ใบงานที่ 6

วิชา เครื่องวัดอุตสาหกรรมและควบคุมเบื้องต้น **รหัสวิชา** 20104-2115
ชื่อหน่วย เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน Thermocoupleใช้ควบคุมอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง **(ด้านความรู้)**

1.2 สามารถเขียนโปรแกรมรับค่าจาก DHTได้อย่างถูกต้อง**(ด้านทักษะ)**

1.3 ใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างถูกต้องและดูแลรักษาเครื่องมือยืดอายุการใช้งาน (**ด้านคุณธรรมจริยธรรม)**

2. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

2.1 ใช้ความรู้นำไปประยุคใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้องและคุ้มค่า(ด้านความรู้)

2.2 ปฏิบัติงานได้ถูกต้องและสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุผล (ด้านทักษะ)

2.3 เตรียมความพร้อมด้านวัสดุอุปกรณ์สอดคล้องกับงานและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างคุ้มค่าประหยัด

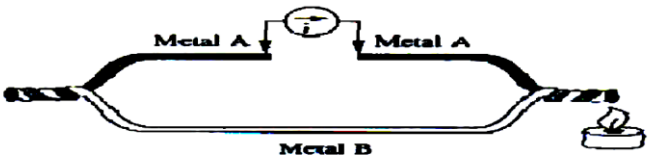
เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. บอร์ด Arduino Uno R3 พร้อมสาย Upload
2. LED จำนวน 2 ดวง
3. ความต้านทาน 10 KΩ 1 ตัว
4. สายไฟ จัมเปอร์
5. คอมพิวเตอร์ PC หรือ Note Book 1 เครื่อง
6. DHT sensor

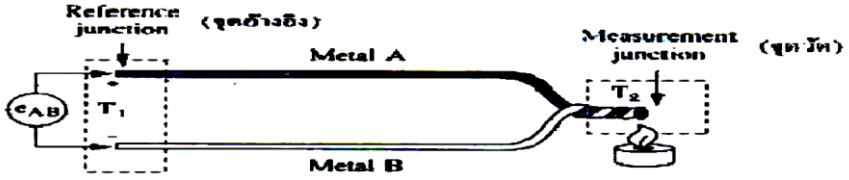
รายการสอน

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง “หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกัน” ก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปด้านล่างเป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว ดังนั้นสิ่งที่ Thermocouple วัดได้จึงเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ 2 จุด



(ก) กระแสในวงจรปิด



(ข) แรงเคลื่อนที่ตกคร่อมวงจรปิด

รูปแสดงผลของเพลซีแบ็ค

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าโลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง1.ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิดสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั่นคือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

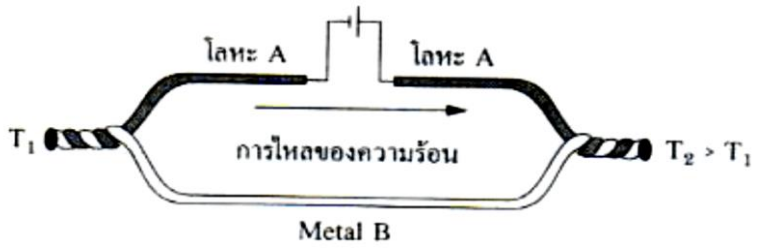
2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่าemf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค; volts/K

T1, T2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ; K

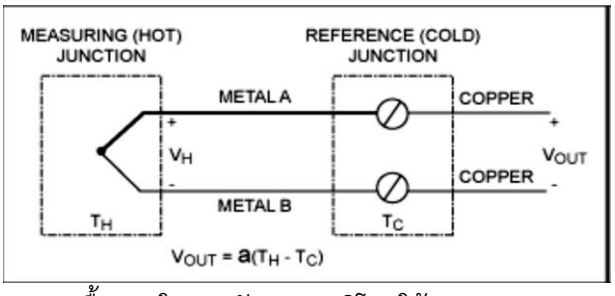
2.ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูป แสดงผลของเพลเทียร์

จุดอ้างอิงในการวัด (Reference Junction)

