

## חיישן / גלאי צליל/קול

### א. כללי

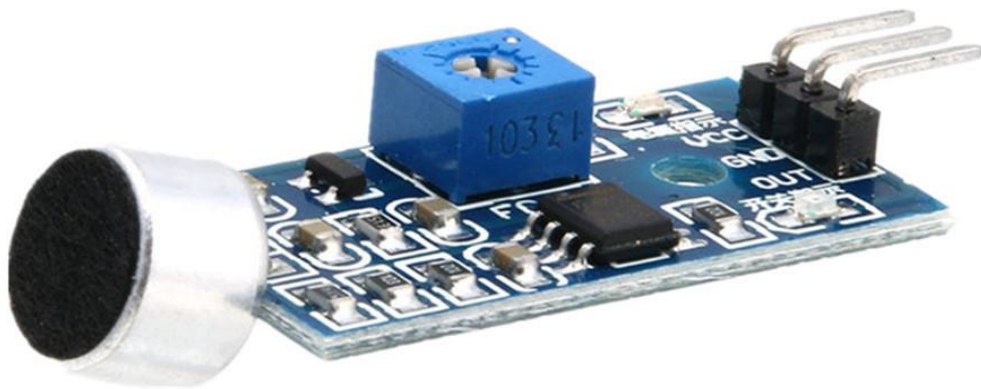
חיישן / גלאי צליל/קול הוא מודול שתפקידו לזהות צליל כמו קול, רעש, מחיאת כף, נקישה על דלת או שולחן או כל אות שמע שנמצא בסביבתו. בהמשך נשתמש במילה צליל למושגים כמו קול, רעש, מחיאת כף, נקישה/טריקה על דלת או על שולחן וכו'.

לחיישן שמות נוספים כמו חיישן / גלאי רעש, חיישן / גלאי צליל ועוד.

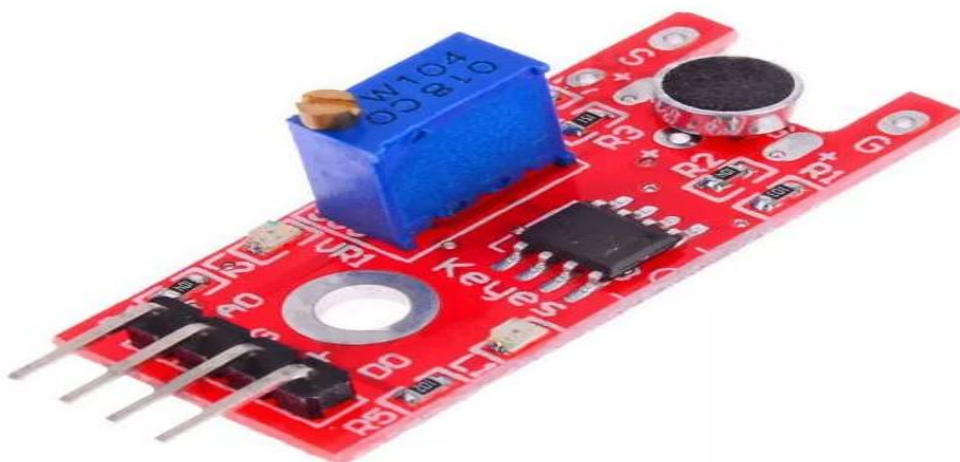
מעגלי האלקטרוניקה של חיישן/גלאי קול נקראים גם KY-037 ו KY-038.

החיישן נמצא בכרטיס אלקטרוניקה / מודול בגודל של כ 36 x 16 mm .

באיור 1 ובאיור 2 נראים 2 חיישני צליל.



איור 1 : חיישן צליל KY-037



איור 2 : חיישן צליל KY-038

ההבדל בין 2 החיישנים הוא שב KY-037 יש 3 הדקים והם : Gnd Vcc ו OUT כאשר יציאת OUT היא דיגיטאלית ( 0 או 1 ) ואילו באיור 2 ב KY-038 יש 4 הדקים והם : Gnd Vcc ו D0 ו A0 כאשר D0 היא יציאה דיגיטאלית ו A0 היא יציאה אנלוגית.

### א.1 נתונים טכניים :

מתח הפעלה ( ספק הכוח ) בין 4 ל 6 וולט ( יש כאלה שמציינים בין 3.3 ל 5.5 וולט ).

