

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

Contactless Digital Thermometer



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรับงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผ่านการตรวจรับแล้วใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี (ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส
Contactless Digital Thermometer



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

Contactless Digital Thermometer

ผู้จัดทำ 1. นายจิรัชย์ ปัญญาขย 47015741

2. นายเฉลิมวุฒิ ราชคม 47015742

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสชนิดมือถือ โดยใช้หลักการแพรรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ โดยเฉพาะวัตถุที่ไม่สามารถสัมผัส หรือ เข้าใกล้ได้ เพียงส่องไปที่วัตถุก็สามารถอ่านค่าบนจอ LCD ได้ทันทีเครื่องมือวัดจะรับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกัน 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
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเป็นผลสำเร็จได้ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านบูรพคณาจารย์ทั้งหลาย ผู้เขียนเอกสารและตำราอ้างอิงต่างๆ โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พรหมมี และ รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ ที่ช่วยให้คำแนะนำข้อคิดเห็นที่คิดตลอดมา ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจคอยให้ข้อคิดเห็นมาตลอด ที่สำคัญต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ท้ายสุดขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่กรุณา ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงแนวทางการคิดและแนวทางการปฏิบัติให้แก่ผู้จัดทำ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จผลตามเป้าหมาย

คุณความดีใดๆ ที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์วิชาความรู้ให้

นาย จิรัชย์ ปัญญาอง

นาย เฉลิมวุฒิ ราชคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญรูป.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานอย่างไร.....	3
2.2 วัดอุณหภูมิอย่างไรจึงได้ค่าที่ถูกต้อง.....	4
2.3 หลักการของไพโรเมตรี (Pyrometry Theory).....	4
2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ.....	6
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	9
2.5.1 หน่วยความจำโปรแกรม.....	9
2.5.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก.....	9
2.5.3 หน่วยความจำข้อมูลภายใน.....	10
2.5.4 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51.....	10
2.6 การแสดงผลทาง LCD.....	10
2.6.1 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล.....	11
2.7 การใช้งาน LCD โมดูลเบื้องต้น.....	12
2.8 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ด้วยไอซีเบอร์ ADC 0804.....	14
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง.....	16
3.1 หลักการทั่วไป.....	16
3.2 การออกแบบวงจรขยาย และตัวตรวจวัดอุณหภูมิ.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.2.1 การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสที่อยู่ในวงจร Instrumentation Amplifier.....	17
3.2.2 การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่อยู่ในวงจร Instrumentation Amplifier.....	18
3.3 การออกแบบตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	19
3.4 การออกแบบส่วนแสดงผลด้วย LCD Module.....	20
3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
3.6 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส.....	25
3.6.1 ขนาดของตัวกล่องด้านบน.....	25
3.6.2 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมทั้งด้ามจับ.....	26
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง.....	27
4.1 ผลการทดลองตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR 9902.....	27
4.2 การทดลองหาดำแหน่ง Focus ของ IR เลนส์.....	28
4.3 การทดลองวงจรขยายสัญญาณ.....	29
4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	30
4.5 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอ้างอิงกับเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง.....	33
บทที่ 5 สรุปผล และ วิจารณ์.....	36
5.1 สรุปผลโครงการ.....	36
5.2 ผลการทดสอบชิ้นงาน.....	36
5.3 ปัญหา และ อุปสรรค.....	36
5.4 แนวทางการพัฒนา และแก้ไขชิ้นงาน.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	39
ภาคผนวก.....	40
ภาคผนวก ก.....	41
ภาคผนวก ข.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่า Emissivities ของวัสดุบางชนิด.....	5
2.2 รูปแบบของคำสั่งควบคุมและการเขียนข้อมูลรวมทั้งสภาวะของขาสัญญาณต่างๆ ที่ จำเป็น.....	13
2.3 รูปแบบของคำสั่งควบคุมและการเขียนข้อมูล.....	14
2.4 ความหมายและการทำงานของแต่ละขาของ ADC 0804.....	15
4.1 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล.....	30
4.2 ผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิด.....	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนของระบบตรวจวัดอุณหภูมิ.....	1
2.1 โครงสร้างของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902.....	6
2.2 การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด.....	7
2.3 การรับรังสีของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและช่วงของความยาวคลื่น.....	7
2.3 (ต่อ) การรับรังสีของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและช่วงของความยาวคลื่น.....	8
2.4 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล.....	11
2.5 ขั้นตอนการควบคุม LCD โมดูล.....	12
2.6 การจัดวางขาของ ADC 0804.....	15
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ.....	16
3.2 วงจร Instrumentation Amplifier.....	17
3.3 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier.....	17
3.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier.....	18
3.5 วงจรขยายแบบ Instrumentation amplifier ที่ใช้งานจริง.....	19
3.6 การเชื่อมต่อระหว่าง ADC 0804 กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	20
3.7 การเชื่อมต่อระหว่าง LCD Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
3.8 การเชื่อมต่อวงจรโดยรวม.....	24
3.9 ขนาดของกล่องด้านบน.....	25
3.10 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมกับด้ามจับ.....	26
4.1 ผลการวัดแรงดันที่ได้จากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 เทียบกับอุณหภูมิในช่วง 30-45 องศาเซลเซียส.....	27
4.2 การหาระยะโพกัสของอินฟราเรดเลนส์.....	28
4.3 ค่าแรงดัน เมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งของแหล่งกำเนิดความร้อน.....	29
4.4 การวัดเอาต์พุตของวงจขยายสัญญาณ.....	29
4.5 การวัดเอาต์พุตของวงจขยายสัญญาณเมื่อเทียบกับเซนเซอร์ แล้วนำไปวัดแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส.....	30

4.6 ผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิด ในช่วงอุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส.....	31
4.7 เลขฐานสองที่ได้จากวงจร A/D.....	32
4.8 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ ไม่สัมผัสเมื่อเทียบกับ ไม้มรตคขนาด 1 ฟุต.....	32
4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดระหว่างปรอท กับ เครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง.....	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

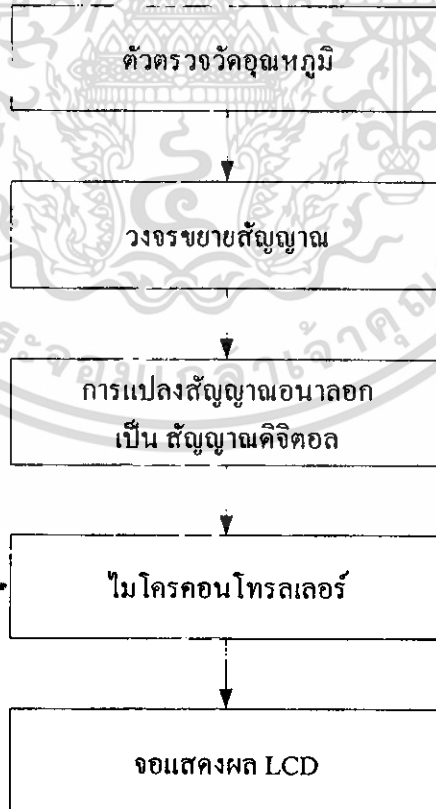
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การวัดอุณหภูมิโดยทั่วไป มีอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการวัดมากมายหลายชนิด เช่นการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท วัดอุณหภูมิร่างกายยังมีข้อด้อยในการใช้งานคือ จุดบริเวณที่ต้องการวัดไม่มีความสะดวก และเวลาในการอ่านค่าอุณหภูมิเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนต้องใช้เวลา

ดังนั้นคณะผู้จัดทำ จึงเห็นปัญหาจึงมีแนวคิดที่ออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อที่จะวัดได้ค่าอุณหภูมิเร็วขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีอินฟราเรด (Infrared) ใช้งานง่ายเพียงส่องไปที่วัตถุก็สามารถอ่านค่าจากจอ LCD ได้ทันที

เริ่มจากฮาร์ดแวร์ตรวจจับอุณหภูมิแล้วส่งผลในรูปของสัญญาณอนาลอก แล้วทำการแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิทัล แล้วนำข้อมูลดิจิทัลไปเขียนโปรแกรมควบคุม แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอ LCD



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนของระบบตรวจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ผู้ใช้ที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เรียนรู้ทำความเข้าใจและสามารถเลือกใช้ตัวตรวจวัดอุณหภูมิได้อย่างเหมาะสม ศึกษา ออกแบบและสร้างวงจรขยายสัญญาณและวงจรรองความถี่ต่ำ
- 1.2.2 ศึกษาการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล
- 1.2.3 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language Programming)
- 1.2.4 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงผลออกทางจอ LCD

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ใช้ Thermopile ในการรับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุ
- 1.3.2 ใช้บอร์ด Microcontroller MCS - 51 ในการควบคุมการทำงานโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม
- 1.3.3 ใช้ LCD เป็นตัวแสดงผล 2 แถว
- 1.3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิสามารถทำการวัดได้ระยะทางไม่เกิน 1 เมตร จากเครื่องถึงวัตถุ
- 1.3.5 สามารถวัดอุณหภูมิอยู่ในช่วง 0-100 องศา

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทำให้นักศึกษาเข้าใจหลักการของการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุ
- 1.4.2 ทำให้นักศึกษาสามารถประยุกต์หลักการของการแผ่รังสีความร้อนเพื่อสร้างเครื่องมือทำการตรวจจับปริมาณของรังสีความร้อน
- 1.4.3 ทำให้นักศึกษาได้ทบทวนความรู้เดิมในเรื่องการควบคุม Microcontroller
- 1.4.4 ทำให้นักศึกษาได้นำความรู้เดิมมาใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม Microcontroller
- 1.4.5 สามารถวัดอุณหภูมิโดยไม่สัมผัสกับวัตถุ
- 1.4.6 ลดอันตรายจากการวัดอุณหภูมิที่จะต้องเข้าไปวัดที่วัตถุโดยตรง
- 1.4.7 สะดวกต่อการใช้งานกรณีการวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสเข้าไปถึงตัววัตถุยาก
- 1.4.8 อำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้
- 1.4.9 ทำให้นักศึกษาเกิดความสามัคคี ความรับผิดชอบในหมู่คณะ รู้จักการวางแผน และ แก้ไขปัญหาในการทำงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

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

2.1 อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานอย่างไร

การที่เราจะรู้ว่าวัตถุชิ้นนั้นมีอุณหภูมิเท่าไรเราสามารถทำได้ 3 หลักการคือการนำการพาและการแผ่รังสีความร้อนยกตัวอย่างเช่น เรามีแก้วกาแฟที่ใส่กาแฟร้อนอยู่มีควันลอยขึ้นมาจากแก้วเราอยากทราบว่าแก้วนั้นร้อนหรือไม่เราก็สามารถทำได้ 3 แบบ คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วัดอุณหภูมิอย่างไรจึงได้ค่าที่ถูกต้อง

มีองค์ประกอบหลายอย่างคือ Emissivity, Distance to spot size, Field of view

- Emissivity วัดทุกชนิดมีการสะท้อนแสงต่างกันบางชนิดสะท้อนมาก บางชนิดสะท้อนน้อย เราจึงต้องปรับค่าๆ หนึ่งที่เครื่องมือวัดเพื่อชดเชยการสะท้อนของวัตถุนั้น 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 และยังมีการเปลี่ยนสีจากแดงหม่นเป็นส้มแล้วเหลือง 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 เราจะรู้สึกถึงการแผ่ความร้อนได้โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง เราทราบต่อไปว่ามีการแผ่รังสีพลังงานออกมาในช่วงหนึ่งของอุณหภูมิจากประสาทสัมผัสของเรา แม้ว่าเราอาจรับรู้ได้ไม่ตื้นที่อุณหภูมิต่ำแต่ในกรณีที่มีผนังเย็นอยู่ในห้อง คนเราก็รู้สึกได้ เนื่องจากความร้อนกำลังแผ่ออกจากร่างกายไปยังผนังนั้น การส่งผ่านพลังงานในลักษณะนี้ไม่ต้องมีตัวกลางมาคั่น และความจริงแล้วถ้ามีอะไรมาคั่นกลางจะส่งผลกระทบต่อ การส่งผ่านพลังงานที่กำลังพูดถึง ส่งออกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือโฟตอนที่เกิดขึ้นที่ด้วยความเร็วแสง วัตถุทุกอย่างแผ่ (emit) และดูดกลืน (absorb)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นเป็นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

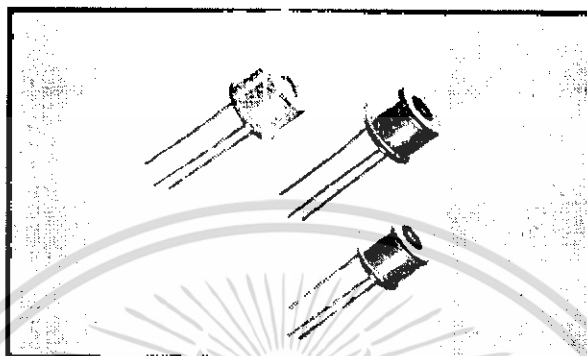
สำหรับแผ่นสะท้อนอุดมคติที่ทำการขัดเงาผิววัตถุอย่างดีจะมีค่า $\rho \sim 1$ ส่วนก๊าซหลายชนิดเป็นสารที่มีลักษณะการส่งผ่านได้สูงซึ่งจะให้ค่า $\tau \sim 1$ นอกจากนั้นรูเปิดขนาดเล็กของห้องใหญ่ภายในมีลักษณะใกล้เคียงตัวดูดกลืนอุดมคติหรือวัตถุดำ (blackbody) ซึ่ง $\alpha \sim 1$ วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลการแผ่รังสีกับภาวะแวดล้อม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

