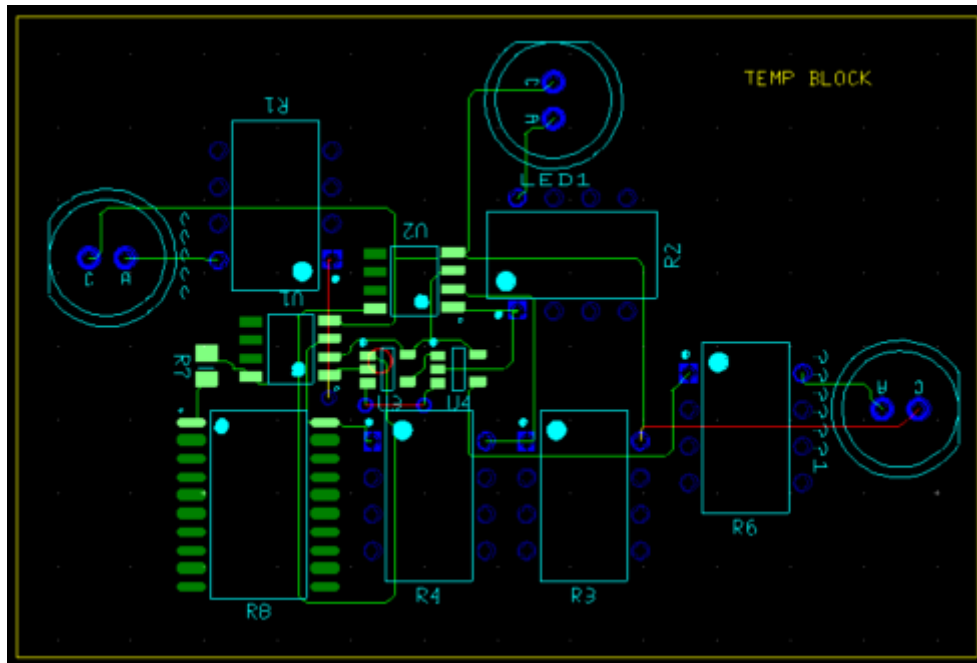
(1) נוסחאות מחלק המתח :

$$V_{out_1} = 10V * \left(\frac{1K + 2.5K}{100K} \right) = 350mV$$

$$V_{out_2} = 10V * \left(\frac{2.5K}{100K} \right) = 250mV$$

בנוסף, ניתן לראות כי נתחשב במצב הניטרלי כלומר לראות שהטמפי תקינה באמצעות חיבור ל2 שערי XOR נקבל LED ירוק אשר יידלק כאשר נהיה בטווח התקין.

מימוש המערכת על גבי לוח PCB :



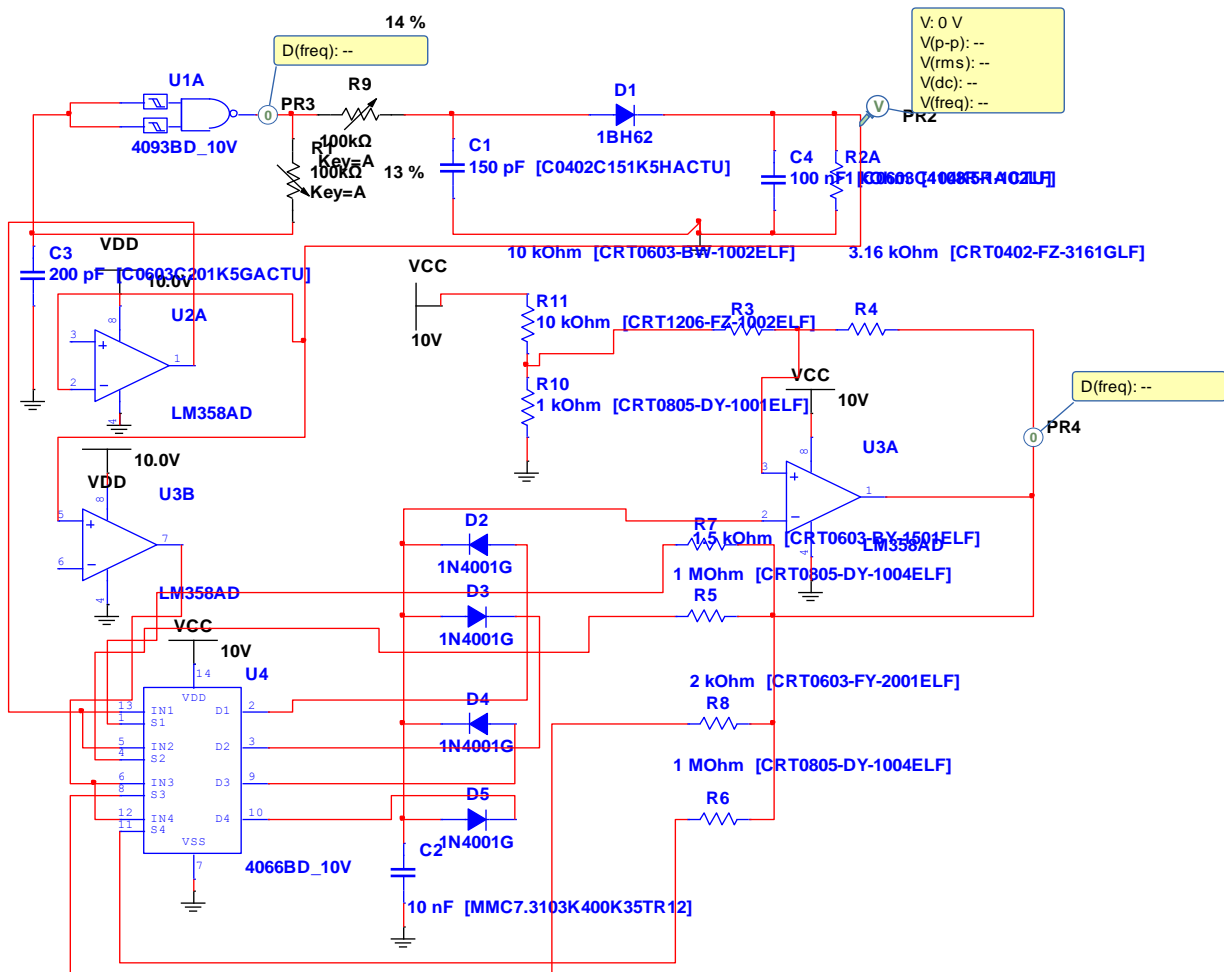
ניסויים ותוצאות:



איור 4.1.1 – מתחי החזקה של המשווה CH1 – מתח סף תחתון – עבור חימום, CH2 – מתח סף עליון עבור קירור.

4.1.2. בלוק שני – שליטה על לחות האדמה:

תפקיד הבלוק הינו שליטה על לחות האדמה של השתיל, כלומר כאשר יש לחות מתחת ל-40% אזי שצריך להוסיף מים לקרקע, במידה ומד הלחות מורה על 70% לחות אזי שצריך לנקז את המים מהקרקע.



