

## חיישני טמפרטורה ולחות DHT11 ו DHT22

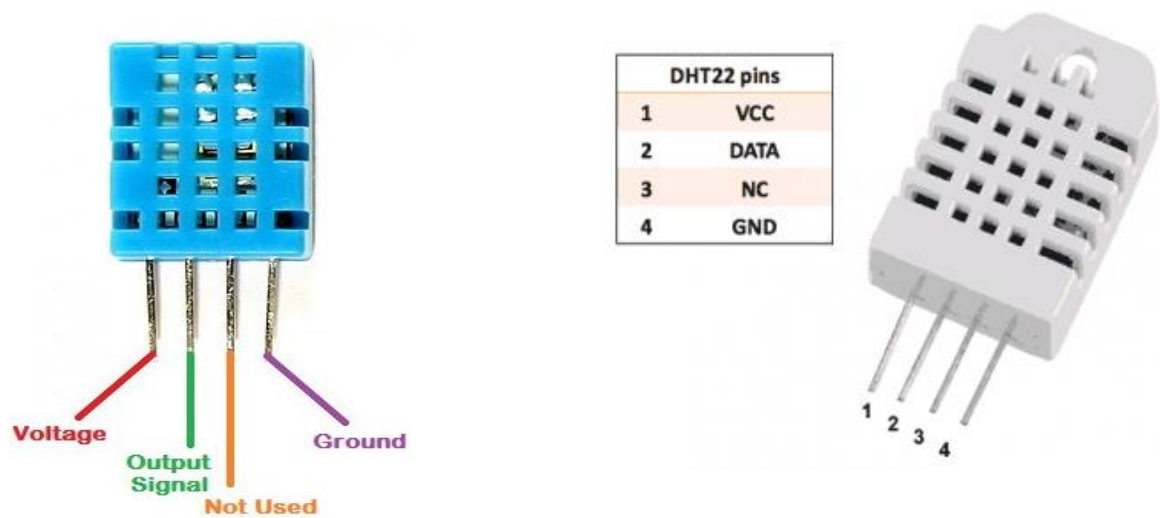
### 1. מבוא

2 החיישנים מאוד פופולאריים למדידת טמפרטורה ולחות יחסית כי מחירם זול מאוד והביצועים שלהם סבירים. ההבדל בין שני החיישנים הוא בתחום המדידה של הטמפרטורה והלחות. DHT22 הוא חיישן עם תחום מדידה רחב יותר ודיוק טוב יותר.

תחום מדידת הטמפרטורה של DHT22 הוא מ -40 עד +125 מעלות צלסיוס עם  $\pm 0.5$  מעלות צלסיוס דיוק. תחום מדידת הטמפרטורה של DHT11 הוא 0 עד 50 מעלות צלסיוס עם  $\pm 2$  מעלות צלסיוס של דיוק.

תחום מדידת לחות ב DHT22 מ 0 ועד 100 אחוזי לחות יחסית עם 2-5% דיוק. תחום מדידת לחות ב DHT11 הוא מ 20 עד 80 אחוזי לחות יחסית עם 5% דיוק.

האיור הבא מתאר איך נראים 2 החיישנים.



איור 1 : בצד שמאל DHT11 ובצד ימין DHT22

בטבלה הבאה מתוארים המאפיינים של כל חיישן.

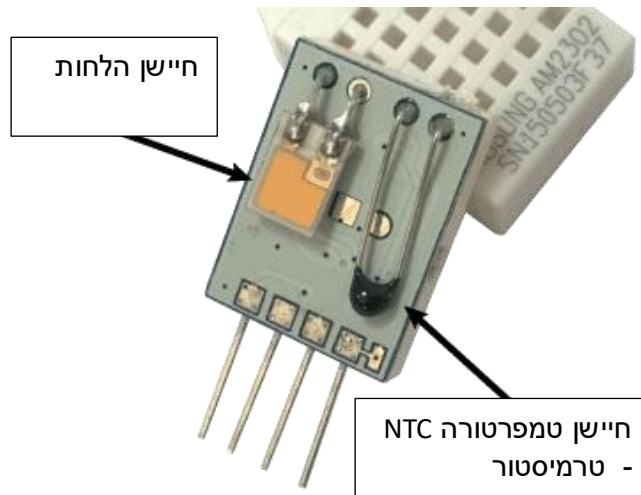
DHT22	DHT11	
-40 - 125°C ± 0.5°C	0 - 50°C / ± 2°C	תחום טמפרטורה
0 - 100% C / ± 2 - 5%	20 - 80% / ±5%	תחום לחות
פעם אחת כל 2 שניות	פעם אחת בשנייה	קצב דגימה
15.1mm x 25mm x 7.7mm	15.5mm x 12mm x 5.5mm	מידות
3 - 5 v	3 - 5 v	מתח הפעלה
2.5mA	2.5mA	זרם מקסימלי בזמן מדידה

טבלה 1 : מאפיינים של כל חיישן.

