

חיישן טמפרטורה DS18B20

1. כללי

חיישן טמפרטורה מודד את הטמפרטורה של הסביבה שבה הוא נמצא. חיישן הטמפרטורה DS18B20 הוא חיישן הנקרא 1-Wire - חוט אחד – שמעביר בעזרת חוט אחד את הטמפרטורה שהוא מודד.

המאמר כאן מסתמך על מאמר בקישור :

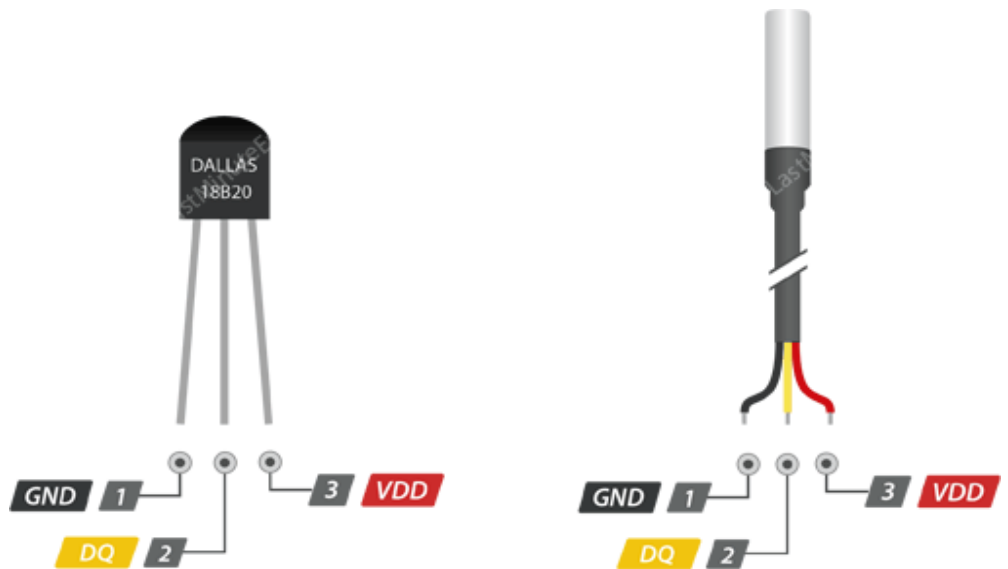
<https://lastminuteengineers.com/ds18b20-arduino-tutorial/>

על תקשורת 1-Wire ניתן לקרוא בקישור :

<http://www.arikporat.com/projects/one%20wire.pdf>

החיישן זול (שקלים בודדים) ובעזרת מיקרו בקר ותוכנית קצרה ניתן למדוד את הטמפרטורה.

האיור הבא מתאר את החיישן :



איור 1 : חיישן טמפרטורה DS18B20 . מצד שמאל החיישן. מימין אריזת פלדת אל חלד שבתוכה חיישן עם הכבל ותפקיד כל חוט.

באיור רואים מצד שמאל את החיישן עצמו שלו 3 הדקים. 2 הדקים של מתח ואדמה וקו שלישי של סיגנל (אות). מצד ימין החיישן בפלדת אל חלד עם כבל של 3 חוטים. ניתן לקנות כבל באורך 1 מטר, 3 מטר ו 5 מטר.

החיישן מגיע בדרך כלל בשתי צורות. צורה אחת שמגיעה בחבילת TO-92 שנראית בדיוק כמו טרנזיסטור רגיל – האיור שלמעלה מצד שמאל. הצורה השנייה בסגנון בדיקה עם עמידות כנגד מים שיכולה להיות שימושית יותר כאשר צריך למדוד טמפרטורה של משהו רחוק, מתחת למים או מתחת לאדמה.

GND הדק אדמה .

DQ קו נתונים של 1Wire צריך להיות מחובר להדק דיגיטלי במיקרו-בקר

VDD הדק מתח ספק הכוח שיכול להיות בין 3.3 ל-5V.

המדחום הדיגיטלי DS18B20 מספק מדידות טמפרטורה של 9 עד 12 סיביות של צלזיוס ויש לו פונקציית אזעקה עם נקודות סף עליונות ותחתונות שניתנות לתכנות על-ידי המשתמש. ה-DS18B20 מתקשר באמצעות אפיק 1-Wire (one wire) שמעצם הגדרתו דורש רק קו נתונים אחד לתקשורת עם מיקרו-בקר פלוס אדמה לייחוס. בנוסף, DS18B20 יכול להפיק כוח ישירות מקו הנתונים ובכך לבטל את הצורך באספקת חשמל חיצונית. לכל DS18B20 יש קוד טורי ייחודי של 64 סיביות, המאפשר למספר DS18B20s להתחבר על אותו קו one-wire. לכן, זה פשוט להשתמש במיקרו מעבד אחד כדי לשלוט על מספר רב של DS18B20s הנמצאים על פני שטח גדול.

היישומים כוללים בקרות סביבתיות של HVAC - Heating Ventilation And Air Conditioning - חימום, אורור ומיזוג אוויר, מערכות ניטור טמפרטורה בתוך מבנים, ציוד או מכונות, ומערכות ניטור ובקרת תהליכים. חיישן הטמפרטורה DS18B20 מדויק למדי ואינו זקוק לרכיבים חיצוניים כדי לעבוד. הוא יכול למדוד טמפרטורות של ממינוס 55 מעלות צלזיוס עד +125 מעלות צלזיוס או בפרנהייט (-67°F to +257°F) בדיוק של ±0.5 מעלות צלזיוס ממינוס 10 עד 85 מעלות צלסיוס.

אין צורך ברכיבים חיצוניים נוספים ומספיק 2 קווים של אדמה וקו נתונים כדי שהרכיב יעבוד. לכל רכיב יש קוד טורי ייחודי של 64 סיביות המאוחסן ב-ROM מובנה ולכן ניתן לחבר מספר רכיבים רב על קו one-wire. הרזולוציה של חיישן הטמפרטורה ניתנת לתכנות על-ידי המשתמש ל-9, 10, 11 או 12 סיביות. עם זאת, רזולוציית ברירת המחדל בהפעלה היא 12 סיביות (כלומר דיוק של 0.0625°C). המשתמש יכול להגדיר 2 אזעקות - אחת מעל טמפרטורה מסוימת והשנייה מתחת לטמפרטורה רצויה. הן נשמרות בזיכרון לא מחיק (NV) מסוג EEPROM וניתן לבדוק האם הייתה חריגה מטמפרטורות אלו באמצעות פקודת חיפוש אזעקה. ניתן להפעיל את החיישן באמצעות ספק כוח של 3 וולט עד 5.5 וולט והוא צורך רק 1mA במהלך המרות הטמפרטורה. להלן המפרט המלא:

