

הפקולטה להנדסה  
המחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה

## תכנון ומימוש בלנדר טאצ'י

קדם פרויקט המהווה חלק מהדרישות לתואר B.Sc.

מוגש ע"י:

סמואל ניומן

ת.ז. : 342785912

רון אלקסלסי

ת.ז. : 209237908

מהנדס באוניברסיטה : אריאל

אחראי אקדמי : ד"ר בלל יעל, מר שוחט אריה

## תוכן העניינים

2	תקציר
3	הודיה
4	מבוא
5	רקע תיאורתי
6	רכיבים חשמלים בפרוייקט
25	מטרת הפרוייקט
27	תיאור המערכת
28	תכנון החומרה
29	רכיבי המערכת
30	מימוש המערכת
41	ניסויים ובדיקות
46	מכשירי המדידה
47	תוצאות ומסקנות
48	קשיים ותקלות
49	סיכום
50	רשימת סימנים
51	רשימת טבלאות
52	רשימת איורים
54	מקורות ספרותיים

## תקציר

לשם חיתוך יעיל ואף בישול של מגוונים מאכלים נצרך תכנון וחשיבה על מערכת שתוכל לבצע את הפעולות הללו בדיוק, מהירות, נוחות ויעילות. לשם כך פותח הבלנדר החשמלי שתפקידו להכין אוכל למגוון שימושים:

חיתוך מאכלים במגוון צורות החל מחיתוך גס לסלט, חיתוך דק למרק וחיתוך למאכל טחון. בלנדר הינו מכשיר אשר מכיל תא גריסה אשר בחלקו העליון ישנו פתח הכנסת והוצאת מוצרי המאכל. בתחתית קערת הבלנדר ישנו סכין אשר מסתובב וחותר את האוכל ומתחתיו גוף חימום אשר יכול לחמם את האוכל במידה והצרכן חפץ בכך. בנוסף במכשיר הבלנדר קיימים מנגנוני אבטחה הכוללים נורות חזותיות וצופר שמע שתפקידם להודיע לצרכן שהבלנדר פתוח והפעולה לא יכולה להתבצע.

בתחילה נבדקו דרישות המכשיר ורוכזו ברשימת דרישות. אח"כ נבנו בלוקים כללים אשר יתארו את המערכת הכוללת של המכשיר, ולאחר מכן מתוך צורך המכשיר והדרישות נבחרו הרכיבים המתאימים לביצוע הפעולה ונבנו סימולציות המעגלים המתארים את פעולות המכשיר. לבסוף לאחר פעולה תקינה של הסימולציות נבנו המעגלים המכילים את הרכיבים הפיזיים ונבדקו פעולות המעגלים. לאחר מכן נמדדו תוצאות המעגל ונפתרו תקלות ומעמסות שנוצרו ברגע ההרכבה המעשית.

המערכת נבנתה בשלבים הבאים:

בהתחלה נבנתה מערכת אשר תבחר בין התוכניות השונות ולאחר מכן הצרכן ילחץ על על תוכנית הרצויה. לאחר מכן מתחילה לפעול המערכת האחראית על ביצוע פעולת התוכנית ותעביר את הפעולה אל המנוע וגוף החימום שיקצו ויבשלו את האוכל. במקביל למערכת הפעולה תהיה מערכת צג ספירת שניות ומערכת שמע. מערכת הצג אחראית להציג לצרכן כמה שניות נשארו לפעולה ומערכת השמע אחראית לצפצף כאשר הפעולה נגמרה.

במערכת הבטיחות מותקן צופר אשר יצפצף במידה ותא הבלנדר פתוח ובכך ישמור על בטיחות הצרכן. במקביל כל פעולה שוקראת לא תתבצע כאשר תא הגריסה פתוח.

ולבסוף לאחר מכן נלקחו מסקנות מהניסוי כיצד ניתן ליעל את פעולות הרכיבים ואת מספר הרכיבים בשטח המוגבל על מנת ליעל את פרויקט הנ"ל ולהעביר את המידע והלימוד הקיים לפרויקט הבא.

## תודות ואיחולים

נרצה לפנות לפרופסורים : יעל בלל ואריה שוחט

המרצים שהדריכו אותנו לאורך כל הקורס ועזרו לנו להבין מהי הדרך הכי נוחה וחכמה לבנות את הרכיבים והמערכת.

תודה על אינסוף תשומת לב וקשב הן בכיתה באופן פרטני וכללי והן בפניות מיילים לאורך כל השבועות, מצאנו אצלכם אוזן קשבת ומקום שבאמת רוצים לעזור לנו ומעריכים אותנו על העשייה שלנו עד כה.

בנוסף תודה על מתן השירות והזמנת הרכיבים הנצרכים לפיתוח המעגל.

תודה על הקובץ במודל בו היו את כל הקבצים הנצרכים והדרישות לתכנון הפרוייקט עד לרמה הכי פרטנית שקיימת.

בנוסף נרצה להגיד תודה לאוניברסיטה ומחלקת המעבדות שנתנו לנו את האופציה לצבור נסיון ולבנות פרויקט החל מתכנון והרכבת הרכיבים ועד למימוש המלא שלו.

## מבוא

בשפה העברית בלנדר נקרא "ממחה" והוא מכשיר ידני או חשמלי המשמש לטחינת אוכל והפיכתו למחית או לערבוב מוצרים טחונים.

הבלנדר מורכב מכמה חלקים: מכסה אשר מטרתו לסגור את האוכל שתוכנו לא יתיז החוצה, פתח תא הגריסה על מנת להכניס או להוציא אוכל לתוך התא, תא גריסה בו מתקיים חיתוך ובישול האוכל, סכין מסתובבת לקיצוץ האוכל, גוף חימום לבישול האוכל, קופסאת לוח חיבורים אשר מטרתה להגדיר ולפתח את פעולות הבלנדר, ולבסוף כבל חשמלי אשר מאפשר לבלנדר להתחבר לחשמל ולצרוך ממנו את הכוח לבצע את פעולותיו.

בדר"כ המזון מוכנס לתוך המיכל ונסגר עם פקק המיכל, לאחר מכן נלחצת התוכנית הרצויה ומתבצעת עד לקבלת המרקם הרצוי, בעזרת כוח המשיכה האוכל נדחס על הסכין שחותכת בתנועה סיבובית את האוכל למידה הרצויה.

הבלנדר החשמלי הומצא בשנת 1922 על ידי אדם בשם סטיבן פולבסקי שלאחר סיימו של המוצר מכר אותו אח"כ בשנת 1946 לחברת "אוסטר" חברה המוכרת מוצרי חשמל.



איור 1 – שרטוט בלנדר חשמלי

## רקע תיאורטי

בקורס "קדם פרוייקט" בתואר להנדסת חשמל, נדרשים הסטודנטים בעזרת כל הידע הנרכש במהלך התואר ובנוסף ידע משלים לביצוע הפרוייקט ליצור מערכת כלשהי שתהווה פרוייקט מקדים לפרוייקט הגמר אותו יבצעו הסטודנטים בהמשך התואר.

בקורס זה נדרשו הסטודנטים לבנות מערכת Tachi food blender - בלנדר חכם הנותן למשתמש ממשק נוח לבחירת ארבעה אפשרויות חיתוך:

- גריסה גסה
- גריסה חלקה
- גריסה ובישול
- גריסה רציפה ידנית

המערכת על ידי כפתורי בחירה תיתן אופציה למשתמש להחליט איזה תוכנית חיתוך הוא בחר במכונה ותבצע את התוכנית הנ"ל.

גריסה גסה: גריסה של חומרים קשים, ומוגדרת כ 2 שניות גריסה, 2 שניות עצירה ו 21 שניות גריסה שניה.

גריסה חלקה: גריסה של חומרים עד מצב נוזלי או משחתי, ומוגדרת כ 6 שניות ולאחר מכן 3 שניות נוספות של גריסה.

גריסה ובישול: גריסה של חומרים עד למצב נוזל והוספת בישול לתהליך, ומוגדרת כ 2 שניות גריסה, 4 שניות עצירה ובישול ו 3 שניות גריסה שניה.

גריסה רציפה אקראית: גריסה של חומרים עד לקבלת מרקם הרצוי על הצרכן, ומוגדרת כגריסה מתמשכת כל עוד הצרכן לוחץ על הכפתור המתאים לתוכנית זו.

בצג המערכת יהיו מגוון כפתורים אשר מאפשרים לבחור את התוכנית הרצויה ואף נורות אשר יציינו איזה פעולה נבחרה וצג שניות שיספור כמה שניות נשארה לתוכנית.

המערכת תלווה בזמזמים אשר יצלצלו בסיום פעילות התוכנית או כאשר תא הגריסה פתוח.

## רכיבים חשמליים בפרוייקט

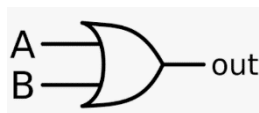
### שער AND



איור 2- שרטוט שער AND

רכיב זה מבצע פעולת כפל בין שתי הדקי הכניסה שלו בהתאם למתחים VDD או VSS המוזנים בהם ומוציא את התוצאה במוצאו.

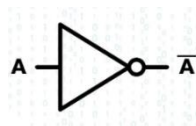
### שער OR



איור 3- שרטוט שער OR

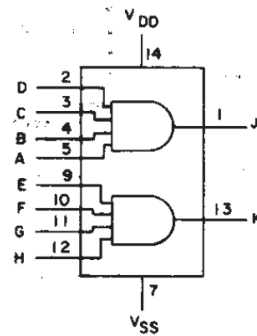
רכיב זה מבצע פעולת חיבור בין שתי הדקי הכניסה שלו בהתאם למתחים VDD או VSS המוזנים בהם ומוציא את התוצאה במוצאו.

### שער NOT



איור 4- שרטוט שער NOT

רכיב זה מבצע פעולת היפוך של המתח בהדק הכניסה שלו בהתאם למתחים VDD או VSS המוזנים בו ומוציא את המתח ההפוך מהם במוצאו, אם בכניסה מוזן מתח אשר נקרא כ VDD בהדק המוצא יופק מתח VSS אדמה ובאופן דומה גם הפוך.



#### איור 5- שרטוט רכיב שער AND

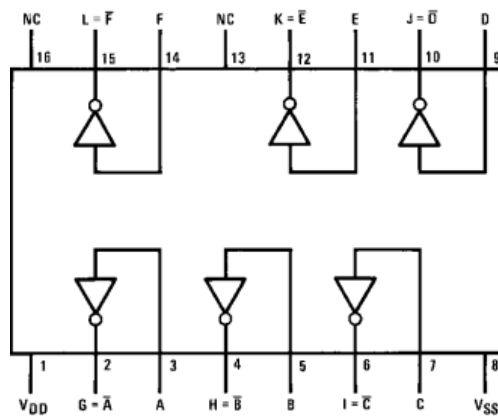
לרכיב מסוג זה יש שתי שערי AND המאפשרים להכניס 4 הדקים ולבצע ביניהם פעולת כפל

הדקים 12-9, 5-2 – 4 כניסות עבור כל שער AND בהתאמה.

הדקים 1,13 – מוצא כל שער AND בהתאמה.

הדקים 7,14 – מתח הזנה חיובי ואדמה.

#### רכיב CD4049B



#### איור 6- שרטוט רכיב שער NOT

לרכיב מסוג זה יש שישה שערי NOT המאפשרים להפוך מתח חשמלי לשישה הדקים שונים במעגל.

הדקים 3,5,7,9,11,14 – 6 כניסות עבור כל שער NOT.

הדקים 1,13 – מוצאים עבור כל שער NOT.

הדקים 8,1 – מתח הזנה חיובי ואדמה.

## זמזם Buzzer

רכיב זה משמיע צליל צפירה כאשר עובר בו מתח וזרם.



איור 7- צילום רכיב זמזם

## מנוע DC

רכיב זה הינו רכיב שכאשר מקבל מתח וזרם בכיוון אחד מסתובב על ידי המנוף שיוצא ממנו לכיוון אחד וכאשר מקבל מתח מצד השני מסתובב לצד השני.

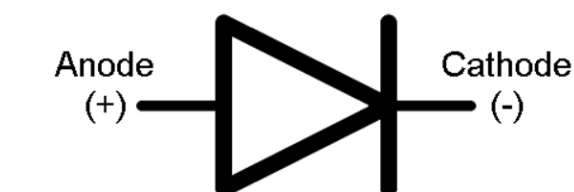


איור 8- רכיב מנוע DC

## דיודה

דיודה זהו רכיב המורכב משתי חתיכות סיליקון צמודות שביצעו שינויים בכמות המטענים שלהם כך שנוצר רכיב מיוחד.

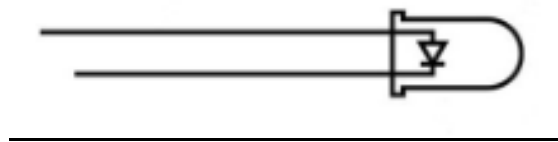
דיודה היא רכיב בעל שני רגליים, שפועל כמוליך חד-כיווני ומאפשר מעבר זרם חשמלי בכיוון אחד בלבד. שני הדקי הדיודה קרויים אנודה (הדק חיובי) וקתודה (הדק שלילי), כאשר כיוון הזרם החשמלי המאופשר הוא מהאנודה החיובי לקתודה השלילי.



איור 9- שרטוט רכיב דיודה

## דיודה לד

דיוות לד בדומה לדיודה רגילה מוליכה זרם רק מכיוון אחד אך בנוסף אליה היא רכיב שפולט אור רק במעבר זרם חשמלי דרכו כך שהאלקטרונים הנעים בו משחררים פוטונים שמאירים. לכן בזכות זאת ניתן לדעת באופן וויזואלי האם הדיודה מוליכה זרם או שאינה מוליכה באותו זמן.