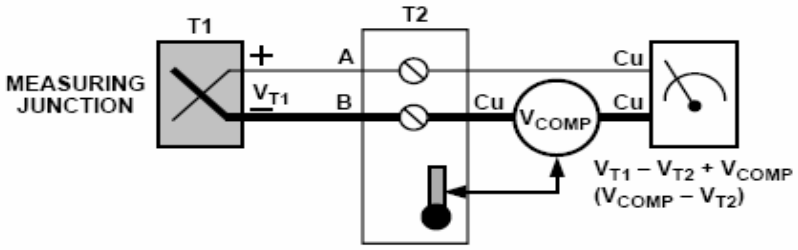
ในวงจรทั่วไปซึ่งใช้ Thermocouple เพื่อทำการวัดอุณหภูมินั้น สายทองแดงจะถูกนำมาต่อเข้าที่reference junction เพื่อทำการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ตรงจุดนี้จะเกิดจุดเชื่อมต่อระหว่างโลหะเพิ่มขึ้นอีก 2 จุด ซึ่งจะส่งผลให้รงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไปแต่ถ้าอุณหภูมิ ณ. จุดที่เชื่อมต่อกับสายทองแดงทั้ง 2 จุดนั้นมีอุณหภูมิที่เท่ากันแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 2 จุดนี้ก็จะหักล้างกันไป และไม่ส่งผลกระทบต่อการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Vout) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิทั้งสองจุดนี้ให้มีค่าเท่ากัน และมักเรียกว่าจุดต่อนี้ Isothermal Block



รูปวงจรพื้นฐานในการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple

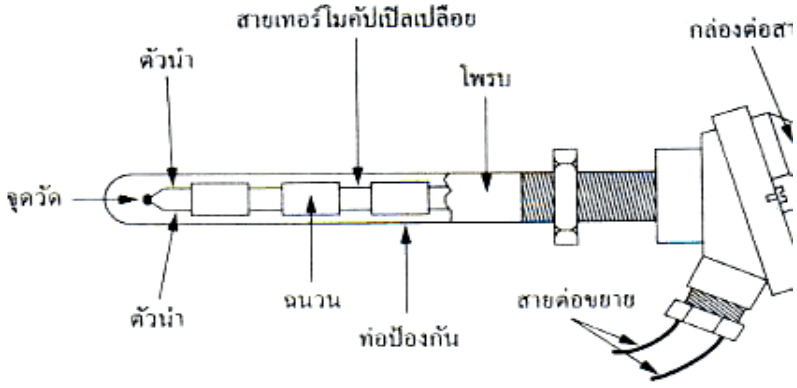
ในสมัยก่อนนิยมใช้ Ice bath ในการรักษาอุณหภูมิของจุด reference point ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาที่ 0 องศาเซลเซียส

และกำหนดเป็นตารางมาตรฐาน (standard table) ระหว่างอุณหภูมิที่ทำการวัดและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็นำไปเปรียบเทียบกับตาราง มาตรฐานก็จะทราบว่าอุณหภูมิ ณ. จุดวัดนั้นมีค่าเท่าไหร่แต่การใช้งานจริงนั้น ice bath มีข้อยุ่งยากหลายประการ ในภายหลังจึงได้ทำการออกแบบวงจรสำหรับอุณหภูมิที่ reference junction แล้วนำไปสร้างแรงดันเพื่อ compensate กับผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่ reference junction



รูปวงจรชดเชยผลของอุณหภูมิที่ reference junction

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)
1.ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



รูปแสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล
2.โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณดังรูปที่8 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ: มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากแสตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอร์โมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (peltier element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดได้จากการใช้งานแต่ละอย่าง และมีขนาดจาก #10 ในสภาวะแวดล้อ มที่ไม่คงที่ จนถึงขนาด # 30 หรือแม้กระทั่ง 0.02 mm ซึ่งเป็นสายแบบไมโครไวร์(micro wire) ที่ใช้กับการวัดอุณหภูมิการกลั่นในงานทางชีววิทยา
3.ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละตัวจะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิจะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

