

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์

BODY THERMOMETER SYSTEM BY THERMOPILE



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 61332  
วัน,เดือน,ปี 17 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์

ผู้จัดทำ

1. นาย ชุมพร แซ่ตั้ง 45015318

2. นาย อนุวัฒน์ ศรีเสน 45015348



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบการวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์

ชุมพร แซ่ตั้ง

อนุวัฒน์ ศรีเสน

ศศ.ดร. กงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

### บทคัดย่อ

โครงการปริญญาโทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์ที่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยสามารถวัดอุณหภูมิร่างกาย สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิ และส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บลงในระบบฐานข้อมูล สามารถใช้อำนวยความสะดวกช่วยให้แพทย์วินิจฉัยโรคได้รวดเร็วขึ้น โดยภายในปริญญาโทนี้ประกอบไปด้วย แนวคิดในการทำโครงการ ขอบเขตของโครงการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงขั้นตอนในการดำเนินงาน สำหรับการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมินี้ จะใช้ตัวเทอร์โมไฟล์เซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับความร้อน และแปลงเป็นแรงดันที่แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ การควบคุมและการประเมินผลจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถแสดงผลได้บนจอแอลซีดี (LCD) และส่งข้อมูลไปเก็บเป็นฐานข้อมูลและแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## BODY THERMOMETER SYSTEM BY THERMOPILE

Chumporn Saetang

Anuwat Srisen

Asst.Prof.Dr. Kongsak Anuntahiranrat Advisor

Academic year 2004

### Abstract

The purpose of this project is to create a Body Thermometer System by Thermopile this thermometer will be able to connect to a computer and will be able to measure the body temperature and record the temperature directly to a data base, and this would enable doctors to perform a check up faster. This thesis contains the project outline, boundary of the project the theory behind the method used to do this project. We use infrared thermopile sensor to measure temperature and condition in voltage. The control and the assessment by microcontroller can display the result on the LCD, sending data for directly to the data base and they are able to display on the monitor.

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญภาพ	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การวัดอุณหภูมิทางการแพทย์	4
2.2 ทฤษฎีของการตรวจจับความร้อน	8
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	13
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน	13
3.2 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล	15
3.3 ขั้นตอนการออกแบบ	17
3.4 การสร้างและออกแบบวงจร	18
3.4.1 การสร้างและออกแบบทางค่านฮาร์ดแวร์	18
3.4.2 การสร้างและออกแบบทางค่านซอฟต์แวร์	29
3.4.3 การสร้างและออกแบบตัวเครื่อง	48
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	50
4.1 ผลของโครงการ	50
4.2 ผลการทดสอบโครงการ	55
4.2.1 การทดสอบเครื่องวัด	55
4.2.2 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผล	62
5.2 ปัญหาของโครงการงานและการแก้ไข	64
5.3 ข้อเสนอแนะ	64
กิตติกรรมประกาศ	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 บล็อกไคอะแกรมของระบบการทำงาน	3
2.2 ลักษณะการวัดอุณหภูมิโดยการใส่เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์	5
2.3 นิยามของมูรรับภาพ	8
2.4 ลักษณะของวงจรแอนาโลกที่มีการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อม	10
2.5 ลักษณะการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมทางดิจิทัลโดยการใช้นิโครคอนโทรลเลอร์	12
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 วงจรภายในของไอซีขยายสัญญาณ เบอร์ INA101	21
3.3 วงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ	21
3.4 วงจรกรองความถี่ต่ำ	23
3.5 วงจรแปลงสัญญาณแอนาโลกเป็นสัญญาณดิจิทัล	24
3.6 บล็อกไคอะแกรมของวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	26
3.7 วงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.8 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232	28
3.9 ลักษณะของข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด	36
3.10 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด	37
3.11 φόρμหน้าต่างหลัก	41
3.12 φόρμหน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำ	42
3.13 ผังการทำงานของการเรียกใช้โปรแกรมเป็นครั้งแรก	43
3.14 ผังการทำงานของหน้าต่างหลัก	44
3.15 ผังการทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม	45
3.16 ผังการทำงานของการเปิดฐานข้อมูล	46
3.17 ผังการทำงานของการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล	47
3.18 ผังการทำงานของการค้นหาข้อมูลในฟิลด์ Patient_ID	47
3.19 โครงสร้างและขนาดของกล่องเครื่องควบคุมหลัก	48
3.20 การออกแบบกล่องเครื่องควบคุมหลัก	48
3.21 โครงสร้างและขนาดของตัววัดอุณหภูมิ	49
3.22 การออกแบบตัววัดอุณหภูมิ	49

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 การวางอุปกรณ์ภายในเครื่องควบคุมหลัก	51
4.2 การวางอุปกรณ์ภายในของตัววัดอุณหภูมิ	51
4.3 ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟต์	52
4.4 หน้าต่างเริ่มต้น โปรแกรม	53
4.5 หน้าต่างโปรแกรมหลัก	53
4.6 หน้าต่างรับข้อมูลจากเครื่องวัดมาแสดงบนจอคอมพิวเตอร์	54
4.7 หน้าต่างเกี่ยวกับ โปรแกรม	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ช่วงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย	4
3.1 ผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	25
3.2 การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส	30
4.1 ผลการทดสอบย่านวัดของเครื่องวัดที่สร้างขึ้นเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท	56
4.2 ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนายชุมพร แซ่ตั้ง	57
4.3 ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนายอนุวัฒน์ ศรีเสน	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันตามสถานพยาบาลต่างๆ ได้มีการนำเครื่องมือทางการแพทย์มาช่วยในการรักษาผู้ป่วยมากขึ้น ซึ่งช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ป่วยได้อย่างทันทั่วทั้งที่ อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกให้แพทย์สามารถทำงานได้สะดวกมากขึ้น เครื่องมือทางการแพทย์ที่ใช้ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดความดันเลือด เครื่องควบคุมการเต้นของหัวใจ เครื่องช่วยหายใจ เป็นต้น

เครื่องวัดอุณหภูมิก็เป็นเครื่องมือทางการแพทย์อีกชนิดหนึ่งที่มีใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และทุกสถานพยาบาลส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีเพื่อใช้ตรวจวัดไข้ของผู้ป่วย โดยปกติในการตรวจวัดไข้ของแพทย์จะใช้ “เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท” เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิร่างกายของผู้ป่วย โดยอาศัยหลักการที่ว่า ถ้าระดับอุณหภูมิที่วัดได้สูงกว่าระดับอุณหภูมิปกติของร่างกาย คือ 37.5 องศาเซลเซียส ถือว่าผู้ป่วยมีไข้ ซึ่งการใช้งานเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทนั้น มีข้อด้อยคือ ในการวัดแต่ละครั้งต้องใช้เวลาค่อนข้างมากเพื่อรอให้ปรอทหยุดการเปลี่ยนแปลงก่อน จึงจะสามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ และถ้าต้องการความรวดเร็วในการวัดก็อาจจะไม่ได้ค่าอุณหภูมิที่แท้จริงก็เป็นได้ อีกทั้งบางครั้งที่ต้องการบันทึกค่าอุณหภูมิของผู้ป่วยเพื่อใช้ทำประวัติก็เข้าไปด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงได้แนวคิดในการทำโครงการ “เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์” ขึ้นมา โดยลักษณะของโครงการประกอบด้วยตัวเซนเซอร์ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิจากบริเวณช่องหู ทั้งนี้เนื่องมาจากบริเวณช่องหูเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายมากที่สุด และนอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณช่องหูมีการถูกรบกวนจากอุณหภูมิแวดล้อมน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ เช่น ผิวหนัง หรือช่องปาก ดังนั้นจึงทำให้การวัดอุณหภูมิสามารถที่จะได้ค่าอุณหภูมิของร่างกายที่แท้จริงโดยมีความผิดพลาดน้อยกว่าการวัดที่บริเวณอื่น สำหรับการใส่เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟต์นี้ ทำให้การวัดอุณหภูมิร่างกายใช้เวลาน้อยลงตามมามาก นอกจากนี้ยังมีประโยชน์คือการทำประวัติของผู้ป่วย โดยโครงการได้มีการเชื่อมต่อเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟต์เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถแสดงผลอุณหภูมิที่วัดและบันทึกค่าของอุณหภูมินั้นไว้เป็นประวัติของผู้ป่วยแต่ละคน ทำให้ใช้เวลาน้อยลง และข้อมูลส่วนนี้สามารถนำไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบฐานข้อมูลเดิมที่ทางโรงพยาบาลได้จัดทำไว้แล้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟล์ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ป่วยไม่ต้องกลัวการติดเชื้อเนื่องจากไม่ต้องอมไว้ในปาก

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

สามารถใช้งานได้ทั้งขณะเชื่อมต่อและไม่ได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟล์ มีขอบเขตการทำงานดังนี้
  - 1.1 สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30 ถึง 45 เซลเซียส
  - 1.2 สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส
  - 1.3 แสดงผลบนหน้าจอ LCD แสดงอุณหภูมิที่วัดได้จำนวน 2 หลัก กับ 1 ทศนิยม พร้อมทั้งแสดงหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
  - 1.4 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน
2. การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีขอบเขตการทำงานดังนี้
  - 2.1 เชื่อมต่อผ่านพอร์ต RS-232
  - 2.2 ลักษณะโปรแกรมที่ใช้แสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์มีการทำงานดังนี้
    - แสดงผลอุณหภูมิที่วัดได้เป็นองศาเซลเซียส
    - แสดงวัน/เดือน/ปี และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิ
  - 2.3 จัดเก็บบันทึก (เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลใช้ทำประวัติผู้ป่วย)
  - 2.4 สามารถบันทึกผลอุณหภูมิของผู้ป่วยได้จำนวน 20 คน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้วัดอุณหภูมิร่างกายของบุคคลโดยสามารถแสดงผลอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
2. เพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้ป่วยไม่ต้องกังวลในเรื่องการติดเชื้อ
3. เป็นเครื่องต้นแบบซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

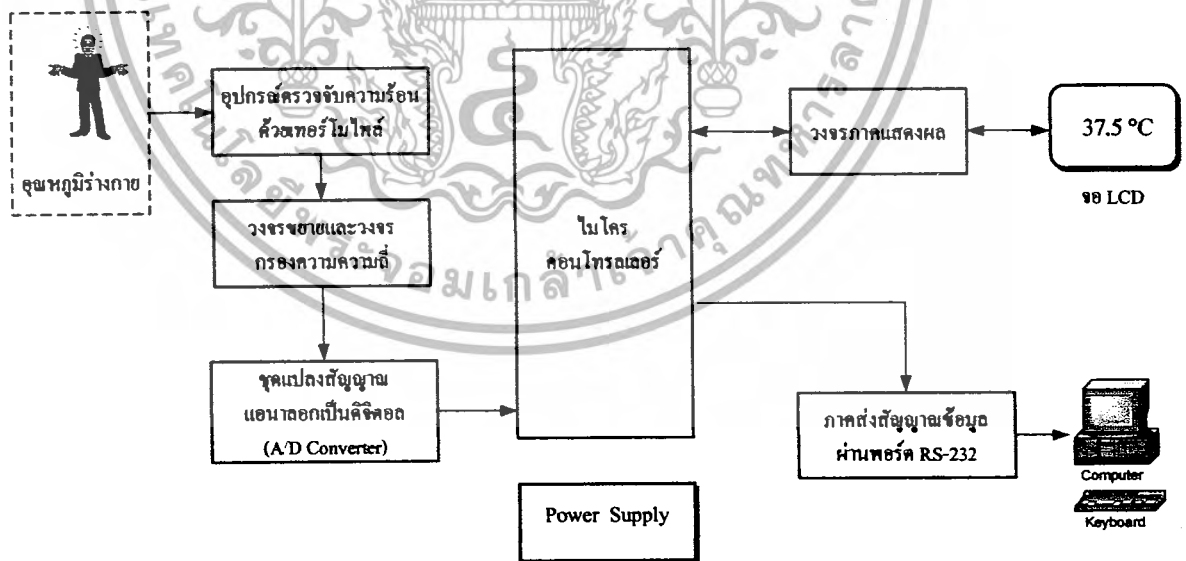
### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์ แบ่งการทำงานออกได้เป็นสองส่วนด้วยกันคือ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นส่วนของการวัดอุณหภูมิ การประมวลผลและการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ในโครงงานนี้ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นตัวประมวลผลและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ส่วนที่สองคือ ซอฟต์แวร์ เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของชุดเครื่องวัดและการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### 2.1 การวัดอุณหภูมิทางการแพทย์

