

תכנון ומימוש בר המים החדש אריאל 8.

קדם פרויקט המהווה חלק מהדרישות לתואר B.Sc.

מוגש ע"י :

שליו הררי - 314833625

דניאל רם - 208958322

מנחים: מהנדס מאיר בוסקילה, מר אנדרי יארושבסקי.

תוכן העניינים:

2.....	הכרת תודה.....	
3.....	תקציר.....	
4.....	מבוא.....	1.
4.....	התפתחות ההיגיינה בעולם המודרני	1.1.
5.....	שילוב מערכות חכמות בהגיינה	1.2.
5.....	הצורך	1.3.
6.....	מטרת הפרויקט	2.
6.....	תנאי התכנון	2.1.
7.....	דרישות המערכת	2.2.
8.....	תיאור המערכת	3.
8.....	סכמת בלוקים	3.1.
11.....	תיכנון ומימוש חומרתי	4.
11.....	מימוש החומרה	4.1.
11.....	תיכנון החומרה.....	4.2.
13.....	מימוש המערכת	5.
13.....	סימולציות ותצוגות סקופ	5.1.
31.....	מימוש החומרה ע"י מיקרו בקר (ארדואינו).....	5.2.
32.....	PCB של המערכת.....	5.3.
33.....	תוצאות ואתגרים.....	6.
34.....	תוצאות הפרויקט.....	6.1.
34.....	שגיאות המערכת.....	6.2.
35.....	אתגרים במהלך הפרויקט.....	6.3.
36.....	סיכום ומסקנות.....	7.
36.....	סיכום.....	7.1.
36.....	מסקנות הפרויקט.....	7.2.
37.....	מקורות ספרותיים.....	8.

הכרת תודה

לאורך הפרויקט היו מספר גורמים ואנשים אשר סייעו הן במחשבה הן בדיבור והן במעשה להצלחת הפרויקט.

על כן ברצוננו להודות ראשית לבורא עולם אשר מלווה אותנו בחיים בכלל ובמהלך הלימודים בפרט.

בנוסף תודה מיוחדת למשפחתנו האהובה אשר כל זה לא היה מתאפשר בלעדיה אשר מלווים אותנו לאורך לימודי התואר ותומכים בנו לכל אשר נפנה.

כמו כן , תודה אישית למנחים, מאיר בוסקילה ואנדריי יארושבסקי על הליווי במהלך הפרויקט.

תקציר:

בפרויקט זה תוכננה ומומשה מערכת חכמה לבקרה ושליטה על בר מים חכם. לשם כך, ראשית נלמדו ונותחו הדרישות והפרמטרים בהם המערכת צריכה לעמוד. מתוך כך תוכננה סכמת בלוקים ראשונית אשר באמצעותה תוכננה המערכת ברמת החיבורים והרכיבים.

קיימת דרישה של שליטה ובקרה על מספר פרמטרים: טמפרטורת מים, זמני מזיגה, עצירת מזיגה, הרתחה, איתות גלישת מים, הצגת טמפרטורת מים בזמן אמת והצגת זמני המזיגה (ספירה לאחור). כחלק מדרישות אלו יש צורך לממש זאת במעגלים דיסקרטיים בלבד.

בכדי להעריך את טמפרטורת המים על פרמטר נעשה שימוש בחיישן מתאים להערכת הפרמטר וביצוע מניפולציות על נתון זה בכדי לקיים את כלל הדרישות.

לאחר תכנון סכמת בלוקים בוצע תכנון החומרה אשר נעשה בתכנון רכיבים וחיבורים בתוכנת סימולציה Multisim ובוצעו סימולציות לתקינות המעגל.

לאחר מכן, בוצע מימוש על גבי מטריצת חיבורים ובוצעו בדיקות תקינות המעגלים. בנוסף, נעשה תכנון PCB המוכן להדפסה עבור מעגלים אלו.

לאחר מכן, לטובת הצגת טמפרטורת מים בזמן אמת נעשה שימוש במיקרו בקר (ארדואינו) אשר בעזרתו המערכת תוכל להציג למשתמש את טמפרטורת המים בזמן אמת.

במהלך כלל העבודה בפרויקט בוצעו תיעודיים למדידות ולקביעות שנעשו ובהתאם לכך בוצעו תיקונים לייעול המעגלים.

1) מבוא

עולם ההיגיינה הינו עולם בהתפתחות מתמדת.

התפתחות זו באה לידי ביטוי בטכנולוגיות שונות שמטרתם להפוך את אורך חיינו לבריא יותר.

בבר המים אריאל 8 בפרט קיימות דרישות רבות לייעול ובקרה על איכות המים. טמפרטורה, זמן מזיגה, קירור והרתחה ובנוסף אבטחה על המתקן.

השתלבות עולם ההנדסה בהתפתחות זו בא לידי ביטוי ביצור מערכות בקרה ושליטה על כלל הפרמטרים הנדרשים.

1.1 התפתחות ההיגיינה בעולם המודרני.

משחר ההיסטוריה היו מספר בעיות אשר גרמו לפגיעה בקדמה של המין האנושי, כאשר השתיים המרכזיות הינן: חוסר היגיינה ואי קרבה למים זורמים.

מתחילת צעדיו של המין האנושי על פני כוכב לכת זה יכולנו לשים לב כי הדבר החיוני ביותר להתיישבות הינו מים זורמים ונקיים, אנו יכולים להבחין כי רוב אם לא כלל הערים העתיקות נבנו על יד מקורות מים נקיים אשר שימשו אותם בתחילה לשתייה ולחקלאות ובהמשך להפקת אנרגיה.

דבר נוסף אשר מאוד השפיע על המין האנושי היה חוסר בהיגיינה, נוכל לשים לב כי במהלך ההיסטוריה היו לא מעט מגפות, לדוגמא מגפת המוות השחור אשר הכתה באירופה במהלך המאה ה-14 אשר קיפחו את חייהם של לא מעט אנשים, דבר אשר השפיע מאוד על הקדמה של המין האנושי.

עם התפתחות הטכנולוגיה והכרה במושג שנקרא היגיינה הומצאו פתרונות אשר בעזרתם המין האנושי יוכל להגדיל את תוחלת חייו ובנוסף להתגבר על מגפות אשר פוקדות את כוכב לכת זה, לדוגמא הקורונה, בעזרת שימוש רחב במוצרי היגיינה הצליח המין האנושי להתגבר על מגפה זו.

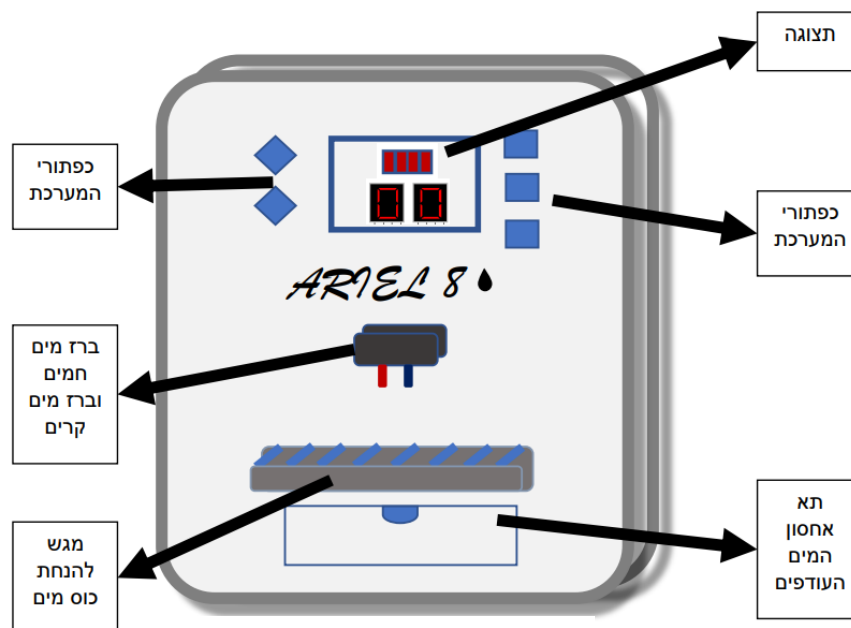
עם ההתפתחות, הטכנולוגיה שולבה גם בעולם ההיגיינה ובכך קידמה את האפשרות לתת למין האנושי אפשרות להתיישבות גם באזורים בהם לא ניתן להתקיים ממי השתייה (עקב זיהום נהרות) ע"י פיתוח מוצר בר מים.

פיתוחים אלו הביאו לעלייה בתוחלת החיים ומתן נגישות של מים נקיים ליותר אוכלוסיות.

1.2 שילוב מערכות חכמות בהיגיינה.

עם התפתחות של העולם המודרני המערכת החיסונית של האדם נחלשה, אם בעבר אדם היה מצליח לחיות עד גיל מסוים ללא שימוש בחיסונים ובגישה מוגבלת למים נקיים בימינו דבר זה אינו אפשרי, כתוצאה מכך נדרש האדם לתת מענה לבעיה מספר אחת של האנושות, מקור מים זורמים ונקיים.

לשם כך נתכנסו כלל המהנדסים באוניברסיטת אריאל והבינו כי יש צורך למתן מכשיר ביתי אשר בעזרתו נקבל גישה למים נקיים ובנוסף אפשרות למתן מים רותחים וקרים אשר משמשים אותנו בצרכי היומיום. לשם כך קיימות מערכות טכנולוגיות לשליטה ובקרה על טמפרטורת המים. זמן מזיגה, זליגת מים מהכוס, מתן אפשרות להפסקת מזיגה ועוד.



איור 1: בר מים 8 אריאל

1.3 הצורך

עולם ההיגיינה מתפתח בצעדי ענק ומביא למהפכה בתחום, אך הבעיה העיקרית שהוא נלחם נגדה כיום הוא שינוי ההרגל של האדם הממוצע, בימנו לא מעט אנשים אינם שותים מספיק מים במהלך היום (במיוחד בימי החורף), אחת מהדרכים להתמודד עם בעיה זו היא העלאת המודעות לחשיבות של צריכת מים נקיים ובנוסף לצריכת מים בכללי במהלך היום.

לשם כך הומצא בר מים זה אשר בעזרת לחיצת כפתור נותן גישה למקור מים נקיים ומרעננים בקלות ובמהירות.

2) מטרת הפרויקט

פיתוח מערכת אשר בעזרתה ניתן לתת הנגשה למים ראויים לשתייה לכל אחד מהבתים בישראל, מערכת זו נותנת אפשרות למשתמש לבחור את סוג המים (חמים, קרים ופושרים), את זמן המזיגה של המים (4 sec , 8 sec ו 15 sec) ובנוסף מאותת למשתמש על מצב זליגה של מים מכלי המילוי.

2.1 תנאי התכנון.

בר המים שתוכנן במסגרת הקורס יכלול:

1. בקר השולט על טמפרטורת המים $50^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$.
2. בקר שני השולט על טמפרטורת המים $5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$.
3. כפתור הרתחה ל- 90°C .
4. אפשרויות זמני מזיגה שונות.
5. מד טמפרטורה המציג את טמפרטורת המים בזמן אמת.
6. אפשרות הפסקת מזיגה בכל רגע נתון.
7. מתן איתות למשתמש כאשר מתבצעת זליגת מים מהכוס.
8. ספירה לאחור בעת מזיגת המים.

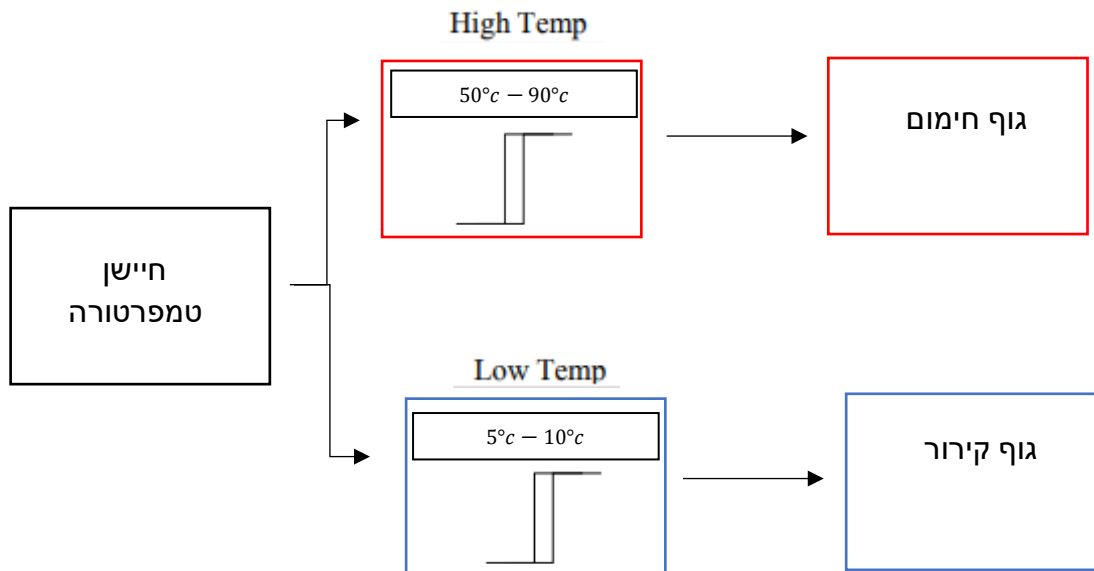
2.2 דרישות המערכת.

1. **בחירת סוג מים** - על המערכת לתת למשתמש אפשרות לבחור את סוג המים בו הוא חפץ, חמים קרים או פושרים.
2. **הטמפרטורה שהבקר שולט עליה מתחלקת לשני חלקים.**
 - 2.1-מים חמים- על הבקר לשמור על טווח טמפרטורת המים בין $50^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$.
 - 2.2-מים קרים- על הבקר לשמור על טווח טמפרטורת המים בין $5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$.
3. **מספר אפשרויות המזיגה מתחלקת לשלושה חלקים:**
 - 3.1 : מים חמים - על המערכת לתת אפשרות מזיגת מים בתנאי והטמפרטורה של המים החמים מעל 90°C למשך 4 sec .
 - 3.2 : מים קרים - על המערכת לתת אפשרות מזיגת מים כאשר זמני המזיגה הם כדלקמן : 4 sec , 8 sec ו 15 sec . בטווח טמפרטורה של $5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$.
 - 3.3 : מים פושרים - על המערכת לתת אפשרות מזיגת מים בטווח הטמפרטורה של $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ למשך 4 sec .
4. **הרתחה-** למשתמש ישנה אפשרות להרתיח את המים עד לטמפרטורה של 90°C .
5. **מד טמפרטורה-** לכל אורך זמן המזיגה על המערכת להציג למשתמש את טמפרטורת המים ואת זמן המזיגה הנותר לסיום מילוי הכוס.
6. **אפשרות הפסקת מזיגה-** על המערכת לתת אפשרות למשתמש לבצע הפסקת מזיגה בכל רגע נתון ע"י לחיצה על אחד מלחצני המערכת.
7. **מתן איתות-** על המערכת לאותת למשתמש כי מתחילה זליגה של מים מתא אחסון המים.
8. **ספירה לאחור** – על המערכת להציג את זמן מזיגת המים שנותר בשעת מזיגה.