ตารางที่ 2.1 ค่า Emissivities ของวัสดุบางชนิด

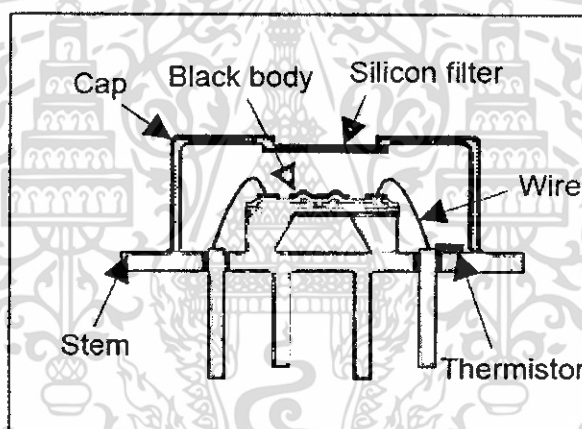
Surface	อุณหภูมิ, °C	Emissivity
Polished silver	225-625	0.0198-0.0324
Platinum filament	25-1225	0.036-0.192
Polished nickel	23	0.045
Aluminum foil	100	0.087
Concrete	21	0.63
Roofing paper	20	0.91
Plaster	10-88	0.91
Rough red brick	21	0.93
Asbestos paper	38-371	0.93-0.945
Smooth glass	22	0.937
Water	0-100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

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ

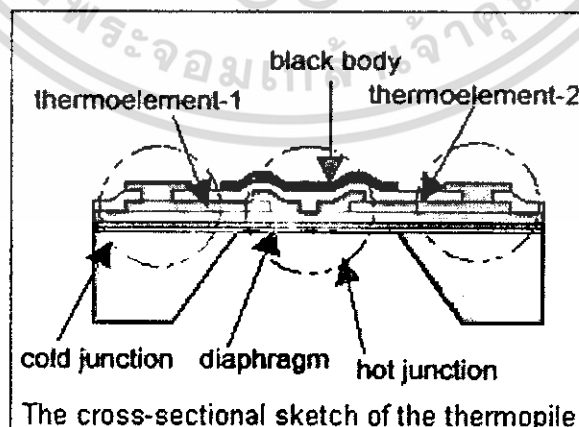
ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิมียุ่หลายชนิด สำหรับในโครงการนี้จะใช้ Infrared sensors เบอร์ SMTIR9902 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโครงสร้างของตัว Infrared sensors แสดงดังรูปที่ 2.1



(ก.) โครงสร้างภายนอกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [7]



(ข.) โครงสร้างภายในของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [8]

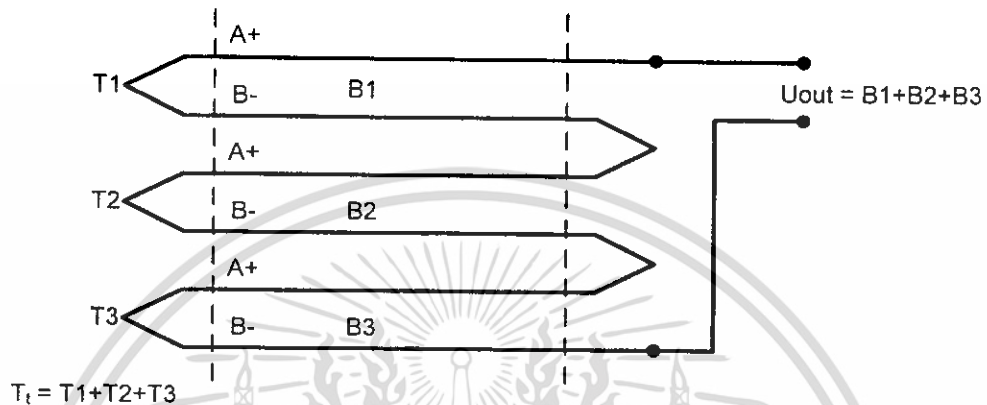


(ค.) โครงสร้างภายในของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 [8]

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

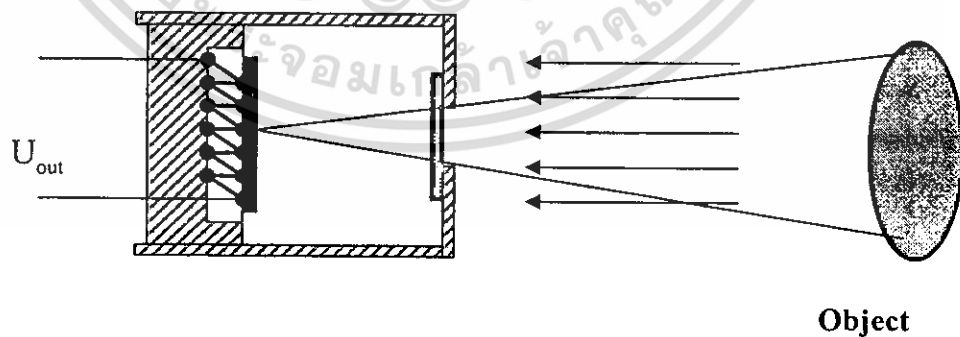
ตามคุณสมบัติของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902 นั้นจะให้เอาต์พุตเป็นแรงดัน โดยที่แรงดันที่ได้จะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น ซึ่งแตกต่างจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิส่วนใหญ่ที่แรงดันเอาต์พุตจะไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ SMTIR9902 จะมีการทำงานคล้ายกับตัวเทอร์โมคัปเปิล ก็จะนำเอาตัวเทอร์โมคัปเปิลหลายๆ ตัวมาต่ออนุกรมกันทำให้ค่าแรงดันที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด [9]

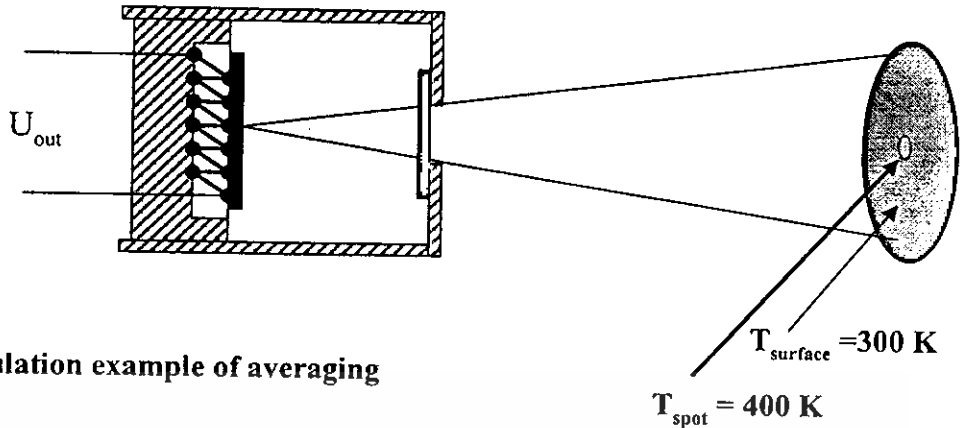
ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อแรงดันเอาต์พุตจาก SMTIR9902 จำแนกออกเป็นดังนี้

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



รูปที่ 2.3 การรับรังสีของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและช่วงของความยาวคลื่น [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

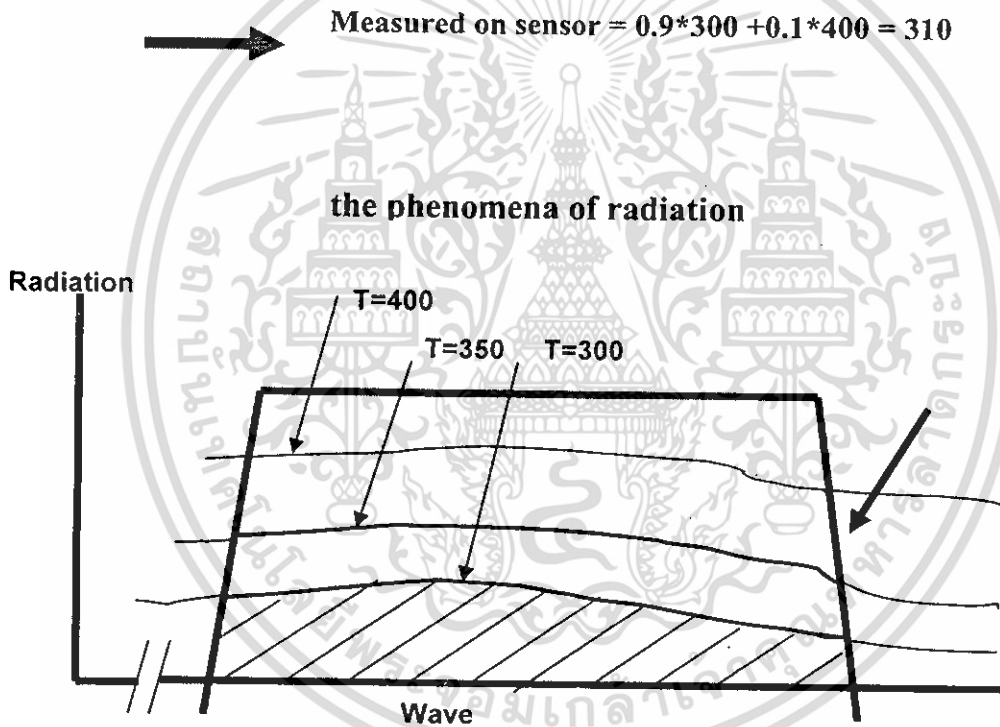


Calculation example of averaging

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไชเคิลการทำงานจะเป็นดังนี้

- 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 หลังจากตัวมันถูกรีเซตจะเริ่มดำเนินงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมนี้จะต้องใช้คำสั่ง MOVC นอกจากนี้ในหน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งแอดเดรสบางส่วนสำหรับเก็บโปรแกรมตอบสนองอินเทอร์รัพท์ เช่น แอดเดรส 0003H เป็นตำแหน่งของโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์จากภายนอก (INT0) เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัพท์เข้ามาทางขานี้ 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 รีจิสเตอร์แบบค์จำนวน 4 แบบค์ 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 หรือที่เรียกว่าเมกซ์ซินไซเคิล ซึ่งในตารางคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัว จะมีข้อมูลบอกไว้ว่าการทำคำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่เมกซ์ซินไซเคิล สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ที่เป็นมาตรฐานนั้น 1 เมกซ์ซินไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นถ้า MCS-51 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz แล้วการทำงาน 1 ไซเคิลจะมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวินาที หรือมีความเร็วในการทำงาน 1 MHz ถ้าหากต้องการให้ MCS-51 ตัวนั้นทำงานได้เร็วขึ้นจะต้องเพิ่มสัญญาณนาฬิกาให้กับตัวคอนโทรลเลอร์ สำหรับ MCS-51 บางเบอร์จะมีความเร็วมากขึ้นกว่าปกติ 2 เท่า เช่น เบอร์ P89C51RD2 เนื่องจากหนึ่งเมกซ์ซินไซเคิลของตัวคอนโทรลเลอร์จะใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 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 ไมโครเหล่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

หน่วยแสดงผลแบบ LCD โมดูลที่พบทั่วไปในท้องตลาดจะมีโครงสร้างที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยส่วนประกอบทั่วไปเป็นดังรูปที่ 2.4



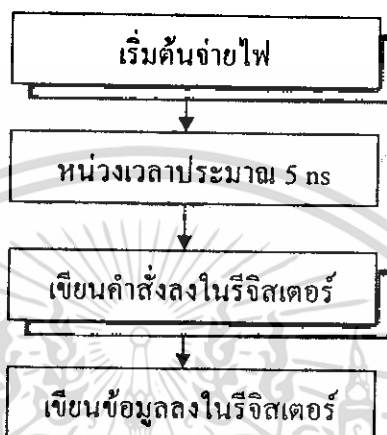
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

ส่วนที่เป็น LCD DOT MATRIX จะประกอบด้วยจุดขนาดเล็กจำนวนมาก โดยแต่ละจุดจะถูกบังคับให้ติดสว่างเป็นรูปร่างต่างๆด้วยวงจรขับส่วนหน่วยควบคุมจะประกอบด้วยหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ต่างๆ 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 แต่โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนนี้อาจไม่จำเป็นเสมอไป เพราะเมื่อนำ LCD ไปต่อกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อระบบได้รับพลังงานไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเสียเวลาทำงานต่างๆ ไปก่อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นานพอที่ LCD โมดูลจะรับคำสั่งต่างๆ ได้ขั้นตอนต่อไปจะต้องเขียนคำสั่งควบคุมต่างๆ ให้กับรีจิสเตอร์คำสั่งของ LCD โมดูล โดยมีคำสั่งหลายคำสั่งสำหรับกำหนดการทำงานของ LCD โมดูล เช่นต้องการให้รับข้อมูลแบบ 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								เวลาทำงาน	
			7	6	5	4	3	2	1	0		
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	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			