Type of Wire (USA and Canada colors)	Temperature Range	Limits of Error (Select whichever is greater)	
		Standard Grade	Premium Grade
Type T Copper-Constantan (Blue or brown sheath; blue+, red-)	-200 to 0°C 0 to 350°C	±1°C or ±1.5% ±1°C or ±0.75%	- - - ±0.5°C or ±0.4%
	-300 to 32°F 32 to 700°F	±1.5°F or ±2% ±1.5°F or ±0.75%	±0.75°F or ±1% ±0.75°F or ±0.38%
Type J Iron-Constantan (Black or brown sheath; white+, red-)	0 to 750°C 32 to 1400°F	±2.2°C or ±0.5% ±4°F or ±0.5%	±1.1°C or ±0.4% ±2°F or ±0.38%
Type E Chromel-Constantan (Purple or brown sheath; purple+, red-)	0 to 900°C 32 to 1600°F	±1.7°C or ±0.5% ±3°F or ±0.5%	±1°C or ±0.4% ±2°F or ±0.38%
Type K **Chromel-Alumel** (Yellow sheath; yellow+, red-)	0 to 1250°C 32 to 2300°F	±2.2°C or ±0.75% ±4°F or ±0.75%	±1.1°C or ±0.4% ±2°F or ±0.38%
Type R or S Platinum-Rhodium/Platinum (Green sheath; black+, red-)	0 to 1450°C 32 to 2700°F	±1.5°C or ±0.25% ±3°F or ±0.25%	- - - - - -
Type B Platinum 30% Rhodium/ Platinum 6% Rhodium (Grey sheath; grey+, red-)	800 to 1700°C 1600 to 3100°F	±0.5% ±0.5%	- - - - - -

ตารางที่ 1 แสดงย่านการใช้งานของเทอร์โมคับเปิลแบบต่างๆ

4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

5. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆการใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type) ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTMโดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1.เทอร์โมคัปเปิล แบบ S เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมี

2.เทอร์โมคัปเปิล แบบ R เป็นแบบที่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

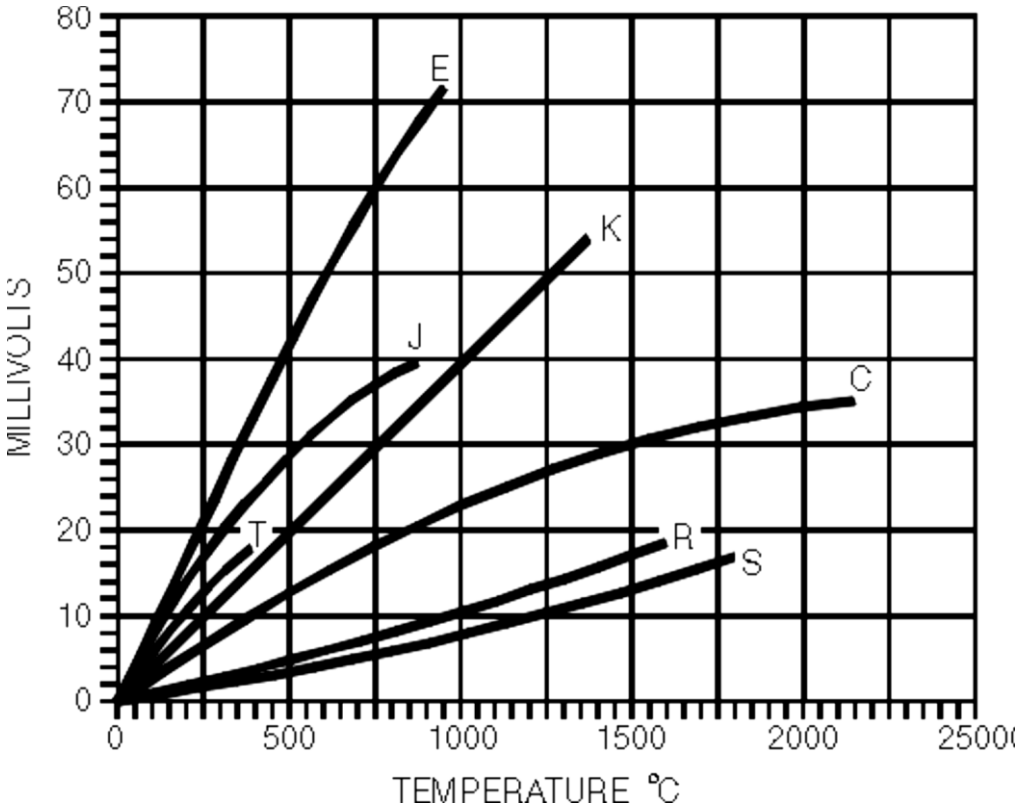
3.เทอร์โมคัปเปิล แบบ B เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย

4.เทอร์โมคัปเปิล แบบ J ใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิล

5.เทอร์โมคัปเปิล แบบ K เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด

6.เทอร์โมคัปเปิล แบบ T เหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ

7.เทอร์โมคัปเปิล แบบ E ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสภาวะเดียวกัน



รูปแสดงกราฟระหว่างแรงดันและอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลชนิดต่างๆ

<u>ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน</u>

(Resistance Temperature Detectors; RTD)

อาร์ทีดี คือ ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า “ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก “ (Positive Temperature Coefficient ; PTC) นอกจากนี้อาร์ทีดียังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า “ เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน “ (Resistance Temperatures)

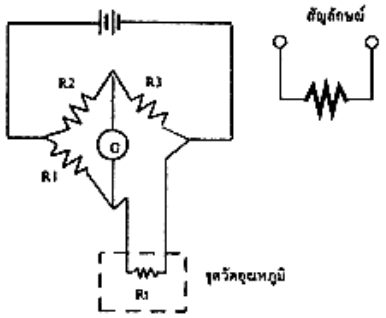
RTD ทำจากลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งที่ 0 °C จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งตามที่กำหนด ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน และ

ต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด RTD จะถูกบรรจุอยู่ใน Metal Sheath ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์ หรืออะลูมิเนียมออกไซด์

<u>ชนิดของ RTD</u>

RTD 2 สาย

วงจรใช้งานพื้นฐานของ RTD คือ Wheathstone Bridge โดย Rt คือ RTD ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ มีค่าความต้านทานอีก 3 ค่าในวงจร คือ R1, R2, และ R3 ซึ่งต้องอยู่ที่อุณหภูมิห้อง และเป็นความต้านทานชนิดที่มีความถูกต้องสูง



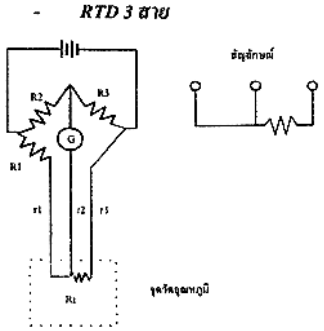
รูปที่ 1 แสดง RTD 2 สาย

จากรูปที่ 1 วงจร Bridge จะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ RTD (R_t) อยู่ที่ 0 ^{0}C แล้วทำให้

$$\frac{R_t}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$$

ซึ่งจะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิที่ R_t สูงขึ้น ค่า R_t จะเพิ่มขึ้นทำให้ วงจร Bridge ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิที่ R_t สูงขึ้น ค่า R_t จะเพิ่มขึ้น ทำให้ วงจร Bridge ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม RTD 2 สาย เหมาะกับงานที่ RTD อยู่ใกล้กับวงจรเท่านั้น ไม่เหมาะกับงานที่ต้องลากสายยาว ๆ เนื่องจากจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากค่าความต้านทานสะสมของสายตัวนำ ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดเพี้ยนไป RTD 2 สายจึงเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง

RTD 3 สาย



รูปที่ 2 แสดง RTD 3 สาย

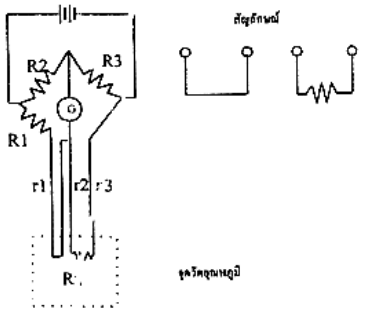
RTD 3 สาย เป็นที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรม โดยสายทั้ง 3 เป็นแบบที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรมโดยสายทั้ง 3 ที่อยู่ระหว่างจุดที่วัดกับวงจร จะต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเพื่อให้ค่าความต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 เปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันด้วยขนาดที่เท่ากัน นั่นคือ

$$\frac{R_t + r_3}{R3} = \frac{R_1 + r_1}{R2}$$

เนื่องจาก r_1 เท่ากับ r_3 เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่วัดจึงขึ้นอยู่กับ R_t เพียงตัวเดียว ทำให้ RTD 3 สายมีความถูกต้องสูงกว่าRTD แบบ 2 สาย