#### 2.2 ทฤษฎีของการตรวจจับความร้อน

ระบบการทำงานแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 การวัดอุณหภูมิทางการแพทย์

### 2.1.1 อุณหภูมิร่างกาย

อุณหภูมิร่างกายเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ เพราะเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าแต่ละบุคคลมีความผิดปกติหรือมีอาการป่วยเป็นไข้เกิดขึ้นหรือไม่ โดยปกติแล้วในการวัดอุณหภูมิร่างกาย ทางทางการแพทย์จะกระทำอยู่ 4 ตำแหน่งของร่างกายด้วยกันคือ บริเวณใต้รักแร้ ช่องปาก ทวาร และช่องหู โดยแต่ละตำแหน่งของร่างกายจะให้ช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ช่วงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย

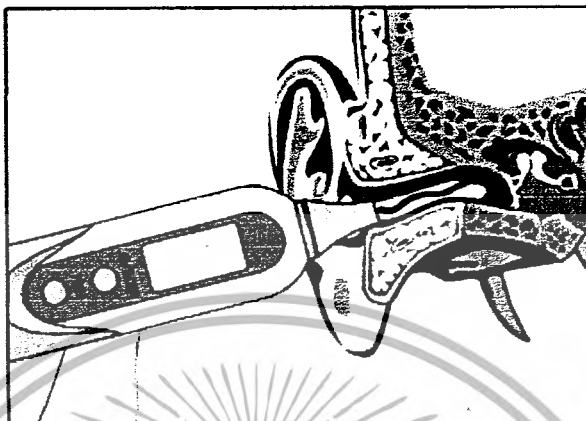
ตำแหน่งของร่างกาย	ย่านอุณหภูมิปกติ
ใต้รักแร้	34.7-37.3 °C
ช่องปาก	35.5-37.5 °C
ทวารหนัก	36.6-38.0 °C
ช่องหู	35.8-38.0 °C

### 2.1.2 การวัดอุณหภูมิร่างกาย

การวัดอุณหภูมิทางการแพทย์จะใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทวัดอุณหภูมิของร่างกาย โดยมีหลักในการพิจารณาดังนี้ ถ้าใช้ปรอทวัดอุณหภูมิจากบริเวณใต้รักแร้ โดยหนีบปรอทแน่นนาน 3 นาที อ่านอุณหภูมิเกิน 37.3 °C ถือว่ามีไข้ ถ้าเป็นการวัดในช่องปาก จะกระทำโดยการอมปรอทไว้ใต้ลิ้น อมไว้นาน 2 นาที ถ้าอ่านอุณหภูมิได้เกิน 37.8 °C ถือว่ามีไข้ และถ้าเป็นการวัดทางทวารหนัก อ่านอุณหภูมิได้เกิน 38 °C จึงจะถือว่ามีไข้ การพิจารณาว่ามีไข้หรือไม่นั้นจะพิจารณาจากค่าอุณหภูมิที่วัดได้ว่าเกินอุณหภูมิร่างกายปกติ 37.5 °C หรือไม่ ซึ่งถ้าอุณหภูมิเกินระดับของร่างกายปกตินั้นสรุปได้ว่ามีไข้ โดยอุณหภูมิที่วัดได้จากบริเวณช่องปาก ทวารหนัก และช่องหูจะให้ค่าออกมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่แท้จริงของร่างกายมากที่สุด ส่วนการวัดบริเวณใต้รักแร้จะน้อยกว่าการวัดบริเวณใต้ลิ้นอยู่ 0.5 °C ดังนั้นถ้าใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทวัดอุณหภูมิของร่างกายบริเวณใต้รักแร้จะต้องบวกเพิ่ม 0.5 °C เพื่อให้อุณหภูมิที่วัดได้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายมากที่สุด

ส่วนการวัดอุณหภูมิจากช่องหูจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อวัดอุณหภูมิบริเวณนี้โดยเฉพาะ เครื่องมือดังกล่าวนี้คือ เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลต์ ซึ่งหากใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทกับตำแหน่งนี้จะเป็นสิ่งที่อันตรายต่อผู้ถูกวัด อาจจะทำให้เกิดอันตรายกับหูได้ ดังนั้นการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลต์ จึงเป็นสิ่งที่ปลอดภัยและสะดวกกว่า

การใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทด้วย สำหรับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากบริเวณนี้ ถ้าเกิน  $37.8^{\circ}\text{C}$  ถือว่ามีไข้ ลักษณะการวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์ แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการวัดอุณหภูมิโดยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์

2.1.3 ปัญหาที่เกี่ยวกับการวัดสัญญาณจากคน ในการตรวจวัดสัญญาณจากคนมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงและนำมาพิจารณาด้วยหลายประการ คือ

1. ข้อมูลมีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ค่าที่เปลี่ยนแปลงได้มักเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปตามเวลา และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของแต่ละคนแล้ว ยิ่งเปลี่ยนแปลงได้มากขึ้นไปอีก ฉะนั้นจะต้องใช้วิธีการทางสถิติเพื่อช่วยตัดปัญหาต่าง ๆ ออกไป

2. การมีปฏิกริยาซึ่งกันและกันในระบบต่าง ๆ เนื่องจากการทำงานของระบบต่าง ๆ จะต้องมีวงจรป้อนกลับมาเกี่ยวข้องด้วย การทำงานของอวัยวะหนึ่งมีผลต่อการทำงานของอวัยวะอื่น ๆ ด้วย เมื่อมีการกระตุ้นส่วนหนึ่งส่วนใดในระบบหนึ่ง จะมีผลเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบนั้นทุกส่วน การแปลผลจากการบันทึกจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง

3. ผลการใช้ทรานสดิวเซอร์คือการวัดในการวัดชนิดใดก็ตามด้วยทรานสดิวเซอร์ จะทำให้ผลที่ได้เปลี่ยนแปลงไปบ้างปัญหาก็ยังซับซ้อนขึ้นไปอีกเมื่อกระทำในสิ่งที่มีชีวิต ตัวอย่างเช่นในการใช้ ทรานสดิวเซอร์ขนาดใหญ่เข้าไปในหลอดเลือดเพื่อวัดการไหลของเลือด ลักษณะการไหลของเลือดในหลอดเลือดนั้นจะเปลี่ยนไปบ้างเพราะมีทรานสดิวเซอร์กั้นอยู่

4. สิ่งที่ไม่ต้องการในทางชีววิทยาและในทางการแพทย์เป็นส่วนที่ปนมากับสัญญาณที่ต้องการบันทึกจริง ๆ เช่น ในการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในร่างกาย แต่กลับมีคลื่นกระแสไฟฟ้าสลับเข้ามา รบกวนในภาคบันทึก เป็นต้น ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นกับการบันทึกสิ่งที่มีชีวิตคือ การเคลื่อนไหว ซึ่งมีผลทำให้การบันทึกเปลี่ยนแปลงไป เพราะทรานสดิวเซอร์

ที่ใช้หลายอย่างมีความไวต่อการเคลื่อนไหวบางทีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้แยกไม่ได้จากสัญญาณที่ต้องการจริง ๆ ฉะนั้นจะต้องคำนึงถึงความผิดพลาดข้อนี้ไว้ด้วย

5. ในด้านความปลอดภัย ในการตรวจวัดสัญญาณจากผู้ป่วยจำเป็นต้องต่อสายไฟฟ้าจากตัวผู้ป่วยไปยังเครื่องมือโดยวิธีการเช่นนี้ อาจมีโอกาสที่จะเกิดอันตรายจากการที่ไฟฟ้าของเครื่องมือรั่วเข้าไปในตัวผู้ป่วยได้ ฉะนั้นจะต้องระลึกรั้งอันตรายในแง่นี้อยู่เสมอ

#### 2.1.4 คุณสมบัติของเครื่องมือที่ใช้ในทางการแพทย์

เนื่องจากการนำเอาเครื่องอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับคนนั้น ต้องมีข้อจำกัดและข้อควรระวังที่จะต้องพิจารณาอยู่หลายอย่าง ฉะนั้นเครื่องมือที่นำมาใช้จึงน่าจะพิจารณาถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ช่วงการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ควรมีความสามารถทำงานครอบคลุมไปจนตลอดช่วงของสัญญาณที่จะทำการวัด คือ ตั้งแต่ร้อยละน้อยจนถึงมากที่สุดได้ หมายความว่าสัญญาณน้อยที่สุดก็สามารถจะขยายแล้วรายงานผลได้ชัดเจน เป็นต้น ข้อนี้มีความสำคัญมาก เพราะสัญญาณที่เกิดขึ้นจากคนหรือสิ่งที่มีชีวิตนั้น โดยทั่วไปมีการเปลี่ยนแปลงได้มาก คือ มีช่วงกว้าง ฉะนั้นเครื่องมือจึงต้องมีขอบเขตการทำงานกว้างตามไปด้วย

2. ความไว ความไวของเครื่อง หมายความว่าสามารถรายงานการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเพียงเล็กน้อยได้ ปัจจุบันนี้มีข้อแตกต่างจากข้อแรก คือ ความไวนั้นไม่เกี่ยวกับช่วงการทำงานทั้งหมดของเครื่อง แต่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกำลังขยายของเครื่อง เมื่อสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็สามารถรายงานผลได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าเครื่องที่มีความไวมากเกินไปกลับเป็นข้อไม่ดี คือ ทำให้ความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นและไม่ค่อยมีเสถียรภาพ ฉะนั้น เครื่องแต่ละอย่างจึงต้องการความไวที่เหมาะสม

3. ความเป็นเชิงเส้น เมื่อสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องผันแปรโดยตรงกับสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในเครื่องเรียกว่าเครื่องนั้นมีความเป็นเชิงเส้นดี คือ เป็นระบบเส้นตรง แต่เครื่องมือบางชนิดอาจต้องการความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นก็ได้

4. การตอบสนองต่อความถี่ เป็นการเปลี่ยนแปลงความไวในช่วงความถี่ต่างๆ ของการวัด เครื่องมือที่ดีควรมีความไวเพียงพอต่อความถี่ทุกช่วง จึงจะทำให้รายละเอียดของคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้มีรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงและไม่ผิดเพี้ยนไป

5. ความแม่นยำ ทราบได้โดยการวัดความผิดพลาด ความผิดพลาดอาจมีสาเหตุหลายประการด้วยกัน คือ

- ก. ความผิดพลาดที่เกิดจากส่วนประกอบในเครื่องอิเล็กทรอนิกส์เอง
- ข. ความผิดพลาดที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของมิเตอร์
- ค. คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงเนื่องจากภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ
- ง. ความผิดพลาดในด้านการอ่านผล เช่น การอ่านเอียงไปและแสงสว่างไม่เพียงพอ