איור 10- שרטוט דיודה לד

בהתאם לחומר ממנו דיודת הלד מיוצרת ניתן לשלוט באור שתפיק החוצה.

בדיודה לד ההדק החיובי הוא הארוך יותר.

## מתג

המתג הינו רכיב אשר מאפשר להעביר מתח וזרם או לקטוע אותם.

המתג נוי משתי מצבים כאשר מסוגל לבצע נתק או זרם בחוט הקצר.

המתג נועד לאפשר בחירת מצב פעולה ושליטה על מתן או איפוס מתח במערכת.

במתג הנמצא בשימוש לאדמה ההדק הכי שמאלי כפי שניתן לראות בתצלום הוא מתג הכניסה למערכת.

המתג האמצעי באיור הוא הדק חיבור מתח ההזנה.

והדק הכי שמאלי באיור הוא הדק החיבור לאדמה.

כתוצאה מחיבור זה כאשר המתג פתוח והצרכן לא לוחץ עליו מתח אדמה יעבור למוצא המתג ההדק הכי ימני בתצלוס.

כאשר הצרכן ילחץ על המתג מתח הזנה יעבור אל מוצא המתג ויעביר פולס לערכת.



### איור 11- תצלום מתג אלקטרוני

## דלגלים

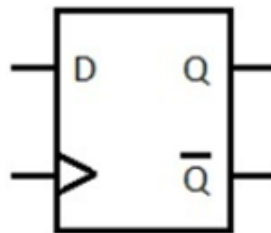
דלגלג הינו רכיב המסוגל לשמור סיבית אחת ומושפע מהכניסה בעליית וירידת שעון – גל ריבועי הנכנס בהדק השעון.

קצב השעון קובע למעשה את קצב שינויי הדלגלג. רכיב הדלגלג משנה את יציאתו על-פי כניסתו כתלות במעברי השעון מנמוך לגבוה או מגבוה לנמוך על-פי דרישות היצרן. מתכונה זו ניתן להבין שמה שיש במוצא זה עבר של מה שהיה בכניסה.

יש טבלה הנקראת טבלת אמת בה רואים את מה שיהיה במוצא בפעולת השעון הבאה כתלות במבוא. בחלק מן הדלגלים המוצא תלוי גם בערך של המוצא לפני דפיקת השעון, ועל כן לכל רכיב דלגלג תהיה טבלת אמת מתאימה.

## D דלגלג

דלגלג D הוא דלגלג בעל כניסה אחת שמועברת למוצא ללא שינוי, אך עם השהייה של מחזור שעון אחד ולכן הוא גם משמש כמעגל השהייה. ע"פ טבלת האמת של הדלגלג, ניתן לראות כי ללא קשר למצב המוצא הנוכחי, מה שיוכנס במבוא הדלגלג יוצג במוצא ללא שינוי.



איור 12- שרטוט דלגלג D

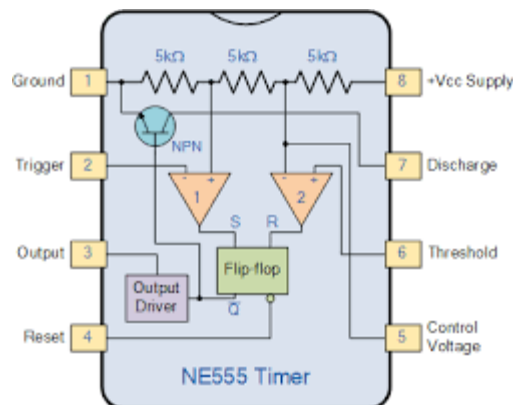
טבלה 1- טבלת אמת דלגלג D

Clk	Q(t-1)	D	Q(t)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

## טיימר 555 IC

טיימר 555 IC הוא מעגל משולב המשמש במגוון יישומי טיימר, השהייה, הפקת פולסים בודדים או ליצור בעזרתו מתנד אות ריבועי לצורך שעון. זהו אחד ממעבדי התזמון הפופולריים ביותר בשל הגמישות והמחיר שלו. הנגזרות מספקות שני (556) או ארבעה (558) מעגלי תזמון בחבילה אחת.

השימוש הנפוץ ביותר במתנד טיימר 555 הוא כמתנד א-סטיבל פשוט על ידי חיבור שני נגדים וקבל על פני הטרמינלים שלו ליצירת רכבת פולסים קבועה עם פרק זמן שנקבע על ידי קבוע הזמן של רשת ה-RC. אבל ניתן לחבר את שבב המתנד 555 טיימר גם במגוון דרכים שונות כדי לייצר מולטיוויברטורים מונוסטיים או ביסטיים, כמו גם את המולטיוויברטור Astable הנפוץ יותר.

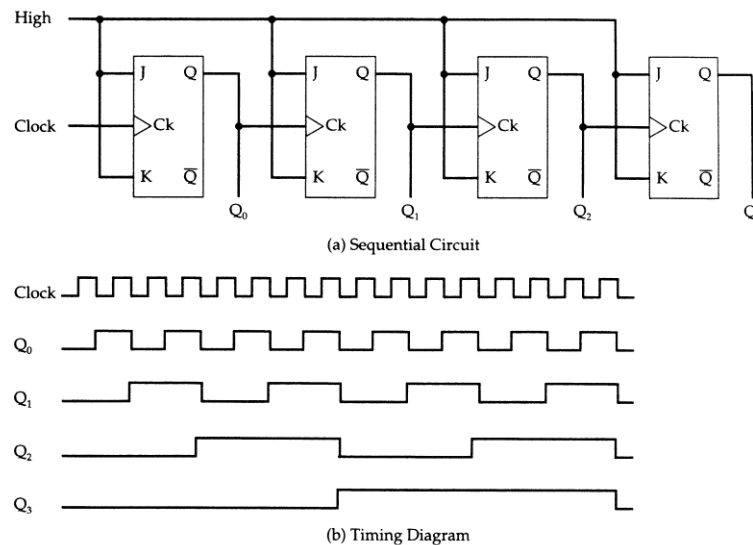


איור 13- תרשים בלוק טיימר 555

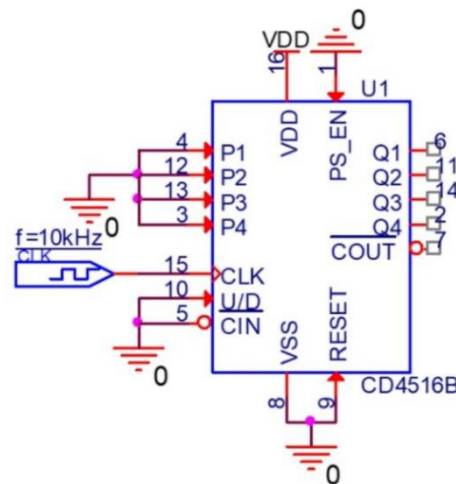
## מונה בינארי

באלקטרוניקה דיגיטלית, מונה בינארי הוא סוג של מעגל לוגי רציף המסוגל לספור במספרים בינאריים. מונה בינארי יכול לספור מ-0 עד  $(n-1)2$ , כאשר  $n$  הוא המספר הכולל של סיביות במונה. בעיקרון, מונה בינארי הוא סוג של מעגל דיגיטלי שסופר את מספר פולסי השעון המתרחשים לאורך תקופה.

המונה בינארי בנוי מדלגלי JK המשורשרים בטור, כאשר דלגלג הוא רכיב זיכרון בסיסי ביותר שיכול לאחסן ביט אחד של יש מתח או אין מתח ובעצם לאכלס מידע. במונה בינארי, כל דלגלג מייצג סיבית אחת מהמספר הבינארי הכולל. המונה מגדיל את הספירה שלו באחד בכל פעם שמתרחשת פעימת שעון. לדוגמה, מונה בינארי של 3 סיביות יכול לספור מ-000 (0) עד 111 (7) לפני שהוא מתאפס שוב ל-000. ניתן לתכנן מונה בינארי לספור כלפי מעלה או מטה. כמו כן, למונה בינארי יש תכונות מתקדמות יותר כמו יכולת לאפס את הספירה לאפס, לטעון ספירה ספציפית וכו'.



איור 14 – שרטוט מעגל פנימי במונה בינארי ואותות המוצא



איור 15- שרטוט המונה הבינארי

המונה הבינארי הוא רכיב סינכרוני הבנוי בתוכו מדלגלים ושערים לוגיים אשר מקנות לו 4 סיביות לצורך ייצוג מספר עשרוני ועל כן מסוגל לייצג עד המספר 15.

בנוסף ניתן להשתמש ברכיב זה כמחלק תדר. בהגדרת מספר סופי בו המונה יעצור ניתן בעצם לשלוט על תדירות הפעילות אותן הוא יוצא ביחס לפעילות במחזור של השעון.

מתוך כך בהכנסת תדר מסויים יהיה ניתן לקבל תדר אחר שהוא חלוקה של התדר הנכנס במספר שלם אשר יוחלט באופן חיבור הרכיב.

הרכיב יכול למנות כלפי מעלה או מטה בשיטה בינארית.

לרכיב עצמו 16 כניסות אשר לכל אחת יש משמעות אחרת.

11 כניסות, 5 יציאות.

הדקי הרכיב :

- 1- Preset Enable – בהזנת מתח VDD ההדק יאפשר את תחילת המניה מהמספר שמוזן בהדקי סיביות הכניסה.
- 2- Q4 – סיבית המוצא האחרונה (MSB) בבדיקת המתח VDD או VSS ניתן לדעת איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית.
- 3- P4 – סיבית הכניסה האחרונה (MSB) בהזנת מתח VDD או VSS ניתן לקבוע איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית מתוך המספר שממנו תתחיל הספירה.
- 4- P1 – סיבית הכניסה הראשונה (LSB) בהזנת מתח VDD או VSS ניתן לקבוע איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית מתוך המספר שממנו תתחיל הספירה.
- 5- CARRY IN – הדק אשר מטרתו לקבל סיבית מהרכיב הקודם ולהתחשב בה בחישובי הרכיב.
- 6- Q1 – סיבית המוצא הראשונה (LSB) בבדיקת המתח VDD או VSS ניתן לדעת איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית.
- 7- CARRY OUT – הדק שמטרתו לתת 1 לוגי סיבית לרכיב הבא כאשר המונה מסיים את ספירתו וממלא את כל סיביות המקום שלו ב 1.
- 8- מתח הזנה תחתון VSS אדמה משמש ליצירת יחוס ערכי המתחים ברכיב.
- 9- RESET – הדק שמטרתו לאפס את ספירת הרכיב בהזנת VDD בהדקו.
- 10- UP \ DOWN – הדק המאפשר בחירת מניה כלפי מעלה (VDD) או למטה (VSS).
- 11- Q2 – סיבית המוצא השניה, בבדיקת המתח VDD או VSS ניתן לדעת איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית.

- 12- P2 - סיבית הכניסה השניה, בהזנת מתח VDD או VSS ניתן לקבוע איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית מתוך המספר שממנו תתחיל הספירה.
- 13- P3 - סיבית הכניסה השלישית, בהזנת מתח VDD או VSS ניתן לקבוע איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית מתוך המספר שממנו תתחיל הספירה.
- 14- Q3 - סיבית המוצא השלישית, בבדיקת המתח VDD או VSS ניתן לדעת איזה סיפרה יושבת על אותה סיבית.
- 15- CLOCK – הדק אשר בכניסתו מוזן גל ריבועי בעל תדר מסויים אשר יקבע את קצב הפעולות והשינויים בתוך הרכיב.
- 16- VDD – מתח הזנה עליון לרכיב.

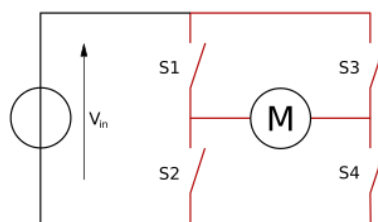
## גשר H

גשר H הוא מעגל אלקטרוני שמחליף את הקוטביות של מתח המופעל על עומס על מנת לשנות את כיוון הזרם המועבר בו. מעגלים אלה משמשים לעתים קרובות ברובוטיקה וביישומים אחרים כדי לאפשר למנועי DC להסתובב בשני כיווני השעון. שם הרכיב נגזר מהשרטוט שלו שמזכיר את האות H, עם ארבעה רכיבי מיתוג המוגדרים כענפים של האות "H" והעומס מחובר כצומת מחברת לכולם.

כאשר S1,4 סגורים מתח הכניסה יכנס מהצד השמאלי של העומס ועל כן הזרם יעבור ברכיב מצד שמאל לימין.

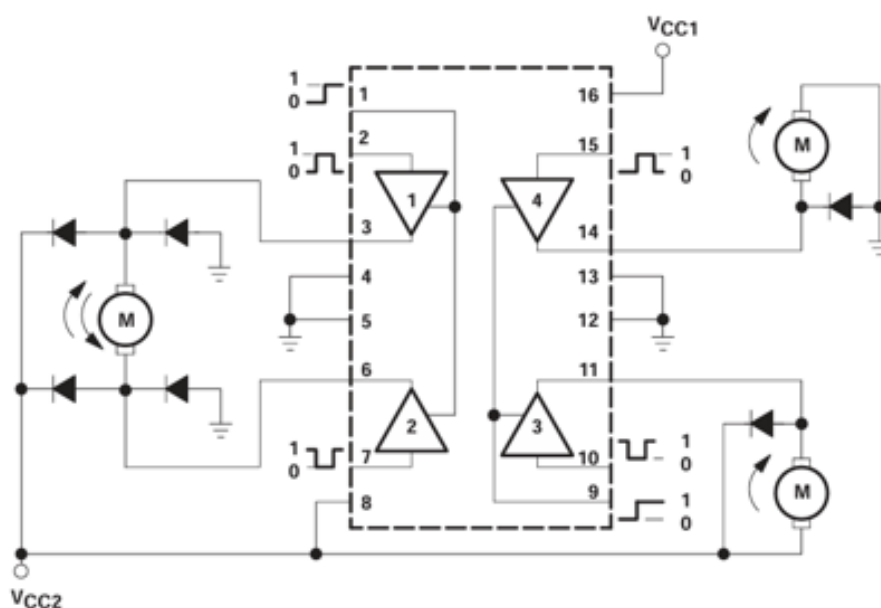
במצב השני ההפוך S2,3 יהיו סגורים והמתח והזרם יכנסו מהצד הימני של הרכיב.