איור 4.1.2.1 – תיאור חומרתי של מעגל הלחות

החיישן איתו נעבוד הינו חיישן HS1101LF הינו חיישן המודד לחות, החיישן הינו חיישן קיבולי כלומר בהתאם ללחות הקיבוליות של החיישן משתנה.



איור 4.1.2.1 – חיישן לחות

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

POLYNOMIAL RESPONSE OF HS1101LF

$$C \text{ (pF)} = C@55 \% * (3.903 \cdot 10^{-8} RH^3 - 8.294 \cdot 10^{-6} RH^2 + 2.188 \cdot 10^{-3} RH + 0.898)$$

TYPICAL RESPONSE LOOK-UP TABLE (POLYNOMIAL REFERENCE CURVE) @ 10KHZ / 1V

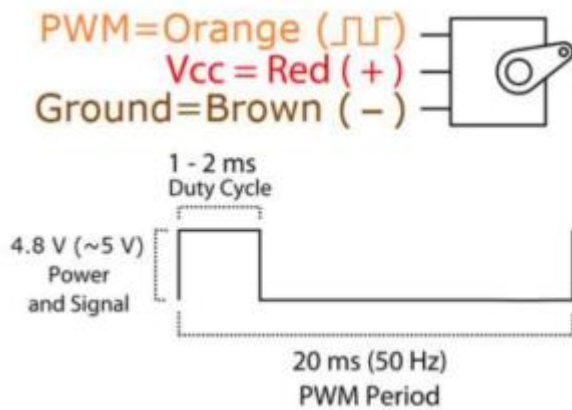
RH (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Cp (pF)	161.6	163.6	165.4	167.2	169.0	170.7	172.3	173.9	175.5	177.0	178.5
RH (%)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Cp (pF)	180	181.4	182.9	184.3	185.7	187.2	188.6	190.1	191.6	193.1	

איור 4.1.2.2 – ערכי הקיבול – אחוזי לחות

כאשר דרישות התכנון הינם כאשר מתחת ל-40% לחות נפעיל את המשאבה ונפתח את הברז על מנת לאפשר להרטיב את הצמחים.
וכאשר מעל 70% לנקז את המים החוצה.

הלוגיקה של המעגל פועלת באופן הבא:
ראשית יצרנו מתנד מקומי כאשר התדר משתנה בהתאם לקיבוליות שהחיישן מוציא, לאחר מכן יש את המסנן מעביר נמוכים (LPF) שתפקידו לייצר הנחתה באמפליטודה של המתח.
לאחר מכן יש את המיישר שתפקידו שנקבל במוצא מתח יציב שמשתנה בהתאם לקיבוליות של הנגד.
לבסוף יצרנו מעגל החלטה עם שני מגברים משווים שתפקידם להוציא '0' או '1' דיגיטלי.
חיבור המנועים, לחיבור המנועים השתמשנו בשני רכיבים L293 (H-bridge) או 4066BD כאשר רכיב L293 הינו רכיב הנועד למתג את מנוע ה-DC ולקבוע לו סיבוב cw וסיבוב ccw בנוסף הוא משמש כמגבר הספק למנוע.
כיוון שלא השתמשנו במתח חיצוני למנוע אז השתמשנו בריאוסטט על מנת לשלוט בצריכת הזרם של מנוע ה-DC.

למנוע הסרבו השתמשנו בלוגיקה של רב רטט כאשר התדר שיוצא הינו תדר של 50Hz כאשר רק מחזור הגל משתנה זאת על מנת לשלוט במנוע . את המיתוג של הפתיחה והסגירה יצרנו בעזרת מתג מבוקר מתח רכיב 4066BD .



איור 4.1.2.3 – ערכי מנוע סרבו

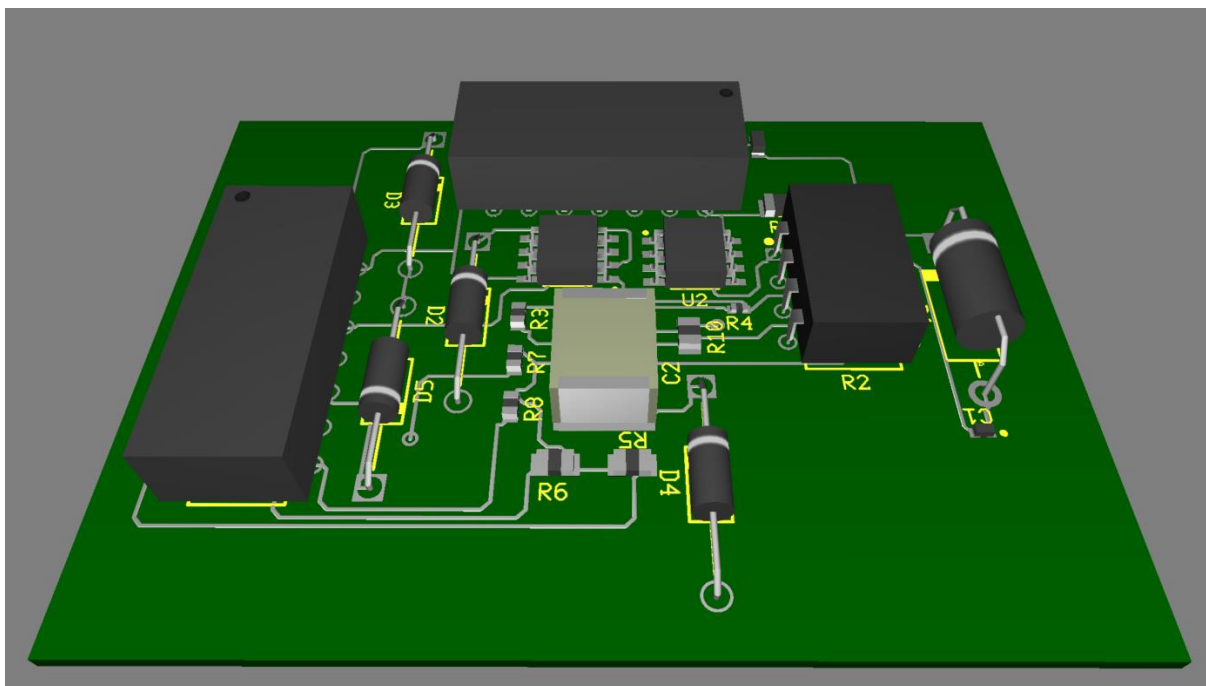
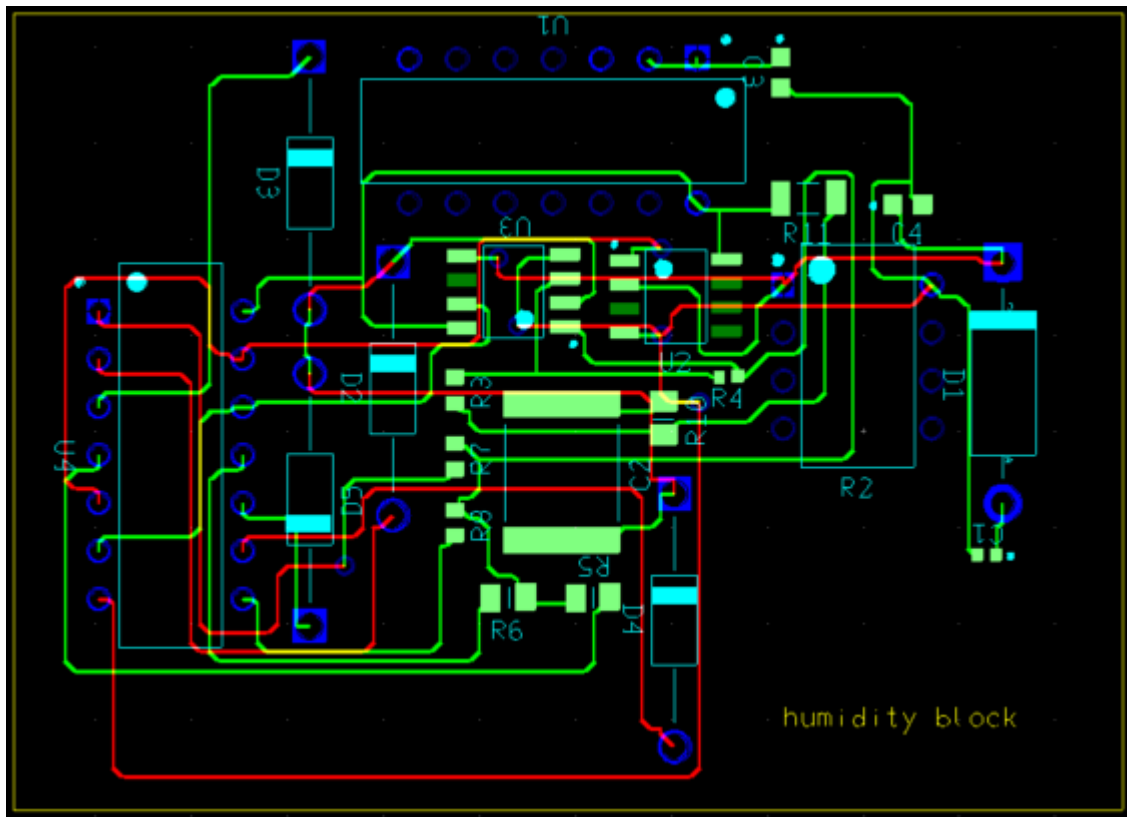
נוסחאות לחישוב :

