

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

Contactless Digital Thermometer

ชื่อผู้วิจัย



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์

RCR สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

QC

271

พ 697ค

เลขหมู่.....

105803

เลขทะเบียน.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ

วัน,เดือน,ปี.....

b. 121 60914

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

Contactless Digital Thermometer

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปี 2551 จำนวนเงิน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2550 ถึง 30 กันยายน 2551

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมาย

ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสชนิดมือถือ โดยใช้หลักการแพรวรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ โดยเฉพาะวัตถุที่ไม่สามารถสัมผัสหรือ เข้าใกล้ได้ เพียงส่องไปที่วัตถุก็สามารถอ่านค่าบนจอ LCD ได้ทันทีที่เครื่องมือวัดจะรับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยรังสีอินฟราเรดที่แผ่จากวัตถุนี้จะผ่านส่วนรวมแสงไปที่ตัวตรวจจับซึ่งในที่นี้จะใช้ thermopile infrared sensors และผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อขยายสัญญาณไฟฟ้าและแปลงเป็นสัญญาณทางดิจิทัล จากนั้นนำไปคำนวณค่าเป็นค่าอุณหภูมิโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วแสดงที่จอแสดงผล LCD

Abstract

This project presents a study and implementation of handheld contactless digital thermometer based on pyro-electrical technique. This equipment can be measured the temperature by line of sight between a target and a sensor especially the untouchable or unreachable. This equipment uses a radiation level of infrared which radiated from different targets. The received infrared signal is actually detected by thermopile infrared sensors and is digitized by electronic parts. The temperature is displayed and calculated by microcontroller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญตาราง	III
สารบัญรูป	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
บทที่ 3 ผลการทดลอง	4
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	11
บรรณานุกรม	12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 การกำเนิดรหัสที่ผิดจากตัวนับแบบสุ่ม	5
ตารางที่ 3.2 การสลับตำแหน่งบิตในภาคส่ง	6
ตารางที่ 3.3 การสลับตำแหน่งบิตในภาครับ	10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงผังวงจรของระบบปกปิดข้อมูล	2
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรชิพที่รีจิสเตอร์ป้อนกลับของลำดับ $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	4
รูปที่ 3.2 วงจรจัดเฟรมข้อมูลภาคส่ง	7
รูปที่ 3.3 วงจรจัดเฟรมข้อมูลภาครับ	7
รูปที่ 3.4 แสดงการเข้ารหัสเสียงสัญญาณ	8



บทที่ 1

บทนำ

การวัดอุณหภูมิโดยทั่วไป มีอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการวัดมากมายหลายชนิด เช่นการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท วัดอุณหภูมิร่างกายยังมีข้อด้อยในการทำงานคือ จุดบริเวณที่ต้องการวัดไม่มีความสะดวก และเวลาในการอ่านค่าอุณหภูมิเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนต้องใช้เวลา

ดังนั้นคณะผู้จัดทำ จึงเห็นปัญหาจึงมีแนวคิดที่ออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อที่จะวัดได้ค่าอุณหภูมิเร็วขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีอินฟราเรด (Infrared) ใช้งานง่ายเพียงส่องไปที่วัดอุณหภูมิก็สามารถอ่านค่าจากจอ LCD ได้ทันที

เริ่มจากฮาร์ดแวร์ตรวจจับอุณหภูมิแล้วส่งผลในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อก แล้วทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล แล้วนำข้อมูลดิจิทัลไปเขียนโปรแกรมควบคุม แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอ LCD



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนของระบบตรวจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส (Contactless Digital Thermometer) เป็นการใช้เทคโนโลยีอินฟราเรด เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ และค่าที่ได้ยังเป็นค่าอุณหภูมิของวัตถุที่แท้จริงไม่มีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมรอบข้างใช้งานง่ายเพียงส่องไปที่วัตถุก็สามารถอ่านค่าบนจอ LCD ได้ทันทีใช้งานได้ปลอดภัยกับวัตถุร้อน หรือวัตถุที่ไม่สามารถเข้าไปวัดใกล้ๆ ได้อ่านค่าอุณหภูมิได้รวดเร็วมากภายในไม่กี่วินาทีเมื่อเทียบกับการวัดแบบสัมผัส (RTD, Thermo-couple) ที่ต้องใช้เวลาหลายนาทีต่อการวัดแต่ละจุด

2.1 อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานอย่างไร

การที่เราจะรู้ว่าวัตถุชิ้นนั้นมีอุณหภูมิเท่าไรเราสามารถทำได้ 3 หลักการคือการนำการพาและการแผ่รังสีความร้อนยกตัวอย่างเช่น เรามีแก้วกาแฟที่ใส่กาแฟร้อนอยู่มีควันลอยขึ้นมาจากแก้วเราอยากรู้ว่าแก้วนั้นร้อนหรือไม่เราก็สามารถทำได้ 3 แบบ คือ

1. เราใช้มือจับที่แก้วกาแฟเลย ก็น่าจะรู้ว่าร้อนแน่นอน อย่างนี้เรียก การนำความร้อน
2. เราใช้มือวางสูงจากแก้วพอประมาณ ก็จะมีควันลอยขึ้นมากกระทบกับมือเราอย่างนี้เรียกการพาความร้อนซึ่งอากาศเป็นตัวพาไป
3. เราใช้มือวางด้านข้างของแก้วกาแฟ ก็จะได้รับความร้อนเช่นกัน อย่างนี้เรียกการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสซึ่งหลายๆคนจะเข้าใจผิดว่าตัวเครื่องมือวัด จะยิงรังสีอินฟราเรดไปกระทบกับวัตถุเพื่อให้ได้ทราบค่าอุณหภูมิ แต่ในความเป็นจริงนั้นเครื่องมือวัดจะรับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ซึ่งเป็นผลจากหลักการที่ว่ารังสีอินฟราเรดจะเปล่งออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิในตัวมัน ถ้าวัตถุนั้นเปล่งรังสีอินฟราเรดออกมามีความเข้มมาก แสดงว่าวัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูง และในทางกลับกัน ถ้าวัตถุนั้นเปล่งรังสีอินฟราเรดออกมีความเข้มน้อย วัตถุนั้นก็มีอุณหภูมิต่ำดังนั้นวัตถุทุกชนิดในโลกนี้ จะเปล่งรังสีอินฟราเรดออกมาแตกต่างกันไปรังสีอินฟราเรด มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7 ถึง 14 ไมครอนในการนำมาใช้งานสำหรับงานวัดอุณหภูมิ รังสีอินฟราเรดที่แผ่จากวัตถุ จะผ่านส่วนรวมแสงไปที่ตัวตรวจจับ (detector) และผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อคำนวณค่าแล้วแปลงเป็นค่าอุณหภูมิ แสดงที่จอแสดงผล LCD

2.2 วัดอุณหภูมิอย่างไรจึงได้ค่าที่ถูกต้อง

มีองค์ประกอบหลายอย่างคือ Emissivity, Distance to spot size, Field of view

- Emissivity วัตถุทุกชนิดมีการสะท้อนแสงต่างกันบางชนิดสะท้อนมาก บางชนิดสะท้อนน้อย เราจึงต้องปรับค่าๆ หนึ่งในที่เครื่องมือวัดเพื่อชดเชยการสะท้อนของวัตถุนั้น โดยค่า emissivity นั้นสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1 พร้อมกับเครื่องมือวัดแต่เครื่องมือวัดบางรุ่นจะตั้งค่า E คงที่ไว้ 0.95 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กับวัตถุส่วนใหญ่ แต่เครื่องมือวัดแบบปรับค่า emissivity ได้ จะมีความถูกต้องแม่นยำกว่าเครื่องมือวัดที่ไม่สามารถปรับค่า emissivity

- Distance to spot ratio เป็นการกำหนดระยะทางในการติดตั้ง เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ต้องการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ มาแสดงผลโดยกำหนดได้จากสูตร $d = D/F$ โดย d แทนขนาดพื้นที่ ที่ต้องการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิ D แทนระยะจากหน้าเลนส์ถึงวัตถุ และ F แทนระยะโฟกัสของเครื่องมือวัด นั้นๆ ยกตัวอย่าง เราใช้เครื่องมือวัดที่มีระยะโฟกัสเท่ากับ 100 และติดตั้งเครื่องมือวัดให้ห่างจากวัตถุ 200 cm. ฉะนั้นพื้นที่ที่เฉลี่ยออกมาเป็นค่าอุณหภูมิมีพื้นที่เท่ากับ $200/100 = 2$ ตร.ซม.

- Field of view การวัดต้องแน่ใจว่าตำแหน่งที่วัดไม่ไกลเกินไป จนทำให้วงที่วัดใหญ่กว่าวัตถุการวัดที่ตีพื้นที่ที่คำนวณออกมาต้องเล็กกว่าพื้นที่ที่เราต้องการวัด หากวัตถุเล็กควรติดตั้งให้ใกล้หรือเลือกเครื่องมือวัดที่มีระยะโฟกัสสูงๆ

2.3 หลักการของไพโรเมตรี (Pyrometry Theory)

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์จะแผ่รังสีพลังงานออกมา และไม่เพียงแต่แผ่หรือส่งพลังงานออกมา มันยังรับหรือดูดกลืนจากแหล่งอื่นด้วยเราทราบกันดีว่าเมื่อขึ้นเหล็กกล้าได้รับความร้อนจนถึงประมาณ 550°C มันจะเริ่มมีสีแดง นั่นคือเรารู้สึกถึงแสงที่มองเห็นได้เปล่งหรือแผ่ออกมาจากผิวมัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแสงจะยิ่งสว่างขึ้นหรือเข้มขึ้นขึ้น และยังมี การเปลี่ยนสีจากแดงหม่นเป็นส้มแล้วเหลือง และสุดท้ายเกือบเป็นสีขาวที่อุณหภูมิหลอมเหลว (1430°C ถึง 1540°C) นั่นคือเราทราบว่า ในช่วงอุณหภูมิจากประมาณ 550°C ถึง 1540°C พลังงานในรูปของแสงที่มองเห็น (visible light) ได้แผ่รังสีออกจากเหล็กกล้า และรับรู้ได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550°C ต่ำลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ขึ้นของเหล็กกล้ายังคงแผ่รังสีพลังงาน หรือความร้อนในรูปของการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared radiation) และถ้าเป็นมวลขนาดใหญ่พอ เรา จะรู้สึกถึงการแผ่ความร้อนได้โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง เราทราบต่อไปว่ามีการแผ่รังสีพลังงานออกมาในช่วงหนึ่งของอุณหภูมิจากประสาทสัมผัสของเรา แม้ว่าเราอาจรับรู้ได้ไม่ตื้นที่อุณหภูมิ ต่ำแต่ในกรณีที่มีผนังเย็นอยู่ในห้อง คนเราก็รู้สึกได้ เนื่องจากความร้อนกำลังแผ่ออกจากร่างกายไป ยังผนังนั้น การส่งผ่านพลังงานในลักษณะนี้ไม่ต้องมีตัวกลางมาคั่น และความจริงแล้วถ้ามีอะไรมา คั่นกลางจะส่งผลกระทบต่อ การส่งผ่านพลังงานที่กำลังพูดถึง ส่งออกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือโฟตอนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสง วัตถุทุกอย่าง แผ่ (emit) และดูดกลืน (absorb)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่แผ่รังสีด้วยอัตราที่ขึ้นกับ อุณหภูมิสัมบูรณ์และคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ รังสีที่ตกกระทบผิววัตถุบางส่วนถูกดูดกลืน (absorbed) บางส่วนสะท้อน (reflected) และบางส่วนส่งผ่านออกไป (transmitted) สัดส่วนเหล่านี้วัดได้ในรูปของ absorptivity (α), reflectivity (ρ), and transmissivity (τ) เมื่อ