מהטבלה רואים שחיישן DHT11 קטן יותר ובעל קצב דגימה גבוה משל DHT22. לשניהם אותו מתח הפעלה ואותו זרם מקסימלי בזמן מדידה. לעומת זאת בתחום הטמפרטורה ובתחום הלחות החיישן DHT22 טוב יותר.

## 2. עיקרון פעולה

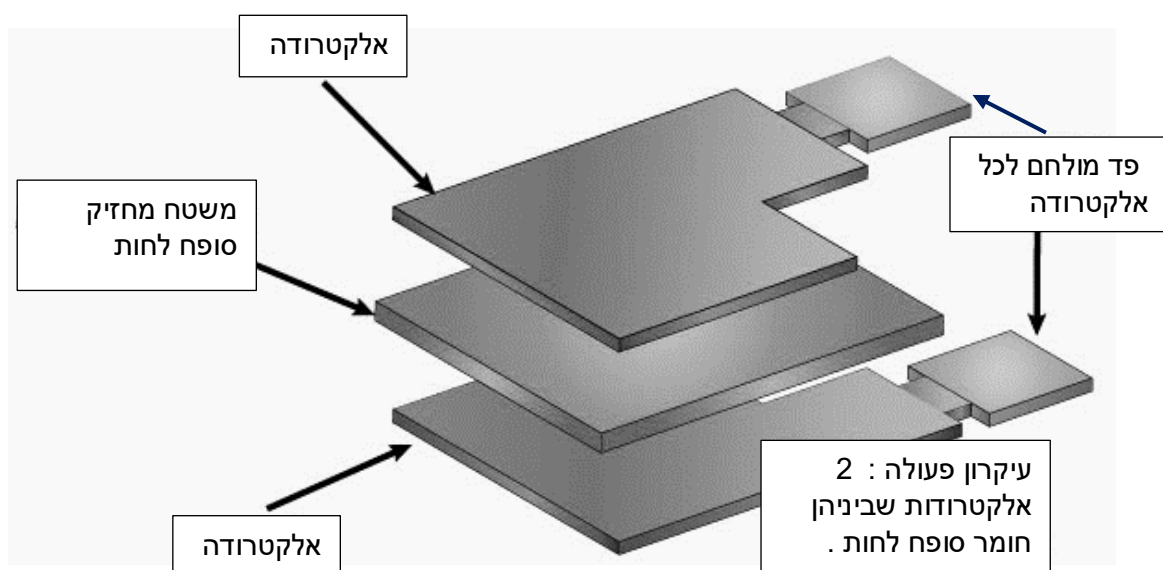
כל אחד מהחיישנים מכיל רכיב חישה ללחות, חיישן NTC (Negative Temperature Coefficient) - מקדם טמפרטורה שלילי הנקרא טרמיסטור) שהוא נגד המקטין את התנגדותו עם הטמפרטורה ורכיב (ג'וק). האיור הבא מתאר את מבנה החיישן.



איור 2: חיישן טמפרטורה ולחות DHT11.

## 2.1 מדידת לחות

לחיישן הלחות יש 2 אלקטרודות עם מצע מחזיק שסופח לחות ביניהם. כמו שנראה באיור הבא.



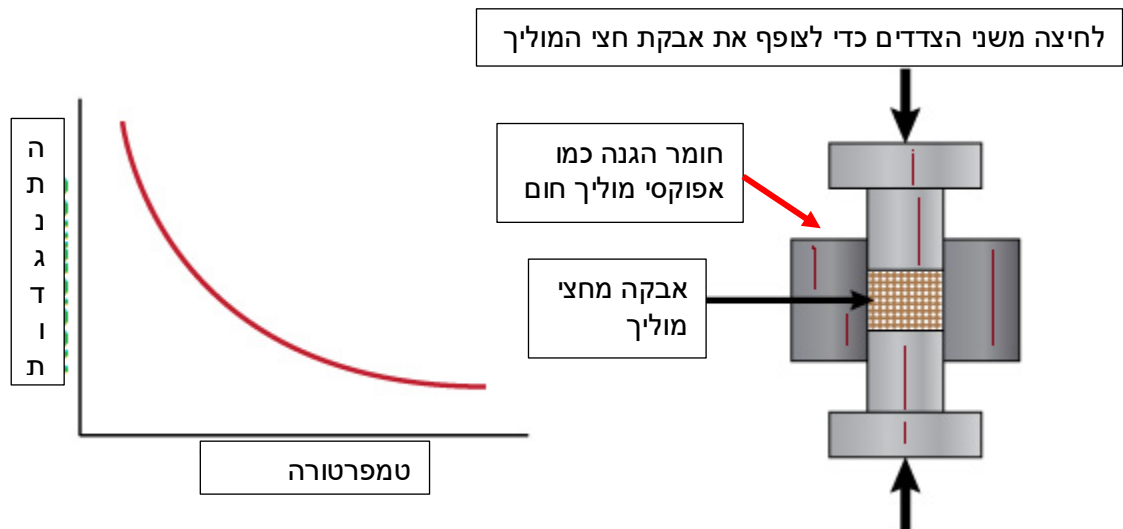
איור 3: עיקרון פעולה של חיישן הלחות

כאשר הלחות משתנה אז גם המוליכות בין 2 האלקטרודות משתנה או במילים אחרות ההתנגדות בין 2 האלקטרודות משתנה. שינוי ההתנגדות מעובד בג'וק ומועבר אל המיקרו בקר.