Power Supply	ספק כוח	3V to 5.5V
Current Consumption	תצרוכת זרם	1mA
Temperature Range	תחום טמפרטורה	-55 to 125°C
Accuracy	דיוק	±0.5°C
Resolution	רזולוציה (הבחנה)	9 to 12 bit (selectable)
Conversion Time	זמן המרה	< 750ms

טבלה 1: מפרט החיישן

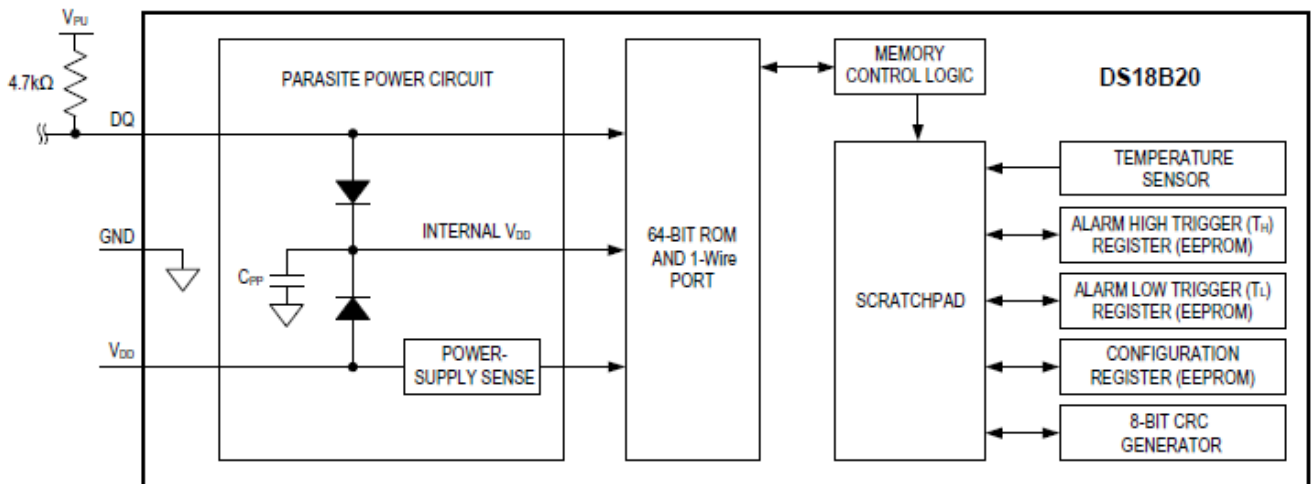
2. מספר חיישני טמפרטורה DS18B20 על קו יחיד

אחד היתרונות הגדולים ביותר של DS18B20 הוא שמספר דגמי DS18B20 יכולים להתקיים יחד באותו אפיק 1-Wire. מכיוון שלכל DS18B20 יש קוד טורי ייחודי של 64 סיביות שנצרב במפעל, קל יותר להבדיל אותם זה מזה. תכונה זו מהווה יתרון עצום כאשר רוצים לשלוט בכמה - DS18B20 המפוזרים במספר מקומות.

חיבור מספר חיישני טמפרטורה עם מיקרו בקר על קו אחד יכול להתקיים כי לכל חיישן טמפרטורה DS18B20 יש 64 ביטים ייחודיים שלו.

3. סקירה כללית

האיור הבא מציג דיאגרמה מלבנית של S18B20 :



איור 2 : תרשים מלבנים של החיישן

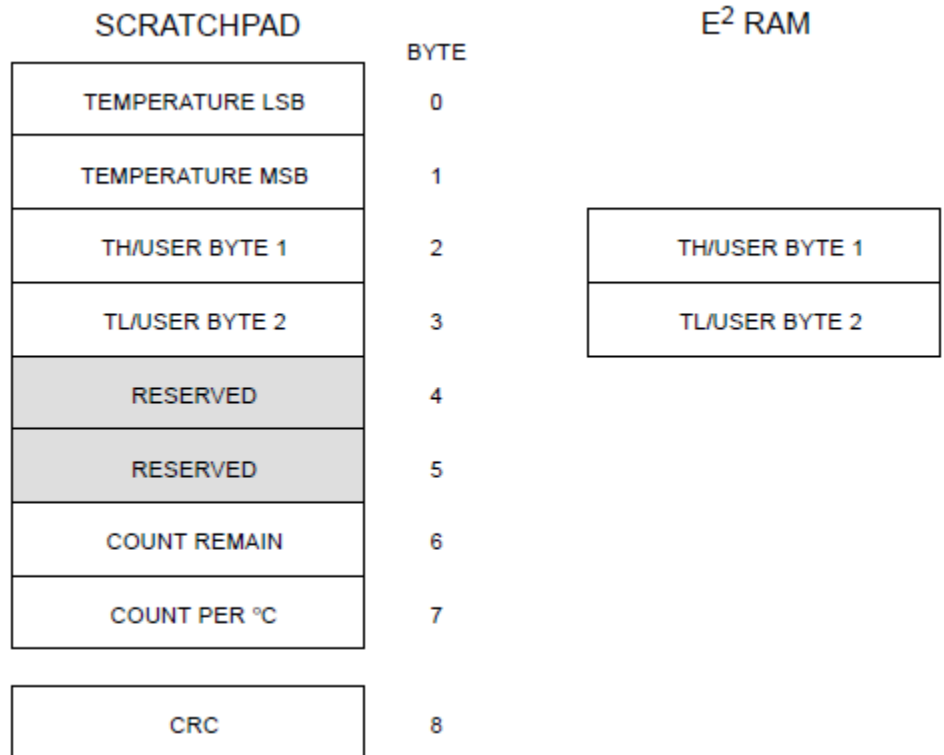
במרכז האיור רואים ROM של 64 סיביות שמאחסן את הקוד הטורי הייחודי של המכשיר. זיכרון הנקרא פנקס רשימות – scratchpad -מאחסן 2 בתים של הפלט הדיגיטלי מחיישן הטמפרטורה (מלבן עליון מצד ימין באיור). בנוסף, הוא מאפשר גישה לאוגרי האזעקה העליונים והתחתונים ש 1 בתים (TH ו- TL מלבנים 2 ו 3 מצד ימין) ולאוגר התצורה של 1 בתים שמתחתם (מלבן רביעי מימין). המלבן החמישי התחתון מימין הוא מחולל CRC של 8 ביט (Cyclic Redundancy Check CRC) – בדיקת יתירות מחזורית) שהיא סוג של קוד לאיתור שגיאות המשמש לאיתור שגיאות בהעברת נתונים.