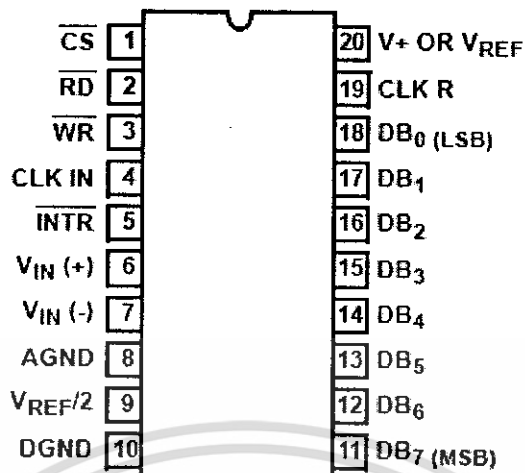
เราจะสรุปได้ว่าการเขียนข้อมูลให้กับ LCD โมดูล จะมีสองลักษณะคือเป็นคำสั่งและเป็นข้อมูล ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยขา RS ถ้าขา RS = 0 หมายความว่า เป็นคำสั่งควบคุม ถ้า RS = 1 หมายความว่า เป็นข้อมูลและในการเขียนข้อมูลตัว LCD โมดูลจะต้องใช้เวลาในการทำงานดังที่แสดงในตารางที่ 2.2 โดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบเวลาการทำงานของ LCD โมดูลได้ทางแฟล็ก BF (Busy Flag) ถ้าแฟล็ก BF เป็นลอจิก "0" หมายความว่า LCD โมดูลสามารถรับข้อมูลต่อไปได้ดังนั้นการเขียนข้อมูลทุกครั้งควรตรวจสอบแฟล็กนี้ด้วยรหัสควบคุมในตารางที่ 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



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"
V _{cc}	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 เพื่อทำให้เกิดการอออสซิเลทภายในค่าความถี่คำนวณจาก $f = (1/1.1) RC$ ถ้าใช้ R=10 KΩ และ C = 150 PF จะอออสซิเลทที่ความถี่ 606 KHz ทำให้ค่า Conversion Time ได้เท่ากับ 110 μS
WR	ใช้ Start A/D เพื่อเริ่มการ Conversion ขานี้ต้องกระตุ้นด้วย Low ขานี้มักต่อกับ WR ของ CPU เพื่อ่ายในการออกแบบ
RD	ใช้อ่านข้อมูลจาก A/D ไปเก็บโดยป้อนด้วย Low ขานี้มักจะต่อกับ RD ของ CPU เพื่อ่ายในการออกแบบ
Vref/2	ขานี้กำหนดช่วงกว้างแรงดันอินพุทที่เข้า A/D (Span ADJ) ถ้าปล่อยลอยก็จะรับอินพุทช่วงกว้างถึง 5V

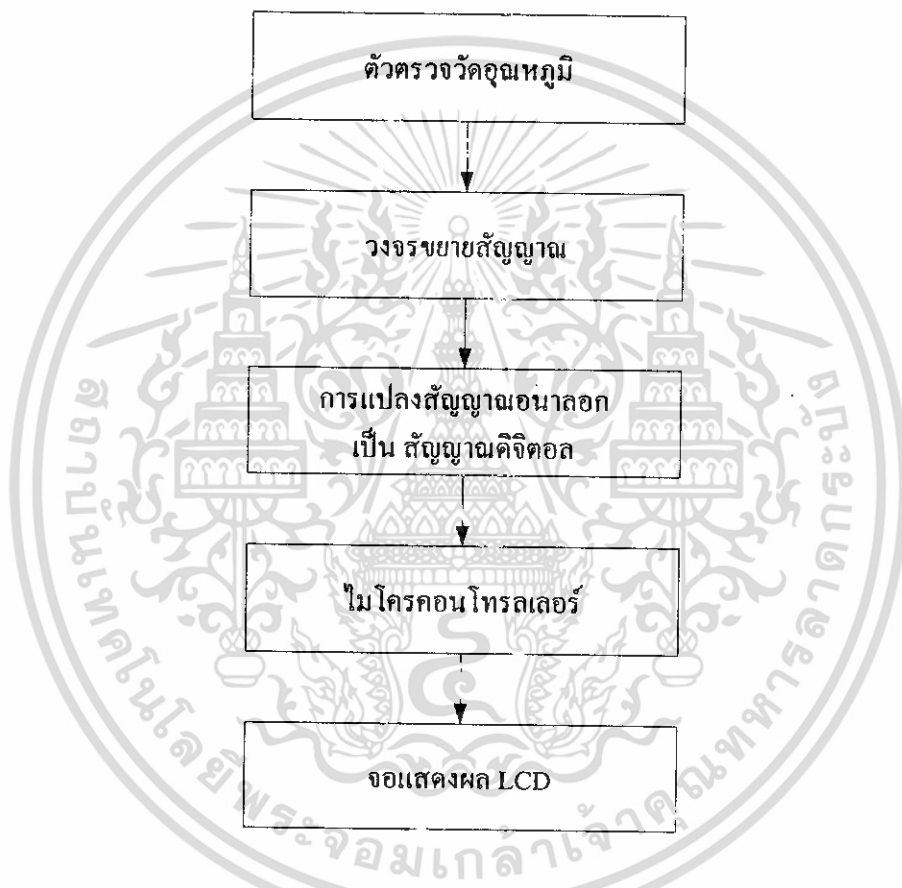
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ...
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 หลักการทั่วไป

จากบทนำในบทที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิได้ดังนี้

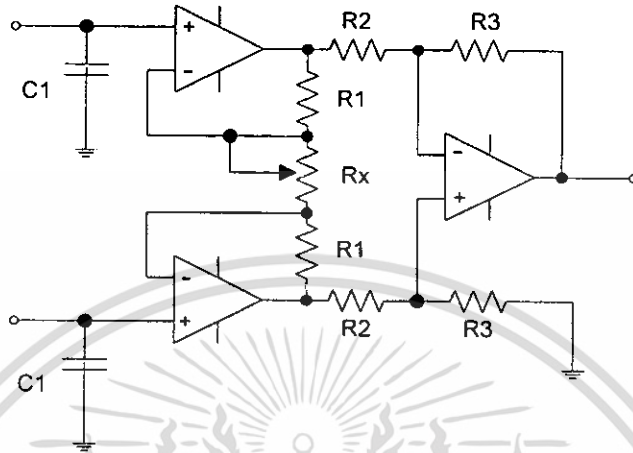


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ

3.2 การออกแบบวงจรขยาย และตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

วงจร Instrumentation Amplifier

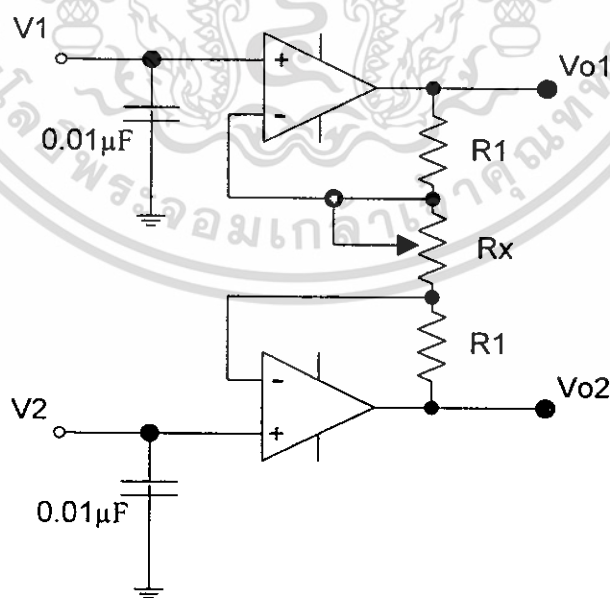
ตัวอย่างวงจร



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]

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

Differential output voltage

$$\begin{aligned} V_o &= V_{R_x} + 2 \cdot V_{R_1} \\ &= I \cdot R_x + 2 \cdot (I \cdot R_1) \end{aligned}$$

ดังนั้น

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

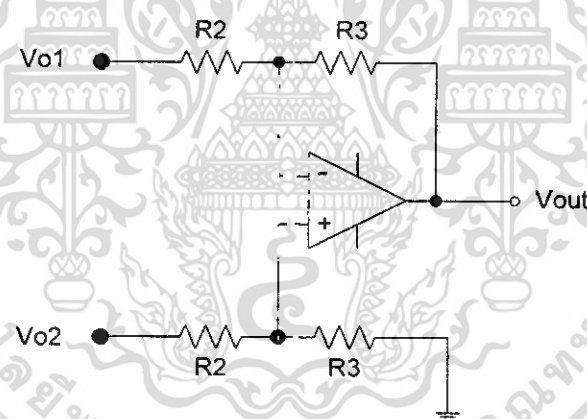
แทนค่า $I = V_{in} / R_x$ ในสมการที่ (3.1) จะได้

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

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

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

3.2.2 การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่อยู่ในวงจร Instrumentation Amplifier



รูปที่ 3.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

ที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร Instrumentation Amplifier [3]

ในการวิเคราะห์วงจรนี้จะใช้ทฤษฎีของ Super position จะได้

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

แทน (3.4) ในสมการที่ (3.3) จะได้

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

ดังนั้นอัตราขยายของวงจร Instrumentation Amplifier (A_d)

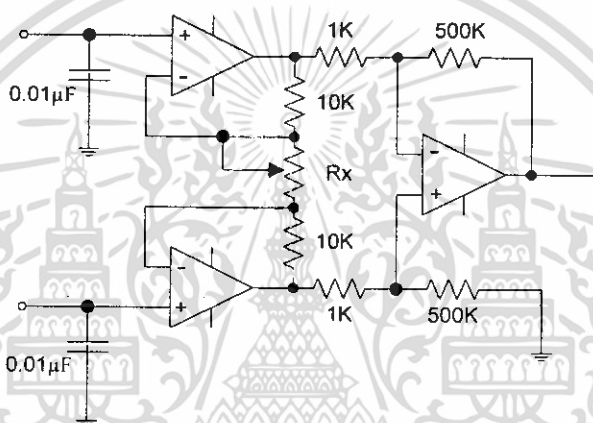
$$A_d = V_o / (V_{o2} - V_{o1}) = (1 + 2 \cdot (R_1 / R_x)) \cdot (R_3 / R_2) \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ $R_2 = R_3$ จะได้

$$A_d = (1+2*(R_2/R_1))$$

อัตราขยายของวงจร Instrumentation Amplifier สามารถกำหนดได้ด้วยอัตราส่วนของ $-(R_2/R_1)$ ในรูปที่ 3.3 เพื่อให้ได้อัตราขยายตามต้องการ การเลือกใช้ค่าความต้านทานสูงๆก็เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของวงจรรขยายสัญญาณขั้นต้นกล่าวคือความต้านทานขาเข้า ตัวต้านทาน R_1 ในรูปที่ 3.3 ใช้เพื่อปรับละเอียดเพื่อให้อัตราขยายของวงจรของออปแอมป์ส่วนหน้าทั้ง 2 เท่ากัน

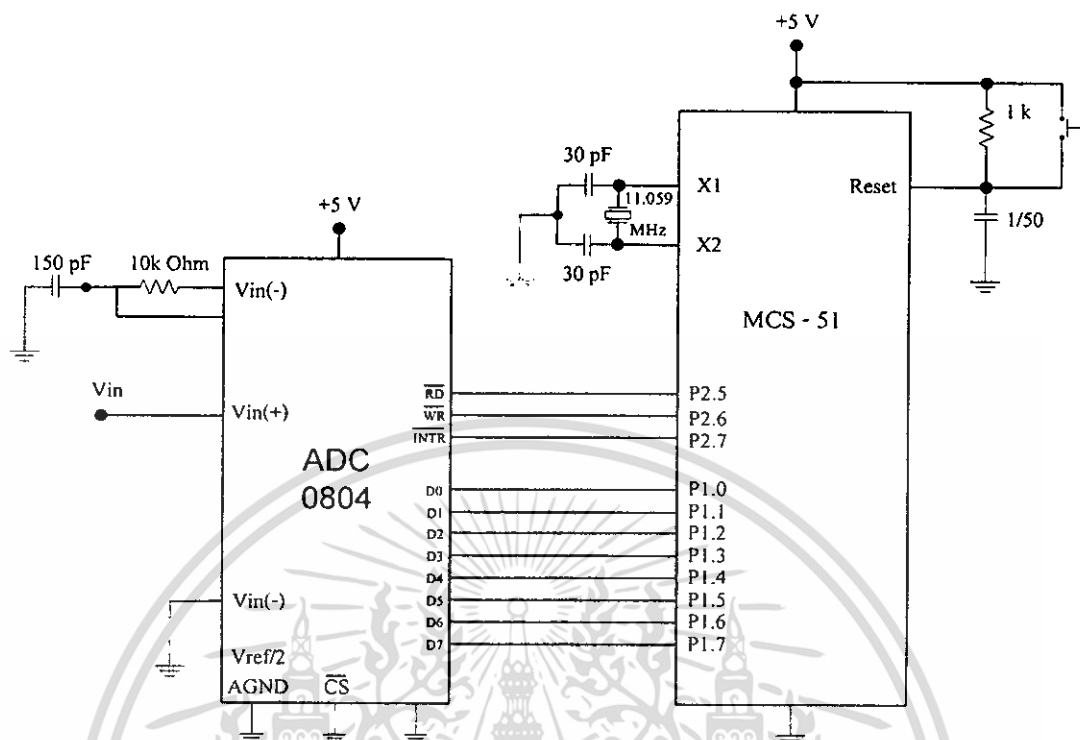


รูปที่ 3.5 วงจรรขยายแบบ Instrumentation amplifier ที่ใช้ในงานจริง [3]

