เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

TEMPERATURE METER USING INFRARED SENSOR

นายรุ่งฤทธิ์ ประสิทธิเขตกรณ์ รหัส 45363066
นายวุฒิพงษ์ ยอดคำ รหัส 45363090

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 7 เม.ย. 2553
เลขทะเบียน 14950495
เลขเรียกหนังสือ ป.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ร 638 ค
2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

ผู้ดำเนินโครงงาน นายรุ่งฤทธิ์ ประสิทธิเขตกรณ์ รหัส 45363066

นายวุฒิพงษ์ ยอดคำ รหัส 45363090

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2551

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการการสอบโครงงานวิศวกรรม

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

..... กรรมการ

(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

..... กรรมการ

(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

หัวข้อโครงงาน	เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายรุ่งฤทธิ์ ประสิทธิเขตกรณ์ รหัส 45363066
	นายวุฒิพงษ์ ยอดคำ รหัส 45363090
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

โครงงานเป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด ซึ่งมีความรวดเร็วและแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ โดยเลือกใช้เซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 ซึ่งดูดซับรังสีอินฟราเรด แล้วให้แรงดันไฟฟ้าออกมา จากนั้นขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้ ด้วยวงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ แล้วผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลอุณหภูมิที่วัดได้ทางจอแสดงผล LCD และยังสามารถเก็บบันทึกอุณหภูมิ วันและเวลาที่ทำการวัดไว้ได้ 10 รายการ

Project title	Temperature Meter Using Infrared Sensor.		
Name	Mr.Rungrit	Prasittikhetkorn	ID. 45363066
	Mr.Wuttipong	Yodkham	ID. 45363090
Project advisor	Mr.Piyadanai	Pachanapan	
Major	Electrical Engineering.		
Department	Electrical and Computer Engineering.		
Academic year	2008		

Abstract

This project presents the design and construction of a temperature meter using infrared sensor. The sensor used in this system is a thermopile infrared sensor SMTIR 9902. The output voltage from sensor is sent to instrumentation amplifiers for increase output voltage and digitized by an 10 bit A/D convertor. The digital signals are processed by a microcontroller to produce temperature values which will be show on LCD display. This system can storage temperature, date and time when human temperature is measured.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานเรื่องเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดนี้ ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอแสดงความขอบคุณอาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งได้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับโครงงาน และข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้สั่งสอนและให้ความรู้ จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานนี้ได้อย่างมากมาย สุดท้ายขอขอบใจเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำเป็นอย่างดี

นายรุ่งฤทธิ์ ประสิทธิเขตกรณ์
นายวุฒิพงษ์ ยอดคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน 1

1.5 แผนการดำเนินงาน 2

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.7 งบประมาณของโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 4

2.2 เซนเซอร์อินฟราเรด 9

2.3 วงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ (Instrumentation Amplifiers) 12

บทที่ 3 การพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 14

3.2 การสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิ 17

3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องวัดอุณหภูมิ 22

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 29

5.2 ปัญหาในการทดลอง 29

5.3 ข้อเสนอแนะ....29

เอกสารอ้างอิง....31

ภาคผนวก ก 32

ภาคผนวก ข 39

ภาคผนวก ค 65

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านต่างๆ 6

2.2 คุณสมบัติของเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 11

3.1 ความพันธ์ระหว่างค่าความต้านทาน R_G และอัตราขยาย 19

3.2 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C 23

3.3 อุณหภูมิของเครื่อง Hot Plate และแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ 24

4.1 ค่าอุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่อง Hot Plate เทียบกับอุณหภูมิที่วัดโดยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดและค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง 27

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 คุณสมบัติและรายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ 5

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและอุณหภูมิ 7

2.3 หลักการทำงานของเทอร์มอไพล์ (Thermopile) 9

2.4 เซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 9

2.5 ขนาดและตำแหน่งการจัดวางขาของเซนเซอร์อินฟราเรด SMIR 9902 10

2.6 คุณสมบัติตัวกรองผ่านสูง (High Pass Filter) ของเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 11

2.7 การนำเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 ไปใช้งาน 12

2.8 วงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ 13

3.1 บอร์ดทดลอง CP-PIC877 V.1 15

3.2 การจัดวางอุปกรณ์และพอร์ทเชื่อมต่อต่างๆ บนบอร์ดทดลอง CP-PIC877 V.1 15

3.3 โครงร่างของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 17

3.4 วงจรการต่อสวิทซ์ S1-S4 เข้ากับบอร์ดทดลอง CP-PIC877 18

3.5 ขาไอซีออปแอมป์เบอร์ OP07 18

3.6 การต่อวงจรขยายอินสทรูเมนท์ 19

3.7 แผนภาพเค้าร่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องวัดอุณหภูมิ 20

3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 21

3.9 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องวัดอุณหภูมิ 21

3.10 การดัดแปลงกระบอกไฟฉายเพื่อติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 22

3.11 เครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C 22

3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ 25

4.1 ค่าอุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่อง Hot Plate เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 26

4.2 อุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การวัดอุณหภูมิร่างกาย โดยทั่วไปจะใช้เครื่องวัดแบบปรอทในการวัดอุณหภูมิโดยปกติจะให้สอดปรอทไว้ใต้ลิ้น เหน็บที่รักแร้ หรือสอดทางทวารหนัก ซึ่งการวัดโดยวิธีเหล่านี้ มีข้อด้อยคือจะต้องใช้เวลาในการวัดประมาณ 1 นาทีต่อการวัด 1 ครั้ง ซึ่งหากในโรงพยาบาลที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก จะทำให้เสียเวลาในขั้นตอนการวัดอุณหภูมินี้อย่างมาก และในกรณีที่ผู้ถูกวัดอุณหภูมิเป็นเด็ก จะทำให้วัดอุณหภูมิโดยใช้ปรอทได้ยาก จะต้องมีวิธีการวัดอุณหภูมิที่รวดเร็วและแม่นยำ

นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงการระบาดของโรคไข้หวัดนก โรงพยาบาลในพื้นที่ที่มีการแพร่ระบาด จะต้องมีการตั้งจุดคัดกรองผู้ป่วยเบื้องต้น โดยอาศัยการซักประวัติ และการวัดอุณหภูมิร่างกาย หากมีการพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายที่ไม่ต้องใช้เวลาในการวัดนานมาก และมีวิธีการวัดที่ไม่ต้องสัมผัสกับร่างกายผู้ถูกวัดจะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ค้นคว้าเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิแบบต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2.2 ศึกษาทำความเข้าใจ หาสาเหตุเกี่ยวกับคลื่นความร้อนที่แผ่ออกจากวัตถุที่มีความร้อนหรือร่างกายของมนุษย์

1.2.3 ออกแบบและสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายโดยใช้เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

1.3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดที่พัฒนาขึ้น สามารถบันทึกอุณหภูมิ วันที่และเวลาที่ทำการวัดได้ สำหรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง

1.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด สามารถเลือกหน่วยการวัดอุณหภูมิระหว่างองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ได้ตามที่ผู้ใช้งานเลือก

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาหลักการวัดอุณหภูมิแบบต่างๆ

1.4.2 ค้นคว้าเกี่ยวกับการแพร่คลื่นความร้อนจากวัตถุ

1.4.3 ศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิ

1.4.4 ออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

1.4.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ

1.4.6 ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด

1.4.7 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2550							ปี 2551	
	ม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาหลักการวัดอุณหภูมิแบบต่างๆ									
2. ค้นคว้าเกี่ยวกับการแพร่คลื่นความร้อนจากวัตถุ									
3. ศึกษาและคัดเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิ									
4. ออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง									
5. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ									
6. ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด									
7. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน									

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดสามารถวัดอุณหภูมิได้รวดเร็ว ถูกต้อง และมีฟังก์ชั่นในการทำงานอื่นที่เกี่ยวข้องครบถ้วน

1.6.2 มีความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.7 งบประมาณของโครงงาน

1.7.1 ค่าอุปกรณ์ในการพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

1.7.2 ค่าจัดทำรูปเล่มโครงงาน

รวมเป็นเงิน 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ธรรมชาติของ "แสง" แสดงความประพฤติเป็นทั้ง "คลื่น" และ "อนุภาค" เมื่อเรากล่าวถึงแสงในคุณสมบัติความเป็นคลื่น เราเรียกว่า "คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า" (Electromagnetic waves) ซึ่งประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าทำมุมตั้งฉาก และเคลื่อนที่ไปในอวกาศด้วยความเร็ว 300,000,000 เมตร/วินาที เมื่อเรากล่าวถึงแสงในคุณสมบัติของอนุภาค เราเรียกว่า "โฟตอน" (Photon) เป็นอนุภาคที่ไม่มีมวล แต่เป็นพลังงาน

2.1.1 ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แสงที่ตามองเห็น (Visible light) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงซึ่งประสาทตาของมนุษย์สามารถสัมผัสได้ ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400 – 700 นาโนเมตร (1เมตร = 1,000,000,000 นาโนเมตร) หากนำแท่งแก้วปริซึม (Prism) มาหักเหแสงอาทิตย์ เราจะเห็นว่าแสงสีขาวถูกหักเหออกเป็นสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง คล้ายกับสีของรุ้งกินน้ำ เรียกว่า "สเปคตรัม" (Spectrum) แสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งสีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยที่สุด และสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด

นอกจากแสงที่ตามองเห็นแล้วยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ได้แก่ รังสีที่มีความยาวคลื่นถัดจากสีแดงออกไป เราเรียกว่า "รังสีอินฟราเรด" หรือ "รังสีความร้อน" เรามองไม่เห็นรังสีอินฟราเรด แต่เราก็รู้สึกถึงความร้อนได้ สัตว์บางชนิด เช่น งู มีประสาทสัมผัสรังสีอินฟราเรด มันสามารถทราบตำแหน่งของเหยื่อได้ โดยการสัมผัสรังสีอินฟราเรดซึ่งแผ่ออกมาจากร่างกายของเหยื่อ รังสีที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสงสีม่วงเรียกว่า "รังสีอัลตราไวโอเล็ต" แม้ว่าเราจะมองไม่เห็น แต่เมื่อเราตากแดดนานๆ ผิวหนังจะไหม้ด้วยรังสีชนิดนี้ นอกจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตและรังสีอินฟราเรดแล้ว ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ซึ่งเรียงลำดับตามความยาวคลื่นได้ดังนี้

รังสีแกมมา (Gamma – ray) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.01 นาโนเมตร โฟตอนของรังสีแกมมามีพลังงานสูงมาก กำเนิดจากแหล่งพลังงานนิวเคลียร์ เช่น ดาวระเบิด หรือ ระเบิดปรมาณู เป็นอันตรายมากต่อสิ่งมีชีวิต

รังสีเอ็กซ์ (X-ray) มีความยาวคลื่น 0.01 - 1 นาโนเมตร มีแหล่งกำเนิดในธรรมชาติมาจากดวงอาทิตย์ เราใช้รังสีเอ็กซ์ในทางการแพทย์ เพื่อส่องผ่านเซลล์เนื้อเยื่อ แต่ถ้าได้ร่างกายได้รับรังสีนี้มากๆ ก็จะเป็นอันตราย

รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation) มีความยาวคลื่น 1 - 400 นาโนเมตร รังสีอัลตราไวโอเล็ตมีอยู่ในแสงอาทิตย์ เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่หากได้รับมากเกินไปก็จะทำให้ผิวไหม้ และอาจทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง

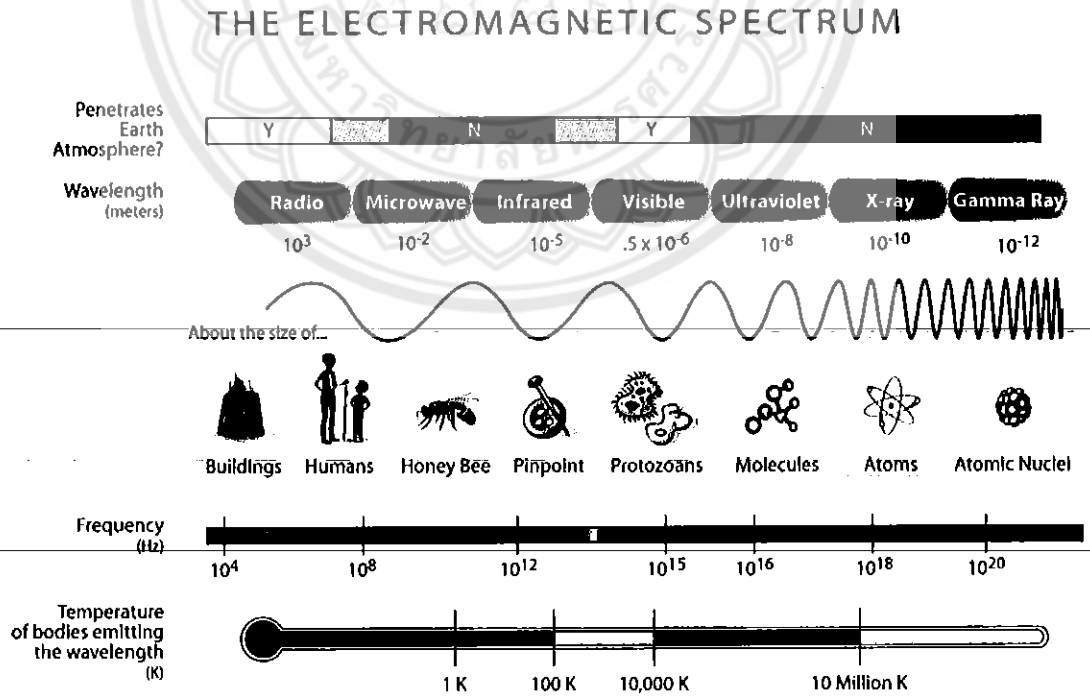
แสงที่ตามองเห็น (Visible light) มีความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ ส่วนมากเป็นรังสีในช่วงนี้ แสงแดดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก และยังช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืช

รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร – 1 มิลลิเมตร ซึ่งโลกและสิ่งชีวิตแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา ก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำในบรรยากาศดูดซับรังสีนี้ไว้ ทำให้โลกมีความอบอุ่น เหมาะกับการดำรงชีวิต

คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) มีความยาวคลื่น 1 มิลลิเมตร – 10 เซนติเมตร ใช้ประโยชน์ในด้านโทรคมนาคมระยะไกล นอกจากนั้นยังนำมาประยุกต์สร้างพลังงานในเตาอบอาหาร

คลื่นวิทยุ (Radio wave) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากที่สุด คลื่นวิทยุสามารถเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศได้ จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม

จากคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าข้างต้น สามารถสรุปคุณสมบัติและรายละเอียดได้ ดังรูปที่ 2.1 และจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ในย่านต่างๆ ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 คุณสมบัติและรายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านต่างๆ

ประเภท			ความยาวคลื่น	ความถี่
อัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)	UVC		0.1 – 0.28 um	230 – 430 THz
	UVB		0.28 – 0.32 um	100 – 230 THz
	UVA		0.32 – 0.4 um	38 – 100 THz
แสงที่ตามองเห็น (Visible Light)			0.4 – 0.7 um	430 – 750 THz
อินฟราเรด (Infrared)	อินฟราเรดใกล้		0.7 – 1.3 um	230 – 430 THz
	อินฟราเรดคลื่นสั้น		1.3 – 3 um	100 – 230 THz
	อินฟราเรดคลื่นกลาง		3 – 8 um	38 – 100 THz
	อินฟราเรดความร้อน		8 – 14 um	22 – 38 THz
	อินฟราเรดไกล		14 um – 1 mm	0.3 – 22 THz
คลื่นวิทยุ (Radio Wave)	ไมโครเวฟ (Microwave)	มิลลิเมตรย่อย	0.1 – 1 mm	0.3 – 3 THz
		มิลลิเมตร (EHF)	1 – 10 mm	30 – 300 GHz
		เซนติเมตร (SHF)	1 – 10 cm	3 – 30 GHz
		เดซิเมตร (UHF)	10 cm – 1 m	0.3 – 3 GHz
	คลื่นสั้นมาก (VHF)		1 – 10 m	30 – 300 MHz
	คลื่นสั้น (HF)		10 – 100 m	3 – 30 MHz
	คลื่นกลาง (MF)		100 m – 1 km	0.3 – 3 MHz
	คลื่นยาว (LF)		1 – 10 km	30 – 300 KHz
	คลื่นยาวมาก (VLF)		10 – 100 km	3 – 30 KHz