אוגר התצורה (מלבן רביעי מימין) מאפשר למשתמש להגדיר את הרזולוציה של ההמרה מטמפרטורה לדיגיטלי ל- 9, 10, 11 או 12 סיביות. אוגרי ה- TH, ה- TL והתצורה הם בזיכרון EEPROM לא נדיף. כך שהם ישמרו נתונים כאשר ההתקן כבוי. ה- DS18B20 משתמש בפרוטוקול 1-wire הבלעדי של חברת Maxim שמיישם תקשורת פס באמצעות אות בקרה אחד. קו הבקרה דורש נגד משיכה למעלה בגלל שכל ההתקנים מקושרים לפס ה 1-wire באמצעות יציאה עם 3 מצבים (3-state output) או יציאת open-drain (כמו open collector בטרנזיסטורים). במערכת פס כזה, המיקרו-מעבד (המסטר) מזהה ומטפל בהתקנים בפס באמצעות קוד 64 הסיביות הייחודי של כל מכשיר. מכיוון שלכל מכשיר יש קוד ייחודי, מספר המכשירים שניתן לטפל בהם בפס אחד הוא כמעט בלתי מוגבל. פרוטוקול אפיק/פס 1-wire כולל הסברים מפורטים על הפקודות ו"חריצי זמן" בהמשך.

תכונה נוספת של DS18B20 היא היכולת לפעול ללא ספק כוח חיצוני (החלק השמאלי באיור – Parasite Power Circuit). המתח מסופק במקום זאת באמצעות נגד המשיכה 1-wire דרך הדק ה DQ כאשר הפס במצב גבוה. אות האפיק/פס הגבוה טוען גם קבל פנימי (CPP), אשר לאחר מכן משמש כמקור מתח למכשיר כאשר הפס נמוך. שיטה זו של הפקת כוח מפס 1Wire נקרא "parasite power" - כוח טפיל. כחלופה, ה-DS18B20 עשוי להיות מופעל גם על ידי מתח אספקה חיצונית ב VDD.

3.א זיכרון הרכיב

האיור הבא מתאר את הזיכרון של החיישן.

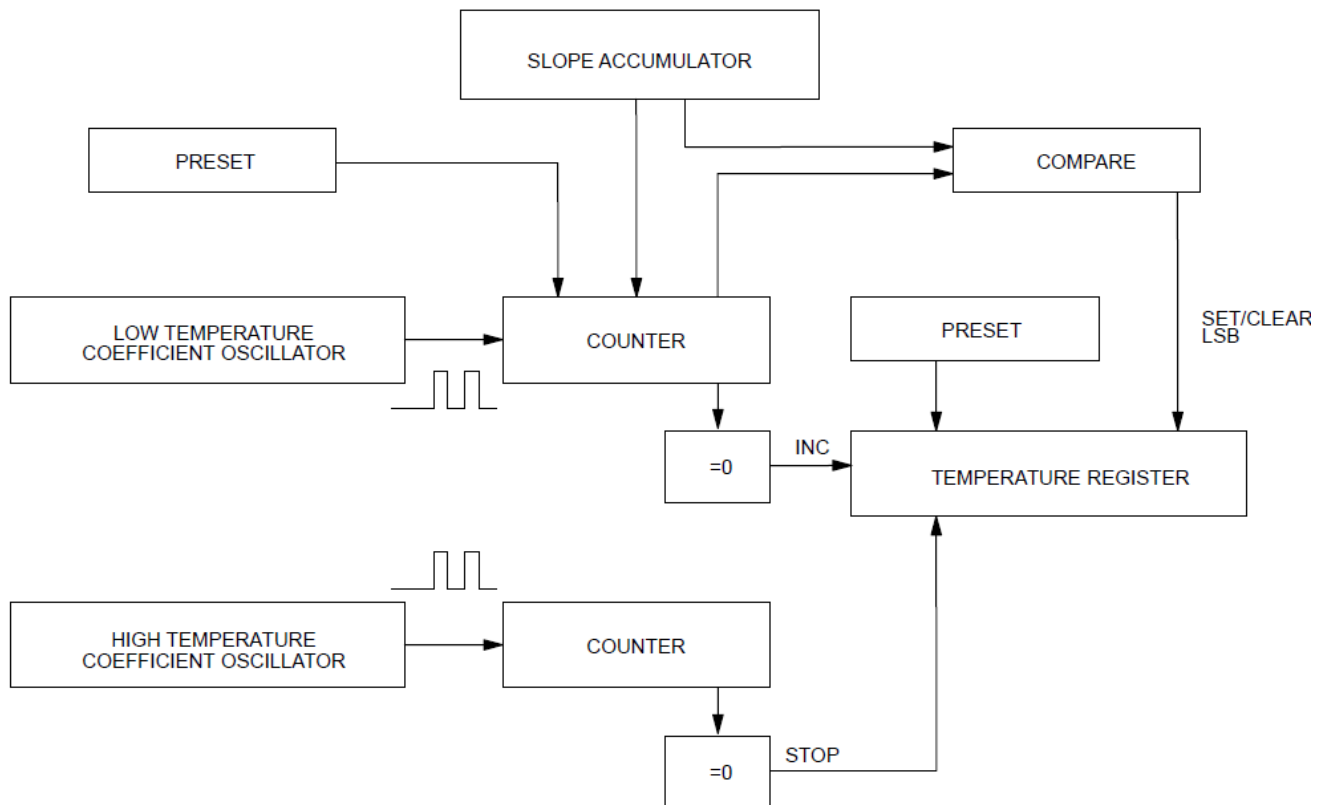


איור 3 : זיכרון החיישן

הזיכרון מורכב מזיכרון RAM של scratchpad וזיכרון RAM שניתן למחיקה חשמלית - E²RAM (שהוא שילוב של EEPROM + SRAM) אשר מאחסן את הטמפרטורה הגבוהה והנמוכה המפעילה TH ו- TL. ה scratchpad מסייע להבטיח את שלמות הנתונים בעת תקשורת מעל הפס 1 Wire. הנתונים נכתבים בהתחלה ל scratchpad שבו ניתן לקרוא אותם בחזרה. לאחר שהנתונים אומתו נשלח פקודת העתקה שתעביר את 2 בתי הנתונים של הגבולות שהשתמש קובע מה scratchpad אל ה E²RAM. תהליך זה מבטיח את שלמות הנתונים בעת שינוי הזיכרון. ה scratchpad מאורגן כשמונה בתים של זיכרון. שני הבתים הראשונים מכילים את הטמפרטורה הנמדדת. הבתים השלישי והרביעי הם נדיפים והם עותקים של TH ו- TL ומתרעננים בכל איפוס - reset. שני הבתים הבאים אינם בשימוש. הבתים השביעי והשמיני הם אוגרי ספירה, אשר ניתן להשתמש בהשגת רזולוציית טמפרטורה גבוהה יותר (מוסבר בסעיף "פעולת המדידה של הטמפרטורה"). יש ביית תשיעי שניתן לקרוא עם קריאה הפקודה Scratchpad. בית זה מכיל בדיקת CRC של שמונת הבתים הקודמים.