(3) תיאור המערכת.

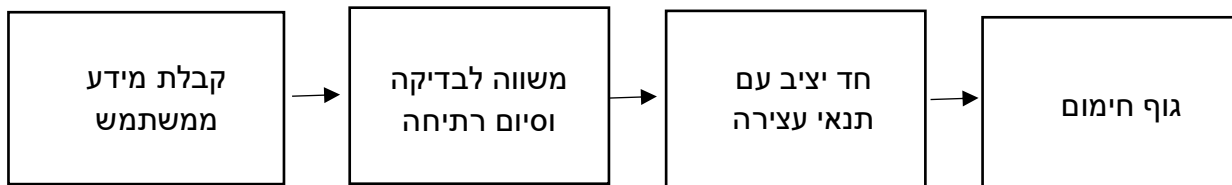
3.1 הסבר כללי על המערכת - סכמת בלוקים.

1. שליטה על הטמפרטורה.



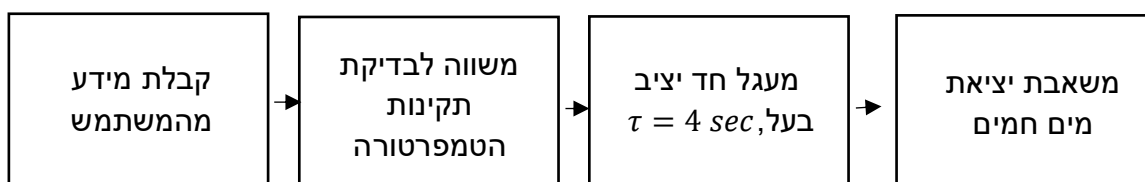
איור 2: סכמת בלוקים לשליטה על טמפרטורה.

2. מצב הרתחת מים.



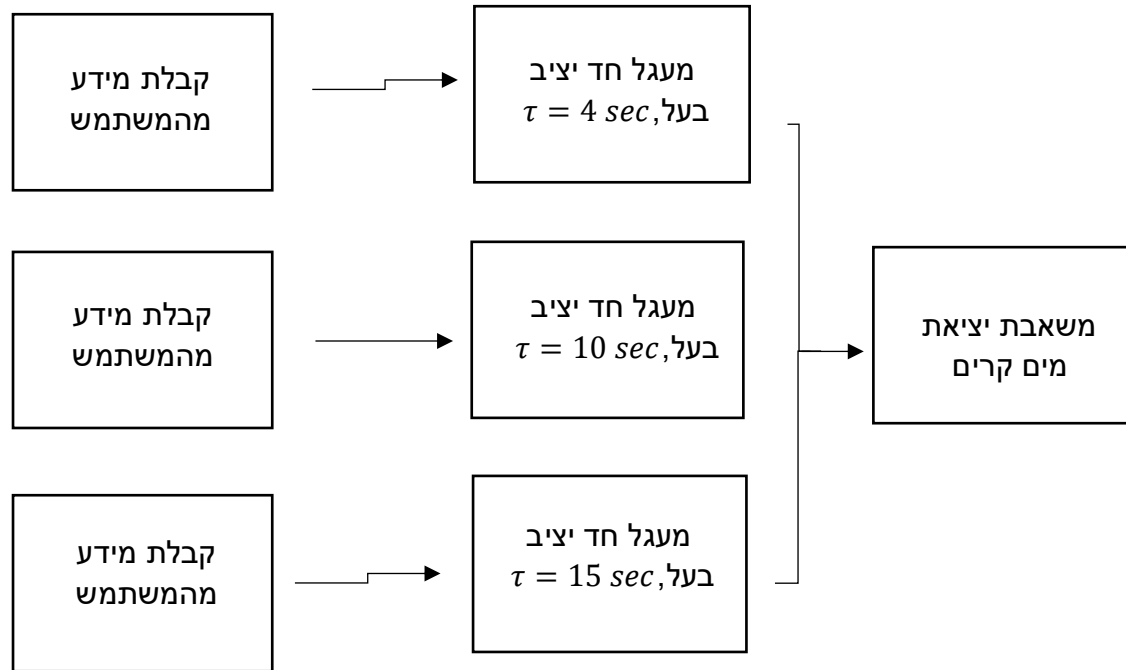
איור 3: סכמת בלוקים להרתחה המים

3. מצב מזיגת מים חמים



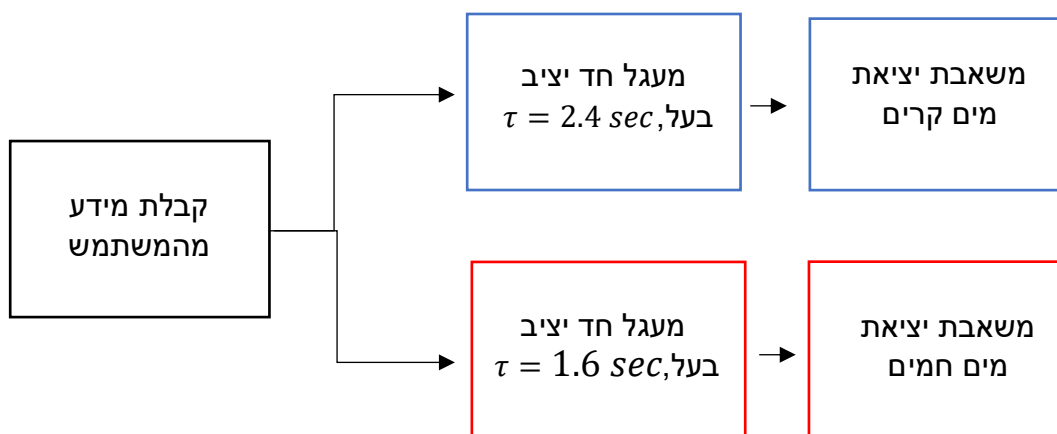
איור 4: סכמת בלוקים למזיגת מים חמים.

4 . מצב מזיגת מים קרים.



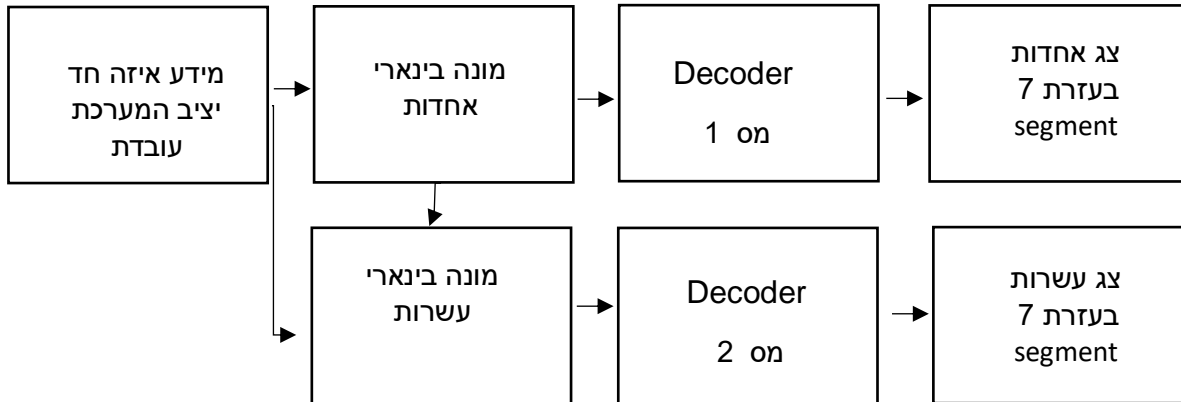
איור 5: סכמת בלוקים למזיגת מים קרים.

5 . מצב מזיגת מים פושרים.



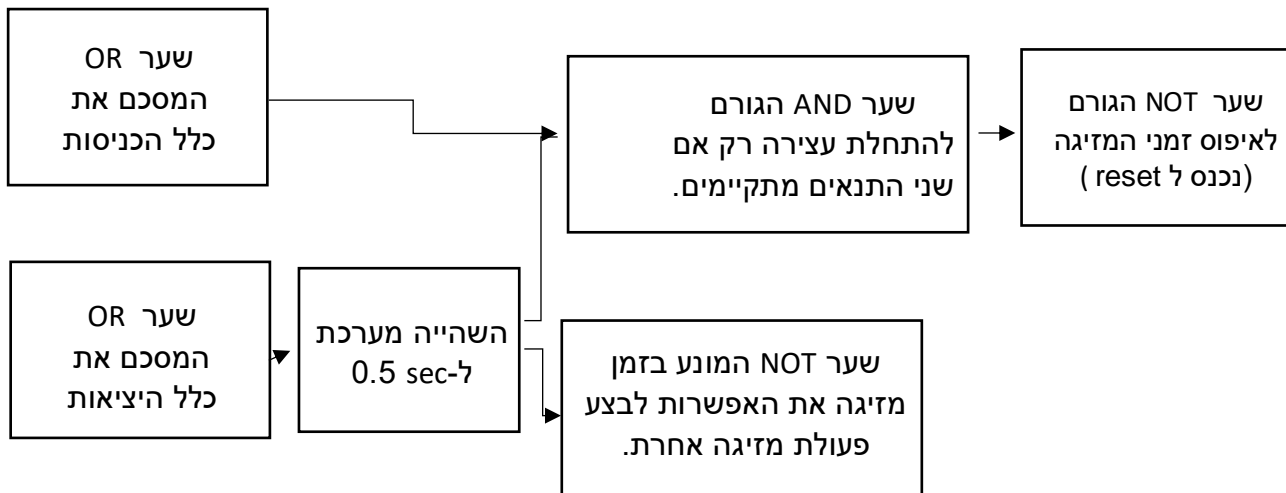
איור 6: סכמת בלוקים למזיגת מים פושרים.

6. צג ספירה לאחור



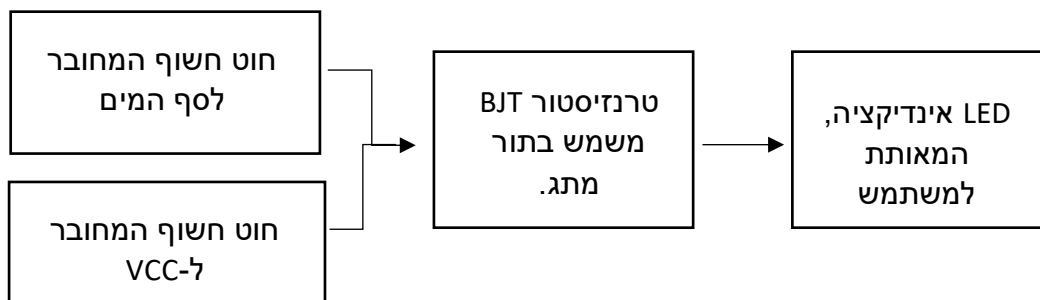
איור 7: סכמת בלוקים להצגת ספירה לאחור.

7. עצירת מערכת בעת לחיצה בזמן מזיגה.



איור 8: סכמת בלוקים להצגת עצירת מערכת.

8. נורת אזהרה.



איור 9: סכמת בלוקים לנורת אזהרה.

4) תיכנון ומימוש חומרתי.

4.1 מימוש החומרה.

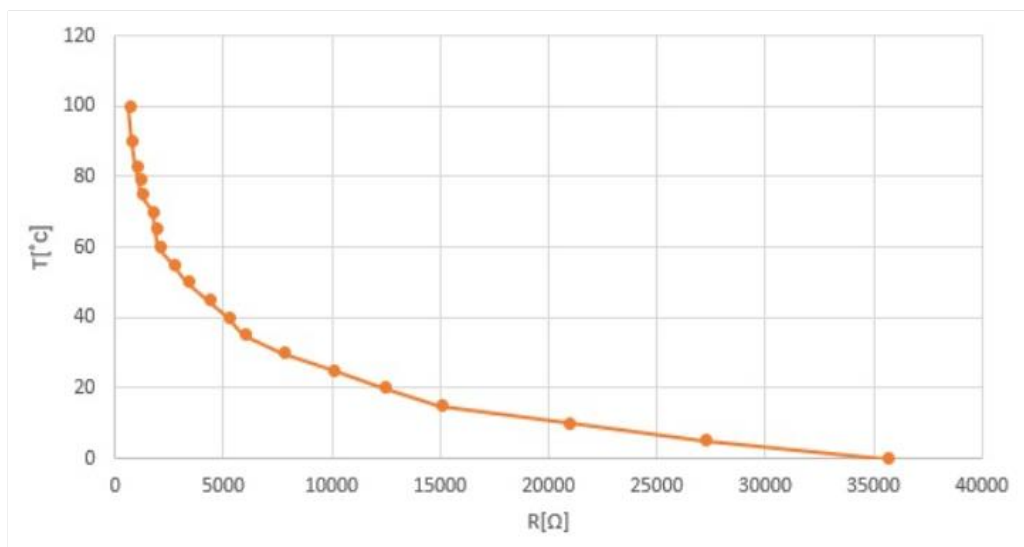
אופן המימוש בוצע על גבי מטריצת חיבורים אשר עליה נבנו כלל המעגלים על ידי הרכיבים הבאים

1. מימוש בקר מים קרים, **רכיבים**- נגדים, מגבר (TL071), חיישן טמפרטורה.
2. מימוש בקר מים חמים, **רכיבים**- נגדים, מגבר (TL071) (מימוש שמידט טריגר), חיישן טמפרטורה.
3. כפתור הרתחת מים חמים, **רכיבים**- נגדים, קבלים, מעגל חד יציב (CD14538), מגבר (TL071), שערים לוגים (AND, OR, NOT).
4. כפתור לחיצה המאפשר מזיגת מים חמים, **רכיבים**- נגדים, קבלים, מעגל חד יציב (MC14538), שערים לוגים (AND, OR).
5. כפתור לחיצה המאפשר מזיגת מים קרים ע"פ בחירת משתמש, **רכיבים**- נגדים, קבלים, חד יציב (MC14538) שערים לוגים (AND, OR).
6. כפתור לחיצה המאפשר מזיגת מים פושרים, **רכיבים**- נגדים, קבלים, חד יציב (MC14538), שער לוגי Or.
7. ספירה לאחר, **רכיבים** – seven segment Decoder (74LS47D), נגדים, שערים לוגים (Or And), מונה בינארי (74LS190D).
8. מד טמפרטורה, **רכיבים** – מיקרו בקר (ארדואינו), חיישן טמפרטורה.