3.3 การออกแบบตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในโครงงานนี้จะได้อิซีเบอร์ 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



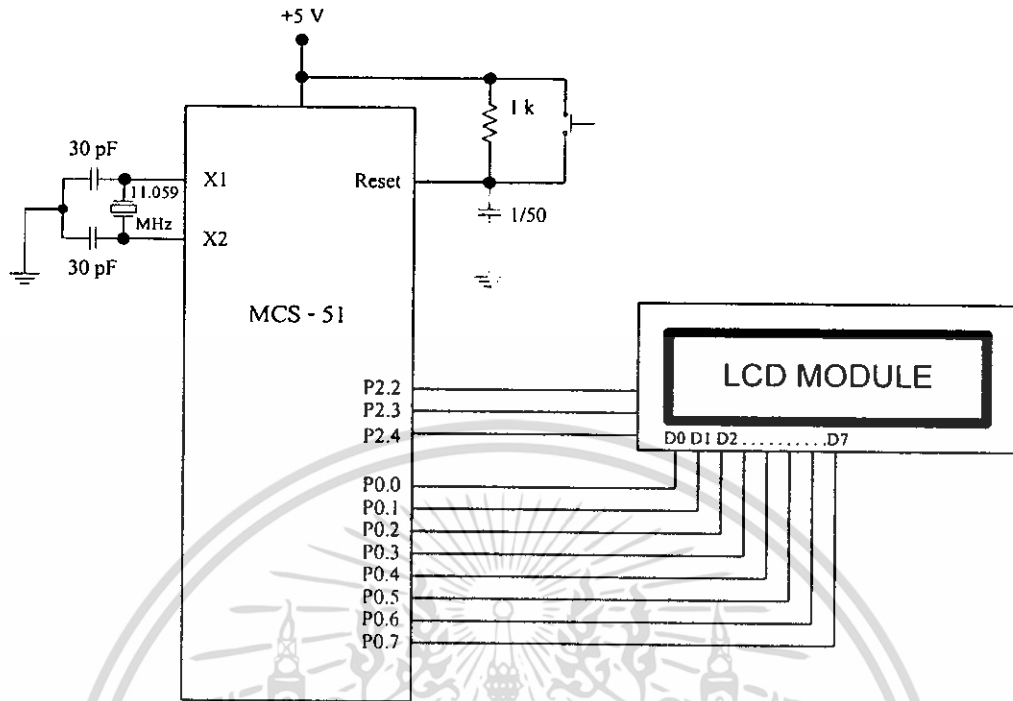
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่าง ADC 0804 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

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 แปลงสัญญาณไม่เสร็จงานี้จะเป็น High แล้วเมื่อแปลงเสร็จจะเป็น Low ดังนั้นจึงได้ทำการเขียนโปรแกรมให้ MCS-51 วนรอกจนกว่าจะแปลงเสร็จโดยดูสถานะที่ขา P2.7 เมื่อแปลงเสร็จแล้วก็ให้ MCS-51 จะต้องส่ง Low ไปให้ RD ของ A/D เพื่อจะให้ปล่อยข้อมูลออกคาดำบัสมานี้ให้ 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

บิต I/D = 1 คือการกำหนดให้ แอคเครสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้นเมื่อเขียนข้อมูลแล้ว
 บิต S = 0 คือเมื่อเขียนข้อมูลลงไปแล้วตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวา (แต่ในที่นี้จะไม่
 แสดงเคอร์เซอร์)

- 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

จากนั้นโปรแกรมจะรอการกดสวิทช์จากผู้ใช้งานเพื่อเริ่มทำการตรวจวัดอุณหภูมิ หากมีการกดสวิทช์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณ ไปเริ่มการทำงานตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยจะส่งสถานะ Low ออกทาง P2.6 ไปยังขา WR ของ A/D จากนั้นทำการตรวจเช็ค สัญญาณที่เข้ามาที่ P2.7 ซึ่งต่ออยู่กับ INTR ของ A/D โดยจะวนรอจากว่าสถานะที่ขา P2.7 มีสถานะเป็น Low ซึ่งหมายถึง A/D ได้ทำการแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว แล้วจึงทำการส่งสถานะ Low ไปให้ RD เพื่อให้ A/D ปลอ่ยข้อมูลออกมา

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลจาก A/D แล้วก็จะนำไปคำนวณเพื่อหาว่าข้อมูลที่รับได้มานั้นคือระดับแรงดันเท่าไร เปรียบเทียบเป็นอุณหภูมิแล้วมีค่าเท่าไร จากนั้นก็จะทำการส่งค่าอุณหภูมินั้นออกไปแสดงผลที่จอ LCD

การแสดงผลบนจอ LCD นั้นจะมีวิธีแตกต่างจากการส่ง Command ไปยัง LCD Module

เพียงเล็กน้อยโดยเปลี่ยนจาก RS= 0 เป็น RS= 1 เท่านั้น ดังนี้

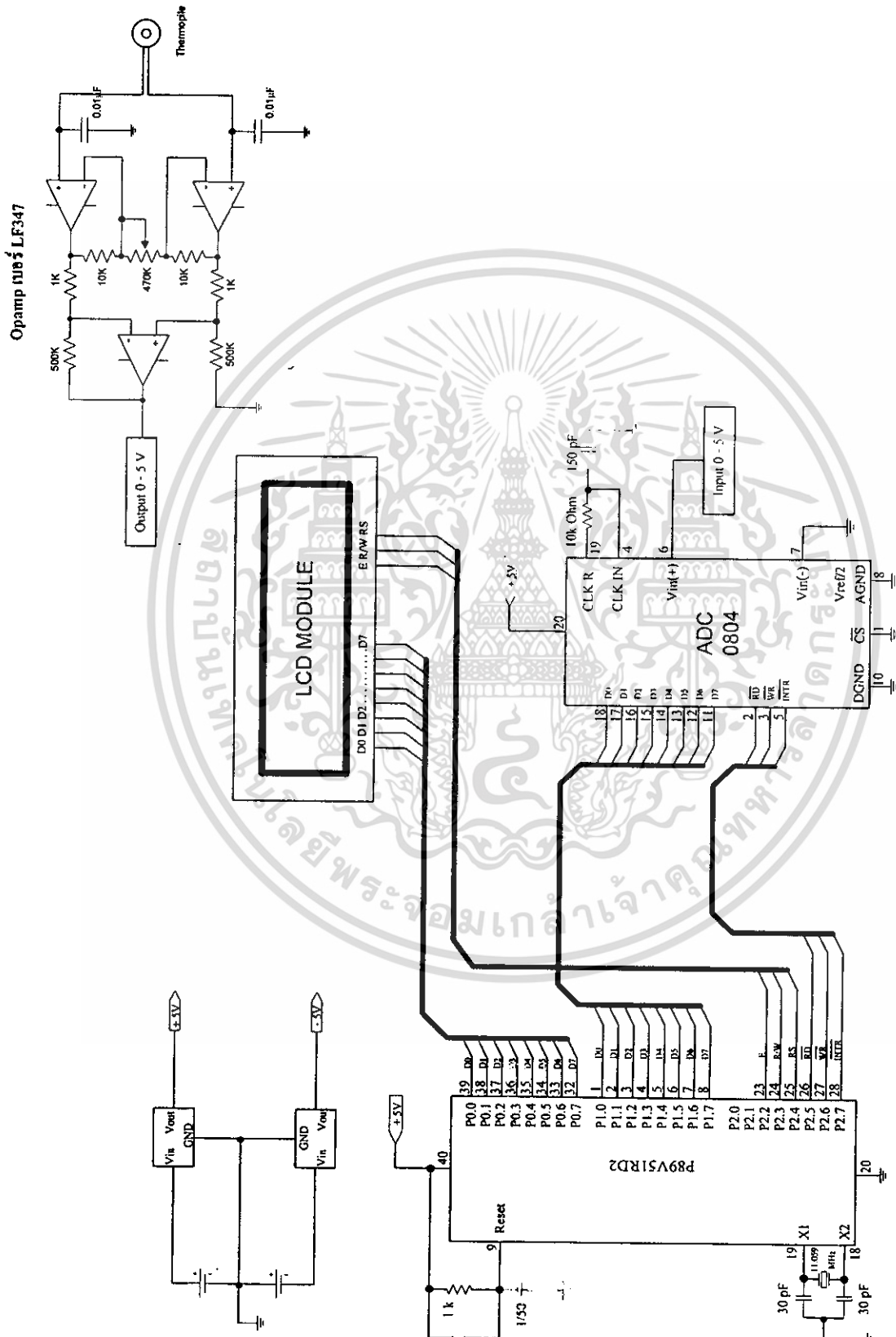
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

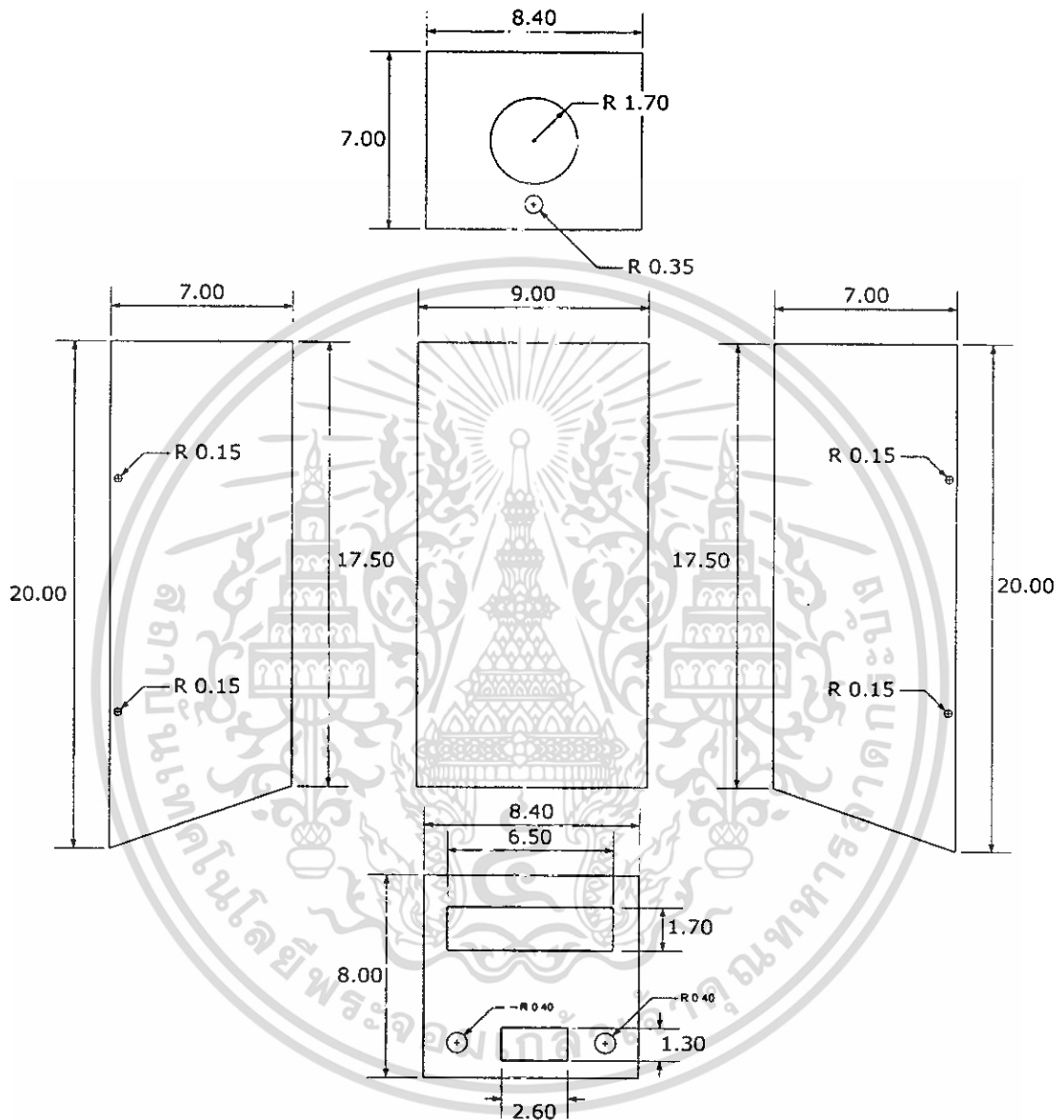


รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อวงจรโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