(1) עבור השמיט טריג'ר NAND-

$$f = \frac{1}{2 * R * C * \ln\left(\frac{V_p}{V_n}\right)}$$

(2) עבור מסנן מעביר נמוכים LPF

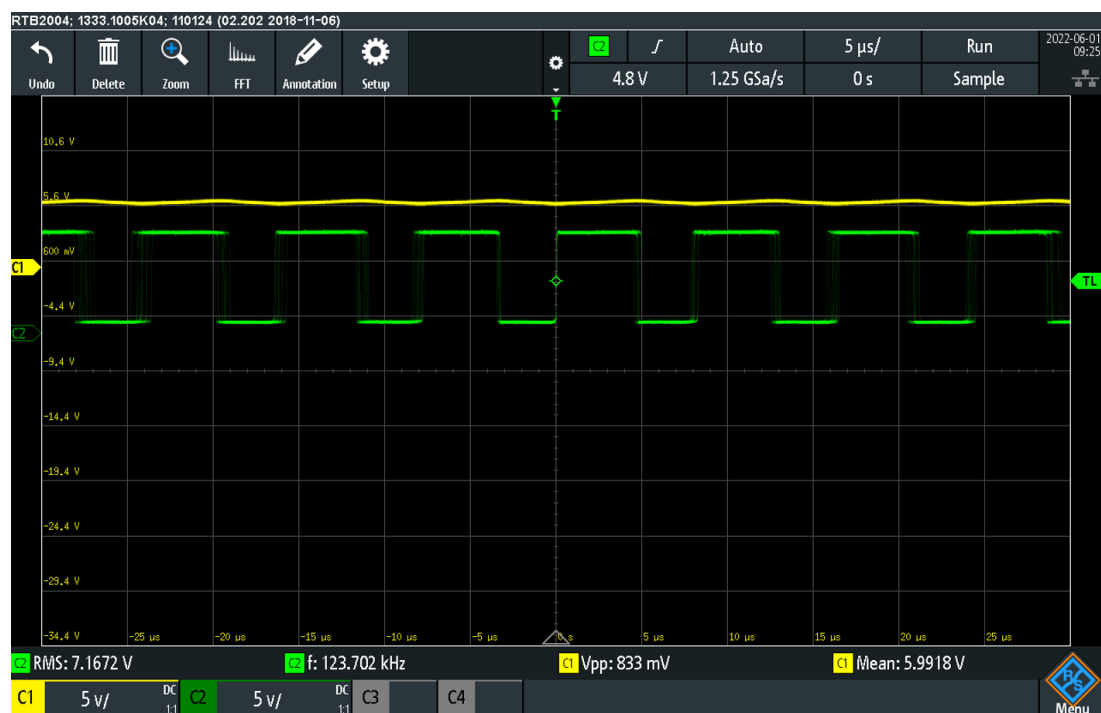
$$f_{cutoff} = \frac{1}{2 * \pi * RC}$$



ניסויים ותוצאות :



איור 4.1.2 – תיאור העבודה של בלוק הלחות, כאשר במצב יבש ניתן לראות ב-CH1 את המתח לאחר המסנן מעביר נמוכים ואת גודל האדווה. CH2 – ניתן לראות את מתח המוצא מהמתנד ואת התדר.