כמו כן המטריצה הוזנה לאספקת מתח קבוע של 5V להספקת כלל הרכיבים במעגל.

4.2 תכנון החומרה.

טמפרטורה – חיישן הטמפרטורה הינו נגד משתנה כתלות בטמפרטורה. עבור תחומי הטמפרטורה הרצויים הובאו ערכי התנגדות החיישן מתוך דפי הנתונים כדלהלן:



איור 8: גרף טמפרטורה תלוי התנגדות.

באיור 8 נוכל להבחין בגרף המתאר את טמפרטורת החיישן כתלות בהתנגדות, בעזרת גרף זה ניתן לחשב את יחס הנגדים הנדרש בכדי לאותת למערכת כי טמפרטורת המים תקינה.

טבלה 1 – ערכי התנגדות החיישן ומתח בטמפרטורות נצרכות

טמפרטורה [C°]	התנגדות [kΩ]	מתח מוצא חיישן [V]
10	20.8	1.62
50	3.3	3.75
90	0.725	4.66

בתחילה חובר החיישן טמפרטורה לרב מודד כאשר בכל פעם הועלתה הטמפרטורה ונמדדה התנגדותו, לאחר מכן נעשה חישוב הבא בעזרת נוסחת מחלק מתח:

$$(1) V_{out,sensor} = V_{CC} * \frac{10k}{10k + R_{sensor}} [V]$$

ובכך התקבל כי לכל התנגדות מתקבל מתח מוצא שונה אשר בעזרתו נוכל להבין מתי בקר הרתחה אמור להתחיל ולסיים את עבודתו, וכמו כן האם מזיגת מים חמים יכולה להתאפשר.

מים פושרים - על המערכת לתת אפשרות מזיגת מים בטווח הטמפרטורה של $25^{\circ}C - 35^{\circ}C$ למשך $4 sec$. לשם כך תוכנן יחס המים על ידי ניסוי וטעייה, ונמצא:

טבלה 2 – תוכנן מזיגת המים הפושרים

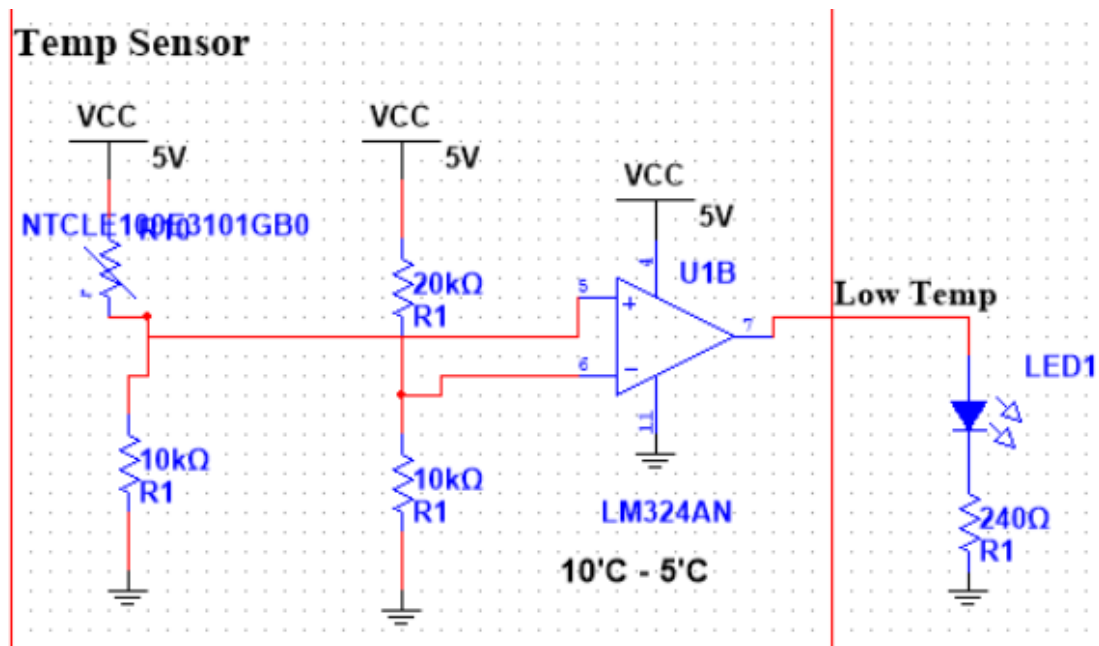
טמפרטורה קרים [°C]	טמפרטורה חמים [°C]	יחס מים של מזיגת המים	טמפרטורה סופית [°C]
7	51	3/5	27
7	85	2/5	34

אכן נמצא שיחס המים לעיל עומד בדרישות המערכת והוא נבחר כיחס הנגדים האחראים על זמן מזיגת המים הפושרים.

5) מימוש המערכת.

5.1 סימולציות ותצוגות סקופ.

1. תכנון מפורט ברמת החיבורים של בלוק טמפרטורה עבור מים קרים.



איור 9: סימולציה עבור בקר מים קרים.

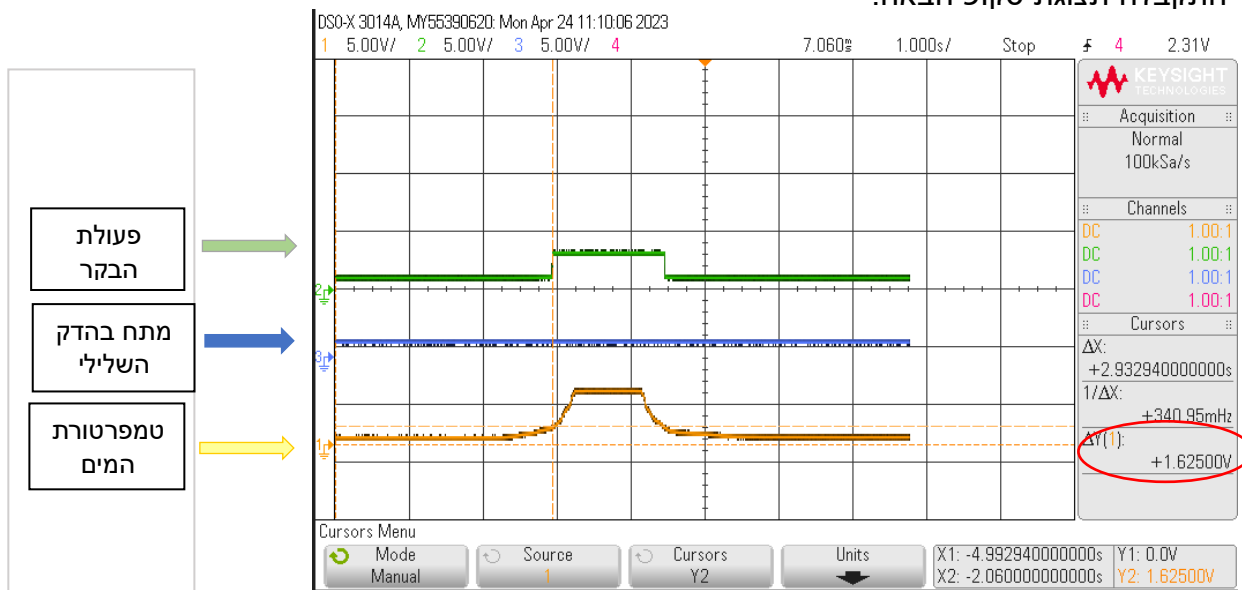
סנסור הטמפרטורה הינו נגד משתנה כפונקציה של הטמפרטורה והוא מזין את רגל החיובית של המגבר.

באיור מספר 9 ניתן להבחין במגבר משווה, אשר תפקידו לייצר מעגל חשל טמפרטורה עבור טמפרטורה נמוכה וזאת בעזרת השוואה בין המתחים כאשר המתח הנמצא ברגל המינוס של המגבר הוא קבוע (המסמן הגעה ל 10°C ראה טבלה 1).

תוכנן כך כאשר מתח רגל הפלוס של המגבר יותר גדול ממתח רגל המינוס של המגבר הLED יידלק (המסמן שהטמפרטורה גבוהה מ 10°C) וכך יסמן למערכת לקרר את המים בחזרה למתחת ל 10°C .

בנוסף ניתן לשים לב כי במעגל זה יש LED אשר תפקידו לאותת למשתמש כי הבקר עובד, מתחיל תהליך קירור של המים.

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 10: סקופ בקרת מים קרים.

תחילה הורכב המעגל באיור 9 (בקר מים קרים), באיור 10 ניתן להבחין בשלושה ערוצים.

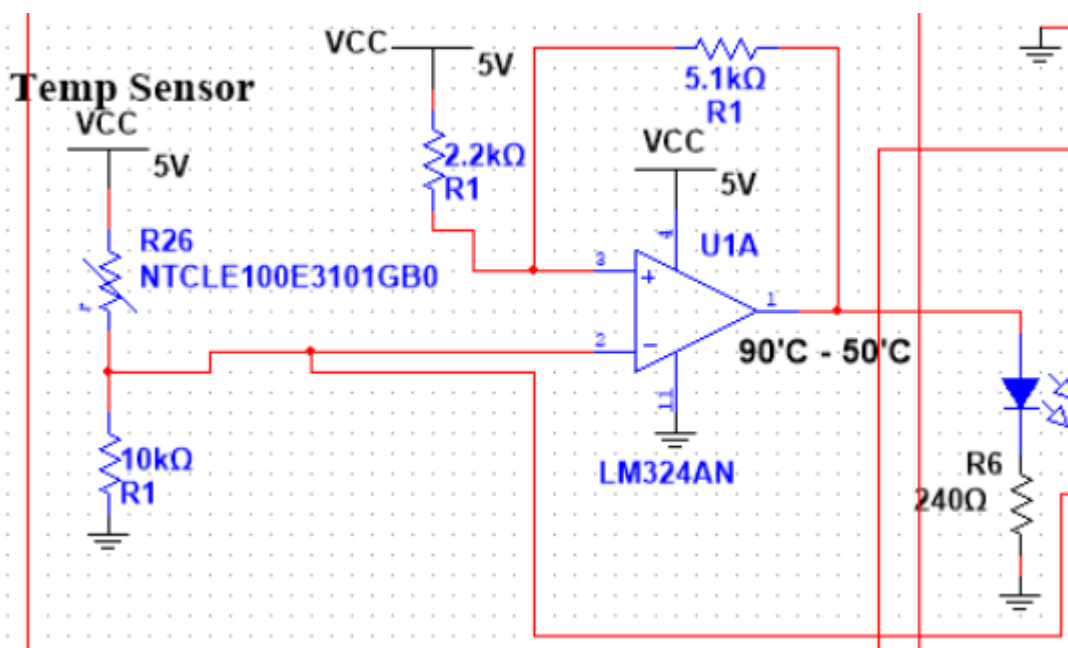
ניתן להבחין בשלושה דברים עיקריים:

הראשון - טמפרטורת החיפוש (צהוב), ניתן לשים לב כי כאשר הטמפרטורה גבוהה מ- $10^{\circ}C$ המסמן הגעה של מתח של 1.625V (הסבר בטבלה 1) מתקבל פולס (ירוק) להתחלת קירור המים הקרים.

השני - פולס שהבקר מוציא להתחלת קירור המים, כפי שהוסבר בתחילה ניתן להבחין כי כל עוד מתח בהדק החיובי של המגבר המסמן את טמפרטורת המים גבוהה ממתח ההדק השלילי המסמן טמפרטורה של $10^{\circ}C$ מתחילה פעולת הבקר (ירוק).

השלישי-מתח בהדק השלילי של המגבר המסמן הגעה לטמפרטורה של $10^{\circ}C$ (כחול).

2. תכנון מפורט ברמת החיבורים של בלוק טמפרטורה עבור מים חמים.



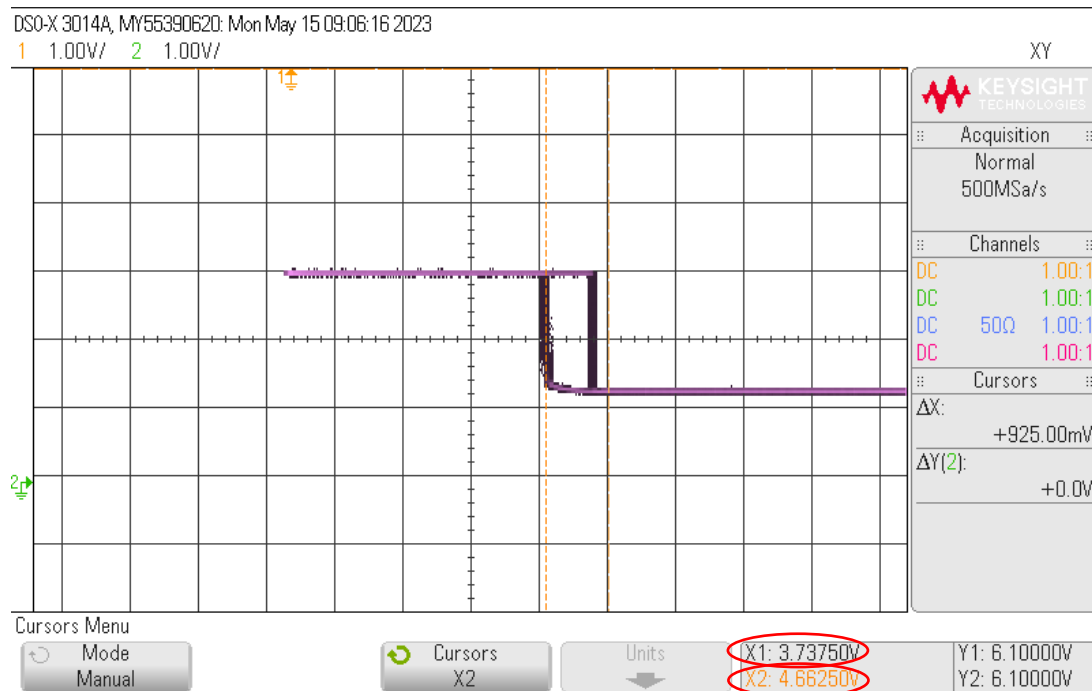
איור 11: סימולציה עבור בקר מים חמים.