3. פעולת המדידה של הטמפרטורה

דיאגרמת המלבנים של מדידת הטמפרטורה נראית באיור הבא :



איור 3 : סכמה מלבנית של מדידת הטמפרטורה

באיור רואים מצד שמאל 2 מלבנים. כל מלבן הוא מתנד. העליון - LOW TEMPERATURE COEFFICIENT OSCILLATOR - הוא מתנד גבישי עם מקדם טמפרטורה נמוך (כלומר - תדר התנודות שלו כמעט לא מושפע מהטמפרטורה) והמלבן התחתון הוא

HIGH TEMPERATURE COEFFICIENT OSCILLATOR - מתנד גבישי עם מקדם טמפרטורה גבוה , כלומר התדר שלו מושפע מאוד מהטמפרטורה.

המתנד העליון משמש ליצירת תדר קבוע המגיע למונה (שנקרא לו מונה 1) הסופר כלפי מטה (down counter) כלומר כל פולס שעון שמגיע אליו המתנד מוריד ב 1 את המספר שיש בו.

המתנד הגבישי עם מקדם הטמפרטורה הגבוה משנה את התדירות שלו באופן משמעותי וגם פולסי התדר שלו נכנסים למונה (שנקרא לו מונה 2) וגם הוא מונה כלפי מטה.

מונה 1 כויל במפעל לערך בסיסי המתאים ל -55°C . גם רגיסטר הטמפרטורה Temperature Register - במרכז מימין - כויל לערך בסיסי של -55°C . את ביצוע הכיול הבסיסי ביצעו 2 המלבנים הנקראים PRESET .

רגיסטר הטמפרטורה - Temperature Register - מקבל בקו שרשום STOP אות ריבועי ממונה 2 שקובע שער זמן לספירה. כאשר שער הספירה נפתח, ה DS18B20 סופר את פעימות השעון הנוצרות על ידי מתנד מקדם הטמפרטורה הנמוך כדי להשלים את מדידת הטמפרטורה.

מונה 1 מחסיר את אות הפולס שנוצר על ידי מתנד הגביש מקדם הטמפרטורה הנמוכה. כאשר הערך הבסיסי המוגדר מראש של מונה 1 יגיע ל 0, הערך של אוגר הטמפרטורה יעלה ב-1. מונה 1 ייטען מחדש לערך הבסיסי ומונה 1 יופעל מחדש ויתחיל לספור מחדש את הפולסים הנוצרים על ידי מתנד הגביש עם מקדם הטמפרטורה הנמוכה.

התהליך חוזר ומתבצע עד שמונה 2 מגיע ל 0 ועוצר את הספירה באוגר הטמפרטורה. הערך באוגר הטמפרטורה הוא הטמפרטורה הנמדדת בשלב זה.

מלבן SLOPE ACCUMULATOR למעלה באיור משמש לפיצוי על התנהגות לא ליניארית של המתנדים עם שינוי הטמפרטורה ולכן נקבל מדידת טמפרטורה ברזולוציה גבוהה. הדבר נעשה על ידי שינוי מספר הספירות הדרושות למונה 1 עבור כל תוספת בטמפרטורה.

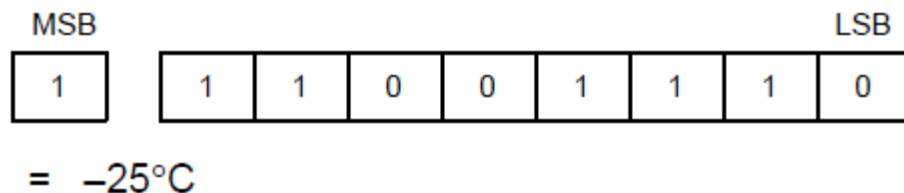
תזמון הקריאה והכתיבה חשוב מאוד. פעולות שונות של המערכת ל- DS18B20 חייבות להתבצע על פי פרוטוקול. פרוטוקול ההפעלה הוא:

- אתחול DS18B20 (יש לשלח דופק איפוס - RESET).
- שליחת פקודת פונקציית ROM.
- שליחת פקודת הפעלת זיכרון.
- עיבוד הנתונים.

פעולת חישוב הטמפרטורה נעשית בתוך DS1820 כדי ספק רזולוציה של 0.5 מעלות צלזיוס. קריאת הטמפרטורה השלילית היא בשיטת המשלים ל 2. ה DS1820 יכול למדוד טמפרטורה בטווח של מינוס 55°C עד 125°C+ במרווחים של 0.5°C. לשימוש במעלות פרנהייט יש להשתמש בטבלת המרה או לכתוב פונקציית המרה. הקשר בין צלסיוס לפרנהייט:

$$F = (Cx9)/5 + 32 \quad \text{או} \quad F = (Cx1.8) + 32$$

יש לשים לב שהטמפרטורה מיוצגת ב- DS1820 בתנאים שביט ה LSB הוא של 1/2°C. נראה דוגמה לקריאת טמפרטורה:



הסיבית המשמעותית ביותר (סיבית הסימן) משוכפלת לכל סיביות ב- MSB העליון של אוגר הטמפרטורה של שני בתים בזיכרון. המספר שנקבל ב 2 הרגיסטרים של הטמפרטורה יהיה: (הטמפרטורה היא שלילית כי בביט ה MSB יש 1). נחתוך את ביט ה MSB ונקבל:

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1

נהפוך את המספר השלילי בשיטת המשלים ל 2 ונקבל:

$$\begin{array}{r}
 00000000 \quad 0001100 \\
 + \quad \quad \quad \quad \quad \quad 1 \\
 \hline
 00000000 \quad 0001101 = 1+4+8+16 = 25
 \end{array}$$

היות וביט הסימן היה 1 התוצאה היא שלילית ולכן נקבל -25°C .

רזולוציות גבוהות יותר עשויות להתקבל כך: ראשית, נקרא את הטמפרטורה ונחתוך את סיבית 0.5°C (ה-LSB) מערך הקריאה. ערך זה הוא TEMP_READ. עכשיו נקרא את הערך שנותר במונה. ערך זה הוא (COUNT_REMAIN) לאחר תום תקופת השער. הערך האחרון הדרוש הוא מספר הספירות לכל מעלה צלסיוס (COUNT_PER_C). הטמפרטורה המעשית תחושב על ידי המשתמש באמצעות הדברים הבאים:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP_READ} - 0.25 + \frac{(\text{COUNT_PER_C} - \text{COUNT_REMAIN})}{\text{COUNT_PER_C}}$$

איור 4: נוסחה לחישוב הטמפרטורה

בטבלה הבאה מוצגות דוגמאות לקריאת טמפרטורה:

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	00000000 11111010	00FA
+25°C	00000000 00110010	0032h
+1/2°C	00000000 00000001	0001h
+0°C	00000000 00000000	0000h
-1/2°C	11111111 11111111	FFFFh
-25°C	11111111 11001110	FFCEh
-55°C	11111111 10010010	FF92h

טבלה 2: דוגמאות לקריאת הטמפרטורה.