## 2.2 מדידת טמפרטורה

מדידת טמפרטורה משתמשת בחיישן NTC או טרמיסטור. הטרמיסטור הוא נגד המשנה את ההתנגדות שלו עם שינוי הטמפרטורה. Thermistor מורכב מצמד המילים Thermal ו Resistor – טרמי והתנגדות או בקיצור נגד שתלוי בטמפרטורה.

החיישנים האלה עשויים מהדבקה של אבקה מחצי מוליך כמו קרמיקה או פולימרים כדי לקבל שינוי גדול בהתנגדות עם שינוי קטן בטמפרטורה. המושג Negative Temperature Coefficient – NTC - מקדם טמפרטורה שלילי – ההתנגדות יורדת כאשר הטמפרטורה גדלה. יש גם רכיבי Positive – PTC Temperature Coefficient – מקדם טמפרטורה חיובית המגדילים את ההתנגדות עם עליית הטמפרטורה. האיור הבא מתאר מבנה של טרמיסטור ואופיין התנגדות כפונקציה של הטמפרטורה.



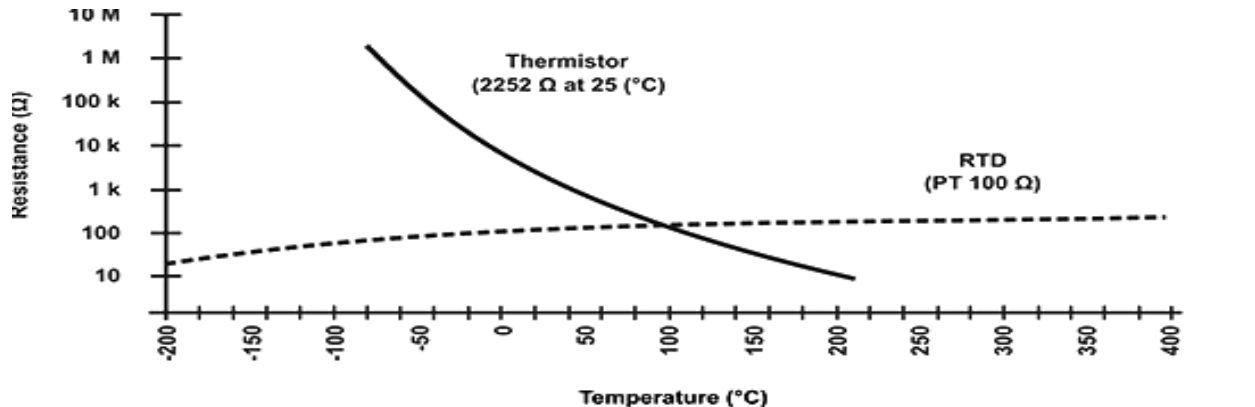
איור 4 : מצד ימין כיצד יוצרים טרמיסטור . בצד שמאל גרף המתאר את צורת תלות ההתנגדות בטמפרטורה.

באיור הבא רואים סוגי טרמיסטורים והסימול של טרמיסטור בסכמה החשמלית :



איור 5 : דוגמאות של טרמיסטורים בצד ימין והסימון החשמלי של טרמיסטור מצד שמאל.

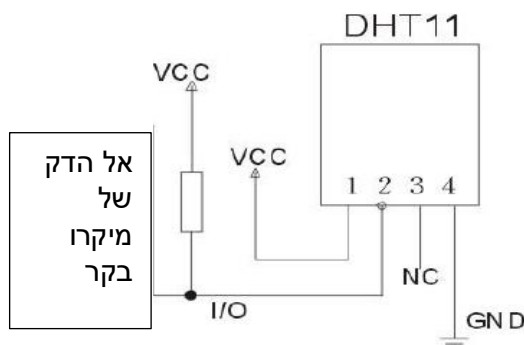
התנגדות של טרמיסטור ב  $25^{\circ}\text{C}$  נעה מ 100 אוהם עד 5 מגה אוהם. קיימים טרמיסטורים של הספק בעלי התנגדות של 2.5 אוהם. רגישות הטמפרטורה של חיישן טמפרטורה מבוטאת כ "אחוז השינוי בהתנגדות לכל מעלה". ערכים אופייניים הם ממינוס 3% עד מינוס 6% לכל מעלה. האיור הבא מתאר את שינוי ההתנגדות של כתלות בטמפרטורה