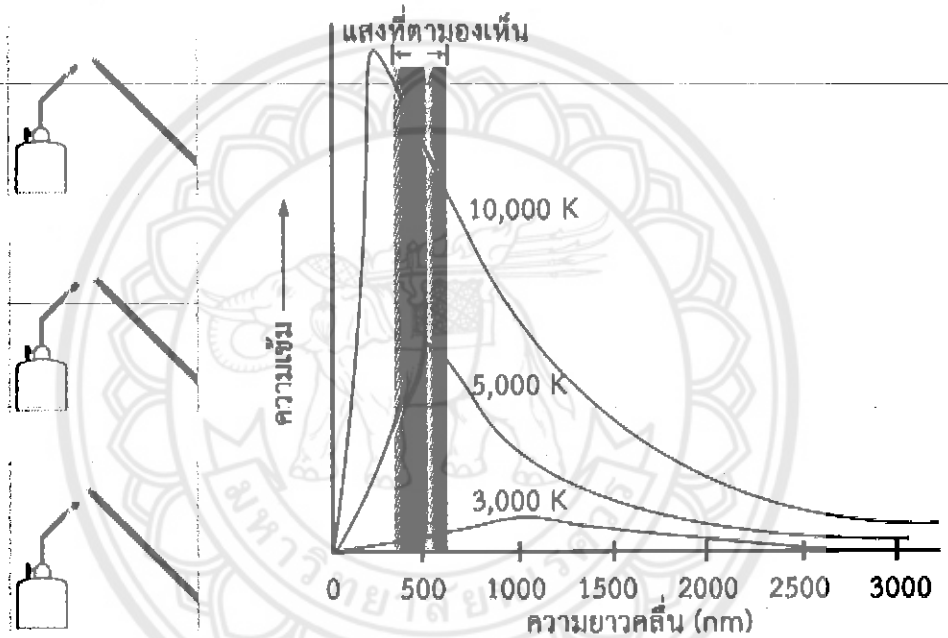
2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น และอุณหภูมิ

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณภูมิสูงกว่า 0 เคลวิน (-273°C) มีพลังงานภายในตัว และมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแปรผกผันกับอุณหภูมิ มิใช่มีเพียงสิ่งที่มีอุณหภูมิสูง ดังเช่น ดวงอาทิตย์ และไส้หลอดไฟฟ้า จึงมีการแผ่รังสี หากแต่สิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำดังเช่น ร่างกายมนุษย์ และน้ำแข็ง ก็มีการแผ่รังสีเช่นกัน เพียงแต่ตาของเรามองไม่เห็น พิจารณารูปที่ 2.2 เมื่อเราให้พลังงานความความร้อนแก่แท่งโลหะ เมื่อมันเริ่มร้อน มันจะเปล่งแสงสีแดง (สามารถเห็นได้จากขดลวดของเตาไฟฟ้า) เมื่อมันร้อนมากขึ้น มันจะเปล่งแสงสีเหลือง และในที่สุดมันจะเปล่งแสงสีขาวอมน้ำเงิน พิจารณาเส้นกราฟ จะเห็นว่า

เมื่อโลหะมีอุณหภูมิ 3,000 K ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 1000 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับย่านรังสีอินฟราเรด ซึ่งสายตาเราไม่สามารถมองเห็นรังสีชนิดนี้ เราจึงเห็นแท่งโลหะแผ่แสงสีแดง เนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่ต่ำที่สุดแล้ว ที่เราสามารถมองเห็นได้

เมื่อแท่งเหล็กมีอุณหภูมิ 5,000 K ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 580 นาโนเมตร เราจึงมองเห็นแท่งโลหะเปล่งแสงสีเหลือง

เมื่อแท่งเหล็กมีอุณหภูมิ 10,000 K ความยาวคลื่นสูงสุดที่ยอดกราฟจะอยู่ที่ 290 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งสายตาเราไม่สามารถมองเห็นรังสีชนิดนี้ เราจึงเห็นแท่งโลหะแผ่แสงสีม่วง เนื่องจากเป็นความยาวคลื่นที่สูงที่สุดแล้ว ที่เราสามารถมองเห็นได้



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและอุณหภูมิ

ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า วัตถุร้อน มีพลังงานสูง และแผ่รังสีคลื่นสั้น ส่วนวัตถุเย็น มีพลังงานต่ำ แผ่รังสีคลื่นยาว ในปี ค.ศ.1893 นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ วิลเฮล์ม เวน (Wilhelm Wien) ได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและความร้อน ดังสมการที่ 2.1

$$\lambda_{max} = \frac{0.0029}{T} \qquad (2.1)$$

โดยที่ λ_{max} = ความยาวคลื่นที่มีพลังงานสูงสุด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

T = อุณหภูมิของวัตถุ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)

ตัวอย่างที่ 1 แสงแดดจากดวงอาทิตย์มีพลังงานสูงสุดที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (0.0000005 เมตร) แสดงว่าดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวเท่าไร

จากสมการที่ 2.1

$$\lambda_{max} = \frac{0.0029}{T}$$

$$T = \frac{0.0029}{\lambda_{max}}$$

$$T = \frac{0.0029}{0.0000005}$$

$$T = 5800$$

ดังนั้นดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวเท่ากับ 5,800 K หรือประมาณ 5526.85 (°C)

ตัวอย่างที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเท่ากับ 15°C (288 K) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่โลกแผ่สู่อวกาศ มีความยาวคลื่นที่มีพลังงานสูงสุด เท่ากับเท่าไร

จากสมการที่ 2.1

$$\lambda_{max} = \frac{0.0029}{T}$$

$$= \frac{0.0029}{288}$$

$$= 0.00001$$

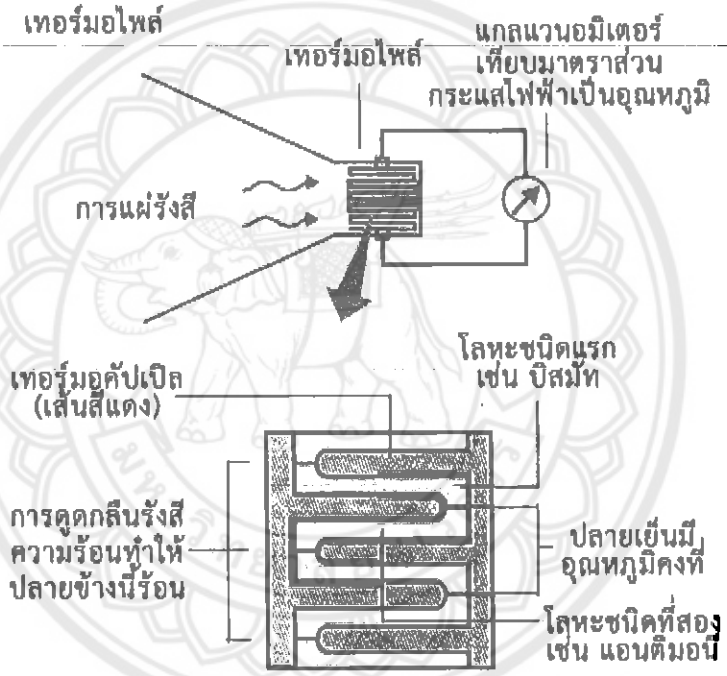
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่โลกแผ่สู่อวกาศ มีความยาวคลื่นเท่ากับ 0.00001 เมตร หรือ 0.01 มิลลิเมตร ตรงกับย่านรังสีอินฟราเรด

2.1.3 สรุปกฎการแผ่รังสี

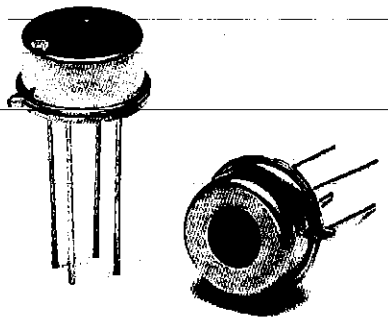
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ในอวกาศด้วยความเร็ว 300,000 กิโลเมตร/วินาที
- คลื่นสั้นมีความถี่สูง คลื่นยาวมีความถี่ต่ำ
- วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 K (-273°C) ล้วนมีพลังงานภายในตัว และมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- วัตถุที่มีอุณหภูมิสูง ย่อมมีการแผ่พลังงาน มากกว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ
- วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว $\lambda_{max} = \frac{0.0029}{T}$

2.2 เซนเซอร์อินฟราเรด

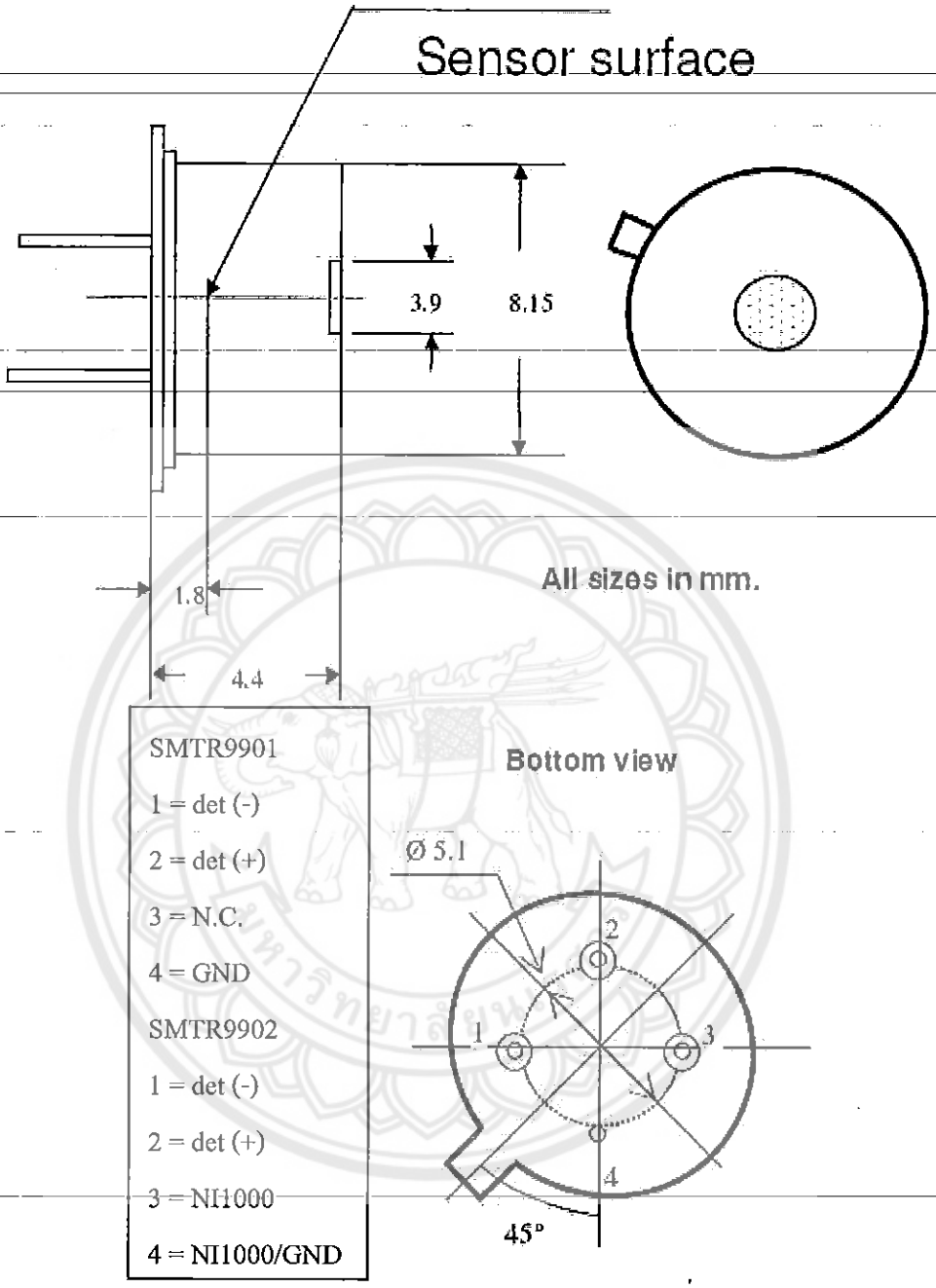
โครงงานนี้เลือกใช้เซนเซอร์อินฟราเรดของบริษัท Smartec รุ่น SMTIR 9902 เป็นอุปกรณ์วัดการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งประกอบด้วยเทอร์มอไพล์ (Thermopile) 100 ชุด ต่ออนุกรมกัน เมื่อรังสีความร้อนตกกระทบบนรอยต่อด้านหนึ่ง ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายร้อนและปลายเย็นอีกด้านหนึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในเทอร์มอไพล์ (Thermopile) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะแสดงถึงปริมาณรังสีความร้อนที่ถูกดูดไว้ โดยหลักการทำงานของเทอร์มอไพล์ (Thermopile) แสดงดังรูปที่ 2.3 ส่วนเซนเซอร์ SMTIR 9902 นั้นมีลักษณะดังรูปที่ 2.4 และมีการจัดวางตำแหน่งขาของเซนเซอร์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเทอร์มอไพล์ (Thermopile)



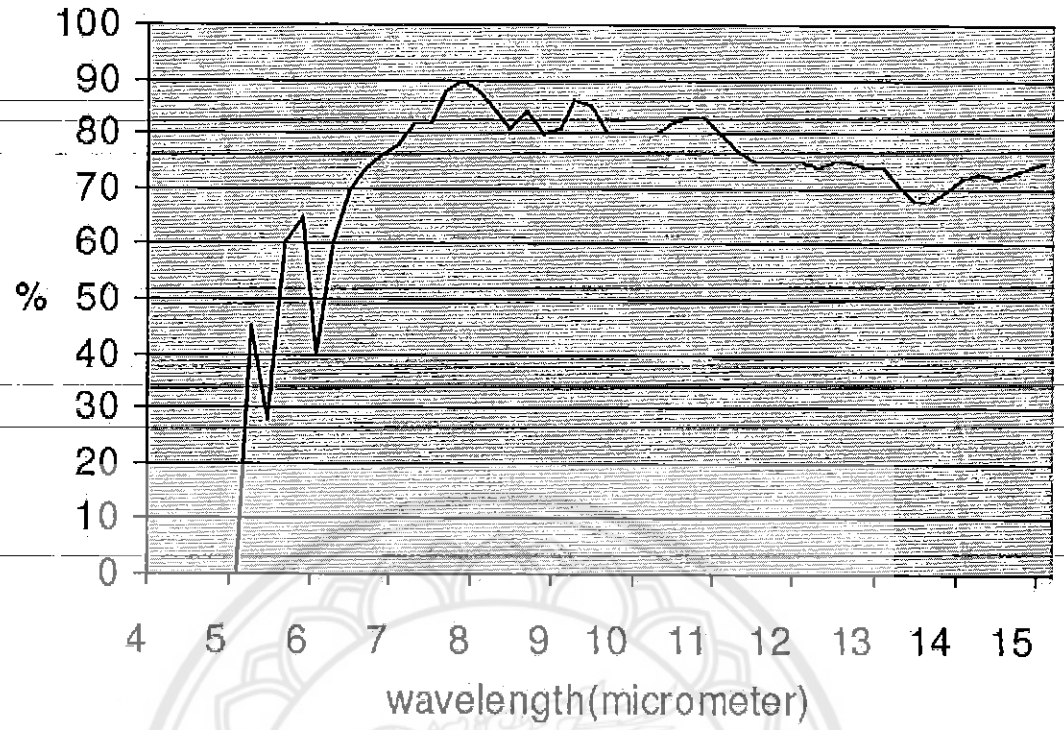
รูปที่ 2.4 เซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902



รูปที่ 2.5 ขนาดและตำแหน่งการจัดวางขาของเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902

2.2.1 คุณสมบัติของ SMTIR9902

เซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR9902 ถูกออกแบบให้มีตัวกรองผ่านสูง (High Pass Filter) ภายในตัวเอง โดยยอมให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 5.5 ไมโครเมตร ซึ่งอยู่ในย่านของรังสีอินฟราเรดผ่านไปได้ ดังรูปที่ 2.6 ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2