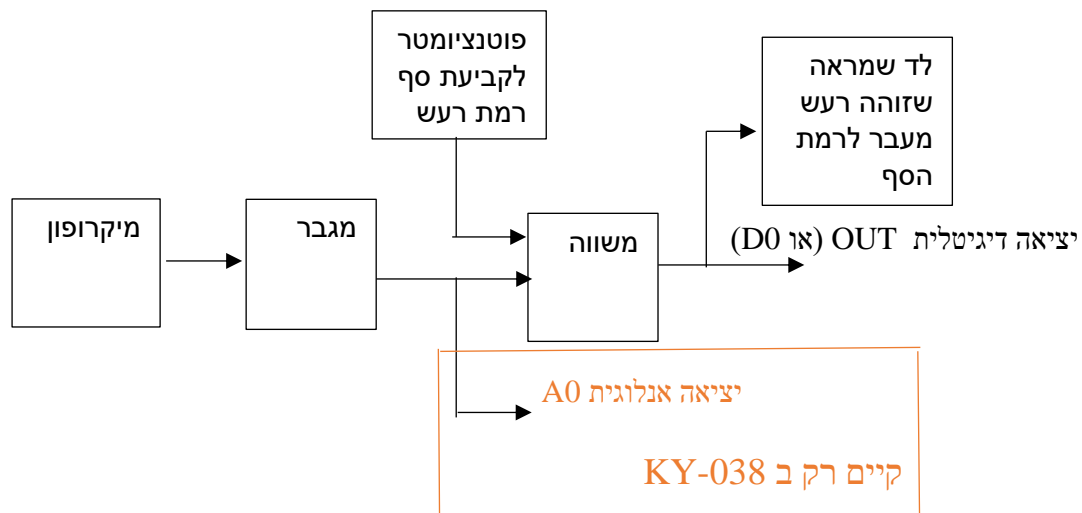
המיקרופון קולט צלילים בין 100 הרץ ל 10 קילו הרץ.

רגישות המיקרופון ב 1 קילו הרץ :  $0 \text{ dB} = 1 \text{ V} / \text{Pa}$  ,  $\pm 2.0 \text{ dB} - 46$  . Pa הוא יחידת מידה של לחץ הנקראת פסקל .  $\text{Pa} = \text{N} / \text{m}^2$  (פסקל שווה ל ניוטון חלקי מטר בריבוע) .

יחס מינימאלי בין רגישות לרעש 58dB

### ב. סכמה מלבנית ועיקרון העבודה

האיור הבא מתאר סכמה מלבנית של החיישן :



איור 3 : סכמה מלבנית

### ב.1 הסבר פעולה:

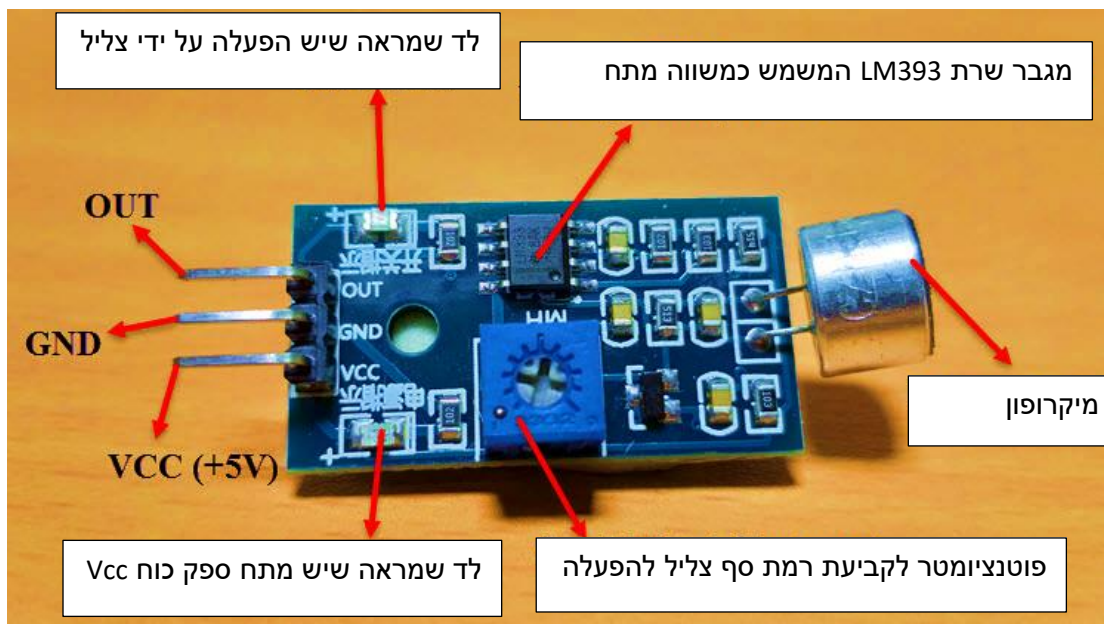
המיקרופון קולט צליל וממיר אותו לאות חשמלי.

האות מוגבר על-ידי המגבר ומוזן לתוך אחת מכניסות המשווה.