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.1)$$

สำหรับแผ่นสะท้อนอุดมคติที่ทำการขัดเงาผิววัตถุอย่างดีจะมีค่า $\rho \sim 1$ ส่วนก๊าซหลายชนิดเป็นสารที่มีลักษณะการส่งผ่านได้สูงซึ่งจะให้ค่า $\tau \sim 1$ นอกจากนี้รูเปิดขนาดเล็กของห้องใหญ่ภายในมีลักษณะใกล้เคียงตัวดูดกลืนอุดมคติหรือวัตถุดำ (blackbody) ซึ่ง $\alpha \sim 1$ วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลการแผ่รังสีกับภาวะแวดล้อม จะแผ่พลังงานเท่ากับปริมาณที่ดูดกลืนเป็นผลให้วัตถุที่ดูดกลืนได้ดีจะแผ่รังสีได้ดีด้วย และอาจสรุปได้ว่า ตัวแผ่รังสีอุดมคติ (ideal radiator) คือวัตถุที่มีค่า α เป็นหนึ่ง เมื่อเรากล่าวถึงการแผ่รังสีที่เปล่งออกจากวัตถุโดยต่างหากจากการดูดกลืน จะใช้คำว่า emissivity แทนที่จะใช้ absorptivity

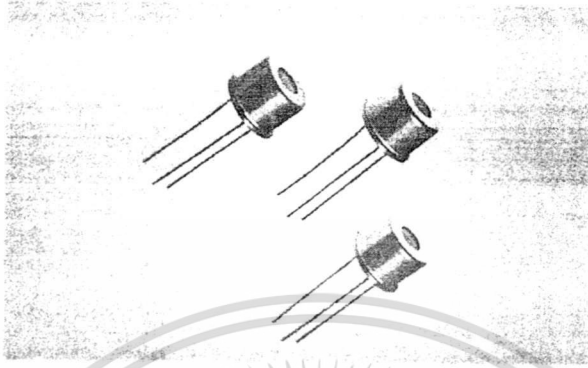
ตารางที่ 2.1 ค่า Emissivities ของวัสดุบางชนิด

Surface	อุณหภูมิ, °C	Emissivity
Polished silver	225-625	0.0198-0.0324
Platinum filament	25-1225	0.036-0.192
Polished nickel	23	0.045
Aluminum foil	100	0.087
Concrete	21	0.63
Roofing paper	20	0.91
Plaster	10-88	0.91
Rough red brick	21	0.93
Asbestos paper	38-371	0.93-0.945
Smooth glass	22	0.937
Water	0-100	0.95-0.963
Blackbody	-	1.00

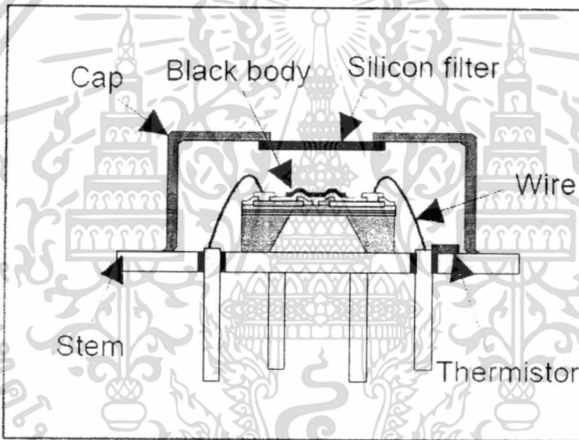
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ

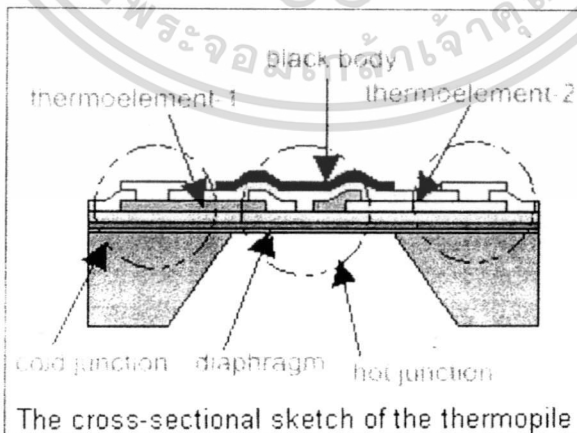
ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิมีอยู่หลายชนิด สำหรับในโครงการนี้จะใช้ Infrared sensors เบอร์ SMTIR9902 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโครงสร้างของตัว Infrared sensors แสดงดังรูปที่ 2.1



(ก.) โครงสร้างภายนอกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [7]



(ข.) โครงสร้างภายในของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [8]

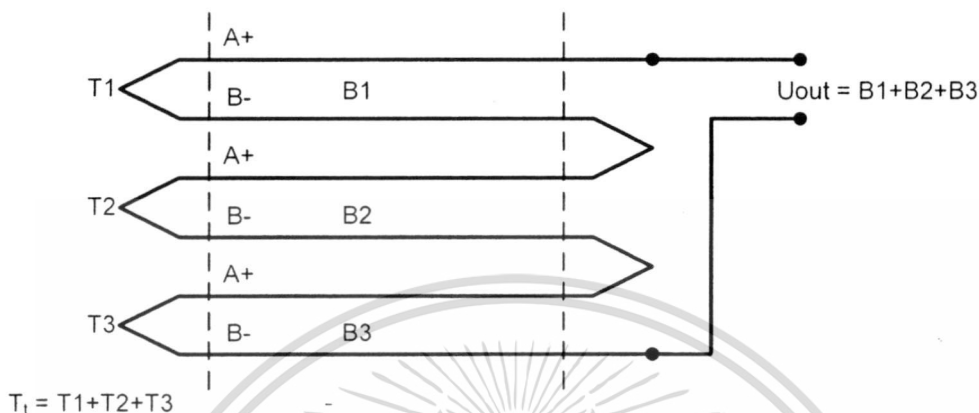


(ค.) โครงสร้างภายในของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [8]

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

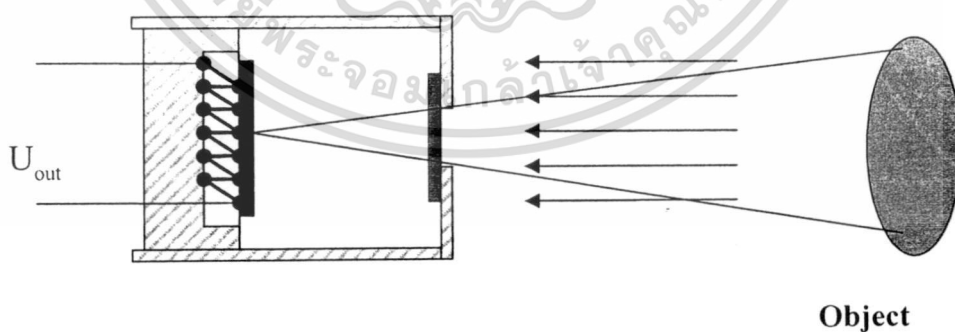
ตามคุณสมบัติของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 นั้นจะให้เอาท์พุทเป็นแรงดัน โดยที่แรงดันที่ได้จะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น ซึ่งแตกต่างจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิส่วนใหญ่ที่แรงดันเอาท์พุทจะไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ SMTIR9902 จะมีการทำงานคล้ายกับตัวเทอร์โมคัปเปิล ก็จะนำเอาตัวเทอร์โมคัปเปิลหลายๆ ตัวมาต่ออนุกรมกันทำให้ค่าแรงดันที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด [9]

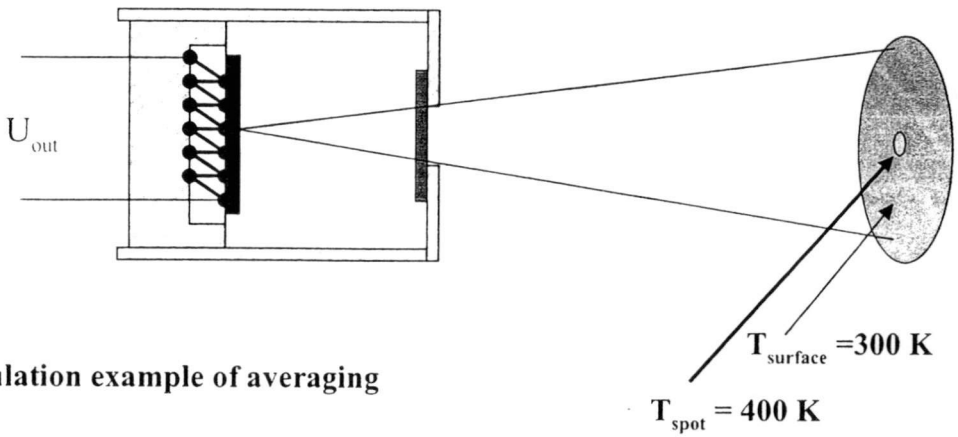
ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อแรงดันเอาท์พุทจาก SMTIR9902 จำแนกออกเป็นดังนี้

1. การรับรังสีอินฟราเรด คือ ช่วงของความยาวคลื่นที่วัดได้ โดยไม่มีผลต่อสัญญาณรบกวน คืออยู่ในช่วง $5.5 \mu\text{m}$ นั่นคือช่วงของอุณหภูมิจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 127 องศาเซลเซียส ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การรับรังสีของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และช่วงของความยาวคลื่น [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

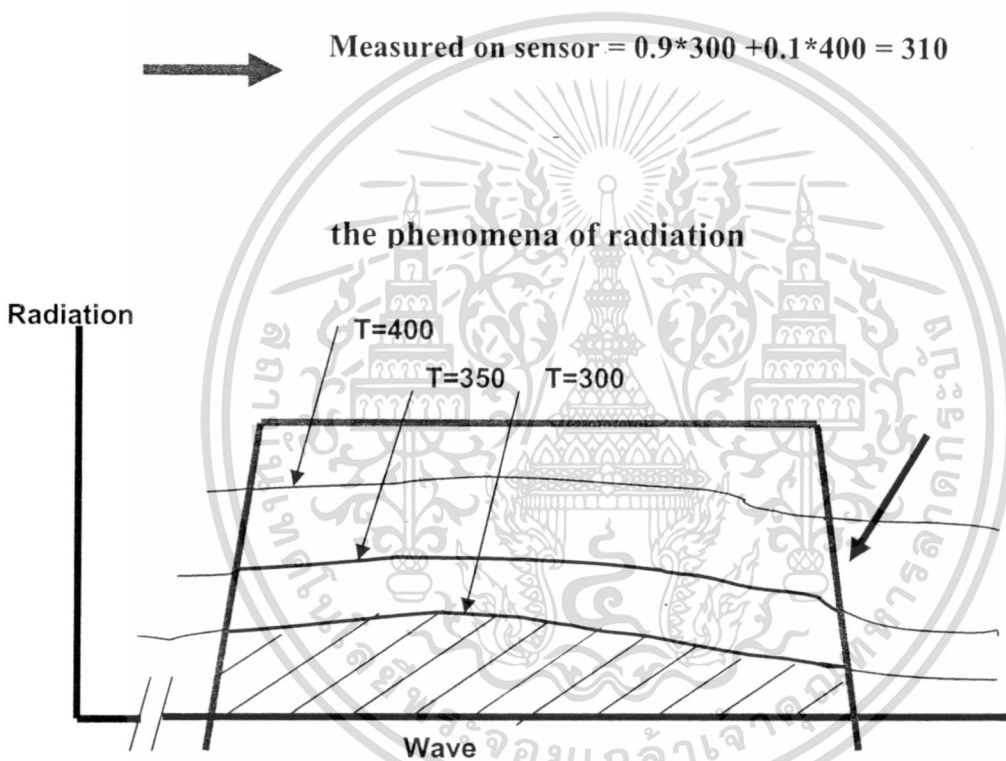


Calculation example of averaging

10% of surface = 400 K

90% of surface = 300 K

→ Measured on sensor = $0.9 \cdot 300 + 0.1 \cdot 400 = 310$



- \int Below curve is absorbed by the black sensor receiving plate
- Change of filter will change optimal temperature sensitivity