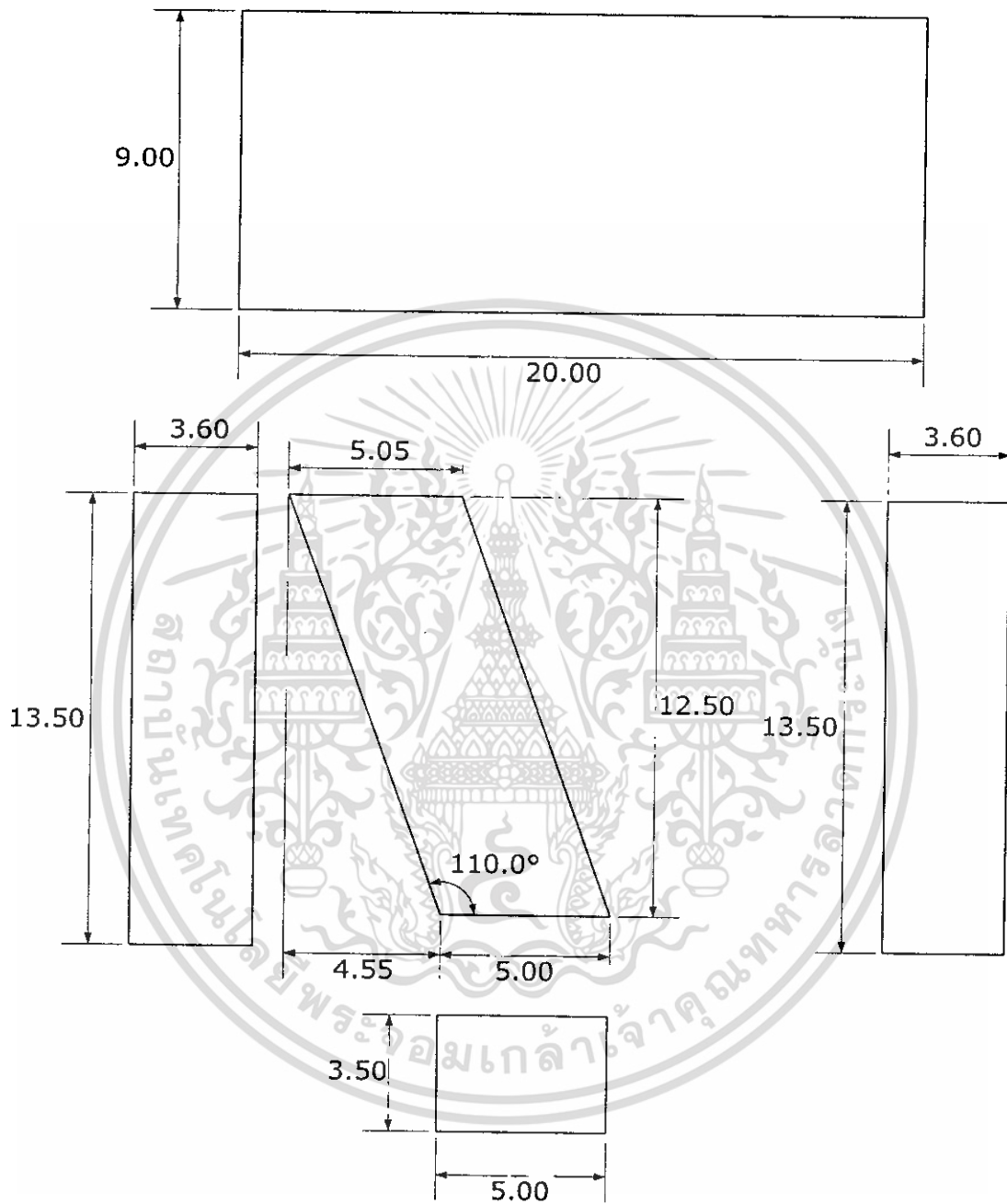
3.6.1 ขนาดของตัวกล่องด้านบน



รูปที่ 3.9 ขนาดของกล่องด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมด้ามจับ



รูปที่ 3.10 ขนาดของตัวกล่องด้านล่างพร้อมด้ามจับ

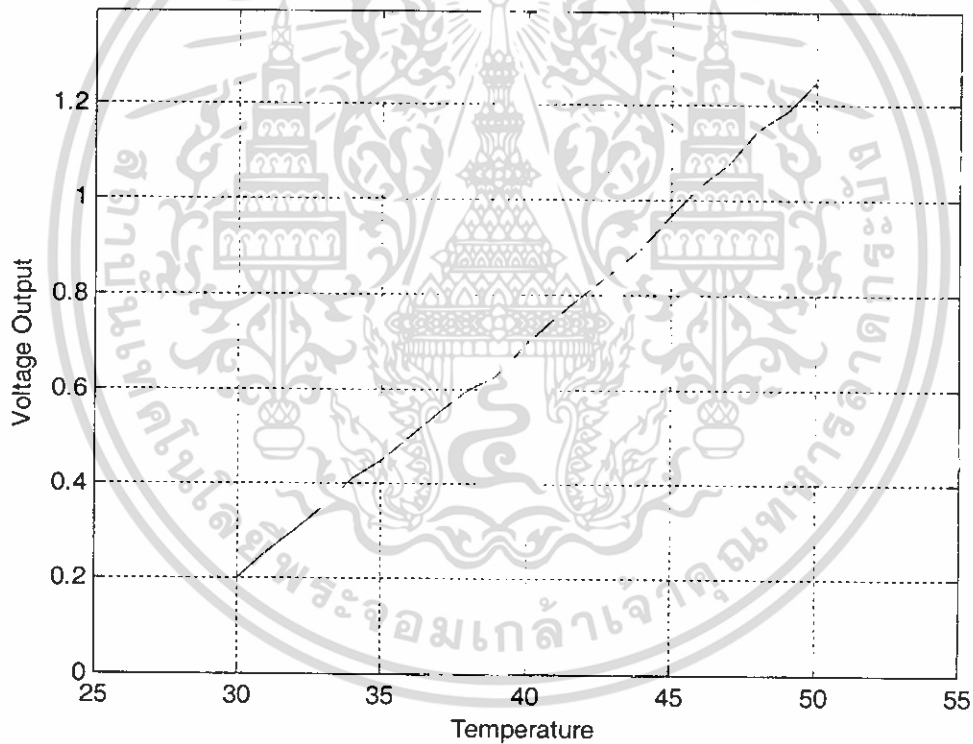
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR 9902

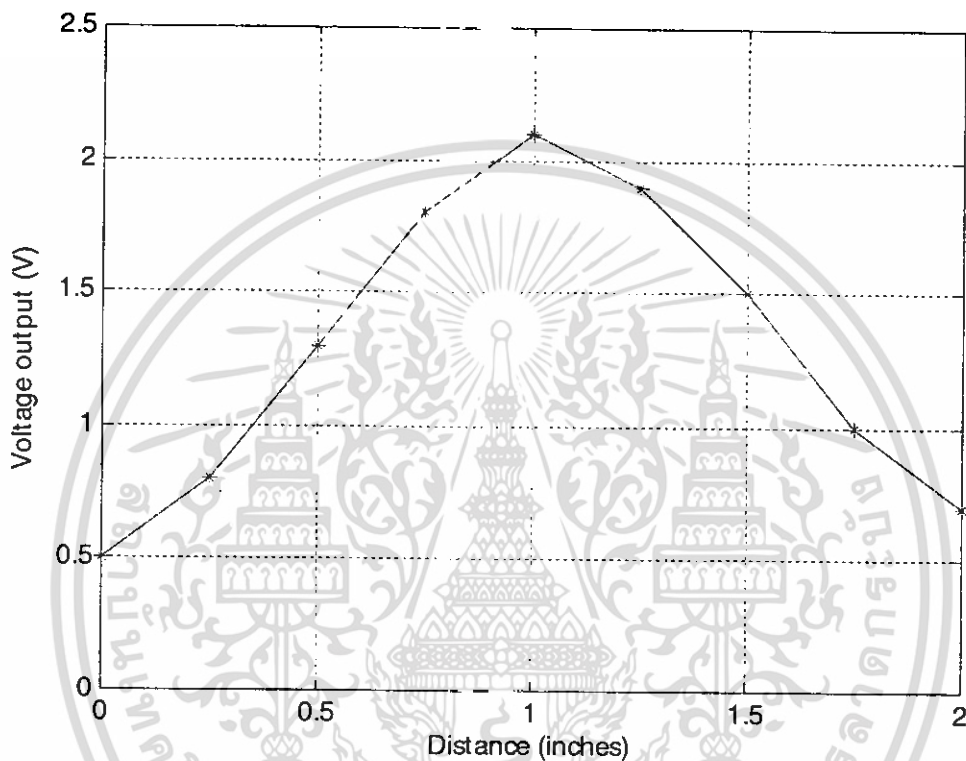
ในการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR 9902 โดยการป้อนความร้อนให้กับตัว SMTIR 9902 เพื่อทำการวัดแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากอุณหภูมิที่เข้ามา โดยในการทดลองได้ เพิ่มความร้อนขึ้นเป็นระยะๆ จากอุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียสเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ทำการทดลองวัดที่อุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส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



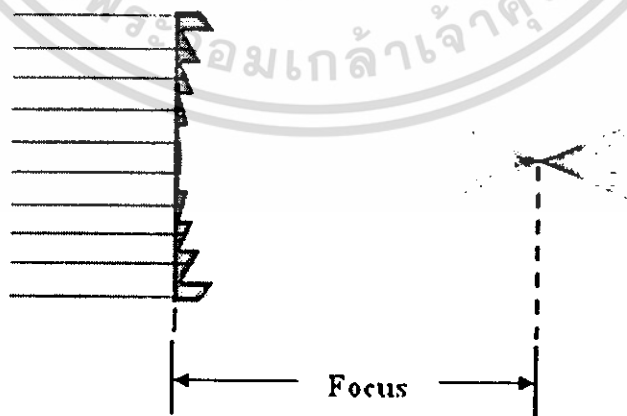
รูปที่ 4.1 ผลการวัดแรงดันที่ได้จากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ SMTIR9902
เทียบกับอุณหภูมิในช่วง 30-45 องศาเซลเซียส

4.2 การทดลองหาตำแหน่ง Focus ของ IR เลนส์

วาง IR เลนส์ ไว้หน้าเซ็นเซอร์ แล้วให้แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ห่างจากเลนส์ในระยะพอเหมาะ ค่อยๆ ขยับเซ็นเซอร์ให้ห่างจากเลนส์ สังเกตแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ ทำการบันทึกตำแหน่งที่เอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ มีแรงดันมากที่สุด ได้ระยะ Focus ที่ 1 นิ้ว



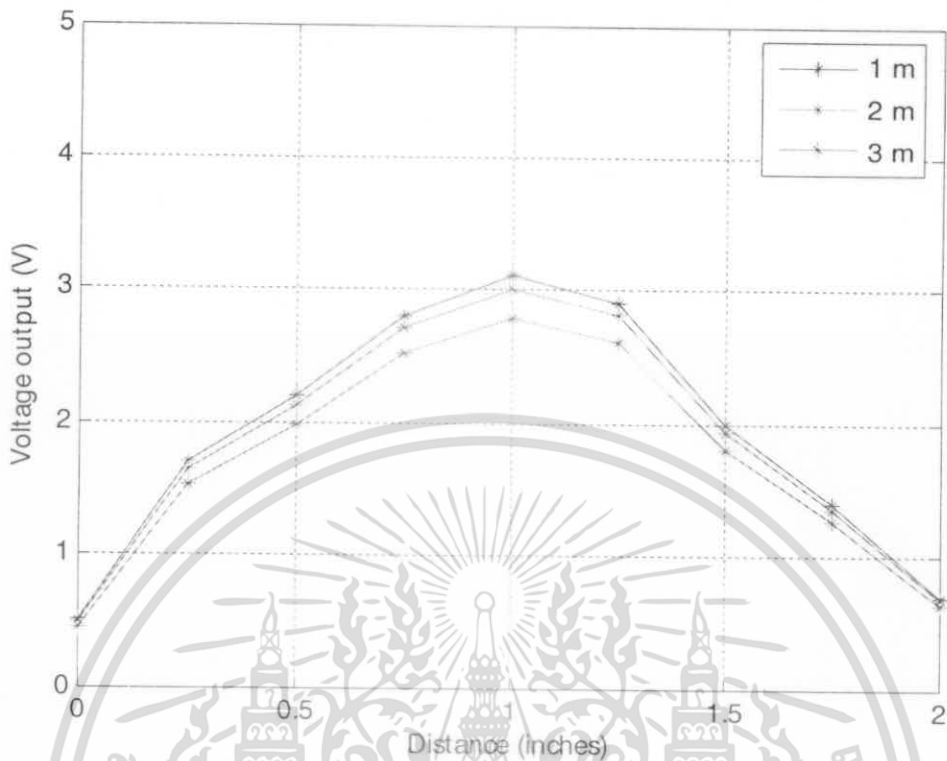
(ก.) กราฟค่าแรงดัน เมื่อวางเลนส์ไว้หน้าเซ็นเซอร์ที่ระยะต่างๆ



(ข.) โฟกัสของ อินฟราเรดเลนส์

รูปที่ 4.2 การหาระยะโฟกัสของอินฟราเรดเลนส์ [6]