כל כניסת זרם ומתח מכיוון אחר תגרום לסיבוב המנוע בכיוון האחר.



איור 16 – שרטוט מעגל גשר H

## רכיב L293D



איור 17 – שרטוט פנימי רכיב L293D

רכיב זה משמש לחיבור מנוע המערכת לגשר H על מנת לספק למנוע זרמים בשתי הכיוונים בהתאם למתחים בהדקים שהוא מקבל.

הדקי הרכיב מחוברים באופן הבא :

הדק 1 : הדק אפשרי לפעולת הרכיב מופעל בהזנת VDD.

- הדק 2 : הדק כניסת מתח למנוע לסיבוב עם כיוון השעון בהזנת VDD.
- הדק 3 : הדק מוצא הרכיב להזנת VDD לסיבוב המנוע עם כיוון השעון.
- הדק 4 : הדק חיבור אדמה לרכיב.
- הדק 5 : הדק חיבור אדמה לרכיב.
- הדק 6 : הדק מוצא הרכיב להזנת VDD לסיבוב המנוע נגד כיוון השעון.
- הדק 7 : הדק כניסת מתח למנוע לסיבוב נגד כיוון השעון בהזנת VDD.
- הדק 8 : הדק חיבור מתחי הזנה.
- הדק 16 : הדק חיבור מתחי הזנה.

### גשר אופטי – H22A3

ה-H22A3 הוא סוג של מכשיר פוטו-אלקטרי הידוע בדרך כלל כמתג אופטי מחורץ או מפסק אופטו. הוא משמש לזיהוי ומיקום עצמים ביישומים שונים. כאשר לא נמצא עצם בחריץ, אור הדיודת ה LED תגיע לטרנזיסטור ובעקבות כך הוא יספק מתח נמוך.

כאשר חפץ חוצץ נכנס לחריץ, הוא חוסם את האור האינפרא אדום, וגורם לפוטו-טרנזיסטור להפסיק להוליד וכתוצאה מכך לספק מתח גבוה.

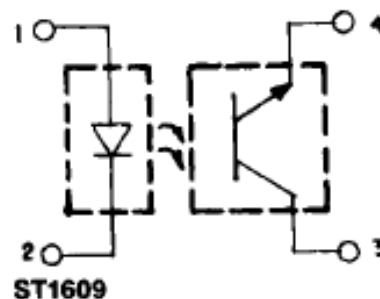
חיבורי הרכיב:

הדק 1- מתח DC ונגד לכניסת מתח לדיודת הLED על מנת להזרים בה זרם ולהדליק אור.

הדק 2- חיבור אדמה על מנת שהזרם בדיודה ינוע בכיוון הפריצה.

הדק 3- מחובר לנגד ולמתח הזנה חיובי על מנת לספק מתח לטרנזיסטור. בנוסף מהדק 3 נוצר מתח המוצא של המערכת בה כאשר יש חפץ חוצץ מתקבל מתח הזנה וכאשר אין חציצה מתקבל מתח אפסי.

הדק 4- מתחבר לאדמה על מנת לספק לטרנזיסטור פעולה תקינה לפרוק את הזרם העובר דרכו.



איור 18 – שרטוט גשר אופטי

מעגל חד יציב הוא רכיב בעל מצב יציב אחד, כלומר המערכת יציבה לערך לוגי מסוים ומתח בגובה מסויים וכאשר מוזן אות דרבון (פולס רגעי) למערכת היא תעבור למצב הלא יציב וערך מתח אחר למשך זמן מוגדר מראש ואז תחזור חזרה למצב היציב. במצב הלא יציב שלה, משך הזמן נקבע ע"י הקבל והנגד המחוברים למערכת:

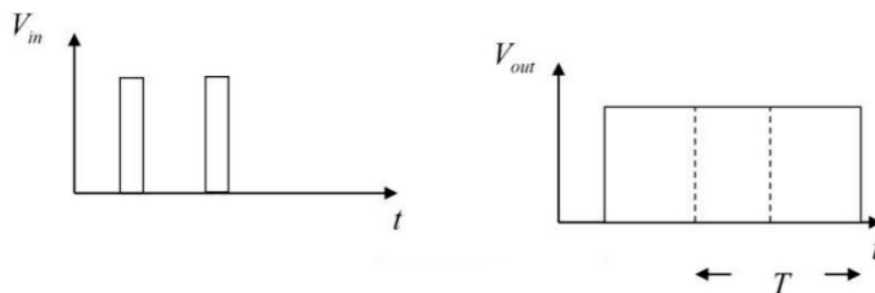
$$\tau = RC [sec]$$

נוסחא 1- קבוע הזמן במעגל ורוחב פולס המוצא

פעיל בעליה- זהו כינוי למעגל אשר מתח המוצא שלו משנה את ערכו רק כאשר מתח הכניסה מכניס פולס דרבון.

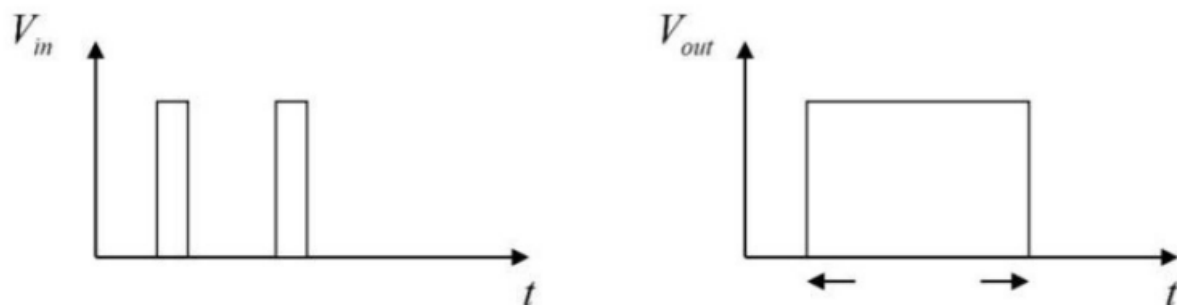
פעיל בירידה- זהו כינוי למעגל אשר מתח המוצא שלו משנה את ערכו רק כאשר מתח הכניסה מסיים את פולס הדרבון.

חד יציב דרבון חוזר- כאשר מוזן אות דרבון למערכת היא עוברת למצב הלא יציב למשך זמן  $\tau$ , אם מופעל הדרבון השני לפני שהמערכת חזרה למצב היציב, אז המערכת מתחילה פולס נוסף מאותו רגע בו הוא ניתן למערכת, כך שנקבל שמשך הזמן הלא יציב מתארך.



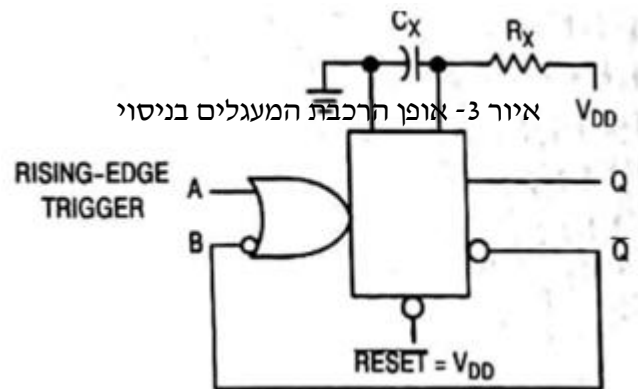
איור 19- תגובת מוצא לדרבון חוזר

חד יציב דרבון לא חוזר- כאשר מוזן אות הדרבון למערכת, היא עוברת למצב הלא יציב למשך זמן  $\tau$ , ואינה מגיבה לאות הדרבון נוסף לפני שהמערכת חזרה מצב היציב, אז היא מתעלמת מהפולס השני עד שהיא חוזרת למצב היציב.



איור 20- תגובת מוצא לדרבון לא חוזר

להלן שרטוט שימוש בחד יציב פעיל בעליה ללא דרבון חוזר:



איור 21 - שרטוט רכיב חד יציב פעיל בעליה ללא דרבון חוזר

### רכיב MC14538B

רכיב זה מכיל ישנם שני חד-יציבים, כל אחד בנפרד, ניתן להשתמש בכל רכיב בפני עצמו וניתן לשלב ביניהם וליצור מתנד באמצעות חיבור של שני החד-יציבים ברכיב.

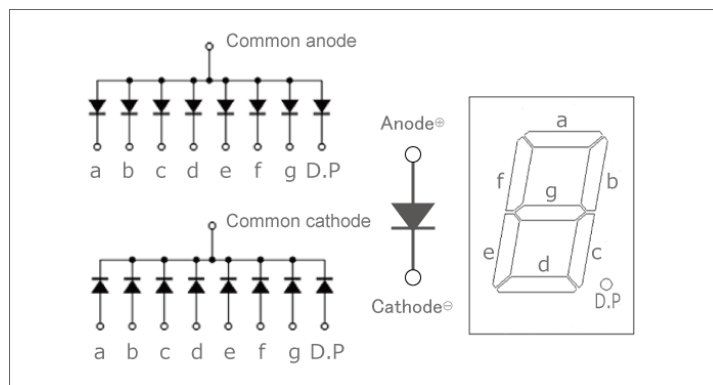
**PIN ASSIGNMENT**

VSS	1	16	VDD
C <sub>X</sub> /R <sub>X</sub> A	2	15	VSS
RESET A	3	14	C <sub>X</sub> /R <sub>X</sub> B
A <sub>A</sub>	4	13	RESET B
$\bar{B}_A$	5	12	A <sub>B</sub>
Q <sub>A</sub>	6	11	$\bar{B}_B$
$\bar{Q}_A$	7	10	Q <sub>B</sub>
VSS	8	9	$\bar{Q}_B$

איור 22 - רכיב חד יציב ורב רטט

## 7 Segement LED

רכיב זה הינו מסך המורכב מ7 דיודות LED המסודרות בצורת הרכבה של מספרים עשרוניים. כאשר מזינים מתח לכל אחד מהדקי הרכיב דיודה אחרת תדלק ברכיב.



איור 23 – 7 Segment LED

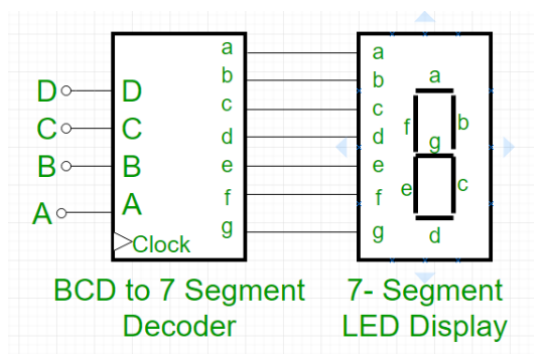
## BCD-To-7-Segment-Decoder/Driver

מפענח דיגיטלי IC, הוא מכשיר הממיר מספר בינארי לעשרוני ואחד המכשירים הנפוצים ביותר לשם כך נקרא מפענח תצוגה עשרוני מקודד בינארי (BCD) ל-7 סיביות. תצוגות מסוג LED עם 7 ביטים (דיודה פולטת אור) או LCD (Liquid Crystal Display), מספקות דרך נוחה מאוד להצגת מידע או נתונים דיגיטליים בצורה של מספרים ואותיות.

מפענח הוא רכיב דיגיטלי המורכב משערים לוגים הממיר מספר בינארי למוצא המתאים.

הרכיב מורכב מ  $2^n$  כניסות ו  $n$  יציאות.

הרכיב מקבל מספר בינארי בכניסה ובמוצא ממיר אותו למספר העשרוני.



איור 24- שרטוט רכיב BCD to 7 Segment

ניתן לראות מעל את אופן חיבור BCD אל 7 segment.

טבלה 2 - טבלת אמת לרכיב BCD to 7 Segment

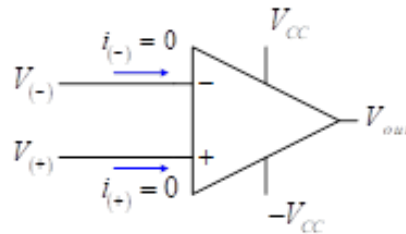
A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

## מגבר שרת TL071

מגבר שרת הינו למעשה רכיב אלקטרוני אשר מבצע מימושים רבים בעולם האלקטרוניקה.

### מגבר משווה

להלן סכמה חשמלית עבור מגבר משווה:



איור 25- שרטוט מגבר משווה

משוואת מוצא המגבר:

$$1) V_{OUT} = A(V_{+} - V_{-})$$

נוסחא 2- משוואת מוצא המגבר כתלות בהדקי הכניסה שלו

כלומר מתח המוצא הוא הגבר פי  $A$  של הפרש מתחי הכניסה  $V_{(-)}$ ,  $V_{(+)}$ .

