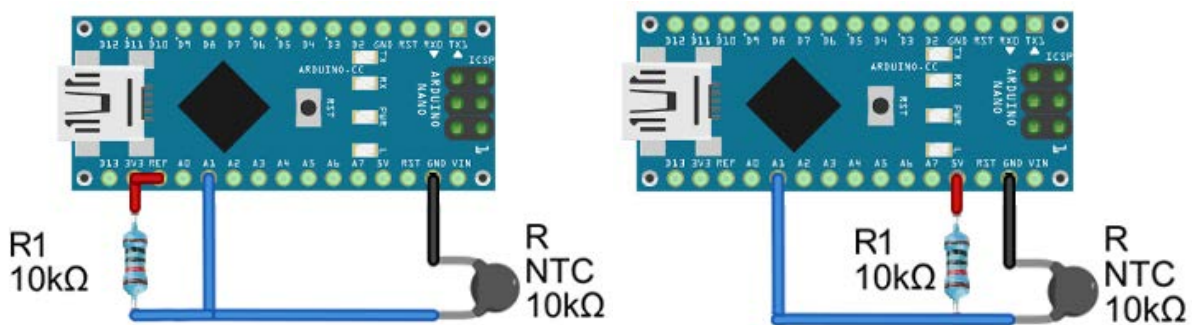


## Temperature Sensor

การทดลองการวัดอุณหภูมิ จะใช้เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิเป็นตัวเทอร์มิสเตอร์ ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานที่มีค่าของความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ การทดลองจะต้องวัดค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์นั้นและเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ได้ไปเป็นระดับแรงดันไฟฟ้า โดยต่อค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ผ่านเข้าทางขาอะนาล็อกของ Arduino และใช้การคำนวณค่าอุณหภูมิโดยสมการ Steinhart-Hart ซึ่งอธิบายค่า thermistor resistance – temperature curve โดยวงจรที่จะใช้ทดลองเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแสดงได้ตามรูป



การวัดแรงดันไฟฟ้า เราจะต้องเชื่อมต่อตัวเทอร์มิสเตอร์เข้ากับตัวต้านทาน  $R1$  ขนาด  $10K\Omega$  1% และถูกต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้า  $V_{cc}$  ของวงจร เพื่อทำวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า ตัวความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์  $R$  จะใช้ NTC Thermistor เบอร์ MF52-3435 มีความต้านทาน  $10K\Omega$  ที่  $25^{\circ}C$  และมีความคลาดเคลื่อน 1% รายละเอียดต่างๆเพิ่มเติมให้เปิดดูได้จากเอกสาร Thermistor MF52\_3435 DataSheet

กำหนดให้แรงดันขาเอาต์พุตเป็น  $V_o$ , แหล่งจ่ายไฟเป็น  $V_{cc}$ , ความต้านทานของตัวแปรเทอร์มิสเตอร์เป็น  $R$  และตัวความต้านทานคงที่เป็น  $R1$  จะได้แรงดันขาเอาต์พุตคือ

$$V_o = V_{cc} \frac{R}{R + R1}$$

แรงดันขาเอาต์พุตเชื่อมต่อเข้ากับขาแบบอนาล็อก A1 ของ Arduino Micro เป็นวงจร ADC ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) ขนาด 10 บิต ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าถูกแปลงเป็นตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 1023 ค่า ADC ที่วัดจาก Arduino Micro จะได้แรงดันขาเอาต์พุตดังนี้

$$V_o = V_{cc} \frac{A1}{1023}$$

โดยการแทนค่า  $V_o$  ทั้งสองสมการเข้าด้วยกันเป็น

$$V_{cc} \frac{R}{R + R1} = V_{cc} \frac{A1}{1023}$$

จะได้

$$\frac{R}{R + R1} = \frac{A1}{1023}$$

การวัดอุณหภูมิได้ตัวแปรความต้านทานเทอร์มิสเตอร์  $R$  คือ

$$R = R1 \frac{A1}{1023 - A1}$$

... (1)

เพื่อให้การวัดความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์มีเสถียรภาพมากขึ้น ป้องกันไม่ให้ค่าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปตามแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่มาจาก USB ของคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานกับบอร์ดและวงจรต่างๆ ดังนั้นอาจจะมีสัญญาณรบกวนได้ จึงอาจจะใช้การเชื่อมต่อ Vcc กับขา Arduino 3V แทนขา 5V เพราะมันจะผ่านมาจากวงจรควบคุมแรงดันอีกครั้งและความถูกต้องของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า