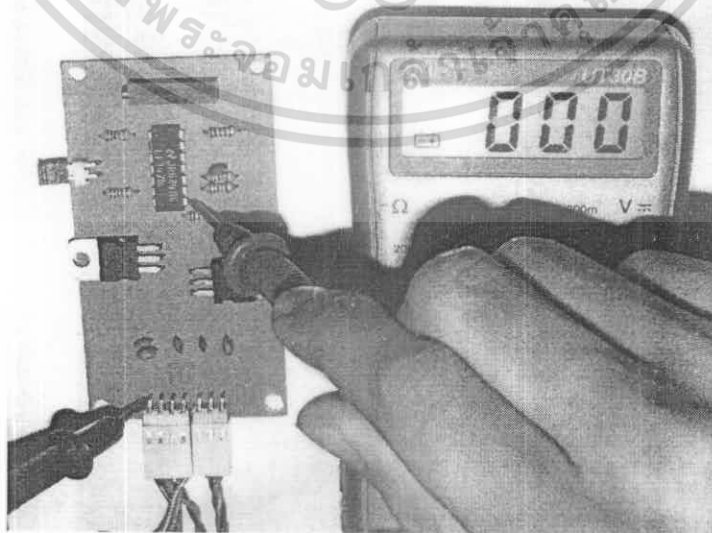
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าแรงดัน เมื่อทำการเปิดหน้าต่างของแหล่งกำเนิดความร้อน

4.3 การทดลองวงจรขยายสัญญาณ

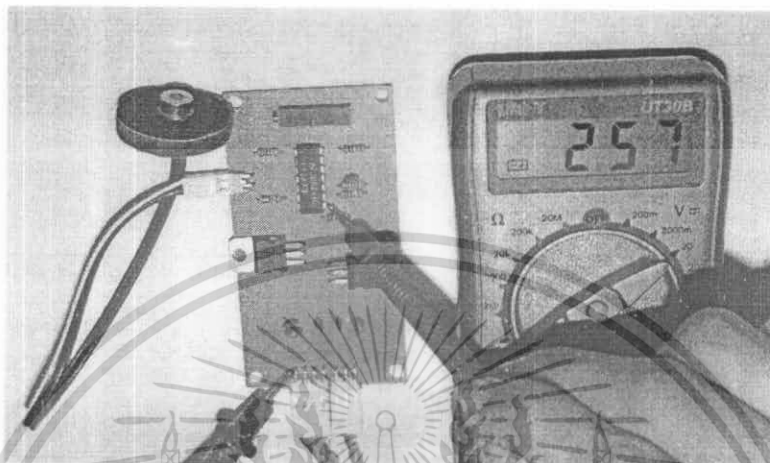
ทำการวัดแรงดันที่ด้านเอาต์พุตปรับ VR จนได้แรงดันที่เอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์โวลต์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.4 การวัดเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นใช้เซ็นเซอร์ที่ต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณ วัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส ทำการวัดสัญญาณที่เอาต์พุทของวงจรขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 4.2 ได้แรงดันประมาณ 2.5 โวลต์



รูปที่ 4.5 การวัดเอาต์พุทของวงจรขยายสัญญาณเมื่อต่อกับเซ็นเซอร์ แล้วนำไปวัดแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส

4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

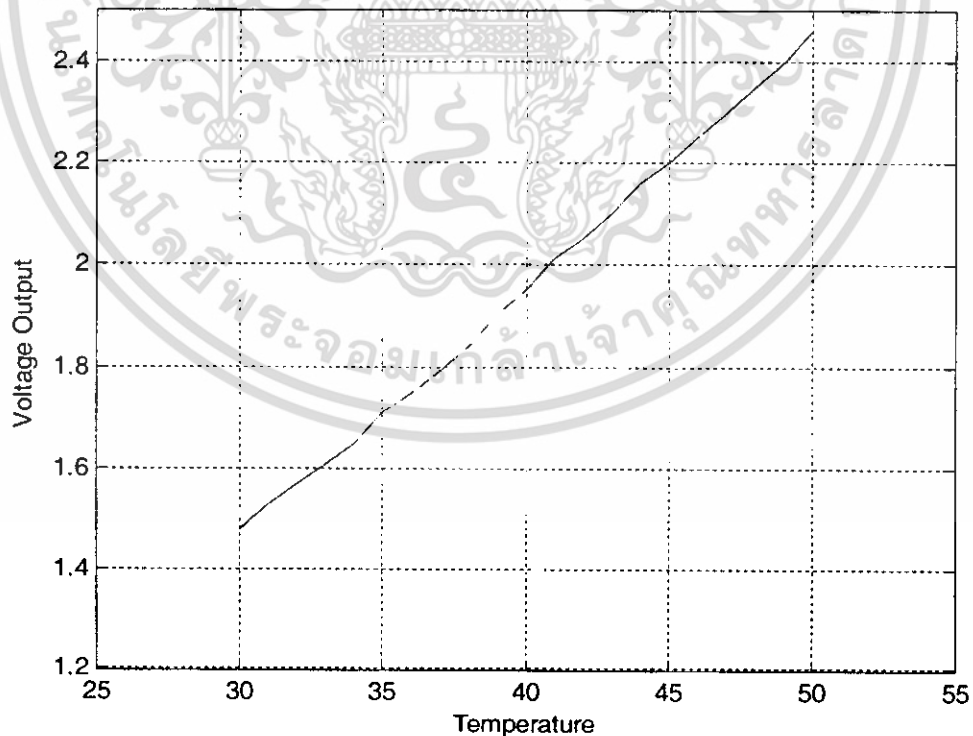
จากรูปที่ 4.5 เป็นผลการทดลองที่ได้ทำการต่อเอาต์พุทของวงจรขยายสัญญาณเข้ากับอินพุทของวงจร A/D จากนั้นนำไปวัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนโดยค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ ทำการบันทึกค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณ และบันทึกเลขฐานสองที่ได้จาก A/D ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

อุณหภูมิอ้างอิง (องศาเซลเซียส)	แรงดันเอาต์พุทของ วงจรขยายสัญญาณ (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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

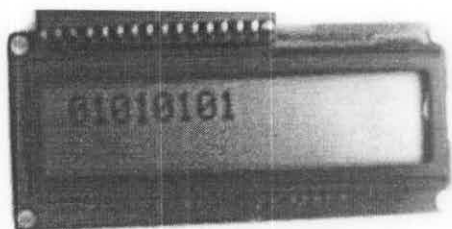
37	1.79	0	1	0	1	1	1	1	0
38	1.84	0	1	1	0	0	0	0	0
39	1.90	0	1	1	0	0	1	0	0
40	1.95	0	1	1	0	0	1	1	0
41	2.01	0	1	1	0	1	0	0	1
42	2.05	0	1	1	0	1	0	1	1
43	2.10	0	1	1	0	1	1	1	0
44	2.16	0	1	1	1	0	0	0	1
45	2.20	0	1	1	1	0	0	1	1
46	2.25	0	1	1	1	0	1	1	0
47	2.30	0	1	1	1	1	0	0	1
48	2.35	0	1	1	1	1	0	1	1
49	2.40	0	1	1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



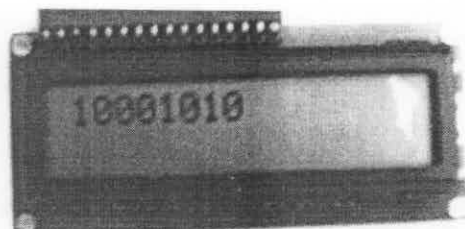
รูปที่ 4.6 ผลการวัดอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิด

ในช่วงอุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) วัดที่อุณหภูมิ 33 °C



(ข.) วัดที่อุณหภูมิ 55 °C

รูปที่ 4.7 เลขฐานสองที่ได้จากวงจร A/D



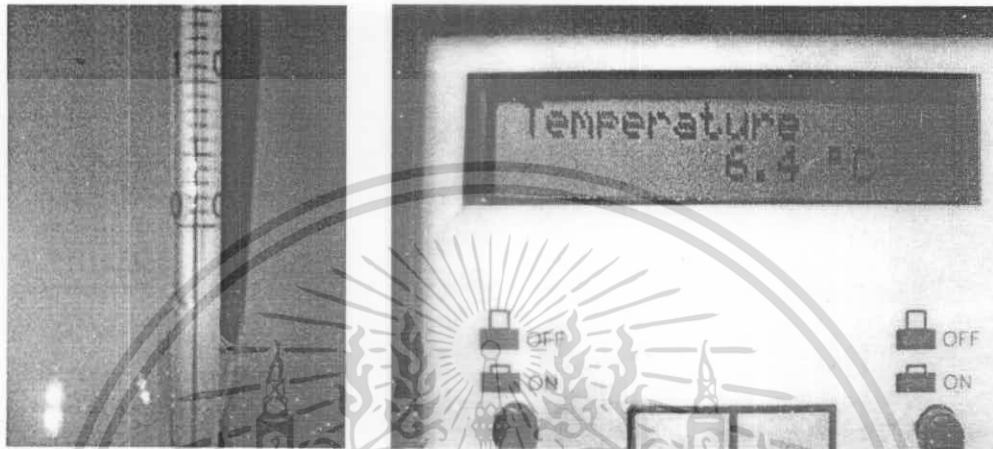
รูปที่ 4.8 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสเมื่อเทียบกับไม้บรรทัดขนาด 1 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอ้างอิงกับเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้าง

ตัวอย่างการวัดอุณหภูมิ

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 6°C



(ก.)

(ก.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 6°C

(ข.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 6.4°C

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 30°C



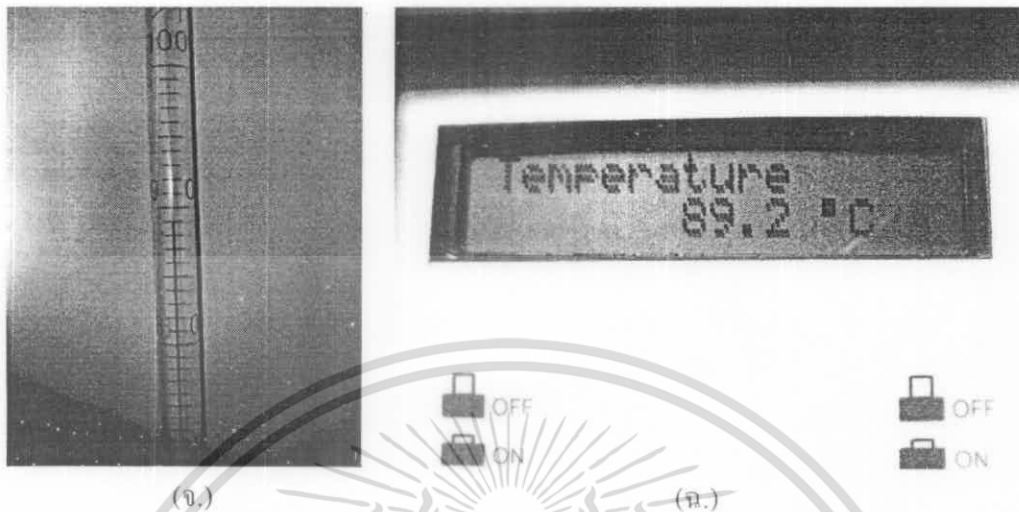
(ค.)

(ค.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 30°C

(ง.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 30.8°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการวัดที่อุณหภูมิ 89 °C



(จ.)

(ข.)

(จ.) อุณหภูมิจากปรอทวัดได้ประมาณ 89 °C

(ข.) อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างวัดได้ 89.2 °C

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิทั้งตรงท่่างปรอท 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
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล และ วิเคราะห์

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. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ ไม่สัมผัส
2. เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. ซอฟต์แวร์สำหรับการ Download โปรแกรมลงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2
4. ซอฟต์แวร์ที่ใช้เขียนโปรแกรม สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
5. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ Assembler โปรแกรม

5.2 ผลการทดสอบชิ้นงาน

1. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ ไม่สัมผัสที่สร้างขึ้นมีค่าผิดพลาดของอุณหภูมิดังนี้
 - 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. ระยะของการวัดมีผลต่อแอมพลิจูดของ IR Sensor เนื่องจาก Sensor มีลักษณะเหมือนลำของไฟฉาย ดังนั้นที่ระยะไกลออกไปลำของ Sensor จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลทำให้แอมพลิจูดของ IR Sensor ลดลง