איור 6 : אופיין שינוי התנגדות של טרמיסטור כפונקציה של ההתנגדות. מהאיור רואים את האופיין היורד של הטרמיסטור. ב  $25^{\circ}\text{C}$  התנגדות הטרמיסטור 2252 אוהם. לפני הטמפרטורה הזו ההתנגדות גבוהה יותר. אחריה ההתנגדות נמוכה יותר. קיימים גם חיישני טמפרטורה הנקראים RTD – Resistance – Temperature Detectors – גלאי התנגדות טמפרטורה שהם מדויקים יותר עם רגישות טמפרטורה של  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  יותר עם תחום טמפרטורה גדול יותר ממינוס 200 עד 800 מעלות צלסיוס. חלקם בנוי מסגסוגת של פלטינום. ובכל זאת עובדים עם טרמיסטורים כי הם קצת יותר זולים, קטנים יותר, עמידים יותר במכות / זעזועים ובעלי מהירות תגובה גבוהה יותר.

### 3. חיבורים חשמליים

לשני חיישני ה DHTxx יש 4 הדקים. הדק Vcc, הדק GND, הדק נתון והדק שאיננו מחובר ואין לו שימוש. יש לחבר נגד משיכה למעלה – Pull Up – בגודל של 5K עד 10K אוהם לקו הנתון כדי לשמור את הקו בגבוה כדי לאפשר תקשורת בין המיקרו בקר והחיישן. התקשורת מתבצעת על קו הנתון .data. ישנן מספר גרסאות של החיישנים האלו שמגיעות עם 3 הדקים ונגד משיכה למעלה פנימי. האיור הבא מתאר חיבור חיישן אל מיקרו בקר



איור 7 : חיבור חיישן DHT אל מיקרו בקר. יש לחבר נגד משיכה למעלה בקו הנתון (הדק מספר 2) .

אם מחברים את החיישן במרחק של עד 20 מטר מהמיקרו כדאי לחבר נגד של 5.1 קילו אוהם. מעל 20 מטר יש להגדיל את הנגד אבל לא יותר מ 10 קילו אוהם.

אם משתמשים בספק כוח של 3.5 וולט אורך הכבל לא יעלה על 20 ס"מ כי יש נפילה על קו המתח דבר שיגרום לשגיאה במדידה.

כאשר מבצעים מדידה מחזורית של החיישן כדאי להמתין 5 שניות בין קריאה אחת לבאה אחריה.

#### 4. תקשורת חוט אחד - כללי.

על תקשורת חוט אחד 1-Wire אפשר לקרוא באתר : [one.wire.pdf \(arikporat.com\)](http://one.wire.pdf(arikporat.com))

בתקשורת זו יש חוט של נתונים וחוט של אדמה. יש מסטר אחד ויכולים להיות מספר עבדים.

העבד לא צריך ספק כוח והוא יוצר לעצמו את ספק הכוח הנקרא ספק כוח פרוזיטי מקו הנתון.

רכיב מסטר או עבד מחוברים ב open drain ( מרזב פתוח ) לקו הנתון הדו כיווני ועל הקו יש נגד pull up שמחזיק את הקו ב '1' . אם יש עבד אחד אז מספיק נגד של  $5.1K\Omega$  .

במצב שאין תקשורת הקו נמצא בגבוה . (מהמתח של ה'1' שבקו העבד יוצר את ספק הכוח הפרזיטי להפעלת הרכיבים שנמצאים בו) .

המסטר הוא זה שיוזם תקשורת על ידי RESET (משיכת הקו ל '0' שנקרא גם בדיקת נוכחות הבודקת האם יש עבד על הקו ) ומיד בודק האם יש רכיב על הקו.

ישנן 2 מהירויות להעברת נתונים. מהירות בסיסית הנקראת LEGACY ומהירות overdrive לרכיבים מהירים.

ל DHT11 ו DHT22 יש כניסת מתח ספק כוח והם לא צריכים ליצור את ספק הכוח הפרזיטי מקו הנתון. הם מתחברים בתקשורת מהירה הנקראת overdrive .

#### 5. פורמט הנתון

הפורמט הוא של 40 ביטים ( 5 בתים ) כאשר החלק הגבוה תחילה. הסדר הוא :

א. 8 ביט של החלק השלם של הלחות +

ב. 8 ביטים של החלק העשרוני +

ג. 8 ביטים של הילק השלם של הטמפרטורה +

ד. 8 ביטים של החלק של השבר +

ה. 8 ביטים של ביית הזוגיות ( למעשה זה checksum – בדיקת סכום ולא בדיקת זוגיות ).

**כיצד נחשב את ביית הזוגיות :**

סכום של 4 הבתים הראשונים ( כלומר של 8 הביטים של החלק השלם של הלחות + 8 ביטים של החלק העשרוני של הלחות + 8 ביטים של החלק השלם של הטמפרטורה + 8 ביטים של חלק השבר של הטמפרטורה ) .

**דוגמה 1 :**

בניה שנקלטו הערכים הבאים (משמאל לימין) :

<u>0011 0101</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0001 1000</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0100 1101</u>
High humidity 8	Low humidity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

הלחות : בית ראשון :  $35H = 53\%RH$

בית שני : החלק העשרוני של הלחות הוא 0 .