6. อัตราส่วนของสัญญาณต่อสิ่งรบกวน สิ่งที่รบกวนในทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น เป็นการเพิ่มความสูงของเส้นพื้นฐาน (base line) เครื่องมือมีการเพิ่มกำลังขยายขึ้น ถ้าเส้นพื้นฐานหนาขึ้นและสัญญาณมีค่าน้อย จะทำให้อ่านสัญญาณได้ไม่ชัดเจน เครื่องมือที่ใช้ในทางการแพทย์ ต้องการเครื่องมือที่มีอัตราส่วนนี้สูง เพราะภาวะแวดล้อมในโรงพยาบาลมีสิ่งรบกวนหลายอย่างที่ทำให้ความสูงของเส้นพื้นฐาน หรือเรียกว่า noise เพิ่มขึ้น สิ่งรบกวนนั้น นอกจากจะเกิดจากกระแสไฟฟ้าสลับจากสายไฟซึ่งมีอยู่มากมายแล้ว ยังมีเครื่องมือที่ส่งการรบกวนโดยทางไฟฟ้าสถิตย์และแม่เหล็กไฟฟ้า สิ่งรบกวนนั้นรวมเรียกว่า Interference Noise

7. เสถียรภาพ เสถียรภาพของเครื่องมือขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยี คือ เป็นความสามารถของเครื่องที่จะรักษาสมรรถภาพการทำงานให้คงที่ แม้เมื่อมีสิ่งรบกวนมาทำให้สัญญาณนำเข้าเปลี่ยนแปลงไป เครื่องที่ดีควรมีเสถียรภาพในการทำงานในช่วงที่จะเป็นประโยชน์ ส่วนเสถียรภาพของเส้นพื้นฐานนั้น เป็นการรักษาเส้นพื้นฐานให้คงที่ ไม่ให้แกว่งขึ้นหรือลง

8. การแยกออก เป็นวิธีการไม่ให้มีสายไฟฟ้าติดต่อกันโดยตรงระหว่างตัวผู้ป่วยและเครื่อง อันเป็นการเพิ่มความปลอดภัยจากอันตรายของไฟฟ้า และเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนของเครื่องต่าง ๆ ในการตรวจวัดและบันทึกด้วย เทคนิคการแยกออกนี้ โดยมากอาศัยการเหนี่ยวนำหรือการส่งคลื่นวิทยุ

9. ความง่าย ระบบการทำงานต่าง ๆ ในเครื่องไม่ควรสลับซับซ้อนเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดหรือการขัดข้อง โดยเฉพาะเครื่องหลายอย่างเกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตผู้ป่วย เครื่องที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นที่ต้องการอย่างมาก

## 2.2 ทฤษฎีของการตรวจจับความร้อน

เทอร์โมไพร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิ โดยอาศัยหลักการของการรับคลื่นรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

### 2.2.1 สมการความร้อนแบบสมดุล

พลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาทั้งหมด ( $P_{obj}$ ) ที่เกิดจากอุณหภูมิวัตถุ ( $T_{obj}$ ) อธิบายได้ด้วยสมการ

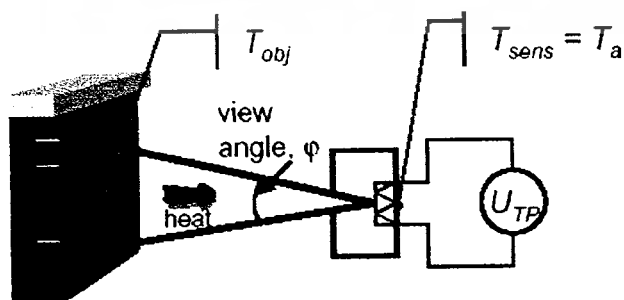
$$P_{obj} = \sigma \varepsilon T_{obj}^4 \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\sigma$  คือค่าคงที่ของ Stefan - Boltzmann และ  $\varepsilon$  เป็น Emission Factor ในทางอุณหพลศาสตร์ ค่าของ  $\varepsilon$  มีค่าเป็น 1 สำหรับสารที่มีค่า Emission Factor ดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 0.85 ถึง 0.95 สมการที่ (2.1) เรียกว่ากฎของ Stefan - Boltzmann

สมการความร้อนแบบสมดุลเป็นกำลังไฟฟ้าสุทธิที่รับได้ ( $P_{rad}$ ) ของเทอร์โมไพร์มีค่าอุณหภูมิอยู่สองค่าคืออุณหภูมิของวัตถุ ( $T_{obj}$ ) และอุณหภูมิจากตัวเครื่องมือวัดเอง แต่สำหรับกรณีที่ ดีที่สุด อุณหภูมิของเครื่องมือวัดมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม แทนด้วย  $T_a$  เพราะฉะนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่รับได้ทั้งหมดจากอุณหภูมิของวัตถุจะได้ว่า

$$P_{rad} = K' \cdot (\varepsilon_{obj} T_{obj}^4 - \varepsilon_{sens} T_a^4) \quad (2.2)$$

จากสมการที่ (2.2) ได้เปลี่ยนจาก Physical Constant ;  $\sigma$  เป็น Empirical Factor  $K'$  ซึ่งเรียกว่า Instrument Factor ในบางรูปแบบก็ใช้  $K'$  แทนค่า  $\sigma$  เช่นกัน ในการวิเคราะห์จะต้องนำค่า (Field-of-View :FOV) ของเทอร์โมไพร์เข้ามาคิดด้วย ค่า FOV เขียนแทนด้วย  $\varphi$  นิยามของมุมรับภาพแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 นิยามของมุมรับภาพ หรือ View Angle,  $\varphi$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม  $\varphi$  เป็นมุมที่วัดได้จากตัวตรวจจับความร้อนที่มีลักษณะการแผ่รับความร้อนเป็นรูปทรงกรวยปลายเปิด สิ่งที่ได้มาด้วยก็คือค่า Instrument Factor  $K'$  สามารถเขียนใหม่ได้เป็น  $K' = K \cdot \sin^2(\varphi/2)$  ดังนั้นพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาทั้งหมดคือ

$$P_{rad} = K \cdot (\varepsilon_{obj} T_{obj}^4 - \varepsilon_{sens} T_a^4) \cdot \sin^2(\varphi/2) \quad (2.2a)$$

เครื่องมือตรวจจับความร้อนเป็นเครื่องมือที่สร้างแรงดันไฟฟ้า  $U_{TP}$  ซึ่งเป็นสัดส่วนกับ  $P_{rad}$  สัดส่วนที่คงที่นี้เรียกว่า ความไว (S) เพราะฉะนั้นจึงสามารถเขียนได้ว่า

$$U_{TP} = S \cdot P_{rad} = S \cdot K \cdot (\varepsilon_{obj} T_{obj}^4 - \varepsilon_{sens} T_a^4) \cdot \sin^2(\varphi/2) \quad (2.3)$$

สมการที่ (2.3) เป็นสมการพื้นฐานที่แสดงถึงแรงดันเอาต์พุตซึ่งเป็นไปตามอุณหภูมิของวัตถุและอุณหภูมิแวดล้อมเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมคงที่แรงดันเอาต์พุตของเทอร์โมไพล์จะเป็นสัดส่วนกับ  $T_{obj}^4$  นั่นคือ ตัวเซนเซอร์สามารถตรวจจับแถบความร้อนทั้งหมดได้ด้วยควมไวที่เท่ากันตลอด แต่ในทางปฏิบัติได้เป็นเช่นนั้น ตัวอย่างเช่น เทอร์โมไพล์ถูกสร้างให้สามารถรับคลื่นอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ  $5 \mu\text{m}$  ดังนั้นค่า  $T^4$  ดังนั้นจึงไม่มีผลมากนัก หรือเป็นเพียงการประมาณค่าสำหรับย่านอุณหภูมิที่ถูกจำกัดเท่านั้น

เส้นโค้งของการตอบสนองขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ย่านอุณหภูมิของวัตถุและคุณสมบัติพิเศษในการตอบสนองของเครื่องมือวัด เทอร์โมไพล์สามารถตรวจจับการแผ่รังสีความร้อนที่กระจายอยู่ในระยะประมาณ 1 - 20 ไมโครเมตร ด้วยควมไวคงที่แต่เมื่อมีการนำเลนซ์กระจกหรือฟิลเตอร์เข้ามาในเส้นทางแสง จะทำให้คุณสมบัติของการตอบสนองของแสงเปลี่ยนแปลงไป เพื่อแสดงการหักเหของแสงจึง แทนด้วยค่าคงที่  $\delta$  ดังนั้นค่าอุณหภูมิจึงขึ้นอยู่กับ  $T^{4-\delta}$  และเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ จึงรวม  $\varepsilon_{obj}$  กับ  $\varepsilon_{sens}$  ให้เป็น  $\varepsilon$  ดังนั้นจากสมการที่ (2.3) จะได้ว่า

$$U_{TP} = S \cdot K \cdot \varepsilon \cdot (T_{obj}^{4-\delta} - T_a^{4-\delta}) \cdot \sin^2(\varphi/2) \quad (2.3a)$$

### 2.2.2 การชดเชยอุณหภูมิแวดล้อม

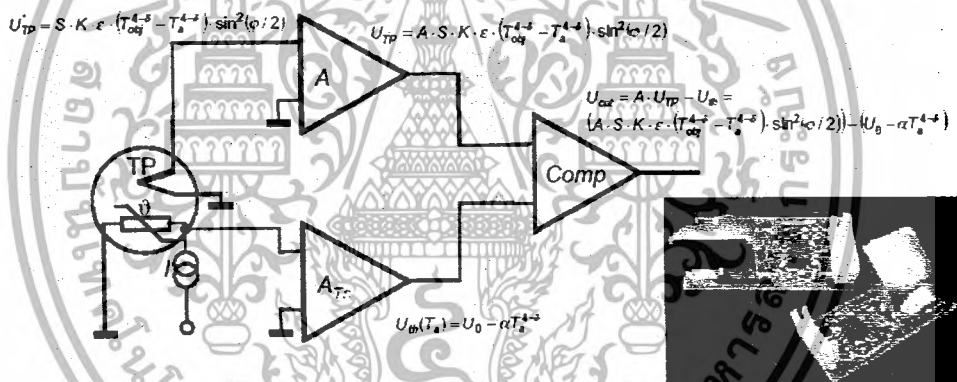
สำหรับอุณหภูมิแวดล้อมที่คงที่ ทั้งค่า  $U_{TP}$  และค่า  $T_{obj}$  ที่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลที่ถูกต้อง อุปกรณ์ทุก ๆ ตัวที่มีความไวคงที่ ก็เพียงพอแล้วสำหรับการวัดหาขนาดความร้อน อย่างไรก็ตามจากสมการที่ (2.3a) สัญญาณเอาต์พุตจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นระบบการวัดอุณหภูมิด้วยแสงจำเป็นต้องมีการชดเชยผลกระทบที่เกิดขึ้น เรียกว่า “ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชดเชยอุณหภูมิแวดล้อม ” เพื่อต้องการให้เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุมีความแม่นยำ ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวเอง

### 2.2.3 หลักการทางแอนาล็อก

ภาพที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงการนำเทอร์โมไพล์มาใช้ในเคออบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ และเครื่องใช้อื่น ๆ ซึ่งเอาต์พุตของเทอร์โมไพล์เป็นไปตามสมการที่ (2.3a) สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากเทอร์โมไพล์โดยทั่วไปจะอยู่ในย่านมิลลิโวลต์ จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยขอมให้มีสัญญาณรบกวนและค่าออฟเซ็ทของออปแอมป์ค่า ส่วนสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะถูกนำมาขยายด้วยอัตราขยายเท่ากับ A



ภาพที่ 2.4 ลักษณะของวงจรแอนาล็อกที่มีการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมซึ่งใช้ใน PerkinElmer Thermopile Module : TPM

สำหรับการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมภายในเทอร์โมไพล์จะใช้เทอร์มิสเตอร์บัสที่ค่าอุณหภูมิที่ตัวเซ็นเซอร์ เทอร์มิสเตอร์ที่ใช้เป็นชนิด NTC มีการทำงานแบบความต้านทานไม่เป็นเชิงเส้นกับค่าอุณหภูมิ สิ่งที่เหมาะสมที่สุดของความต้านทานในฟังก์ชันของอุณหภูมิ  $R(T_o)$  มีลักษณะเป็นฟังก์ชันเอ็กโพเนนเชียล แต่สำหรับย่านอุณหภูมิที่ถูกจำกัดสามารถหาค่า  $R(T_o)$  ของเทอร์มิสเตอร์ได้โดยการประมาณด้วยรูปแบบของ  $T^4$  นั่นคือ

$$R(T_o) = R_0 - \zeta T_o^{4-\delta} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $\zeta$  คือ Proportionality factor และ  $R_0$  คือค่าความต้านทานคงที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เทอมิสเตอร์ก็จะทำให้เกิดแรงดันขึ้น โดยแรงดันนี้ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์  $A_{Th}$  ก็จะได้เป็น  $U_{Th}$  ดังสมการ

$$U_{Th}(T_a) = U_0 - \alpha T_a^{4-\delta} \quad (2.4a)$$

แรงดันนี้ถูกรวมเข้ากับสัญญาณของเทอร์โมโพลีจากออปแอมป์ตัวที่ 2 ดังภาพที่ 2.4 ภาคขยายนี้เรียกว่าภาคการชดเชยอุณหภูมิ ซึ่งมีแรงดันเอาท์พุทดังสมการ

$$U_{out} = AU_{TP} - U_{th} = A.S.K.\varepsilon.(T_{obj}^{4-\delta} - T_a^{4-\delta}).\sin^2(\phi/2) - (U_0 - \alpha T_a^{4-\delta}) \quad (2.5)$$

ถ้าเอาท์พุทตามสมการที่ (2.5) ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม จะทำให้  $T_a$  ทั้งสองเทอมก็จะหายไปสิ่งที่ได้คือ

$$\alpha - A.S.K.\varepsilon.\sin^2(\phi/2) = 0 \quad (2.6)$$

การปรับค่าการชดเชยอุณหภูมิ ทำได้โดยการปรับอัตราขยายของออปแอมป์ภาคที่ 1 ดังสมการที่ (2.7) ค่าของแฟกเตอร์  $A$  จะได้คือ

$$A = \frac{\alpha}{S.K.\varepsilon.\sin^2(\phi/2)} \quad (2.7)$$

การปรับอัตราขยายเทอร์โมโพลีไม่เพียงความไวของเทอร์โมโพลีเท่านั้นที่เปลี่ยนไป แต่ยังมีผลต่อมุมรับภาพของตัวเซนเซอร์และค่า Emission Factor ของวัตถุที่ต้องการตรวจจับด้วย ซึ่งหมายความว่า ถ้าจะนำเอา PerkinElmer Thermopile Module : TPM มาใช้งานจะไม่ต้องนำฟิลเตอร์มาบังเส้นทางแสง เพราะจะทำให้การชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนไป โดยปกติโมดูลตรวจจับความร้อนได้มีการปรับค่าการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมไว้แล้วเท่ากับ 0.5 เพื่อให้มีความแม่นยำและมีสัมประสิทธิ์ของการรับคลื่นความร้อนที่แผ่เข้ามาได้ดีขึ้น ซึ่งก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้

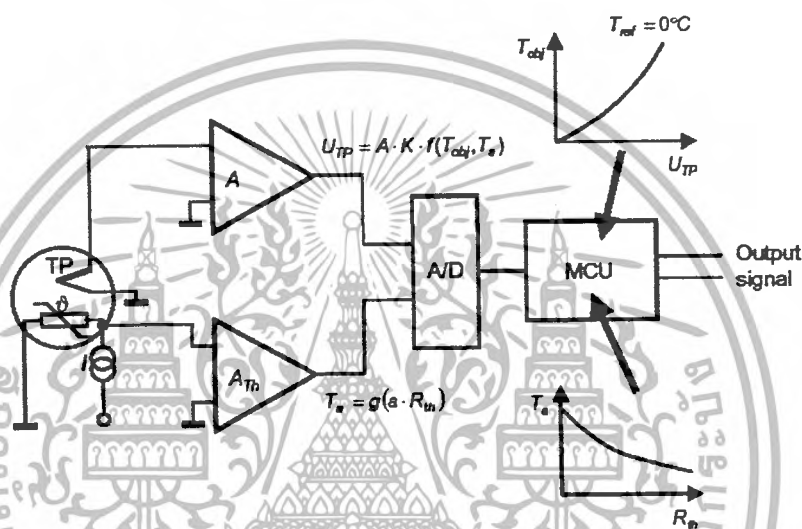
#### 2.2.4 หลักการทางคิจิตอล

ปัจจัยหลักในการกำหนดความแม่นยำของเทอร์โมโพลี ซึ่งเป็นพื้นฐานของการวัดอุณหภูมิคือ การชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งมีข้อดีคือราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูก แต่ยังมีข้อบกพร่องเรื่องของความแม่นยำ สำหรับความแม่นยำของอุปกรณ์จำเป็นต้องใช้วิธีทางตัวเลขเพื่อที่จะชดเชยค่าของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างแม่นยำขึ้น

แรงดันที่ได้จากเทอร์โมไฟต์และแรงดันที่ได้จากความต้านทานของเทอร์โมไฟต์ จะถูกป้อนให้กับ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนให้เป็นข้อมูลดิจิทัลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป อุณหภูมิเอาต์พุตที่ได้สามารถส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมทางดิจิทัล โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

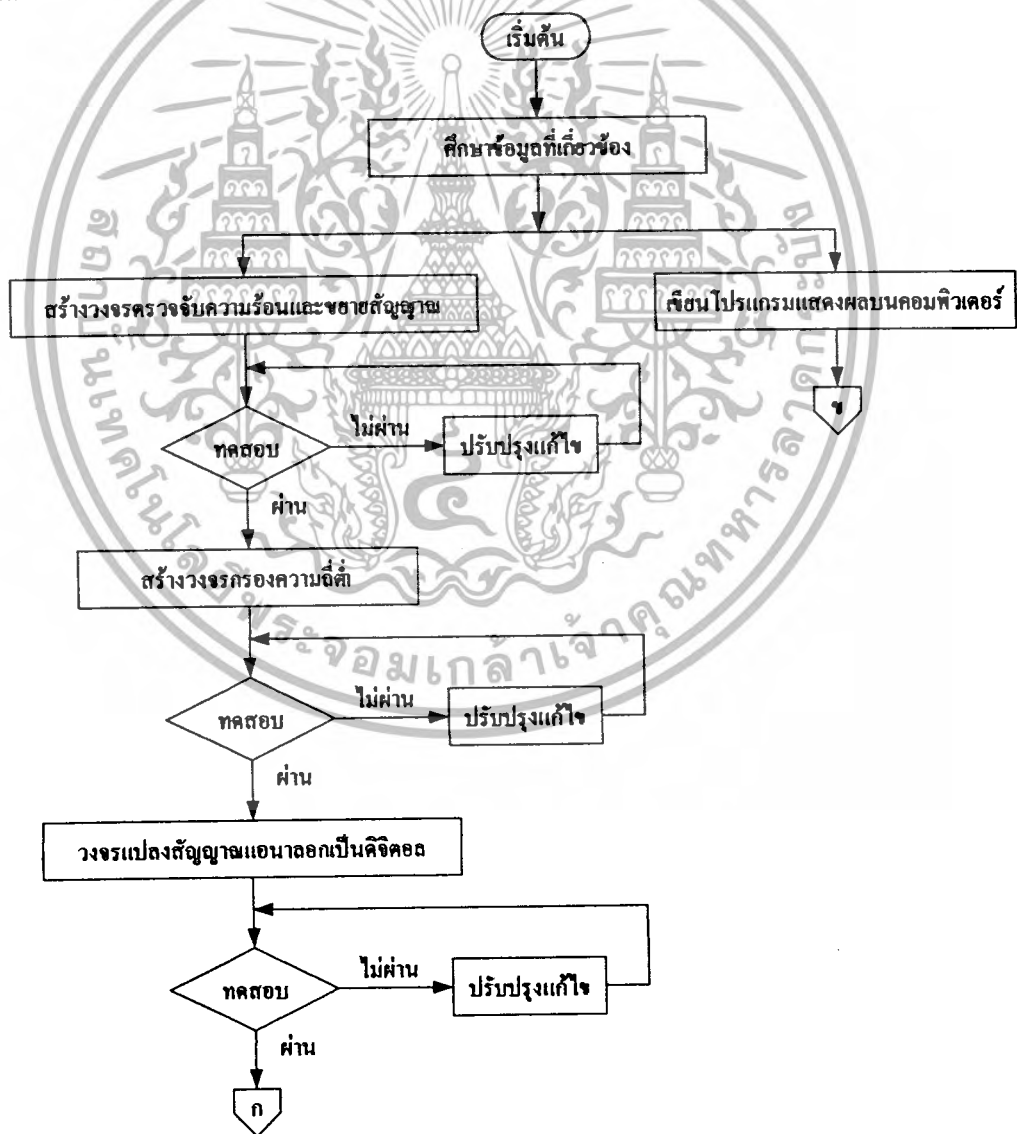
### บทที่ 3

#### ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ตามเป้าหมายและภายในเวลาที่กำหนดนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนโครงการก่อน เพื่อให้ทราบแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

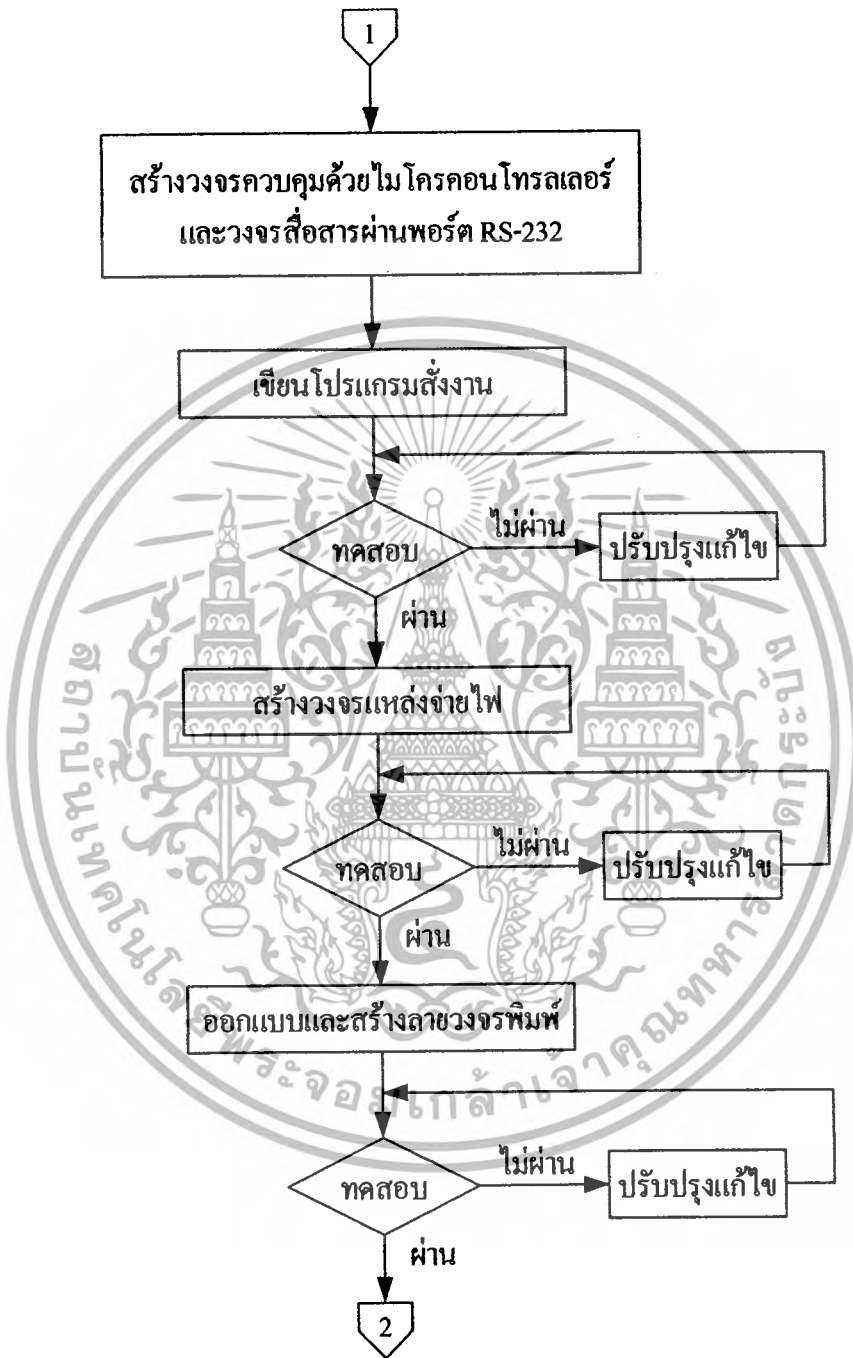
#### 3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