עבור מגבר אידיאלי:  $A \rightarrow \infty$  וזרמי הכניסה שווים לאפס.

מתח המוצא מוגבל:  $-V_{CC} \leq V_{out} \leq V_{CC}$

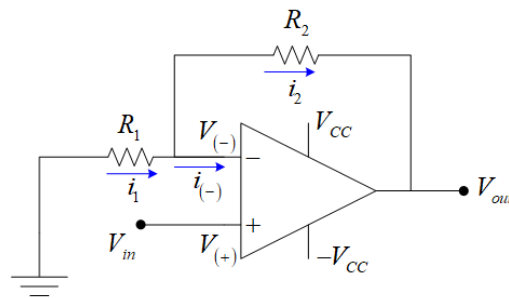
כלומר:

$$\begin{aligned} V_{(+)} > V_{(-)} &\Rightarrow V_{out} = V_{CC} \\ V_{(+)} < V_{(-)} &\Rightarrow V_{out} = -V_{CC} \end{aligned}$$

נוסחא 3- משוואת תחום מתח מוצא כתלות בהדקי הכניסה שלו

## מגבר עוקב

שרטוט חשמלי עבור מגבר עוקב:



איור 26- שרטוט מגבר עוקב

ביטויים לזרמים:

$$2) i_1 = \frac{-V_{(-)}}{R_1} \quad 3) i_2 = \frac{V_{(-)} - V_{out}}{R_2}$$

נוסחא 4- משוואת ביטוי לזרמים במערכת

קצר וירטואלי:

$$V_{(-)} = V_{in}$$

אין זרמים נכנסים  $i_{(\pm)} = 0$ , לכן:  $i_1 = i_2$ .

מתוך כך נוצרת נוסחא מתמטית לחישוב מתח המוצא:

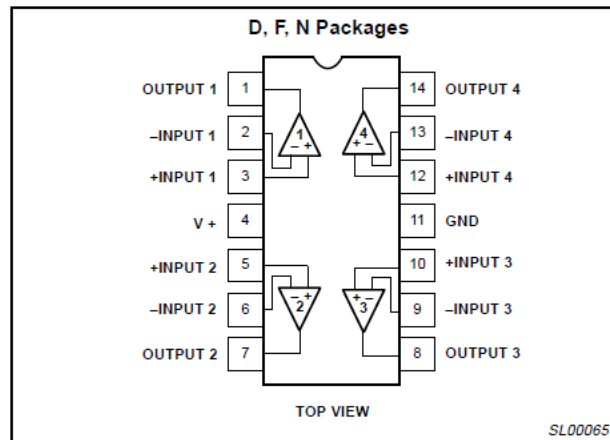
$$6) \frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{V_{in} - V_{out}}{R_2} \Rightarrow V_{in} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = V_{out} \Rightarrow 7) A_v \equiv \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

נוסחא 5- משוואת הגבר המערכת

## מגבר – LM344

רכיב זה מכיל 4 מגברי שרת הניתנים לשימוש במקביל ובטור.

רכיב זה נוצר על מנת לחסוך במקום על גבי לוח חיבורים המכיל יותר ממגבר שרת יחיד.



איור 27 – שרטוט פנימי רכיב LM334

## מטרת הפרויקט

### מטרת הפרוייקט

מטרת הפרוייקט היא להציב בפני הסטודנט צורך בתכנון עד כדי רכיבים חשמליים של מוצר אותו יצטרך ליצור בעבודתו העתידית כמהנדס. בפרוייקט זה נדרש מהסטודנט לחקור וללמוד על הרכיבים אותם יצטרך בפרוייקט וכיצד לחבר ביניהן למערכת שלמה אחת. בנוסף, נדרש להכין לוח זמנים ולעמוד בו בשביל לתרגל עמידה ביעדים בזמן קצוב.

במיוחד, בפרוייקט זה המטרה היא לבנות את החומרה לבלנדר טאצי מזון אוטומטי הכל-ב-אחד. בלנדר זה כולל 3 תוכניות שונות למיזוג, תכונות בטיחות ותצוגה נכונה של הגדרות.

### תנאי התכנון

תנאי התכנון מורכבים מדרישות המערכת ואילווצים שונים, כתוצאה ממרחב עבודה של מטריצה סופית וגדלי רכיבים סופיים נדרש תכנון יעיל וקטן אשר יאפשר לכל המערכת להכנס בלוח החיבורים.

### דרישות המערכת

#### תוכניות המערכת

לאחר לחיצה על בורר התוכניות ובחירת התוכנית הרצויה ובתנאי שמכסה תא הגריסה סגור תתבצע אחת מהתוכניות הבאות :

1. גריסה גסה – על מנת לאפשר למערכת לגרוס מאכלים קשים התוכנית הוגדרה כך : משך התוכנית 6 sec , יש להפעיל את המנוע במשך 2 sec עם כיוון השעון, הפסקת פעולת המנוע במשך 2 sec הפעלת המנוע במשך 2 sec עם כיוון השעון.
2. גריסה חלקה - על מנת לאפשר למערכת לבצע גריסה עד לקבלת נוזל בעל מרקם חלק ואחיד התוכנית הוגדרה כך : משך התוכנית 9 sec , יש להפעיל את המנוע במשך 6 sec עם כיוון השעון ולאחר מכן הפעלת המנוע במשך 3 sec נגד כיוון השעון.
3. גריסה ובישול – על מנת לאפשר למערכת לבצע גריסה ובישול של המרכיבים עד לקבלת נוזל סמיך וחם בעל מרקם חלק ואחיד התוכנית הוגדרה כך : משך התוכנית 9 sec , יש להפעיל את המנוע במשך 2sec עם כיוון השעון, הפסקת פעולת המנוע והפעלת גוף חימום (LED) במשך 4 sec הפסקת פעולת גוף חימום והפעלת המנוע במשך 3 sec עם כיוון השעון.

### כפתורי הפעלה

- כפתור המאפשר בחירת התוכנית הרצויה אך לא מפעיל אותה.
- כפתור המאפשר גריסה אוטומטית ידנית כל עוד הכפתור לחוץ.
- כפתור אישור הפעלת תוכנית.
- כפתור המפסיק באופן מידי את תוכניות הפעולה האוטומטיות - בזמן לחיצה על כפתור זה כל תוכנית אוטומטית תופסק באמצע באופן מידי, גופי חימום ומנועים יפסיקו לפעול.

### תקן בטיחות

על מנת שהמכשיר יעמוד בתקן הבטיחות על פתח תא הגריסה מותקנת מערכת אשר מאפשרת להתחיל גריסה או חימום רק כאשר תא הגריסה סגור. במידה והתא פתוח תידלק נורת לד אדומה שתאיר ותציין שהתא פתוח. כאשר התא סגור תידלק נורה קבועה ירוקה שתציין שהתא סגור וניתנת לבצע פעולה. בנוסף כאשר התא יהיה פתוח מערכת הזמזם תצפור במידה ובנוסף לתא הצרכן ילחץ על תוכנית הגריסה הידנית.

### לוח מחוון ושמע

למכשיר מותקן ממשק משתמש כמו הלחצנים שהוסברו לפני להפעלת התוכניות וכן נורות מחוון אשר יציינו איזה פעולה מתבצעת, האם תא הגריסה פתוח או סגור, האם גוף החימום מופעל או לא, האם המנוע מסתובב ימינה או שמאלה ולבסוף זמזם שיצפור בסיום התוכנית 3 פעמים או צפירה קבועה כאשר תא הגריסה פתוח. בנוסף ישנו צג אשר סופר ומראה את השניות אשר נשארו לכל תוכנית מהתוכניות הנבחרות.

### דרישות הרכיבים

בנוסף מערכת סיבוב המנוע תספק למנוע את הנתונים הבאים :

$$I \approx 500mA, V \approx 5Vdc$$

ובנוסף תספק לגוף החימום :  $V \approx 10Vdc$  להפעלה ו-  $V \approx 10Vdc$  לכיבוי.

המערכת תתחבר לשקע אשר יזין לה מתח חיובי.

## תיאור המערכת

המערכת תכיל רכיבים וחומרים אשר יחברו את כל הרכיבים יחדיו ויתנו לצרכן מערכת נוחה ופשוטה לשימוש אשר יאפשר לו לבחור תוכנית, לוודא שהתוכנית אכן נבחרה, לצפות בתוכנית קוראת, בזמן הסיום שנתר לה לסיים, ובמצייני מחוון שיוודיעו שהתוכנית הסתיימה.

בנוסף ישנו מחוון אשר יודא שהתוכנית יכולה לפעול ומכסה המכשיר סגור באופן בטיחותי.

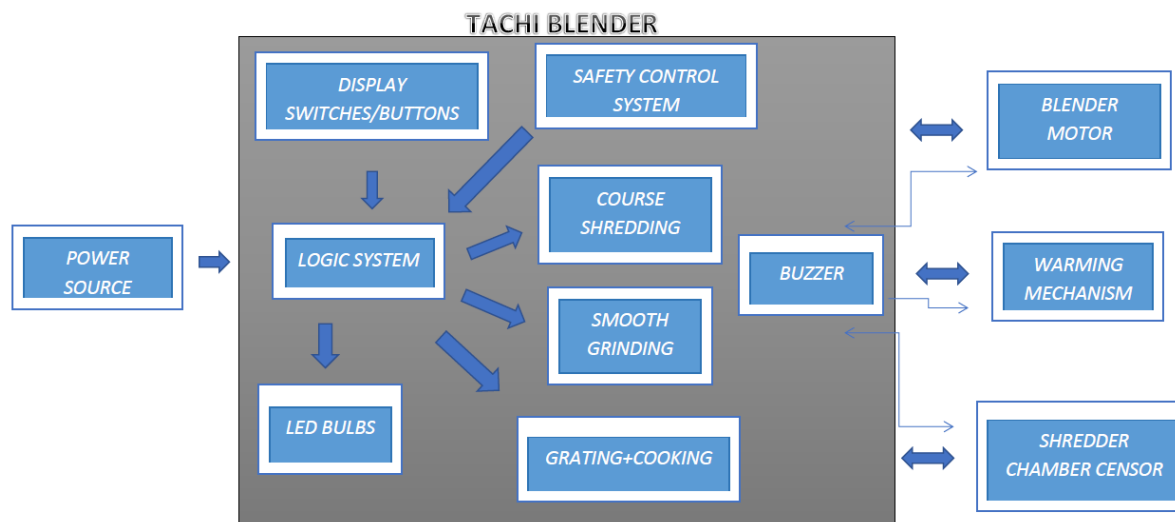
המערכת מורכבת מקבוצות תתי מערכות שמחוברות במקביל ובטור על מנת לתת את הדרישה של המכשיר הסופי.

ברגע שיבחר בבורר המצבים את התוכנית הרצויה וילחץ על אישור הפעולה תעבור למערכות הבאות ותקרא. באותו זמן יהיה מנורה שתגיד לצרכן איזה תוכנית פועלת וכמה זמן נשאר לתוכנית לפעול לפי הצג.

בסוף התוכנית המערכת תצפץ ותודיע לצרכן שהתוכנית שנבחרה הסתיימה.

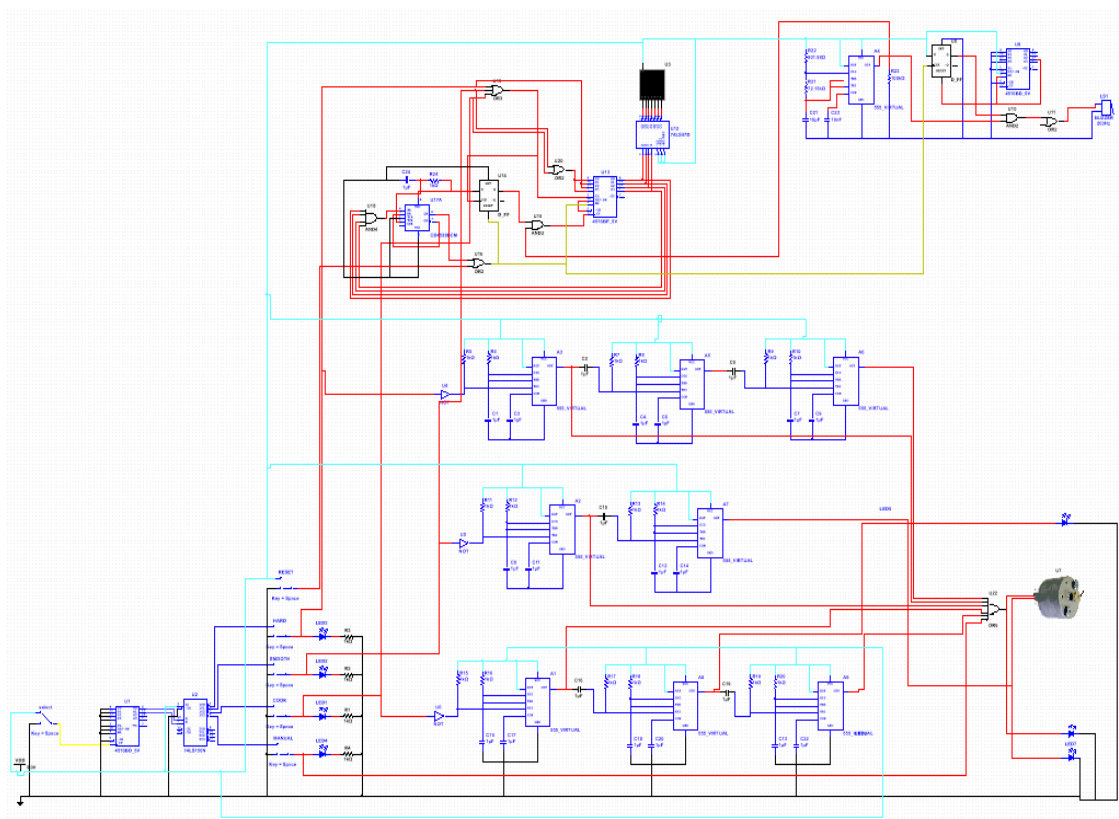
## תכנון החומרה

דיאגרמת בלוקים:



איור 28 - דיאגרמת בלוקים

סכמה חשמלית מערכת כוללת:



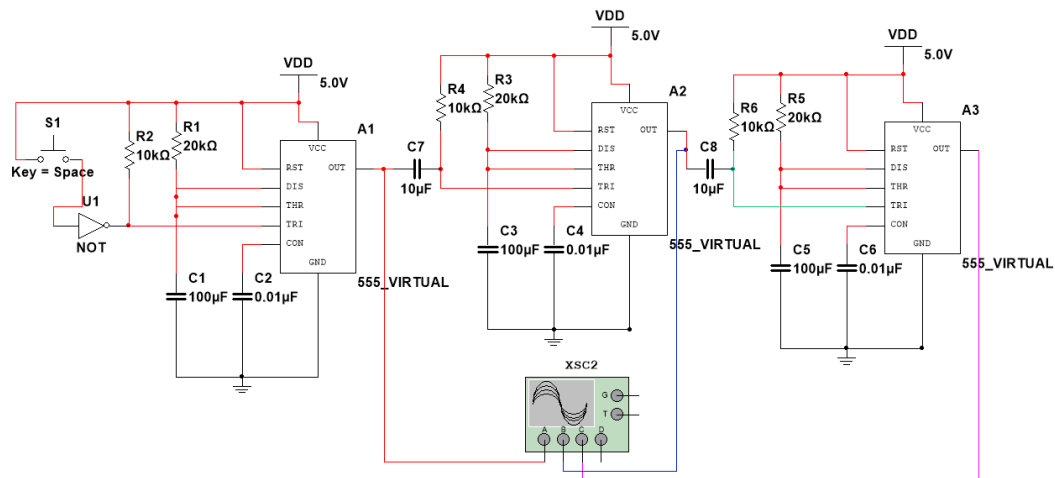
איור 29 - שרטוט חשמלי מערכת כוללת

## רכיבי המערכת

- 4538 חד יציב
- 4082 AND-4
- 4071 OR-2
- 4049 NOT
- NE555 Timer
- דיודה LED צהוב, אדום, ירוק
- D-Flip-Flop 4013
- מונה בינארי 4516
- 4081 AND-2
- 4072 OR-4
- 4049 NOT
- 4543 BCD-to-7 Segment Display Decoder
- L293D H-Bridge Driver
- מגבר MC34074
- שער אופטי H22A3
- 74LS156N 2-4 Decoder
- Switch
- נגדים
- קבלים
- דיודה
- זמזום
- מנוע DC

## מימוש המערכת

### בלוק גריסה גסה



### איור 30 - שרטוט מעגל גריסה גסה

על מנת לבנות תוכנית זו, נבנו 3 טיימרים 555 שהורכבו בטור. כל אחד בפני עצמו פועל כחד יציב ומספק פולס באורך לפי הנוסחא מטה:

$$T = 1.1 \cdot RC \text{ [sec]}$$

נוסחא 6 – זמן חישוב זמן הפולס בטיימר

הנגדים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם: R1,3,5

הקבלים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם: C1,3,5

לאחר שכל טיימר מסיים את הפולס שלו הוא מעביר את האות לטיימר הבא שמעביר פולס גם הוא. בשל כך ניתן לתכנן כל טיימר לספק את המתח לזמן הנדרש לתוכנית.

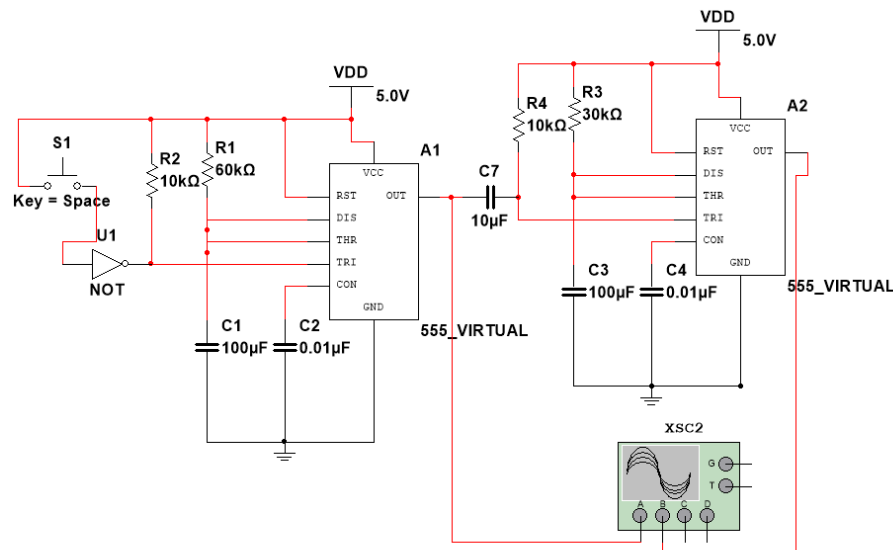
בתוכנית גריסה גסה ישנו צורך לבצע פעולה כוללת שאורכה 6 שניות:

2 שניות ראשונות להפעיל מתח למנוע עם כיוון השעון.

לאחר מכן 2 שניות מנוחה בהן המנוע לא יפעל.

ולבסוף 2 שניות אחרונות בהן יגיע מתח למנוע עם כיוון השעון.

בעזרת נוסחאת הפולס שהוגדרה למעלה נבחרו הרכיבים לכל טיימר על מנת להוציא פולס באורך של 2 שניות.



איור 31 - שרטוט מעגל גריסה חלקה

על מנת לבנות תוכנית זו, נבנו 2 טיימרים 555 שהורכבו בטור. כל אחד בפני עצמו פועל כחד יציב ומספק פולס באורך לפי נוסחא 6 המופיע בגריסה גסה במע' 30.

הנגדים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם:  $R1, 3$

הקבלים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם:  $C1, 3$

לאחר שכל טיימר מסיים את הפולס שלו הוא מעביר את האות לטיימר הבא שמעביר פולס גם הוא. בשל כך ניתן לתכנן כל טיימר לספק את המתח לזמן הנדרש לתוכנית.

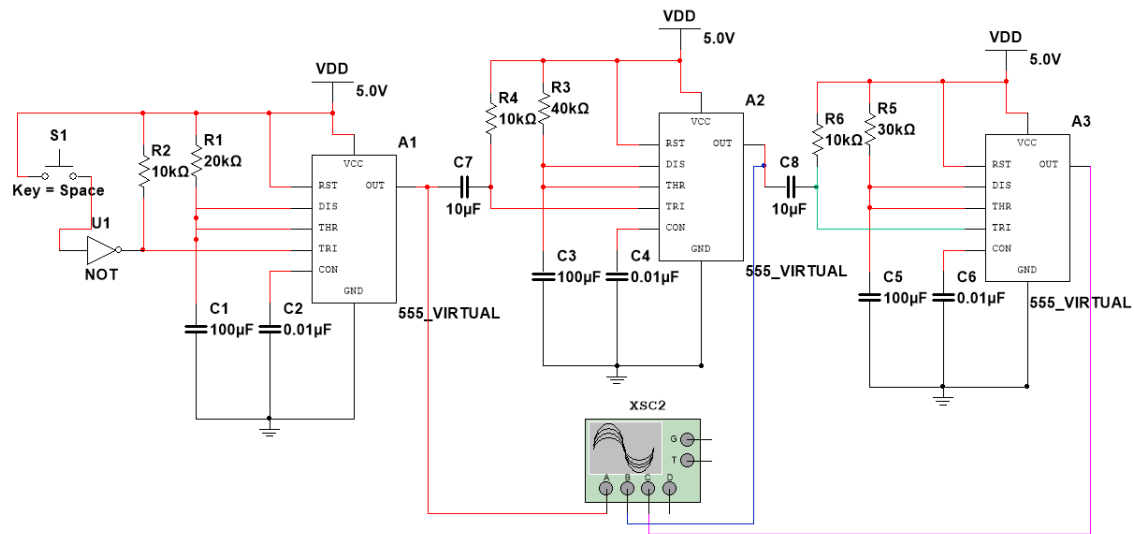
בתוכנית גריסה חלקה ישנו צורך לבצע פעולה כוללת שאורכה 9 שניות:

6 שניות ראשונות להפעיל מתח למנוע עם כיוון השעון.

לאחר מכן 3 שניות אחרונות בהן שוב יגיע מתח למנוע נגד כיוון השעון.

בעזרת נוסחאת הפולס שהוגדרה למעלה נבחרו הרכיבים לכל טיימר על מנת להוציא פולס באורך של השניות המתאימות לכל פעולה.

## בלוק גריסה ובישול



### איור 32 - שרטוט מעגל גריסה ובישול

על מנת לבנות תוכנית זו, נבנו 3 טיימרים 555 שהורכבו בטור. כל אחד בפני עצמו פועל כחד יציב ומספק פולס באורך לפי נוסחא 6 המופיע בגריסה גסה במע' 30.

הנגדים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם:  $R_{1,3,5}$

הקבלים שתוכננו על מנת לספק את זמן זה הם:  $C_{1,3,5}$

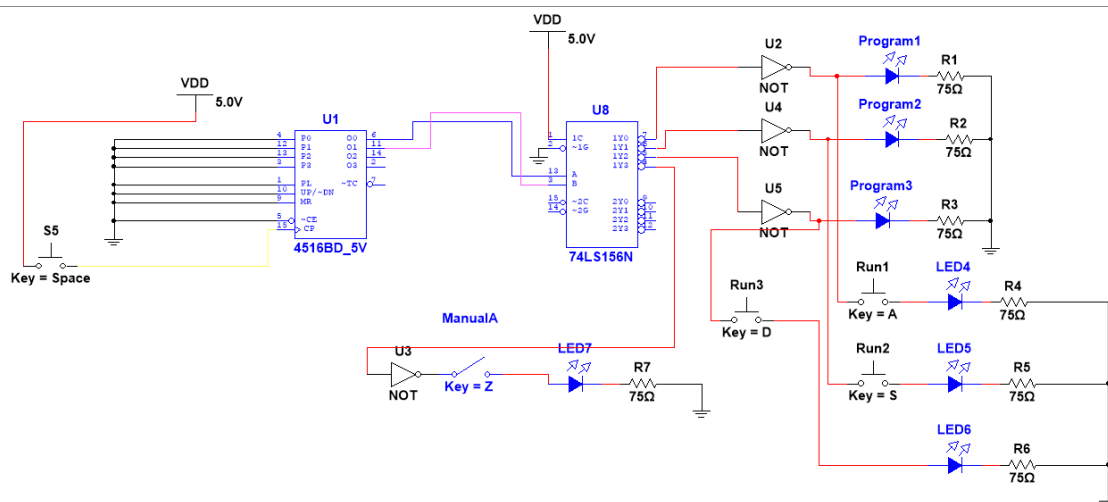
בתוכנית גריסה ובישול ישנו צורך לבצע פעולה כוללת שאורכה 9 שניות:

2 שניות ראשונות להפעיל מתח למנוע עם כיוון השעון.

לאחר מכן 4 שניות מנוחה בהן המנוע לא יפעל אך גוף החימום במערכת יפעל ויחמם את האוכל.

ולבסוף 3 שניות אחרונות בהן יגיע מתח למנוע עם כיוון השעון.

בעזרת נוסחאת הפולס שהוגדרה למעלה נבחרו הרכיבים לכל טיימר על מנת להוציא פולס באורך של השניות המתאימות לכל פעולה.



איור 33- שרטוט מעגל בחירה ואישור תוכנית

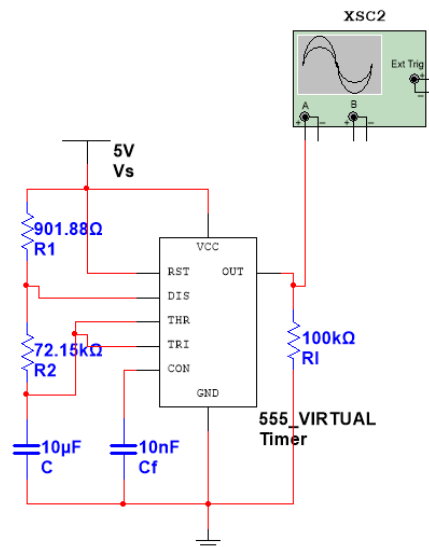
למערכת הורכב מונה בינארי שמחובר לדקודר.

לשעון המונה חובר מתג המאפשר לבחור את המספרים החל מ 00 עד 11 ובכך להזין לרגלי הדקודר כל פעם תוכנית אחרת במוצאו.

המתג פועל כדופק השעון. זה גורם למונה לעבור לשלב הבא (מ-0000 ל-0001) וכן הלאה. הפלט של המונה הופך לבקרת קלט, A ו-B, עבור המפענח. כאשר הבקרה משתנה על ידי המונה, פלט אחד בכל פעם הוא אפס. כל היציאות מחוברות לשערי NOT כדי להפוך פלט אחד לפעיל בכל פעם. זה מפעיל נורית LED המצביעה על התפוקה הגבוהה. זה מייצג מחדש את התוכנית שנבחרה. לאחר מכן ניתן ללחוץ על המתג עבור אותה תוכנית כדי להפעיל את התוכנית. ישנן אפשרויות לתוכנית 3 והרביעית היא התוכנית הידנית. אף תוכנית אחרת לא יכולה לפעול בזמן שתוכנית אחרת נבחרת.