הטמפרטורה : בית שלישי :  $18H = 24^{\circ}C$

בית רביעי : החלק של השבר הוא 0 .

ביית הזוגיות : בית חמישי הוא הסכום של 4 הבתים הראשונים :

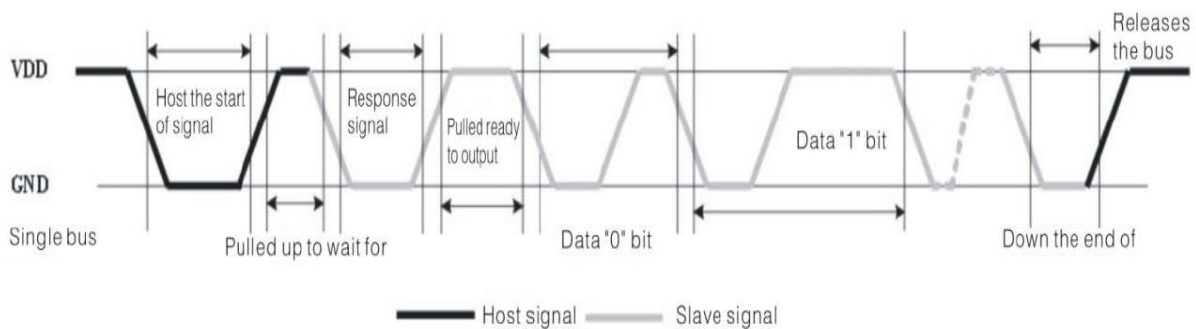
$$0011\ 0101 + 0000\ 0000 + 0001\ 1000 + 0000\ 0000 = 0100\ 1101$$

כלומר קלטנו נכון.

**6. דיאגרמת זמנים**

DHT11 ו DHT22 הם רכיבים העובדים במהירות גבוהה הנקראת *overdrive* .

האיור הבא מתאר את הזמנים של התקשורת :



איור 8 :

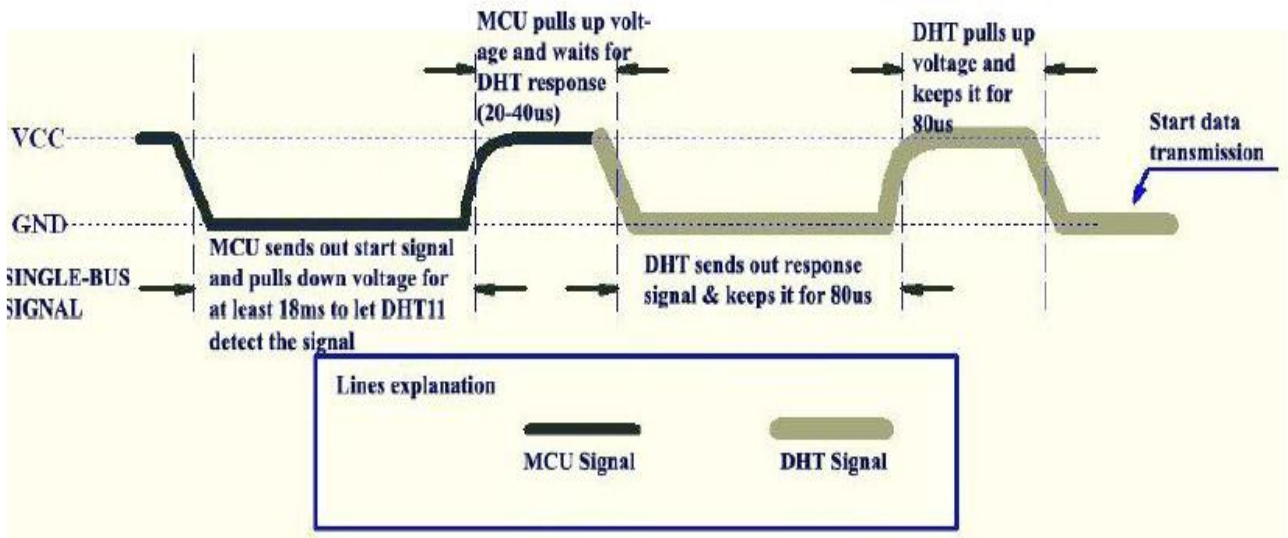
מהאיור רואים שהמיקרו בקר ( שנקרא כאן MCU או host ) יוצר reset על ידי הורדת הקו ל '0' . הזמן של ה '0' נתון בדפי הנתונים. מיד בסיום זמן ה RESET המיקרו משחרר את הקו והוא עולה ל 1 על ידי נגד ה pull up שבקו. רכיב ה DHT מוריד את הקו ל '0' וזה נקרא Response signal – אות תגובה. מיד לאחר פולס התגובה הוא משחרר את הקו ומתחיל לשדר את 40 הביטים (5 הבתים) של הנתונים.