รูปที่ 2.3 (ต่อ) การรับรังสีของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และช่วงของความยาวคลื่น [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิของตัวเซนเซอร์ ซึ่ง $V(\text{out})$ จะมีค่าเป็น 0 เมื่อ $T_{\text{obj}} = T_{\text{sensor}}$
3. มุมที่ทำการวัดอุณหภูมิ

คุณสมบัติของ SMTIR9902

- มีความแม่นยำสูง และความไวสูง
- ทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี
- ผลตอบสนองทางเวลาดี

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ออกแบบการจัดหน่วยความจำเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data memory) โดยทั้งสองส่วนนี้จะมีแอดเดรสแยกออกจากกัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในชิปบางเบอร์ต้องเพิ่มภายนอกชิป จะเห็นว่าแอดเดรสของหน่วยความจำจะมีแอดเดรสตำแหน่งตรงกัน แต่เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำในส่วนใดจะใช้คำสั่งสัญญาณต่างกัน อย่างเช่นถ้า MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ไช้เกิดการทํางานจะเป็นดังนี้

- ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ขา PSEN จะเป็น Low
- ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขา RD จะเป็น Low
- ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขา WR จะเป็น Low

2.5.1 หน่วยความจำโปรแกรม

ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64k byte หลังจากตัวมันถูกรีเซตจะเริ่มต้นทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมนี้อาจต้องใช้คำสั่ง MOVX นอกจากนี้ในหน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งแอดเดรสบางส่วนสำหรับเก็บโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัปต์ เช่น แอดเดรส 0003H เป็นตำแหน่งของโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัปต์จากภายนอก (INT0) เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาทางขานี้ โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานยังตำแหน่งนี้ทันที

2.5.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51 สามารถมีได้ 64k Byte เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำส่วนนี้จะต้องใช้คำสั่ง MOVX และใช้รีจิสเตอร์ DPTR R0 หรือ R1 ในการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ ในการขยายพอร์ตเพิ่มให้กับ MCS-51 จะต้องใช้ตำแหน่งในส่วนนี้เป็นตำแหน่งของพอร์ตด้วย

2.5.3 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ MCS-51 จะมีจำนวน 256 Byte โดย 8 Byte แรกมีแอดเดรสอยู่ในช่วง 00h – 7FH จะเป็นส่วนของ RAM ที่ใช้งานทั่วไป รีจิสเตอร์แบบคี่จำนวน 4 แบบคี่ หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ส่วนอีก 128 Byte หลังเริ่มต้นตั้งแต่ แอดเดรส 80H เป็นต้นไปจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ หรือ SFR (Special Function Register) และรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปเช่น รีจิสเตอร์ ACC, B, PSW, SP และ DPTR เป็นต้น การอ่านหรือเขียนข้อมูลในหน่วยความจำในส่วนนี้จะใช้คำสั่ง MOV

2.5.4 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51

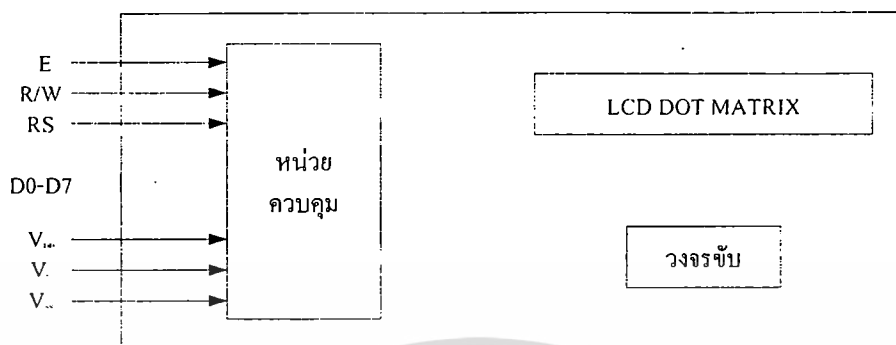
การให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานนั้นจะต้องโปรแกรมให้กับตัวคอนโทรลเลอร์ก่อน การวัดความเร็วในการทำคำสั่งของโปรแกรมจะดูจากรอบสัญญาณนาฬิกา หรือที่เรียกว่าแมกซ์ซินไซเคิล ซึ่งในตารางคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัว จะมีข้อมูลบอกไว้ว่าการทำคำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่แมกซ์ซินไซเคิล สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ที่เป็นมาตรฐานนั้น 1 แมกซ์ซินไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นถ้า MCS-51 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz แล้วการทำงาน 1 ไมกซ์ซินไซเคิลจะมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวินาที หรือมีความเร็วในการทำงาน 1 MHz ถ้าหากต้องการให้ MCS-51 ตัวนั้นทำงานได้เร็วขึ้นจะต้องเพิ่มสัญญาณนาฬิกาให้กับตัวคอนโทรลเลอร์ สำหรับ MCS-51 บางเบอร์จะมีความเร็วมากขึ้นกว่าปกติ 2 เท่า เช่น เบอร์ P89C51RD2 เนื่องจากหนึ่งแมกซ์ซินไซเคิลของตัวคอนโทรลเลอร์จะใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 6 ลูก

2.6 การแสดงผลทาง LCD

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นหน่วยแสดงผลของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายชนิด หน่วยแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) ที่มีโครงสร้างเป็นแบบคอตเมทริกซ์เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ เนื่องจากเป็นหน่วยที่กินพลังงานต่ำ เหมาะกับระบบที่ต้องพลังงานจากแบตเตอรี่นอกจากนี้ ยังเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กมีความละเอียดสูง สามารถแสดงตัวอักษรและรูปภาพได้หลายแบบการที่ทำให้ LCD แต่ละคอตสว่างเป็นรูปร่างหรือตัวอักษรต่างๆ นั้นจะต้องใช้วงจรขับที่มีความซับซ้อนมาก ในปัจจุบันจึงมีการสร้างเป็นบอร์ด LCD สำเร็จรูป (LCD Module) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานโดยโครงสร้างภายในประกอบด้วยจอภาพแบบ LCD วงจรขับสัญญาณ และตัวควบคุม LCD การทำให้บอร์ด LCD แสดงผลลักษณะต่างๆจะทำได้โดยการเขียนคำสั่งควบคุม และเขียนข้อมูลให้กับ LCD โมดูลเท่านั้น

2.6.1 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

หน่วยแสดงผลแบบ LCD โมดูลที่พบทั่วไปในท้องตลาดจะมีโครงสร้างที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยส่วนประกอบทั่วไปเป็นดังรูปที่ 2.4



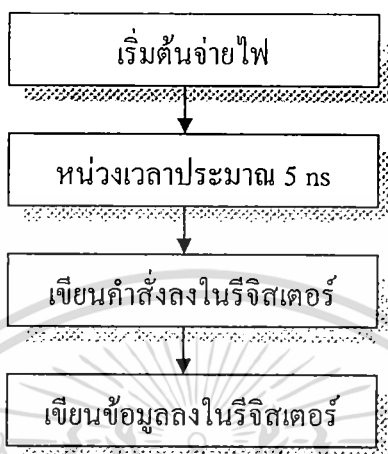
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

ส่วนที่เป็น LCD DOT MATRIX จะประกอบด้วยจุดขนาดเล็กจำนวนมาก โดยแต่ละจุดจะถูกบังคับให้ติดสว่างเป็นรูปร่างต่างๆด้วยวงจรถับส่วนหน่วยควบคุมจะประกอบด้วยหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ต่างๆ ทำหน้าที่กำหนดลักษณะการทำงานของ LCD รูปภาพของการแสดงผลรวมทั้งควบคุมส่วนต่างๆ ภายในโมดูลโดยทั่วไปแล้วขาต่างๆ ของ LCD โมดูลประกอบด้วย

- ขา V_{DD} ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์
- ขา V_{SS} ขานี้จะต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
- ขา V_C ขานี้เป็นขาที่ควบคุมความสว่างของ LCD
- ขา RS เป็นขาที่ใช้ควบคุมรีจิสเตอร์ภายในหน่วยควบคุม เนื่องจากมีรีจิสเตอร์อยู่สองประเภทคือ รีจิสเตอร์คำสั่ง (Command register) และรีจิสเตอร์ข้อมูล (Data register) ถ้าให้ขานี้เป็นลอจิก “0” หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์ข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์คำสั่ง
- ขา R/W เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD ถ้าเป็นลอจิก “0” หมายความว่าอ่านข้อมูลแต่ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าเขียนข้อมูล
- ขา E (Enable) เป็นขากำหนดลักษณะการอ่านเขียนข้อมูล

2.7 การใช้งาน LCD โมดูลเบื้องต้น

ในการใช้งาน LCD โมดูลเราจะต้องทำความเข้าใจคำสั่งต่างๆ ของมันด้วยโดยการเริ่มต้นใช้งานจะต้องส่งรหัสควบคุมให้กับรีจิสเตอร์คำสั่ง (instruction register) และส่งข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ข้อมูล (data register) โดยมีลำดับการทำงานดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการควบคุม LCD โมดูล

ในรูปที่ 2.5 จะพบว่าหลังจากจ่ายไฟให้กับ LCD โมดูลจะต้องหน่วงเวลาประมาณ 5 ns เนื่องจากเมื่อเริ่มจ่ายไฟจะต้องรอให้แรงดันไฟเปลี่ยนจาก 0 โวลต์ไปจนถึง 4.5 โวลต์ เสียก่อนจึงทำงานได้ แต่โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนนี้อาจไม่จำเป็นต้องทำตาม เพราะเมื่อนำ LCD ไปต่อกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อระบบได้รับพลังงานไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเสียเวลาทำงานต่างๆ ไปก่อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นานพอที่ LCD โมดูลจะรับคำสั่งต่างๆ ได้ ขั้นตอนต่อไปจะต้องเขียนคำสั่งควบคุมต่างๆ ให้กับรีจิสเตอร์คำสั่งของ LCD โมดูล โดยมีคำสั่งหลายคำสั่งสำหรับกำหนดการทำงานของ LCD โมดูล เช่น ต้องการให้รับข้อมูลแบบ 4 บิตหรือ 8 บิต ต้องการให้มี CURSOR หรือไม่ เมื่อแสดงข้อมูลแล้วจะให้ CURSOR เลื่อนไปทางใดโดยคำสั่งต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.2 และการทำงานแต่ละคำสั่งจะต้องใช้เวลาในการทำงานด้วย ถ้าหาก LCD โมดูลทำคำสั่งยังไม่เรียบร้อยจะไม่สามารถเขียนคำสั่งใหม่เข้าไปได้ ต่อจากนั้นเมื่อต้องการแสดงข้อมูลหรือตัวอักษรในตำแหน่งต่างๆ ของจอภาพ จะต้องเขียนข้อมูลนั้นให้กับรีจิสเตอร์ข้อมูล (data register) เพื่อให้ส่งข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับแสดงผลของ LCD โมดูล

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของคำสั่งควบคุมและการเขียนข้อมูลรวมทั้งสถานะของขาสัญญาณต่างๆ ที่จำเป็น

คำสั่ง	RS	R/W	บิตข้อมูล								เวลา	
			7	6	5	4	3	2	1	0	ทำงาน	
CLEAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640 us
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640 us
ENTRY MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40 us
DISPLAY ON/OFF	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40 us
DISPLAY SHIFT	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	*	40 us
FUNCTION SET	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	*	40 us
SET CGRAM ADD	0	0	0	1	CGRAM ADDRESS						40 us	
SET DDRAM ADD	0	0	1	DDRAM ADDRESS						0 us		
BUSY, ADD. READ	0	1	BF	ADDRESS						0 us		
WR CGRAM,DDRAM	1	0	WRITE DATA						40 us			
RD CGRAM,DDRAM	1	1	READ DATA						40 us			