לכן קודם כל ניתנת אופציה לעבור בין תוכנית לתוכנית ואחכ ניתן ללחוץ לאישור התוכנית שנבחרה.

טיימר 555 כמקור אות שעות



איור 34 – שטוט רכיב 555 TIMER כמקור אות שעות

במצב אסטטי, טיימר 555 עובר ברציפות בין המצבים הגבוהים והנמוכים שלו, ויוצר פלט גל ריבועי. גל מרובע זה יכול לשמש כדופק שעות למעגלים דיגיטליים. ניתן לחשב את תדירות דופק השעות באמצעות הערכים של R1, R2 ו-C1 עם הנוסחה הבאה:

$$f = \frac{1.44}{(R1 + 2 * R2) * C}$$

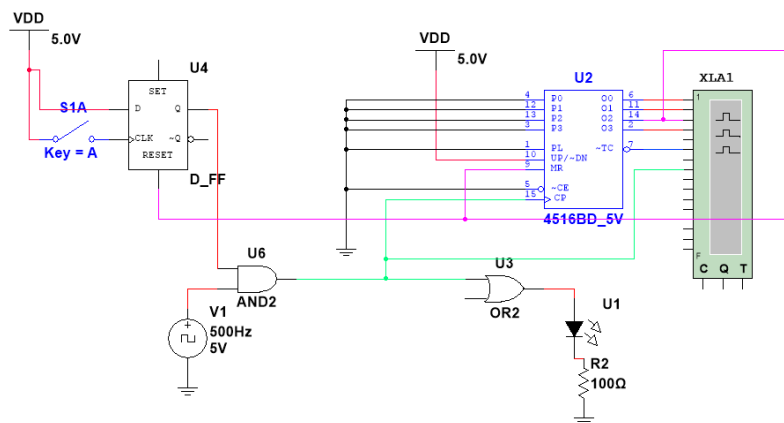
נוסחא 7 – חישוב תדר אות הריבוע בשעות

ניתן לכוון את מחזור העבודה (שיעור הזמן שהפלט גבוה) על ידי שינוי הערכים של R1 ו-R2. מחזור העבודה ניתן על ידי:

$$DC = \frac{R2}{R1 + 2 * R2} \times 100\%$$

נוסחא 8 – חישוב מחזור עבודה של הגל הריבועי

מהסימולציה הפלט של הטיימר הוא 5V. במציאות במעבדה התפוקה יוצאת בערך 3.5 V מה שעדיין טוב להפעלת VHL של שאר הרכיבים במעגל.

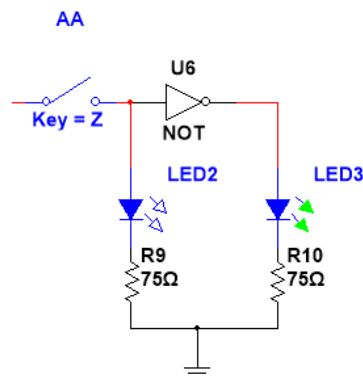


### איור 35 – שרטוט מעגל הפעלת זמזם

מעגל הזמזם הינו דרישת המערכת שכאשר סוף התוכנית הגיעה הזמזם יצפור 3 פעמים ויודיע על סיום התוכנית. בנוסף לכך כאשר תא הגריסה פתוח הזמזם ישמיע צליל כל עוד הצרכן ילחץ על מתג גריסה ידנית.

אופן פעולת הזמזם היא כאשר התוכנית מסתיימת פולס שמופק ממערכת צג הספירה לזמן התוכנית נכנס לדלגלג D בכניסת המערכת שנותן אפשרות לאות השעון הריבועי ולמונה בינארי לעבוד. המונה בינארי מחובר כך שכאשר הדלגלג נותן לו אפשרות הוא הוא סופר 3 שניות שבסופן נותן פולס איפוס למונה הבינארי בעצמו ולדלגלג D.

בכל זמן הפעולה של המונה הבינארי השעון שמפיק גל ריבועי מספק את האות אל המזם שכתוצאה מכך מצפצף 3 פעמים בתדר קבוע של שניה שחושב עבור מערכת השעון המתותארת במערכת השעון תחת הכותרת "מימוש המערכת"

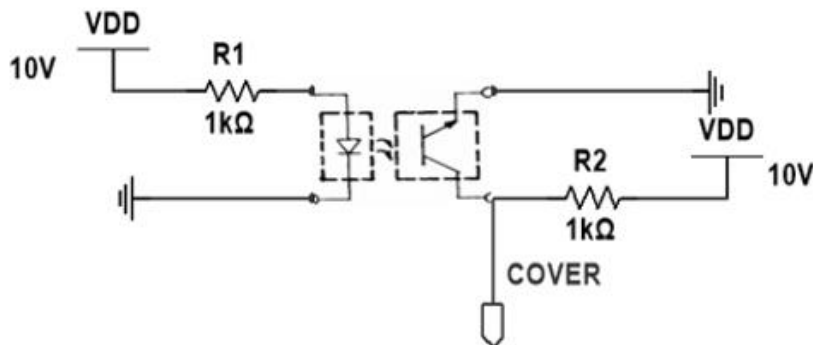


איור 36 – שרטוט מערכת שער אופטי

השער האופטי מיוצג על ידי מתג בסימולציה. כאשר המתג סגור ולמעשה תא הגריסה פתוח השער האופטי מפיק מתח שמדליק את הLED האדום ובא לסמן לצרכן שתא הגריסה פתוח.

מערכת זו מחוברת במקביל גם לזמזום שכאשר התא פתוח המתח נכנס ישירות לזמזום וגורם לו לצפור כל עוד המכסה פתוח. כאשר התא סגור מוצא השער האופטי הופך להיות מתח אפסי ובעזרת שער מהפך מדליק לד ירוק שמודיע שהתא סגור.

בנוסף מתואר המעגל והרכיב האמיתי שהורכב לרכיב:



איור 37 – שרטוט מעגל שער אופטי

ה-H22A3 הוא סוג של מכשיר פוטו-אלקטרי הידוע בדרך כלל כמתג אופטי מחורץ או מפסק אופטי. הוא משמש לזיהוי ומיקום עצמים ביישומים שונים. כאשר לא נמצא עצם בחרץ, אור הדיודת ה-LED תגיע לטרנזיסטור ובעקבות כך הוא יספק מתח נמוך.

כאשר חפץ חוצץ נכנס לחרץ, הוא חוסם את האור האינפרא אדום, וגורם לפוטו-טרנזיסטור להפסיק להוליד וכתוצאה מכך לספק מתח גבוה.

חיבורי הרכיב:

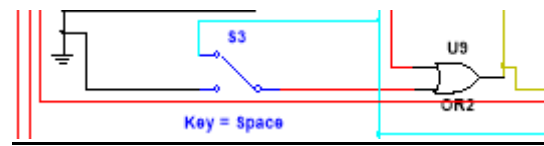
הדק 1- מתח DC ונגד לכניסת מתח לדיודת ה-LED על מנת להזרים בה זרם ולהדליק אור.

הדק 2- חיבור אדמה על מנת שהזרם בדיודה ינוע בכיוון הפריצה.

הדק 3- מחובר לנגד ולמתח הזנה חיובי על מנת לספק מתח לטרנזיסטור. בנוסף מהדק 3 נוצר מתח המוצא של המערכת בה כאשר יש חפץ חוצץ מתקבל מתח הזנה וכאשר אין חציצה מתקבל מתח אפסי.

הדק 4- מתחבר לאדמה על מנת לספק לטרנזיסטור פעולה תקינה לפרוק את הזרם העובר דרכו.

כפתור איפוס תוכניות



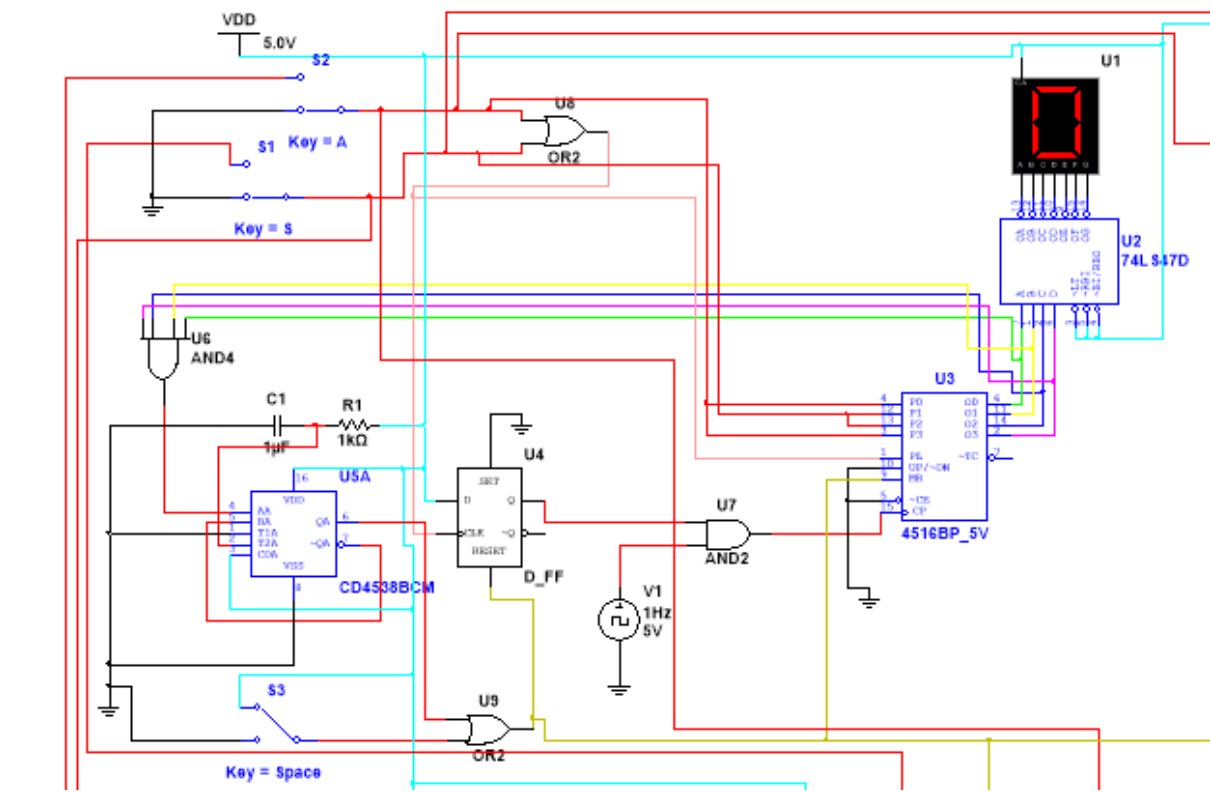
איור 38 – שרטוט מעגל כפתור איפוס

בעזרת מתג שמחובר להדק האיפוס של כל המערכות במכשיר ניתן ללחוץ ולגרום לכל הפעולות להתאפס ולחזור למצב ההתחלתי.

המתג מחובר במקביל למערכת צג ספירת השניות של התוכנית ומטרתו לתת אפשרות לאיפוס המערכת באמצע תוכנית מבלי להפריע לאיפוס המערכת בסוף הספירה.

לשם כך מתג זה חובר לשער OR ביחד עם מערכת צג ספירת השניות.

צג ספירת שניות לסיום התוכנית



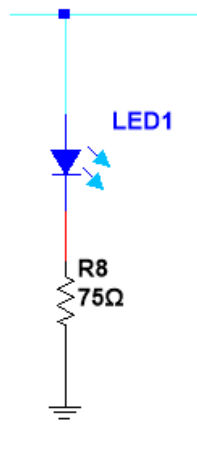
איור 39 – שרטוט מעגל צג שסופר את השניות לסיום התוכנית

כפי שניתן לראות במערכת זו ברגע שהתוכנית נבחרה והמתג נלחץ פולס המתח מועבר לכניסת המונה הבינארי להזנת ספרת השניות ההתחלתית לפי התוכנית הרצויה.

במקביל מוזן פולס להדק טעינת המספר הבינארי שהתקבל אל המונה הבינארי.

במקביל במערכת של דלגול D, שעון ושער AND נכנס פולס שנותן אפשרות למונה הבינארי להתחיל לספור מהמספר שהוזן.

כאשר המונה מגיע לסיפורה 0 ומשתנה למספר הבינארי 1111 בעזרת שער AND שמקבל את כל הדקי המונה שכעת מכילים את המספר 1 מעביר את המתח לחד יציב שמספק פולס מתח להדק האיפוס של כל מערכות הפעולה במכשיר ובעצם מאפס את המערכת, מסיים את התוכנית ומאתחל את המערכת למצב ההתחלתי לבחירת תוכנית חדשה.



איור 40 – שרטוט מעגל דיודה LED כגוף חימום

בעזרת דיודת LED שמתארת את הגוף חימום בתוכנית גריסה ובישול כאשר רכיב הטיימר השני שאחראי על פולס המנוחה של המנוע יספק מתח לדיודה לפי הזמן שנקבע בתוכנית שמתואר למעלה ובעצם יחמם את האוכל בתא הגריסה.

בנוסף לגוף החימום תתחבר דיודת LED שמטרתה להציג לצרכן שאכן הגוף חימום מבשל את האוכל ותאיר כל עוד גוף החימום עובד.