**7. המסטר שולח reset להתחלת פעולה.**

באיור הבא רואים את צורת הגל של אתחול התקשורת בין המיקרו ובין חיישן DHT11 .

פעולת התחלת התקשורת היא על ידי המיקרו בקר . זוהי שליחת reset על קו הנתון. המיקרו מושך את קו הנתון ל '0' למשך זמן של לפחות 18 מילי שניות ומיד לאחר מכן משחרר את הקו שעולה ל '1' .

הקו משוחרר לזמן של 20 עד 40 מיקרו שניות. בזמן זה החיישן צריך "להתארגן" כדי לבצע תקשורת.

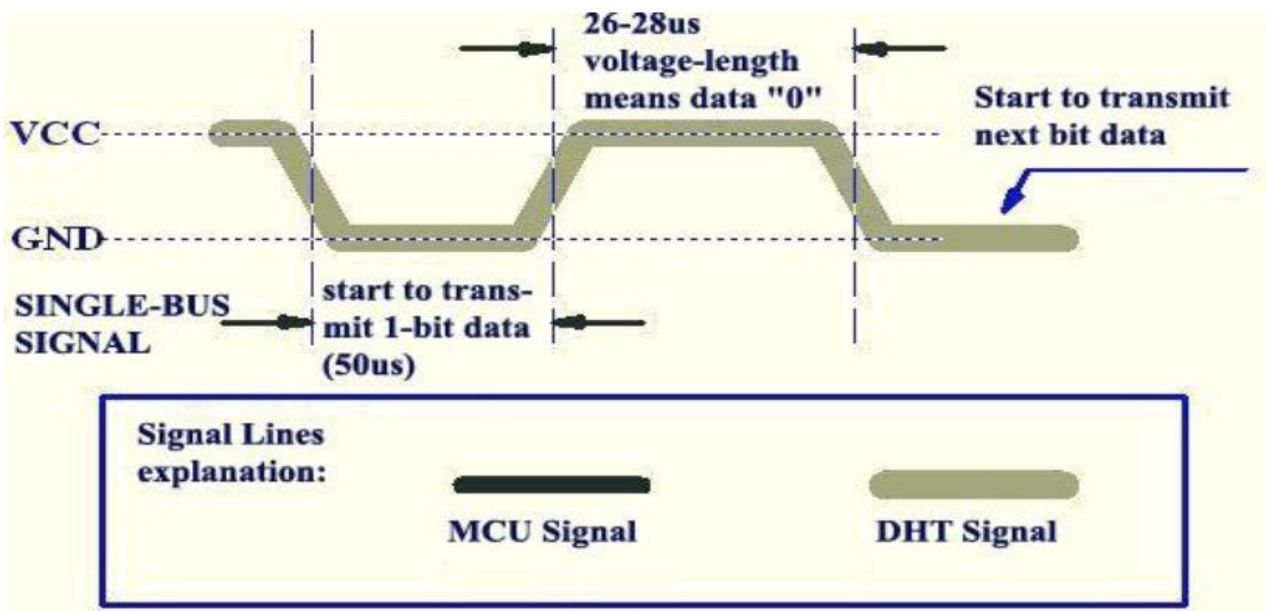


איור 9 : צורות גל של reset (איפוס בדיקת נוכחות) .

החיישן צריך להוריד את קו הנתון ל '0' למשך זמן של 80 מיקרו שניות ואז לשחרר את הקו שעולה ל '1' . הזמן של ה '1' הוא של 80 מיקרו שניות. בסיום זמן זה החיישן מתחיל להוציא את 40 הביטים לקו. במידה ואין חיישן הקו ממשיך להיות ב '1' והמיקרו בקר יודע שאין חיישן על הקו.

### 8. שידור ביט של '0'

האיור הבא מתאר שידור של ביט '0' .