סנסור הטמפרטורה הינו נגד משתנה כפונקציה של הטמפרטורה והוא מזין את רגל השלילית של המגבר.

באיור מספר 11 ניתן להבחין במגבר הממומש בתצורה של "שמידט טריג'ר" אשר בעזרתו המערכת תוכל להבחין מתי הטמפרטורה יורדת מתחת ל- 50°C וכך תדליק את הLED המסמן למערכת להתחיל את תהליך ההרתחה.

בנוסף ניתן לשים לב כי במעגל זה יש LED אשר תפקידו לאותת למשתמש כי הבקר עובד, מתחיל תהליך ההרתחה של המים.

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 12: סקופ בקרת מים חמים.

תחילה הורכב המעגל באיור 11 (בקר מים חמים), באיור 12 ניתן להבחין בתצורת המעגל במישור XY.

בנוסף ניתן להבחין בשלושה דברים עיקריים:

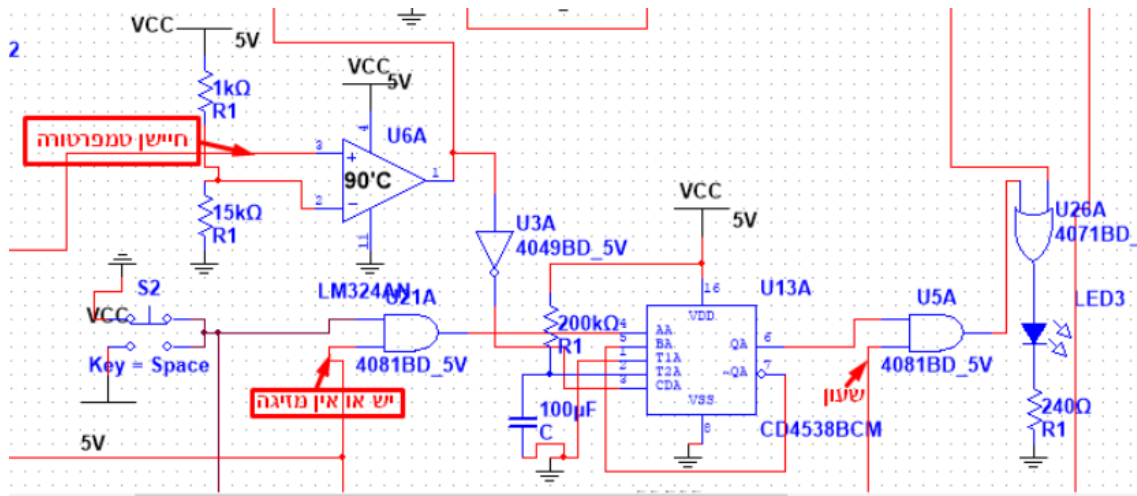
הראשון - תצורת האות במישור XY, נוכל להבחין בתצוגה המזכירה עקומת חשל, כאשר ניתן לראות בברור מתי הבקר מתחיל לעבוד ומתי הינו בהפסקה.

השני - ערך ה "Cross של X2", ניתן לשים לב כי ה Cross מצביע על מתח של 4.66V, כאשר מתח זה הינו מתח הסף המצביע על $90^{\circ}C$ (ראה טבלה 1).

השלישי - ערך ה "Cross של X1", ניתן לשים לב כי ה Cross מצביע על מתח של 3.73V, כאשר מתח זה הינו מתח הסף המצביע על $50^{\circ}C$ (ראה טבלה 1).

ניתן לראות כי אכן נשמרת טווח הטמפרטורה הרצוי.

3. תכנון מפורט ברמת החיבורים של בלוק ההרתחה.



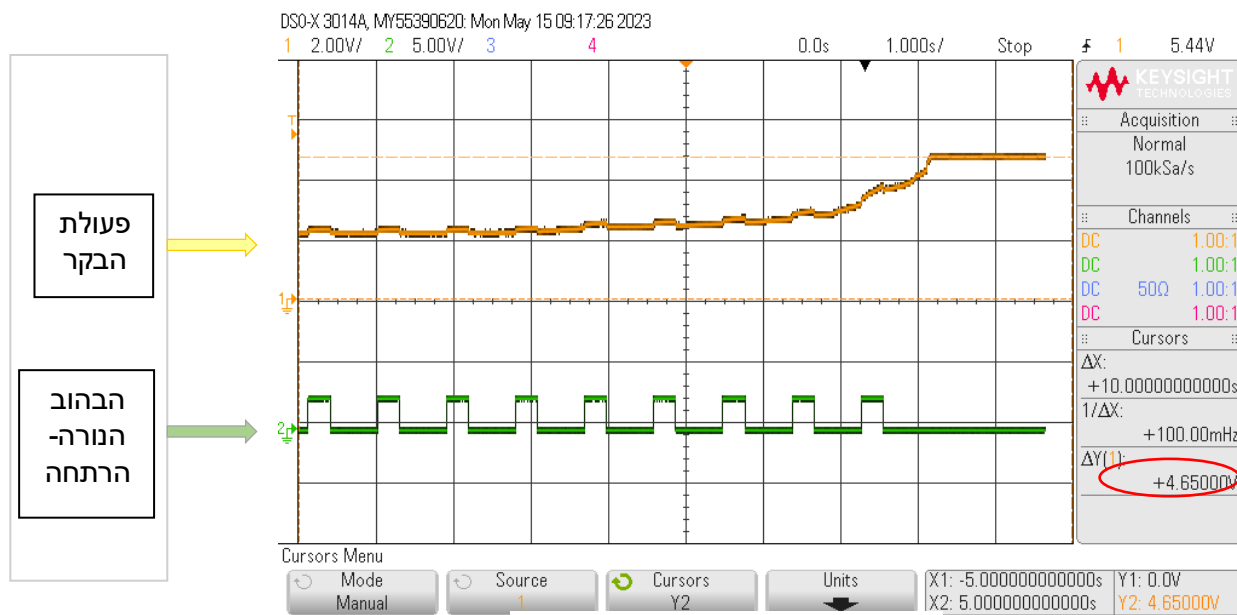
איור 13: סימולציה עבור הרתחת המים החמים.

באיור מס 13 ניתן להבחין במספר רכיבים אשר תפקידם לבצע את פעולת הרתחה. הראשון מגבר – תפקידו לבדוק האם הטמפרטורה נמצאת מתחת ל- 90°C וכך לבצע הרתחה של המים ובנוסף להפסיק את פעולת ההרתחה כאשר טמפרטורת המים מגיעה ל- 90°C .

השני שעון- השעון עצמו לא נמצא בסימולציה אך תפקידו נראה בברור, שעון זה אחראי על איתות הנורה, כאשר אות השעון נכנס לשער AND עם הפולס שיוצא מהחד יציב מתקבל מצב של הבהוב אשר מאותת למשתמש כי המערכת נמצאת במצב הרתחה.

השלישי מעגל חד יציב- תפקידו של רכיב זה הוא להפעיל את בקר ההרתחה כאשר הנחה היא שתוך 20sec המערכת "מצליחה" להרתיח את המים לטמפרטורה של 90°C .

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



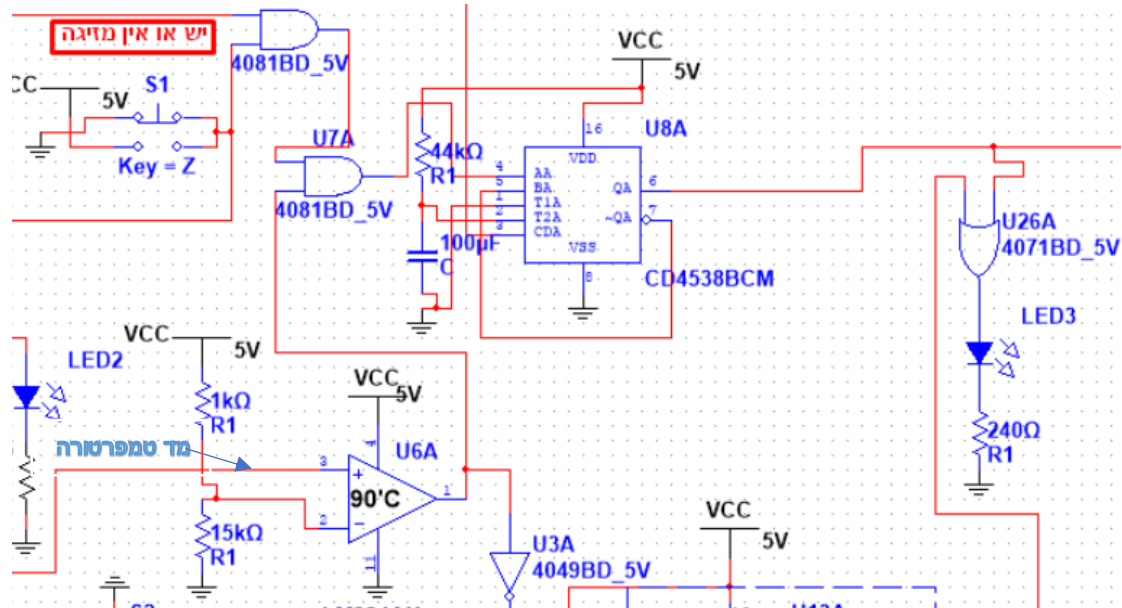
איור 14: סקופ הרתחת מים

באיור מספר 14 נוכל להבחין בשני ערוצים:

הראשון (צהוב) מראה את פעולת הבקר, השני (ירוק) מראה את הבהוב הנורה.

נוכל לשים לב כי בתחילה מתקבל גל ריבועי המסמן את פעולת הבהוב של הLED (ירוק), ככל שטמפרטורת המים עולה כך יורדת ההתנגדות של החיישן, וכתוצאה מכך עולה המתח של הבקר עד אשר הוא מגיע למתח של 4.65V המסמן הגעה ל-90° (צהוב), כאשר הבקר מגיע לטמפרטורה זו ניתן להבחין בהפסקת הפולסים המסמן כי ברגע זה נגמרת פעולת הבהוב של הנורה המאותת למשתמש כי המים ראויים לשימוש.

4. תכנון מפורט ברמת החיבורים של מזיגת מים חמים.



איור 15: סימולציה עבור מזיגת מים חמים.

באיור מס 15 נוכל להבחין במספר רכיבים שבעזרתם נוכל לבצע את פעולת המזיגה כראוי. הראשון מתג – תפקידו לתת למערכת אינדיקציה כי המשתמש מעוניין להתחיל את תהליך המזיגה.

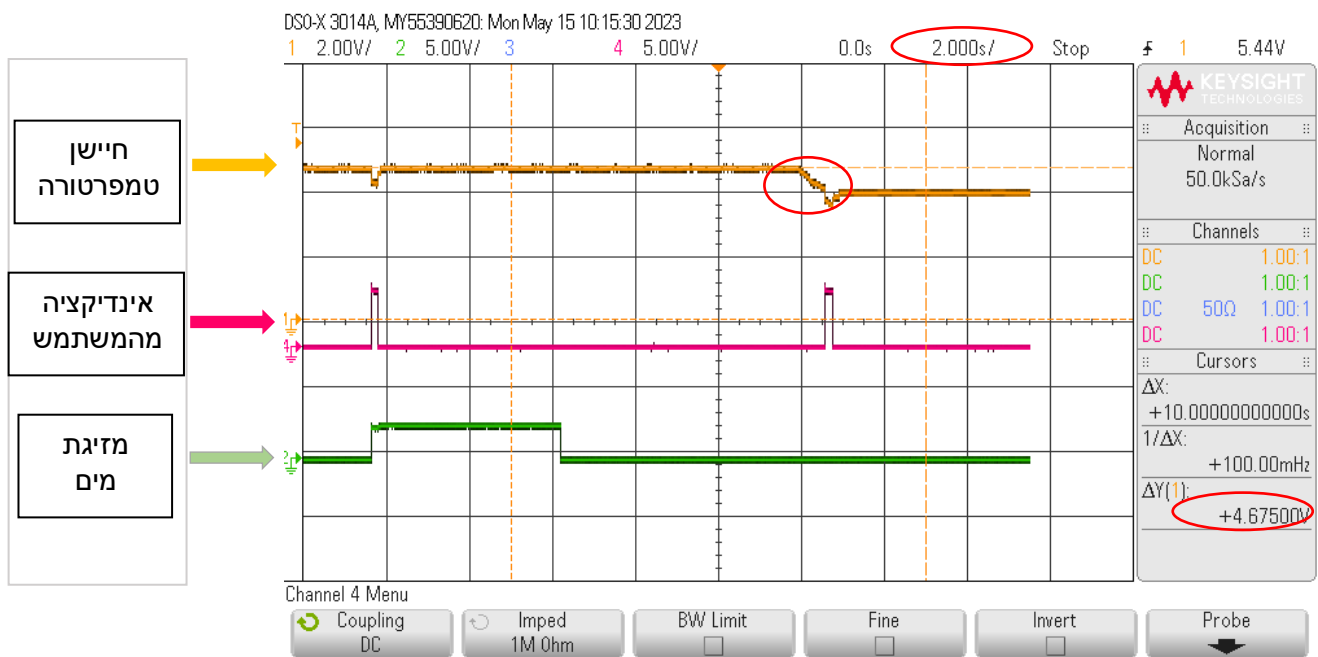
השני מגבר- תפקידו לתת אינדיקציה למערכת האם טמפרטורת המים מעל ל-90°C, האות מהמגבר וגם האות מהמשתמש נכנסים לתוך שער AND אשר תפקידו לתת אינדיקציה כי שני התנאים למזיגה מתקיימים וכך מתחילת פעולת המזיגה.