הפוטנציומטר מתח DC לכניסת השנייה של המשווה. המתח הזה קובע את רמת הסף של הרעש שמעליו תהיה הפעלה בהדק OUT (נקרא גם D0). אם רמת הצליל מעל לרמת הסף שנקבעה על ידי הפוטנציומטר, אות הפלט מגיע גבוה. על הלווח יש מוביל לכוח. ואחד לאות נורית האות מופעלת בדרך כלל, אך מופעלת כאשר צליל מזוהה. ניתן לקבוע בעזרת תוכנה את רמת הרעש שתפעיל את החיישן. את היציאה האנלוגית מחברים לכניסה אנלוגית של מיקרו בקר וכך קובעים את הרמה של ההפעלה בתוכנה. בשוק קיימים מספר כרטיסים עם מעגל אלקטרוניקה שונה במעט. יש מודולים זמינים בשוק המיושמים באמצעות מגברים שונים כמו LM324, LM393, LM344, LM386 וכו'. אנחנו נתאר 2 סוגי מעגלים בלבד.

### ג. הרכיבים בכרטיס KY-037

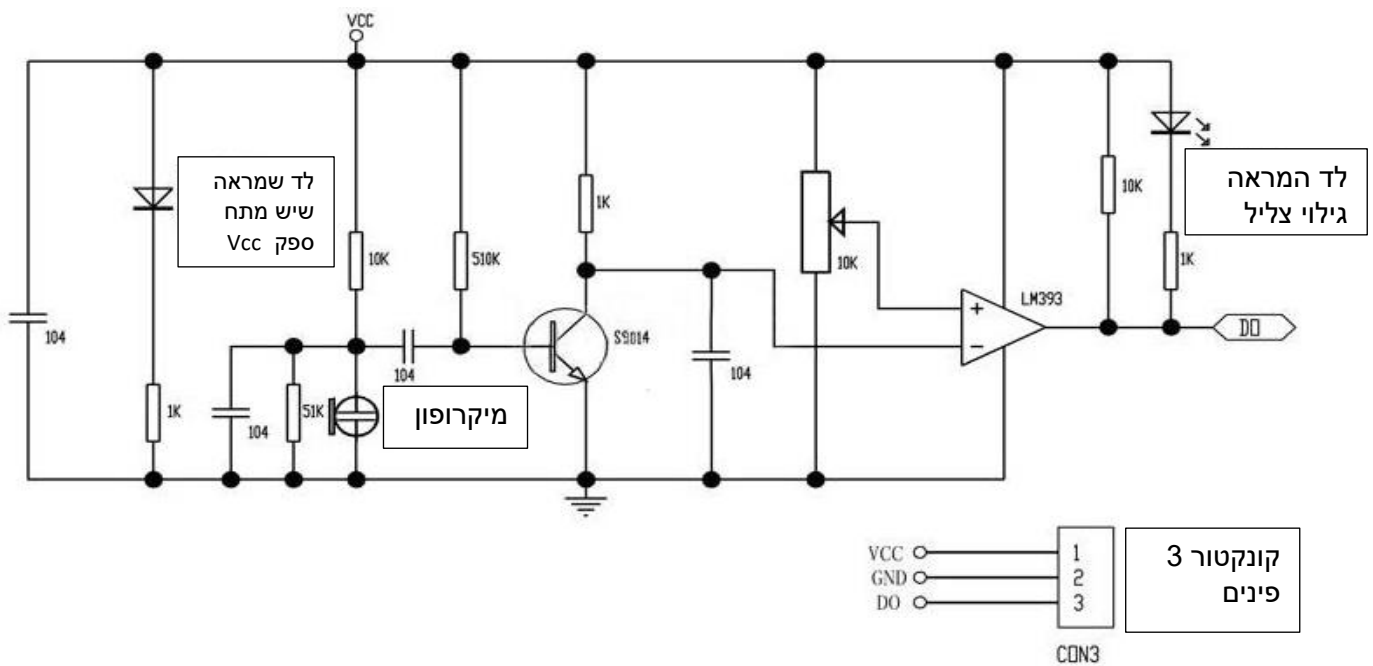
באיור 4 רואים את מודול היישן הצליל KY-037



איור 4 : מודול KY-037

### ד. מעגל חשמלי והסבר של KY-037

המעגל החשמלי של ה KY-037 מתואר באיור 4. למעגל זה אין יציאה אנלוגית.



איור 4 : המעגל החשמלי של ה KY-037

**1. ד הסבר המעגל**

כניסת ה  $V_{cc}$  היא למעלה . מצד שמאל יש לד שמראה שהמעגל מקבל את מתח הספק  $V_{cc}$  . הקבל מצד שמאל שרשום לידו 104 הוא קבל של  $10 \cdot 10^4$  פיקו פאראד או  $0.1 \mu\text{F}$  . זהו קבל סינון . שמתח הספק יהיה "נקי" מרעשים . מדובר במיוחד ברעש בתדר גבוה כי בדרך כלל ה  $V_{cc}$  שמגיע לגלאי הקול הוא אותו מתח ספק של כלל המערכת ואם מדובר במערכת עם מיקרו בקר אז יש רעש בתדר של מגה הרצים . בתדר שמע ( הנחשב כתדר נמוך מאד ) בסביבות 1 קילו הרץ לקבל יש היגב של כ 1.6 קילו אוהם . בתדר 1 מגה הרץ יש לקבל היגב של 1.6 אוהם שזה כמו קצר . מכאן שבתדר שמע יש לקבל התנגדות בסדר גודל של קילו אוהם ואילו בתדר גבוה הוא כמו קצר . תפקיד קבל זה הוא לקצר תדרים גבוהים שנמצאים על קו ה  $V_{cc}$  לאדמה ולא לקצר תדרי שמע . המטרה היא שהגלאי יופעל על ידי אות שמע ולא אות בתדר גבוה שיכול להגיע בקו ה  $V_{cc}$  מהמיקרו בקר או ממשדרים ( כדוגמת טלפון סלולארי ) בסביבה .