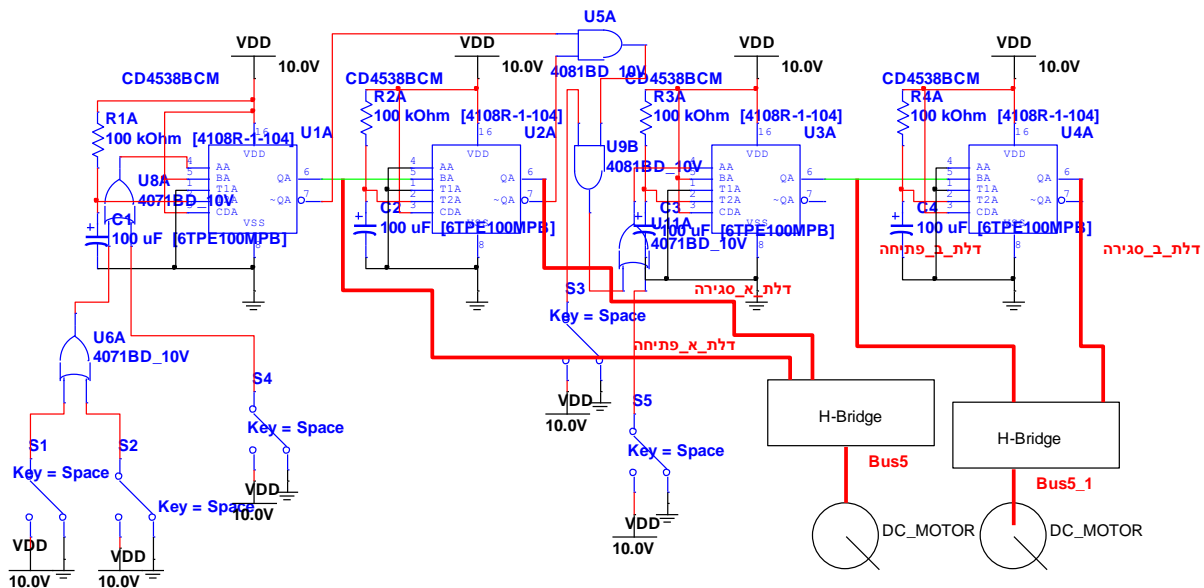


איור 4.1.3 – בלוק לחות במצב רטוב

4.1.3. בלוק שלישי – שליטה על דלת העמסה ודלת ראשית בחממה:

מטרת הבלוק הינו אפשרור כניסה לחממה תוך אבטחה מקסימלית, כאשר ישנן שתי דלתות וכל דלת יכולה להיפתח רק כאשר השנייה סגורה. הכניסה לחממה תהיה באמצעות טכנולוגיה AI בעזרת מצלמה ESP32cam אשר נועדה לזהות אובייקט אשר מורשה להיכנס לחממה כלומר, משאית בעלת מספר רישוי מסויים. בנוסף הכניסה לחממה תתאפשר בעזרת לחיצה על קומבינציית מספרים שבסופו של דבר תפתח את הדלת. לאחר הכניסה ישנו חיישן IR אשר נועד להגן על מי שעובר במחסום וכאשר מישהו עובר דרכו מוציא מתח של '1' דיגיטלי.

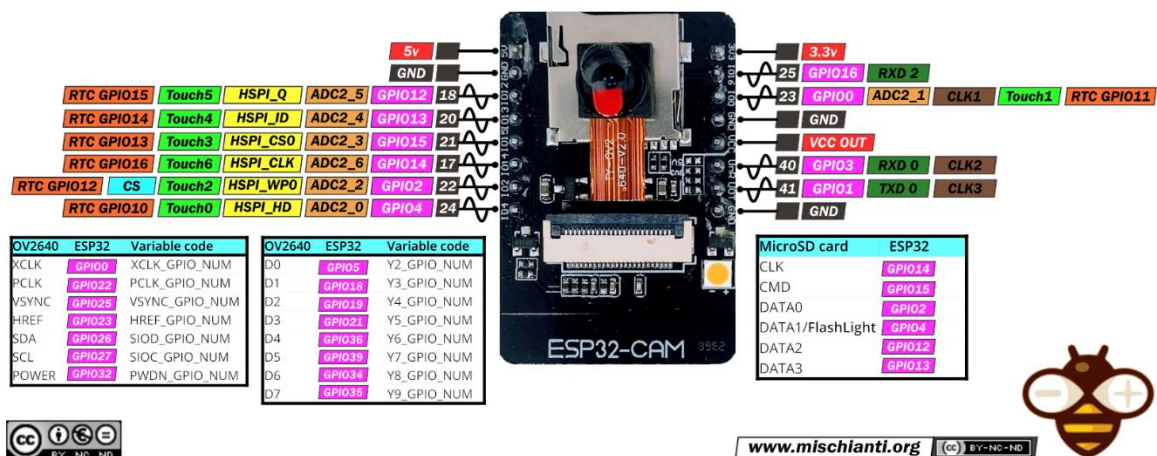
בעת הכניסה לחממה ישנו חיישן IR נוסף. ורק כאשר הדלת הראשונה סגורה ניתן להיכנס לשנייה.



איור 4.1.3.1 – תיאור חומרתי של בלוק החנייה והעמסה

ESP32 CAMERA

PINOUT



איור 4.1.3.2 – תיאור של ESP32CAM

לצורך כתיבת הקוד על גבי המצלמה השתמשתי בשתי שפות ++C ו Python כאשר השתמשתי בשתי ספריות עיקריות ליצירת ה AI במצלמה OPEN-CV כאשר מתוך ספרייה זאת קיבלתי את הדאטה לגבי זיהוי העצמים . הלוגיקה של המעגל פועלת באופן הבא :

טבלה 1 – טבלת אמת של חיישן מצלמה (X) וחיישן IR (Y) כאשר דלת 1 הינה A

X	Y	A
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$A = X + Y$$

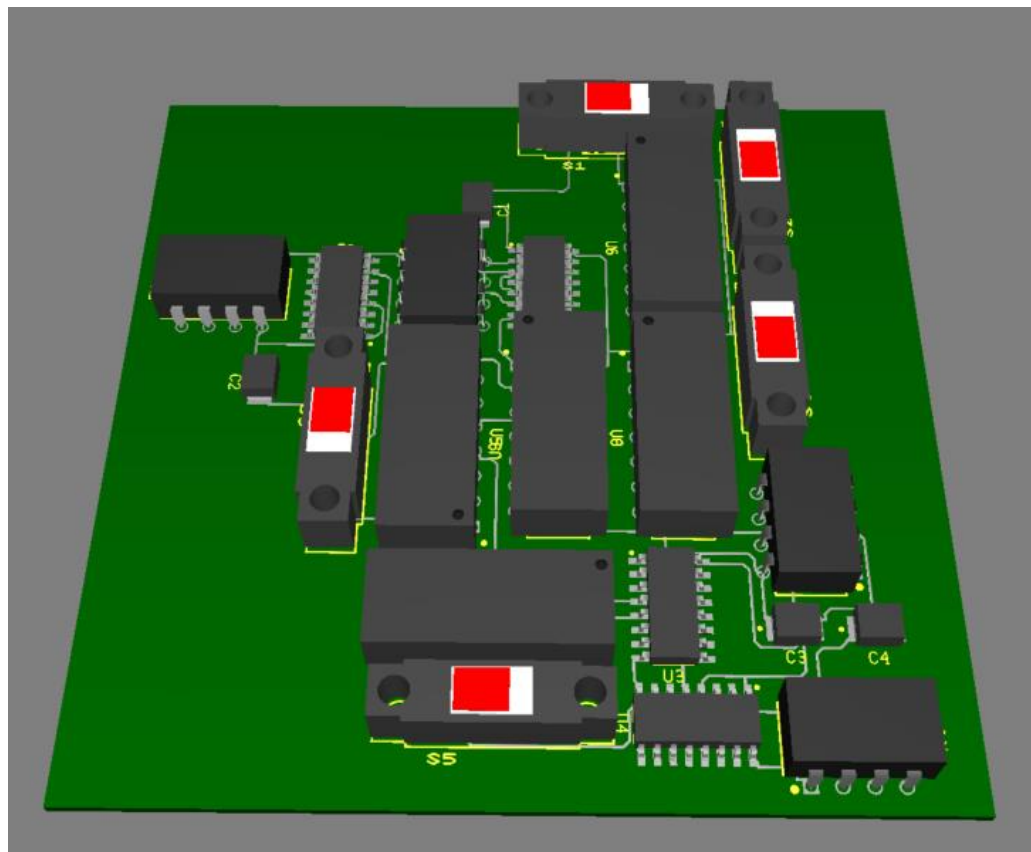
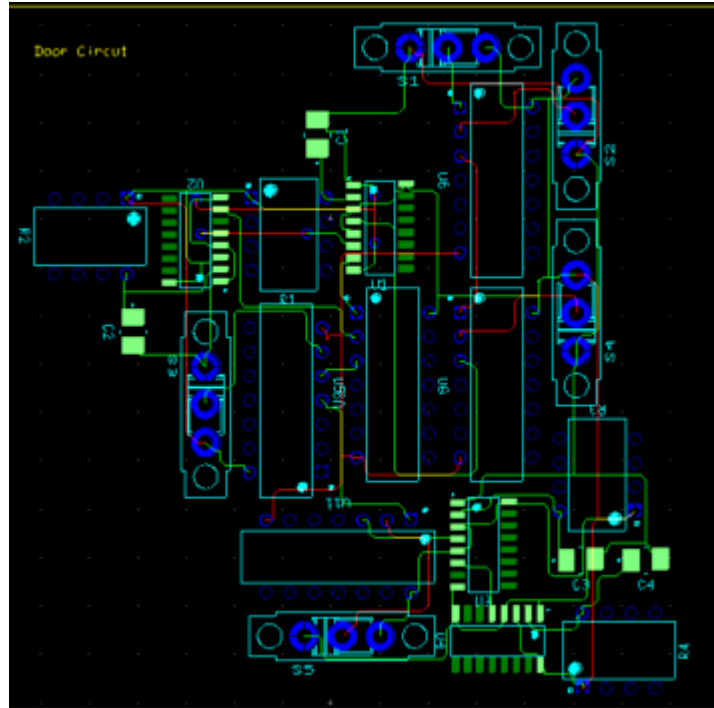
טבלה 2 – טבלת אמת של חיישן IR מתג ודלת A כאשר דלת 2 הינה B