การทำงานจะต้องใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟทุกชิ้นที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เพราะจะมีความสัมพันธ์กับค่าที่อ่านออกมาเกิดความผิดพลาด ดังนั้นจึงให้เลือกใช้เทอร์มิสเตอร์ 10 K $\Omega$  ที่มีความคลาดเคลื่อน 1% ซึ่งจะมีผลให้ค่าความต้านทานเกิดความผิดพลาดได้สูงสุด 100 โอห์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสความแตกต่างของค่าความต้านทาน 450 โอห์มจะได้อุณหภูมิต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นค่าความต้านทานที่มีความผิดพลาด 1% จะให้ความผิดพลาดของอุณหภูมิประมาณ 0.2 องศาเซลเซียส การแปลงค่าความต้านทานไปเป็นการวัดอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างซับซ้อนระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วสามารถใช้ตารางการค้นหาค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ตาม datasheet ของอุปกรณ์ได้ แต่ในที่นี้จะใช้ สมการ Steinhart-Hart (สมการพารามิเตอร์ B) ซึ่งเป็นการคำนวณค่าของความต้านทานเทอร์มิสเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ จะได้

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} * \ln \frac{R}{R_0} \quad \dots (2)$$

โดยที่ R เป็นความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิ T ในขณะนั้น

R<sub>0</sub> คือความต้านทานที่ T<sub>0</sub> = 25 °C

B เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับเทอร์มิสเตอร์ ค่า B มักอยู่ระหว่าง 3000-4,000

สมการขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ (R<sub>0</sub>, T<sub>0</sub> และ B) ซึ่งหาได้จาก datasheet ของ thermistor ที่ใช้

28. การทดลองจะใช้ตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิด้วย Thermistor ขนาด 10K ohm เบอร์ NTC-MF52-103/3435 คลาดเคลื่อน 1% ต่อระหว่างขา A1 กับกราวด์ และใช้ตัวความต้านทาน R1 ขนาด 10K ohm 1% ต่อระหว่างขา A1 กับไฟบวก 5V เพื่อทำเครื่องวัดอุณหภูมิระบบดิจิทัล

29. ให้ทดลองป้อนโปรแกรมโดยกำหนดค่าต่างของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งได้จาก datasheet ของ thermistor และอ่านค่าที่ได้จาก ADC ขา A1 แสดงผลออกไปทาง Serial Monitor ดังนี้

```
#define THERMISTOR A1           // thermistor pin
#define R0 10000                //  $\Omega$  resistance at 25 Celsius
#define B 3435                  // B: 3435 K the beta coefficient of the thermistor
#define R1 10000                // 10K $\Omega$  the value of the series resistor

float T0 = 25;                  // °C reference temp.

void setup()
{
  T0 = T0 + 273.15;              // conversion from Celsius to kelvin
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int samples;

  samples = analogRead(THERMISTOR); // read the input on analog pin 0
  Serial.print("Analog reading : "); // print out the value
  Serial.println(samples);
```

```

    delay(1000);
}                                     // Wait for next sample

```

30. ให้ทำการเพิ่มโปรแกรมการคำนวณเปลี่ยนค่าที่อ่านได้จากขา A1 ตัวแปร sample ไปเป็นค่าความต้านทานของตัว Thermistor โดยใช้สมการที่ 1 และกำหนดให้ตัวแปรความต้านทานเทอร์มิสเตอร์ R เป็นชนิด float แล้วให้พิมพ์ผลที่ได้ ออก Serial.print(R);
31. ให้เพิ่มโปรแกรมการคำนวณค่าของความต้านทานเทอร์มิสเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยใช้สมการที่ 2 ซึ่งจะได้ค่าอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ออกมาเป็นตัวแปร T โดยค่าอุณหภูมิที่ได้นี้จะเป็น kelvin ให้แปลงค่าเป็น Celsius และพิมพ์ผลที่ได้ ออกไปทาง Serial Monitor
32. จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าที่อ่านออกมาอาจจะกระโดดไปมาไม่นิ่ง ให้แก้ไขโปรแกรมเพิ่มการคำนวณหาค่าเฉลี่ยการวัดอุณหภูมิแสดงผลออกมาทุกครั้งวินาที