เราจะสรุปได้ว่าการเขียนข้อมูลให้กับ LCD โมดูล จะมีสองลักษณะคือเป็นคำสั่งและเป็นข้อมูล ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยขา RS ถ้าขา RS = 0 หมายความว่า เป็นคำสั่งควบคุม ถ้า RS = 1 หมายความว่า เป็นข้อมูลและในการเขียนข้อมูลตัว LCD โมดูลจะต้องใช้เวลาในการทำงานดังที่แสดงในตารางที่ 2.2 โดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบเวลาการทำงานของ LCD โมดูลได้ทางแฟลค BF (Busy Flag) ถ้าแฟลค BF เป็นลอจิก "0" หมายความว่า LCD โมดูลสามารถรับข้อมูลต่อไปได้ดังนั้นการเขียนข้อมูลทุกครั้งควรตรวจสอบแฟลคนี้ด้วยรหัสควบคุมในตารางที่ 2.2 สามารถเขียนอีกแบบหนึ่งได้ดังตารางที่ 2.3

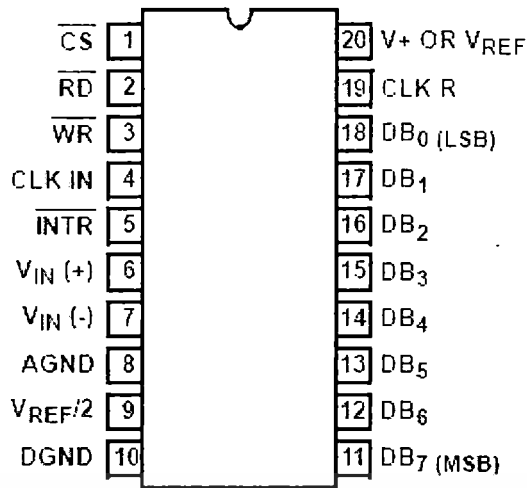
ตารางที่ 2.3 รูปแบบของคำสั่งควบคุมและการเขียนข้อมูล

คำสั่ง (HEX)	การทำงาน
01	เคลียร์หน่วยแสดงผล
02	ให้เคอร์เซอร์กลับสู่ตำแหน่งซ้ายสุด (HOME)
04	แสดงผลโดยเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย
05	เลื่อนไปทางขวา
06	แสดงผลโดยเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา
07	เลื่อนไปทางซ้าย
08	ปิดการแสดงผล ไม่แสดงเคอร์เซอร์
0A	ปิดการแสดงผล แต่แสดงเคอร์เซอร์
0C	แสดงผล แต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์
0E	แสดงผลและแสดงเคอร์เซอร์
0F	แสดงผลและแสดงเคอร์เซอร์กระพริบ
10	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย
14	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา
18	เลื่อนตัวอักษรตัวใหม่ไปทางซ้าย
1C	เลื่อนตัวอักษรตัวใหม่ไปทางขวา
80	ตำแหน่งเริ่มต้นบรรทัดแรก
C0	ตำแหน่งเริ่มต้นบรรทัดที่สอง
38	เป็นแบบ 2 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 5x7

2.8 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยไอซีเบอร์ ADC 0804

ADC 0804 เป็น A/D ขนาด 8 บิต มีความเร็วในการแปลงสัญญาณ 100 μ S รายละเอียดและการจัดวางขาของ ADC 0804 แสดงได้ดังรูปที่ 2.6 และตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การจัดวางขาของ ADC 0804

ตารางที่ 2.4 ความหมายและการทำงานของแต่ละขาของ ADC 0804

ขาต่างๆ	ความหมายและการทำงาน
$D_7 - D_0$	ขา Data เอาท์พุท 8 บิต
CS	ขา Chip select ต้องป้อนลอจิก "0"
Vcc	ขาไฟเลี้ยง 5V
DGND	Digital Ground
AGND	Analog Ground
$V_{in(+)}$ และ $V_{in(-)}$	สองขานี้เป็น differential analog input โดยที่ $V_{in(-)} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$ โดยต่อ $V_{in(-)}$ ที่ศักย์ต่ำกว่า $V_{in(+)}$ หรือต่อลงกราวด์ และต่อ $V_{in(+)}$ กับสัญญาณที่ต้องการ
CLK R และ CLK IN	2 ขานี้จะต้องต่อเข้ากับ R และ C เพื่อทำให้เกิดการอสซิโลเทภายในค่าความถี่คำนวณจาก $f = (1/1.1) RC$ ถ้าใช้ $R=10 K\Omega$ และ $C = 150 PF$ จะอสซิโลเทที่ความถี่ 606 KHz ทำให้ค่า Conversion Time ได้เท่ากับ 110 μs
WR	ใช้ Start A/D เพื่อเริ่มการ Conversion ขานี้ต้องกระตุ้นด้วย Low ขานี้มักต่อกับ WR ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
RD	ใช้อ่านข้อมูลจาก A/D ไปเก็บโดยป้อนด้วย Low ขานี้มักจะต่อกับ RD ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
Vref/2	ขานี้กำหนดช่วงกว้างแรงดันอินพุทที่เข้า A/D (Span ADJ) ถ้าปล่อยให้ลอยก็จะรับอินพุทช่วงกว้างถึง 5V

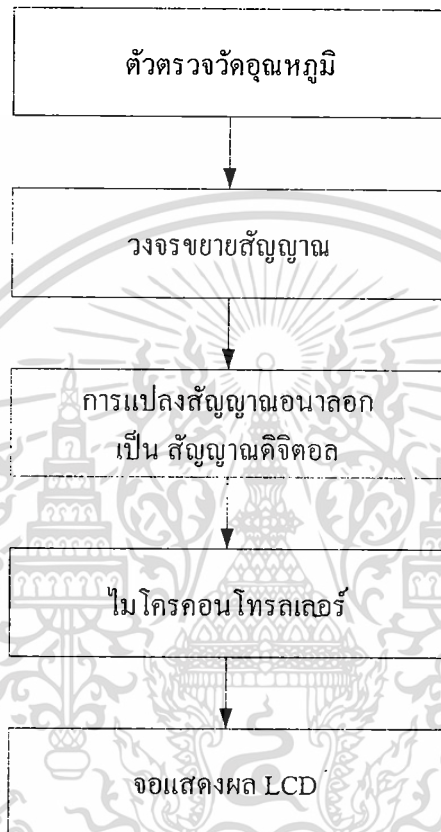
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 หลักการทั่วไป

จากบทนำในบทที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิได้ดังนี้



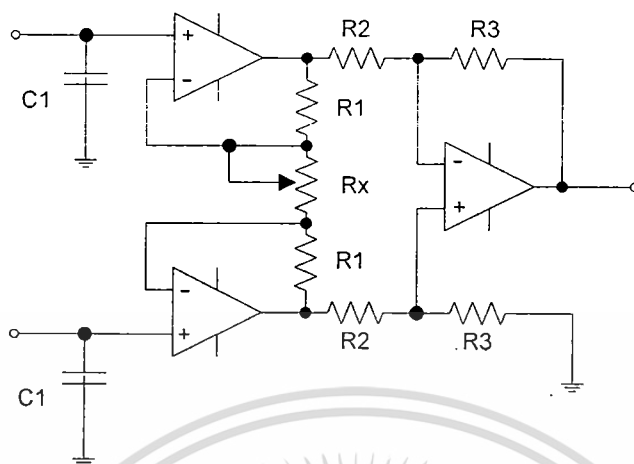
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรขยาย และตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

วงจร Instrumentation Amplifier

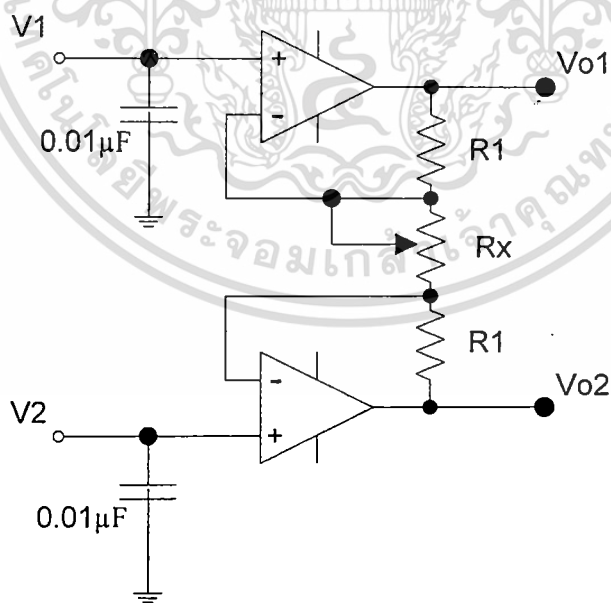
ตัวอย่างวงจร



รูปที่ 3.2 วงจร Instrumentation Amplifier [3]

ในการทำการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier นั้นจะทำการแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสที่อยู่ในวงจร Instrumentation Amplifier



รูปที่ 3.3 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส
ที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ กำหนดให้ $I = V_{in} / R_x$; $V_{in} = V_2 - V_1$

Differential output voltage

$$\begin{aligned} V_o &= V_{R_x+2} * V_{R1} \\ &= I * R_x + 2 * (I * R_2) \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$V_o = I * (R_x + 2 * R_1) \quad (3.1)$$

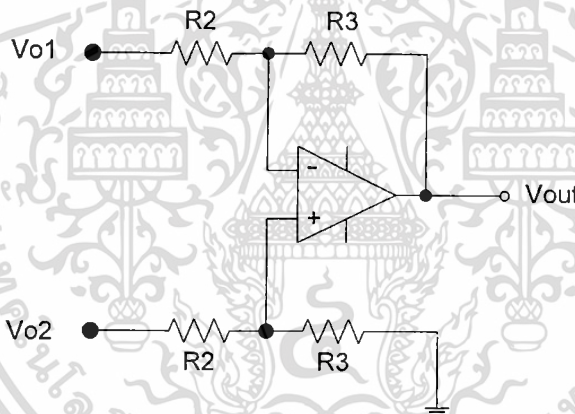
แทนค่า $I = V_{in} / R_x$ ในสมการที่ (3.1) จะได้

$$\begin{aligned} V_o &= (V_{in} / R_x) * (R_x + 2 * R_1) \\ &= (1 + 2 * (R_1 / R_x)) * (V_2 - V_1) \end{aligned} \quad (3.2)$$

เมื่อ $V_o = V_{o2} - V_{o1}$ แทนค่าใน (3.2) จะได้

$$V_{o2} - V_{o1} = (1 + 2 * (R_1 / R_x)) * (V_2 - V_1) \quad (3.3)$$

3.2.2 การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่อยู่ในวงจร Instrumentation Amplifier



รูปที่ 3.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

ที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier [3]

ในการวิเคราะห์วงจรนี้จะใช้ทฤษฎีของ Super position จะได้

$$V_o = -(R_3 / R_2) * (V_{o2} - V_{o1}) \quad (3.4)$$

แทน (3.4) ในสมการที่ (3.3) จะได้

$$V_o = (1 + 2 * (R_1 / R_x)) * (V_2 - V_1) * (R_3 / R_2)$$

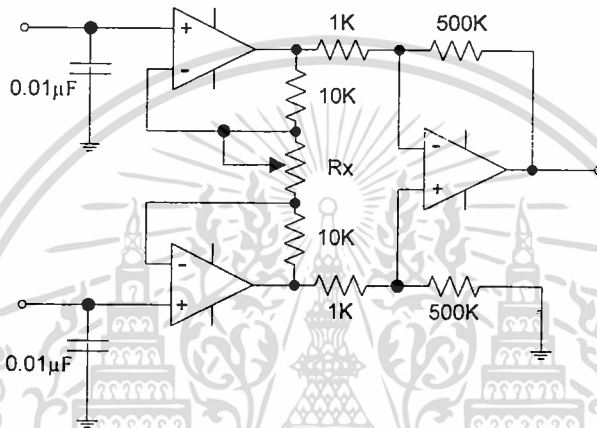
ดังนั้นอัตราขยายของวงจร Instrumentation Amplifier (A_d)

$$A_d = V_o / (V_{o2} - V_{o1}) = (1 + 2 * (R_1 / R_x)) * (R_3 / R_2) \quad (3.5)$$