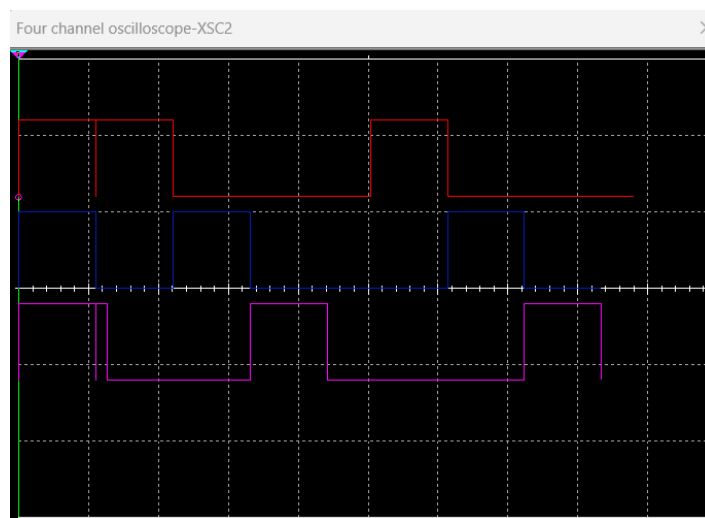
## ניסויים ובדיקות

בכדי להבין האם המערכת עובדת או לחלופין לאתר תקלות שהתקבלו נצרכה מדידה כל שבוע במהלך העברת הקורס במעבדה בהן נבדקו בעזרת מכשירי המעבדה האותות במעגלים על מנת להבין היכן ישנה תקלה.

בכדי להבין האם המערכת עובדת כראוי בוצעו בדיקות מדידות מתח בעזרת הרב מודד במעבדה ומשקף התנודות.

מערכות שונות נבדקו בשיטות שונות. חלקם הוצגו למטה :

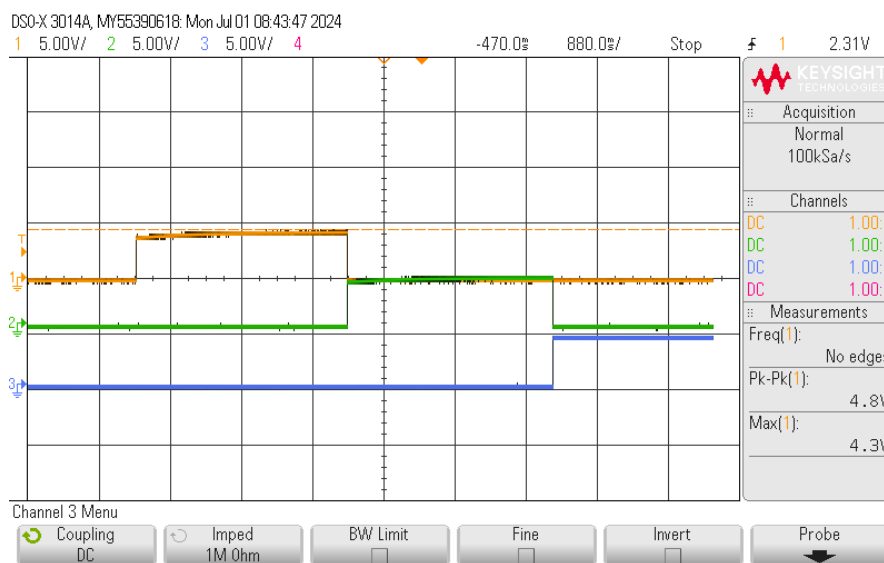
### גריסה גסה



איור 41 – תוצאת סימולציה גריסה גסה

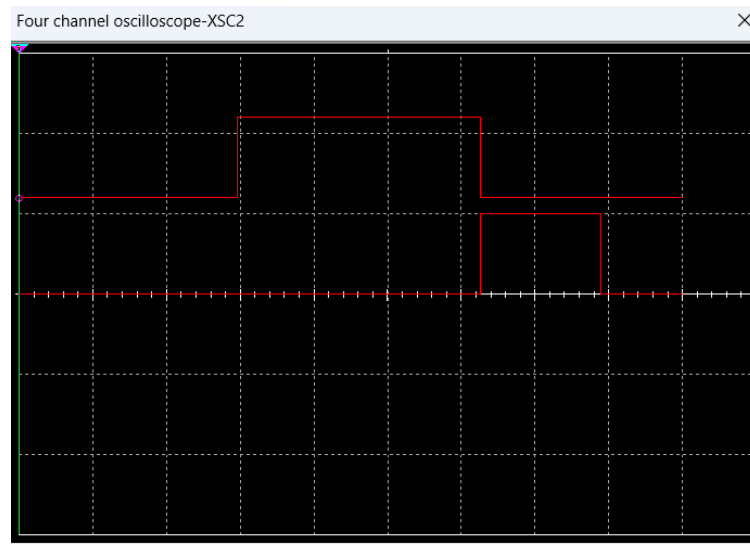
במעבדה, כדי לבדוק שתוכנית זו עובדת, נעשה שימוש ב-LED עבור כל חלק בתוכנית שנדלק למשך זמן התגובה המתאים. כמו כן, הוא היה מחובר למנוע והמנוע הסתובב בזמן המתאים.

לאחר מכן נבדקה התוצאה במעבדה :



איור 42 - תוצאת מעבדה לתוכנית גריסה גסה

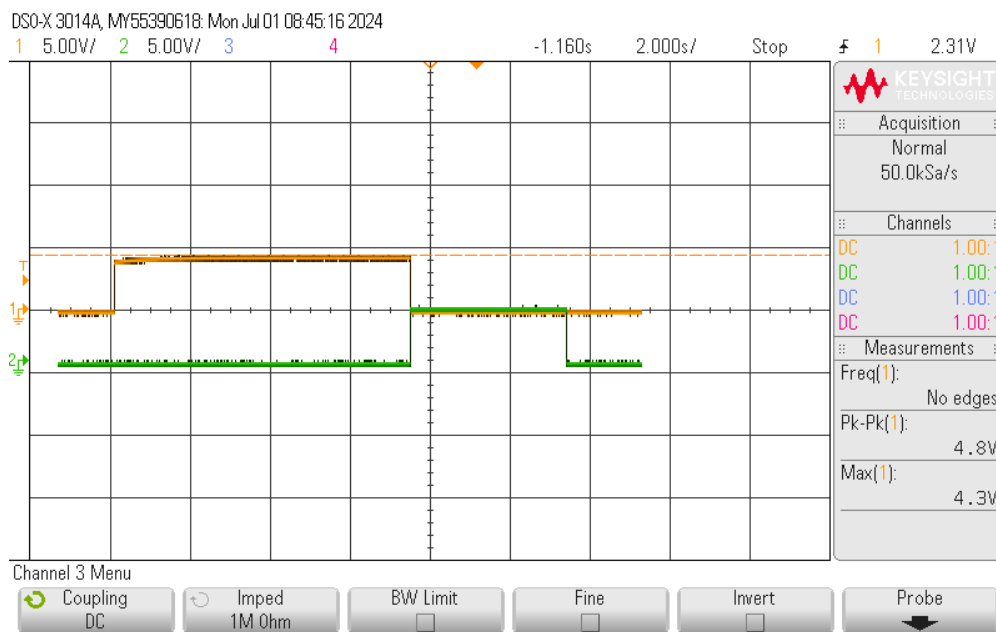
ניתן לראות שאות כל פולס אורך כ 2 שניות כפי שצופה לקבל.



איור 43 – תוצאת סימולציה גריסה חלקה

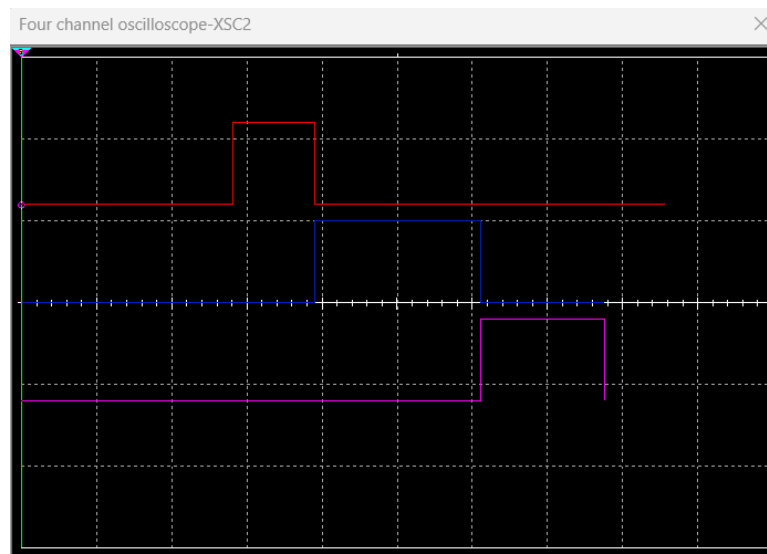
במעבדה, כדי לבדוק שתוכנית זו עובדת, נעשה שימוש ב-LED עבור כל חלק בתוכנית שנדלק למשך זמן התגובה המתאים. כמו כן, הוא היה מחובר למנוע והמנוע הסתובב בזמן המתאים.

לאחר מכן נבדקה התוצאה במעבדה :



איור 44 - תוצאת מעבדה לתוכנית גריסה חלקה

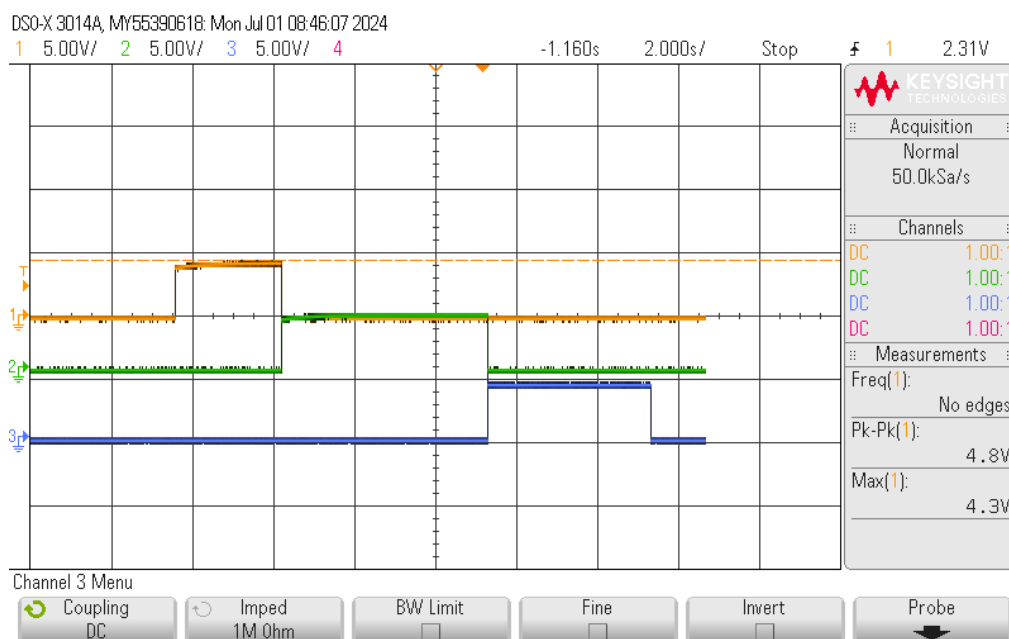
כפי שצופה לקבל אכן המערכת מבצעת את השניות הנדרשות לכל תוכנית.



איור 45 – תוצאת סימולציה לתוכנית גריסה ובישול

במעבדה, כדי לבדוק שתוכנית זו עובדת, נעשה שימוש ב-LED עבור כל חלק בתוכנית שנדלק למשך זמן התגובה המתאים. כמו כן, הוא היה מחובר למנוע והמנוע הסתובב בזמן המתאים.

לאחר מכן נבדקה התוצאה במעבדה:

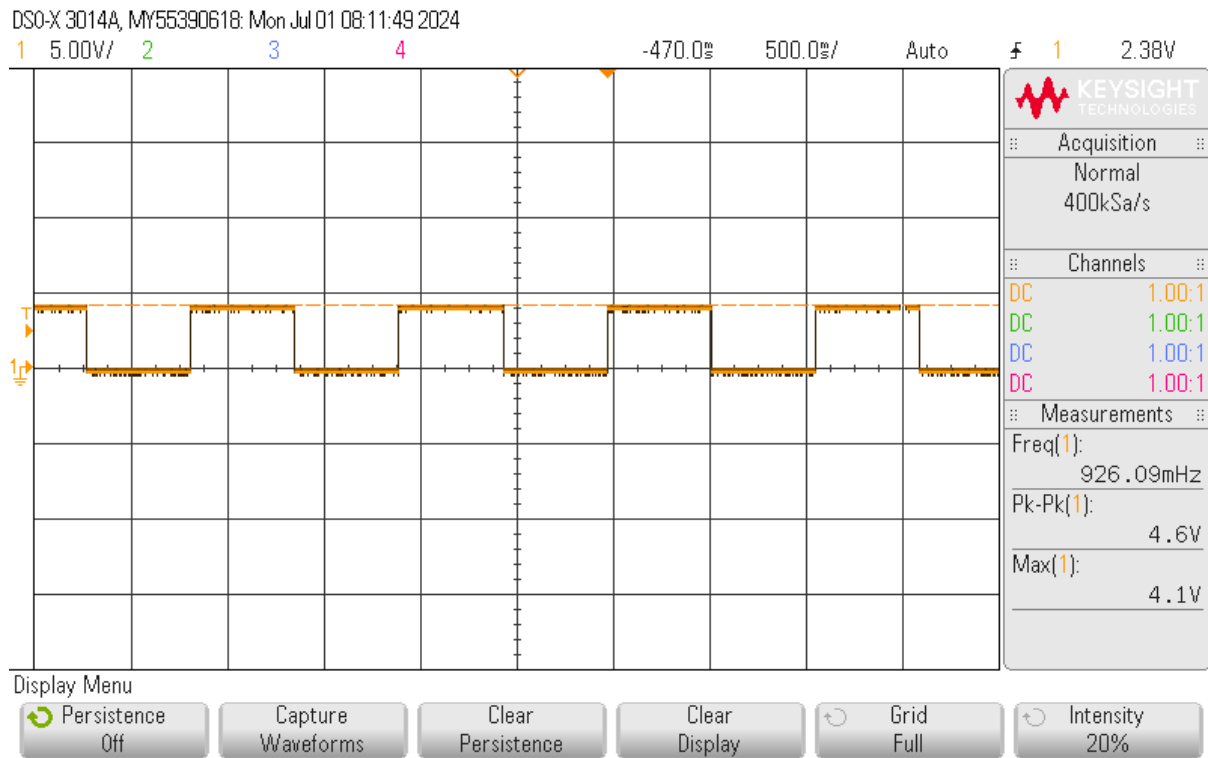


איור 46 - תוצאת מעבדה לתוכנית גריסה ובישול

ניתן לראות כיצד אות המוצא של המערכת מבצע את התוכנית שנדרשה.