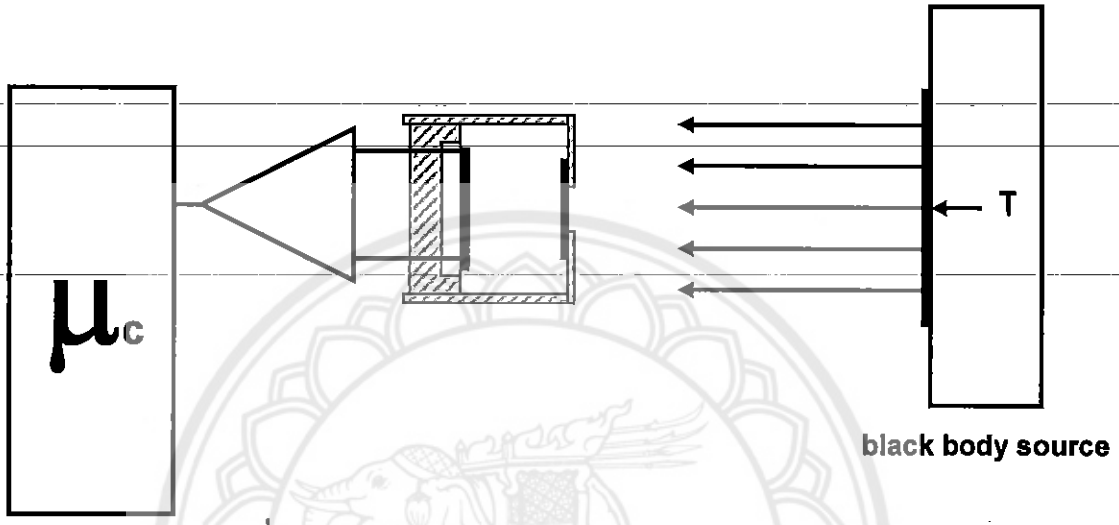
รูปที่ 2.6 คุณสมบัติตัวกรองผ่านสูง (High Pass Filter) ของเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR9902

Parameters	Typical	Unit
Number of thermojunctions	100	
Active area	0.50	mm^2
Die Size	2.2×2.2	mm^2
Resistance of thermopile	50 ±15	K
Sensitivity	110 ±20	V/W
Temperature Coefficient of sensitivity	-5.2 ±0.08	$\%/K$
Specific Detectivity	2.1×10	$\frac{cm.Hz^{1/2}}{W}$
Noise equivalent power	0.35	nW
Noise voltage	37	$nV/Hz^{1/2}$
Time Constant	40 ±10	ms (63%)
Temperature range (sensor)	-20 – 100	$^{\circ}C$
Storage temperature	-40 – 100	$^{\circ}C$
Filter (High Pass)	5.5	μm

2.2.2 การนำไปใช้งาน

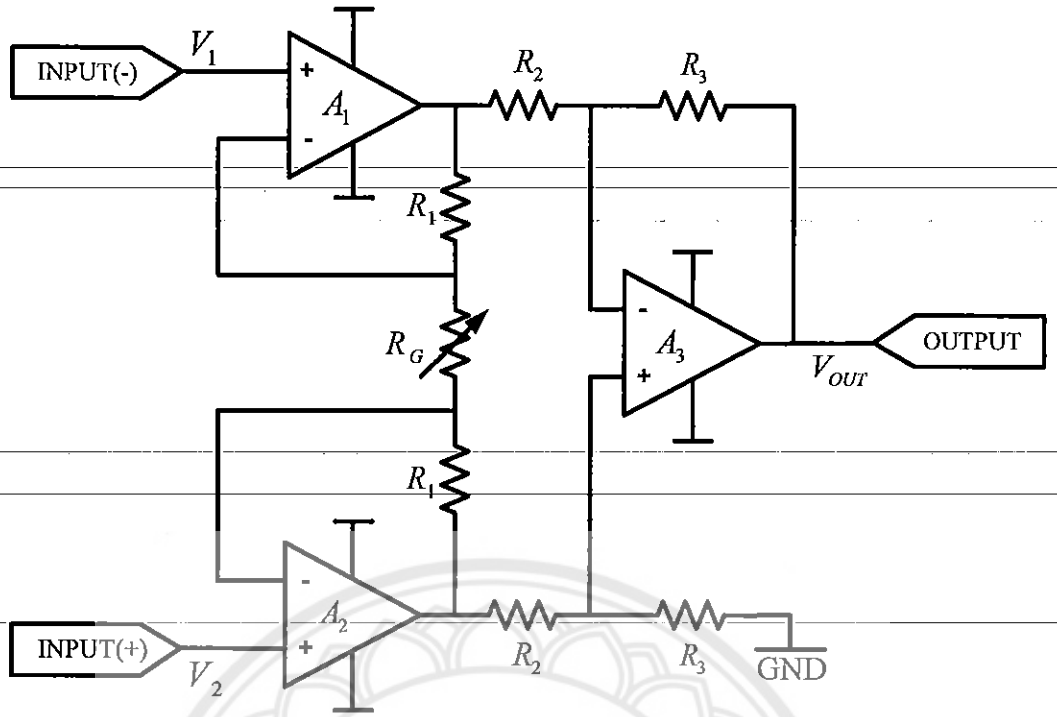
การนำเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 ไปงานทำได้โดย นำสัญญาณเอาท์พุทระหว่างขา 1 (det-) และขา 2 (det+) ไปผ่านวงจรขยาย เนื่องจากสัญญาณเอาท์พุทจากเซนเซอร์มีขนาดน้อยมาก แล้วผ่านวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำประมวลและแสดงผลต่อไป ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การนำเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902 ไปใช้งาน

2.3 วงจรขยายสัญญาณอินสรูเมนท์ (Instrumentation Amplifiers)

วงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ (Instrumentation Amplifiers) หรือวงจรขยายสัญญาณที่ใช้กับเครื่องมือวัดสัญญาณความแตกต่างขนาดเล็กมาก เช่น สัญญาณเซนเซอร์จากร่างกายของมนุษย์ โดยใช้วงจรขยายความแตกต่างหรือวงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Amplifiers) รับสัญญาณจากค่า 2 ค่าที่ต้องการและนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของสัญญาณอินพุทซึ่งมีขนาดเล็กมากๆ นี้ และนำมาขยายสัญญาณเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป โดยหลักการแล้วจะต้องมีการตัดหรือขจัดสัญญาณรบกวนออกไปเสียก่อนที่จะทำการขยายสัญญาณ ดังนั้นวงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Amplifiers) จึงเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการนำไปสร้างเป็นวงจรขยายอินสทรูเมนท์ (Instrumentation Amplifiers) ทำให้ในวงจรขยายอินสทรูเมนท์ (Instrumentation Amplifiers) จึงจะมีวงจรออปแอมป์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Amplifiers) จำนวนมากกว่า 1 ตัวเสมอ



รูปที่ 2.8 วงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์

จากรูปที่ 2.8 วงจรขยายอินสทรูเมนท์นี้ใช้ออปแอมป์ 3 ตัว โดยที่ออปแอมป์ A_1 และ A_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรภาคอินพุตส่วนหน้า (First stage หรือ Input stage) ขณะที่ออปแอมป์ A_3 จะเป็นวงจรภาคเอาท์พุทส่วนที่สอง (Second stage หรือ Output stage) โดยอัตราขยายของวงจรหาได้จากสมการที่ 2.2

$$A = \left(1+\frac{2R_3}{R_G}\right)\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \tag{2.2}$$

ถ้าให้ V_1 และ V_2 เป็นแรงดันอินพุทของ A_1 และ A_2 ตามลำดับ แรงดันเอาท์พุทของ A_3 หรือแรงดันเอาท์พุทของวงจร V_{OUT} หาได้จากสมการที่ 2.3

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= \left(1+\frac{2R_3}{R_G}\right)\left(\frac{R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1) \\ &= A(V_2 - V_1) \end{aligned} \tag{2.3}$$

เนื่องจากแรงดันอินพุท V_1 และ V_2 ของวงจรนั้นถูกป้อนโดยตรงเข้าทางขาอินพุทไม่กลับเฟสของออปแอมป์จึงทำให้วงจรขยายอินสทรูเมนท์นี้มีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรสูงมาก (ประมาณเท่ากับอินพุทอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์นั่นเอง) นอกจากนี้อัตราขยายสัญญาณ A ของวงจรสามารถปรับค่าได้อย่างสะดวกและอิสระด้วยการปรับค่าของ R_G

บทที่ 3
การพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

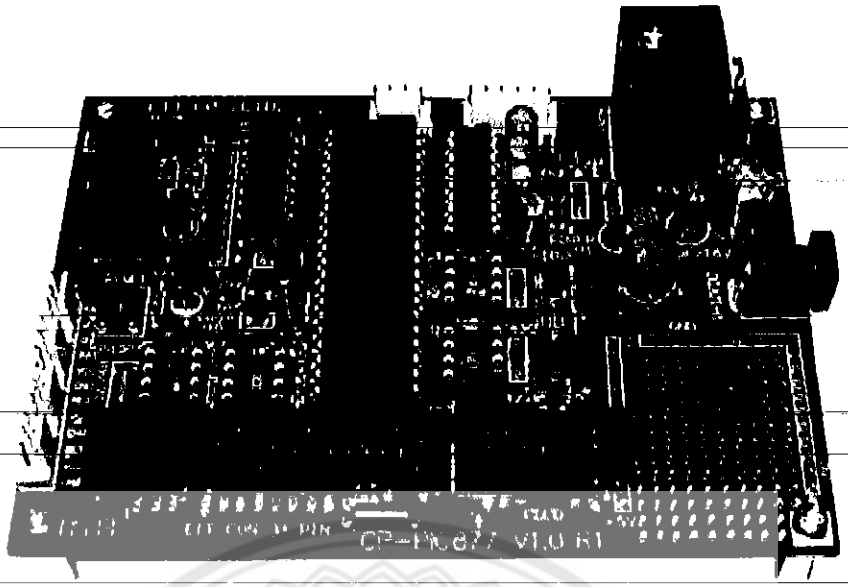
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1 บอร์ดทดลอง CP-PIC877

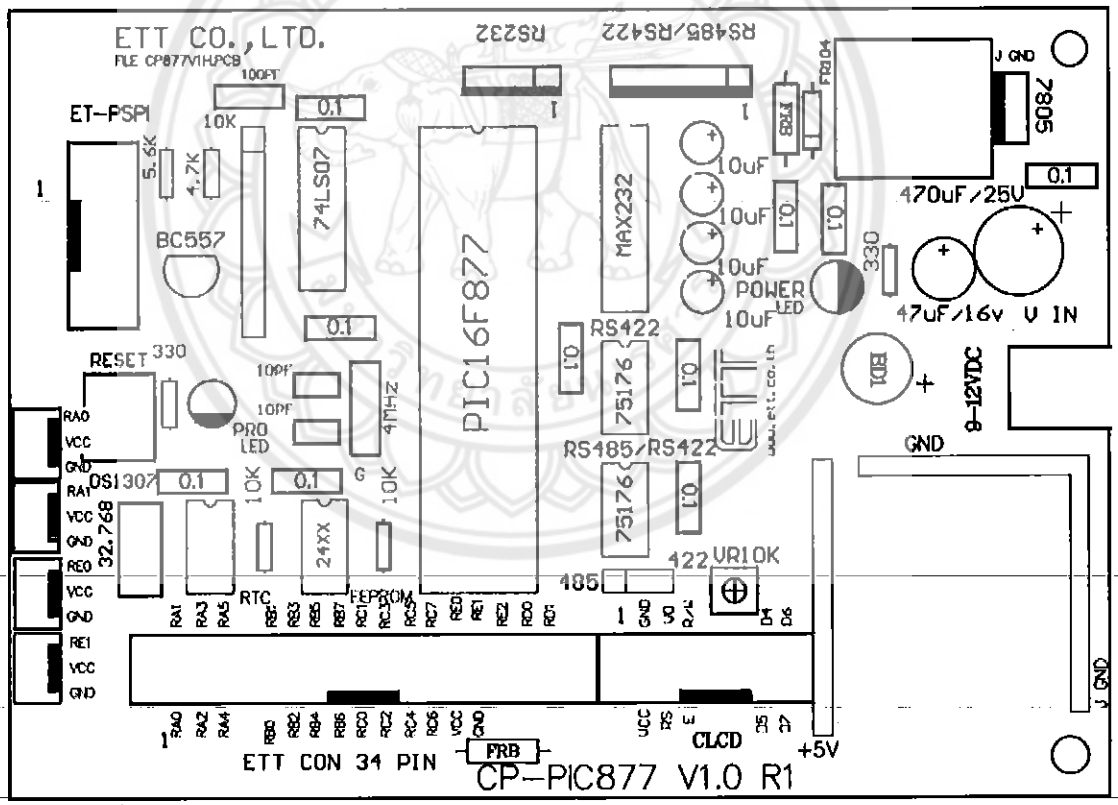
ส่วนประกอบภายในของเครื่องวัดอุณหภูมิ จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลักในการทำงาน โครงงานนี้เลือกใช้บอร์ดทดลองสำเร็จรูปของบริษัท ETT รุ่น CP-PIC877 V.1 ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้กับ CPU ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F877
- X'TAL 4 MHz ความเร็วในการทำงาน 250 nS ต่อคำสั่ง
- ON CHIP FLASH PROGRAM MEMORY 8 KWORDS
- ON CHIP 368 BYTES RAM / 256 BYTES EEPROM
- ADC 10 BIT 8 CHANNEL
- 14 INTERNAL / EXTERNAL INTERRUPT
- SPI & I2C MASTER ON SLAVE MODE
- POWER ON RESET
- RS232 1 CHANNEL
- RS422 / 485 1 CHANNEL (OPTION)
- REAL TIME CLOCK DS107 (OPTION)
- EEPROM 24XX (OPTION)
- ET - BUS 34 PIN
- LCD PORT 14 PIN (4 BIT INTERFACE)
- 5 VOLT REGULATE ON BOARD

บอร์ดทดลองรุ่น CP-PIC877 นี้สามารถนำไอซีฐานเวลาจริง (Real Time Clock) DS1307 และไอซีหน่วยความจำประเภท I2C ได้เลย การจัดวางอุปกรณ์และพอร์ทเชื่อมต่อต่างๆ ของบอร์ดทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 บอร์ดทดลอง CP-PIC877 V.1



รูปที่ 3.2 การจัดวางอุปกรณ์และพอร์ทเชื่อมต่อต่างๆ บนบอร์ดทดลอง CP-PIC877 V.1

3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิพ (Microship) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแรกๆ ที่มีการประมวลผลแบบ RISC Processor (Reduced Instruction Set Computer) โดยใช้คำสั่งการประมวลผลเพียง 33 – 35 คำสั่ง และใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่งเพียง 1 หรือ 2 Machine Cycle ต่อคำสั่งเท่านั้น การประมวลผลคำสั่งเป็นลักษณะ Pipe Line คือขณะประมวลผลคำสั่งแรกจะทำการโหลดคำสั่งถัดไปมาเตรียมรอไว้ ทำให้มีการทำงานที่รวดเร็ว นอกจากนั้นในตัวโครงสร้างยังประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ฟังก์ชันโมดูลสำหรับใช้งานพิเศษต่างๆ มากมาย ได้แก่ โมดูล Analog to Digital Converter, USART, Timer/Counter, SPI, Compare/Capture/PWM, I2C เป็นต้น โมดูลเหล่านี้ ล้วนเพิ่มขีดความสามารถให้นำไปใช้งานได้อย่างหลายหลาย ประกอบกับมีเครื่องมือในการพัฒนาที่เพียบพร้อม คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีดังนี้คือ

- มีคำสั่งในภาษาแอสเซ็มบลี 35 คำสั่ง
- ใช้ความถี่ออสซิเลเตอร์ได้สูงสุด 20 MHz
- มีหน่วยความจำโปรแกรม FLASH Memory ขนาด 8K Word (14 bit words)
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM 368 Bytes
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM 256 Bytes
- มีการตอบสนองอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด 14 แหล่ง
- สามารถเลือกระดับการป้องกันข้อมูล (Code Protection) ได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- สามารถเลือกแหล่งสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด XT, RC และออสซิเลเตอร์พลังงานต่ำ
- มีฟังก์ชั่นรักษาเสถียรภาพการทำงาน ได้แก่ POR (Power-on rest), PWRT (Power-up Timer), OST (Oscillator Start-up Timer), BOR (Brown-out reset) และ WDT (Watchdog Timer)
- การโปรแกรมตัวชิพแบบ ICSP (In-Circuit Serial Programming)
- สามารถทำงานที่ไฟเลี้ยงตั้งแต่ 2.0 – 5.5 V
- ขาพอร์ท I/O แต่ละขา สามารถรับและปล่อยกระแสได้สูงสุด 25 mA
- มีโมดูล Timer/Counter ใช้งานได้ทั้งหมด 3 ตัว Timer 0, Timer 1และ Timer 2
- มีโมดูล CCP (Compare/Capture/PWM) จำนวน 2 ชุด
- มีโมดูล Analog to Digital Converter ความละเอียด 8 bit และ 10 bit จำนวน 8 ช่อง ภายในตัวชิพ

- มีโมดูลสื่อสารอนุกรมแบบ USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
- มีพอร์ท I/O จำนวน 5 พอร์ท ได้แก่ พอร์ท A, B, C, D และ E มีขา I/O รวมกัน 33 ขา ดังนี้คือ