ในกรณีที่ $R_2 = R_3$ จะได้

$$A_d = (1 + 2 \cdot (R_2/R_1))$$

อัตราการขยายของวงจร Instrumentation Amplifier สามารถกำหนดได้ด้วยอัตราส่วนของ (R_2/R_1) ในรูปที่ 3.3 เพื่อให้ได้อัตราการขยายตามต้องการ การเลือกใช้ค่าความต้านทานสูงๆ ก็เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของวงจรขยายสัญญาณขั้นต้นกล่าวคือความต้านทานขาเข้า ตัวต้านทาน R_1 ในรูปที่ 3.3 ใช้เพื่อปรับละเอียดเพื่อให้อัตราการขยายของวงจรของออปแอมป์ส่วนหน้าทั้ง 2 เท่ากัน

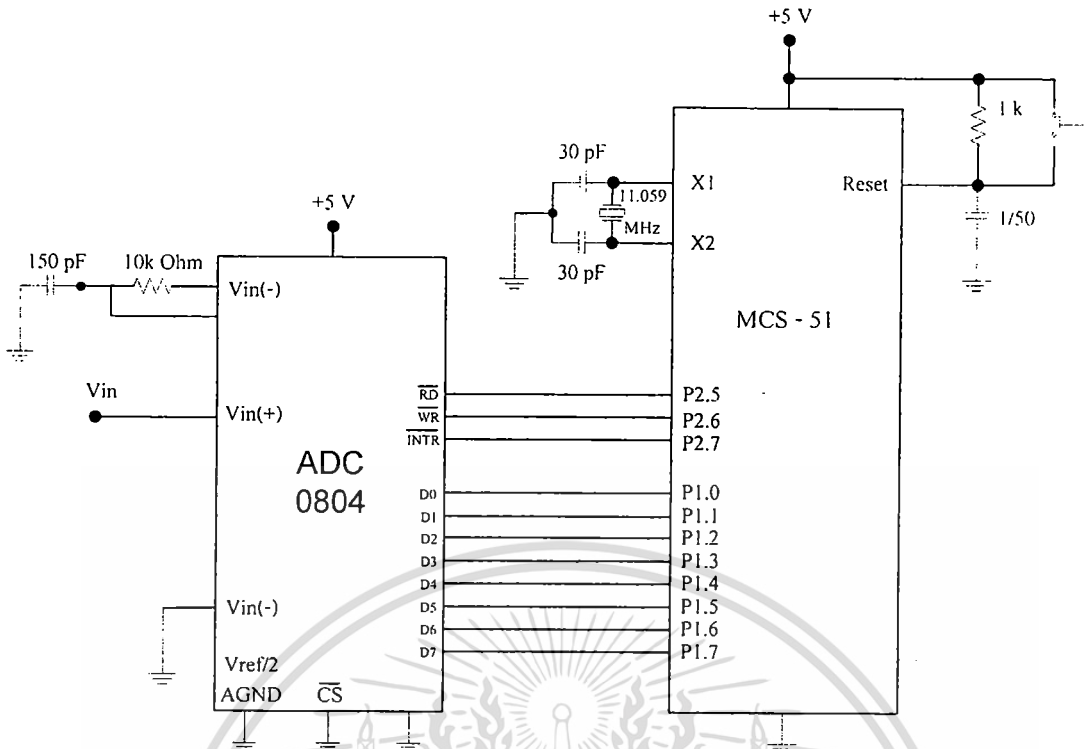


รูปที่ 3.5 วงจรขยายแบบ Instrumentation amplifier ที่ใช้ในงานจริง [3]

3.3 การออกแบบตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในโครงการนี้จะใช้ไอซีเบอร์ ACD - 0804 โดยจะทำการต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ I/O port โดยจะให้พอร์ต 0 เป็น Data Bus เพื่อรับข้อมูลแบบขนานจากตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC - 0804)

ส่วนพอร์ตสัญญาณควบคุมจะทำการต่อขา RD ของ ADC เข้ากับขา P2.5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา WR กับขา INTR ต่อเข้ากับขา P2.6 และ P2.7 ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 3.6



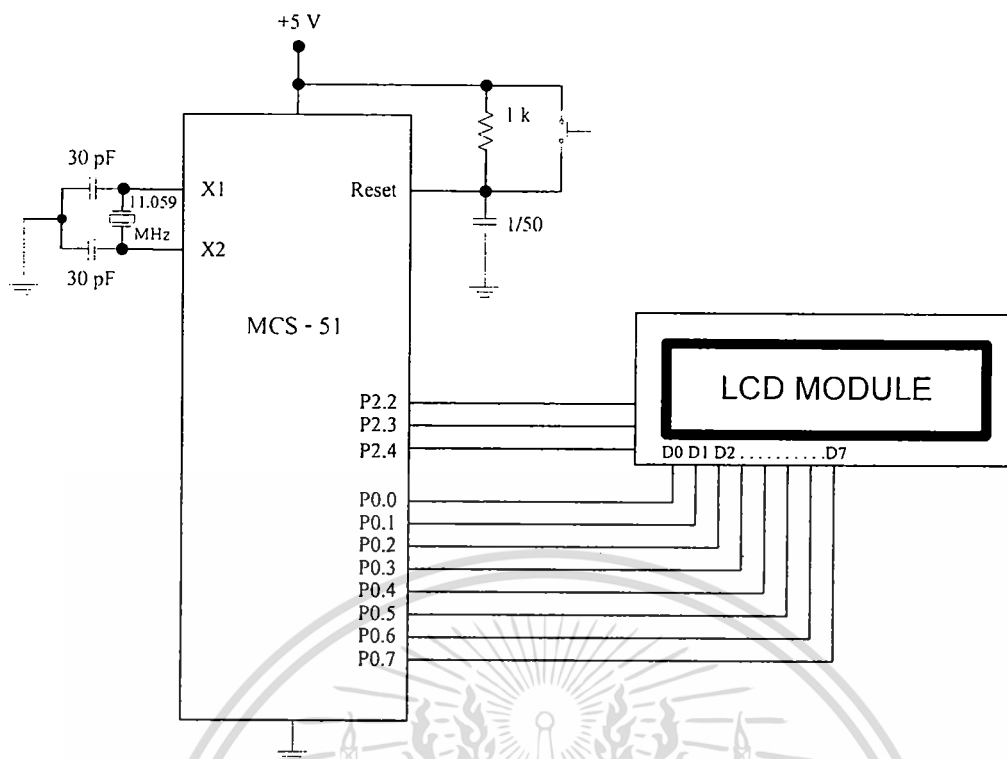
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่าง ADC 0804 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูป 3.6 เป็นการติดต่อแบบ I/O Port โดยได้ทำการต่อขา CS ของ ADC 0804 ลงกราวด์ ดังนั้นจะทำการเริ่มการทำงาน (Start) A/D ด้วยการให้ MCS-51 ส่งสถานะ Low ออกทาง P2.6 ไปยังขา WR ของ A/D แล้วทำการตรวจเช็ค สัญญาณที่เข้ามาที่ P2.7 ซึ่งต่ออยู่กับ INTR ของ A/D ถ้าหาก A/D แปลงสัญญาณไม่เสร็จขานี้จะเป็น High แล้วเมื่อแปลงเสร็จจะเป็น Low ดังนั้นจึงได้ทำการเขียนโปรแกรมให้ MCS-51 วนรอกจนกว่าจะแปลงเสร็จโดยดูสถานะที่ขา P2.7 เมื่อแปลงเสร็จแล้วก็ให้ MCS-51 จะต้องส่ง Low ไปให้ RD ของ A/D เพื่อจะให้ปล่อยข้อมูลออกคาด้านซ้ายมาให้ MCS-51 ทำการประมวลผล และส่งออกแสดงผล

3.4 การออกแบบส่วนแสดงผลด้วย LCD Module

สำหรับการแสดงผลของเครื่องวัดอุณหภูมิ จะใช้การแสดงผลด้วย LCD Module ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ซึ่งได้ออกแบบให้ พอร์ต P0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นพอร์ตสำหรับทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลกับ LCD Module

ส่วนขาสัญญาณควบคุมของ LCD Module ซึ่งก็คือ RS, R/W และ E จะทำการต่อกับขา P2.4, P2.3 และ P2.2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อระหว่าง LCD Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมด้วยการกำหนดค่าการแสดงผลให้กับจอ LCD โดยการส่ง Command ขนาด 8 bit ออกไปทางพอร์ต P0 โดยมีขั้นตอนการส่ง Command ดังต่อไปนี้

- ส่ง Command ไปยัง Port P0
- ส่ง P2.4 = 0 (RS = 0)
- ส่ง P2.3 = 0 (R/W = 0)
- ส่ง P2.2 = 0 (E = 0)
- ส่ง P2.2 = 1 (E = 1)
- ส่ง P2.2 = 0 (E = 0)

โดยที่ Command ที่ใช้ในการกำหนดการแสดงผลมีดังต่อไปนี้

- Entry Mode Set = 06H

0	0	0	0	0	1	I/D	S
0	0	0	0	0	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต I/D = 1 คือการกำหนดให้ แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้นเมื่อเขียนข้อมูลแล้ว

บิต S = 0 คือเมื่อเขียนข้อมูลลงไปแล้วตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวา (แต่ในที่นี้จะไม่แสดงเคอร์เซอร์)

- Function Set = 3CH

0	0	1	DL	N	F	*	*
0	0	1	1	1	1	0	0

DL = 1 กำหนดให้ติดต่อกับ LCD Module เป็นแบบ 8 บิต

N = 1 กำหนดการแสดงผลตั้งแต่ 2 บรรทัดขึ้นไป

F = 1 กำหนดความละเอียดของการแสดงผลเป็น 5 x 10 Dot.

- Display ON/OFF = 0CH

0	0	0	0	1	D	C	B
0	0	0	0	1	1	0	0

D = 1 กำหนดให้เปิดจอแสดงผล

C = 0 กำหนดให้ปิดเคอร์เซอร์

B = 0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่เคอร์เซอร์

จากนั้น โปรแกรมจะรอการกดสวิตช์จากผู้ใช้งานเพื่อเริ่มทำการตรวจวัดอุณหภูมิ หากมีการกดสวิตช์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณ ไปเริ่มการทำงานตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลโดยจะส่งสถานะ Low ออกทาง P2.6 ไปยังขา WR ของ A/D จากนั้นทำการตรวจเช็ค สัญญาณที่เข้ามาที่ P2.7 ซึ่งต่ออยู่กับ INTR ของ A/D โดยจะวนรอกว่าสถานะที่ขา P2.7 มีสถานะเป็น Low ซึ่งหมายถึง A/D ได้ทำการแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการส่งสถานะ Low ไปให้ RD เพื่อให้ A/D ปลดปล่อยข้อมูลออกมา

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลจาก A/D แล้วก็จะนำไปคำนวณเพื่อหาว่าข้อมูลที่รับได้มานั้นคือระดับแรงดันเท่าไร เปรียบเทียบเป็นอุณหภูมิแล้วมีค่าเท่าไร จากนั้นก็จะทำการส่งค่าอุณหภูมินั้นออกไปแสดงผลที่จอ LCD