השלישי מעגל חד יציב – תפקידו של רכיב זה הוא לבצע את פעולת זמן המזיגה, זמן המזיגה מומש בעזרת הנוסחה הבאה:

$$(2) \tau = RC[sec]$$

לשם כך נבחרו הקבל והנגד הנ"ל למימוש הדרישה.

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 16: סקופ מזיגת מים חמים.

באיור מספר 16 נוכל להבחין בשלושה ערוצים:

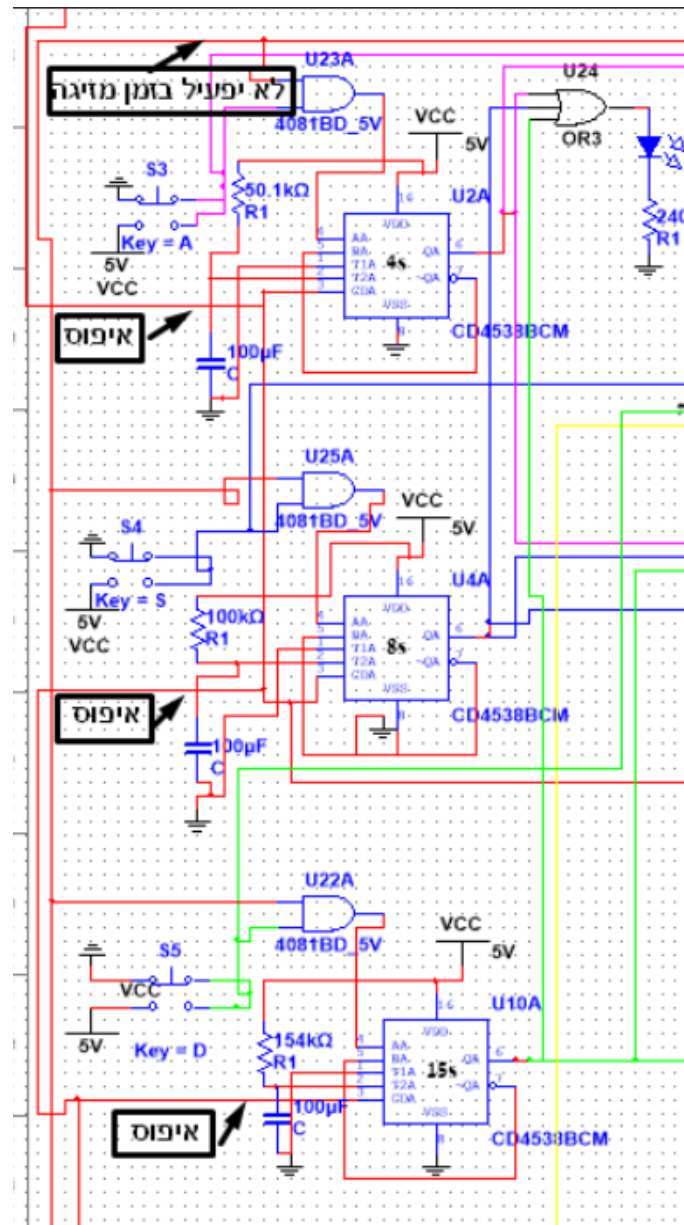
הראשון (כתום) מראה את טמפרטורה המים, השני (ורוד) מראה את המידע שהמשתמש מזין למערכת, השלישי (ירוק) מראה את מזיגת המים החמים.

בערוץ הראשון (כתום) – ניתן להשים לב למתח, ככל שטמפרטורת המים עולה ישנה ירידה בהתנגדות של החיישן, כתוצאה מכך עולה המתח של החיישן. במקרה הנ"ל מתח החיישן מתחיל מעל ל-4.65V המסמן טמפרטורה מעל 90°C ולאחר זמן מתח החיישן יורד מתחת ל-4.65V המסמן ירידה של טמפרטורה למתחת ל- 90°C .

בערוץ השני (ורוד) – נוכל להבחין בשני "הלמים", הלמים אלו נוצרים מבחירתו של משתמש (מתקבלת לחיצה על המתג). ישנם שני הלמים בתצוגה זו, כאשר הראשון מצליח לגרום לפעולת מזיגה בעוד השני אינו מצליח, הבדל זה נובע מכך שטמפרטורת המים מתחת למתח של 4.65V, בעוד שניתן להבחין כי במקרה הראשון מתח החיישן מעל ל-4.65V המסמן שטמפרטורת המים מעל 90°C כתוצאה מכך נשים לב כי לא התחילה פעולת מזיגה בשנית עקב שינוי בטמפרטורה.

בערוץ השלישי (ירוק) – נוכל להבחין בפעולת המזיגה, נוכל לשים לב שכל ריבוע בתצוגה מייצג 2 sec וכי רוחבו של הפולס המתקבל הוא לערך שני ריבועים דבר המצביע על תקינות זמן המזיגה.

5. תכנון מפורט ברמת החיבורים של בלוק מזיגת מים קרים.

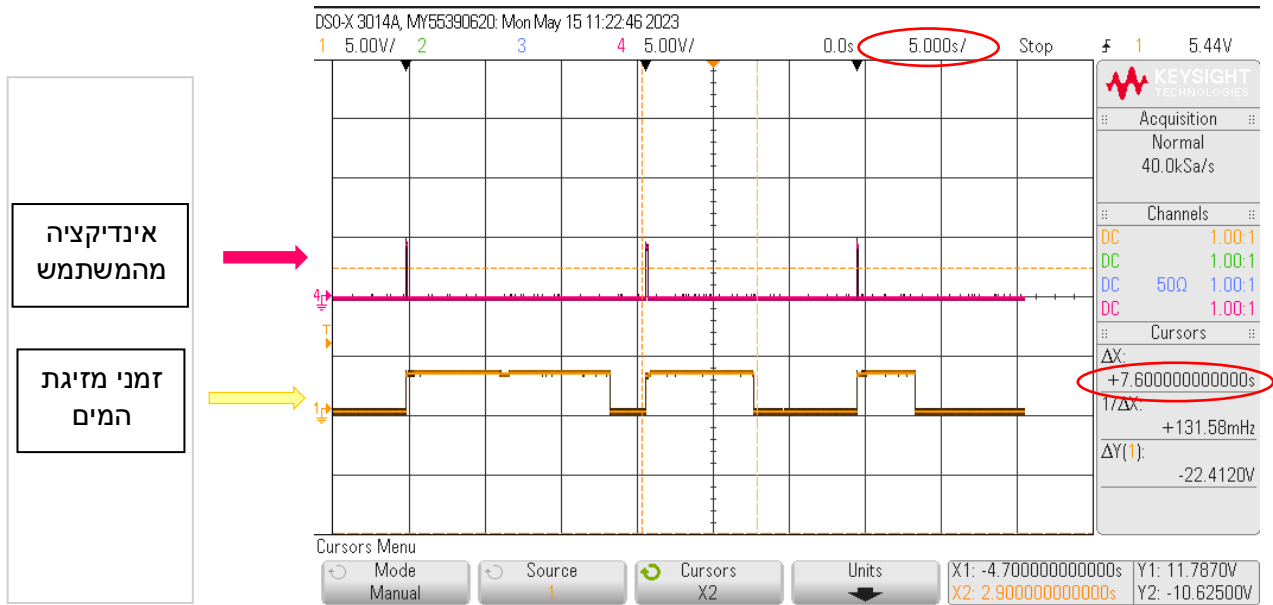


איור 17: מעגל עבור מזיגת מים קרים.

באיור מספר 17 נכל להבחין במספר רכיבים אשר בעזרתם נוכל לבצע את פעולת המזיגה. הראשון מתגים- תפקידים של מתגים אלו הוא לתת אינדיקציה למערכת להתחיל את פעולת המזיגה אשר המשתמש חפץ. השני מעגלי חד יציב – בסימולציה זו ישנם שלושה מעגלים אך תפקידם זהה, תפקידו של כל מעגל הינו לשלוח פולס לאורך זמן מסוים בכדי לבצע את פעולת המזיגה, ערכי הקבלים

והנגדים חושבו ע"פ משוואה 2 כאשר בכל פעם נדרש מהמערכת להוציא פולס באורך זמן
אחר, כאשר הזמנים הינם 15 sec, 8 sec, 4 sec בהתאמה.

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 18: סקופ מזיגת מים קרים.

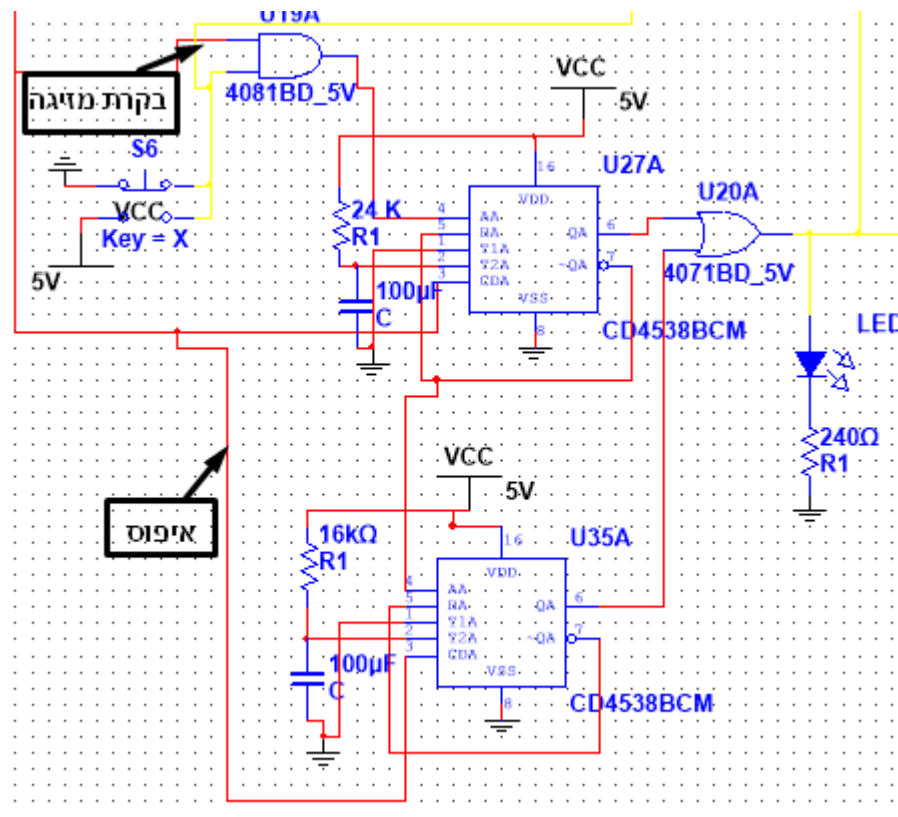
באיור מספר 18 נוכל להבחין בשני ערוצים:

הראשון (ירוק) מראה את המידע שהמשתמש מזין למערכת, השני (צהוב) מראה את זמן
יציאת המים הקרים.

בערוץ הראשון (ירוק) – ניתן להבחין בשלושה "הלמים", הלמים אלו נוצרים מבחירתו של
משתמש (מתקבלת לחיצה על המתג). ישנם שלושה הלמים בתצוגה זו, כאשר כל אחד מהם
מציג את תחילת פעולת המזיגה.

בערוץ השני (צהוב) – ניתן להבחין בפעולת המזיגה, נוכל לשים לב שרוחבו של כל ריבוע
בתצוגה מייצג 5 sec. בכל פעם נוכל להבחין באורך פולס אחר, דבר זה נובע מהמידע
שהמשתמש מזין למערכת, בתחילה ניתן להבחין באורך פולס המשתרע על בערך 3
משבצות אשר מייצג את זמן המזיגה שהינו 15 sec, בהמשך ישנו פולס המשתרע על בערך
משבצת וחצי אשר מייצג זמן המזיגה שהינו 8 sec, לבסוף ישנו פולס המשתרע על כמעט
משבצת אחת אשר מייצג זמן מזיגה שהינו 4 sec.

6. תכנון מפורט ברמת החיבורים של בלוק מזיגת מים פושרים.



איור 19: מעגל עבור מזיגת מים פושרים.

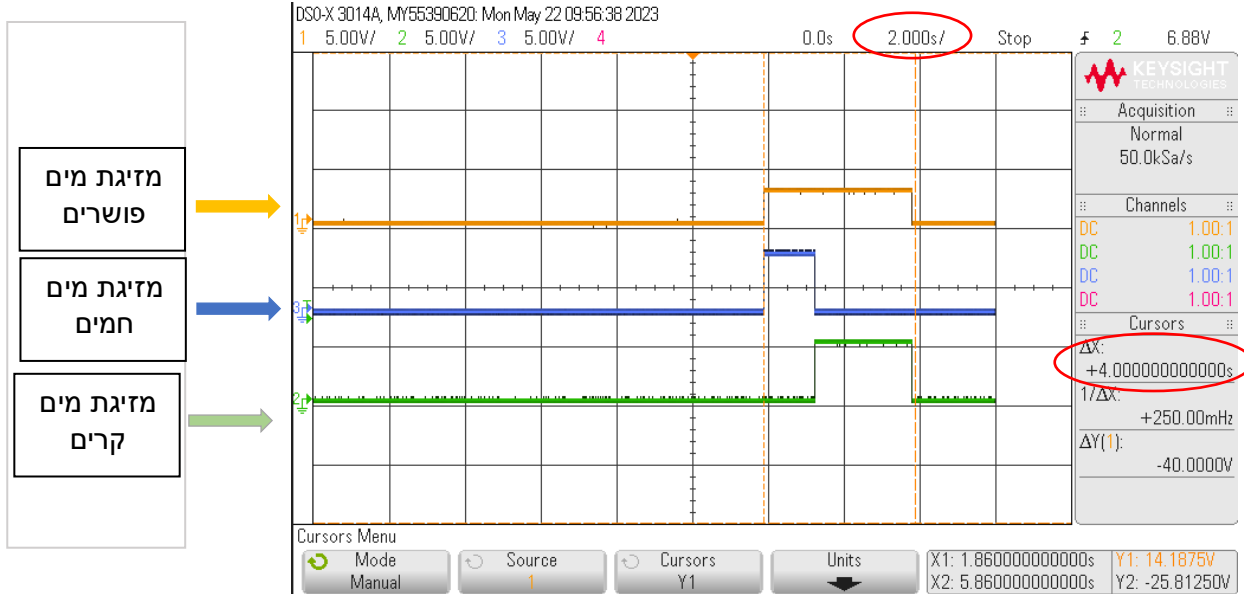
באיור מספר 19 ניתן להבחין במספר רכיבים אשר בעזרתם ניתן לבצע את פעולת המזיגה. הראשון מתג – מתן אינדיקציה למערכת כי משתמש מעוניין במזיגת מים פושרים. השני מעגלי חד יציב – תפקידם של שני מעגלים הוא להתחיל את תהליך המזיגה, כאשר המעגל החד יציב הראשון מחובר למשאבה של המים הקרים, והמעגל של החד יציב השני מחובר למשאבה של המים חמים.