A	Z	H	B
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

$$B = \neg A * (Z + H)$$

בנוסף, על מנת לייצר השהיות בפתיחת הדלת ובסגירת הדלת נשתמש ברכיב CD4538 חד יציב . לבסוף מוצאי החד יציב מחוברים לשני רכיבי L293 אשר נועדו למתג את מנוע ה DC.

מימוש המעגל על גבי לוח PCB:



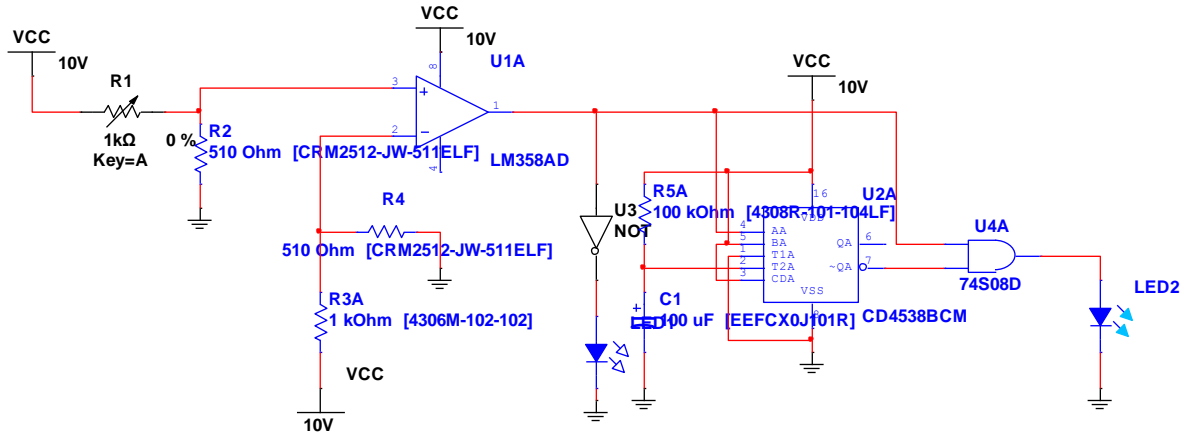
ניסויים ותוצאות:



איור 4.1.4 – תיאור בלוק הדלתות ניתן לראות את המתח המוצא ב-CH1 – כאשר הדלת נפתחת. CH2 – דלת במצב סגור.

4.1.4. בלוק רביעי – שליטה על התאורה והגג בחממה:

תפקיד הבלוק הינו שליטה על התאורה בחממה, כאשר החיישן מזהה שיש שמש מעל ל-10 שניות אזי הוא פותח את גג החממה וניזון מאור טבעי. במידה ואין שמש מעל 10 שניות אז מופעל תאורה בחממה.



איור 4.1.4.1 – תיאור חומרתי של מעגל התאורה והגג

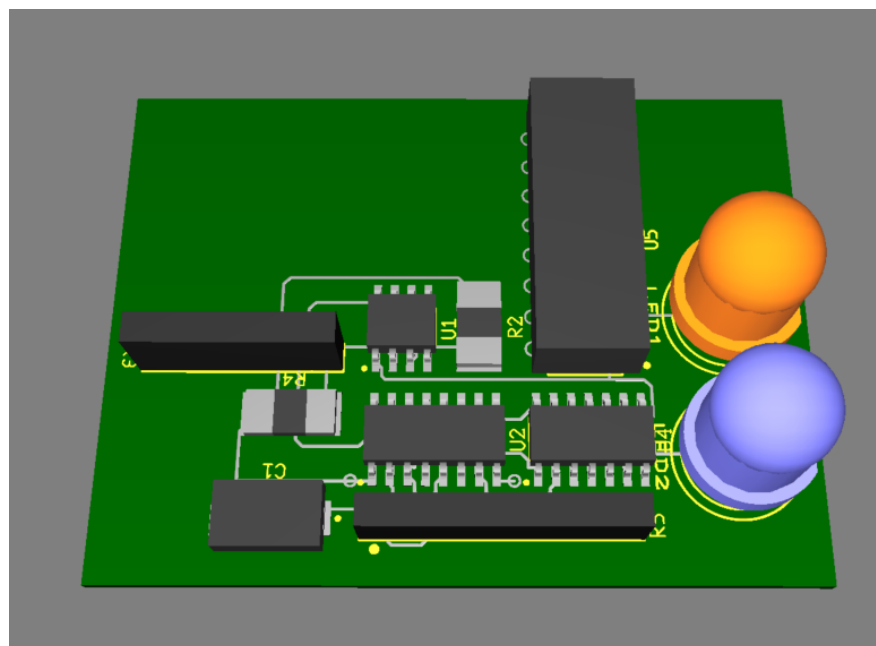
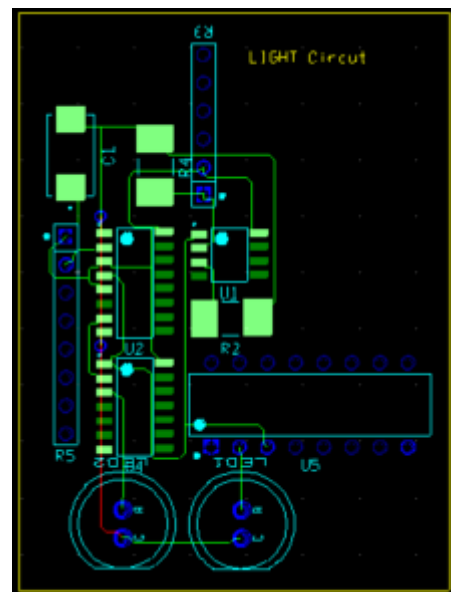
לצורך בניית המעגל השתמשנו ברכיב LDR אשר הינו רכיב התנגדותי כאשר בהתאם לכמות האור שהוא נחשף אליו הוא מוציא התנגדות משתנה.