מימין לקבל יש לד ונגד . הלד דולקת כאשר יש מתח ספק  $V_{cc}$  . הנגד בטור אליה של 1 קילו הוא נגד עבודה . בהנחה שה  $V_{cc}$  5 וולט ומתח הדיודה בהולכה הוא 1.8 וולט אז על הנגד נופל מתח של 3.2 וולט והזרם דרכה 3.2 מילי אמפר .

המיקרופון נראה במרכז השרטוט למטה משמאל לטרנזיסטור . הנגד של 10 קילו שמעליו הוא נגד העבודה של המיקרופון . ביחד עם הנגד של 51 קילו משמאל למיקרופון הם מחלקי מתח של הספק כך שלמיקרופון יגיע מתח הפעלה מתאים . היצרן ממליץ שהזרם דרך המיקרופון לא יעלה על  $0.5 \text{mA}$  וזה תפקידו של הנגד 10 קילו שמשמש גם כנגד עבודה וגם כמגביל זרם . המיקרופון הוא מסוג קיבול

אלקטרט ( [www.arikporat.com/projects/mic.doc](http://www.arikporat.com/projects/mic.doc) ) ויש בתוכו טרנזיסטור FET שמגביר את אות השמע. הטרנזיסטור מקבל מתח DC המשמש כמתח ההפעלה שלו. מתח ה DC להפעלת ה FET הוא מחלק מתח ה Vcc בין הנגד 10K מעל המיקרופון ובין ההתנגדות במקביל של נגד ה 51 קילו והתנגדות המיקרופון. למעשה הנגד של ה 10 קילו והנגד של ה 51 קילו במקביל למיקרופון מחוברים במקביל מבחינת AC והם (ביחד עם היגב הקבל 104 משמאלם) משמים כנגד העומס של טרנזיסטור ה FET שבתוך המיקרופון.

הקבל שרשום עליו 104 ונמצא במקביל לנגד של ה 51 קילו שבמקביל למיקרופון הוא קבל סינון לתדר גבוה ובעל היגב מסוים בתדר שמע.

הקבל בטור למיקרופון שגם לידו רשום 104 הוא קבל צימוד בין המיקרופון למגבר הטרנזיסטור. הוא מעביר את אות השמע מהמיקרופון אל בסיס הטרנזיסטור ודואג לבודד בין רמת ה DC שעל המיקרופון ובין רמת המתח בבסיס הטרנזיסטור.

הטרנזיסטור S9014 הוא קדם מגבר עם רעש נמוך. תפקידו להגביר את האות מהמיקרופון ולהעבירו למשווה. איור 5 מתאר את הגבר הזרם שלו  $h_{fe}$  מתוך דף הנתונים שלו. האותיות A עד D הן סיומת בסוף המספר של הטרנזיסטור. רואים שהגבר הזרם המינימלי (בטרנזיסטור s9014A) הוא 60.

## $h_{FE}$ Classification

Classification	A	B	C	D
$h_{FE}$	60 ~ 150	100 ~ 300	200 ~ 600	400 ~ 1000

איור 5 : הגבר הזרם של הטרנזיסטור

הנגד של ה 510 קילו בבסיס הטרנזיסטור קובע את זרם הבסיס ואת נקודת העבודה של הטרנזיסטור.

נגד העומס של הטרנזיסטור הוא הנגד של ה 1 קילו בקולט. מבחינת הגבר AC הוא מתחבר במקביל לקבל 104 שמתחבר בין הקולט לאדמה. הם קובעים את הגבר המתח של הטרנזיסטור. זרם הבסיס ללא צליל מחושב בצורה הבאה:

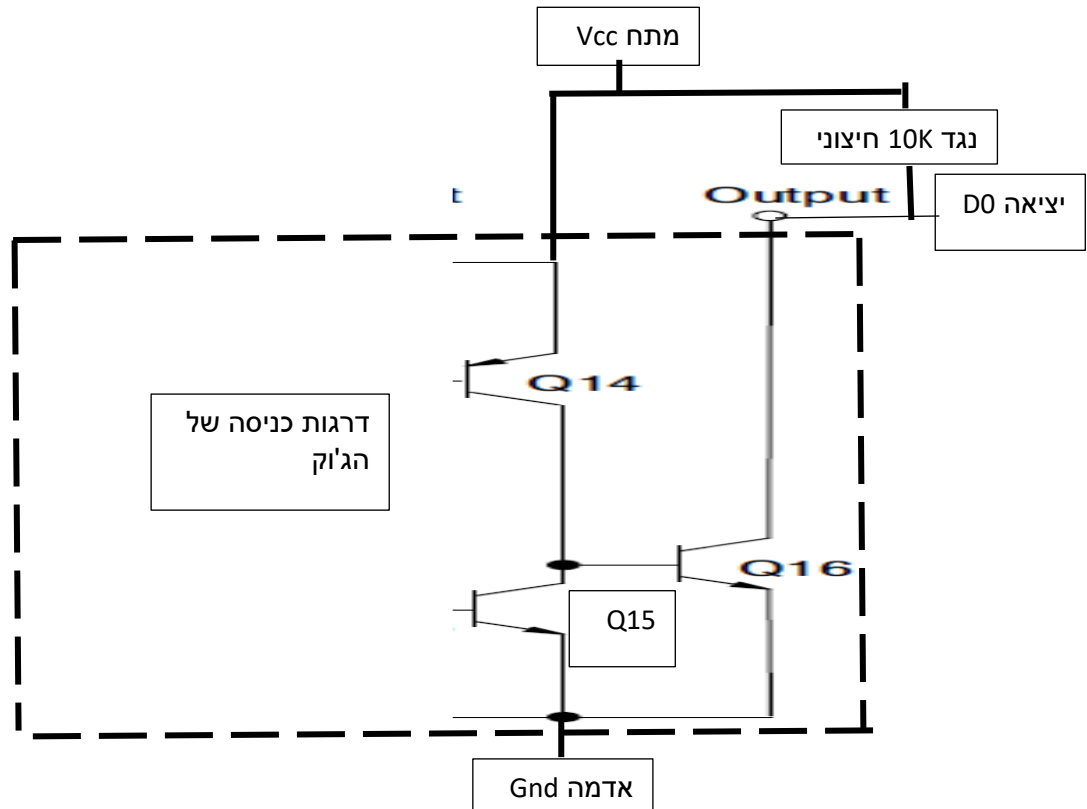
$$I_b = (V_{cc} - V_{be}) / R_b$$

ניקה  $V_{be} = 0.6v$  ונקבל :  $I_b = (5 - 0.6) / 510K = 8.6 \mu A$ . זהו זרם קטן יחסית והטרנזיסטור נמצא קרוב לקטעון.

הגבר המתח של הטרנזיסטור הוא בקירוב:  $A_v = - h_{fe} * R_c / h_{ie}$ . אם ניקח  $R_c$  של כ 1 קילו,  $h_{ie}$  של כ 1 קילו ו  $h_{fe}$  של כ 60 נקבל שהגבר הטרנזיסטור הוא כ 60 (המינוס מראה היפוך מופע).

אות השמע מגיע ממגבר הטרנזיסטור אל מגבר שרת הנמצא בג'וק LM393. בג'וק זה 2 מגברי שרת ואנחנו משתמשים רק באחד מהם כמשווה. הייתרון של הג'וק הוא שאפשר להשתמש בספק כוח יחיד ולא

חייבים בשני ספקים (ספק אחד של פלוס וספק שני של מינוס). נתאר את דרגת היציאה של אחד ממגברי השרת (המגבר השני זהה). איור 6 מראה את דרגת היציאה של מגבר השרת. הטרנזיסטורים Q14 ו Q15 הם דרגת ההספק בחיבור המשלים (complementary) הקיים ביציאת מגבר שרת. אחרי החיבור המשלים נמצא הטרנזיסטור Q16 הוא בחיבור קולט פתוח (open collector).



איור 6 : דרגת היציאה של מגבר LM393

כאשר בכניסה העוקבת של המשווה יש מתח גבוה מהכניסה המהפכת המשווה ברוויה החיובית שלו. כאשר המתח בכניסה המהפכת גבוה מהמתח בכניסה העוקבת המגבר ברוויה השלילית שלו.

כשהמגבר ברוויה החיובית שלו Q14 בקטעון ו Q15 ברוויה. הטרנזיסטור Q16 גם הוא בקטעון ואז מתח היציאה הוא Vcc. כשהמגבר ברוויה השלילית שלו Q14 מכניס את Q16 לרוויה והמתח עליו הוא כ 0.2v.

נחזור אל גלאי הצליל. המתח ממגבר הטרנזיסטור מגיע לכניסה המהפכת (כניסת המינוס) של מגבר השרת. לכניסה העוקבת מגיע מתח ישר אותו קובעים בעזרת פוטנציומטר והוא נקרא מתח סף הרעש. נניח שכיוונו בעזרת הפוטנציומטר את המתח בכניסה העוקבת ל 2.5 וולט. במצב שאין צליל מהמיקרופון מתח החילופין בכניסה המהפכת של המשווה הוא 0 וולט והמשווא נמצא ברוויה החיובית שלו, כלומר יוצא מתח Vcc ביציאה שלו. הליד ביציאת המשווה איננה דולקת.