PORTA มี 6 ขา คือ RA0 ถึง RA5

PORTB มี 8 ขา คือ RB0 ถึง RB7

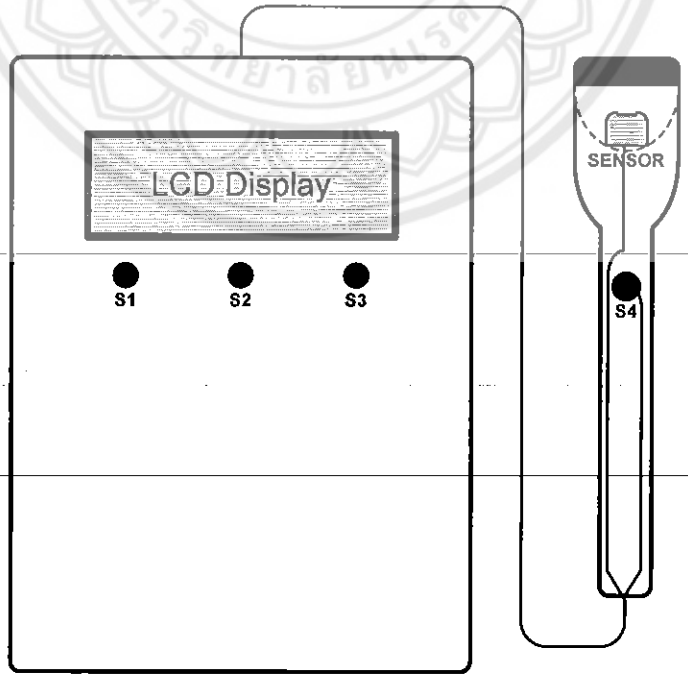
PORTC มี 8 ขา คือ RC0 ถึง RC7

PORTD มี 8 ขา คือ RD0 ถึง RD7

PORTE มี 3 ขา คือ RE0 ถึง RE2

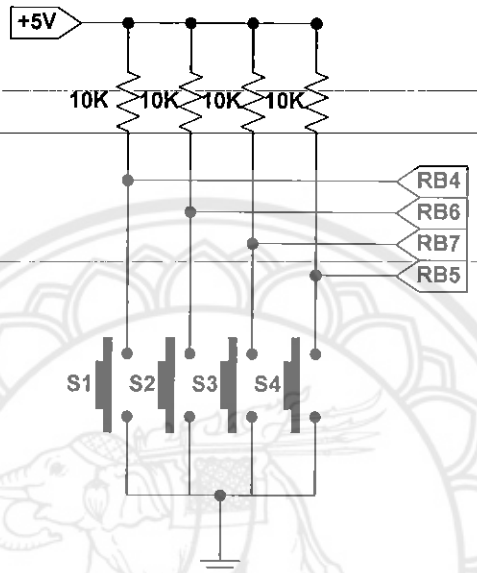
3.2 การสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิ

บอร์ดทดลองรุ่น CP-PIC877 V.1 รวมทั้งวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ออกแบบให้บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติก ด้านหน้ากล่องติดตั้งจอแสดงผลแอลซีดี (LCD) ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด และสวิทซ์แบบกดติดปล่อยดับจำนวน 3 ตัว สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ แล้วดัดแปลงกระบอกไฟฉายด้วยการถอดหลอดไฟออกแล้วติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (SMTIR 9902) ไว้แทน ส่วนสวิทซ์ของไฟฉายที่เป็นแบบเลื่อน เปลี่ยนเป็นแบบกดติดปล่อยดับ ใช้สำหรับกดเมื่อต้องการวัดอุณหภูมิ รวมแล้วใช้สวิทซ์ทั้งหมด 4 ตัว (S1 ถึง S4) โดยมีโครงร่างดังรูปที่ 3.3



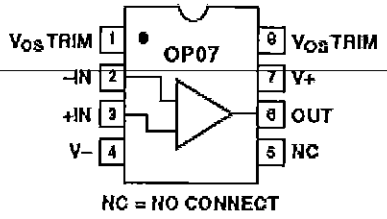
รูปที่ 3.3 โครงร่างของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

การเชื่อมต่อจอแสดงผลหรือสวิทซ์กับบอร์ดทดลอง CP-PIC877 สำหรับจอแสดงผลจะสามารถต่อกับบอร์ดทดลอง CP-PIC877 ทันทีเนื่องจากบนบอร์ดได้เตรียมช่องเชื่อมต่อไว้ให้แล้ว แต่สวิทซ์ทั้ง 4 ตัว จะต่อเข้าที่พอร์ท RB4 - RB7 ของบอร์ดทดลอง CP-PIC877 ซึ่งกำหนดให้มีการต่อดังนี้ สวิทซ์ S1 ต่อกับพอร์ท RB4, สวิทซ์ S2 ต่อกับพอร์ท RB6, สวิทซ์ S3 ต่อกับพอร์ท RB7 และสวิทซ์ S4 ต่อกับพอร์ท RB5 โดยวงจรการต่อสวิทซ์ แสดงดังรูปที่ 3.4

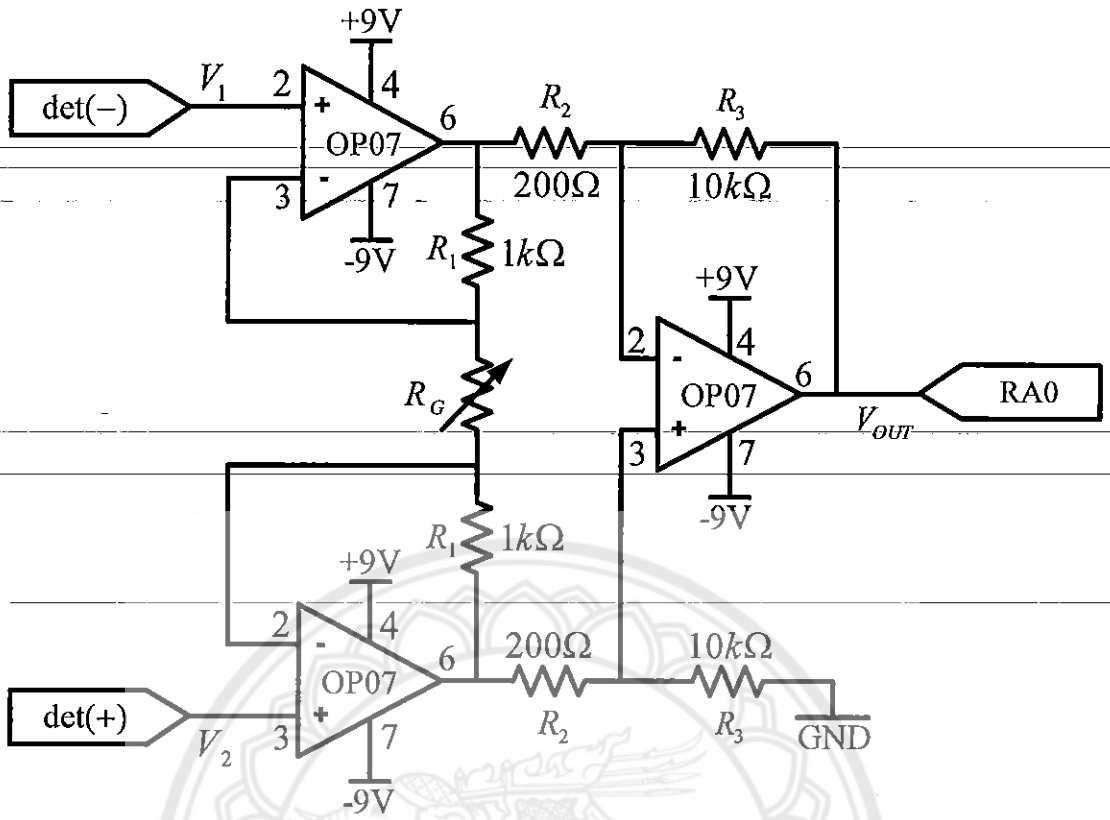


รูปที่ 3.4 วงจรการต่อสวิทซ์ S1-S4 เข้ากับบอร์ดทดลอง CP-PIC877

สำหรับวงจรขยายออกแบบวงจรขยายสัญญาณอินทรูเมนท์ดังในบทที่ 2 เลือกใช้ออปแอมป์เบอร์ OP07 ซึ่งเป็นไอซีแบบ PDIP จำนวน 8 ขา โดยมีการจัดเรียงขา ดังรูปที่ 3.5 ส่วนตัวต้านทานใช้ R_1 เท่ากับ $1\,k\Omega$, R_2 เท่ากับ $200\,\Omega$ และ R_3 เท่ากับ $10\,k\Omega$ ส่วน R_G ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อให้สามารถปรับอัตราขยายได้โดยอิสระ ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.6 และตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทาน R_G และอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ โดยคำนวณจากสมการที่ 2.1



รูปที่ 3.5 ขาไอซีออปแอมป์เบอร์ OP07

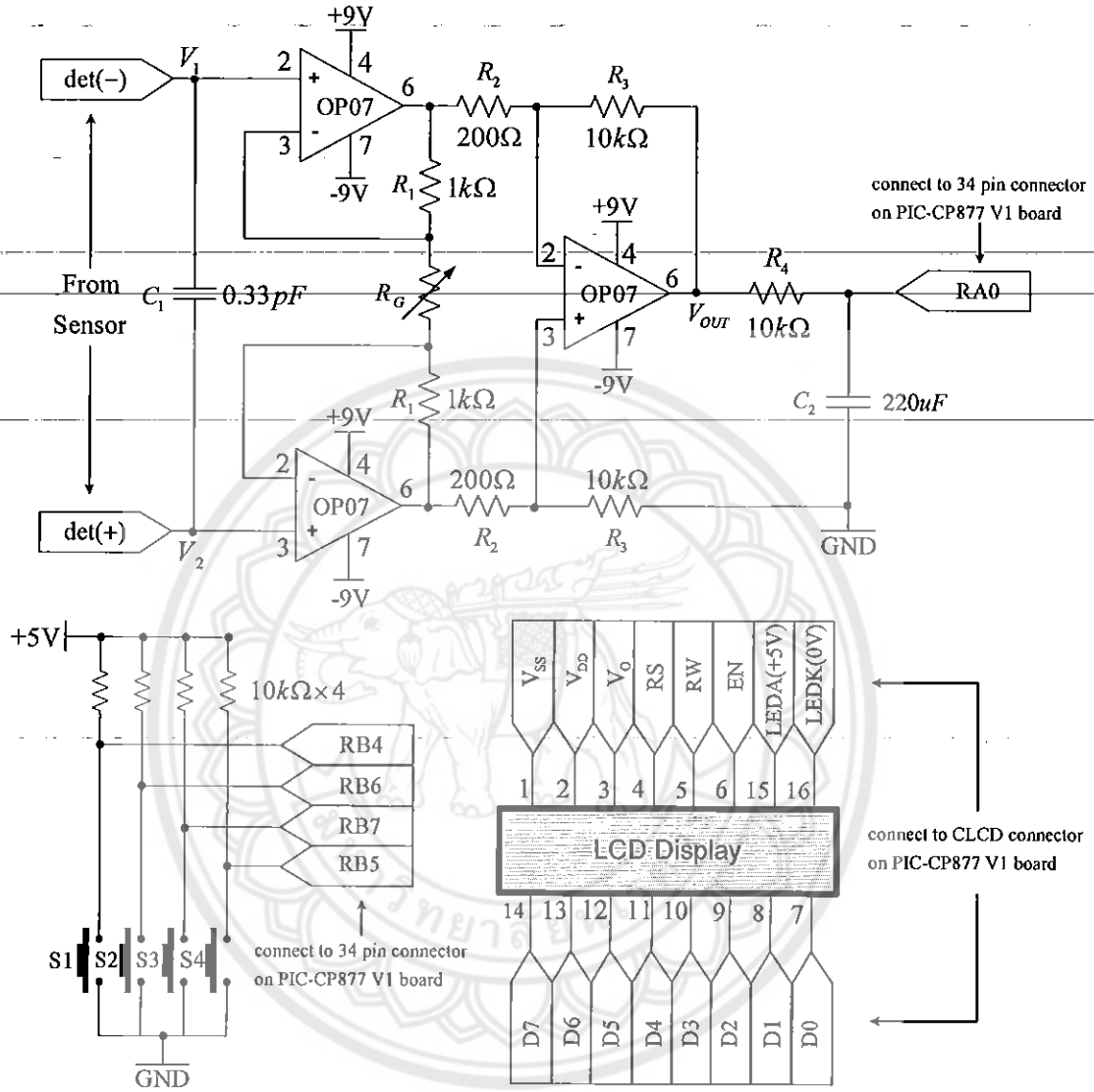


รูปที่ 3.6 การต่อวงจรขยายอินสทรูเมนท์

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทาน R_G และอัตราขยาย

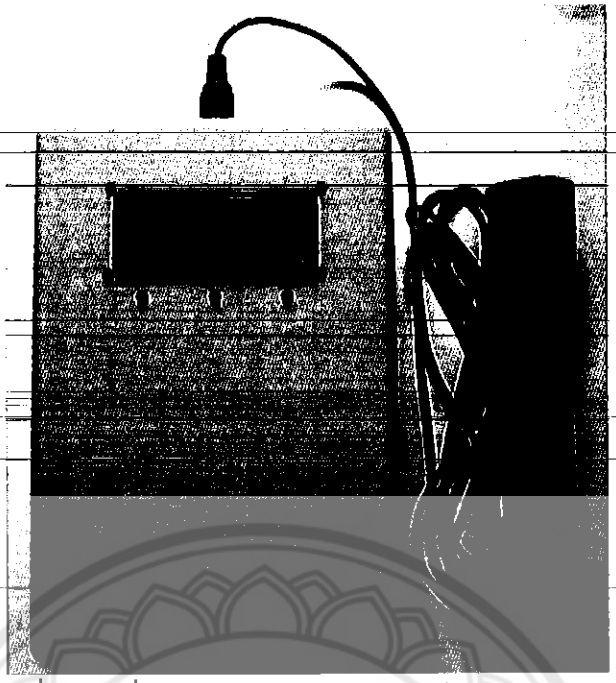
$R_G(\Omega)$	อัตราขยาย	$R_G(\Omega)$	อัตราขยาย	$R_G(\Omega)$	อัตราขยาย
1	100050.0	10	10050.0	100	1050.0
2	50050.0	20	5050.0	200	550.0
3	33383.3	30	3383.3	300	383.3
4	25050.0	40	2550.0	400	300.0
5	20050.0	50	2050.0	500	250.0
6	16716.7	60	1716.7	600	216.7
7	14335.7	70	1478.6	700	192.9
8	12550.0	80	1300.0	800	175.0
9	11161.1	90	1161.1	900	161.1

โดยในรูปที่ 3.7 จะแสดงแผนภาพเค้าร่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

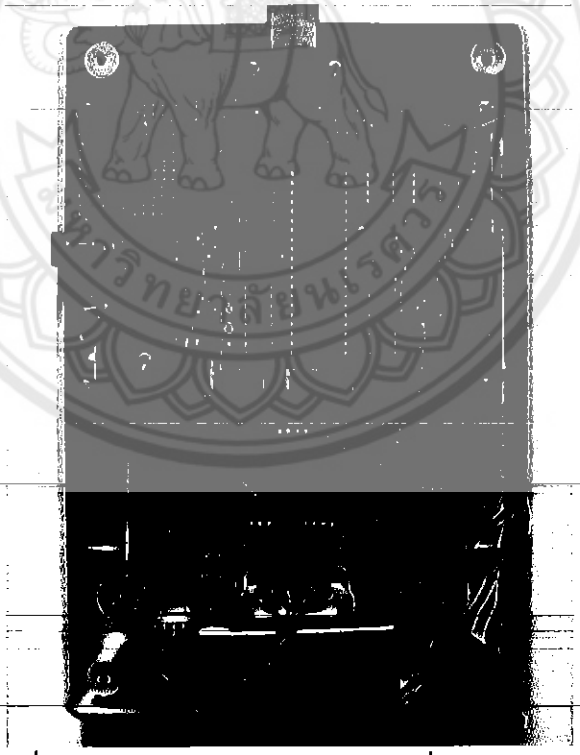


รูปที่ 3.7 แผนภาพเค้าร่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องวัดอุณหภูมิ

และเมื่อประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ตามแผนภาพเค้าร่างแล้วจะได้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดดังรูปที่ 3.8 ถึง 3.10