5.3 ปัญหา และ อุปสรรค

เนื่องจากว่าโครงการเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสนั้นอาศัยหลักการของการแผ่รังสีความร้อน หรือ การแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ เวลาจะทำการตรวจปริมาณการแผ่รังสีดังกล่าว จะต้องหาอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับปริมาณการแผ่รังสีของวัตถุได้ เนื่องจากโครงการนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิขึ้นมาใหม่จึงต้องรวบรวมหาข้อมูลเพื่อใช้เป็นเป็นทฤษฎีอ้างอิง ทำให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างอุปกรณ์ดังกล่าวยังมีจุดบกพร่องอยู่ ซึ่งประสบปัญหาในการตรวจจับปริมาณการแผ่รังสี และการสร้างเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องดำเนินการสร้าง, ปรับปรุง และพัฒนาหลายครั้งกว่าจะลงตัวได้ ซึ่งพอจะสรุปปัญหา และ อุปสรรคอย่างคร่าวๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาในการจัดหาอุปกรณ์ ซึ่งประสบปัญหาความยากลำบากในการจัดหาอุปกรณ์ในส่วน ของอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ไม่สามารถซื้อ หรือ จัดหาอุปกรณ์ บางตัวได้ ซึ่งต้องสั่งซื้อ หรือ นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้การทำงานเกิดการล่าช้าเป็น อย่างมาก เช่น IC, Thermopile
2. ปัญหาเกี่ยวกับชุดตรวจจับรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการเลือกใช้ Thermopile เพราะ Thermopile นั้นมีสภาพการทำงานที่ไม่คงที่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ ไป นั้นคือการสะท้อนแสงของวัตถุต่างกัน บางชนิดสะท้อนมาก บางชนิดสะท้อนน้อย, ระยะ ของการวัดจากตัวเครื่องถึงวัตถุซึ่งการวัด จะต้องใช้เลนส์ช่วยในการรวมรังสีที่แผ่มาจาก วัตถุให้เป็นลำ รวมทั้งยังเป็นตัวกำหนดระยะของการวัดด้วย ถ้าวัดในระยะห่างมากไปลำ ของรังสีจะกว้างเกินกว่าวัตถุทำให้วัดอุณหภูมิผิดพลาดไป เมื่อนำไปวัดอุณหภูมิจริงจึงเกิด ปัญหาในเรื่องความเสถียรภาพของวงจรเกิดการนับที่ผิดพลาด
3. ปัญหาเกี่ยวกับภาคขยายของตัวตรวจวัดปริมาณรังสีความร้อน เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตที่ ได้จาก Thermopile จะมีค่าน้อยมากเป็นไมโครโวลต์จึงต้องใช้วงจรที่มีสามารถรับอินพุต แรงดันต่ำๆ ได้และต้องมีเสถียรภาพมาก
4. ปัญหาเกี่ยวกับการเลือกตัวตรวจจับการแผ่รังสีความร้อน ถ้าใช้ PIR (Pyroelectric Infrared) จะหาได้ง่ายทั่วไปมีราคาถูก แต่มีช่วงการวัดอุณหภูมิแคบ ส่วนถ้าเลือกใช้ Thermopile จะหาค่อนข้างยาก และมี ราคาค่อนข้างสูง แต่จะมีช่วงวัดอุณหภูมิที่กว้างกว่า PIR
5. ปัญหาเกี่ยวกับภาคจ่ายไฟเนื่องจากจะต้องจ่ายแรงดันไฟลบให้กับ Op-Amp ด้วยจึงต้องใช้ แหล่งจ่ายไฟสองส่วนเพื่อจ่ายไฟบวก และลบ ทำให้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟสองชุดโดยแยก อิสระจากกัน ทำให้กรณีที่ใช้งานไปนานๆ แบตเตอรี่ชุดใดชุดหนึ่งมีแรงดัน และ กระแสไฟที่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด จะส่งผลต่ออัตราขยายของ Op-Amp ทำให้ อัตราขยายลดลง จึงมีผลต่ออุณหภูมิที่วัดได้ ก็จะลดลงด้วย นอกจากนั้นยังส่งผลต่อการ ทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ การแปลงจากอนาลอกเป็นดิจิตอล และ การแสดงผล ที่ LCD
6. ปัญหาการวัดอุณหภูมิจริงเนื่องจากการวัดอุณหภูมิปรกติจะทำการวัดกับวัตถุนั้นๆ โดยตรง เช่นเทอร์โมมิเตอร์ แต่การวัดโดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสจะอาศัย หลักการ โดยจะตรวจจับรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ทำให้อุณหภูมิที่จะวัดจากวัตถุแตกต่างกันคือ ถ้าวัดโดยตรงจะได้อุณหภูมิมากกว่าวัดจากการแผ่รังสีความร้อนดังนั้น เราต้องทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชดเชยที่เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสให้มีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการวัดโดยตรง จึงทำให้เกิดความผิดพลาดตรงจุดนี้ส่งผลให้อุณหภูมิที่วัดได้ผิดพลาดไปด้วย

5.4 แนวทางการพัฒนา และแก้ไขชิ้นงาน

1. เนื่องจากเลเซอร์พอยน์เตอร์ ใช้สวิทช์แยก เราสามารถนำมารวมกับสวิทช์ที่ทำหน้าที่สตาร์ทได้
2. หากมีการปรับปรุงวงจร A/D โดยการเพิ่มวงจร Zero Shift and Span ก็จะสามารถแก้ไขให้ชิ้นงานสามารถปรับ ย่านการวัดอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาเรื่องระยะของการวัดได้อีกด้วย
3. สำหรับวงจร ขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน หากใช้ไอซี สำเร็จรูปก็จะทำให้การวัดมีเสถียรภาพยิ่งขึ้น
4. หากจะให้ชิ้นงานนี้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ควรที่จะปรับปรุงให้ชิ้นงานสามารถวัดอุณหภูมิได้ในย่านที่อุณหภูมิสูงๆ เพื่อที่จะได้สามารถนำไปใช้แทนอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของโรงงานหลอมโลหะได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ. วีรวัฒน์ ประกอบผล. ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ 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>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1: ; THIS PROGRAM IS CONVERTED DATA FROM ADC TO TRUE TEMPERATURE.
2: ; BY Mr. CHALERMWUTT RATCHAKHOM
3: ; Mr. JIRAT PANYAYONG
4: ; BACHELOR'S DEGREE IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING.
5: ; -----
6: ; START OF PORT INITIAL.
7:
8:          ORG      0000H
9: TEMP1    EQU     31H
10: TEMP2    EQU     32H
11: TEMP3    EQU     33H
12: TEMP4    EQU     34H
13: MODE_BUF EQU     35H
14: DIST_BUF EQU     36H
15: UNIT     EQU     37H
16: BUFF1    EQU     38H
17: BUFF2    EQU     39H
18:
19: SW_RESET BIT     P2.0
20: SW_START BIT     P2.1
21:
22: LCD_ENABLE BIT    P2.2
23: LCD_RW     BIT    P2.3
24: LCD_RS     BIT    P2.4
25:
26: ADC_RD     BIT    P2.5
27: ADC_WR     BIT    P2.6
28: ADC_INTR   BIT    P2.7
29:
30: ; END OF PORT INITIAL.
31: ; -----
32: ; START OF LCD INITIAL.
33:
34:          ORG      0100H
35:          MOV      MODE_BUF,#00H
36:          MOV      UNIT,#'C'
37:          MOV      DIST_BUF,#31H
38:          MOV      BUFF1,#07EH
39:          MOV      BUFF2,#' '
40:          MOV      R2,#04H
41:          ACALL    DELAY
42:          MOV      A,#00000110B ; ENTRY MODE SET I/D=1
43:          ACALL    LCD_INS
44:          MOV      A,#00111100B ; FUNCTION SET DL=1, N=1, F=0(5*8)
45:          ACALL    LCD_INS
46:          MOV      A,#00001100B ; DISPLAY=ON, CURSOR=OFF, BLINK=OFF
47:          ACALL    LCD_INS
48:
49: ; END OF LCD INITIAL.
50: ; -----

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือปรับแต่งที่นอกรั้วมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

51: ; START OF LCD INTRODUCTION DISPLAY.
52:
53: INTRO:      MOV     A,#00000001B      ; CLEAR DISPLAY
54:             ACALL  LCD_INS
55:             MOV     R2,#01H
56:             ACALL  DELAY
57:
58:             MOV     DPTR,#TEXT_01
59:             MOV     R2,#11
60:             MOV     A,#80H
61:             ACALL  LCD_INS
62: DISP1:      CLR     A
63:             MOVC   A,@A+DPTR
64:             ACALL  LCD_DATA
65:             INC     DPTR
66:             DJNZ   R2,DISP1
67:
68:             MOV     A,MODE_BUF
69:             JB     ACC.1,F1
70:             MOV     TEMP1,#30H
71:             MOV     TEMP2,#30H
72:             MOV     TEMP3,#' '
73:             MOV     TEMP4,#' '
74:             AJMP   SHOW_1
75:
76: F1:         MOV     TEMP1,#30H
77:             MOV     TEMP2,#33H
78:             MOV     TEMP3,#37H
79:             MOV     TEMP4,#32H
80:
81: SHOW_1:     ACALL  SHOW
82:
83: ; END OF LCD INTRODUCTION DISPLAY.
84: ;-----
85: ; START OF MAIN PROGRAM.
86:
87: MAIN:      JNB     SW_START,NEXT_KEY
88:             MOV     R2,#02H
89:             ACALL  DELAY
90: WAIT_RESET: JNB     SW_RESET,PASS
91:             MOV     R2,#02H
92:             ACALL  DELAY
93:             JB     SW_START,$
94:             MOV     R2,#02H
95:             ACALL  DELAY
96:             JB     SW_RESET,$
97:             MOV     R2,#02H
98:             ACALL  DELAY
99:             ACALL  MODE
100:          AJMP   INTRO

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

101:
102: PASS:          JB      SW_START, WAIT_RESET
103:                MOV     R2, #02H
104:                ACALL   DELAY
105:                ACALL   GET_DATA          ; GET DATA FROM ADC AND HOLD IN R0.
106:                ACALL   CONVERTED        ; CONVERTING DATA IN R0 TO ASCII CODE.
107:                ACALL   SHOW
108:                JB      SW_START, $
109:                MOV     R2, #02H
110:                ACALL   DELAY
111:
112: NEXT_KEY:       JNB     SW_RESET, MAIN
113:                MOV     R2, #02H
114:                ACALL   DELAY
115:
116: MODE_CHK:      MOV     A, MODE_BUF
117:                JB      ACC.1, F2
118:                MOV     TEMP1, #30H
119:                MOV     TEMP2, #30H
120:                MOV     TEMP3, # ' '
121:                MOV     TEMP4, # ' '
122:                AJMP    SHOW_2
123:
124: F2:            MOV     TEMP1, #30H
125:                MOV     TEMP2, #33H
126:                MOV     TEMP3, #37H
127:                MOV     TEMP4, #32H
128:
129: SHOW_2:       ACALL   SHOW
130:                JB      SW_RESET, $
131:                MOV     R2, #02H
132:                ACALL   DELAY
133:                AJMP    MAIN
134:
135: ; END OF MAIN PROGRAM.
136: ;-----
137: ; START OF TEMPERATURE DISPLAY.
138:
139: SHOW:         MOV     A, #0C4H
140:                ACALL   LCD_INS
141:                MOV     A, TEMP4
142:                ACALL   LCD_DATA
143:                MOV     A, TEMP3
144:                ACALL   LCD_DATA
145:                MOV     A, TEMP2
146:                ACALL   LCD_DATA
147:                MOV     A, # ' '
148:                ACALL   LCD_DATA
149:                MOV     A, TEMP1
150:                ACALL   LCD_DATA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

151:          MOV     A, #' '
152:          ACALL  LCD_DATA
153:          MOV     A, #0DFH
154:          ACALL  LCD_DATA
155:          MOV     A, UNIT
156:          ACALL  LCD_DATA
157:          RET
158:
159: ; END OF TEMPERATURE DISPLAY.
160: ;-----
161: ; START OF CONVERTED DATA TO ASCII.
162:
163: CONVERTED:  MOV     A, MODE_BUF
164:           JB      ACC.1, F3
165:           MOV     TEMP1, #0
166:           MOV     TEMP3, #0
167:           AJMP   LOOP
168:
169: F3:        MOV     TEMP1, #30H
170:           MOV     TEMP3, #27H
171:
172: LOOP:     MOV     A, TEMP1
173:           ADD     A, #04H
174:           DA      A
175:           MOV     TEMP1, A
176:           JNC    NEXT
177:           MOV     A, TEMP3
178:           ADD     A, #01H
179:           DA      A
180:           MOV     TEMP3, A
181: NEXT:     DJNZ   R0, LOOP
182:
183:           MOV     A, TEMP1
184:           MOV     TEMP2, A
185:           ANL    A, #0FH
186:           ORL    A, #30H
187:           MOV     TEMP1, A
188:
189:           MOV     A, TEMP2
190:           SWAP   A
191:           ANL    A, #0FH
192:           ORL    A, #30H
193:           MOV     TEMP2, A
194:
195:           MOV     A, TEMP3
196:           MOV     TEMP4, A
197:           CJNE   A, #00H, BLANK_1
198:           MOV     TEMP3, #' '
199:           MOV     TEMP4, #' '
200:           RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

201:
202: BLANK_1:      ANL    A, #0FH
203:              ORL    A, #30H
204:              MOV    TEMP3, A
205:
206:              MOV    A, TEMP4
207:              SWAP   A
208:              ANL    A, #0FH
209:              ORL    A, #30H
210:              CJNE   A, #30H, BLANK_2
211:              MOV    A, # ' '
212: BLANK_2:      MOV    TEMP4, A
213:              RET
214:
215: ; END OF TEMPERATURE DISPLAY.
216: ;-----
217: ; SETUP MODE.
218:
219: MODE:        MOV    A, #00000001B ; CLEAR DISPLAY
220:              ACALL  LCD_INS
221:              MOV    R2, #01H
222:              ACALL  DELAY
223:              MOV    DPTR, #TEXT_02
224:              MOV    R2, #13
225:              MOV    A, #80H
226:              ACALL  LCD_INS
227: DISP2:      CLR    A
228:              MOVC   A, @A+DPTR
229:              ACALL  LCD_DATA
230:              INC    DPTR
231:              DJNZ   R2, DISP2
232:
233:              MOV    A, #0C6H
234:              ACALL  LCD_INS
235:              MOV    A, DIST_BUF
236:              ACALL  LCD_DATA
237:              MOV    A, # ' '
238:              ACALL  LCD_DATA
239:              MOV    A, # 'm'
240:              ACALL  LCD_DATA
241:
242: CHK_SELECT:  JNB    SW_START, CHK_ENTER
243:              MOV    R2, #02H
244:              ACALL  DELAY
245:              MOV    A, #0C6H
246:              ACALL  LCD_INS
247:              MOV    A, DIST_BUF
248:              INC    A
249:              CJNE   A, #36H, DISP_DISTANCE
250:              MOV    A, #31H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