ערכי הנגדים והקבלים חושבו ע"י שני התנאים הבאים:

- (1) ע"י נוסחה 2 כאשר זמן המזיגה הכולל הינו 4 sec .
- (2) יחס מזיגת המים כבטבלה 2 והוא $2/5$ מזיגת מים חמים ו- $3/5$ מזיגת מים קרים כך שיתקבל הדרישה לטמפרטורה מים פושרים.

כתוצאה מכך זמן המזיגה של המים החמים נבחר כ- 1.6 sec וזמן מזיגת המים הפושרים נבחר כ- 2.4 sec .

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 20: סקופ מזיגת מים פושרים.

באיור מספר 20 נוכל להבחין בשלושה ערוצים:

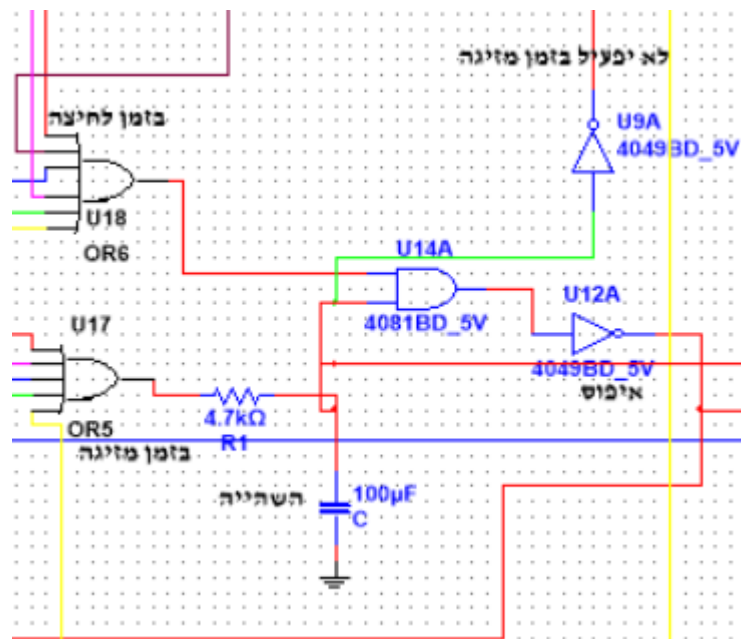
הראשון (צהוב) מראה את זמן המזיגה הכולל הנותן מים פושרים, השני (כחול) מראה את זמן יציאת המים החמים והשלישי (ירוק) מראה את זמן יציאת המים הקרים.

בערוץ הראשון (צהוב) – ניתן להבחין בפולס היציאה הכולל, זאת אומרת ניתן לשים לב לזמן הכולל של יציאת המים הפושרים, בנוסף ניתן להבחין בשני "קרוסים" המעידים על זמן מזיגה כולל של 4 sec כפי שנדרש.

בערוץ השני (כחול) – ניתן להבחין בפעולת המזיגה של המים החמים, בנוסף ניתן להבחין באיור כי הזמן למשבצת הינו 2 sec, הפולס הכחול הינו כמעט משבצת דבר המעיד על זמן מזיגה של מים חמים כ- 1.6 sec, כפי שהיה ניתן לצפות.

בערוץ השלישי (ירוק) – ניתן להבחין בפעולת המזיגה של המים הקרים, בנוסף ניתן להבחין באיור כי הזמן למשבצת הינו 2 sec, הפולס הירוק הינו משבצת וקצת דבר המעיד על זמן מזיגה של מים קרים כ- 2.4 sec, כפי שהיה ניתן לצפות.

7. תכנון מפורט ברמת החיבורים של עצירת מערכת.



איור 21: מעגל עבור עצירת מערכת.

באיור מספר 21 ניתן להבחין במספר רכיבים אשר בעזרתם ניתן לבצע את פעולת עצירת המערכת.

הראשון שער OR - ניתן להבחין בשני שערי OR אשר לכל אחד מהם תפקיד שונה, הראשון – בזמן לחיצה, תפקידו של שער זה הוא לאגד את כלל הפולסים היוצאים מהמתגים בעת הלחיצה. השני – זמן מזיגה, תפקידו של שער זה הוא לאגד את כלל הפולסים היוצאים מכלל מעגלי החד יציב בזמן מזיגה.

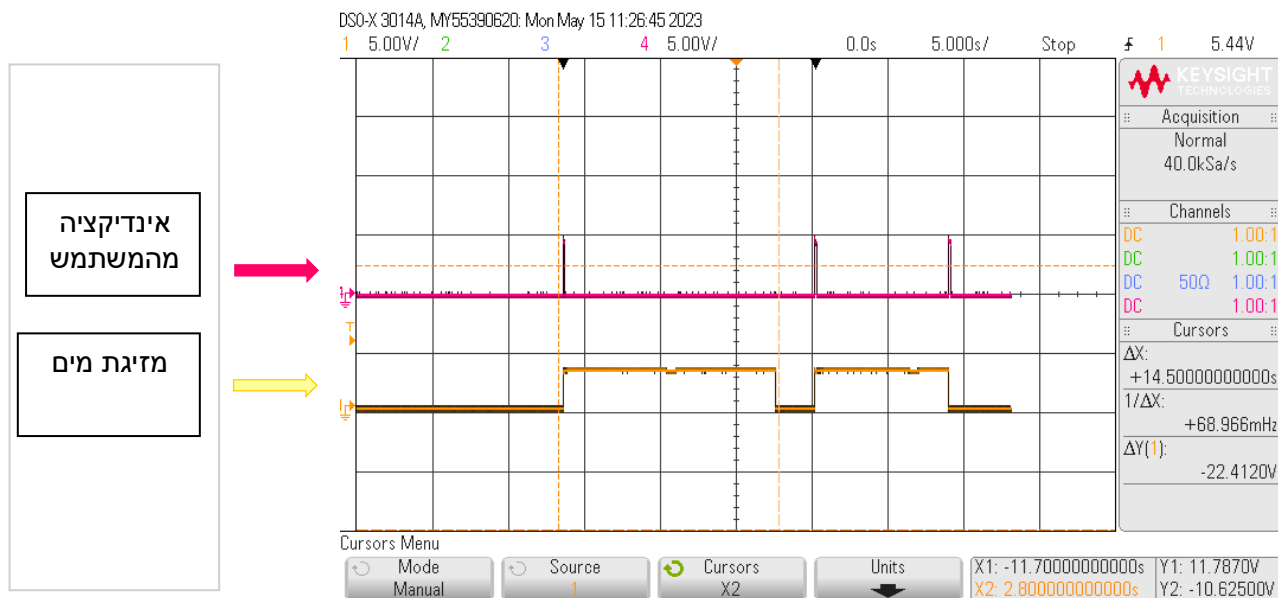
השני שער AND - תפקידו של שער זה הינו לבצע בדיקה, בבדיקה זו השער יברר אם מתקבל מצב בו ישנו פולס מזיגה (מתבצעת מזיגת מים) ובנוסף ישנו פולס לחיצה (מתקבל מידע ממשתמש כי הוא מעוניין לעצור את מזיגת המים) אם ורק אם שני התנאים הללו מתקיימים שער זה יוציא "1" לוגי.

השלישי שער (איפוס) NOT - תפקידו של שער זה הוא לבצע היפוך, כאשר יצא "1" לוגי מהשער AND (זאת אומרת שני התנאים מתקיימים: מזיגה, מידע ממשתמש) נקבל היפוך של "1" לוגי כלומר נקבל "0" לוגי כאשר מוצא הnot מחובר לכלל הדקי ה-Reset וכתוצאה מכך יתחיל תהליך האיפוס בכל אחד מרכיבי החד יציב אשר גורם לעצירת הפולס (עצירת המערכת).

הרביעי שער (בקרת מזיגה) NOT - תפקידו של שער זה לבצע היפוך כאשר יש תהליך מזיגה באחד מהחדי יציב. מוצא ה-not מחובר לכלל ה-and של כניסות החדי יציב בנוסף ללחיצה של המשתמש. כאשר יש מזיגה של המערכת ה-and מוציא "0" לוגי ולא התאפשר מזיגה נוספת בזמן מזיגה של משאבה אחרת וכך התאפשר עצירת מזיגה אך לא הותחל מזיגה.

החמישי השהיה בעזרת נגד וקבל - נצרך השהייה של ה-Or בזמן מזיגה כדי שהמערכת לא תוציא במוצא ה-and-1" לוגי באותו רגע של תחילת מזיגה ראשונה . נקבעה השהייה של 0.5 sec.

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



איור 22: סקופ עצירת מערכת.

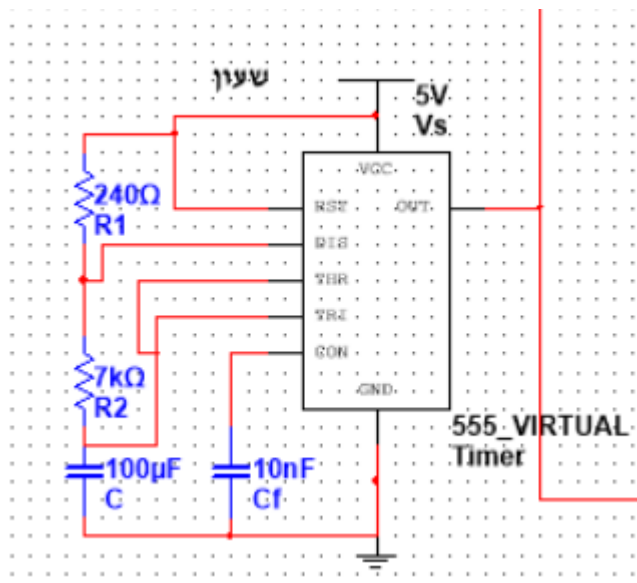
באיור מספר 22 ניתן להבחין בשני ערוצים:

הראשון (ורוד) מראה את המידע שהמשתמש מזין למערכת, השני (צהוב) מראה את זמן יציאת המים הקרים מזיגת המים במערכת.

בערוץ הראשון (ורוד) – ניתן להבחין בשלושה "הלמים", הלמים אלו נוצרים מבחירתו של משתמש (מתקבלת לחיצה על המתג). ישנם שלושה הלמים בתצוגה זו, כאשר הראשון והשני מתחילים את פעולת המזיגה, בעוד השלישי מבצע עצירה כללית של המערכת.

בערוץ השני (צהוב) – ניתן להבחין בפעולת המזיגה, נוכל לשים לב שכל ריבוע בתצוגה מייצג 5 sec. תחילה נוכל לשים לב לפולס אשר מייצג את זמן המזיגה של הארוך ביותר (15 sec) נוכל להבחין כי האות משתרע על שלוש משבצות לערך. בזמן הלחיצה השנייה (הלם מס 2) פעולה זו מתחילה בשנית (פולס יוצא של 15 sec) אך ההבדל העיקרי בין אות זה לבין זה שלפניו הוא שאות זה נקטע באמצע, קטיעה זו נוצרת כתוצאה מלחיצה חוזרת על אחד מלחצני המערכת (דבר הגורם לעצירה מוחלטת של המערכת) .

8. תכנון מפורט ברמת החיבורים של שעון המערכת.



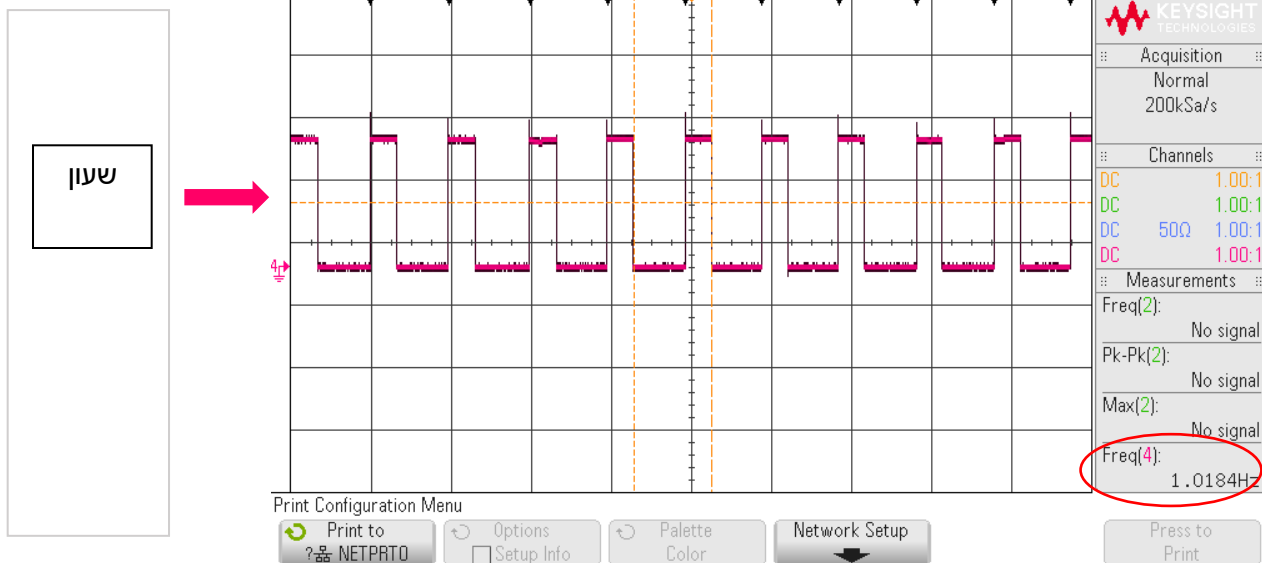
איור 23: מעגל עבור שעון המערכת.