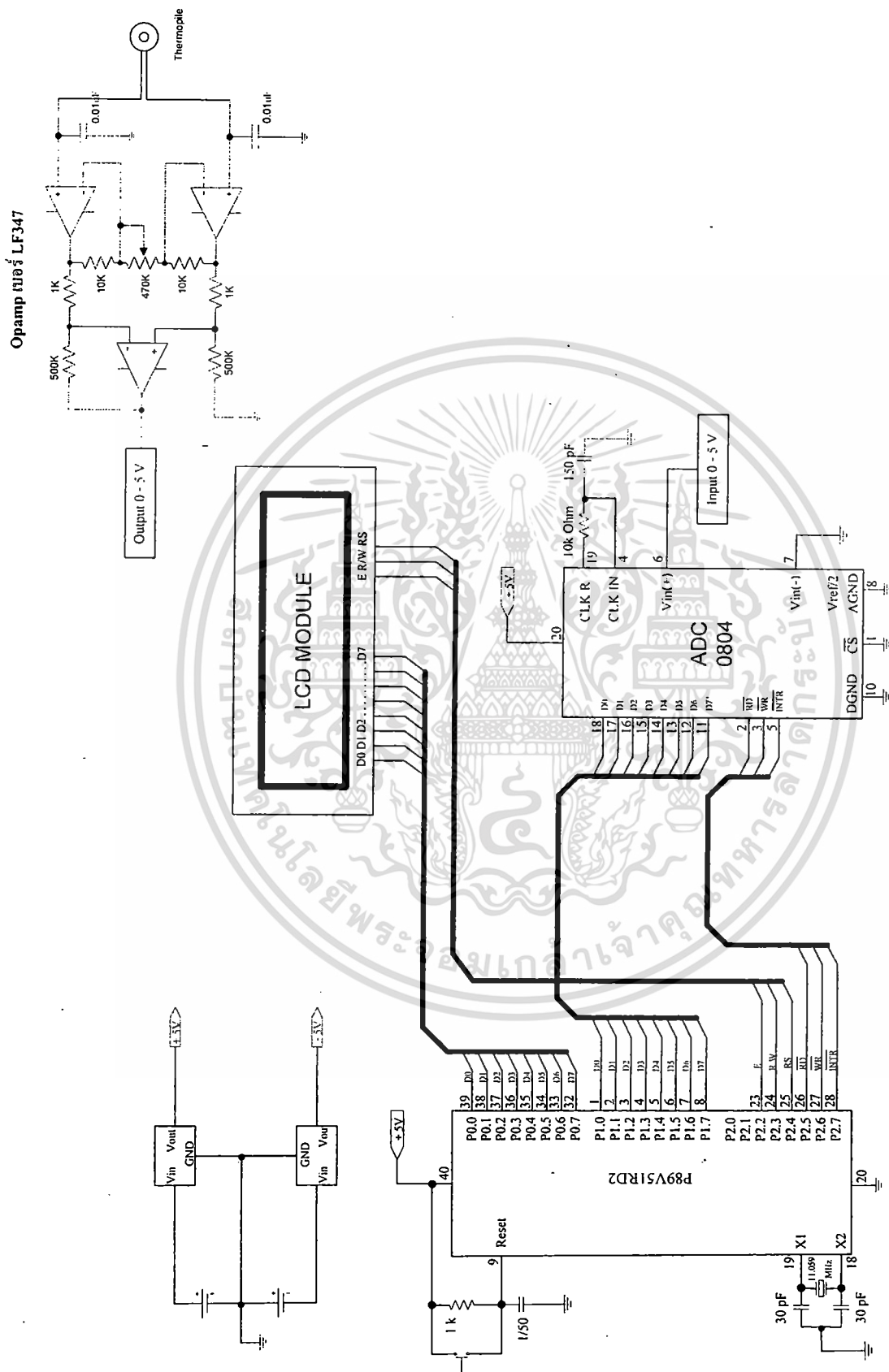
การแสดงผลบนจอ LCD นั้นจะมีวิธีแตกต่างจากการส่ง Command ไปยัง LCD Module เพียงเล็กน้อย โดยเปลี่ยนจาก RS= 0 เป็น RS= 1 เท่านั้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่ง Data ไปยัง Port P0
- ส่ง P2.0 = 1 (RS = 1)
- ส่ง P2.1 = 0 (R/W = 0)
- ส่ง P2.2 = 0 (E = 0)
- ส่ง P2.2 = 1 (E = 1)
- ส่ง P2.2 = 0 (E = 0)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

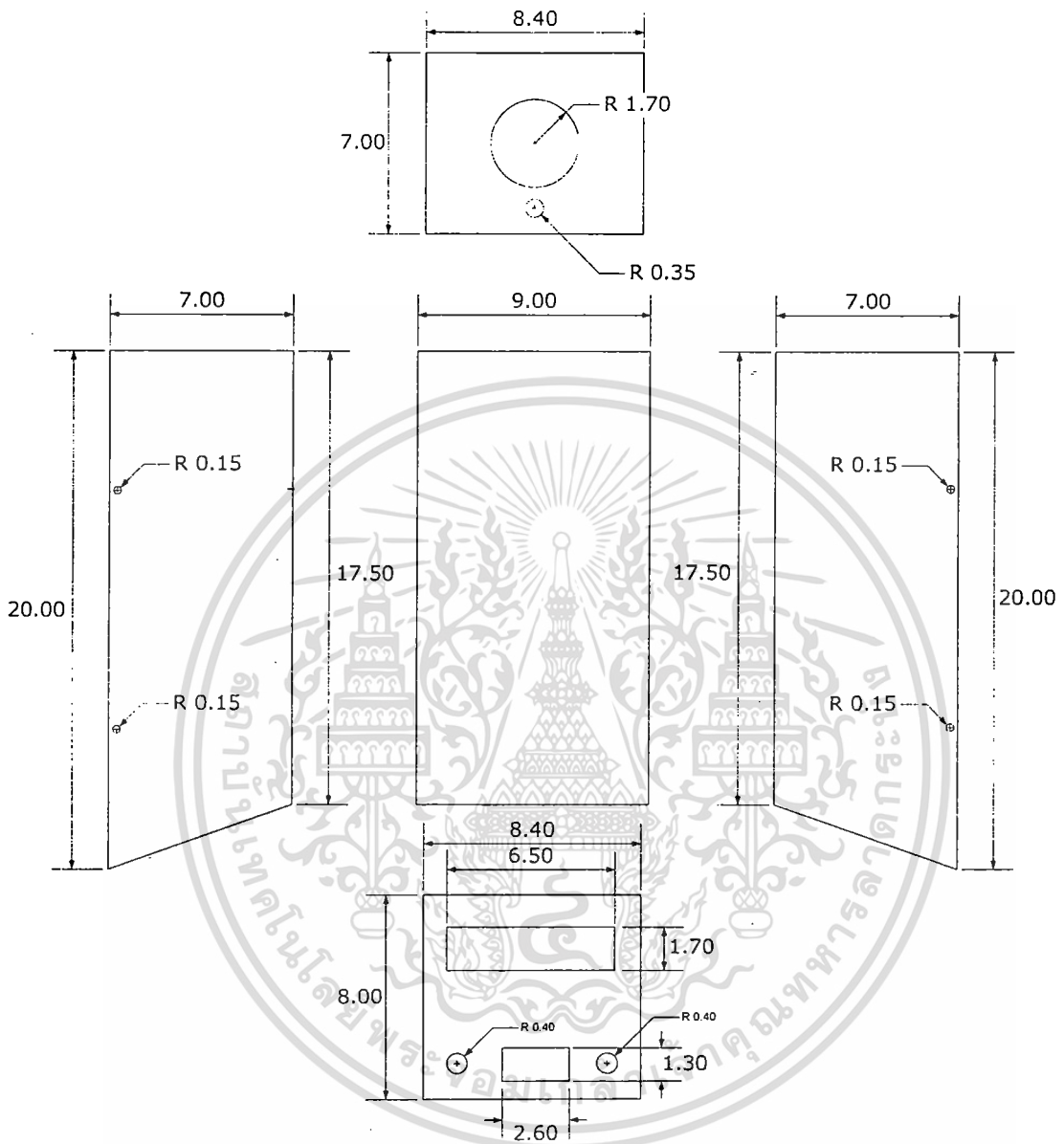


รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อวงจรโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

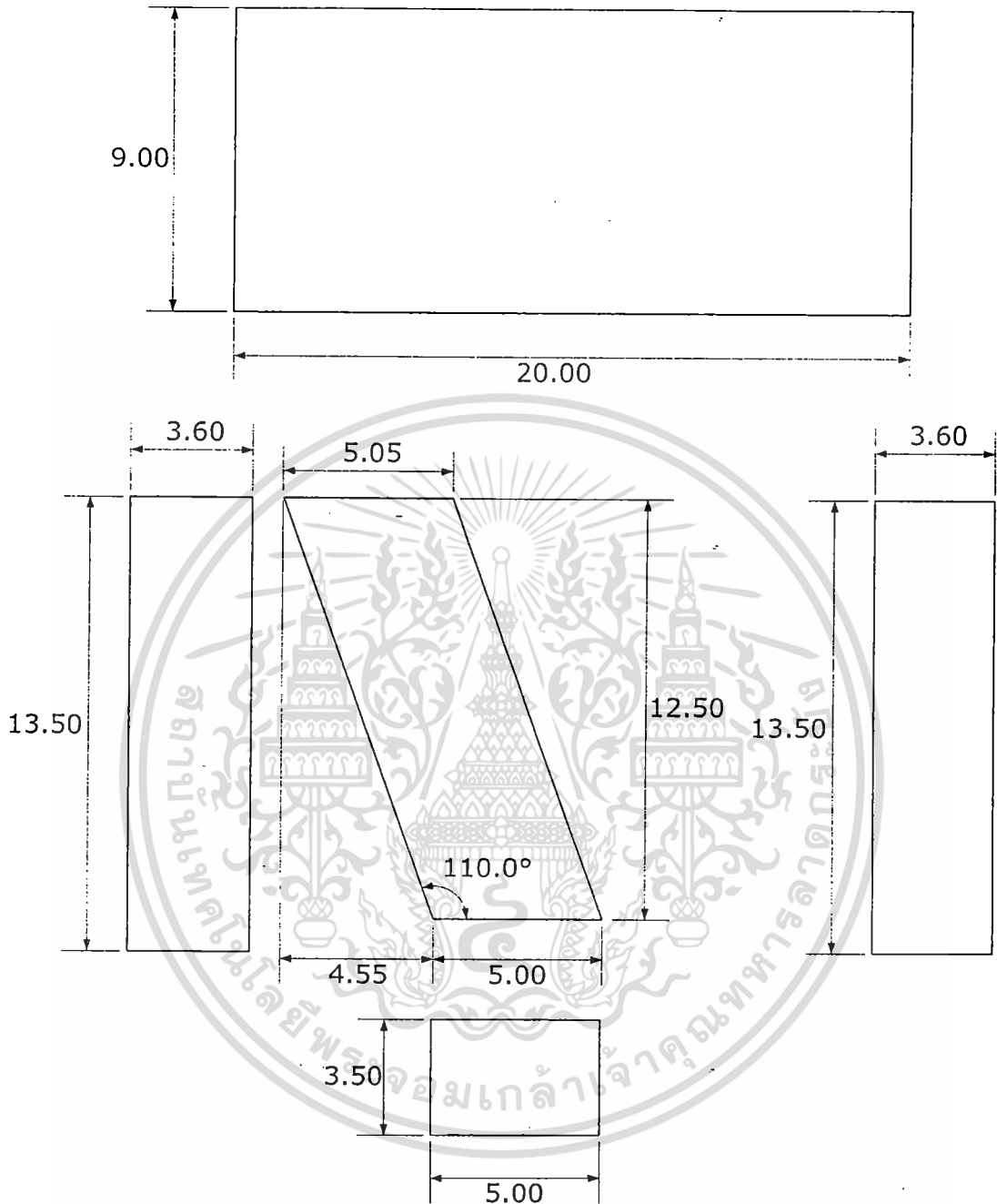
3.6.1 ขนาดของตัวกล่องด้านบน



รูปที่ 3.9 ขนาดของกล่องด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมด้ามจับ