אם מדברים או מוחאים כף או משמיעים מוזיקה למיקרופון המתח המגיע ליציאה המהפכת הוא אות חילופין. אם האות עובר את ה 2.5 וולט המשווה עובר לרוויה השלילית שלו ומתח היציאה שלו הוא 0. מתח זה יוצא להדק D0 בקונקטור של הכרטיס. הלד ביציאת המשווה דולקת ומראה שהייתה הפעלה על ידי קול.

הלד דולקת כי זורם דרכה זרם מה Vcc דרך הלד, דרך הנגד של ה 1 קילו (נגד העבודה של הלד) ודרך הטרנזיסטור Q16 הנמצא ברוויה לאדמה.

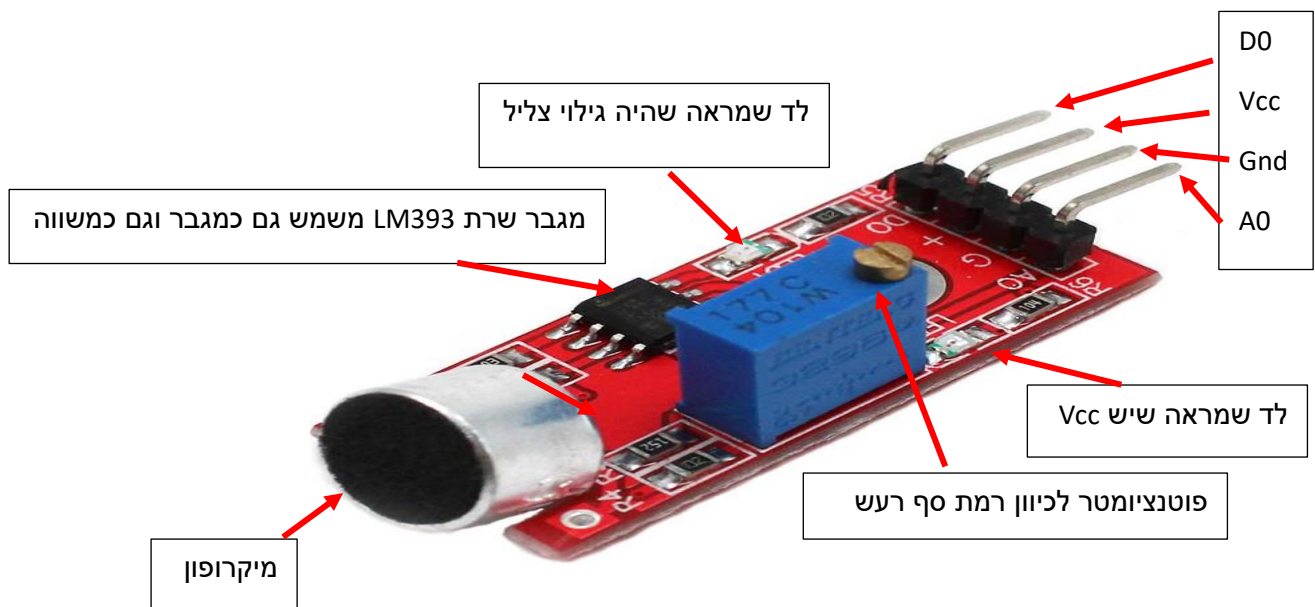
תפקיד הנגד של 10 קילו ביציאת מגבר השרת לדאוג שברווייה חיובית של המגבר מתח היציאה יהיה Vcc. הסיבה לכך היא שביציאת המגבר יש טרנזיסטור עם קולט פתוח (open collector) וכאשר הטרנזיסטור בקטעון (כשהמגבר ברוויה החיובית) לא רוצים שהיציאה (הקולט של הטרנזיסטור) תהיה באוויר.

אם נכוון את הפוטנציומטר ל 3.5 וולט בכניסת המשווה אז נצטרך להשמיע צליל חזק יותר כדי להפוך את מצב המשווה. אם נכוון מתח נמוך יותר עם הפוטנציומטר המערכת תפעל בצליל חלש יותר.

הכיוון של הפוטנציומטר נעשה בדרך כלל על ידי כיוון למצב שללא צליל אין הפעלה ואז משמיעים צליל ברמה מסוימת ומכוונים את הפוטנציומטר להפעלה ברמה הרצויה.