แผนผังการดำเนินงานของ โครงการเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพค์ เป็นการแสดง ขั้นตอนในการดำเนินงานโดยสรุป เพื่อให้เห็นภาพรวมในการดำเนินการจัดทำโครงการ โดยแผนผังของขั้นตอนการดำเนินงาน ได้กำหนดไว้ดังภาพที่ 3.1



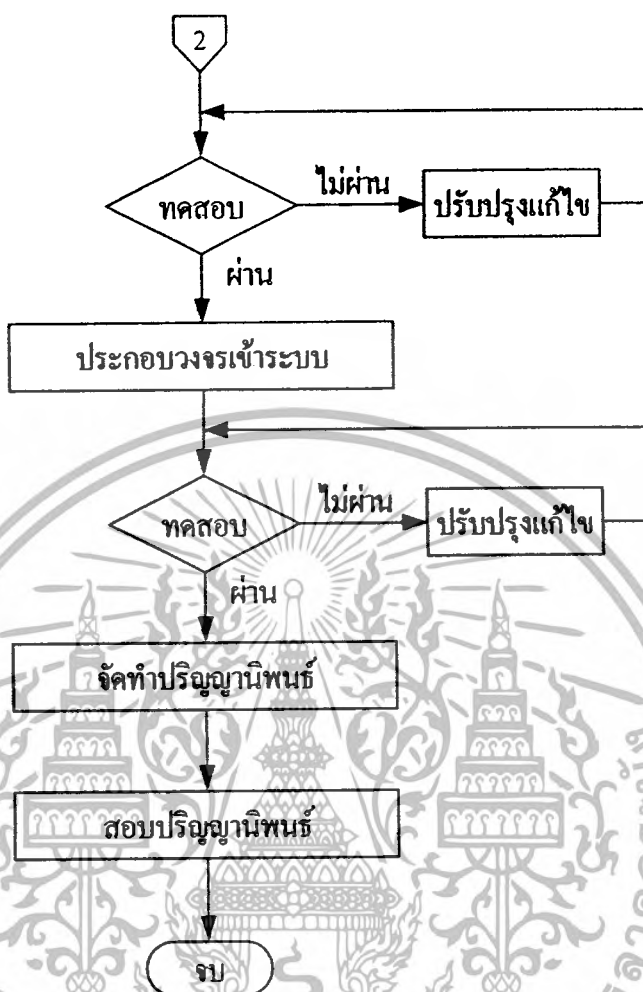
ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ) แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ) แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.2 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ขั้นตอนในการศึกษาข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องกระทำโดยการศึกษาในรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวโครงการ เพื่อให้ได้แนวคิดเบื้องต้นของตัวโครงการ และแนวทางในการสร้างตัวโครงการขึ้น ซึ่งจะขกกล่าวถึงลำดับขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโครงการนี้ ดังต่อไปนี้

ขั้นแรกจำเป็นต้องหาข้อมูลว่า สามารถวัดอุณหภูมิร่างกายได้โดยวิธีใดบ้าง และมีแนวทางใดที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวิธีวัดอุณหภูมิร่างกายได้บ้าง โดยเน้นในส่วนของความถูกต้อง สะดวก รวดเร็ว และความปลอดภัยของผู้ใช้เครื่องมือวัด และผู้ถูกวัด ดังนั้นจึงเริ่มทำการศึกษาทั้งจากโรงพยาบาลที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และจากอินเทอร์เน็ต ทำให้ได้ 2 วิธีที่มีความเป็นไปได้ คือ การวัดอุณหภูมิร่างกายโดยใช้หลักการของการขยายตัว การหดตัวของปรอท และการวัดอุณหภูมิ

ร่างกายโดยใช้วิธีวัดการแผ่รังสีความร้อนของร่างกายนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีแรกคือ การวัดอุณหภูมิร่างกายโดยใช้หลักการของการขยายตัว การหดตัวของปรอท ก็ยังไม่เหมาะที่จะนำมาวัดอุณหภูมิร่างกายที่ใช้การแสดงค่าอุณหภูมิแบบดิจิตอล ทำให้เกิดข้อจำกัดในการจัดการกับข้อมูล กระบวนการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูล แต่วิธีที่ 2 คือใช้วิธีการวัดการแผ่รังสีความร้อนของร่างกายออกมา โดยใช้เทอร์โมไพร์เซ็นเซอร์ ซึ่งดีกว่าแบบแรกตรงที่ว่า เอาต์พุตที่ได้จากเซ็นเซอร์เป็นระดับแรงดันแอนาล็อกที่แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ ซึ่งเมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้ว สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จัดการกับข้อมูลได้ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของการแสดงค่าอุณหภูมิแบบดิจิตอล อีกทั้งยังสามารถแสดงผลได้รวดเร็วกว่าการวัดอุณหภูมิโดยใช้ปรอท แต่อย่างไรก็ตาม ในการวัดอุณหภูมิร่างกายไม่ได้เพียงเพื่อต้องการให้แสดงค่าอุณหภูมิได้รวดเร็วและง่ายต่อการจัดการกับข้อมูลเพียงเท่านั้น แต่ยังต้องการความถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นการเลือกคุณสมบัติของตัวเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

อินฟราเรดเทอร์โมไพร์เซ็นเซอร์ เบอร์ TP336A ของบริษัท Opto Tech Corporation เป็นอุปกรณ์ที่รับการแผ่รังสีความร้อนเข้ามา แล้วให้อเอาต์พุตเป็นแรงดันที่แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ ดังนั้นทางผู้ออกแบบได้ศึกษาความเป็นไปได้จากคู่มือการใช้งานเซ็นเซอร์เบอร์ดังกล่าวนี้ และจากการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา จนมั่นใจว่าสามารถรับอุณหภูมิในช่วง 30 ถึง 45 องศาเซลเซียสได้ และในช่วงนี้จะให้แรงดันออกมาในลักษณะที่เป็นเชิงเส้น อยู่ในช่วง 100 ถึง 600 ไมโครโวลต์ ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวรับการแผ่รังสีความร้อนจากร่างกาย แต่ระดับแรงดันที่ได้มีค่าน้อย ดังนั้นจำเป็นต้องขยายแรงดันให้สูงขึ้นก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต่อไป

วงจรกรองความถี่ต่ำ เป็นวงจรที่มีความสำคัญที่จะต้องมีในการวัดอุณหภูมิ เนื่องจากระดับแรงดันที่ได้มาจากเซ็นเซอร์มีค่าน้อย ทำให้สัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่สูงมีผลต่อการวัดเป็นอย่างมาก ส่งผลให้ค่าแรงดันที่ออกมาเกิดความผิดพลาด จึงต้องจำเป็นต้องกรองความถี่สัญญาณรบกวนออกก่อน ที่ส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไป

วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เป็นอีกวงจรที่มีความสำคัญเนื่องจากการแสดงผลการวัดอุณหภูมิเป็นแบบดิจิตอล แต่แรงดันที่รับมาจากวงจรกรองความถี่ต่ำเป็นสัญญาณแอนาล็อก ดังนั้นจำเป็นต้องแปลงสัญญาณจากแอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน สิ่งที่จะต้องพิจารณาสำหรับการแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล คือจำนวนบิตของข้อมูล ซึ่งจะมีผลต่อความถูกต้องและความแม่นยำต่อการวัดอุณหภูมิเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้ออกแบบได้เลือกใช้ ไอซีเบอร์ ADS7805 ของบริษัท Texas Instrument เป็นไอซีแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ขนาด 16 บิต มีการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน ซึ่งใช้แปลงสัญญาณแอนาล็อกที่รับมาจากวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนส่งไปยัง

วงจรควบคุมการแสดงผล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้กล่าวถึงส่วนต่างๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในตัวโครงการแล้ว การทำงานต่างๆ ของแต่ละส่วนจะต้องมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมความสัมพันธ์ให้ถูกต้อง เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ และยังคงมีการป้องกันปัญหาที่อาจจะตามมา จากการใช้งานในที่ผิดลักษณะ หรือเนื่องจากสาเหตุสุวิสัยต่างๆ เช่น การนำไปวัดอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำจนเกินไป ดังนั้นในการออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานจึงได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่งเป็นชุดประมวลผลที่มีความยืดหยุ่นสูง ส่วนขั้นตอนการควบคุมนั้นก็สามารถกำหนดได้จากการเขียนโปรแกรมสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนวิธีการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานนั้น จะกล่าวไว้ในส่วนของการสร้างและออกแบบวงจรต่อไป

อย่างไรก็ตามโดยหลักการแล้ว ส่วนประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดที่จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของโครงการได้เพียงพอ แต่ในทางปฏิบัตินั้นยังจำเป็นต้องมีวงจรย่อยอื่นๆ ที่ช่วยให้ได้ผลการทำงานตามที่ต้องการ เช่น วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232 เป็นต้น ซึ่งจะได้อธิบายไว้ในส่วนของการสร้างและออกแบบวงจรต่อไป

### 3.3 ขั้นตอนการออกแบบ

#### 3.3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

- วงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ
- วงจรกรองความถี่ต่ำ
- วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
- วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 3.3.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

- โปรแกรมควบคุมและแสดงผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
- โปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### 3.3.3 การออกแบบตัวเครื่อง

- เครื่องควบคุมหลัก
- ตัววัดอุณหภูมิ

### 3.4 การสร้างและออกแบบวงจร

#### 3.4.1 การสร้างและออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

##### 3.4.1.1 การออกแบบวงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ

จากแนวคิดเบื้องต้น การวัดอุณหภูมิร่างกายนั้นสามารถทำได้หลายวิธี โดยในโครงการนี้ เลือกใช้วิธีการวัดการแผ่รังสีความร้อนโดยใช้เทอร์โมไพล์เซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจจับการแผ่รังสีความร้อนของร่างกาย เนื่องจากเอาต์พุตที่ได้จากเซ็นเซอร์เป็นระดับแรงดัน แอนาล็อกที่แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ ซึ่งเมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้ว สามารถใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จัดการกับข้อมูลได้