รูปที่ 3.10 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมด้ามจับ

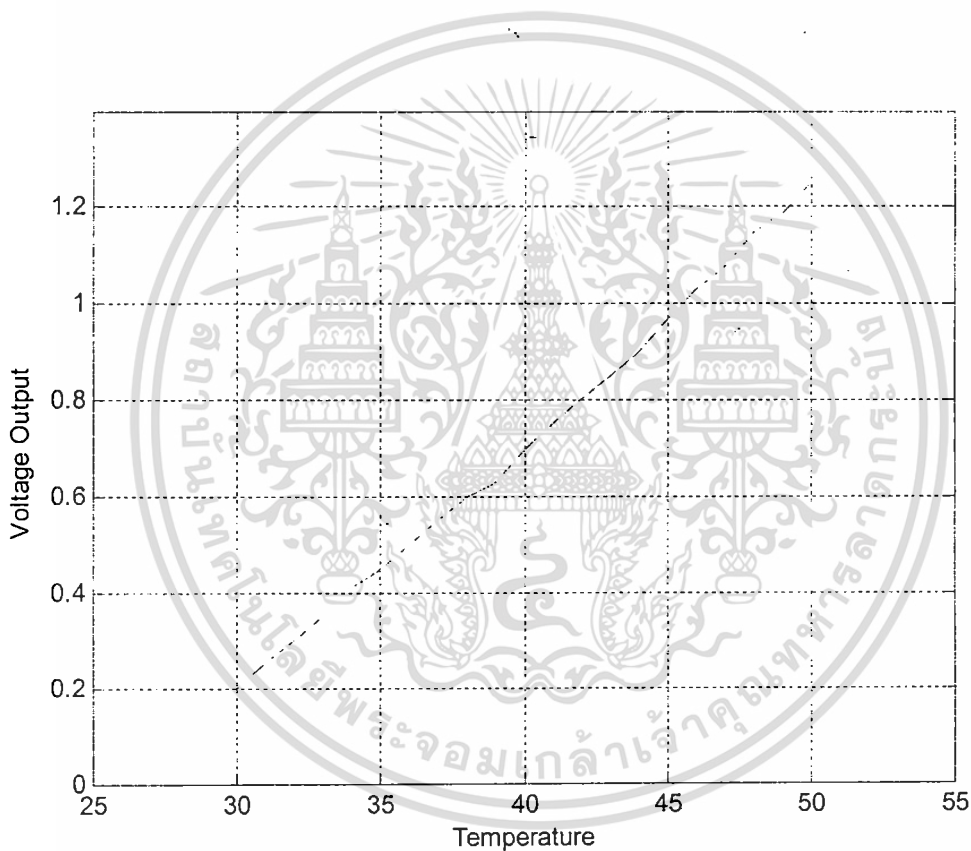
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR 9902

ในการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR 9902 โดยการป้อนความร้อนให้กับตัว SMTIR 9902 เพื่อทำการวัดแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากอุณหภูมิที่เข้ามา โดยในการทดลองได้ เพิ่มความร้อนขึ้นเป็นระยะๆ จากอุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียสเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ทำการทดลองวัดที่อุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังนี้



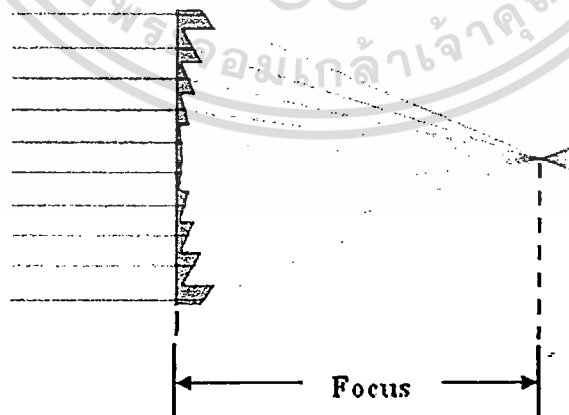
รูปที่ 4.1 ผลการวัดแรงดันที่ได้จากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902
เทียบกับอุณหภูมิในช่วง 30-45 องศาเซลเซียส

4.2 การทดลองหาตำแหน่ง Focus ของ IR เลนส์

วาง IR เลนส์ ไว้หน้าเซ็นเซอร์ แล้วให้แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ห่างจากเลนส์ในระยะพอเหมาะ ค่อยๆ ขยับเซ็นเซอร์ให้ห่างจากเลนส์ สังเกตแรงดันที่เอาต์พุทของวงจรขยายสัญญาณ ทำการบันทึกตำแหน่งที่เอาต์พุทของวงจรขยายสัญญาณ มีแรงดันมากที่สุด ได้ระยะ Focus ที่ 1 นิ้ว



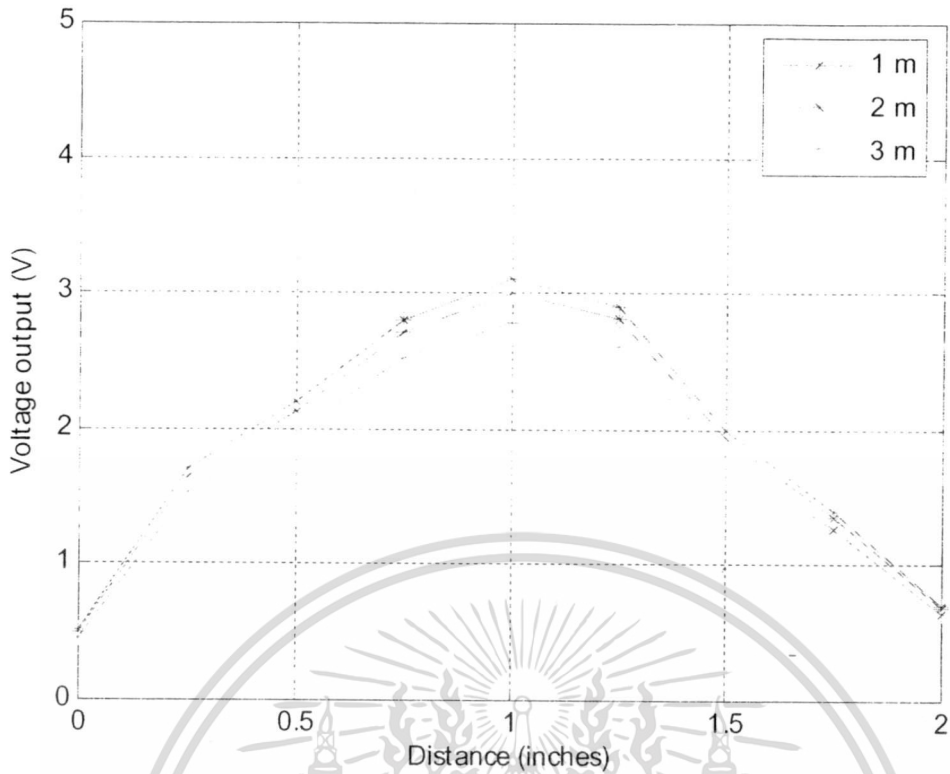
(ก.) กราฟค่าแรงดัน เมื่อวางเลนส์ไว้หน้าเซ็นเซอร์ที่ระยะต่างๆ



(ข.) โฟกัสของ อินฟราเรดเลนส์

รูปที่ 4.2 การหาระยะโฟกัสของอินฟราเรดเลนส์ [6]

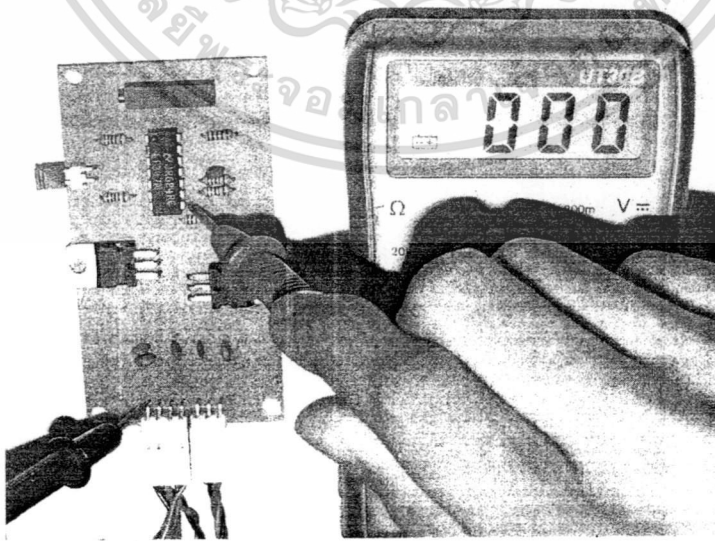
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าแรงดัน เมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งของแหล่งกำเนิดความร้อน

4.3 การทดลองวงจรขยายสัญญาณ

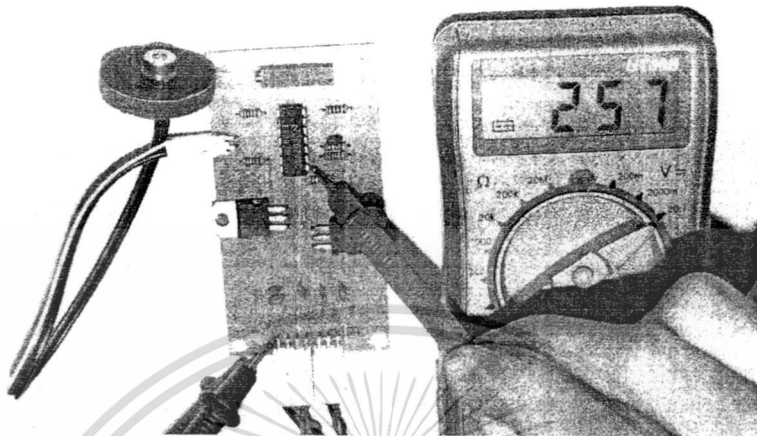
ทำการวัดแรงดันที่ด้านเอาต์พุตปรับ VR จนได้แรงดันที่เอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์โวลต์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.4 การวัดเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นใช้เซ็นเซอร์ที่ต่อร่วมกับวงจรมัลติสัญญาณ วัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส ทำการวัดสัญญาณที่เอาต์พุตของวงจรมัลติสัญญาณ ดังรูปที่ 4.2 ได้แรงดันประมาณ 2.5 โวลต์



รูปที่ 4.5 การวัดเอาต์พุตของวงจรมัลติสัญญาณเมื่อต่อกับเซ็นเซอร์แล้วนำไปวัดแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส

4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

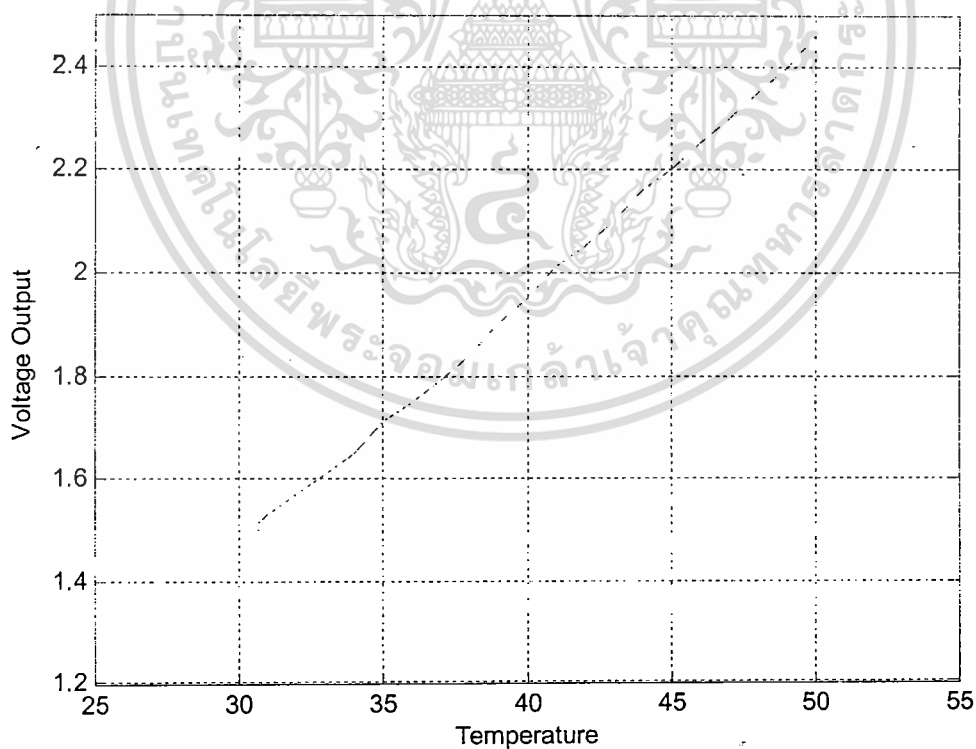
จากรูปที่ 4.5 เป็นผลการทดลองที่ได้ทำการต่อเอาต์พุตของวงจรมัลติสัญญาณเข้ากับอินพุตของวงจร A/D จากนั้นนำไปวัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนโดยค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ ทำการบันทึกค่าแรงดันที่ได้จากวงจรมัลติสัญญาณ และบันทึกเลขฐานสองที่ได้จาก A/D ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