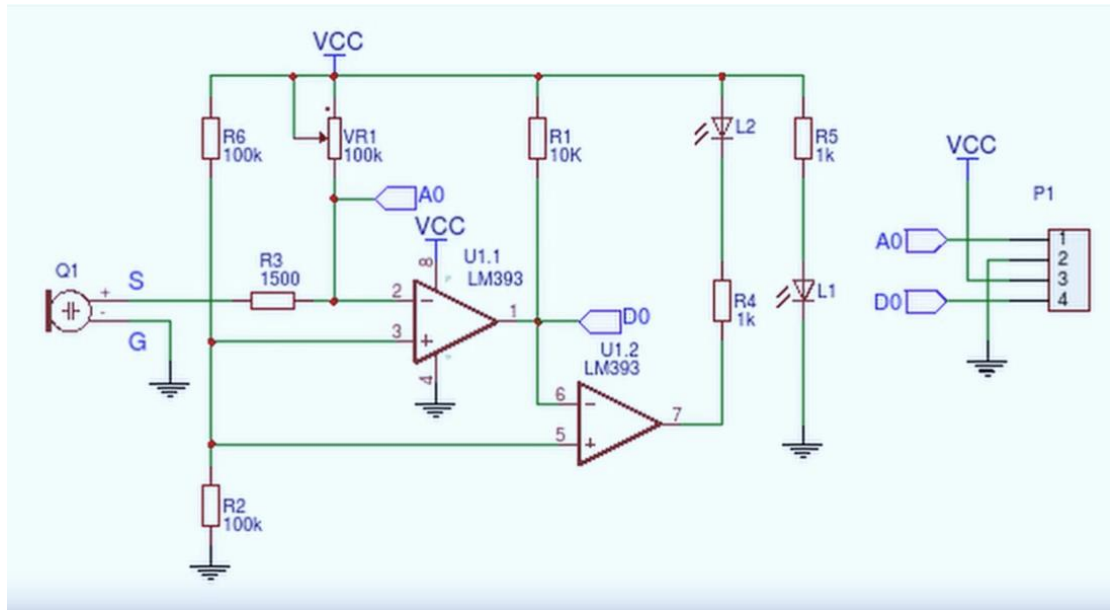
### ה. מודול חיישן KY-038

באיור 7 רואים את החיישן KY-038 שלו יש בנוסף ליציאה הדיגיטאלית גם יציאה אנלוגית, סה"כ יש בקונקטור שלו 4 פינים. היציאה הדיגיטאלית נקראת D0 והיציאה האנלוגית A0.



איור 7 : חיישן צליל KY-038

באיור 8 מתואר המעגל החשמלי שלו.



איור 8 : מעגל חשמלי של KY-038 .

### 1.ה הסבר המעגל החשמלי

במעגל כאן נעזרים בשני מגברי השרת שבתוך הג'וק LM393 . המעגל הראשון הוא משווה והמעגל השני משמש להפעלת הLED שמראה שיש גילוי .

הLED L1 שבצד ימין מראה שיש מתח ספק כוח Vcc . הLED L2 משמאל ל L1 היא LED שמראה שיש גילוי של צליל. הנגדים R4 R5 הם נגדי עבודה של הLEDים וקובעים את הזרם דרך הLED. בהנחה שעל כל LED נופל בזמן הולכה 1.8 וולט אז על נגד העבודה נופל 3.2 וולט והזרם דרך כל LED הוא 3.2 מילי אמפר. בכניסות העוקבות של 2 מגברי השרת יש מתח של 2.5 וולט (בהנחה ש Vcc=5v) כי יש מחלק מתח בין 2 נגדים של 100 קילו אוהם.

בכניסה המהפכת של מגבר השרת הראשון יש מתח DC ועוד מתח חילופין המגיע מהמיקרופון. מתח ה DC נקבע על ידי מחלק המתח בין הפוטנציומטר VR1 הנגד R3 והמיקרופון. הפוטנציומטר VR1 קובע את רמת ה DC בכניסה המהפכת ובעצם את רמת סף הצליל שבו יהיה הגילוי.

אם נכוון את VR1 למתח נמוך מ 2.5 וולט אז גם ללא צליל נקבל גילוי. הסיבה לכך היא שהמגבר הראשון יהיה ברוויה החיובית שלו וביציאה שלו יהיה מתח קרוב ל Vcc . המגבר השני יהיה ברוויה השלילית (מתח קרוב ל 0) והLED L2 תאיר כי משני צדדיה יש הפרש מתח וזרם דרכה זרם.

אם נכוון בעזרת VR1 את המתח בכניסה המהפכת למתח גבוה מ 2.5 וולט המגבר ברוויה השלילית שלו וביציאה שלו יהיה מתח קרוב ל 0 וולט. המגבר השני יהיה ברוויה החיובית (מתח קרוב ל Vcc) והLED L2 תהיה בחושך כי משני צדדיה יש Vcc ולא זרם דרכה זרם. זה מראה שאין צליל.



במצב זה, אם נשמיע צליל נקבל מתח חילופין מהמיקרופון ובחלק השלילי של הצליל, כאשר המתח יהיה נמוך מ-2.5 וולט המשווה הראשון יעבור לרוויה החיובית שלו דבר שיגרום לרוויה שלילית ביציאת המגבר השני והלד L2 דולקת ומראה שיש גילוי צליל.