באיור מספר 23 ניתן להבחין בזמזם 555 – אשר תפקידו הוא לייצר את ריבועי עם זמן מחזור למשך שנייה, בעזרתו של שעון זה נוכל לסנכרן את המונה הספירה לאחור, לזמן של שנייה אחת. לשעון זה שימוש נוסף, בעזרתו ניתן להראות את ההבהוב אשר תפקידו להראות כי מתבצעת פעולת ההרתחה.

משוואת השעון:

$$(3) f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) \times C_1} [Hz] = \frac{1.44}{(240 + 2 \times 7k) \times 100u} \cong 1Hz$$

בהמשך התקבלה תצוגת סקופ הבאה:



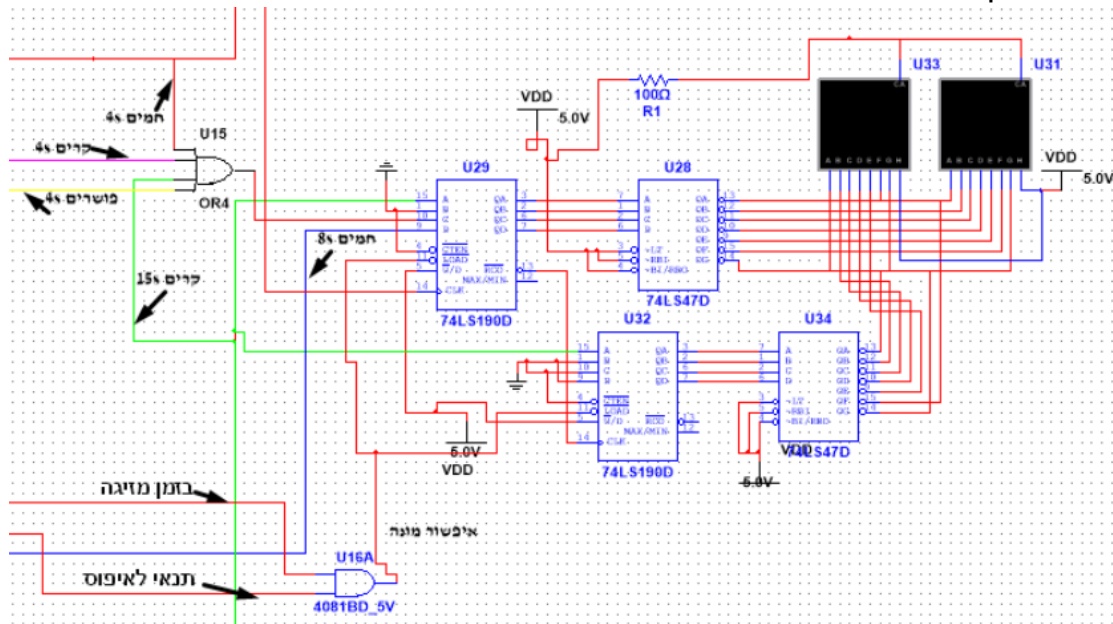
איור 24: סקופ שעון המערכת.

באיור מספר 24 נוכל להבחין בתצוגת שעון המערכת:

בתצוגת סקופ זו נוכל להבחין בשעון המערכת, לשעון זה שימושים רבים כאשר הבולטים מבניהם 'צירת סנכרון המונה הבינארי' ו'צירת הבהוב נורה בעת ההרתחה', נוכל להבחין כי תדירות של אות זה הינה 1.0184Hz, דבר המעיד על כך שזמן מחזורו של השעון הינו 1 sec.

$$(4) T = \frac{1}{f} [sec] = \frac{1}{1.0184} \approx 1 sec$$

9. תכנון מפורט ברמת החיבורים של מונה סופר אחורה.



איור 25: מעגל עבור שעון המערכת.

באיור מספר 25 ניתן להבחין במספר רכיבים אשר בעזרתם נוכל לבצע את פעולת הספירה לאחור.

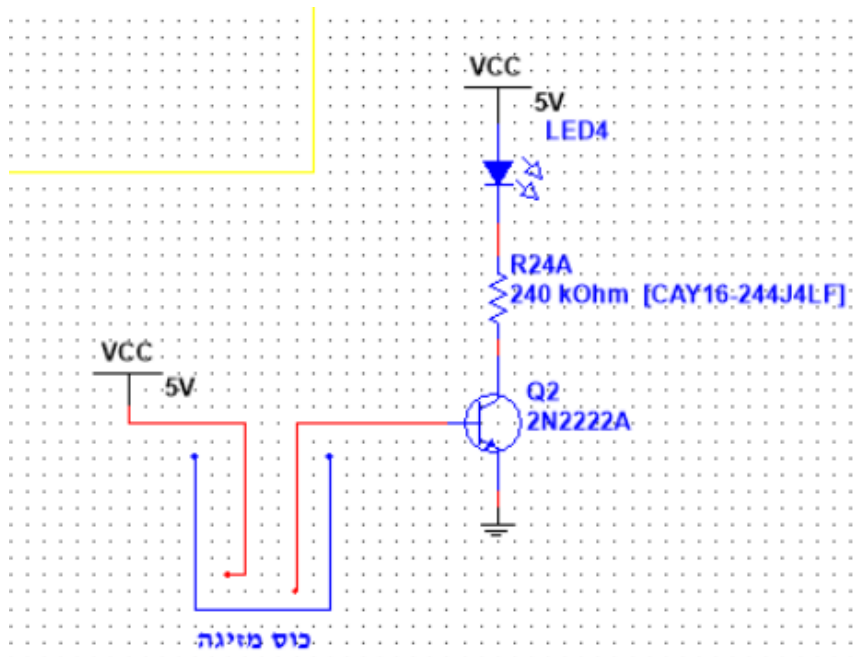
הראשון שער AND – תפקידו של שער זה הינו לאפשר את המונה, זאת אומרת מתן אפשרות למונה להתחיל בספירה כאשר ההדקים שלו מחוברים לאפשר מזיגה.

השני מונה בינארי (BCD) – תפקידו של רכיב זה הוא למנות אחורה (מקבל בהדק u/d "1" לוגי כך שמתחיל מנייה לאחור), רכיב זה מקבל מידע מהמשתמש (זמן מזיגה רצוי) ומהשעון (זמן מחזור של 1 sec) ומתחיל לבצע ספירה לאחור עד סיום הפעולה של החד יציב.

השלישי Decoder – תפקידו הוא לקבל את מוצא המונה הבינארי ולפרש אותו בכדי שהצג יוכל לתפקד כנדרש ולהוציא את הספרה שהוכנסה בכניסת המונה הבינארי.

אופן פעולה: המשתמש מבצע לחיצה וכך מתחילה מזיגה, באותו רגע שער ה-and מקבל "1" לוגי ובנוסף כניסות המונה הבינארי מקבלות אינדיקציה מאיזה ספירה להתחיל למנות לאחור. רכיב ה-decoder מקבל בכניסה את מוצא המונה הבינארי ומפרש במוצאו את הקוד הנדרש כדי להראות את הסיפרה על הצג. כאשר החד יציב מסיים את פעולתו כך שער ה-and מקבל הפעם "0" לוגי מה שגורם למונה הבינארי להתאפס ולחכות למנייה הבאה וכך חוזר חלילה.

10 . תכנון מפורט ברמת החיבורים של LED אזהרה.



איור 26: מעגל עבור LED אזהרה.

באיור מספר 26 נוכל להבחין במספר רכיבים אשר בעזרתם נוכל לבצע את פעולת לד האזהרה.

הראשון טרנזיסטור BJT – ניתן לשים לב כי לתוך הכוס הוכנסו שני חוטים אשר מטרתם להעביר מתח כאשר גובה המים מגיע אליהם.

אופן פעולה של הטרנזיסטור:

מדובר בטרנזיסטור NPN כידוע הטרנזיסטור נמצא במצב פעיל כאשר V_{BC} במצב אחורי ($V_B > V_C$) ו V_{BE} במצב קידמי $V_B < V_E$.

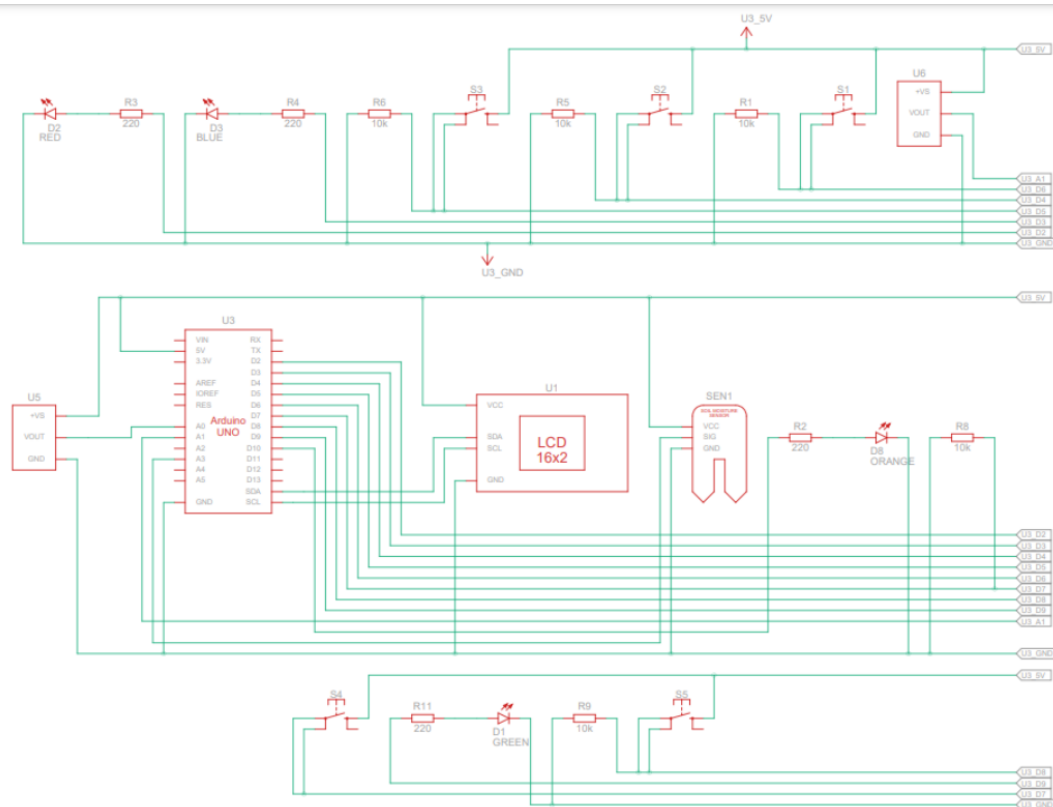
וכאשר הטרנזיסטור נמצא במצב קיטעון כאשר V_{BC} במצב אחורי ($V_B > V_C$) ו V_{BE} במצב אחורי ($V_B > V_E$).

כפי שניתן לראות מתח באופן קבוע: $V_C = 5V$, $V_E = 0V$. ניתן להבחין כאשר ההדק הבסיס אינו נוגע במים, מתח הבסיס הוא $0V$ לכן הטרנזיסטור נמצא במצב קיטעון והנורה אינה נדלקת כפי ההסבר שניתן. וכאשר הדק הבסיס נוגע במים, מתח הבסיס הוא לערך $3V$ (המתח שעובר דרך המים קטן ממתח הנכנס), לכן הטרנזיסטור נמצא במצב פעיל (הולכה), כתוצאה מכך נסגר מעגל בין ה-VCC לאדמה והנורה נדלקת.

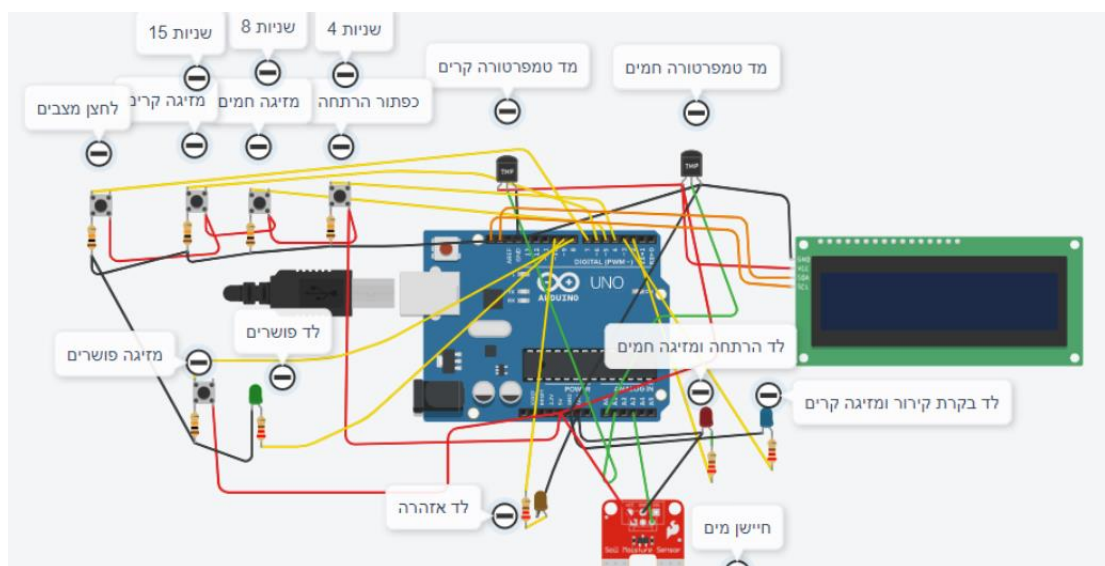
השני LED – תפקידו לאותת למשתמש כי מתחילה זליגה של המים מהכוס.

5.2 מימוש החומרה ע"י מיקרו בקר (ארדואינו).

הדרישה השנייה של הפרויקט הייתה לבצע מימוש של המערכת לא רק בעזרת רכיבים דיסקרטיים אלא בנוסף בשימוש במיקרו בקר (ארדואינו).



איור 27: סימולציה ארדואינו.



איור 28: סכמת חיבורים ארדואינו.

באיורים 28,27 ניתן להבחין באופן חיבורו של הארדואינו, אחת מדרישות הפרויקט הייתה לבצע את כלל הפרויקט ברכיב זה, רכיב הארדואינו הינו בקר שבעזרתו ניתן לממש לא מעט מערכות בקרה.