ניקח לדוגמה את השורה הראשונה של ה-125 מעלות צלסיוס. היות וביט ה-MSB יש 0 הטמפרטורה היא חיובית. נחתוך את ביט ה-LSB של המספר ונקבל:

$$00000000 \quad 1111101 = 1+4+8+16+32+64 = 125$$

דוגמה נוספת של השורה האחרונה: היות וביט ה-MSB שלילי המספר מיוצג בשיטת המשלים ל-2.

$$11111111 \quad 10010010$$

נחתוך את ביט ה-LSB ונקבל:

$$11111111 \quad 1001001$$

פולס האיפוס – RESET - מתואר על ידי קו שחור חזק. המסטר – המיקרו בקר – מוריד את קו הנתון מ V_{CC} ל 0 למשך זמן מינימאלי של 480 מיקרו שניות ומקסימום 960 מיקרו שניות. לאחר מכן המסטר מסלק את ה 0 מהקו והקו עולה ל 1 בגלל נגד ה Pull Up שנמצא על הקו.

לאחר מכן הרכיב מחכה בין 15 ל 60 מיקרו שניות ואז שם 0 לזמן של 60 עד 240 מיקרו שניות ולאחר מכן הוא מסלק את ה 0 מהקו והקו חוזר ל 1 בגלל נגד ה Pull Up שנמצא על הקו.

המסטר חייב לחכות מינימום של 480 מיקרו שניות מרגע שהוא סילק את ה 0 מהקו ועד שליחת פקודות זיכרון או בקרה לרכיב. הטבלה הבאה מתארת את סט פקודות הזיכרון והבקרה של הרכיב :

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 and 3 (TH and TL temperature triggers).	4Eh	<write data into 2 bytes at addr. 2 and addr. 3>	
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 and 3 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E ²	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS1820 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

NOTES:

- Temperature conversion takes up to 500 ms. After receiving the Convert T protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 500 ms to provide power during the conversion process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Convert T command has been issued.
- After receiving the Copy Scratchpad protocol, if the part does not receive power from the V_{DD} pin, the I/O line for the DS1820 must be held high for at least 10 ms to provide power during the copy process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Copy Scratchpad command has been issued.

טבלה 3 : סט הפקודות של הרכיב

הפקודות הן :

- Convert T[44h]** – פקודה זו מתחילה המרת טמפרטורה. זמן ההמרה נמשך עד 500 מילי שניות (חצי שנייה). אחרי קליטת הפקודה, אם הרכיב איננו מקבל מתח ספק V_{DD} – הקו חייב להיות מוחזק בגבוה לפחות 500 מילי שניות כדי לספק מתח בזמן תהליך ההמרה. מכאן שאסור לאפשר כל פעילות על הקו בזמן הזה.
- Read Scratched Pad[BEh]** – בפקודה זו ניתן לקרוא נתון מזיכרון ה scratchpad של הרכיב. ניתן לקרוא עד 9 בתים (כולל ה CRC).
- Write scratched Pad[4Eh]** – בפקודה זו ניתן לכתוב נתונים בזיכרון ל 2 הבתים בכתובת 2 ו 3 של הזיכרון. 2 הבתים האלו הם של הפעלת/התנעת האזעקות (מעל טמפרטורה ומתחת לטמפרטורה רצויים - TH ו TL).

4. **Copy Scratchpad[48h]** – פקודה זו מעתיקה נתונים מה scratchpad בכתובות 2 ו 3 (TH ו TL) לזיכרון ה E²RAM. אחרי קבלת הפקודה – אם הרכיב לא מקבל V_{DD} - יש להחזיק את הקו במצב גבוה לפחות 10 מילי שניות כדי לתת לרכיב "כוח" בזמן תהליך ההעתקה. מכאן שאסור לאפשר כל פעילות על הקו בזמן הזה.
5. **Recall E₂[B8h]** – העברה של הנתונים מזיכרון E²RAM לזיכרון ה scratchpad .
6. **Read Power Supply[B4h]** - פקודה זו מספרת על אופן אספקת החשמל של ה DS18B20 (האם מחובר V_{DD} או לא).

3.7 איתות על אזעקה

לאחר שה- DS1820 ביצע המרת טמפרטורה, ערך הטמפרטורה משווה לערכים המאוחסנים ב- TH וב- TL. היות ורגיסטרים אלה הם של 8 סיביות בלבד, מתעלמים מהסיבית של 0.5°C לצורך השוואה. הסיבית המשמעותית ביותר של TH או TL מתאימה לסיבית הסימן של אוגר הטמפרטורה של 16 הסיביות. אם התוצאה של מדידת טמפרטורה גבוהה מ- TH או נמוכה יותר מ- TL, שמים 1 בדגל אזעקה בתוך המכשיר. דגל זה מתעדכן בכל מדידת טמפרטורה. כל עוד דגל האזעקה מוגדר, ה-DS1820 יגיב לפקודת חיפוש האזעקה - Alarm search Command. הדבר הזה מאפשר למספר רב של רכיבי DS1820 להיות מחוברים במקביל ולבצע בו זמנית מדידות טמפרטורה. אם ברכיב כלשהו הטמפרטורה חורגת מהגבולות, ניתן לזהות ולקרוא מיד את המכשירים המזעיק מבלי שיהיה צורך לקרוא מכשירים שאינם מזעיקים.

3.8 לייזר ROM של 64 ביטים

כל DS1820 מכיל קוד ROM ייחודי באורך 64 סיביות. שמונה הסיביות הראשונות הן קוד משפחת 1-Wire (קוד DS1820 הוא 10 הקסה דצימאלי). 48 הסיביות הבאות הן מספר סידורי ייחודי לכל רכיב DS18B20. שמונה הסיביות האחרונות הן CRC של 56 הסיביות הראשונות. 64 סיביות ה ROM ו- מקטע בקרת פונקציות ROM מאפשר ל- DS1820 לפעול כהתקן 1-Wire ולעקוב אחר פרוטוקול 1-Wire. הפונקציות הנדרשות כדי לשלוט ב DS1820 הן לא נגישות עד שפרוטוקול פונקציית ה ROM התבצע. מאסטר פס 1-Wire חייב לספק תחילה אחת מחמש פקודות הפונקציות:

1. Read ROM (2 Match ROM 3 Search ROM 4 Skip ROM 5 Alarm Search .

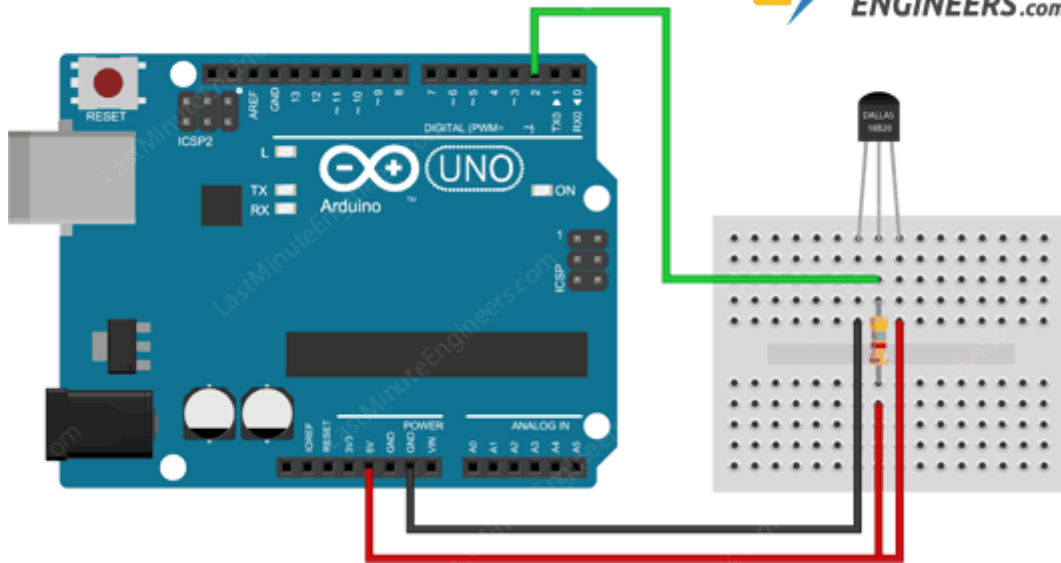
לאחר שרצף פונקציות ה ROM בוצע בהצלחה הפונקציות הספציפיות ל- DS1820 הן נגישות ומסטר הפס יכול לבצע את אחת מששת פונקציות הפקודה של הזיכרון והבקרה.

4. חיבור חיישן טמפרטורה DS18B20 אל ארדואינו

4.א הומרה

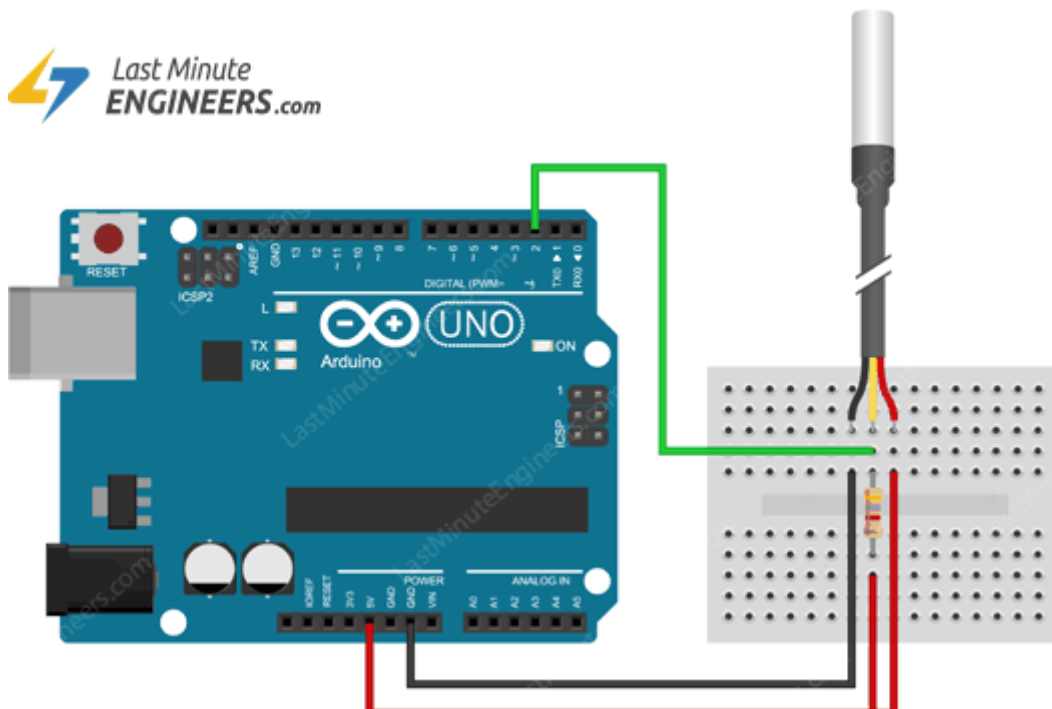
נחבר את קו VDD של החיישן להדק 5V בארדואינו ואת קו GND של החיישן לקו GND בארדואינו. לאחר מכן נחבר את הדק האות הדיגיטלי הנותר DQ להדק דיגיטלי 2 ב- ארדואינו. נוסיף את נגד המשיכה של 4.7k בין האות להדק ה 5v כדי לשמור על יציבות העברת הנתונים. (משיכות למעלה עם PULL UP של הארדואינו לא עובדות). אם משתמשים בגרסה העמידה למים של ה-DS18B20, נחבר את החוט האדום ל 5V, השחור מתחבר ל GND והחוט הצהוב הוא נתונים שהולכים להדק דיגיטלי 2 בארדואינו. צריך לחבר נגד משיכה של 4.7K בין קו הנתונים ל 5V.

האיור הבא מתאר את החיבורים:



איור 6 : חיבור חיישן הטמפרטורה אל הארדואינו.

האיור הבא מתאר את החיבור בין הארדואינו עם גרסה פלדת האל חלד של החיישן.