איור 4.1.4.2 – חיישן LDR

לוגיקת המעגל פועלת באופן הבא:
ביצענו מחלק מתח בכניסה למגבר משווה אשר תפקידו להוציא '0' או '1' דיגיטלי אשר, במוצאו המעגל מתחלק לשניים כאשר אין תאורה המגבר משווה יוציא '0' דיגיטלי והוא יגיע לשער NOT אשר יהפוך את ה'0' ל'1' דיגיטלי ולבסוף ידליק את התאורה בחממה.
כאשר במוצא המצגבר יגיע '1' דיגיטלי כלומר יש תאורה מספקת בסביבה אזי יגיע פולס (מתח) למרכיב החד יציב אשר יבצע השהייה של 10 שני' ולאחר מכן הגג בחממה יפתח .

מימוש על גבי לוח PCB:

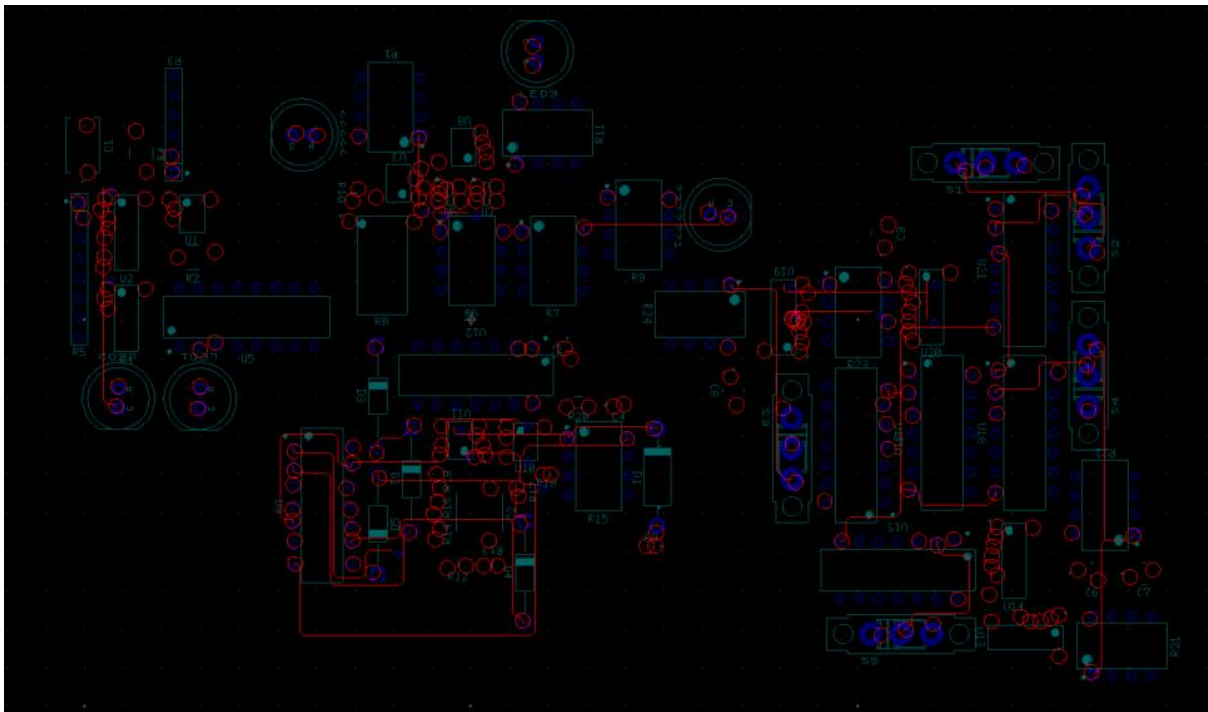


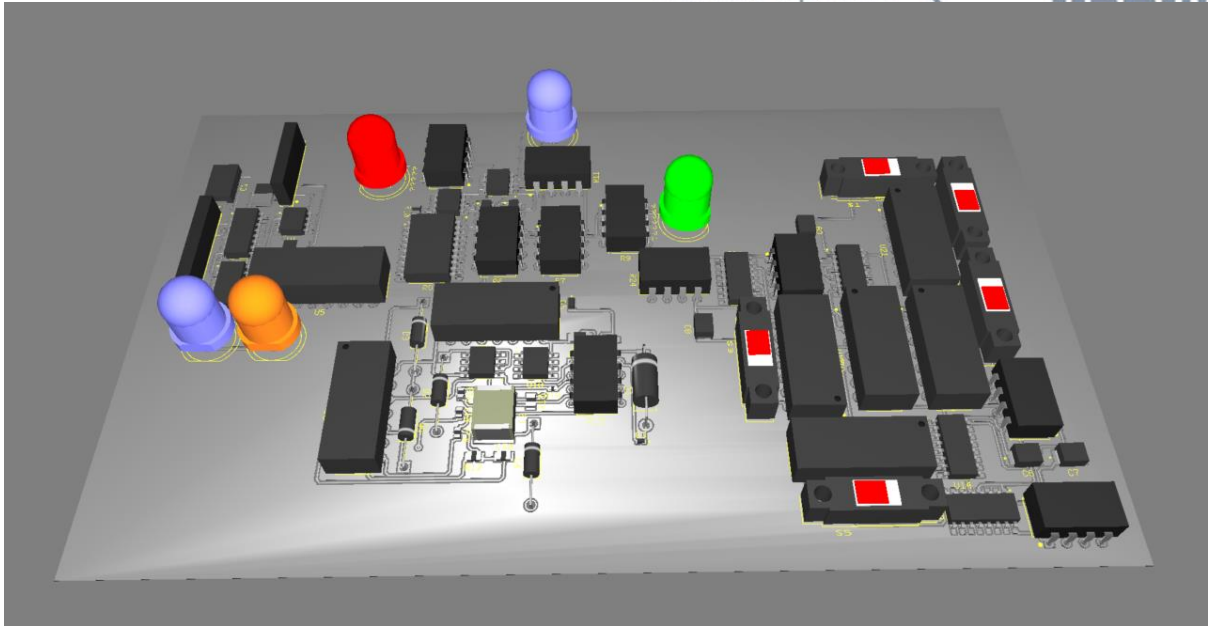
ניסויים ותוצאות:



איור 4.1.6 – תיאור עבודה של בלוק התאורה ניתן לראות את מתח המוצא מרכיב החד יציב.