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด



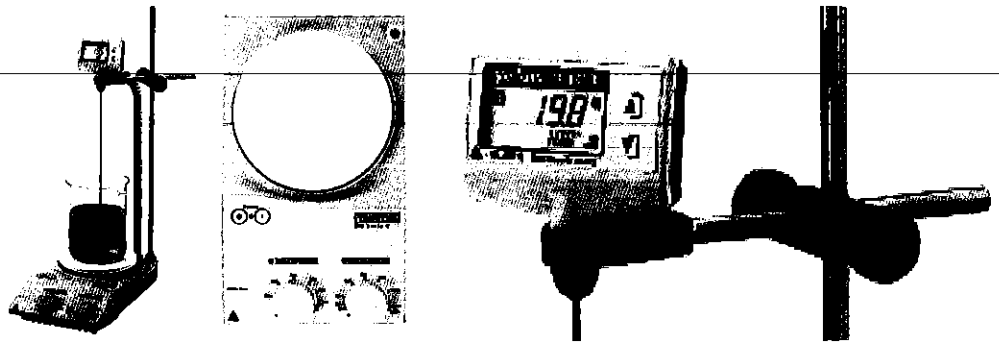
รูปที่ 3.9 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.10 การดัดแปลงกระบอกไฟฉายเพื่อติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด SMTIR 9902

3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องวัดอุณหภูมิ

โครงงานนี้ใช้ภาษา Basic ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด โดยใช้โปรแกรม Microcode Studio ของบริษัท Mecanique เป็น Text Editor สำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิค และใช้ PICBASIC Pro Compiler ของบริษัท microEngineering Labs เพื่อคอมไพล์ไฟล์ที่เขียนด้วยโปรแกรม Microcode Studio ให้เป็นไฟล์ hex สำหรับเขียนในบอร์ดทดลอง CP-PIC877 V.1 ต่อไป

ก่อนการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมินั้นได้ทำการทดลองใช้เซนเซอร์ SMTIR 9902 ที่ติดตั้งไว้ที่กระบอกไฟฉายเรียบร้อยแล้ว ต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ ทำการวัดแรงดันเอาท์พุทที่ออกจากวงจรเทียบกับอุณหภูมิ ณ ค่าต่างๆ เพื่อใช้อ้างอิงในการเขียนโปรแกรม โดยวัดแรงดันเอาท์พุทกับเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C ของบริษัท yellow line ดังแสดงตามรูปที่ 3.11 และตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของเครื่อง Hot Plate รุ่นนี้



รูปที่ 3.11 เครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C

Parameter	Typical	Unit
Temperature measuring range max.	450	°C
Temperature measuring range min.	-50	°C
Temperature measurement resolution	0.1	K
Accuracy of temperature measurement	± 0.2	K
Heat control accuracy	0.1	±K
Control accuracy with sensor	0.5	±K
Permissible ON time	100	%
Immersion depth max.	200	mm
Dimensions (W x H x D)	82 x 83 x 22	mm
Weight	0.2	kg
Permissible ambient temperature	0 – 60	°C
Permissible relative moisture	80	%
Protection class according to DIN EN 60529	IP54	
RS 232 interface	no	
Analog output	no	
DC Voltage	8 – 16	V
Power input	15	mA

ทำการทดลองโดยปรับตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่อง Hot Plate จาก 30 – 45 องศาเซลเซียส โดยปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศาเซลเซียส นำเซนเซอร์ SMTIR 9902 จ่อที่แผ่น Hot Plate ให้ใกล้กับบริเวณที่เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของเครื่อง Hot Plate ติดตั้งอยู่ แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิของเครื่อง Hot Plate และแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณอินสทรูเมนท์ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิของเครื่อง Hot Plateและแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ

อุณหภูมิ (°C)	แรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ (mV)
31.5	1740
32.0	1780
33.0	2010
34.5	2320
35.1	2420
36.1	2520
37.0	2760
38.0	2900
39.0	3090
40.0	3120
41.0	3260
42.0	3450
43.0	3700
44.0	4100
45.0	4320

จากข้อมูลในตารางที่ 3.3 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดัน พร้อมทั้งหาเส้นแนวโน้มระหว่างอุณหภูมิและแรงดันที่ทดลองได้ดังรูปที่ 3.12 จากเส้นแนวโน้มทำให้สามารถหาสมการเชิงเส้นของเส้นแนวโน้มได้ดังสมการที่ 3.1

$$y = 0.0055x + 22.135 \tag{3.1}$$

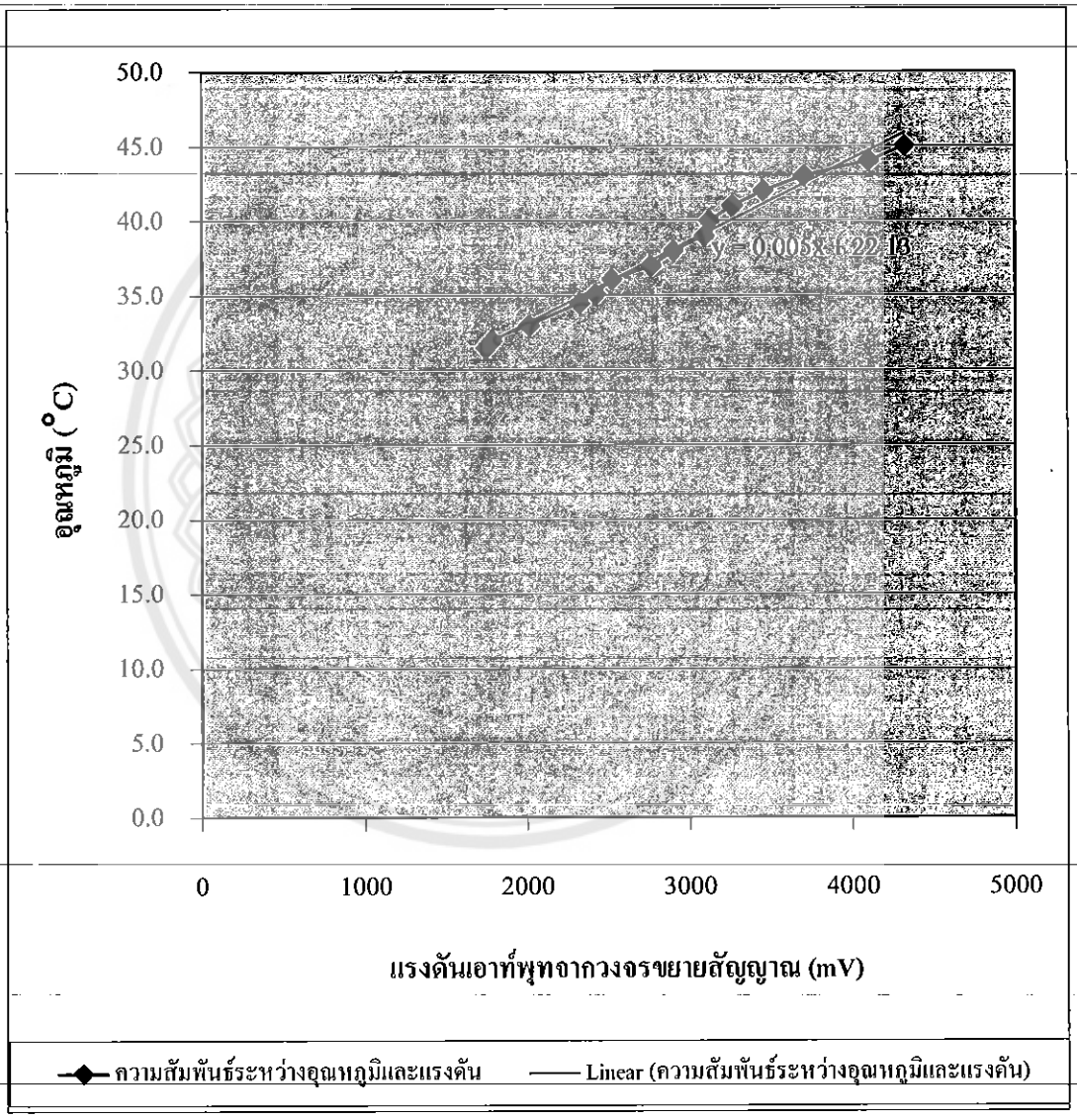
โดยที่ y = อุณหภูมิ (°C)

x = แรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ (mV)

นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดด้วยโปรแกรม Microcode Studio โดยเขียนโปรแกรมให้รับค่าแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยาย เข้าสู่บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC877 V.1 ที่พอร์ท RA0 เพื่อแปลง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สัญญาณแรงดันอนาลอกเป็นดิจิตอลในโมดูล Analog to Digital Converter ที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 โดยใช้ความละเอียด 10 บิต ซึ่งจะแปลงสัญญาณอินพุทระดับแรงดัน 0 - 5 โวลท์ได้ 1024 ระดับ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1023 แล้วคำนวณหาค่าอุณหภูมิที่วัดได้ออกมาแสดงผลทางจอ LCD พร้อมโปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ คือ การบันทึกค่าอุณหภูมิ วันที่และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิลงในหน่วยความจำ, การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเพื่อแสดงผลการวัดอุณหภูมิที่บันทึกไว้, การตั้งเวลาและวันที่ของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันเอาท์พุทจากวงจรขยายสัญญาณ

1'4950495
ส.
56389
2551

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

การทดลองวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด ทำการทดลองโดยใช้เครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate รุ่น MST Basic C แล้วเพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 1 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 30.0 – 45.0 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดวัดอุณหภูมิของแผ่น Hot Plate ของเครื่องกำเนิดความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

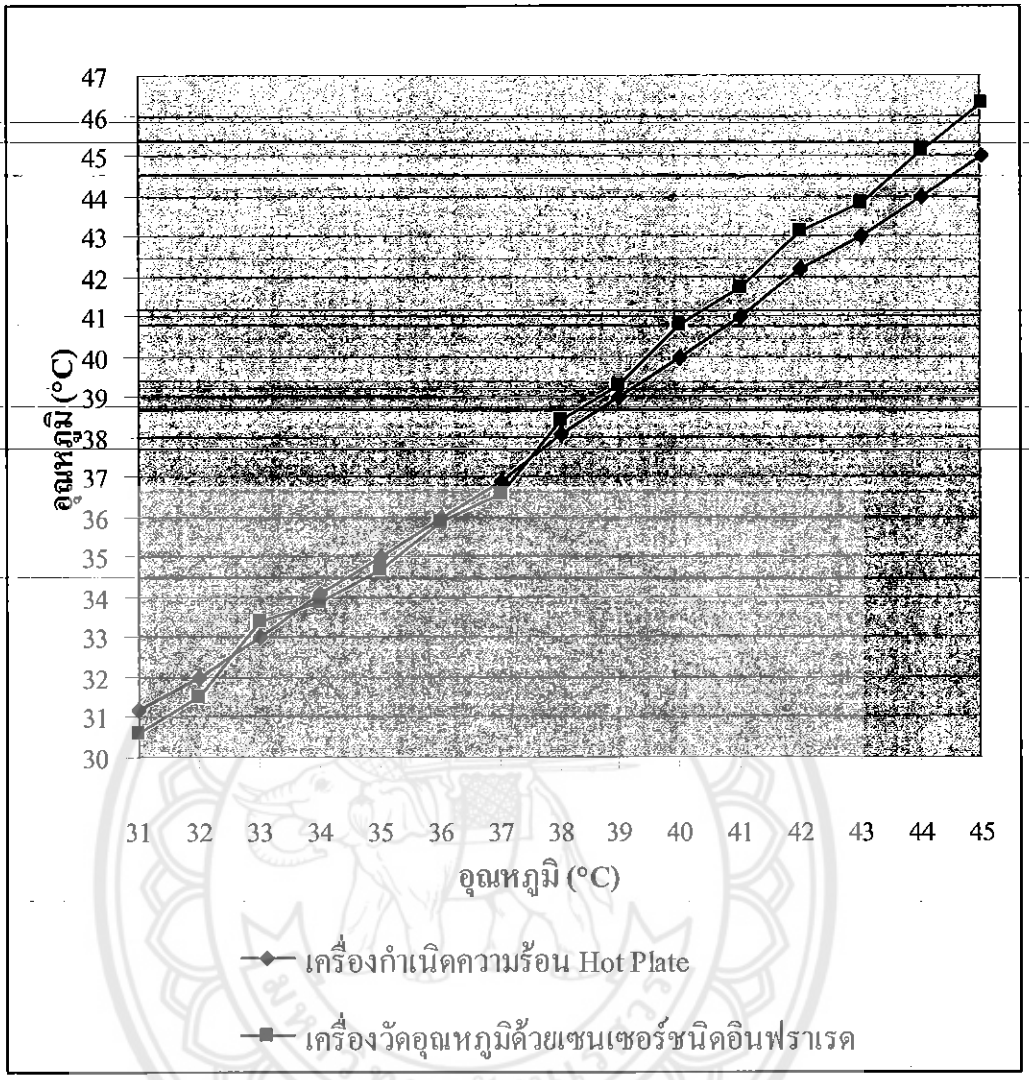
บันทึกค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate และค่าอุณหภูมิที่แสดงผลโดยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด พร้อมทั้งหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้ง 2 ค่า บันทึกลงในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 อ่านค่าอุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่อง Hot Plate เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

ตารางที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่อง Hot Plate เทียบกับอุณหภูมิที่วัดโดยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดและค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

อุณหภูมิจากเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate (°C)	อุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (°C)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
31.2	30.6	1.92
32.0	31.5	1.56
33.0	33.4	1.21
34.1	33.9	0.59
35.0	34.7	0.86
36.0	35.9	0.28
36.9	36.6	0.81
38.1	38.4	0.79
39.0	39.3	0.77
40.0	40.8	2.00
41.0	41.7	1.71
42.2	43.1	2.13
43.0	43.8	1.86
44.0	45.1	2.50
45.0	46.3	2.89

จากข้อมูลตามตารางที่ 4.1 นำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าอุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate และอุณหภูมิที่วัดได้โดยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด ได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิที่ควบคุมโดยเครื่องกำเนิดความร้อน Hot Plate เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด จะสามารถตรวจวัดช่วงอุณหภูมิได้อยู่ในช่วง 30 – 54 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดนั้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดความร้อนอ้างอิง แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.1 – 1.3 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงสุดคือ 2.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถยอมรับได้ เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดเป็นตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาในเบื้องต้น

5.2 ปัญหาในการทดลอง

5.2.1 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรหาโปรแกรมมาจำลองแสดงผลการทำงานในคอมพิวเตอร์ แทนการเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง เนื่องจากทำให้เสียเวลาและหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เองก็มีอายุการใช้งานในการเขียนโปรแกรมลงในหน่วยความจำเช่นกัน

5.2.2 การทำโครงงานนี้ยังขาดแคลนเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีความละเอียดสูง เพื่อใช้อ้างอิงในการคำนวณอุณหภูมิเพื่อแสดงผล ซึ่งจะช่วยให้เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดอินฟราเรดที่พัฒนาขึ้นแสดงผลอุณหภูมิได้เที่ยงตรงขึ้น

5.2.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นปรากฏว่ามีสัญญาณรบกวนในวงจร ต้องมีการคำจัดสัญญาณรบกวนนี้ออกไป เพื่อความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดที่พัฒนาขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เปลี่ยนไปใช้เซนเซอร์ที่มีย่านการวัดและคุณสมบัติที่ดีกว่า SMTIR 9902 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องวัดอุณหภูมิ

5.3.2 ใช้ไอซีหน่วยความจำชนิด I^2C ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ วันที่และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิ แทนการบันทึกลงในหน่วยความจำ EEPROM ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากมีให้เลือกใช้หลายขนาดทำให้บันทึกข้อมูลได้มากกว่า

5.3.3 นำโครงงานนี้ไปใช้ร่วมกับโครงงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น นำไปติดตั้งกับหุ่นยนต์กู้ภัย

5.3.4 เพิ่มอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดอื่น เนื่องจากบอร์ดทดลอง CP-PIC877 ยังสามารถรองรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับประเภทอื่นๆ มาประมวลผลได้อีก เช่น เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ

เอกสารอ้างอิง

[1] Auto-info Automation Specialist. **"เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.9engineer.com/au_main/เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส_2004_april_1[1].pdf. 2550

[2] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ (LESA). **"คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.lesa.in.th/3/magnetic_wave/magnetic_wave/magnetic_wave.html. 2550

[3] รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. **"การวัดและควบคุมอุณหภูมิ (1) เทอร์โมคัปเปิล"** EC Electrical & Control. ปีที่ 6. ฉบับที่ 31. พฤษภาคม-มิถุนายน 2550. หน้า 37-42.

[4] สมบูรณ์ เนี่ยมกล่ำ. **เรียนรู้และประยุกต์การใช้งาน PIC Microcontroller.** กรุงเทพฯ : เอดิสัน เพรสโปรดักส์. 2547.