RTD 4 สาย

RTD 4 สายเป็นแบบที่มีความถูกต้องสูงที่สุด เนื่องจากเลื่อนจุดต่อของ Bridge ออกไปอยู่ภายนอกทั้ง 4 จุด สามารถชดเชยความต้านทานของสายตัวนำได้ทั้งหมด โดยสายทั้ง 4 ต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเหมือนกับ RTD 3 สาย



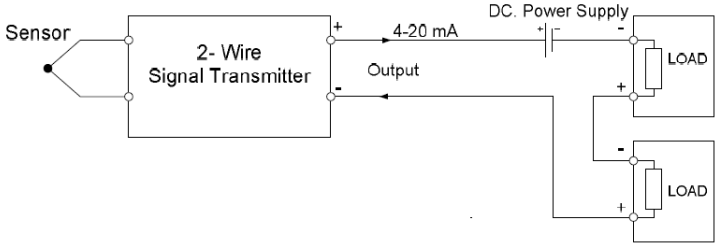
รูปที่ 3 แสดง RTD 4 สาย

ข้อควรจำในการวัดอุณหภูมิโดยใช้อาร์ทีดี คือ

1. ต้องมีการชีลด์สายและเดินสายบิดเกลียวเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน
2. อาร์ทีดีมีความเปราะบาง จึงต้องป้องกันและระวังการใช้งาน
3. เนื่องจากที่อาร์ทีดีไม่สามารถกำเนิดพลังได้เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านและเกิดผลของความร้อนจูล (I^2R)กับตัวมันเอง

<u>2-Wire Signal Transmitter</u>

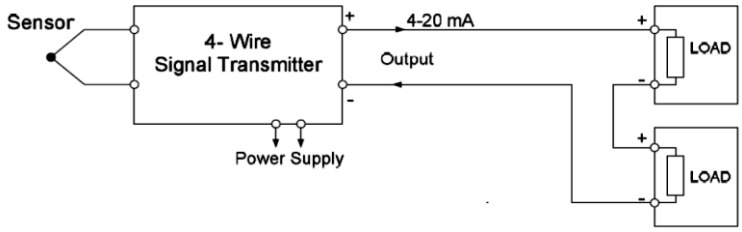
Signal Transmitter แบบนี้ดังรูปด้านล่างใช้สายเพียง 2 เส้น ซึ่งสายเป็น สัญญาณ Output ของ Transmitter และเป็นสายของ Power Supply สำหรับจ่ายเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ภายใน Signal Transmitter Output Signal ของ Transmitter แบบนี้เป็นสัญญาณ 4-20 mA เท่านั้น ข้อดีของ Transmitter แบบนี้คือประหยัดสายในการติดตั้ง



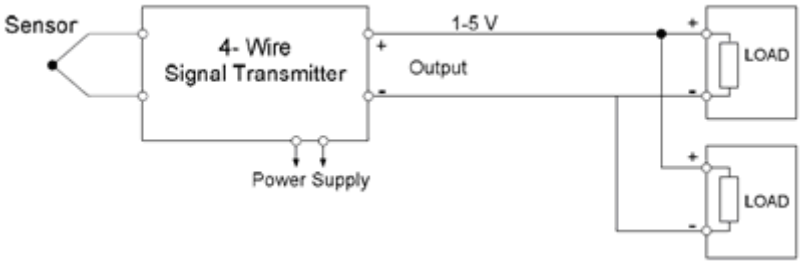
รูปการต่อวงจร 2-Wire Signal Transmitter

4-Wire Signal Transmitter

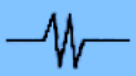
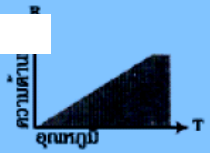
Signal Transmitter แบบนี้ ใช้สายสัญญาณ 2 เส้นและสาย Power Supplyอีก 2 เส้นแยกกัน สัญญาณ Output ของ 4 Wire Signal Transmitter มีทั้งที่เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน และสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน สัญญาณจะแตกต่างกันดังรูปด้านล่าง