251: DISP_DISTANCE:  MOV    DIST_BUF,A
252:                  ACALL  LCD_DATA
253:                  JB     SW_START,$
254:                  MOV    R2,#02H
255:                  ACALL  DELAY
256:
257: CHK_ENTER:       JNB     SW_RESET,CHK_SELECT
258:                  MOV    R2,#02H
259:                  ACALL  DELAY
260:                  JB     SW_RESET,$
261:                  MOV    R2,#02H
262:                  ACALL  DELAY
263:
264:                  MOV    A,#0000001B    ; CLEAR DISPLAY
265:                  ACALL  LCD_INS
266:                  MOV    R2,#01H
267:                  ACALL  DELAY
268:                  MOV    DPTR,#TEXT_03
269:                  MOV    R2,#9
270:                  MOV    A,#80H
271:                  ACALL  LCD_INS
272: DISP3:           CLR     A
273:                  MOVC   A,@A+DPTR
274:                  ACALL  LCD_DATA
275:                  INC    DPTR
276:                  DJNZ   R2,DISP3
277:
278:                  MOV    A,#0C4H
279:                  ACALL  LCD_INS
280:                  MOV    A,BUFF1
281:                  ACALL  LCD_DATA
282:                  MOV    A,#0DFH
283:                  ACALL  LCD_DATA
284:                  MOV    A,#'C'
285:                  ACALL  LCD_DATA
286:                  MOV    A,#0CAH
287:                  ACALL  LCD_INS
288:                  MOV    A,BUFF2
289:                  ACALL  LCD_DATA
290:                  MOV    A,#0DFH
291:                  ACALL  LCD_DATA
292:                  MOV    A,#'F'
293:                  ACALL  LCD_DATA
294:
295: CK_SELECT:       JNB     SW_START,CK_ENTER
296:                  MOV    R2,#02H
297:                  ACALL  DELAY
298:                  MOV    A,BUFF1
299:                  XCH   A,BUFF2
300:                  MOV    BUFF1,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

301:
302:         MOV     A,MODE_BUF
303:         JNB     ACC.1,CHANGE
304:         CLR     ACC.1
305:         MOV     UNIT,#'C'
306:         SJMP    XXX
307:
308: CHANGE:   SETB    ACC.1
309:         MOV     UNIT,#'F'
310: XXX:      MOV     MODE_BUF,A
311:
312:         MOV     A,#0C4H
313:         ACALL   LCD_INS
314:         MOV     A,BUFF1
315:         ACALL   LCD_DATA
316:
317:         MOV     A,#0CAH
318:         ACALL   LCD_INS
319:         MOV     A,BUFF2
320:         ACALL   LCD_DATA
321:
322:         JB      SW_START,$
323:         MOV     R2,#02H
324:         ACALL   DELAY
325:
326: CK_ENTER: JNB     SW_RESET,CK_SELECT
327:         MOV     R2,#02H
328:         ACALL   DELAY
329:         JB      SW_RESET,$
330:
331:         RET
332:
333: ;-----
334: ; START OF LCD ENABLE INSTRUCTION CODE.
335:
336: LCD_INS:  MOV     P1,A
337:         CLR     LCD_RS
338:         CLR     LCD_RW
339:         CLR     LCD_ENABLE
340:         SETB    LCD_ENABLE
341:         NOP
342:         NOP
343:         CLR     LCD_ENABLE
344:         MOV     A,#0
345: LCDINS:   DEC     A
346:         JNZ     LCDINS
347:         RET
348:
349: ; END OF LCD ENABLE INSTRUCTION CODE.
350:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

351: ; START OF LCD ENABLE DATA.
352:
353: LCD_DATA:      MOV     P1,A
354:                SETB   LCD_RS
355:                CLR    LCD_RW
356:                CLR    LCD_ENABLE
357:                SETB   LCD_ENABLE
358:                NOP
359:                NOP
360:                CLR    LCD_ENABLE
361:                MOV    A,#0
362: LCDDATA:        DEC    A
363:                JNZ    LCDDATA
364:                RET
365:
366: ; END OF LCD ENABLE DATA.
367: ;-----
368: ; START OF GET DATA FROM ADC.
369:
370: GET_DATA:       MOV     P0,#0FFH
371:                SETB   ADC_RD
372:                SETB   ADC_WR
373:                CLR    ADC_WR
374:                NOP
375:                SETB   ADC_WR
376: FINISH:         JB     ADC_INTR,FINISH
377:                CLR    ADC_RD
378:                MOV    A,P0
379:                MOV    R0,A
380:                SETB   ADC_RD
381:                RET
382:
383: ; END OF GET DATA FROM ADC.
384: ;-----
385: ; START OF DELAY.
386:
387: DELAY:          MOV     R3,#00H
388: DELAY1:         MOV     R4,#00H
389:                DJNZ   R4,$
390:                DJNZ   R3,DELAY1
391:                DJNZ   R2,DELAY
392:                RET
393:
394: ; START OF DELAY.
395: ;-----
396: TEXT_01:        DB     'Temperature'
397: TEXT_02:        DB     'Distance mode'
398: TEXT_03:        DB     'Unit mode'
399:                END
400: ; END OF PROGRAM.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Introduction

The Smartec infrared sensor SMTIR9901 and SMTIR9902 are sophisticated full silicon infrared sensors. The sensors can be used in measuring the radiation temperature without any contact. For the different radiation temperature ranges various filters are available. The sensor type SMTIR9902 contains a temperature sensor for measuring the temperature of the sensor itself. The temperature range of the sensor-element is between - 40 to 100 °C. The sensor is available in a standard TO-05 encapsulation and with a 5.5. µm high pass filter.

2 Typical applications

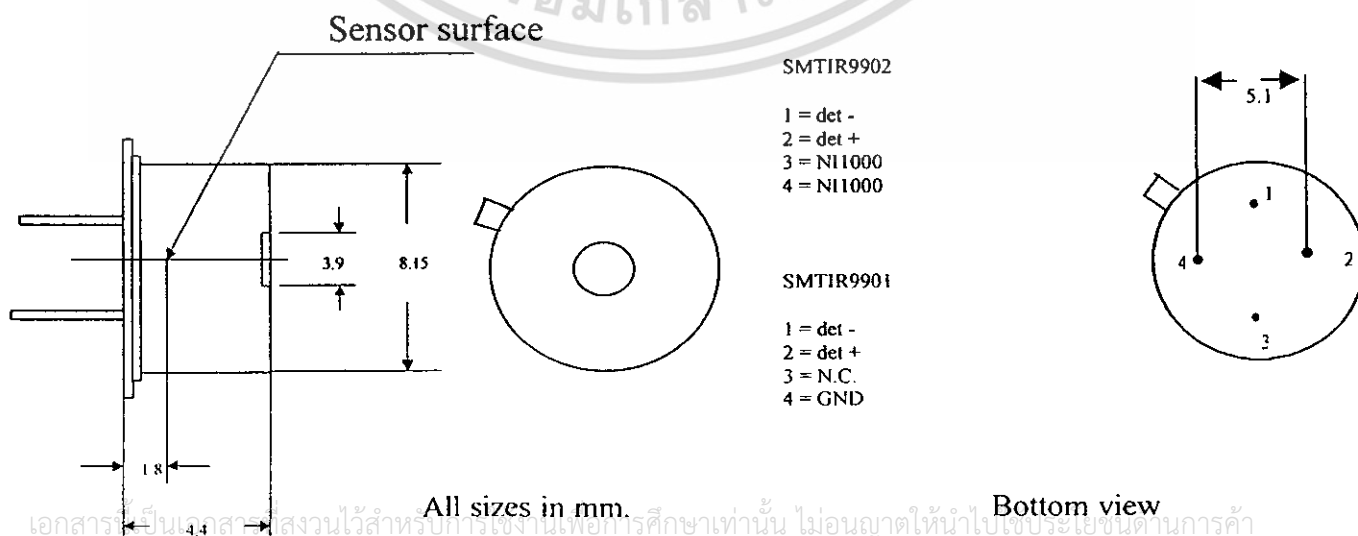
- Contactless measurement of surface temperatures or Infrared radiation
- temperature measurement on moving objects.
- Continuous temperature control of manufacturing.
- Thermal alarmsystems
- Climate control
- Medical instruments
- Home appliances.

Easy and accurate measuring of the sensors temperature by means of a built-in temperature sensor(only for type SMTIR9902).

The main characteristics of the infrared sensor are:

- High accuracy
- High sensitivity (110 V/W)
- Low resistance (50 KΩ) and therefore
- Very good signal-to-noise-ratio
- Good response time (40 ms)
- Low cost thin film technology

3 Pin-out and housing (TO 5)



4 Product description.

Thermopiles are based on the Seebeck effect, which can be considered ever since a long time as standard for conventional thermocouples. The application of thin film technology allows the production of miniaturized and low cost sensor elements.

A series connection of thermojunctions deposited on a silicon substrate forms the thermopile. The hot junctions are thermally isolated from the cold junctions on the substrate by etching an extremely thin membrane. A black absorbing layer on the hot junctions transform the incoming radiation into heat. A voltage proportional to the radiation is generated by the thermoelectric effect.

The used thermopiles are processed on 400 μm silicon substrates using BiSb and NiCr for the thermojunctions.

For different radiation spectra various filters are available to find the optimal solution.

5 Specifications

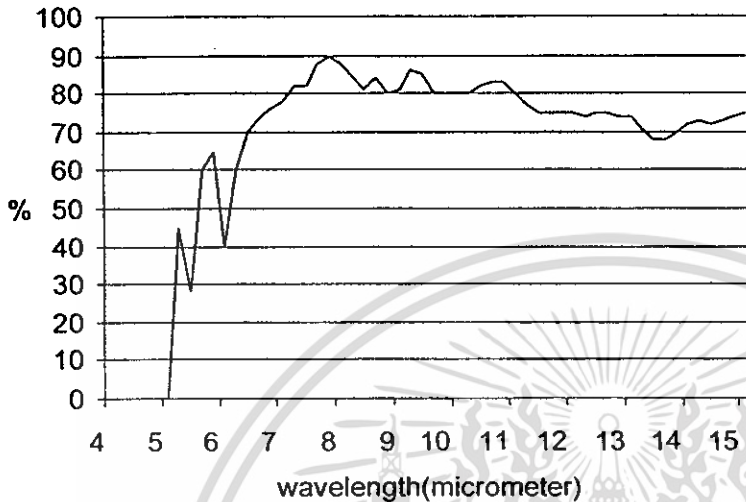
Parameters	typical	units
Number of thermojunctions	100	
Active area	0.50	mm ²
Die size	2.2 * 2.2	mm ²
Resistance of thermopile	50 \pm 15	K Ω
Sensitivity	110 \pm 20	V/W 1)
Temp coeff of sensitivity	-0.52 \pm 0.08	%/K
Specific Detectivity	2.1 * 10e8	cm.Hz ^{1/2} /W 1)
Noise equivalent power	0.35	nW 1)
Noise Voltage	37	nV/Hz ^{1/2}
Time constant	40 \pm 10	ms (63 %)
Temperature range (sensor)	-20 - 100	°C
Storage temperature	-40 - 100	°C
Filter (high Pass)	5.5	μm

1) at 500 K,DC

Reference thermistor (SMTIR9902 only)

Resistance	1.000 \pm 0.004	K Ω (@ 25°C)
------------	-------------------	----------------------

FILTER (characteristic)



6 Understanding the specifications

Sensitive area.

The sensitive area is a square of $.5 \text{ mm}^2$. By using the distance between the sensor element and the glass filter and its diameter the field of view can be determined. The field of view can be changed by using special lenses. In case lenses are used the emissivity and the spectrum has to be considered.

Filter.

The sensors are standardwise equipped with a high pass filter. From the theory it is well known that each body has a radiation at a certain temperature. This radiation temperature has a frequency related to that temperature. For general use the filter used is a high pass filter with a cut-off wavelength of $5.5 \mu\text{m}$.

Sensor resistance.

It must be clear that this type of thermopile has a reasonable output resistance. This resistance has to be considered when designing the input amplifier to prevent off-sets, etc.

Time constant.

The time constant is the time needed to reach an output voltage of 66 % of the final level. This time constant only depends on the physical construction.

Temperature reference resistor(SMTIR9902).

It is well known that for application on a infrared sensor the temperature of the sensor must be considered in the calculation of the radiation temperature. The used resistor is a standard Ni resistor with a value of $1000 \Omega @ 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

The relation between the resistance value and the temperature is given below:

$$R(T)=R_0*(1+A*T+B*T^2+C*T^4+D*T^6) \quad \text{tolerance class B}$$

R_0 = resistance @ 0°C = 876.20 Ω

T = Temperature in °C

$$A = 5.485 * 10^{-3}$$

$$B = 6.650 * 10^{-6}$$

$$C = 2.805 * 10^{-11}$$

$$D = 2.000 * 10^{-17}$$

6 Ordering information

SMTIR9901 Infraredsensor without temperature sensor

SMTIR9902 Infraredsensor with temperature sensor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้