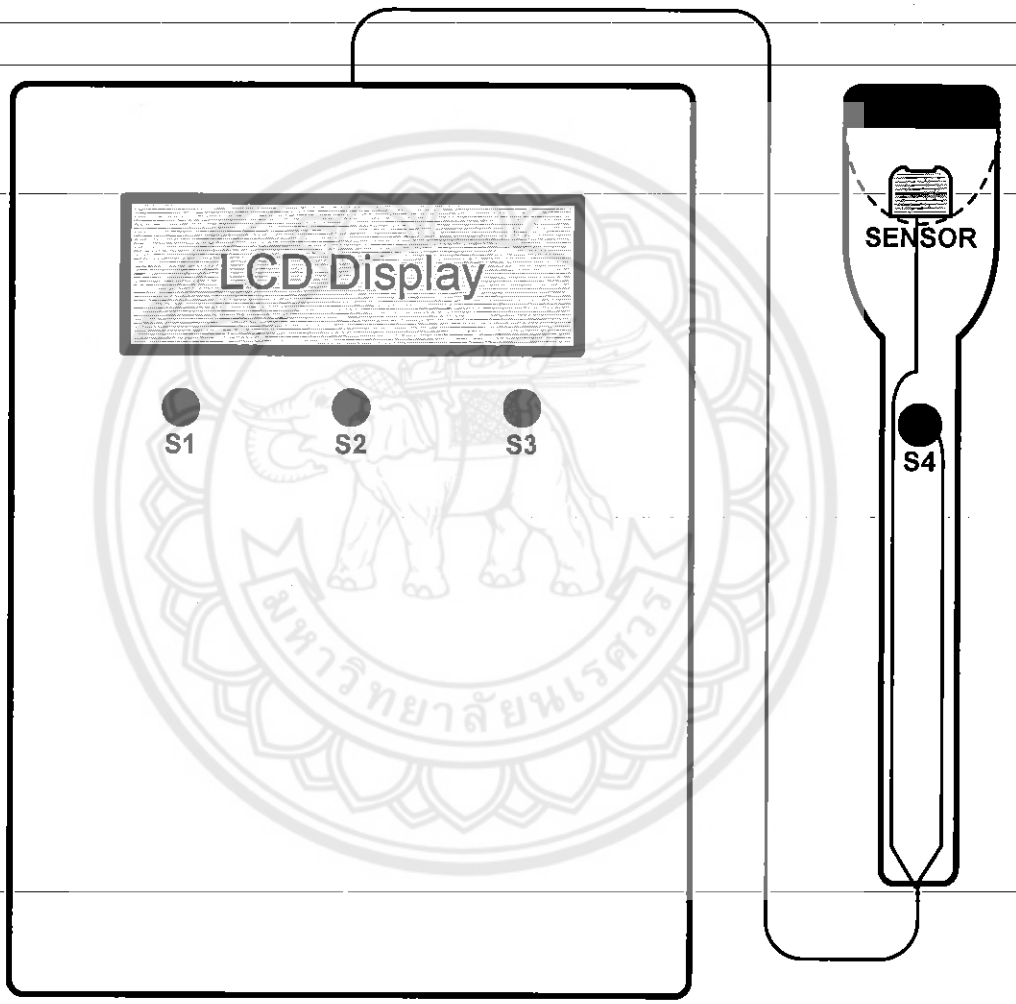
[5] Dogan Ibrahim. **PIC BASIC Projects 30 Projects Using PIC BASIC and PIC BASIC PRO.** ELSEVIER.

[6] ผศ.นภัทร วัจนเทพินท์. **การประมวลผลสัญญาณด้วยออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี.** ครั้งที่ 1. ปทุมธานี : พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติ้งส์. 2550.

ภาคผนวก ก.

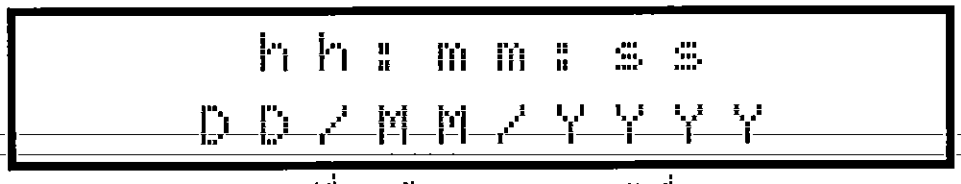
คู่มือการใช้งานเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

เครื่องวัดอุณหภูมินี้มีจอ LCD สำหรับแสดงค่าอุณหภูมิ และแสดงผลการตั้งค่าการใช้งานต่างๆ พร้อมทั้งสวิทช์ควบคุมการทำงาน 4 ตัว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงร่างเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

สวิทช์ S1 – S3 ใช้สำหรับควบคุมการทำงาน และตั้งค่าการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ ส่วนสวิทช์ S4 มีหน้าที่เดียวคือใช้สำหรับสั่งการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์ SMTIR 9902 เมื่อจ่ายไฟให้แก่เครื่องวัดอุณหภูมิ หน้าจอ LCD จะแสดงข้อความต้อนรับ แล้วเปลี่ยนไปแสดงเวลาและวันที่ปัจจุบัน ดังรูปที่ 2 ซึ่งเมื่อถึงขั้นตอนนี้เครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมที่จะวัดอุณหภูมิแล้ว



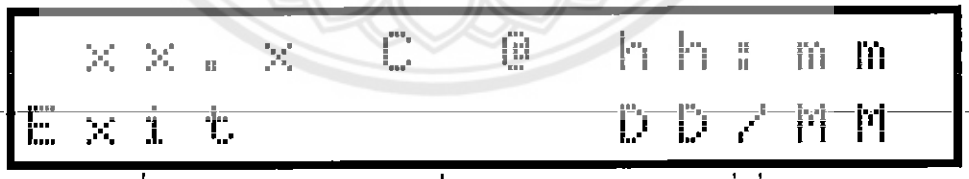
รูปที่ 2 หน้าจอแสดงเวลาและวันที่

1. การวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

1.1 นำตัวเซนเซอร์อินฟราเรดลากผ่านบริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เช่น บริเวณหน้าผาก ดังรูปที่ 3 ขณะเดียวกันกด S4 เพื่อให้เริ่มทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3 ลากเซนเซอร์ผ่านบริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิและกด S4

1.2 จอ LCD ของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดจะแสดงอุณหภูมิที่วัดได้ ดังรูปที่ 4



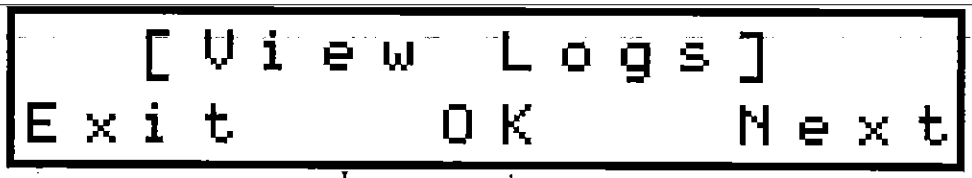
รูปที่ 4 หน้าจอแสดงอุณหภูมิที่วัดได้ พร้อมเวลาและวันที่ ที่ทำการวัด

1.3 กด S1 เพื่อออกไปยังหน้าจอแสดงเวลาและวันที่ปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิ เวลาและวันที่ ที่ทำการวัดไปเมื่อครู่จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำสำหรับให้เรียกดูย้อนหลังได้

2. การปรับแต่งเครื่องวัดอุณหภูมิ

หากต้องการปรับตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิ ทำได้โดยการกดสวิทช์ S1 และ S3 พร้อมกันเป็นเวลา 2 วินาที หน้าจอ LCD จะแสดงเมนูของเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 5

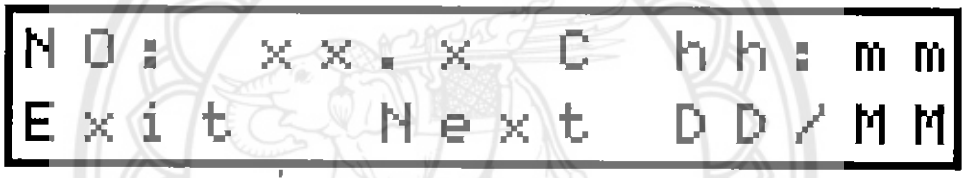
***เมื่อเข้าสู่โหมดตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิแล้วจะไม่สามารถสั่งวัดอุณหภูมิได้ หากต้องการวัดอุณหภูมิต้องออกจากโหมดการปรับแต่งเสียก่อน**



รูปที่ 5 เมนูของเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.1 การดูรายการอุณหภูมิที่วัดย้อนหลัง

2.1.1 หลังจากเข้าสู่เมนูของเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 5 แล้วให้กดสวิทซ์ S2 เพื่อเข้าสู่โหมดแสดงรายการวัดอุณหภูมิที่ผ่านมาได้ โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิ, เวลา และวันที่ทำการวัดดังรูปที่ 6

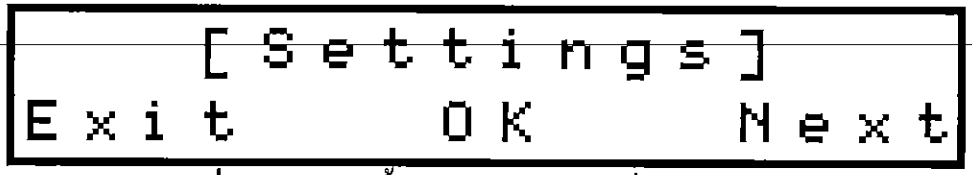


รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลค่าอุณหภูมิย้อนหลัง

2.1.2 จากหน้าจอนี้ควบคุมด้วยสวิทซ์ S1 สำหรับออกจากการดูรายการอุณหภูมิที่วัดย้อนหลัง และสวิทซ์ S2 สำหรับแสดงผลรายการถัดไป โดยเมื่อครบ 10 รายการจะย้อนกลับมาแสดงผลรายการที่ 1 ใหม่

2.2 การตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.2.1 จากหน้าจอโหมดตั้งค่าการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ กดสวิทซ์ S3 เพื่อแสดงเมนูโหมดตั้งค่าการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 7

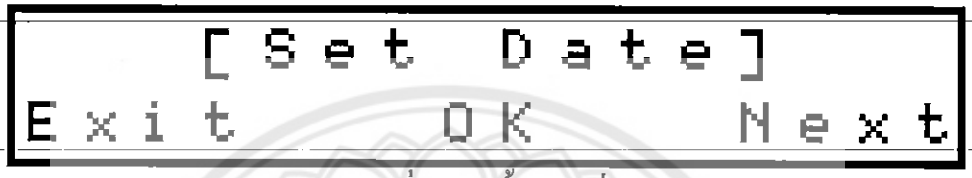


รูปที่ 7 เมนูโหมดตั้งค่าการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.2.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อเข้าสู่โหมดตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิ หรือ S3 เพื่อกลับไปยังเมนูแสดงผลการวัดอุณหภูมิย้อนหลัง หรือ S1 เพื่อกลับไปยังหน้าจอปกติ (แสดงเวลาและวันที่ปัจจุบัน)

2.3 การตั้งค่าวันที่

2.3.1 ขั้นตอนที่ 2.2 เมื่อกดสวิทซ์ S2 เข้าสู่โหมดการตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิ จะแสดงเมนูสำหรับตั้งค่าวันที่เป็นรายการแรก ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เมนูตั้งค่าวันที่

2.3.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อตั้งค่าวันที่ (S1 สำหรับออกจากรายการนี้ S3 สำหรับไปยังรายการถัดไป)

2.3.3 อันดับแรกเป็นการตั้งค่าปี ค.ศ. ดังรูปที่ 9 โดยใช้สวิทซ์ S1 สำหรับเพิ่มค่า S3 สำหรับลดค่า เมื่อเรียบร้อยแล้วกด S2 เพื่อยืนยัน จากนั้นจะเป็นรายการสำหรับตั้งค่าเดือนและวันที่ตามลำดับ ด้วยวิธีเดียวกัน

รูปที่ 9 ตั้งค่าปี ค.ศ.

2.3.4 เมื่อยืนยันการตั้งค่าวันที่เป็นอันดับสุดท้ายแล้ว เครื่องวัดอุณหภูมิจะบันทึกวันที่ที่ตั้งค่าใหม่แล้วกลับมาแสดงหน้าจอเมนูตั้งค่าวันที่ตามเดิม

2.4 การตั้งค่าเวลา

2.4.1 จากขั้นตอนที่ 2.3 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเลื่อนไปยังเมนูรายการถัดไป ซึ่งเป็นเมนูการตั้งค่าเวลา ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 เมนูตั้งค่าเวลา

2.4.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อตั้งค่าเวลา (S1 สำหรับออกจากรายการนี้ S3 สำหรับไปยังรายการถัดไป)

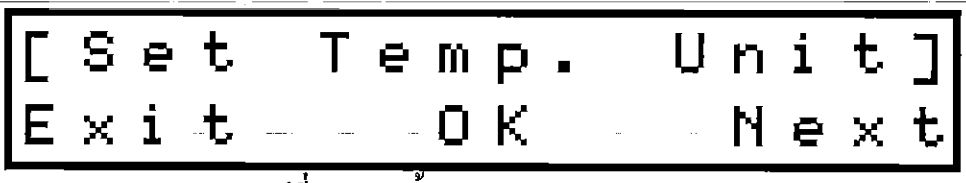
2.4.3 อันดับแรกเป็นการตั้งค่าชั่วโมง ดังรูปที่ 11 โดยใช้สวิทซ์ S1 สำหรับเพิ่มค่า S3 สำหรับลดค่า เมื่อเรียบร้อยแล้วกด S2 เพื่อยืนยัน จากนั้นจะเป็นรายการสำหรับตั้งค่านาที ด้วยวิธีเดียวกัน

รูปที่ 11 ตั้งค่าชั่วโมง

2.4.4 เมื่อยืนยันการตั้งค่านาทีแล้ว เครื่องวัดอุณหภูมิจะบันทึกเวลาที่ตั้งค่าใหม่แล้วกลับมาแสดงหน้าจอเมนูตั้งค่าเวลาตามเดิม

2.5 การตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิ

2.5.1 จากขั้นตอนที่ 2.4 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเลื่อนไปยังเมนูรายการถัดไป ซึ่งเป็นเมนูการตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 เมนูตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิ

2.5.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิ (S1 สำหรับออกจากรายการนี้ S3 สำหรับไปยังรายการถัดไป)

2.5.3 โหมดตั้งค่าอุณหภูมิจะแสดงดังรูปที่ 11 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเปลี่ยนหน่วยการวัดอุณหภูมิระหว่าง หน่วยองศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์ ดังรูปที่ 13 เมื่อเลือกหน่วย

การวัดอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว กดสวิทซ์ S2 เพื่อยืนยันและบันทึกค่าหน่วยอุณหภูมิที่เลือก เสร็จแล้วหน้าจอจะกลับมายังเมนูตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิอีกครั้ง หรือกด S1 เพื่อออกจากโหมดตั้งค่าหน่วยการอุณหภูมิ โดยไม่บันทึกหน่วยวัดอุณหภูมิที่เลือก

รูปที่ 13 เลือกหน่วยการวัดอุณหภูมิ

2.6 การตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอ

2.6.1 จากขั้นตอนที่ 2.5 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเลื่อนไปยังเมนูรายการถัดไป ซึ่งเป็นเมนูการตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 เมนูตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอ

2.6.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอ (S1 สำหรับออกจากรายการนี้ S3 สำหรับไปยังรายการถัดไป)

2.6.3 โหมดตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอจะแสดงดังรูปที่ 15 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเลือกเปิดหรือปิดไฟหน้าจอ เมื่อเลือกเรียบร้อยแล้วกดสวิทซ์ S2 เพื่อยืนยัน แล้วจะกลับมายังเมนูตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอ หรือกด S3 เพื่อออกจากโหมดตั้งค่าเปิด/ปิดไฟหน้าจอ

รูปที่ 15 เลือกเปิด/ปิดไฟหน้าจอ

2.6.4 หรือสามารถเปิด/ปิดไฟหน้าจอได้โดยไม่ต้องเข้าสู่โหมดการปรับแต่งเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยในขณะอยู่ที่หน้าจอปกติ (แสดงเวลาและวันที่) ให้กดสวิทซ์ S2 ค้างไว้เป็นเวลา 2 วินาที เครื่องวัดอุณหภูมิจะสลับเปิด/ปิดไฟหน้าจอโดยอัตโนมัติ

***เมื่อเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิใหม่ ไฟหน้าจอจะปิดอยู่เสมอ**

2.7 การรีเซ็ทเครื่องวัดอุณหภูมิ

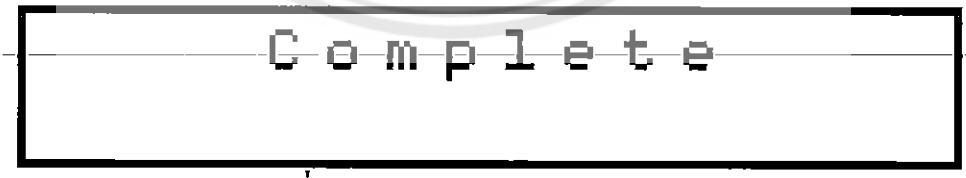
2.7.1 จากขั้นตอนที่ 2.6 กดสวิทซ์ S3 เพื่อเลื่อนไปยังเมนูรายการถัดไป ซึ่งเป็นเมนูการรีเซ็ทเครื่องวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 16