อุณหภูมิอ้างอิง (องศาเซลเซียส)	แรงดันเอาต์พุตของ วงจรมัลติสัญญาณ (V)	เลขฐานสอง ที่ได้จาก A/D							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
30	1.48	0	1	0	0	1	1	0	1
31	1.53	0	1	0	0	1	1	1	1
32	1.57	0	1	0	1	0	0	1	0
33	1.61	0	1	0	1	0	1	0	0
34	1.65	0	1	0	1	0	1	1	0
35	1.71	0	1	0	1	1	0	1	0
36	1.75	0	1	0	1	1	1	0	0

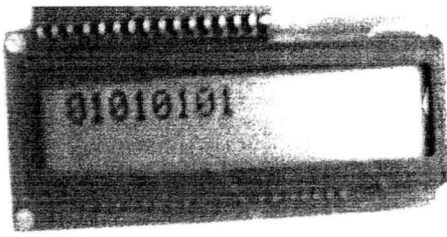
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37	1.79	0	1	0	1	1	1	1	0
38	1.84	0	1	1	0	0	0	0	0
39	1.90	0	1	1	0	0	1	0	0
40	1.95	0	1	1	0	0	1	1	0
41	2.01	0	1	1	0	1	0	0	1
42	2.05	0	1	1	0	1	0	1	1
43	2.10	0	1	1	0	1	1	1	0
44	2.16	0	1	1	1	0	0	0	1
45	2.20	0	1	1	1	0	0	1	1
46	2.25	0	1	1	1	0	1	1	0
47	2.30	0	1	1	1	1	0	0	1
48	2.35	0	1	1	1	1	0	1	1
49	2.40	0	1	1	1	1	1	1	0
50	2.46	1	0	0	0	0	0	0	1

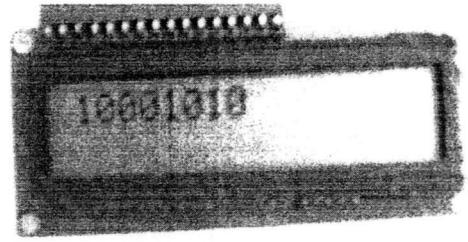


รูปที่ 4.6 ผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิด
ในช่วงอุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) วัตต์อุณหภูมิ 33 °C



(ข.) วัตต์อุณหภูมิ 55 °C

รูปที่ 4.7 เลขฐานสองที่ได้จากวงจร A/D



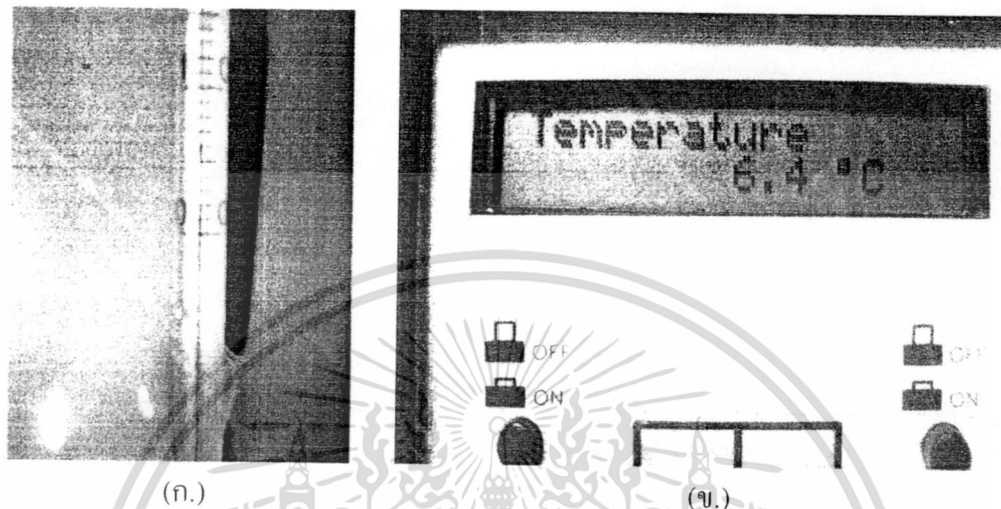
รูปที่ 4.8 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสเมื่อเทียบกับไม้บรรทัดขนาด 1 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอ้างอิงกับเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง

ตัวอย่างการวัดอุณหภูมิ

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 6 °C



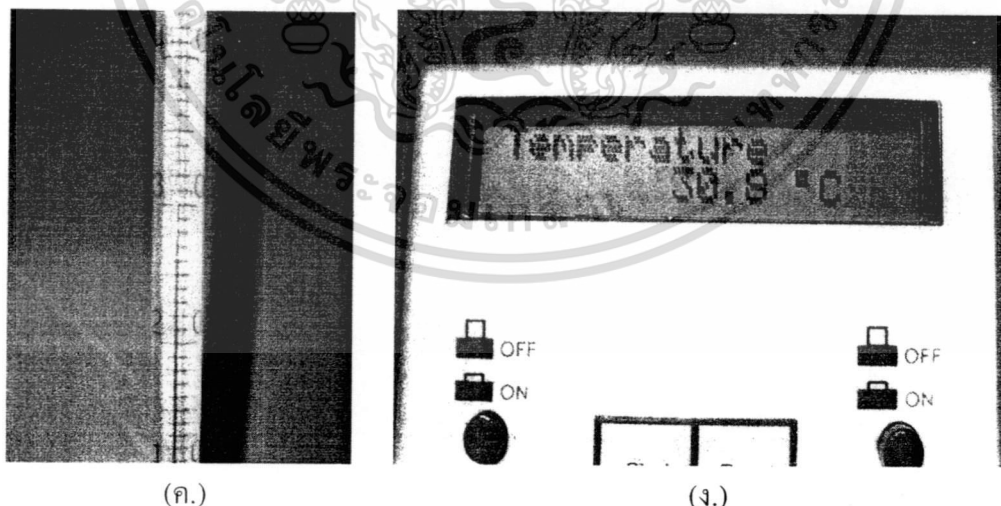
(ก.)

(ข.)

(ก.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 6 °C

(ข.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 6.4 °C

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 30 °C -



(ค.)

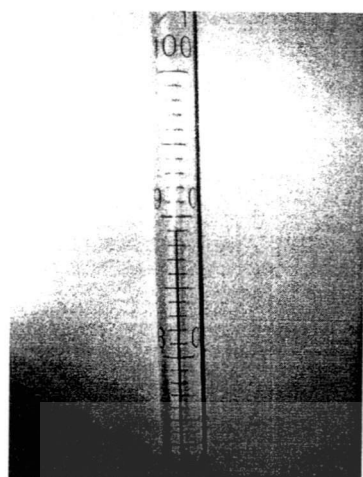
(ง.)

(ค.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 30 °C

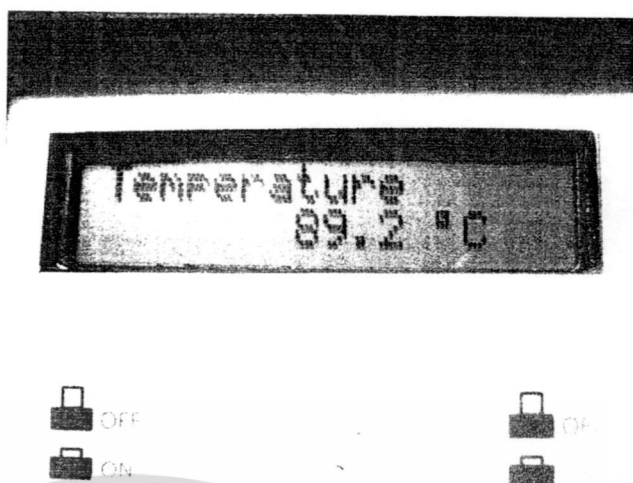
(ง.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 30.8 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 89 °C



(จ.)



(ฉ.)

(จ.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 89 °C

(ฉ.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 89.2 °C

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดระหว่างปรอท กับ เครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิด

อุณหภูมิอ้างอิง (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง (องศาเซลเซียส)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
30	30.4	29.6	30.8	30.27
31	31.2	31.2	31.6	31.33
32	32.4	32.8	32.0	32.40
33	33.2	33.6	33.6	33.47
34	34.0	34.4	34.4	34.27
35	34.8	35.2	34.8	34.93
36	36.4	36.4	36.4	36.40
37	37.2	36.8	37.6	37.20
38	37.6	37.6	38.0	37.73
39	38.8	39.2	38.8	38.93
40	40.4	40.8	40.4	40.53
41	41.2	41.6	41.2	41.33
42	42.0	42.4	42.4	42.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43	43.2	43.6	44.0	43.60
44	44.4	44.8	44.4	44.53
45	44.8	45.2	44.8	44.93
46	46.4	46.4	45.6	46.13
47	47.2	46.8	47.6	47.20
48	48.4	48.4	48.8	48.53
49	48.8	49.2	48.8	48.93
50	50.4	50.8	51.2	50.80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการทดสอบในขั้นตอนต่างๆ และ ทำการปรับปรุงแก้ไขจนมีความถูกต้อง ช่วงของอุณหภูมิที่วัดจาก เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสสามารถวัดอุณหภูมิได้แม่นยำในช่วง 30-50 องศาเซลเซียส ที่ระยะห่างจากวัตถุประมาณ 1 เมตร โดยมีความผิดพลาด $\pm 2^{\circ}\text{C}$

5.1 สรุปผลโครงการ

จากการดำเนินโครงการนี้ ทำให้ได้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส รวมทั้งอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และส่วนประกอบต่างๆดังนี้

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส
2. เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. ซอฟต์แวร์สำหรับการ Download โปรแกรมลงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2
4. ซอฟต์แวร์ที่ใช้เขียน โปรแกรม สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
5. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ Assembler โปรแกรม

5.2 ผลการทดสอบชิ้นงาน

1. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสที่สร้างขึ้นมีค่าผิดพลาดของอุณหภูมิดังนี้
 - 1.1 ช่วงอุณหภูมิ 0-29 $^{\circ}\text{C}$ มีความผิดพลาด $\pm 3^{\circ}\text{C}$
 - 1.2 ช่วงอุณหภูมิ 30-50 $^{\circ}\text{C}$ มีความผิดพลาด $\pm 2^{\circ}\text{C}$
 - 1.3 ช่วงอุณหภูมิ 51-95 $^{\circ}\text{C}$ มีความผิดพลาด $\pm 4^{\circ}\text{C}$
2. ระยะของการวัดมีผลต่อแอมป์ลิจูดของ IR Sensor เนื่องจาก Sensor มีลักษณะเหมือนลำของไฟฉาย ดังนั้นที่ระยะไกลออกไปลำของ Sensor จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลทำให้แอมป์ลิจูดของ IR Sensor ลดลง

บรรณานุกรม

- [1] รศ. ชีรวัฒน์ ประกอบผล. ภาษาแอสแซมบลีสำหรับ MCS-51. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546
- [2] บริษัท ออโต้อินโฟ จำกัด. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส. [Online]. Available : <http://www.auto-info.co.th>
- [3] มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [Online]. Available : <http://www.en.kku.ac.th/th/>
- [4] มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ทฤษฎีไพโรเมตรี. [Online]. Available : <http://classroom.psu.ac.th>
- [5] รศ. สมยศ จุณณะปิยะ. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51. พิมพ์ครั้งที่ 5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
- [6] Fresneltech. **Fresnel Lenses** [Online]. Available : <http://www.fresneltech.com>
- [7] Fuji & Co. [Online]. Available : <http://www.fuji-piezo.com/>
- [8] GE Industrial System. **Thermomatics**. [Online]. Available : <http://www.thermomatics.com>
- [9] Smartec. [Online]. Available : <http://www.smartec.nl>

1.