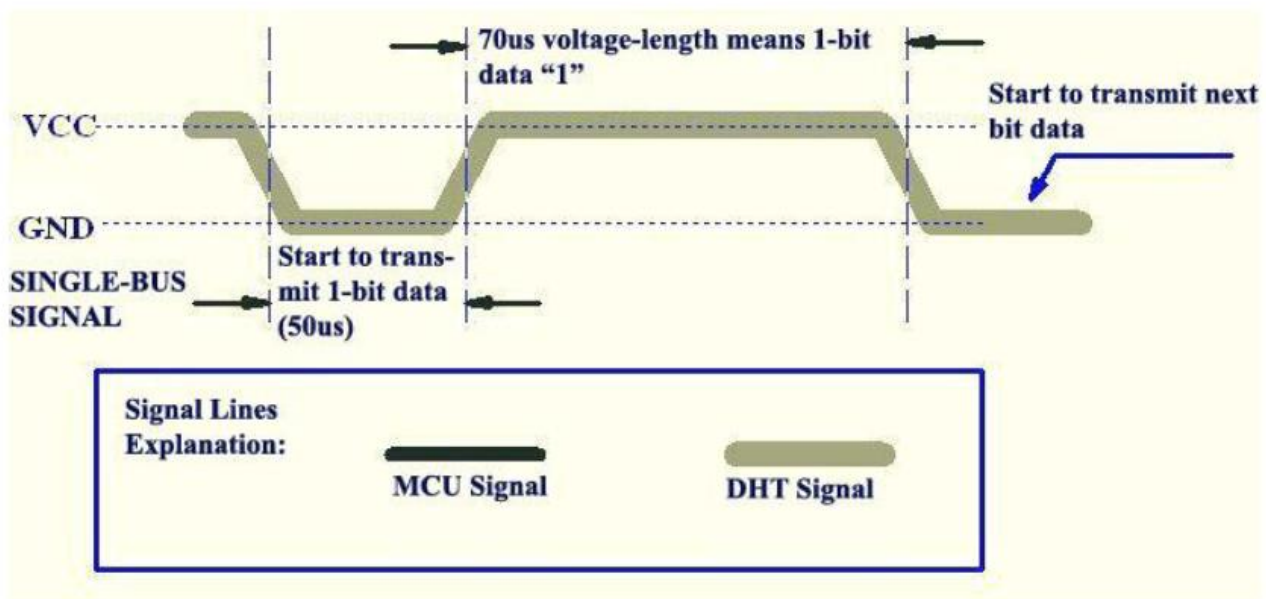


איור 9 : שידור ביט של '0'

כל שידור של ביט נתון, גם של '0' וגם של '1' מתחיל בכך שהחיישן מושך את הקו ל'0' לזמן של 50 מיקרו שניות. מיד לאחר מכן החיישן משחרר את הקו שעולה ל'1' לזמן של 26-28 מיקרו שניות. מיד לאחר זמן זה שוב החיישן מושך את הקו ל'0' לזמן של 50 מיקרו שניות ואז משחרר את הקו שעולה ל'1'. הזמן שהקו היה ב'1' של 26-28 מיקרו שניות מציין שהנתון הוא '0'. בשידור של '1' זמן ה'1' יהיה זמן אחר כמו שרואים בסעיף הבא.

### 9. שידור של '1'

האיור הבא מתאר שידור של ביט '1'



איור 10 : שידור של ביט 1 .

כמו בשידור של ביט '0' גם כאן הקו יורד ל'0' לזמן של 50 מיקרו שניות. לאחר מכן החיישן משחרר את הקו שעולה ל'1' לזמן של 70 מיקרו שניות. ושוב מוריד את הקו לזמן של 50 מיקרו שניות. זמן זה של 70 מיקרו שניות נחשב כ'1'. כלומר הבדל הזמן שבו הקו ב'1' מבדיל בין '0' ל'1'.

בסיום שידור כל הביטים החיישן מושך את הקו ל'0' לעוד 50 מיקרו שניות אחרונות ומשחרר את הקו שעולה ל'1' על ידי נגד ה pull up .

### 10. מאפיינים חשמליים

באיור הבא מתוארים המאפיינים החשמליים של החיישן.



VDD=5V, T = 25°C (unless otherwise stated)

	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Power Supply	DC	3V	5V	5.5V
Current Supply	Measuring	0.5mA		2.5mA
	Average	0.2mA		1mA
	Standby	100uA		150uA
Sampling period	Second	1		

איור 11 : מאפיינים חשמליים של חיישן DHT11

מהאיור רואים שמתח ההפעלה הוא 5 וולט. החיישן יעבוד גם בין 3 ל 3.5 וולט.  
 הזרם שהחיישן צורך בזמן מדידה הוא בין 0.5mA ועד 2.5mA .  
 הזרם הממוצע בין 0.2mA עד 1mA .  
 זמן דגימה מינימלי הוא של 1 שנייה.  
 הזמן בין קריאות מהחיישן צריך להיות גדול מ 1 שנייה.

**11. החיישן שעליו בוצעו הבדיקות**

החיישן שקיבלתי הוא עם 3 הדקים ונראה באיור הבא:

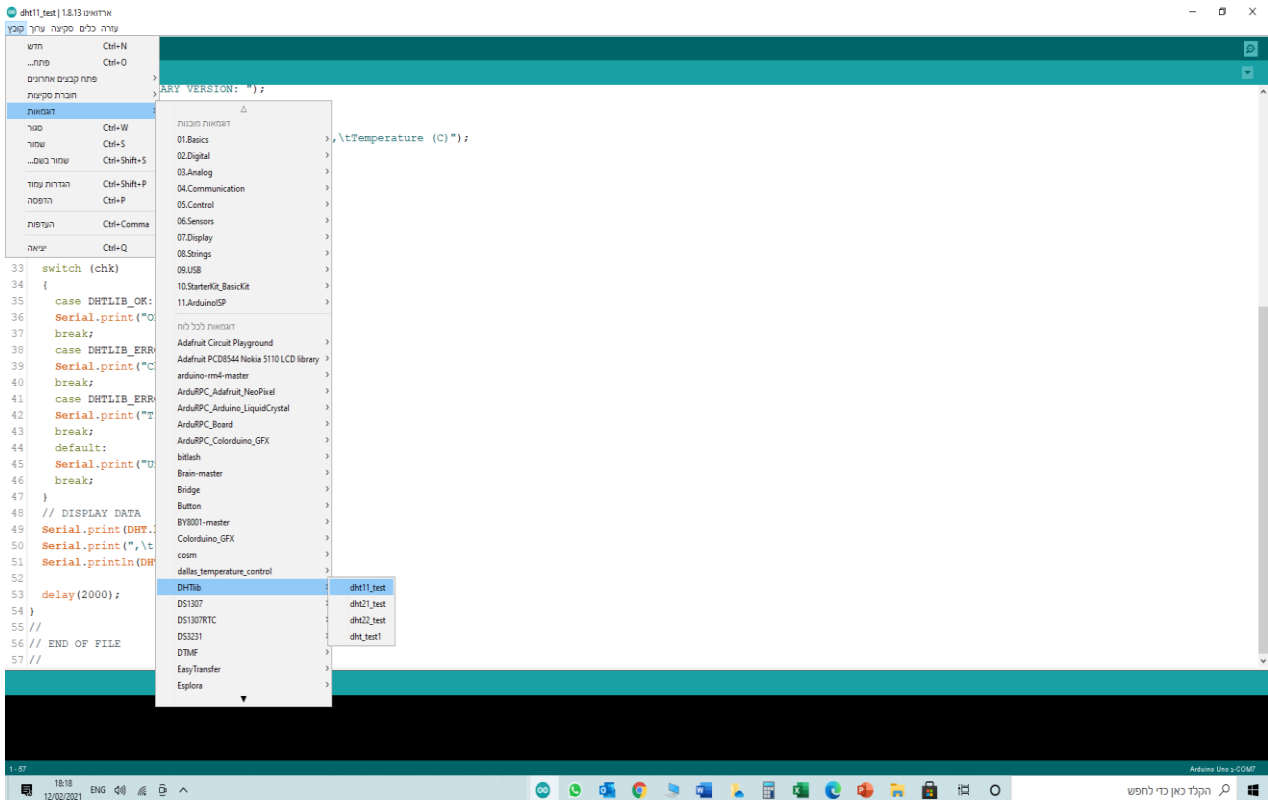


איור 12: החיישן שעליו התבצעו המדידות. מצד ימין החיישן ומשמאל ללא הכיסוי המגן.

מהאיור רואים שלחיישן 3 הדקים בלבד. בחיישן עצמו קיים נגד pullup של 10 קילו אוהם כך שלא צריך לחבר נגד חיצוני. יש לו קבל צימוד לסינון רעש. כמו כן הוא צריך לקבל מתח של 5 וולט חיצוני(אפשר מתח של 3 עד 5.5 וולט). ב 5 וולט אפשר שמרחק החיישן מהמערכת יהיה עד 20 מטר. ב 3.3 וולט רצוי שלא יהיה גדול מ 1 מטר.

## 12. תוכנה להפעלת החיישן.

מצ"ב תוכנית להפעלת החיישן. התוכנית נלקחה מקובץ הדוגמאות כפי שרואים באיור הבא: מניחים שהדק הנתון של החיישן מתחבר להדק 5 של הארדואינו.



איור 13: מאיפה נלקחה התוכנית הרשומה בהמשך.  
התוכנית:

```
//
// FILE: dht11_test.ino
// AUTHOR: Rob Tillaart
// VERSION: 0.1.00
// PURPOSE: DHT library test sketch for DHT11 && Arduino
// URL:
//
// Released to the public domain
//
#include <dht.h>
```

```
dht DHT;
#define DHT11_PIN 5
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("DHT TEST PROGRAM ");
  Serial.print("LIBRARY VERSION: ");
  Serial.println(DHT_LIB_VERSION);
  Serial.println();
  Serial.println("Type,\tstatus,\tHumidity (%),\tTemperature (C)");
}

void loop()
{
  // READ DATA
  Serial.print("DHT11, \t");
  int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
  switch (chk)
  {
    case DHTLIB_OK:
      Serial.print("OK,\t");
      break;
    case DHTLIB_ERROR_CHECKSUM:
      Serial.print("Checksum error,\t");
      break;
    case DHTLIB_ERROR_TIMEOUT:
      Serial.print("Time out error,\t");
      break;
    default:
      Serial.print("Unknown error,\t");
      break;
  }
  // DISPLAY DATA
  Serial.print(DHT.humidity, 1);
```

```
Serial.print(",\t");  
Serial.println(DHT.temperature, 1);  
  
delay(2000);  
}  
//  
// END OF FILE  
//
```

ביבליוגרפיה :

.1

**DHT11 Humidity &  
Temperature Sensor**  
D-Robotics UK ([www.droboticsonline.com](http://www.droboticsonline.com))

.2

Temperature and humidity module

DHT11 Product Manual

[www.aosong.com](http://www.aosong.com)