### אות השעון למערכת

לאחר מכן נבדקה במעבדה מערכת השעון במכשיר על מנת לוודא שהשעון אכן מוציא את זמן המחזור הנדרש למערכת:



איור 47 – תוצאת מעבדה למערכת שעון

בתמונה למעלה מוצג דופק השעון מטיימר 555. כפי שצופה לקבל בתדר 1 [Hz] כאשר המתח  $V_{ptp}$  3.4. דרישת המכשיר הייתה ליצור שעון שזמן המחזור שלו הוא שניה וכפי שאפשר לראות ניתן להבין שהדרישה נענתה.

## מכשירי המדידה

לצורך בדיקה האם המערכת פעולת כראוי התבצע שימוש ברב מודד ומשקף תנודות על מנת לקבל את התוצאות. בנוסף, המעגלים השונים של המערכת נבדקו באמצעות חלקים משלהם. לדוגמה, ניתן לבדוק את מעגל הזמזם לפי צליל הזמזם, אם הוא קבוע או כבה 3 פעמים. ניתן היה לראות את פעולת הבישול עם הנורית. כמו כן, ניתן היה לראות את תוצאת השער האופטי באמצעות הזמזם וה-LED. ניתן היה לבדוק את המנוע אם המנוע עצמו עובד. שיטות אלו היו בשימוש פעמים רבות במהלך בניית המערכת.

## תוצאות ומסקנות

תוצאות הפרוייקט הינם חד משמעיות. בעזרת הכלים הנכונים וראש פתוח ניתן ליישם ולחשוב על כל מערכת אשר רוצים לבצע ולבצע אותה. התוכנית שהורכבה בקורס עבדה בצורתה התקינה וענתה על כל דרישות המערכת והתוצאות מצויינות למעלה. תכנון מקדים של סימולציות וחשיבה על בניית המעגלים טרם הרכבתם עזרה להגיע לתוצאות הרצויות. במהלך התכנון התגלו ישומים יעילים יותר ומערכות אשר ענו על כמה דרישות במקביל ועל כן בניית המערכת השתנתה בכל שיעור עד הרכבתה הסופית שהעניקה לה מזעור שטח ההרכבה במטריצה ויעילות פעולת המעגלים.

- על מנת לשלוט מתי רכיב עובר למצב הבא, ניתן להשתמש במתג כאות השעון.
- ניתן להשתמש במונה בינארי במגוון דרכים שימושיות. זה לשמש כדלפק רגיל. יכול לשמש כטיימר, כמו במקרה של הזמזום. זה יכול לשמש כדי להזין אותות בקרה שונים, כגון לתוך המפענחים השונים.
- חשוב לשים לב למתח ולמגבלת זרם עבור רכיבים שונים. דיודות יישרפו אם יש יותר מדי מתח ולכן יש להוסיף התנגדות מתאימה. חלק מהרכיבים אינם מוציאים מתח מספיק גבוה הדרוש לחלקים אחרים של המעגל ולכן ייתכן שיהיה צורך במגבר כדי להעלות את רמת המתח.
- שערים לוגיים שימושיים כאשר יש צורך בכניסות מרובות מחלקים שונים של אלה בזמנים שונים. בלעדיהם רגלי הקלט הספציפיות עשויות תמיד להיות מקורקעות בטעות.

## קשיים ותקלות

בשל הצורך לתכנן במקום מוקצב וסופי את כל המערכות נדרש תכנון מעמיק ומחשבה ממושכת על הרכיבים למימוש המערכת.

בנוסף כיוון שהמערכת הכוללת בנויה מהרבה תתי מערכות בטור ובמקביל מתח הפולסים ירד והזרם אף הוא ירד ממערכת למערכת והיה נצרך מערכת הגבר למתח והזרם שיאפשרו למערכות הבאות לקרוא את המידע שהתקבל בפולסים בכדי לעבוד בצורתם התקינה.

משימה קשה אחת הייתה להביא את הזמזום להתייצב לאחר 3 זמזומים. זה נעשה על ידי יישום D-FF כשליטה. הפלט היה מחובר לשער AND עם אות השעון כדי ליצור את השעון עבור המונה. כאשר הספירה המתאימה הושגה, המונה יאפס את ה-D-FF ואת המונה בו-זמנית. זה איפשר למערכת לפעול כראוי בכל פעם.

קושי שעלה היה השער האופטי שלא הוציא מספיק מתח על מנת לגרום לשער ה-OR לתת פלט גבוה. זה נפתר על ידי בניית מגבר שהכפיל את מתח המוצא וגרם לו לעבוד.

במקור השעון של המערכת נבנה באמצעות NAND Schmitt-Trigger וקבל. אבל זה לא עבד כצפוי והוחלף בטיימר 555.

משימה קשה אחת הייתה להביא את הזמזום להתייצב לאחר 3 זמזומים. זה נעשה על ידי יישום D-FF כשליטה. הפלט היה מחובר לשער AND עם אות השעון כדי ליצור את השעון עבור המונה. כאשר הספירה המתאימה הושגה, המונה יאפס את ה-D-FF ואת המונה בו-זמנית. זה איפשר למערכת לפעול כראוי בכל פעם.

## סיכום

בניית פרויקט בלנדר חשמלי הייתה משימה שבתחילתה הייתה נראת מסובכת וארוכה אך כלל שהעבודה חולקה בין השותפים ובלוקי הדיאגרמה נבנו והתחילה העבודה על כל תת מערכת עד לבניית העבודה בשלמותה התגלה חשיבותה של העבודה על המכשיר ושהמכשיר מורכב מהמון מערכות פשוטות שיחד מרכיבות משהו יותר מורכב.

גם אם בניית מכשיר שבסך הכל קוצץ ומחמם את האוכל נשמע פשוט מידי עם התחלת ביצוע הדרישות היה ניתן להבין שהמשימה מאתגרת ומכילה המון מרכיבים שונים.

## רשימות

## רשימת סימנים

טבלת 3 - מושגים ויחידות

סימון	המושג	ציון יחידות
$R$	התנגדות	$\Omega$
$C$	קיבול	F
$I$	זרם	A
$V$	מתח	V
$f$	תדירות	Hz
$T$	זמן מחזור	sec

## רשימת טבלאות

- טבלה 1 - טבלת האמת של דלדלג מסוג D : ..... 10
- טבלה 2- טבלת האמת רכיב BCD to seven segment : ..... 21
- טבלת 3 - מושגים ויחידות..... 50

## רשימת איורים

4.....	איור 1 – ציור בלנדר חשמלי
6.....	איור 2 – שרטוט שער AND
6.....	איור 3 – שרטוט שער OR
6.....	איור 4 – שרטוט שער NOT
7.....	איור 5 – שרטוט רכיב CD4082B
7.....	איור 6 – שרטוט רכיב CD4049B
8.....	איור 7 – תצלום זמזם
8.....	איור 8 – תצלום מנוע DC
8.....	איור 9 – שרטוט דיודה
9.....	איור 10 – שרטוט דיודה LED
9.....	איור 11 – תצלום מתג
10.....	איור 12 – שרטוט דלגלג D
11.....	איור 13 – שרטוט 555 TIMER
12.....	איור 14 – שרטוט פנימי מונה בינארי ואותות המוצא
13.....	איור 15 – שרטוט רכיב MC14516B
15.....	איור 16 – שרטוט H bridge
15.....	איור 17 – שרטוט רכיב L293D
17.....	איור 18 – שרטוט רכיב H22A3
18.....	איור 19 – גרף כניסה ומוצא לחד יציב בעל דרבון חוזר
18.....	איור 20 – גרף כניסה ומוצא לחד יציב ללא דרבון חוזר
19.....	איור 21 – שרטוט פנימי חד יציב פעיל בעליה ללא דרבון חוזר
19.....	איור 22 – שרטוט רכיב MC14538B
20.....	איור 23 – שרטוט 7 segment LED
20.....	איור 24 – שרטוט חיבור Decoder to 7 segment
22.....	איור 25 – שרטוט מגבר שרת
23.....	איור 26 – שרטוט מגבר עוקב
24.....	איור 27 – רכיב LM334
28.....	איור 28 – שרטוט דיאגרמת זרימה בלוקים
28.....	איור 29 – שרטוט חשמלי כל המערכת
30.....	איור 30 – שרטוט מערכת גריסה גסה
31.....	איור 31 – שרטוט מערכת גריסה חלקה
32.....	איור 32 – שרטוט מערכת גריסה ובישול
33.....	איור 33 – שרטוט מערכת בחירה ואישור תוכנית
34.....	איור 34 – שרטוט מערכת שעון למכשיר
35.....	איור 35 – שרטוט מערכת זמזם

- איור 36 - שרטוט מערכת בקרת בטיחות..... 36
- איור 37 - שרטוט רכיב H22A3 כשער אופטי..... 36
- איור 38 - שרטוט מערכת איפוס תוכנית..... 38
- איור 39 - שרטוט מערכת צג ספירת שניות לסיום התוכנית..... 39
- איור 40 - שרטוט מערכת גוף חימום..... 40
- איור 41 - גרף סימולציה גריסה גסה..... 41
- איור 42 - צילום משקף תנודות לתוכנית גריסה גסה..... 41
- איור 43 - גרף סימולציה גריסה חלקה..... 43
- איור 44 - צילום משקף תנודות לתוכנית גריסה חלקה..... 43
- איור 45 - גרף סימולציה גריסה ובישול..... 44
- איור 46 - צילום משקף תנודות לתוכנית גריסה ובישול..... 44
- איור 47 - צילום משקף תנודות למעגל שעון למערכת..... 45

## מקורות ספרותיים

הסברים על רקע בלנדר החשמלי

<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%9E%D7%97%D7%94>

הסברים על שערים לוגיים

[https://en.wikipedia.org/wiki/Logic\\_gate](https://en.wikipedia.org/wiki/Logic_gate)

דף מידע רכיב CD4049B

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/26882/TI/CD4049.html>

דף מידע רכיב CD4082B

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/103426/TI/CD4082BE.html>

הסברים על מנוע DC

[https://en.wikipedia.org/wiki/DC\\_motor](https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor)

הסברים על דיודה וLED

<https://en.wikipedia.org/wiki/Diode>

<https://he.wikipedia.org/wiki/LED>

הסברים על מתג אלקטרוני

<https://en.wikipedia.org/wiki/Switch>

הסברים על דלגלים

<https://en.wikipedia.org/wiki/Flip-flops>

הסברים על דלגלג D

[https://en.wikipedia.org/wiki/Flip-flop\\_\(electronics\)#D\\_flip-flop](https://en.wikipedia.org/wiki/Flip-flop_(electronics)#D_flip-flop)

הסברים על דלגלג JK

[https://en.wikipedia.org/wiki/Flip-flop\\_\(electronics\)#JK\\_flip-flop](https://en.wikipedia.org/wiki/Flip-flop_(electronics)#JK_flip-flop)

דף מידע 555 TIMER

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17972/PHILIPS/NE555.html>

דף מידע רכיב MC14516B

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/11980/ONSEMI/MC14516BCP.html>

הסברים על גשר H

<https://en.wikipedia.org/wiki/H-bridge>

דף מידע רכיב L293D

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22432/STMICROELECTRONICS/L293D.html>

דף מידע H22A3

<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/52740/FAIRCHILD/H22A3/404/1/H22A3.html>

דף מידע MC14538B

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/11987/ONSEMI/MC14538B.html>

דף מידע 7 Segment LED

<https://components101.com/displays/7-segment-display-pinout-working-datasheet>

דף מידע רכיב BCD to 7 Segment Decoder

[https://html.alldatasheet.com/html-pdf/80216/nsc/7447/283/6/7447.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwyo60BhBiEiwAHmVLJU1alT0ksQM8IwaF3xeydc2D\\_XCWM658INphyV-WCAomt0APkqY9zhoCfhwQAvD\\_BwE](https://html.alldatasheet.com/html-pdf/80216/nsc/7447/283/6/7447.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyo60BhBiEiwAHmVLJU1alT0ksQM8IwaF3xeydc2D_XCWM658INphyV-WCAomt0APkqY9zhoCfhwQAvD_BwE)

הסברים מגבר שרת

[https://en.wikipedia.org/wiki/Operational\\_amplifier](https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier)

דף מידע רכיב TL071

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5779/MOTOROLA/TL071.html>

דף מידע LM358

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/3067/MOTOROLA/LM358.html>

דף מידע רכיב LM344

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/557755/TI/LM3444.html>