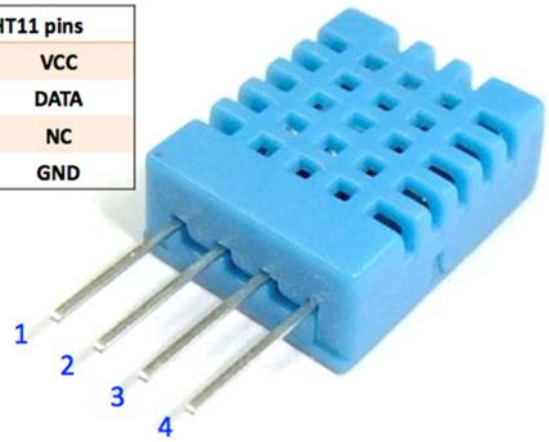
รูปสัญญาณ Output เป็นแบบกระแส



รูปสัญญาณ Output เป็นแบบแรงดัน

หัววัด	เทอร์มอคัปเปิล	อาร์ทีดี (Pt100)
สัญญลักษณ์		
ลักษณะกราฟเอาต์พุต		
ข้อดี	• ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยง • ง่าย • ไม่แพง • ใช้งานได้หลากหลาย • ช่วงการวัดอุณหภูมิกว้าง	• เสถียรภาพสูง • เที่ยงตรงที่สุด • มีความเป็นลิเนียร์มากกว่าเทอร์มอคัปเปิล
ข้อเสีย	• ไม่มีลักษณะเส้นตรง • แรงดันต่ำ • ไม่ค่อยเสถียร • ความไวต่ำสุด	• แพง • ต้องการไฟเลี้ยง • มีความร้อนเกิดขึ้นที่ตัวมันเอง
ช่วงการวัดมากที่สุด	-270 ถึง 1820 °C	-250 ถึง 600 °C
Repeatability	1.1 °C ถึง 8.25 °C	0.0275 °C ถึง 0.055 °C

DHT11 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



1. ย่านวัดความชื่น 20-90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +- 5% RH ความละเอียดในการวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต
2. ย่านวัดอุณหภูมิ 0 -50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +- 2 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต
3. มิ PIN 4 ขารายละเอียดดังรูปด้านบน

4. กระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3 - 5.5 VDC
5. อ่านค่าสัญญาณ (Sample Rate) ทุก 1 วินาที

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เขียนโปรแกรม ตาม ตัวอย่าง ในโปรแกรม Arduino IDE และทำการ compiler ให้เรียบร้อยและ uplode ลงบอร์ดต่อวงจรให้สมบูรณ์ สังเกตผลการทดลองบันทึกผลในใบงาน
2. ให้นักเรียน ดูตัวอย่างโปรแกรมจากโปรแกรมที่ 1 แล้วให้เขียนโปรแกรมโดยใช้ DHT เป็นSensor ในการควบคุม อุปกรณ์ทางเอาท์พุท มา 1 โปรแกรมเมื่อเสร็จสมบูรณ์ ทำการทดลองและบันทึกผล
3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนบันทึกผลคะแนนที่ได้ไว้ในกระดาษ A4 ของงานที่จะส่งด้วย
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเรียนบันทึกผลคะแนนที่ได้ไว้ในกระดาษ A4 ของงานที่จะส่งด้วย

(ถ้านักเรียนไม่มีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทดลองในโปรแกรม Proteus 8 แทนการทดลองจริง)

ตัวอย่าง

```
#include "DHT.h"
DHT dht;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.println("Status\tHumidity (%)\tTemperature (C)\t(F)");
  dht.setup(2); // data pin 2
}
void loop()
{
  delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());
  float humidity = dht.getHumidity();
  float temperature = dht.getTemperature();
  Serial.print(dht.getStatusString());
  Serial.print("\t");
  Serial.print(humidity, 1);
  Serial.print("\t\t");
  Serial.print(temperature, 1);
  Serial.print("\t\t");
  Serial.println(dht.toFahrenheit(temperature), 1);
}
```

รายละเอียดข้อมูลจาก
GitHub - adafruit/DHT-sensor-library: Arduino library for DHT11, DHT22, etc Temperature & Humidity Sensors

การประเมินผล.....

เอกสารอ้างอิง.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....