รูปที่ 14 เมนูรีเซ็ทเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.7.2 กดสวิทซ์ S2 เพื่อทำการรีเซ็ทเครื่องวัดอุณหภูมิโดยจะแสดงหน้าจอให้ยืนยัน ดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 เมนูยืนยันการรีเซ็ทเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.7.3 กดสวิทซ์ S1 เพื่อยืนยันการรีเซ็ท จากนั้นหน้าจอแสดงข้อความให้รอ เมื่อเครื่องวัดอุณหภูมิทำการรีเซ็ทเสร็จแล้วจะแสดงข้อความดังรูปที่ 18 แล้วจะกลับไปยังหน้าจอปกติโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 18 หน้าจอแสดงการรีเซ็ทเสร็จแล้ว

***การรีเซ็ทจะเป็นการลบหน่วยความจำรายการอุณหภูมิที่บันทึกไว้ และตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิให้เป็น องศาเซลเซียส รวมทั้งปิดไฟหน้าจอถ้าหากก่อนการรีเซ็ทนั้นไฟหน้าจอถูกเปิดอยู่**

ภาคผนวก ข

รหัสต้นฉบับของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

```
'---กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อจอ LCD---'
DEFINE LCD_DREG PORTD
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTD
DEFINE LCD_RSBIT 2
DEFINE LCD_EREG PORTD
DEFINE LCD_EBIT 3
DEFINE LCD_BITS 4
DEFINE LCD_LINES 2
'-----------------------------------------------'

'---กำหนดให้การแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลด้วยความละเอียดขนาด 10 บิต---'
DEFINE ADC_BITS 10
'-----------------------------------------------------------------------------'

'---กำหนดการเชื่อมต่อสวิทช์กับไมโครคอนโทรลเลอร์---'
S1          VAR PORTB.4
S2          VAR PORTB.6
S3          VAR PORTB.7
S4          VAR PORTB.5     '---Sensor SW
SCL         VAR PORTC.3     '---I2C Pin
SDA         VAR PORTC.4     '---I2C Pin
BL          VAR PORTE.0
'-----------------------------------------------------------------'
```

```
'---กำหนดตัวแปรและชนิดของตัวแปรในโปรแกรม---'
Unit        VAR BIT     '---Temperature Unit, 0 For Celsius, 1 For Fahrenheit
Light       VAR BIT     '---Backlight Status, 0 For Off, 1 For On
RSec        VAR BYTE
RMin        VAR BYTE
RHr         VAR BYTE
RDay        VAR BYTE
RDate       VAR BYTE
RMonth      VAR BYTE
RYear       VAR BYTE
RCtrl       VAR BYTE
SSec        VAR BYTE
SMin        VAR BYTE
SHr         VAR BYTE
SDate       VAR BYTE
SMonth      VAR BYTE
SYear       VAR BYTE
D0          VAR BYTE
D1          VAR BYTE
M0          VAR WORD
M1          VAR WORD
i           VAR WORD
MemAddr     VAR WORD
LogAddr     VAR WORD
Volt        VAR WORD
Volt1       VAR WORD
Volt2       VAR WORD
Volt3       VAR WORD
Volt4       VAR WORD
A2D         VAR WORD
A2D1        VAR WORD
```

```
T0              VAR WORD
T1              VAR WORD
T2              VAR WORD
T3              VAR WORD
T4              VAR WORD
T5              VAR WORD
T6              VAR WORD
T7              VAR WORD
T8              VAR WORD
T9              VAR WORD
CtrlR           CON %11010000       '---Control code FOR DS1307
'-------------------------------------------------------------'

'---กำหนดอินพุทและเอาท์พุทประจำพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์---'
TRISA           = %111111           '---RA0-RA5 is input
TRISB           = %11111111         '---RB0-RB7 is input
TRISE           = %000              '---RE0-RE2 is output
ADCON1          = %10001111         '---RA0=Analog, RA3=Vref+, RA2=Vref-
'-------------------------------------------------------------------'

'---กำหนดให้ยินยอมให้เกิด Interrupt ที่พอร์ท RB4 ถึง RB7---'
ON INTERRUPT    GOTO Start
INTCON          = %00001000         '---Enable RB4-RB7 to interrupt
'-------------------------------------------------------------------'

'---ส่วนของโปรแกรมหลักแสดงวันที่และเวลาปัจจุบัน---'
Loop1:          BL = 0
                WRITE 253,0

Loop2:          GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Body Temperature"
```

```
                PAUSE 2000
                READ 255,T4
                GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"MEM 255 = ",DEC4 T4
                PAUSE 1000
                READ 254,T4
                GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"MEM 254 = ",DEC4 T4
                PAUSE 1000
                READ 253,T4
                GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"MEM 253 = ",DEC4 T4
                PAUSE 1000

Loop3:          GOSUB  ReadTime
                GOSUB  ConvertTime
                GOSUB  ShowTime
                PAUSE  1000
                GOTO   Loop3
                END
'---จบโปรแกรมหลัก---'

DISABLE                         '---ป้องการเกิด Interrupt ซ้อนกัน

'---ส่วนของโปรแกรมบริการเมื่อเกิด Interrupt สำหรับการวัดอุณหภูมิและตั้งค่าการทำงานต่างๆ---'
Start:          IF S2=0 THEN S2Chk
                IF S4=0 THEN S4Chk
                IF (S1=0 and S3=0) THEN S1S3Chk
                GOTO Exit

S2Chk:          PAUSE 1500
```

```
                IF S2=0 THEN
                TOGGLE BL
                WRITE 253,BL
                ELSE
                GOTO Start
                ENDIF
                RETURN

S4Chk:          IF S4=0 THEN
                        READ 255,Unit
                        GOTO A2DC
                ELSE
                        GOTO Start
                ENDIF
                RETURN

S1S3Chk:        PAUSE 2000
                IF (S1=0 and S3=0) THEN
                        GOTO M11D
                ELSE
                        GOTO Start
                ENDIF
                RETURN

                '---รับค่าอนาลอกทางพอร์ท RA0 แล้วแปลงเป็นค่าดิจิตอล---'
A2DC:           GOSUB LCDE
                FOR i = 1 to 10
                ADCIN 0,A2D
                PAUSE 50
                IF i = 1 THEN
                        A2D1 = A2D
```

```
                ELSE
                        A2D1 = A2D1 + A2D
                ENDIF
                NEXT i
                A2D   = A2D1/10
                Volt  = A2D
                Volt1 = Volt*4
                Volt2 = (Volt*8)/10
                Volt3 = (Volt*8)/100
                Volt4 = Volt2+Volt3
                Volt  = Volt1+Volt4
                GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"A2D  : ",DEC4 A2D
                LCDOUT $FE,$C0,DEC4 Volt," ",DEC4 Volt1," ",DEC4 Volt4
                '-----------------------------------------------------------'

SensorC:        IF S3=0 THEN CalTempC
                GOTO SensorC

CalTempC:       IF Unit = 0 THEN
                        GOSUB CalCel
                ELSE
                        GOSUB CalCel
                        GOSUB CalFar
                ENDIF
                GOSUB ReadTime
                GOSUB ConvertTime
                GOTO TempD
```

```
'---นำค่าดิจิตอลมาแปลงเป็นค่าอุณหภูมิ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส---'
CalCel:     T0 = (27*A2D)/1000
            T1 = (27*A2D)//1000
            T2 = T1+135
            IF T2>999 THEN
                T3 = T2//100
                T4 = T2 DIG 2
                T5 = T2 DIG 3
                IF T3>49 THEN
                    T6 = T4+1
                ELSE
                    T6 = T4+0
                ENDIF
                IF T6>9 THEN
                    T7 = T5+1
                    T8 = T6//10
                    T6 = T8
                ELSE
                    T7 = T5+0
                ENDIF
            ENDIF
            IF (T2<1000) AND (T2>99) THEN
                T3 = T2//100
                T4 = T2 DIG 2
                T5 = 0
                IF T3 > 49 THEN
                    T6 = T4+1
                ELSE
                    T6 = T4+0
                ENDIF
                IF T6 > 9 THEN
```

```
                    T7 = T5+1
                    T8 = T6//10
                    T6 = T8
                ELSE
                    T7 = T5+0
                ENDIF
            ENDIF
            T9 = 22+T0+T7
            RETURN
            '-------------------------------------------------------------'

            '---แปลงอุณหภูมิจากหน่วยของศาเซลเซียสเป็นองศาฟาเรนไฮต์---'
CalFar:     T0 = (T9*18)/10
            T1 = (T9*18)//10
            T2 = T6*18
            IF T2>99 THEN
                T3 = T2 dig 0
                T4 = (T2 DIG 1)+T1
                T5 = T2 DIG 2
                IF T3>4 THEN
                    T6 = T4+1
                ELSE
                    T6 = T4+0
                ENDIF
                IF T6>9 THEN
                    T7 = T5+1
                    T8 = T6//10
                    T6 = T8
                ELSE
                    T7 = T5+0
                ENDIF
```

```
                ENDIF
                IF T2<100 THEN
                        T3 = T2 dig 0
                        T4 = (T2 DIG 1)+T1
                        T5 = 0
                        IF T3>4 THEN
                                T6 = T4+1
                        ELSE
                                T6 = T4+0
                        ENDIF
                        IF T6>9 THEN
                                T7 = T5+1
                                T8 = T6//10
                                T6 = T8
                        ELSE
                                T7 = T5+0
                        ENDIF
                ENDIF
                T9 = 32+T0+T7
                RETURN
                '-------------------------------------------------------------------'

                '---แสดงค่าอุณหภูมิ วันและเวลาที่ทำการวัดทางจอ LCD---'
TempD:          GOSUB LCDA
                IF Unit = 0 THEN
                        IF T9<10 THEN
                                LCDOUT $FE,$82,DEC1 T9,".",DEC1 T6," C @ ",DEC2
SHr,":",DEC2 SMin
                        ELSE
                                LCDOUT $FE,$81,DEC2 T9,".",DEC1 T6," C @ ",DEC2
SHr,":",DEC2 SMin
```

```
                    ENDIF
                ELSE
                    IF T9<100 THEN
                        LCDOUT $FE,$81,DEC2 T9,".",DEC1 T6," F @ ",DEC2
SHr,":",DEC2 SMin
                    ELSE
                        LCDOUT $FE,$80,DEC3 T9,".",DEC1 T6," F @ ",DEC2
SHr,":",DEC2 SMin
                    ENDIF
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$C0,"Exit",$FE,$CA,DEC2 SDate,"/",DEC2 SMonth
                '-----------------------------------------------------------'

TempDC:         IF S1=0 THEN
                    GOSUB TMemo
                    GOTO Exit
                ENDIF
                GOTO TempDC

                '---บันทึกค่าอุณหภูมิ วันและเวลาที่วัด ลงในหน่วยความจำ---'
TMemo:          READ 254,MemAddr
                PAUSE 50
                M0 = MemAddr
                WRITE M0,A2D.BYTE0
                PAUSE 50
                WRITE M0+1,A2D.BYTE1
                PAUSE 50
                WRITE M0+2,SHr
                PAUSE 50
                WRITE M0+3,SMin
                PAUSE 50
```

```
                WRITE M0+4,SDate
                PAUSE 50
                WRITE M0+5,SMonth
                PAUSE 50
                MemAddr = M0+6
                IF MemAddr = 120 THEN
                MemAddr = 60
                ENDIF
                WRITE 254,MemAddr
                RETURN
                '-------------------------------------------------------------'

Log:            READ 254,LogAddr
                M0 = LogAddr
                IF M0=60 THEN
                M0=120
                ENDIF
                i = 0

                '---แสดงค่าอุณหภูมิ วันและเวลาที่ทำการวัดย้อนหลังทางจอ LCD---'
LogShowD:       READ 255,Unit
                GOSUB LogRead
                IF Unit = 0 THEN
                        GOSUB CalCel
                ELSE
                        GOSUB CalCel
                        GOSUB CalFar
                ENDIF
                LCDOUT $FE,1
                IF Unit = 0 THEN
                        LCDOUT $FE,$80,DEC2 i,": ",DEC2 T9,".",DEC1 T6," C ",DEC2
```

```
SHr,":",DEC2 SMin
                ELSE
                        LCDOUT $FE,$80,DEC2 i,": ",DEC2 T9,".",DEC1 T6," F ",DEC2
SHr,":",DEC2 SMin
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$C0,"Exit  NEXT ",DEC2 SDate,"/",DEC2 SMonth
                PAUSE 500
                '-------------------------------------------------------------'


LogShowC:       IF S1=0 THEN M11D
                IF S2=0 THEN LogShowD
                GOTO LogShowC


                '---อ่านค่าอุณหภูมิ วันและเวลาที่ทำการวัดย้อนหลังจากหน่วยความจำ---'
LogRead:        READ M0-1,SMonth
                PAUSE 50
                READ M0-2,SDate
                PAUSE 50
                READ M0-3,SMin
                PAUSE 50
                READ M0-4,SHr
                PAUSE 50
                READ M0-5,A2D.BYTE1
                PAUSE 50
                READ M0-6,A2D.BYTE0
                PAUSE 50
                M0 = M0-6
                IF M0=60 THEN
                        M0=120
                ENDIF
                i  = i+1
```

```
                IF i=11 THEN
                        i=1
                ENDIF
                RETURN
                '-------------------------------------------------------------------'

                '---เมนูการตั้งค่าเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิ---'
M11D:           GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$82,"[View Logs]"
                GOSUB LCDB
                PAUSE 500

M11C:           IF S1=0 THEN Exit
                IF S2=0 THEN Log
                IF S3=0 THEN M12D
                GOTO M11C

M12D:           GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$83,"[Settings]"
                GOSUB LCDB
                PAUSE 500

M12C:           IF S1=0 THEN Exit
                IF S2=0 THEN M21D
                IF S3=0 THEN M11D
                GOTO M12C

M21D:           GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$83,"[Set Date]"
                GOSUB LCDB
                PAUSE 500
```

```
M21C:   IF S1=0 THEN M12D
        IF S2=0 THEN SetDateYD
        IF S3=0 THEN M22D
        GOTO M21C

M22D:   GOSUB LCDA
        LCDOUT $FE,$83,"[Set Time]"
        GOSUB LCDB
        PAUSE 500

M22C:   IF S1=0 THEN M12D
        IF S2=0 THEN SetTimeHD
        IF S3=0 THEN M23D
        GOTO M22C

M23D:   GOSUB LCDA
        LCDOUT $FE,$80,"[Set Temp. Unit]"
        GOSUB LCDB
        PAUSE 500

M23C:   IF S1=0 THEN M12D
        IF S2=0 THEN TUnit
        IF S3=0 THEN M24D
        GOTO M23C

M24D:   GOSUB LCDA
        LCDOUT $FE,$81,"[Set Backlight]"
        GOSUB LCDB
        PAUSE 500
```

```
M24C:       IF S1=0 THEN M12D
            IF S2=0 THEN BLight
            IF S3=0 THEN M25D
            GOTO M24C

M25D:       GOSUB LCDA
            LCDOUT $FE,$84,"[Reset]"
            GOSUB LCDB
            PAUSE 500

M25C:       IF S1=0 THEN M12D
            IF S2=0 THEN ResetD
            IF S3=0 THEN M21D
            GOTO M25C
            '-----------------------------------------------------------------'

            '---การตั้งค่าเวลาและวันที่ของเครื่องวัดอุณหภูมิ---'
SetDateYD:  GOSUB ReadTime
            GOSUB ConvertTime
            M1 = 0
            GOSUB LCDA
            LCDOUT $FE,$80,"Year:",$FE,$8A,"20",DEC2 SYear
            GOSUB LCDC
            PAUSE 500

SetDateYC:  IF S1=0 THEN GOSUB IncYear
            IF S2=0 THEN SetDateMD
            IF S3=0 THEN GOSUB DECYear
            GOTO SetDateYC
```

```
SetDateMD:    GOSUB LCDA
              LCDOUT $FE,$80,"Month:",$FE,$8B,DEC2 SMonth
              GOSUB LCDC
              PAUSE 500

SetDateMC:    IF S1=0 THEN GOSUB IncMonth
              IF S2=0 THEN SetDateDD
              IF S3=0 THEN GOSUB DecMonth
              GOTO SetDateMC

SetDateDD:    GOSUB LCDA
              LCDOUT $FE,$80,"Date:",$FE,$8B,DEC2 SDate
              GOSUB LCDC
              PAUSE 500

SetDateDC:    IF S1=0 THEN GOSUB IncDate
              IF S2=0 THEN CalDT
              IF S3=0 THEN GOSUB DecDate
              GOTO SetDateDC

IncYear:      IF SYear>=99 THEN
                    SYear=0
              ELSE
                    SYear=SYear+1
              ENDIF
              LCDOUT $FE,$8C,DEC2 SYear
              PAUSE 250
              RETURN

DecYear:      IF (SYear=0 or SYear>99) THEN
                    SYear=99
```

```
                ELSE
                        SYear=SYear-1
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$8C,DEC2 SYear
                PAUSE 250
                RETURN

IncMonth:       IF SMonth>=12 THEN
                        SMonth=1
                ELSE
                        SMonth=SMonth+1
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SMonth
                PAUSE 250
                RETURN

DecMonth:       IF (SMonth=1 OR SMonth>12) THEN
                        SMonth=12
                ELSE
                        SMonth=SMonth-1
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SMonth
                PAUSE 250
                RETURN

IncDate:        IF SDate>=31 THEN
                        SDate=1
                ELSE
                        SDate=SDate+1
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SDate
```

```
                PAUSE 250
                RETURN

DecDate:        IF (SDate=1 or SDate>31) THEN
                        SDate=31
                ELSE
                        SDate=SDate-1
                ENDIF
                LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SDate
                PAUSE 250
                RETURN

SetTimeHD:      GOSUB ReadTime
                GOSUB ConvertTime
                M1 = 1
                GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Hour:",$FE,$8B,DEC2 SHr
                GOSUB LCDC
                PAUSE 500

SetTimeHC:      IF S1=0 THEN GOSUB IncHr
                IF S2=0 THEN SetTimeMD
                IF S3=0 THEN GOSUB DecHr
                GOTO SetTimeHC

SetTimeMD:      GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Minute:",$FE,$8B,DEC2 SMin
                GOSUB LCDC
                PAUSE 500
```

```
SetTimeMC:  IF S1=0 THEN GOSUB IncMin
            IF S2=0 THEN CalDT
            IF S3=0 THEN GOSUB DecMin
            GOTO SetTimeMC

IncHr:      IF SHr>=23 THEN
                SHr=0
            ELSE
                SHr=SHr+1
            ENDIF
            LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SHr
            PAUSE 250
            RETURN

DecHr:      IF (SHr=0 or SHr>23) THEN
                SHr=23
            ELSE
                SHr=SHr-1
            ENDIF
            LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SHr
            PAUSE 250
            RETURN

IncMin:     IF SMin>=59 THEN
                SMin=0
            ELSE
                SMin=SMin+1
            ENDIF
            LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SMin
            PAUSE 250
            RETURN
```

```
DecMin:     IF (SMin=0 or SMin>59) THEN
                SMin=59
            ELSE
                SMin=SMin-1
            ENDIF
            LCDOUT $FE,$8B,DEC2 SMin
            PAUSE 250
            RETURN

CalDT:      D0=SYear dig 0:D1=SYear dig 1
            D1=D1<<4
            SYear=D1|D0
            D0=SMonth dig 0:D1=SMonth dig 1
            D1=D1<<4
            SMonth=D1|D0
            D0=SDate dig 0:D1=SDate dig 1
            D1=D1<<4
            SDate=D1|D0
            D0=SHr dig 0:D1=SHr dig 1
            D1=D1<<4
            SHr=D1|D0
            D0=SMin dig 0:D1=SMin dig 1
            D1=D1<<4
            SMin=D1|D0

MemDate:    RYear  = SYear
            RMonth = SMonth
            RDate  = SDate
            RHr    = SHr
            RMin   = SMin
            GOSUB WriteTime
```

```
                PAUSE 50
                IF M1=0 THEN
                        GOTO M21D
                ELSE
                        GOTO M22D
                ENDIF
                '-------------------------------------------------------'

                '---การตั้งค่าเปิดปิดไฟหน้าจอ---'
BLight:         READ 253,light
                IF Light=0 THEN
                        GOTO BLOffD
                ELSE
                        GOTO BLOnD
                ENDIF

BLOffD:         GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Backlight:",$FE,$8C,"Off"
                GOSUB LCDD
                BL=0
                WRITE 253,0
                PAUSE 500

BLOffC:         IF S1=0 THEN M24D
                IF S2=0 THEN M24D
                IF S3=0 THEN BLOnD
                GOTO BLOffC

BLOnD:          GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Backlight:",$FE,$8C,"On"
                GOSUB LCDD
```

```
                BL=1
                WRITE 253,1
                PAUSE 500

BLOnC:          IF S1=0 THEN M24D
                IF S2=0 THEN M24D
                IF S3=0 THEN BLOffD
                GOTO BLOnC
                '---------------------------------------'


                '---การตั้งค่าหน่วยการวัดอุณหภูมิระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์---'
TUnit:          READ 255,Unit
                IF Unit=0 THEN
                        GOTO TUnitCelD
                ELSE
                        GOTO TUnitFahD
                ENDIF

TUnitCelD:      GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Unit:",$FE,$87,"Celsius"
                GOSUB LCDD
                PAUSE 500

TUnitCelC:      IF S1=0 THEN M23D
                IF S2=0 THEN TUnitCel
                IF S3=0 THEN TUnitFahD
                GOTO TUnitCelC

TUnitCel:       Unit=0
                WRITE 255,Unit
                PAUSE 50
```

```
                GOTO M23D

TUnitFahD:      GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$80,"Unit:",$FE,$86,"Fahrenheit"
                GOSUB LCDD
                PAUSE 500

TUnitFahC:      IF S1=0 THEN M23D
                IF S2=0 THEN TUnitFah
                IF S3=0 THEN TUnitCelD
                GOTO TUnitFahC

TUnitFah:       Unit=1
                WRITE 255,Unit
                PAUSE 50
                GOTO M23D
                '-----------------------------------------------------------------------------'

                '---บันทึกค่าเวลาลงในไอซี DS 1307---'
WriteTime:      I2CWRITE SDA,SCL,CtrlR,$00,[RSec,RMin,RHr,RDay,RDate,RMonth,
RYear,RCtrl]
                RETURN
                '-------------------------------------------'

                '---อ่านค่าเวลาจากไอซี DS 1307---'
ReadTime:       I2CREAD SDA,SCL,CtrlR,$00,[RSec,RMin,RHr,RDay,RDate,RMonth,
RYear,RCtrl]
                RETURN
                '---------------------------------------'
```

```
                '---แสดงค่าเวลาจากไอซี DS 1307 ทางจอ LCD---'
ShowTime:       GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$84,DEC2 SHr,":",$FE,$87,DEC2 SMin,":",$FE,$8A,DEC2
SSec
                LCDOUT $FE,$C3,DEC2 SDate,"/",$FE,$C6,DEC2 SMonth,"/",$FE,$C9,"20",
DEC2 SYear
                RETURN
                '-------------------------------------------'


                '---การลบข้อมูลในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์---'
ResetD:         GOSUB LCDA
                LCDOUT $FE,$81,"Are you sure?"
                LCDOUT $FE,$C0,"Yes",$FE,$CE,"No"
                PAUSE 500

ResetC:         IF S1=0 THEN Reset
                IF S3=0 THEN M25D
                GOTO ResetC

Reset:          GOSUB LCDE
                FOR i=0 to 252
                WRITE i,0
                PAUSE 50
                NEXT i
                WRITE 255,0
                PAUSE 50
                WRITE 254,60
                PAUSE 50
                WRITE 253,0
                PAUSE 50
                GOSUB LCDA
```

```
                LCDOUT $FE,$84,"Complete"
                PAUSE 1500
                BL = 0
                GOTO Exit
                '-----------------------------------------------------------------------'

LCDA:           LCDOUT $FE,1
                RETURN

LCDB:           LCDOUT $FE,$C0,"Exit",$FE,$C7,"OK",$FE,$CC,"NEXT"
                RETURN

LCDC:           LCDOUT $FE,$C0,"Up(+)",$FE,$C7,"OK",$FE,$CB,"(-)Dn"
                RETURN

LCDD:           LCDOUT $FE,$C0,"Exit",$FE,$C7,"OK",$FE,$CC,"Swap"
                RETURN

LCDE:           LCDOUT $FE,1
                LCDOUT $FE,$82,"Please Wait"
                RETURN

                '---การแปลงค่าวันที่และเวลาจากเลขฐาน 16 เป็นเลขฐาน 10---'
ConvertTime:    M1    = RHr
                GOSUB  Convert
                SHr   = M1
                M1    = RMin
                GOSUB  Convert
                SMin  = M1
                M1    = RSec
                GOSUB  Convert
```