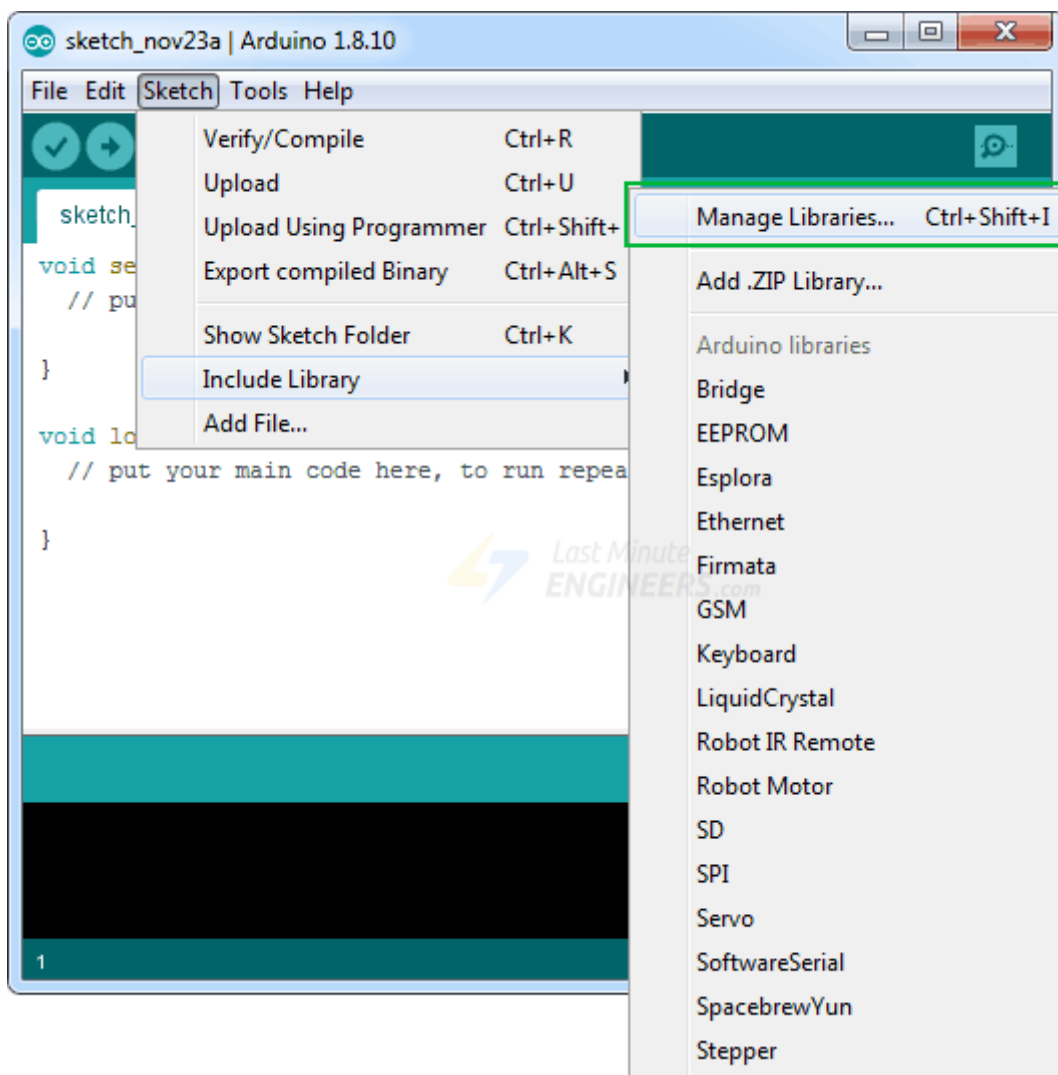
איור 7 : חיבור חיישן טמפרטורה בגרסת פלדת האל חלד העמידה למים אל הארדואינו

4.2 תוכנה

4.2.1 התקנת הספרייה DS18B20

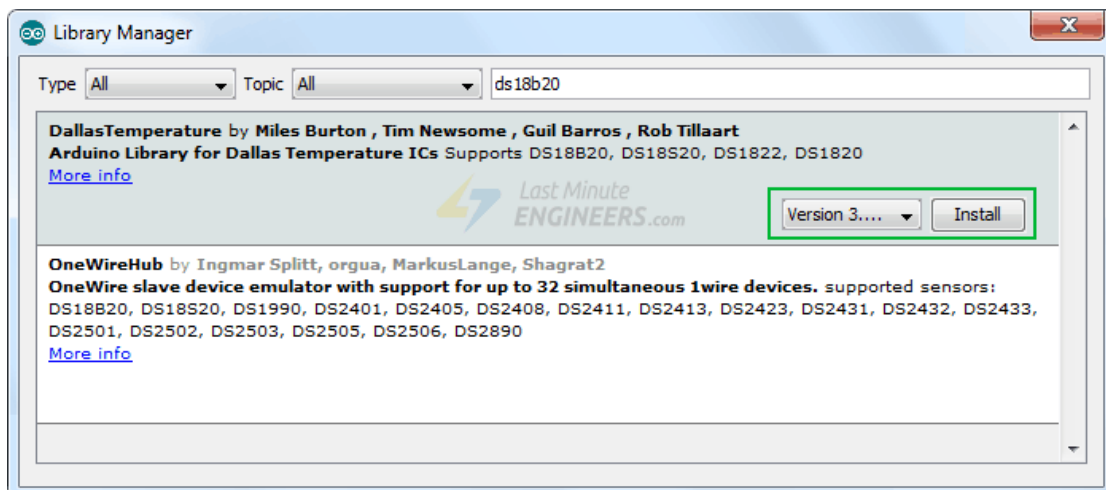
פרוטוקול 1-Wire של חברת דאלאס הוא מורכב במקצת ודורש מספר פונקציות של קוד כדי לבצע את התקשורת. כדי להסתיר את המורכבות המיותרת הזו נתקין את ספריית DallasTemperature.h כדי שנוכל להוציא פקודות פשוטות כדי לקבל קריאות ממפרטורה מהחיישן.

כדי להתקין את הספרייה נווט אל **Sketch > Include Library > Manage Libraries** ... המתן עד שמנהל הספרייה יוריד את אינדקס הספריות ויעדכן את רשימת הספריות המותקנות.



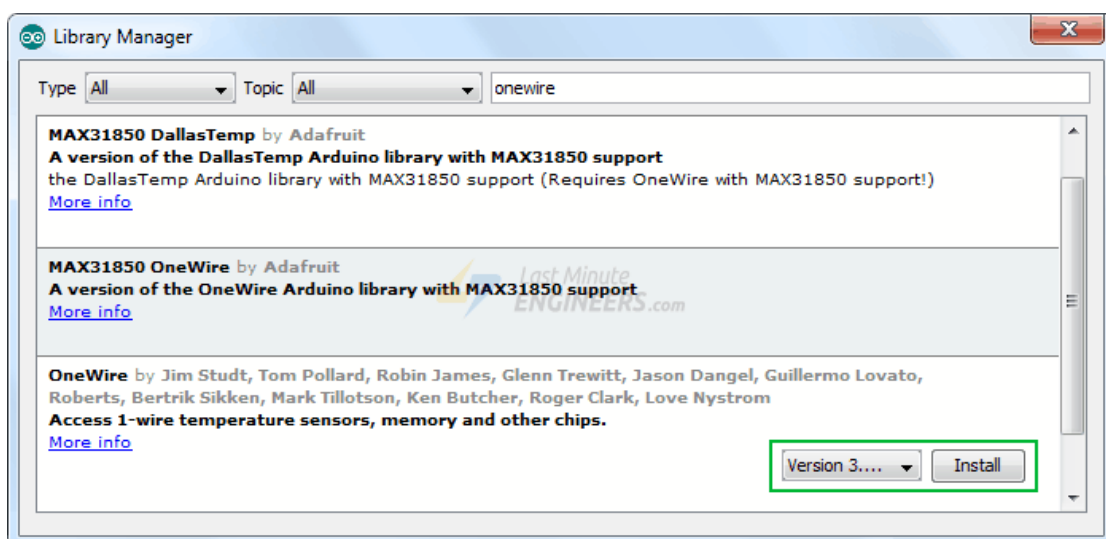
איור 8 : התקנת הספרייה DallasTemperature.h

נסנן את החיפוש על ידי הקלדת 'ds18b20'. נקבל כמה ערכים . נחפש DallasTemperature by Miles Burton כפי שנראה באיור הבא . נלחץ על ערך זה ולאחר מכן נבחר install (התקן) .