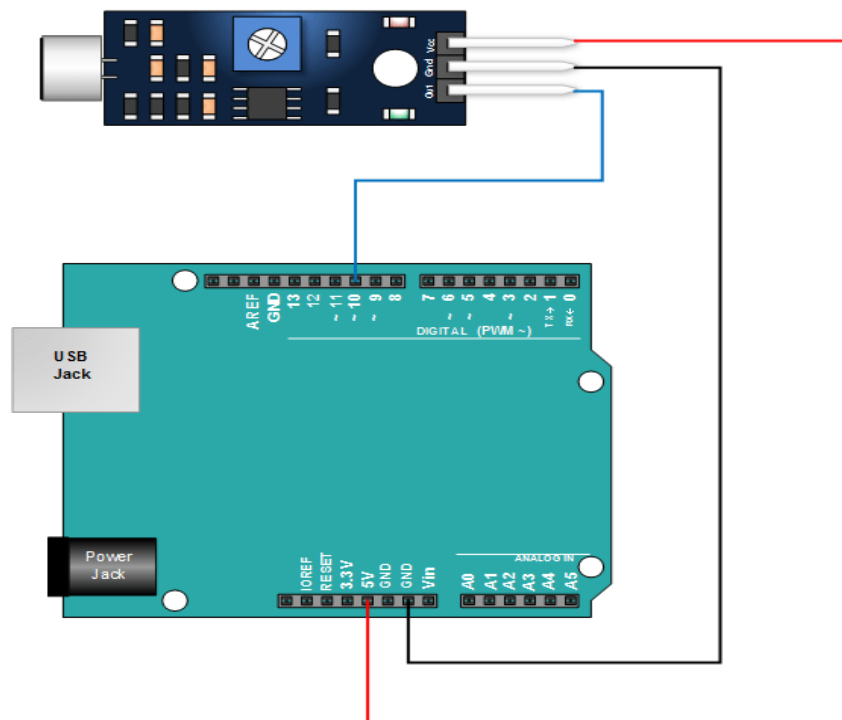
ככל שנוריד את זחלן הפוטנציומטר כלפי מטה המתח החיובי בכניסה המהפכת יהיה חיובי יותר ונצטרך צליל חזק יותר לגילוי ולהפך.

בכניסה המהפכת של המשווה הראשון יש יציאה A0 (יציאה אנלוגית) אל הקונקטור בן 4 ההדקים. ביציאה של המשווה הראשון יש את D0 שהוא היציאה הדיגיטאלית. 1 ביציאה זו מראה שיש גילוי צליל. 0 מראה שאין צליל.

תפקיד נגד R1 ביציאת המשווה הראשון הוא נגד הקולט של יציאת המשווה שהיא open collector (ראה הסבר לגבי תפקיד הנגד ב KY – 037).

## 1. תוכנה

1.1 נרשום תוכנית עבור היציאה הדיגיטאלית. נעזר באיור 9. כזכור לארדואינו אנו לך בהדק 13.



איור 9 : המעגל של חיבור חיישן צליל לארדואינו

```
#define Led 13 // הגדרה של מיקום ההדק 13 בארדואינו שם מחוברת לד
#define D0Input 10 // D0 של הגלאי מתחברת להדק 10
bool value ; // 0 מראה שאין גילוי צליל ;
```

```
void setup ()
{
  pinMode (Led, OUTPUT); // הגדרת ההדק 13 שאליו מחוברת לד בארדואינו כיציאה
  pinMode (D0Input, INPUT); // הגדרת כניסת הגלאי כקלט
}

void loop ()
{
  value = digitalRead(D0Input); // קריאת מצב הגלאי
  if (value == HIGH) // האם היה גילוי צליל ?
  {
    digitalWrite (Led, HIGH); // הדלקת הלד בארדואינו להראות שיש גילוי צליל
  }
  else
  {
    digitalWrite (Led, LOW); // כיבוי הלד בארדואינו להראות שאין גילוי צליל
  }
}
```

2.1 נרשום תוכנית לשימוש בהדק A0 של גלאי הצליל. לשם כך נחבר את הדק A0 של גלאי הצליל KY – 038 להדק A0 של הארדואינו. כמובן שנחבר גם את מתח הספק 5 וולט והאדמה של הארדואינו לגלאי.

```
#define sensorPin = A0 // הדק הכניסה האנאלוגי מיד אחרי הפוטנציומטר
#define ledPin 13 // בהדק 13 בארדואינו מחוברת לד
int sensorValue ; // משתנה המכיל את הערך האנאלוגי שנקרא

void setup ()
{
  pinMode (ledPin, OUTPUT);
}

void loop ()
{
  sensorValue = analogRead (sensorPin);
  if (sensorValue < 400) // האם התגלה צליל ?
    digitalWrite(ledPin,1); // הדלק את הלד בהדק 13
  else
    digitalWrite(ledPin,0); // כיבוי הלד כאשר אין צליל
}
```