מימוש כל המעגלים כל גבי לוח PCB :





4.2. מימוש התוכנה-

כפי שפורט על שלבי הקוד, בסעיף 3.2 (שלבי תכנון התוכנה).
מימוש התוכנה בוצע באמצעות בקר ESP32 אשר נכתב בשפת Python בסביבת עבודה PyCharm.
לצורך כתיבה בשפת Python צרבנו על הבקר micropython.
מטרת הבקר הינה שליטה מרחוק במעגל.

את השליטה מרחוק ביצענו באמצעות WiFi.
פתחנו דף HTML והקמנו SOCKET* בין הבקר לWEBSERVER.

```
try:
    import usocket as socket
except:
    import socket

from machine import Pin, ADC
import network

import esp
esp.osdebug(None)

import gc
```

```
gc.collect()

# set pinout
po13 = Pin(13, Pin.OUT)
po12 = Pin(12, Pin.OUT)
po14 = Pin(14, Pin.OUT)
po27 = Pin(27, Pin.OUT)
po26 = Pin(26, Pin.OUT)
po25 = Pin(25, Pin.OUT)
pi36 = ADC(Pin(36))
pi39 = ADC(Pin(39))
pi34 = ADC(Pin(34))

# set vari for pinout
AC_temp_write = po13
AC_temp_write.off()
Water_Humidity_write = po12
Water_Humidity_write.off()
Light = po14
Light.off()
Roof = po27
Roof.off()
Door_1 = po26
Door_1.off()
Door_2 = po25
Door_2.off()
Ac_temp_read = pi36
humidity_read = pi39

# wifi setting
ssid = "GuyEyalCannbis"
password = '123456789'

ap = network.WLAN(network.AP_IF)
ap.active(True)
ap.config(essid=ssid, password=password)

while ap.active() == False:
    pass

print('Connection successful')
print(ap.ifconfig())

#test Pin
led = Pin(2, Pin.OUT)

#initail the state to OFF mode
ac_state = "OFF"
water_state = "OFF"
light_state = "OFF"
door_1_state = "OFF"
door_2_state="OFF"
led_state = "OFF"

#HTML WEB PAGE
def web_page():
    html = """<html>

<head>
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
    <link rel="stylesheet"
```

```

href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.2/css/all.css"
  integrity="sha384-
fnmOCqBtLWI1j8LyTjo7mOUStjsKC4pOpQbqyi7RrhN7udi9RwhKkMHpvLbHG9Sr"
crossorigin="anonymous">
  <style>
    html {
      font-family: Arial;
      display: inline-block;
      margin: 0px auto;
      text-align: center;
    }

    .button {
      background-color: #ce1b0e;
      border: none;
      color: white;
      padding: 16px 40px;
      text-align: center;
      text-decoration: none;
      display: inline-block;
      font-size: 16px;
      margin: 4px 2px;
      cursor: pointer;
    }

    .button1 {
      background-color: #000000;
    }
  </style>
</head>

<body>
  <h2>Guy & Eyal CannaboTech Control Base</h2>
  <center>
    LED state: <strong>"" + led_state + ""</strong></p>
    <p>
      <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
      <a href="\?led_2_on\"><button class="button">LED ON</button></a>
    </p>

    <p>
      <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
      <a href="\?led_2_off\"><button class="button button1">LED
OFF</button></a>
    </p>
    AC state: <strong>"" + ac_state + ""</strong></p>
    <p>
      <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
      <a href="\?AC=1\"><button class="button">AC ON</button></a>
    </p>
    <p>
      <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
      <a href="\?AC=0\"><button class="button button1">AC
OFF</button></a>
    </p>
    WATER state: <strong>"" + water_state + ""</strong></p>
    <p>
      <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
      <a href="\?WATER=1\"><button class="button">WATER ON</button></a>
    </p>
    <p>

```

```

        <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
        <a href="\ "?WATER=0\"><button class="button button1">WATER
OFF</button></a>
    </p>
    light state: <strong>"" + light_state + ""</strong></p>
    <p>
        <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
        <a href="\ "?LIGHT=1\"><button class="button">LIGHT ON</button></a>
    </p>
    <p>
        <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
        <a href="\ "?LIGHT=0\"><button class="button button1">LIGHT
OFF</button></a>
    </p>
    door 1 state: <strong>"" + door_1_state + ""</strong></p>
    <p>
        <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
        <a href="\ "?DOOR1=1\"><button class="button">DOOR 1
OPEN</button></a>
    </p>
    <p>
        <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
        <a href="\ "?DOOR1=0\"><button class="button button1">DOOR 1
CLOSE</button></a>
    </p>
    door 2 state: <strong>"" + door_2_state + ""</strong></p>
    <p>
        <i class="fas fa-lightbulb fa-3x" style="color:#c81919;"></i>
        <a href="\ "?DOOR2=1\"><button class="button">DOOR 2
OPEN</button></a>
    </p>
    <p>
        <i class="far fa-lightbulb fa-3x" style="color:#000000;"></i>
        <a href="\ "?DOOR2=0\"><button class="button button1">DOOR2
CLOSE</button></a>
    </p>

    <h3><CannboTech DATA</h3>
    <h3>temp data</h3>
    <h3>humidity data</h3>

</body>

</html>""
    return html

#socket setting between WEBSERVER TO ESP32
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
s.bind(('', 80))
s.listen(5)

while True:
    try:
        if gc.mem_free() < 102000:
            gc.collect()
        conn, addr = s.accept()
        conn.settimeout(3.0)
        print('Received HTTP GET connection request from %s' % str(addr))
        request = conn.recv(1024)
        conn.settimeout(None)