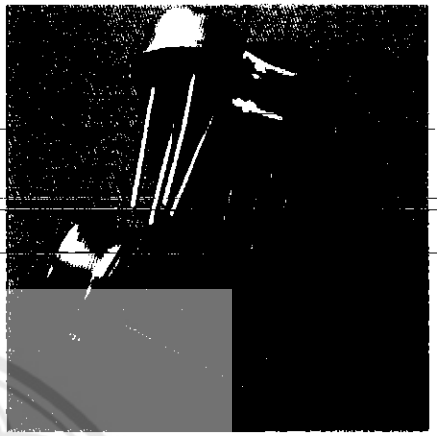
```
                SSec  = M1
                M1    = RDate
                GOSUB  Convert
                SDate  = M1
                M1    = RMonth
                GOSUB  Convert
                SMonth = M1
                M1    = RYear
                GOSUB  Convert
                SYear  = M1
                RETURN

Convert:        LOOKDOWN M1,[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,$10,$11,$12,$13,$14,$15,$16,$17,$18,
$19,$20,$21,$22,$23,$24,$25,$26,$27,$28,$29,$30,$31,$32,$33,$34,$35,$36,$37,38,$39,$40,
$41,$42,$43,$44,$45,$46,$47,$48,$49,$50,$51,$52,$53,$54,$55,$56,$57,$58,$59,$60,$61,62,
$63,$64,$65,$66,$67,$68,$69,$70,$71,$72,$73,$74,$75,$76,$77,$78,$79,$80,$81,$82,$83,$84,
$85, $86,$87,$88,$89,$90,$91,$92,$93,$94,$95,$96,$97, $98,$99],M1
                RETURN
                '-------------------------------------------------------------------'

                '---เคลียร์ค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนออกจากโปรแกรมบริการเมื่อเกิด Interrupt---'
Exit:           INTCON.0 = 0            '---Clear INTCON BIT 0 to 0 before finish interrupt
                CLEAR                   '---Clear all variable
                RESUME                  '---Back to main program
                '-------------------------------------------------------------------------'
'---จบโปรแกรมบริการเมื่อเกิด Interrupt---'
```

ภาคผนวก ค

เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด SMTIR9901/02



Typical applications

contactless measurement of
surface temperatures or Infrared radiation
temperature measurement on moving objects.
continuous temperature control of manufacturing.
thermal alarm systems
climate control
medical instruments
home appliances.

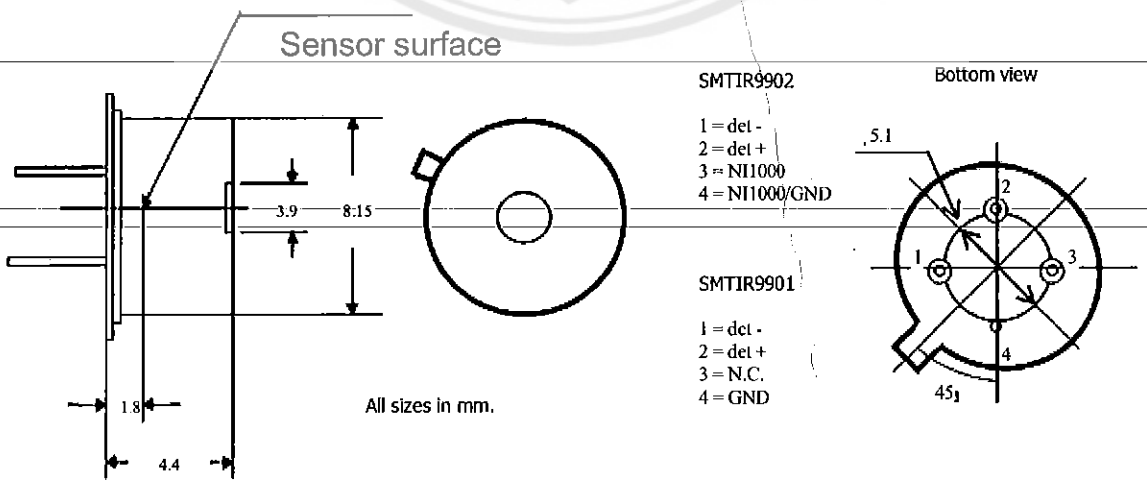
Features

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

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

Pin-out and housing (TO 5)



SMARTEC BV, Delpratsingel 26
4811 AP BREDA, The Netherlands

WWW.SMARTEC.NL
Tel: +31 (0)76 5205353

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

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 ±15	K
Sensitivity	110 ±20	v/w *
Temp. Coeff.of sensitivity	-0.52 ±0.08	%/K
Specific Detectivity	2.1 * 10e8	cm.Hz½/W *
Noise equivalent power	0.35	nW *
Noise voltage	37	nV/Hz½
Time Constant	40 ±10	ms (63%)
Temperature range (sensor)	-20 - 100	°C
Storage temperature	-40 - 100	°C
Filter (high Pass)	5.5	µm

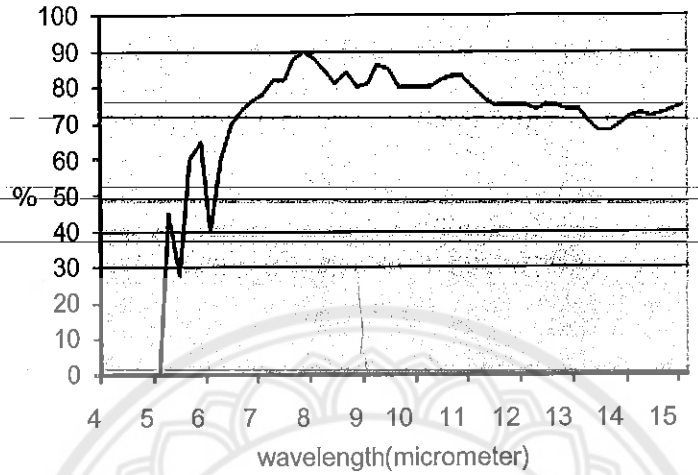
• at 500 K,DC

Reference Thermistor (SMTIR9902 only)		
Resistance	1.000 ±0.004	K (@ 0°C)

SMARTEC BV, Delpratsingel 26
4811 AP BREDA, The Netherlands

WWW.SMARTEC.NL
Tel: +31 (0)76 5205353

FILTER (characteristic)



Understanding the specifications

Sensitive area.
The sensitive area is a square of 0.5 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 standard wise 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 µm.

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-setts, etc.

Time constant.
The time constant is the time needed to reach an output voltage of 63 % of the final signal level. This time constant only depends on the physical construction.

SMARTEC BV, Delpratsingel 26
4811 AP BREDA, The Netherlands

WWW.SMARTEC.NL
Tel: +31 (0)76 5205353

Temperature reference resistor (SMTIR9902).
It is well known that for application on an 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 Ω @ 0 °C.

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

$R(T)=R0*(1+A*T+B*T^2+C*T^4+D*T^6)$ tolerance class B

R0= resistance @ 0°C = 1000 Ω
T = Temperature in °C
A = $5.485 * 10^{-3}$
B = $6.650 * 10^{-6}$
C = $2.805 * 10^{-11}$
D = $-2.000 * 10^{-17}$

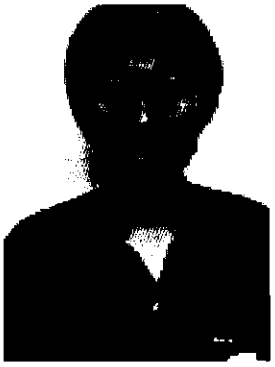
Ordering information

SMTIR9901	Infrared sensor without Ni temperature sensor
SMTIR9902	Infrared sensor with Ni temperature sensor

SMARTEC BV, Delpratsingel 26
4811 AP BREDA, The Netherlands

WWW.SMARTEC.NL
Tel: +31 (0)76 5205353

ประวัติผู้เขียนโครงงาน



ชื่อ นายรุ่งฤทธิ์ ประสิทธิเขตกรณ์

ภูมิลำเนา 40 ซ.อินทรพิทักษ์3 แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน ขาณุวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อีเมล์ Chichi-O@msn.com

ชื่อ นายวุฒิพงษ์ ยอดคำ

ภูมิลำเนา 84 ม. 4 ต.ห้วยไร่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย เพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 6 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อีเมล์ golf.017@gmail.com