אחת מהדרישות העיקריות היו לבצע מד טמפרטורה, מד טמפרטורה זה נעשה רק בעזרת הבקר "ארדואינו", וזאת בכדי לשקף למשתמש את טמפרטורת המים בזמן אמת בצורה הטובה ביותר.

ישנם מספר סיבות שבגללן נעשה המד טמפרטורה דרך הארדואינו ולא דרך רכיבים דיסקרטיים.

הראשונה החיישן – אחת הבעיות הגדולות שהיה נצרך להתמודד איתן במהלך הפרויקט היא החיישן, חיישן הטמפרטורה היה אינו לינארי, דבר זה מאוד הכביד על כל המערכת ובעקבות כך לאחר מספר דיונים בנושא הוחלט להציג את הטמפרטורה אך ורק דרך הארדואינו.

השנייה מתן מידע אמין – משום שהחיישן אינו לינארי, כמעט ולא הייתה אפשרות לתת למשתמש מידע אמין על טמפרטורת המים (הסטייה המתקבלת הייתה גדולה מאוד).

השלישית צמצום רכיבים – המטריצה עצמה הייתה מאוד עמוסה ברכיבים, הוספת מד טמפרטורה היה דורש מאיתנו להוסיף מטריצה חדשה, בכדי שתהיה אפשרות לסיים את הפרויקט בזמן הנדרש.

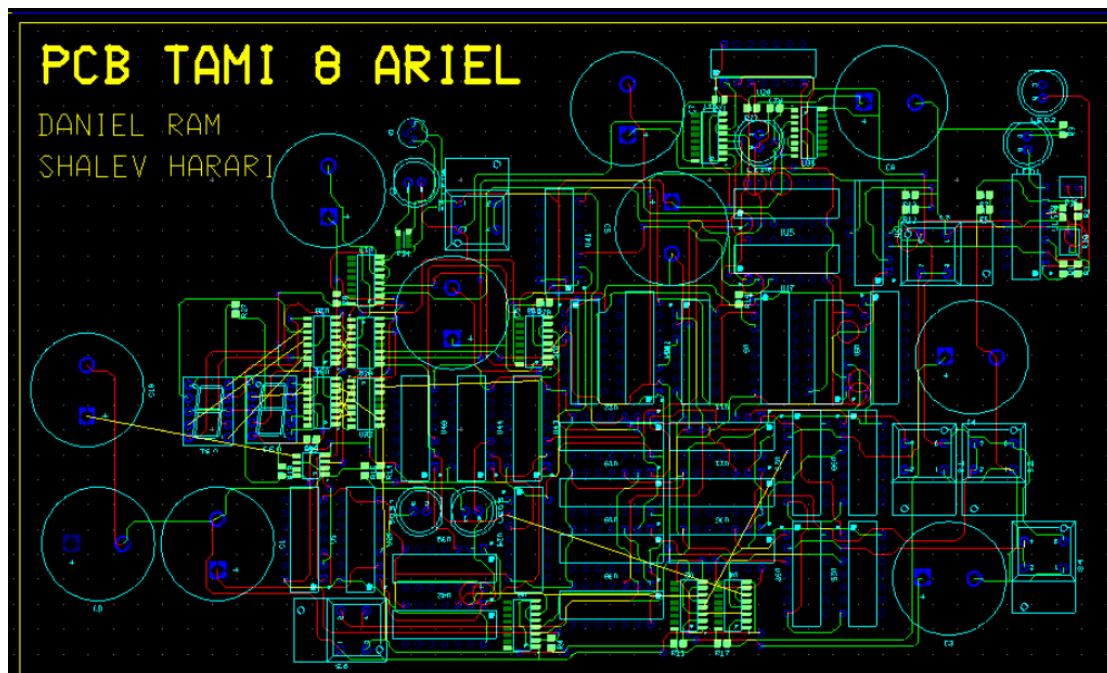
באיור 27 ניתן להבחין בסימולציה של הארדואינו, סימולציה זו מבטאת את "המוח של המערכת" הכוונה היא שדרך סימולציה זו ניתן לדעת בצורה טובה מאילו רכיבים המערכת מורכבת ואת אופן פעולתה.

באיור 28 ניתן להבחין בסכמת החיבורים הכוונה היא לדרך שבה הרכיב מורכב בפועל, זאת אומרת איך הרכיב נראה בזמן אמת. בפועל כלל רכיבי הסימולציה נמצאים בתוך הארדואינו ואופן החיבור משקף את איך זה נראה במציאות.

5.3 PCB של המערכת.



איור 29: PCB של כלל המערכת בתצוגת תלת ממד.



איור 30: PCB של כלל המערכת ברמת חיבורים.

באיורים 29,30 ניתן להבחין בכרטיס המודפס (PCB) של המערכת. הדרישה האחרונה של פרויקט זה הייתה להציג את המערכת בתור כרטיס מודפס.

באיור 29 ניתן לראות את הכרטיס בהדמיית תלת מימד בעוד שבאיור 30 ניתן להבחין ברמת החיבורים של הרכיב.

6 תוצאות ואתגרים.

6.1 תוצאות הפרויקט.

בכדי להקל על ההבנה של כלל התוצאות חולק הכלל הפרויקט לארבעה חלקים עיקריים.
חלק א – מעגל מים חמים.

במעגל זה התקבל כי עבור מתן איתות של מים חמים מתחיל תהליך ההרתחה עד אשר המים מגיעים ל- 90°C , לאחר מכן התחילה פעולת המזיגה אשר אורכה היה 4 sec , כפי שהיה ניתן לצפות. לאחר פעולת המזיגה היה ניתן להבחין כי טמפרטורת המים יורדת (כיוון שהגוף חימום הפסיק את פעולתו), לאחר זמן מה ניתן לשים לב כי הגוף חימום מתחיל את פעולתו בשנית, דבר הקורה כתוצאה מפעולת הבקר (טמפרטורת המים ירדה מתחת ל- 50°C), כפי שהיה ניתן לצפות.

חלק ב – מעגל מים קרים.

במעגל זה התקבל כי עבור מתן איתות של מזיגת מים קרים נדרש מהמשתמש להכניס מידע בשנית, בכדי לאותת למערכת מהו זמן המזיגה הרצוי. כצפוי היה ניתן להבחין כי עבור כל אחת מהאפשרויות (זמנים) המעגל תפקד כראוי כפי שהיה ניתן לצפות. בנוסף, אם טמפרטורת המים עלתה מעל 10°C היה ניתן להבחין בשינוי – המערכת התחילה לאותת כי טמפרטורת המים עלתה וכתוצאה מכך נדרש להפעיל בשנית את גוף הקירור בכדי להביא את המים לטמפרטורה הרצויה, כפי שהיה ניתן לצפות מפעולת הבקר.

חלק ג – מים פושרים. ניתן היה לראות שהתקבל תוצאות מתאימות כפי הנדרש.

חלק ד – עצירה, תצוגה, מד טמפרטורה.

כל אחד מהפעולות הללו קשורים לכלל המעגלים ולכן צוינו בנפרד.

עצירה- היה ניתן לשים לב כי בכל פעם שהמשתמש היה מעוניין להפסיק את פעולת המערכת מה שהיה נדרש ממנו זה לבצע לחיצה נוספת על אחד מכפתורי המערכת אשר בעזרתם ניתן לבצע עצירה של פעולת המזיגה.

תצוגה – כלל המעגלים חוברו לצג אשר בעזרתו ניתן להציג למשתמש מתי נגמרת פעולת המזיגה.

מד טמפרטורה- בעזרת רכיב הארדואינו ניתן להציג למשתמש בכל רגע נתון מהי טמפרטורת המים בזמן אמת.

6.2 שגיאות המערכת.

מים פושרים - ישנה אפשרות של שגיאה עד 5%.

מד טמפרטורה - ישנה אפשרות של שגיאה עד $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

זמני המערכת - ישנה אפשרות של שגיאה עד $\pm 0.5\text{ sec}$.

6.3 אתגרים במהלך הפרויקט.

במהלך הפרויקט נמצאו לא מעט קשיים אשר לקחו לא מעט זמן עד שנמצא להם פתרון, כמובן שנעשו שינויים בכדי להציג את הפרויקט בצורה הטובה ביותר.

הראשון בקר מים חמים – בתחילה מומש הבקר אך ורק בעזרת מגבר, הכוונה היא שלא היה סוג של עקומת חשל אלא היה רק מתח סף, זאת אומרת שהרכיב עצמו היה מאוד בזבזני. בתחילה הוחלט על מתח סף כלשהו (אשר התקבל ב-70°C) ומאז הבקר התחיל להפעיל את פעולת החימום, הבעיה במצב זה שבכל פעם שהטמפרטורה רק עברה במעט את רף ה-70°C, מערכת ההרתחה חדלה מלעבוד ולכן נשמר מים בטמפרטורה של 70°C ולא 90°C כפי שנדרש. בכדי לתקן בעיה זו מומש באמצעות מגבר בעל משוב חיובי המזכיר "שמיט טריגר" ובכך התקבל סוג של עקומת חשל אשר מפעילה את גוף החימום עד לטמפרטורה הרצויה.

השני, מים פושרים – בתחילה נעשו המון חישובים אך בכל פעם שהתקבלה תוצאה, בזמן אמת לא אומת הדרישה כנכונה. בכדי להתגבר על מכשול זה נעשו ניסויים וטעויות עד אשר התקבלו הזמנים הרלוונטיים להצגת מים פושרים הרצויה (טבלה 2).

השלישי, צג ספירה לאחור – בתחילה נעשה שימוש בסוג מסוים של מונה בינארי אשר הספירה שלו התחילה מ-15 ומטה ולא מ-9 ומטה, בכדי להתגבר על בעיה זו נעשה חיפוש נרחב ברחבי האינטרנט עד אשר נמצא מונה אשר מתחיל את ספירתו מ-9 ומטה לכן נרכש במיוחד רכיב זה. הסיבה שנבחר להשתמש דווקא במונה זה ולא במונה שמוצג במעבדה היא בכדי לחסוך במספר הרכיבים.

הרביעי, עצירת המערכת – בתחילה עלו לא מעט רעיונות, הרעיון שנבחר הוא השוואה בין המוצא לכניסה של החדי יציב כאשר יש השוואה בניהם הדק הריסט של כלל החדי יציב מקבלים "0" לוגי. אך אחרי החיבור נוצרה בעיה כבר בלחיצה הראשונה רגלי הריסט קיבלו "0" לוגי זאת כתוצאה מהשוואה של המוצא והכניסה כי הכניסה והמוצא מקבלים "1" לוגי באותו זמן. בכדי להתגבר על בעיה זו הוחלט לבצע השהייה של חצי שנייה בעזרת קבל ונגד במוצאים של החד יציב וכך ברגע הראשון אין השוואה בין המוצא לכניסה ורק בלחיצה השנייה של אחד בלחצני המערכת תהיה השוואה בין הכניסה למוצא וכך נגרם עצירה של המערכת.

החמישי, קבלים – בתחילה כלל החישובים של מעגלי החד יציב בוצעו בעזרת קבל של 1000u בכדי לפשט את חישוב הנגד, אך היו שתי בעיות עיקריות לרכיב זה, הראשונה – גודל הקבל, השנייה – סטיית הקבל. כאשר נעשה שימוש בקבלים בעל קיבוליות גדולה הרכיב עצמו היה מאוד מסיבי מבחינת גודל דבר שמאוד השפיע על מראה המטריצה (פגע באסתטיות של המערכת ובנוסף תפס המון מקום במטריצה), בעיה נוספת הינה הסטייה מהערך הרצוי כאשר נעשה שימוש בקבל זה הייתה לו סטייה מאוד גדולה (בין 10 ל-12 אחוז) דבר זה מאוד השפיע על זמן יציאת הפולס. בכדי להתגבר על קשיים אלו הופסק השימוש בקבל זה והתחיל השימוש בקבל בעל קיבוליות נמוכה יותר דבר שגרם לכך שהמטריצה תהיה יותר אסתטית ובנוסף סטיית הקיבוליות הייתה מזערית דבר שפחות השפיע על זמן יציאת הפולס.

7) סיכום ומסקנות

7.1 סיכום.

בפרויקט זה תוכננה ומומשה מערכת חכמה אשר בעזרתה נוכל לתת מים נקיים וראויים לשתייה. לשם כך, ראשית נלמדו ונותחו הדרישות והפרמטרים בהם המערכת צריכה לעמוד. מתוך כך תוכננה סכמת בלוקים ראשונית אשר באמצעותה תוכננה המערכת ברמת החיבורים והרכיבים.

לאחר תכנון סכמת בלוקים בוצע תכנון החומרה אשר נעשה בתכנון רכיבים וחיבורים בתוכנת סימולציה Multisim ובוצעו סימולציות לתקינות המעגל. לאחר מכן, בוצע מימוש על גבי מטריצת חיבורים ובוצעו בדיקות תקינות במעגלים. בנוסף, נעשה תכנון PCB המוכן להדפסה עבור מעגלים אלו. בנוסף, לטובת הצגת טמפרטורה נעשה שימוש במיקרו בקר (ארדואינו).

במהלך כלל העבודה בפרויקט בוצעו תיעודיים למדידות ולקביעות שנעשו ובהתאם לכך בוצעו תיקונים לייעול המעגלים.

7.2 מסקנות הפרויקט

- ✓ ככל שיבוצע תכנון מפורט טרם המימוש, כך המימוש יהיה תקין ויעיל יותר.
- ✓ לעיתים, לייעול המעגל ניתן להחליף את החיישן שייתן פרמטר רצוי. לדוגמה שייתן ערך התנגדות כפונקציה של הטמפרטורה ולא מתח.
- ✓ על המתכנן לקבוע ערכי נקודת עבודה בהתאם לדרישות הנצרכות.
- ✓ לביצוע מדידות אמינות ומדויקות יש לבצע את המדידות בתנאי סביבה זהים עד כמה שניתן.

8) מקורות ספרותיים.

מצגת קורס מעגלים לינאריים – פרופ' משה עינת.

מצגת קורס מעגלים ספרתיים – פרופ' גדי גולן.

מצגת קורס מבוא להנדסת חשמל - פרופ' גדי גולן.

דפי נתונים לכלל הרכיבים.