```

```
request = str(request)
print('GET Request Content = %s' % request)
#PIN ENABLE
led_on = request.find('/?led_2_on')
led_off = request.find('/?led_2_off')
if led_on == 6:
    print('LED ON')
    led_state = "ON"
    led.on()
if led_off == 6:
    print('LED OFF')
    led_state = "OFF"
    led.off()
ac_on = request.find('/?AC=1')
ac_off = request.find('/?AC=0')
if ac_on == 6:
    print('AC ON')
    ac_state="ON"
    AC_temp_write.on()
elif ac_off == 6:
    print('AC OFF')
    ac_state="OFF"
    AC_temp_write.off()
water_on = request.find('/?WATER=1')
water_off = request.find('/?WATER=0')
if water_on == 6:
    print('WATER ON')
    water_state="ON"
    Water_Humidity_write.on()
elif water_off == 6:
    print('Water OFF')
    water_state="OFF"
    Water_Humidity_write.off()
light_on = request.find('/?LIGHT=1')
light_off = request.find('/?LIGHT=0')
if light_on == 6:
    print('light ON')
    light_state="ON"
    Light.on()
elif light_off == 6:
    print('LIGHT OFF')
    light_state="OFF"
    Light.off()
door1_on = request.find('/?DOOR1=1')
door1_off = request.find('/?DOOR1=0')
if door1_on == 6:
    print('DOOR 1 OPEN')
    door_1_state="OPEN"
    Door_1.on()
elif door1_off == 6:
    print('DOOR 1 CLOSE')
    door_1_state="CLOSE"
    Door_1.off()
door2_on = request.find('/?DOOR2=1')
door2_off = request.find('/?DOOR2=0')
if door2_on == 6:
    print('Door 2 open')
    door_2_state="OPEN"
    Door_2.on()
elif door2_off == 6:
    print('Door 2 close')
```

```

door_2_state="CLOSE"
Door_2.off()

response = web_page()
conn.send('HTTP/1.1 200 OK\n')
conn.send('Content-Type: text/html\n')
conn.send('Connection: close\n\n')
conn.sendall(response)
conn.close()
#close socket
except OSError as e:
    conn.close()
    print('Connection closed')

```

בנוסף בוצע תהליך של כתיבת קוד עבור ESP32CAM אשר בפועל הינו חיישן עבור מעגל הדלת הראשית בבלוק הדלתות .

לצורך ביצוע הקוד כתבנו בשתי שפות C++ Pythoni כאשר בשפת C++ ביצענו את הדברים הטכניים במצלמה כלומר פתיחת socket המצלמה לWEBSERVER על מנת לשלוט בה מרחוק. לאחר מכן כתבנו ב Python על מנת לעשות ביצוע של זיהוי אובייקטים ספציפים באמצעות ה DATA של ספריית OPEN-CV

מימוש הקוד בשפת C++ להקמת SOCKET

```

#include "esp_camera.h#
<include <WiFi.h#

```

```

define CAMERA_MODEL_AI_THINKER#

```

```

#include "camera_pins.h#

```



```
;"const char* ssid = "ESP32-CAM Access Point
```

```
;"const char* password = "123456789
```

```
;)void startCameraServer
```

```
 } ()void setup
```

```
;(115200)Serial.begin
```

```
;Serial.setDebugOutput(true)
```

```
;)Serial.println
```

```
;camera_config_t config
```

```
;config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0
```

```
;config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0
```

```
;config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_href = HREF_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM
```

```
;config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM
```

```
;config.xclk_freq_hz = 20000000
```

```

;config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG
init with high specs to pre-allocate larger buffers//

    }if(psramFound())

;config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA

;config.jpeg_quality = 10

;config.fb_count = 2

    } else {

;config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA

;config.jpeg_quality = 12

;config.fb_count = 1

    {

if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)#

;pinMode(13, INPUT_PULLUP)

;pinMode(14, INPUT_PULLUP)

endif#

camera init //

;esp_err_t err = esp_camera_init(&config)

    } if (err != ESP_OK)

;Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err)

;return

{

;()sensor_t * s = esp_camera_sensor_get

initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated//

    } if (s->id.PID == OV3660_PID)

s->set_vflip(s, 1);//flip it back

s->set_brightness(s, 1);//up the blightness just a bit

s->set_saturation(s, -2);//lower the saturation

    {

```

drop down frame size for higher initial frame rate//

```
;s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA)
```

```
if defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE)#
```

```
;s->set_vflip(s, 1)
```

```
;s->set_hmirror(s, 1)
```

```
endif#
```

```
;WiFi.softAP(ssid, password)
```

```
;()IPAddress IP = WiFi.softAPIP
```

```
;Serial.print("AP IP address: ")
```

```
;Serial.println(IP)
```

```
;()startCameraServer
```

```
;Serial.print("Camera Ready! Use 'http://'")
```

```
;Serial.print(WiFi.localIP())
```

```
;Serial.println(" to connect")
```

```
{
```

```
} ()void loop
```

```
:put your main code here, to run repeatedly //
```

```
;(10000)delay
```

```
{
```

```
מימוש האלגוריתם לזיהוי אובייקטים :
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import cvlib as cv
import urllib.request
import numpy as np
from cvlib.object_detection import draw_bbox
import concurrent.futures

url = 'http://192.168.4.1/'
im = None
```

```
def run1():
    cv2.namedWindow("live transmission", cv2.WINDOW_AUTOSIZE)
    while True:
        img_resp = urllib.request.urlopen(url)
        imgnp = np.array(bytearray(img_resp.read()), dtype=np.uint8)
        im = cv2.imdecode(imgnp, -1)

        cv2.imshow('live transmission', im)
        key = cv2.waitKey(5)
        if key == ord('q'):
            break

    cv2.destroyAllWindows()

def run2():
    cv2.namedWindow("detection", cv2.WINDOW_AUTOSIZE)
    while True:
        img_resp = urllib.request.urlopen(url)
        imgnp = np.array(bytearray(img_resp.read()), dtype=np.uint8)
        im = cv2.imdecode(imgnp, -1)

        bbox, label, conf = cv.detect_common_objects(im)
        im = draw_bbox(im, bbox, label, conf)

        cv2.imshow('detection', im)
        key = cv2.waitKey(5)
        if key == ord('q'):
            break

    cv2.destroyAllWindows()

if __name__ == '__main__':
    print("started")
    with concurrent.futures.ProcessPoolExecutor() as executor:
        f1 = executor.submit(run1)
        f2 = executor.submit(run2)
```


5. מכשירי המדידה –

5.1. מסקנות הפרויקט:

6. בעקבות עבודה על הפרויקט יושם שימוש ברכיבים השונים הנלמדו עד כה בשאר קורסי הלמידה, בוצע קריאה מדפי נתונים לעומק תוך כדי התחשבות בדרישות הרכיבים, תוך מתן דגש על גבולות עליונים.
7. הקפדה על עבודה מסודרת מונעת בעיות בעתיד ועוזרת בפתרון בעיות קיימות. לפני כל הרכבה של חלק חדש במעגל מומלץ לתכנן בקפידה ולשרטט את המעגל.
8. במערכת זו נוצרו 4 בקורות שליטה אוטומטית של החממה, אשר מקנה ניצול אפקטיבי של גדילת הצמחים מאנרגיית השמש. בנוסף ישנה מערכת בקרת שליטה של כניסה לחממה, אשר מתוכננת כך שתתפעל את כלל הערכת בבטיחות וביעילות.
9. תוך העבודה על הפרויקט ניתן היה לראות כי יש הבדלים משמעותיים בין התכנון התיאורטי לבין המעשי, דבר זה בא לידי ביטוי בתכנון בלוק הלחות כיוון שהיה שימוש במסנן מעביר נמוכים שדרש חישוב תיאורטי מראש אך בפועל היה הבדל בתחום התדרים והמתחים שיוצאים בין התיאורטי למעשי.