איור 9 : הוספת הספרייה DallasTemperature

ספריית זו של דאלאס היא ספרייה ספציפית לחומרה המטפלת בפונקציות ברמה נמוכה יותר. היא צריכה להיות משויכת לספרייה OneWire כדי לתקשר עם כל מכשיר בתקשורת "חוט אחד" ולא רק DS18B20. יש להתקין גם ספרייה זו הנראית בחלק התחתון באיור הבא.



איור 10 : התקנת ספריית OneWire

2.ב.4 תוכנית לארדואינו

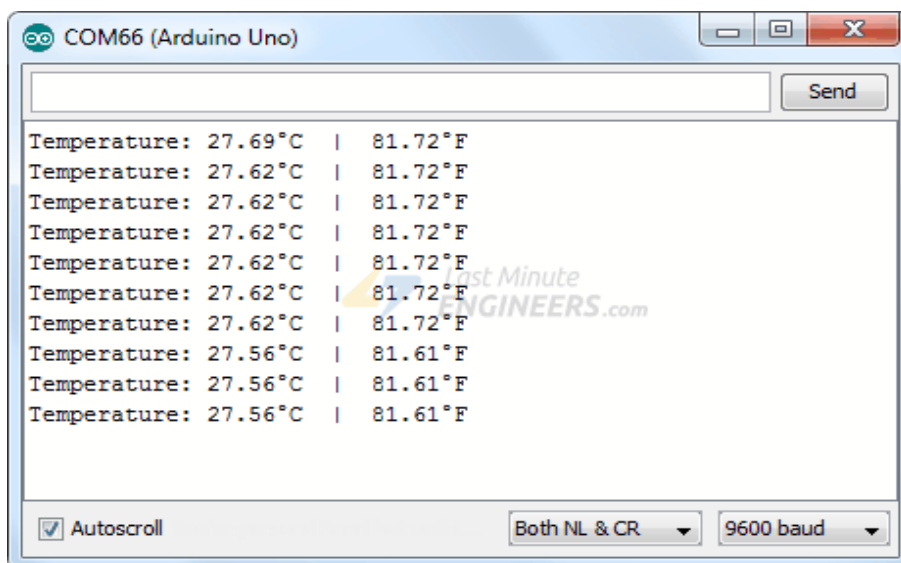
```
#include <OneWire.h> // הכללת קובץ הכותר עבור ספריית OneWire
#include <DallasTemperature.h> // הכללת קובץ הכותר עבור החיישן
```

```
// הדק הנתון של חיישן הטמפרטורה מחובר להדק 2 של הארדואינו
```

```
#define ONE_WIRE_BUS 2
```

```
// יצירת אובייקט של oneWire ששמו OneWire והעברת ההדק אליו הוא מתחבר כדי להתקשר עם כל רכיב OneWire
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
// העברת הכתובת מ oneWire אל ספריית DallasTemperature
DallasTemperature sensors(&oneWire);
void setup(void)
{
  sensors.begin();           // אתחול ספריית החיישנים שבה נמצא גם חיישן הטמפרטורה
  Serial.begin(9600);       // אתחול התקשורת עם המסך הטורי
}
void loop(void)
{
  // שליחת פקודה לקבלת הטמפרטורה
  sensors.requestTemperatures();
  // הדפסת הטמפרטורה בצלסיוס למסך הטורי
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  Serial.print((char)176); // מראה את התו מעלות
  Serial.print("C | ");
  // הדפסת הטמפרטורה במעלות פרנהייט
  Serial.print((sensors.getTempCByIndex(0) * 9.0) / 5.0 + 32.0);
  Serial.print((char)176); // מראה את התו מעלות
  Serial.println("F");
  delay(500);
}
```

ההדפסות שנקבל במסך הטורי נראות באיור הבא:



איור 11 : ההדפסות של התוכנית

4.2.ב.א הסבר הקוד

התוכנית מתחילה בכך שהיא כוללת את הספריות OneWire.h ו-DallasTemperature.h ומצהירה על הדק הארדואינו שאליו מחוברת הדק האות של החיישן.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2
```

לאחר מכן יוצרים אובייקט של one wire על ידי העברה של מספר ההדק של קו אות החיישן לבנאי שלו. אובייקט חוט אחד זה One Wire מאפשר לנו לתקשר עם כל מכשיר חוט אחד ולא רק עם DS18B20. על מנת לתקשר עם חיישן DS18B20, עלינו ליצור אובייקט של ספריית DallasTemperature ולהעביר ייחוס - reference – כתובת - של אובייקט One Wire כפרמטר.

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

ברגע שנוצר אובייקט DallasTemperature, ניתן לשלוח פקודות פשוטות כדי לקיים אינטראקציה עם החיישן.

1. `begin()` היא פונקציה המחפשת חיישנים המחוברים על פס one wire וקובעת רזולוצייה של 12 סיביות עבור כל אחד מהם.
2. הפונקציה `requestTemperature()` שולחת פקודה עבור כל החיישנים בפס one wire לבצע המרת טמפרטורה.
3. הפונקציה `getTempCByIndex(deviceIndex)` קוראת ומחזירה קריאת טמפרטורה מהחיישן. `deviceIndex` הוא המיקום של החיישן בפס. אם משתמשים רק ב- DS18B20 אחד בפס one wire יש להגדיר אותו ל- 0.

5. פונקציות שימושיות נוספות בספריית DallasTemperature

יש כמה פונקציות שימושיות שאפשר להשתמש בהן עם אובייקט DallasTemperature. חלק מהן מפורטים להלן:

- הפונקציה `setResolution()` קובעת רזולוצייה של ממיר ה ADC הפנימי של DS18B20 ל 9 או 10 או 11 או 12 סיביות המתאימים ל 0.5°C , 0.25°C , 0.125°C ו 0.0625°C בהתאמה.
- הפונקציה `bool getWaitForConversion()` מחזירה את הערך של דגל `waitForConversion`. זה שימושי כאשר רוצים לבדוק האם הסתיימה המרת הטמפרטורה בחיישן.
- הפונקציה `setHighAlarmTemp()` והפונקציה `setAlarmTemp()` מגדירות את האזעקות הפנימיות בטמפרטורה גבוהה ונמוכה במעלות צלסיוס עבור מכשיר מסוים. הטווח החוקי הוא מ -55 ועד 125 מעלות צלסיוס.
- הפונקציה `bool has Alarm()` מחזירה True אם למכשיר יש מצב אזעקה כאשר הטמפרטורה עוברת את הגדרת הטמפרטורה הגבוהה והנמוכה שקבענו.