ในส่วนของวงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่รับการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุแล้วเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งได้เลือกใช้เทอร์โมไพล์เซ็นเซอร์ เบอร์ TP336A ของบริษัท ROITHNER LASERTECHNIK เซ็นเซอร์เบอร์นี้มีขาให้ใช้งานทั้งหมด 4 ขา ประกอบไปด้วยขา 1(V+) ขา 3 (V-) ขา 2 (R) และขา 4 (GND) การต่อใช้งานจะต้องนำขา 1 และ 3 ต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณภาคที่ 1 (IC<sub>1</sub>) เพื่อให้มีระดับแรงดันสูงขึ้น เนื่องจากระดับแรงดันที่ออกมาจากเซ็นเซอร์มีค่าน้อยมาก ประมาณ 100 – 600 ไมโครโวลต์ ที่อุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียส ส่วนขา 2 และขา 4 นั้นจะเป็นความต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ตามอุณหภูมิภายนอก (Thermistor) ซึ่งจะถูกต่ออยู่กับ R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> และ R<sub>4</sub> ในลักษณะการแบ่งแรงดัน โดยมี R<sub>1</sub> และ R<sub>4</sub> ที่สามารถปรับค่าได้ เพื่อปรับการชดเชยอุณหภูมิที่เข้ามามีผลต่อการตรวจจับความร้อน สำหรับการชดเชยอุณหภูมิจะใช้ขา 2 และขา 4 เป็นความต้านทานอ้างอิง (R<sub>REF</sub>) ซึ่งปกติแล้วที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส จะมีค่าความต้านทานอยู่ที่ 65 กิโลโอห์ม มีแรงดันตกคร่อมที่ขา 2 เทียบกับกราวด์เท่ากับ V<sub>REF</sub> + V<sub>R3</sub> ซึ่งแรงดันที่จุดนี้จะถูกต่ออยู่กับขา -IN ของ IC<sub>1</sub> ส่วนขา 1 (V+) ของเทอร์โมไพล์เซ็นเซอร์จะต่ออยู่กับขา +IN ของ IC<sub>1</sub> ซึ่งแรงดันตกคร่อมที่ขา +IN เท่ากับ V<sub>THERMOPILE</sub> + V<sub>REF</sub> + V<sub>R3</sub> แรงดันเอาต์พุต (V<sub>O1</sub>) ที่ได้จากวงจรขยายภาคที่ 1 จะเป็นการนำค่าแรงดันที่ขา +IN ลบด้วยแรงดันที่ขา -IN แล้วนำไปคูณกับอัตราขยาย (G<sub>1</sub>) ของ IC<sub>1</sub> ดังสมการ

$$V_{O1} = [(+IN) - (-IN)] \times G_1 + V_{com1}$$

$$V_{O1} = [(V_{THERMOPILE} + V_{REF} + V_{R3}) - (V_{REF} + V_{R3})] \times G_1 - V_{com1}$$

$$V_{O1} = [V_{THERMOPILE}] \times G_1 - V_{com1} \quad (3.1)$$

โดยที่

V<sub>O1</sub> คือแรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 1 (โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{THERMOPILE}$	คือแรงดันที่เทอร์โมไพล์เซ็นเซอร์	(โวลต์)
$V_{com_1}$	คือแรงดันเอาต์พุตออฟเซตของ $IC_1$	(โวลต์)
$G_1$	คืออัตราขยายของวงจรขยายภาคที่ 1	(เท่า)

โดยที่อัตราขยายของวงจรขยายภาคที่ 1 ( $G_1$ ) หาได้จากสูตร

$$G_1 = 1 + 40 \text{ k}\Omega / R_s \quad (3.2)$$

โดยที่

$R_s$  คือความต้านทานที่ใช้ปรับอัตราขยายภาคที่ 1 (โอห์ม)

$40 \text{ k}\Omega$  คือผลบวกของความต้านทานป้อนกลับภายใน  $IC_1$  (โอห์ม)

จากสมการที่ 1 พบว่า  $V_{o_1}$  จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้อง เนื่องจากไม่มีตัวแปรของ  $V_{R_{REF}}$  ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลง  $V_{o_1}$  ก็จะเป็นอิสระต่ออุณหภูมิ ส่วนอัตราขยายของวงจรภาคที่ 1 กำหนดได้โดยการปรับค่า  $R_s$  สำหรับวงจรขยายภาคที่ 1 นี้ จะปรับอัตราขยาย ( $G_1$ ) ไว้ที่ 40 เท่า ส่วน  $V_{com_1}$  เป็นการปรับแรงดันเอาต์พุตออฟเซตให้กับ  $IC_1$  โดยการปรับที่  $R_s$  ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเท่ากับ  $\pm 12$  มิลลิโวลต์ โดยใช้ออฟแอมป์เบอร์ OPA177 เป็นบัฟเฟอร์ซึ่งจะทำให้แรงดันเอาต์พุตออฟเซตของวงจรขยายภาคที่ 1 ลดลง ทำให้  $V_{o_1}$  เป็นแรงดันที่มาจากเทอร์โมไพล์เซ็นเซอร์จริงๆ ควบคู่กันกับการปรับ  $R_s$  เป็นการปรับแรงดันอินพุตออฟเซตให้ลดลง ซึ่งจะช่วยให้วงจรขยายภาคนี้ความถูกต้องมากขึ้น ส่วนค่า  $C_1$   $C_2$   $C_3$   $C_4$  และ  $C_5$  คอไว้เพื่อเป็นทางผ่านของสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบลงกราวด์

แรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 1 ( $V_{o_1}$ ) ถูกส่งไปยังวงจรขยายภาคที่ 2 ( $IC_2$ ) เพื่อขยายสัญญาณให้สูงขึ้นอีก สูงพอที่จะส่งไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ก่อนส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป โดยแรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 2 หาได้จากสมการ

$$V_{o_2} = [(+IN) - (-IN)] \times G_2 + V_{com_2}$$

$$V_{o_2} = [V_{o_1} - 0] \times G_2 - V_{com_2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{o_2} = [V_{o_1}] \times G_2 - V_{com_2} \quad (3.3)$$

โดยที่

$V_{o_2}$	คือแรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 2	(โวลต์)
$V_{com_2}$	คือแรงดันเอาต์พุตออฟเซตของ $IC_2$	(โวลต์)
$G_2$	คืออัตราขยายของวงจรขยายภาคที่ 2	(เท่า)

โดยที่อัตราขยายของวงจรขยายภาคที่ 2 ( $G_2$ ) หาได้จากสูตร

$$G_2 = 1 + 40 \text{ k}\Omega / R_{13} \quad (3.4)$$

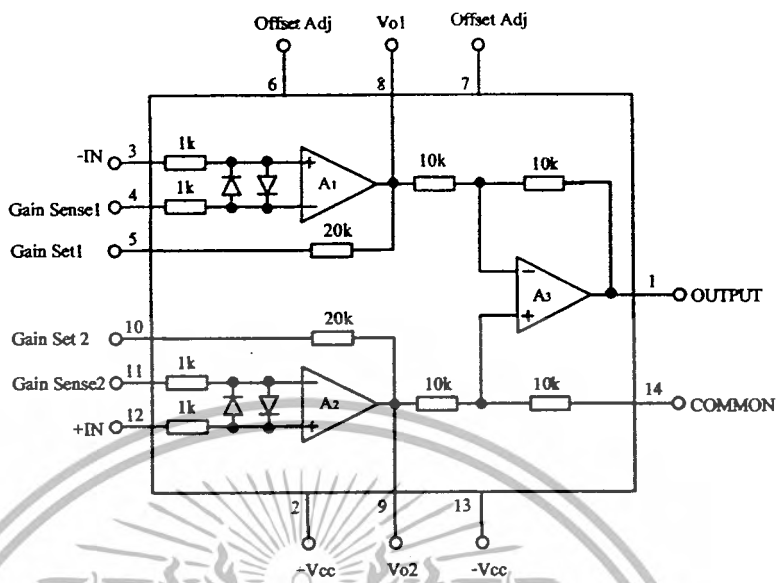
โดยที่	$R_{13}$	คือความต้านทานที่ใช้ปรับอัตราขยายภาคที่ 2	(โอห์ม)
	$40 \text{ k}\Omega$	คือผลบวกของความต้านทานป้อนกลับภายใน $IC_2$	(โอห์ม)

จากสมการที่ 3 พบว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรขยายภาคที่ 2 ( $V_{o_2}$ ) จะเป็นการนำเอา  $V_{o_1}$  มาขยายด้วยอัตราขยายเท่ากับ  $G_2$  เพื่อให้มีค่าสูงพอที่จะส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลทำงานได้ แต่แรงดัน  $V_{o_2}$  นั้นก็ยังมีสัญญาณรบกวนอยู่มากจึงต้องใช้วงจรกรองความถี่ต่ำกำจัดออกไป ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ในส่วนของอัตราขยายของวงจรภาคที่ 2 สามารถกำหนดได้ โดยการปรับค่า  $R_{13}$  สำหรับวงจรขยายภาคที่ 2 นี้จะปรับอัตราขยาย ( $G_2$ ) ไว้ที่ 41.67 เท่า ส่วน  $V_{com_2}$  เป็นการปรับแรงดันเอาต์พุตออฟเซตให้กับ  $IC_2$  โดยการปรับที่  $R_{10}$  ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเท่ากับ  $\pm 12$  มิลลิโวลต์ เช่นเดียวกันกับวงจรขยายภาคที่ 1 ควบคู่กันกับการปรับ  $R_{14}$  ซึ่งเป็นการปรับแรงดันอินพุตออฟเซตให้ลดลง ซึ่งทำให้วงจรขยายภาคนี้มีความถูกต้องมากขึ้น เช่นเดียวกัน ส่วนค่า  $C_6$  และ  $C_7$  คือไว้เพื่อเป็นทางผ่านของสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบลงกราวด์

ในส่วนของวงจรขยายภาคที่ 1 และ 2 ( $IC_1$  และ  $IC_2$ ) จะเป็นไอซีขยายสัญญาณเบอร์ INA101 ของบริษัท BURR – BROWN Corporation ซึ่งเป็นไอซีที่มีคุณสมบัติดังนี้คือ มีอินพุตออฟเซตต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตต่ออุณหภูมิค่า มีค่า CMRR สูง และความไม่เชิงเส้นของอัตราขยายต่ำ จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในวงจรเครื่องมือวัดต่างๆ อีกทั้งไอซีเบอร์ดังกล่าวนี้ได้ถูกกำหนดในคู่มือการใช้งานว่าสามารถนำไปใช้งานในวงจรเครื่องมือวัดทางการแพทย์ได้อีกด้วย วงจรภายในของ INA101 แสดงดังภาพที่ 3.2

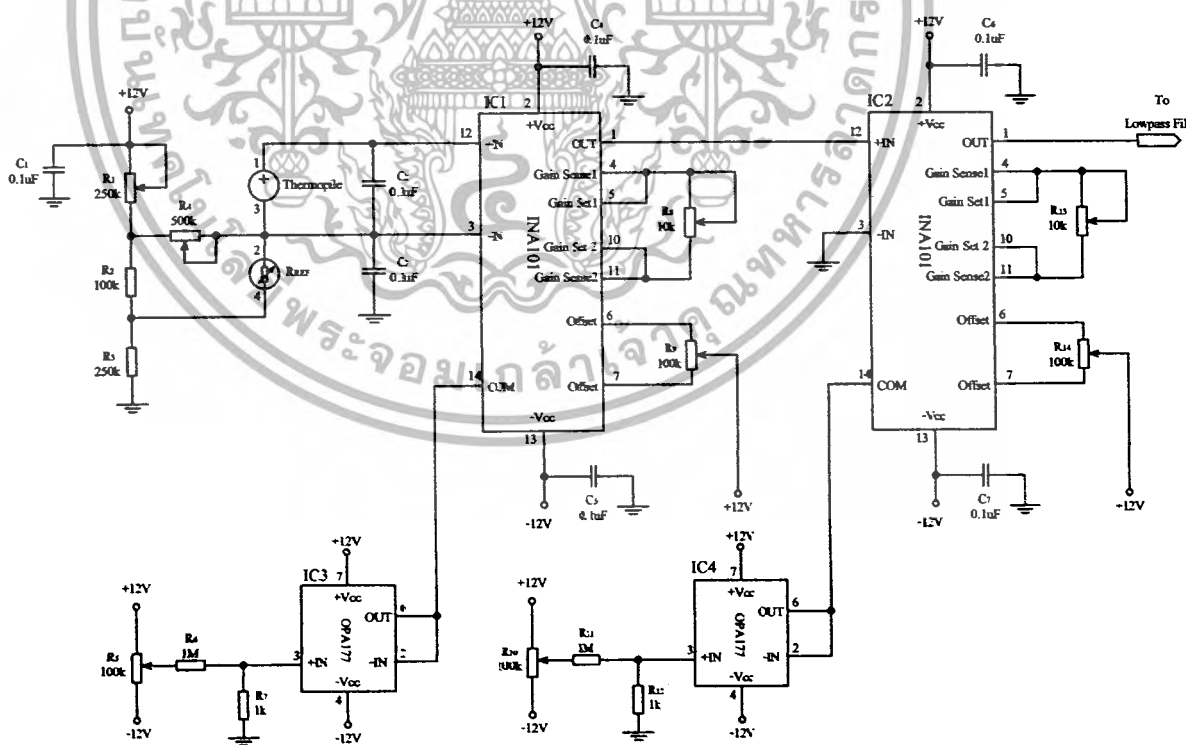
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 วงจรภายในของไอซีขยายสัญญาณ เบอร์ INA101

วงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณที่ใช้ในการตรวจจับความร้อนของร่างกายใน

โครงการนี้แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 วงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.1.2 การออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำ

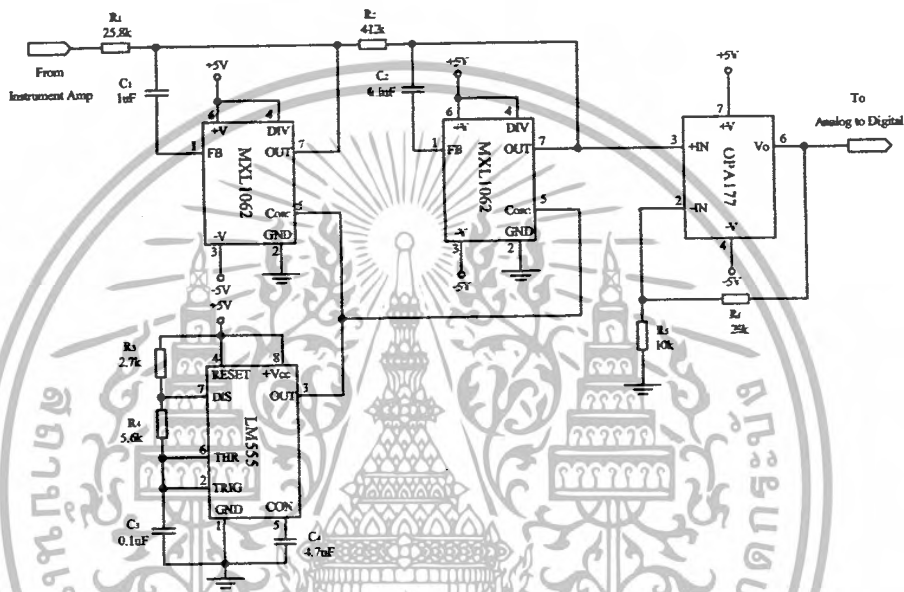
สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการทำให้เครื่องมีวัดอ่านค่าได้ผิดพลาด ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ดังนั้นในการออกแบบวงจรสำหรับเครื่องมีวัดใดๆ ก็ตาม ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบว่าสัญญาณที่เข้ามาในระบบเป็นสัญญาณอะไร และมาจากแหล่งใด เพื่อให้สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวออกไปได้ โครงการนี้ก็มีสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนความถี่ 50 Hz มาจากการนำเครื่องมีวัดไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 V 50 Hz ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดสัญญาณออกไปโดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำ

วงจรกรองความถี่ต่ำ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่ 50 Hz ที่เข้ามาในระบบให้ลดลง ซึ่งการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำที่มีอันดับสูงๆ หากสร้างด้วยออปแอมป์จะต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก ทำให้วงจรมีขนาดใหญ่และไม่สะดวกในการใช้งาน ดังนั้นในโครงการนี้ได้เลือกใช้ไอซีกรองความถี่ต่ำ เบอร์ MXL1062 ของบริษัท Maxim Integrated Products ซึ่งเป็นไอซีกรองความถี่ต่ำแบบ Butterworth อันดับ 5 ที่สามารถเลือกความถี่ตัดได้โดยการควบคุมสัญญาณนาฬิกา หรือเรียกว่า Switched Capacitor Filter ซึ่งสะดวกกว่าการใช้ออปแอมป์ อีกทั้งอุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้งานก็น้อยลง และสามารถนำมาต่อแคสเคดกัน เพื่อเพิ่มให้เป็นอันดับ 10 ได้ คุณสมบัติของไอซีเบอร์ดังกล่าวนี้ ที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานครั้งนี้คือสัญญาณรบกวนต่ำ สามารถกำหนดย่านความถี่ตัดได้ตั้งแต่ระดับ DC-20kHz และไม่มีค่าผิดพลาดเมื่ออินพุตเป็นไฟกระแสตรง จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในเครื่องมีวัด

สำหรับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับความร้อนและขยายสัญญาณ เป็นแรงดันที่มาจากเทอร์โมไฟล์เซนเซอร์ที่ถูกขยายแล้ว รวมกับสัญญาณรบกวนที่เกิดจากไฟกระแสสลับ 220 V 50 Hz เข้ามาในระบบ ดังนั้นก่อนที่จะนำแรงดันนี้ไปแปลงเป็นค่าดิจิทัล จึงจำเป็นต้องกรองความถี่สัญญาณรบกวนดังกล่าวนี้ออกไป โดยในโครงการนี้ได้ออกแบบวงจรกรองความถี่ให้มีความถี่ตัดเท่ากับ 10 Hz โดยใช้ MXL1062 จำนวน 2 ตัวต่อกันแบบแคสเคดให้เป็นอันดับ 10 เพื่อให้มีมุมการตกของความถี่ตัดชันขึ้น ซึ่งสามารถลดขนาดของสัญญาณรบกวนความถี่ 50 Hz ที่เกิดจากไฟกระแสสลับได้ดีขึ้น โดยมีสูตรในการคำนวณหาค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ดังนี้คือ  $f_{CLK} = 100f_c$  ซึ่งจะได้  $f_{CLK} = 1 \text{ kHz}$  สำหรับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสร้างจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ไอซี LM555 ค่อยร่วมกับ  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $C_3$  และ  $C_4$  ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้  $t_1 = 0.7(R_3+R_4)C_3$  และ  $t_2 = 0.7R_4C_3$  ดังนั้นที่ความถี่ 1 kHz,  $t = 1 \text{ ms}$  กำหนดให้  $t_1 = 0.6 \text{ ms}$ ,  $t_2 = 0.4 \text{ ms}$  และเลือกใช้  $C_4 = 0.1\mu\text{F}$  สามารถคำนวณค่า  $R_3$  และ  $R_4$  ได้  $2.86 \text{ k}\Omega$  และ  $5.71 \text{ k}\Omega$  ตามลำดับ สำหรับการใช้งานจริงเลือกใช้  $R_3 = 2.7 \text{ k}\Omega$  และ  $R_4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

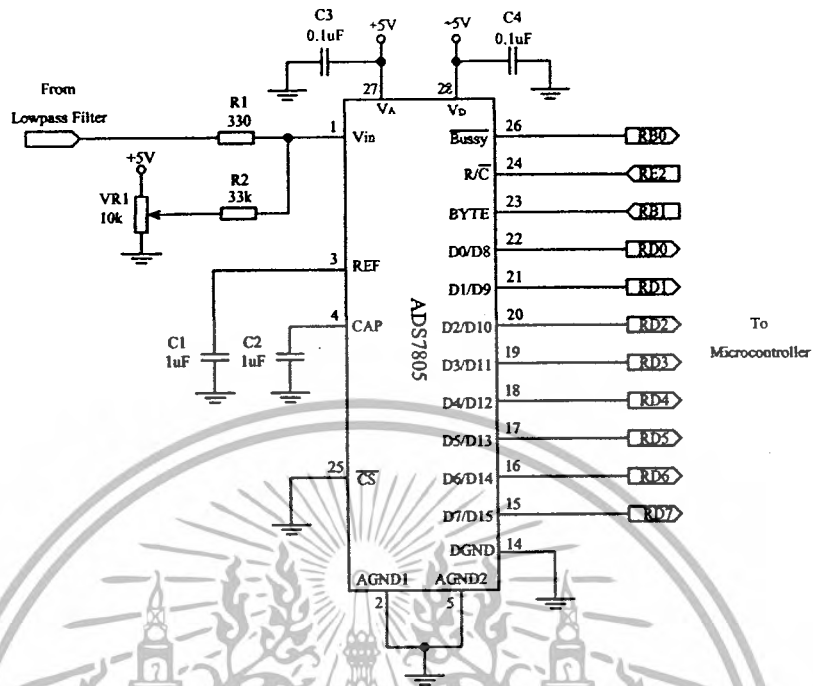
$=5.6 \text{ k}\Omega$  ในส่วนค่าของ  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  และ  $C_2$  นั้นเป็นค่าที่ถูกระบุตามคู่มือการใช้งาน เอาต์พุตจากวงจรกรองความถี่ต่ำจะถูกนำไปขยายอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ OPA177 ต่อเป็นวงจรขยายไม่กลับเฟส ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ 3 ก่อนส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลต่อไป วงจรกรองความถี่ต่ำแสดงดัง ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 วงจรกรองความถี่ต่ำ

### 3.4.1.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ใช้ไอซีเบอร์ ADS7805 ขนาด 16 บิต ทำหน้าที่รับสัญญาณแรงดันที่มาจากวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยข้อมูลทั้งหมดถูกส่งผ่านระบบบัสข้อมูล ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการรับข้อมูลผ่านบัสควบคุม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผล วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแสดงไว้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

#### การทำงานของวงจร

เมื่อมีการกดคีย์คำสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าอุณหภูมิ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา 24 (R/C) ของ ADS7805 เพื่อเริ่มต้นการแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งใช้เวลาในการแปลงสัญญาณดังกล่าวไม่เกิน 7 us ขณะที่อยู่ในกระบวนการแปลงสัญญาณ แอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ขา 23 (BUSSY) จะมีสถานะลอจิก 0 และเมื่อแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเสร็จแล้วขา 23 (BUSSY) จะเปลี่ยนสถานะเป็นลอจิก 1 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบเจอสถานะดังกล่าวก็ทราบว่าการแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณมาที่ขา 23 (BYTE) และขา 24 (R/C) ของ ADS7805 เพื่อควบคุมการอ่านข้อมูลดิจิทัล โดยการอ่านข้อมูลจะต้องอ่าน 2 ครั้ง ครั้งละ 8 บิต การอ่านข้อมูลไบต์ High นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสัญญาณลอจิก 1 มายังขา 23 และ ขา 24 ของ ADS7805 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลไบต์ High ปรากฏบนบัสข้อมูล จึงสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้ ส่วนการอ่านข้อมูลไบต์ Low นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสัญญาณลอจิก 0 มายังขา 23 และส่งสัญญาณลอจิก 1 มายังขา 24 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลไบต์ Low ปรากฏบนบัสข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้ ส่วนค่าของ R1 R2 และ VR1 ค่อยเข้าไปเพื่อปรับออฟเซตให้กับ ADS7805 ซึ่งช่วยให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ผลของการทดสอบการแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแสดงดังตารางที่ 3.1

### วิธีการทดสอบ

1. เขียนโปรแกรมทดสอบการทำงานของวงจร
2. ป้อนแรงดันแอนาล็อกเข้าที่อินพุตของวงจร
3. เปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณกับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการวัด

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

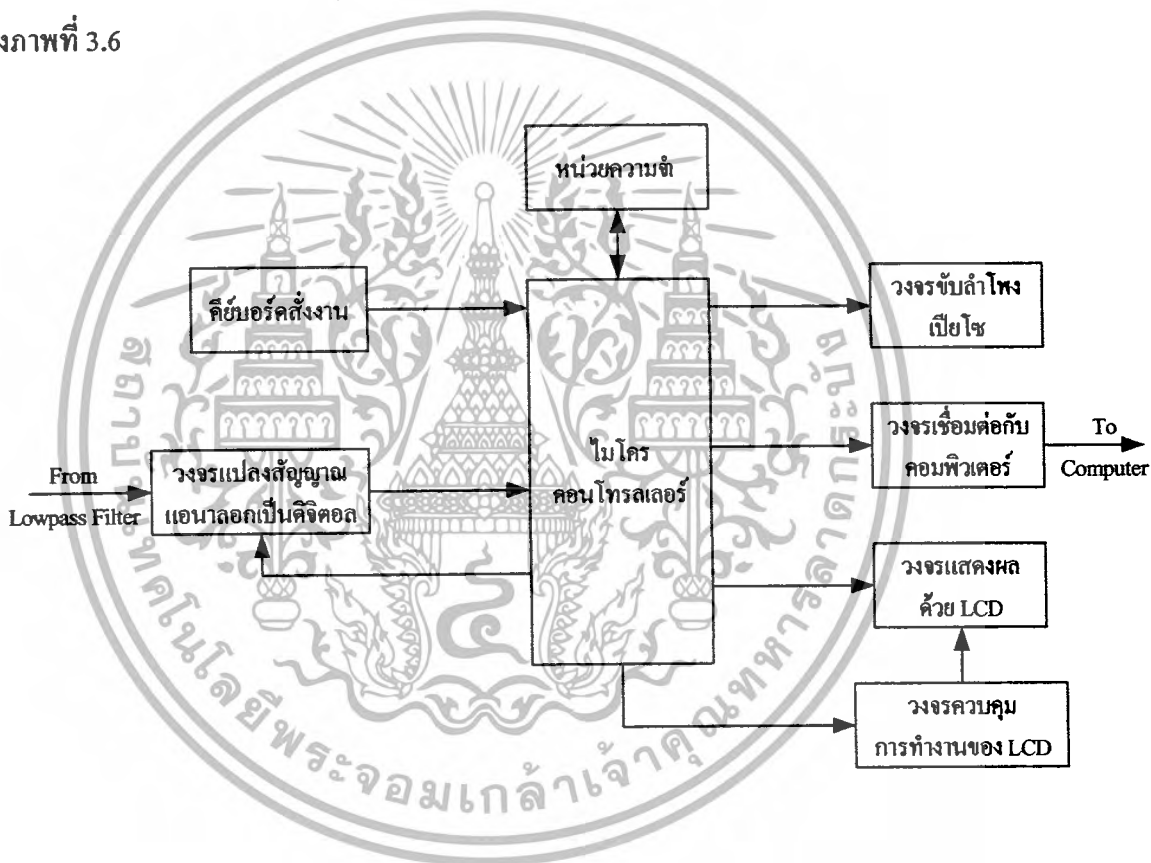
แรงดันอินพุต(V)	ค่าที่ได้จากการคำนวณ	ค่าที่ได้จากการวัด	ค่าผิดพลาด(%)
0.5	0666H	067AH	1.22
0.75	0999H	09A1H	0.32
1.00	0CCCH	0CD0H	0.12
1.25	0FFFH	1000H	0.02
1.50	1333H	1335H	0.06
1.75	1666H	1650H	0.36
2.00	1999H	1990H	0.12
2.25	1CCCH	1CC0H	0.14
2.50	1FFFH	1FDAH	0.43
2.75	2333H	2300H	0.54
3.00	2666H	2610H	0.85
3.25	2999H	2950H	0.66
3.50	2CCCH	2C80H	0.64
3.75	2FFFH	2FA8H	0.69
4.00	3333H	32EAH	0.53

สรุป วงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่สร้างขึ้น เอาต์พุตที่ได้จะใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณผิดพลาดไม่เกิน 1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 3.4.1.4 การออกแบบวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาคการทำงานนี้ เป็นภาคที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทุก ๆ วงจรให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการใช้งานให้เป็นไปอย่างถูกต้อง การควบคุมนี้จะกำหนดโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามคำสั่ง อย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมนี้อาจจำเป็นต้องออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง และจะต้องครอบคลุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้นำไปใช้งานที่ผิดลักษณะด้วยเพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของวงจรควบคุมได้ดียิ่งขึ้น การออกแบบวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพร์ตเครื่องนี้ ผู้ออกแบบได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ PIC16F877A ขนาด 40 ขา ที่มีการเชื่อมต่อสวิทช์แบบเมตริกซ์ขนาด 4x4 สำหรับป้อนข้อมูลที่เป็นรหัสผู้ป่วยลงในเครื่อง คีย์คำสั่งในการอ่านค่าอุณหภูมิ คีย์คำสั่งในการบันทึกผล และคีย์คำสั่งในการส่งข้อมูลไป

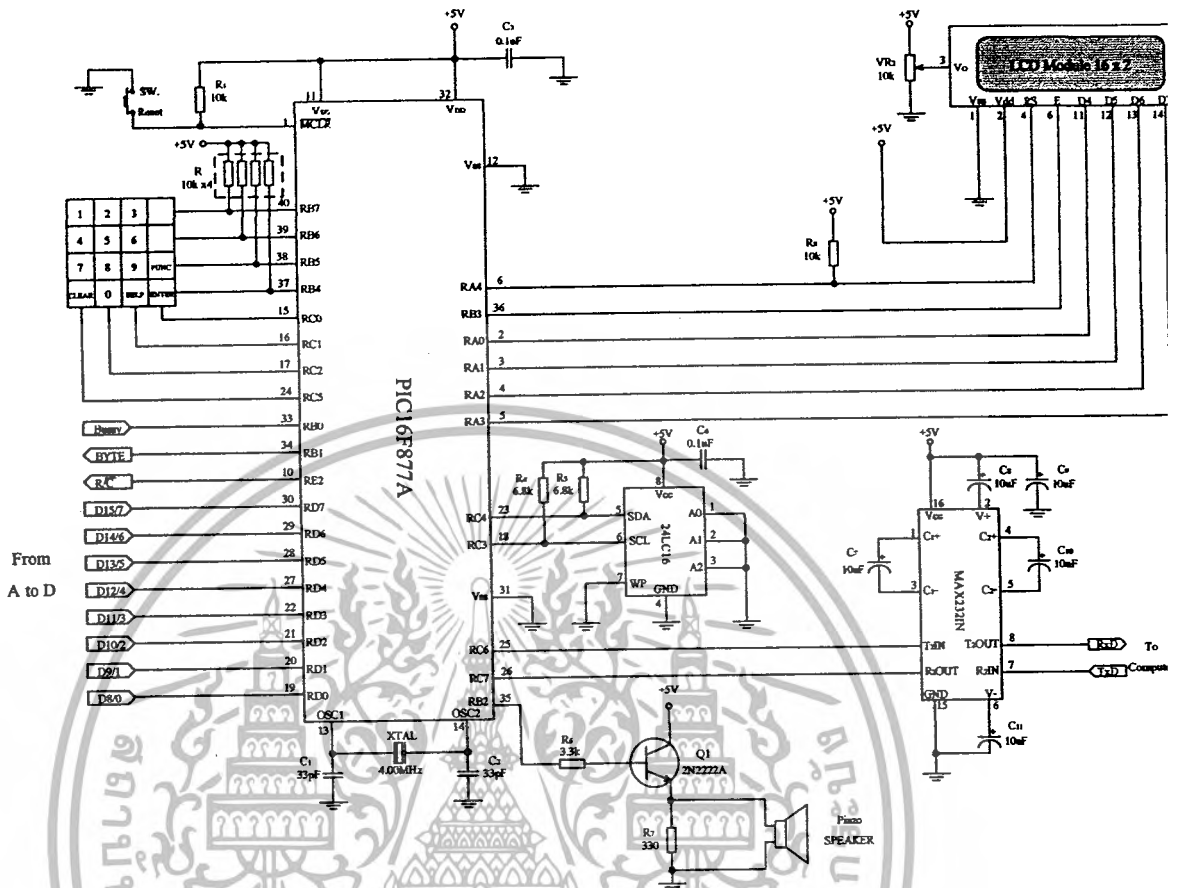
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีคีย์ที่ถูกใช้งานทั้ง 14 คีย์ ประกอบไปด้วย คีย์ตัวเลข 0-9 คีย์ ADD คีย์ ESC และคีย์ ENTER ส่วนคีย์ที่เหลือไม่มีการใช้งาน

หน่วยความจำข้อมูลใช้ไอซีเบอร์ 24LC16 ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอม มีขนาดของหน่วยความจำ 2 กิโลไบต์ ใช้การเชื่อมต่อในลักษณะอนุกรมแบบระบบบัส I<sup>2</sup>C ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรหัสประจำตัวผู้ป่วย ผลการวัดอุณหภูมิ วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิ โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 20 ชุด

วงจรแสดงผลด้วย LCD ใช้ในการแสดงรหัสประจำตัวผู้ป่วย ผลการวัดอุณหภูมิ และแสดงปุ่มฟังก์ชันต่าง ๆ สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง วงจรขับลำโพงเปียโซ ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222A ทำหน้าที่ขับลำโพงให้เปล่งเสียงออกมา หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าอุณหภูมิจากวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลเสร็จแล้ว และจะเปล่งเสียงออกมาถ้าอุณหภูมิเกิน 37.5 องศาเซลเซียส โดยการทำงานของวงจรภาคนี้ถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

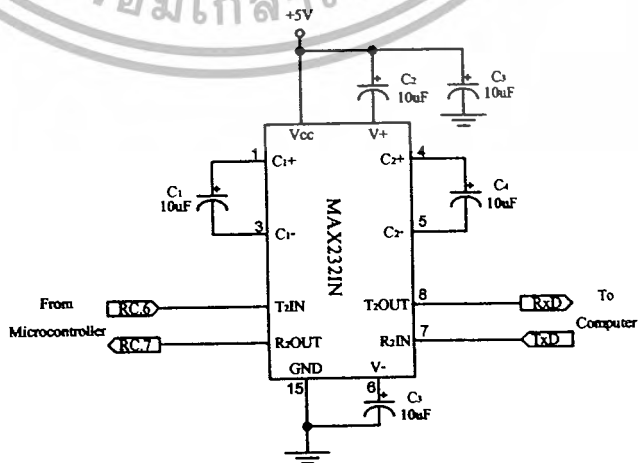
ในส่วนของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ MAX232IN ทำหน้าที่ปรับแรงดันของข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมต่อการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232 ได้ ซึ่งวงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นแสดงไว้ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 วงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

วงจรที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เลือกใช้ไอซีเบอร์ MAX232IN ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันของพอร์ตคอมพิวเตอร์ ให้เหมาะสมกับระดับแรงดันของพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 การสร้างและออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

ในการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ อันดับแรกที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องวัด เนื่องจากเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะว่าจะต้องรับข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อนำไปประมวลผลแล้วส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ไปแสดงผลบนจอ LCD และจะต้องติดต่อกับพอร์ต RS-232 เพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์อีกด้วย

เมื่อข้อมูลถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 แล้ว จะต้องเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อรับข้อมูลมาแสดงและจัดเก็บลงฐานข้อมูล ในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก ในการออกแบบหน้าจอเพื่อแสดงค่าอุณหภูมิ วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูล ซึ่งรายละเอียดและลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้ง 2 ส่วนมีดังนี้คือ

#### 3.4.2.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ โปรแกรมประมวลผลข้อมูลดิจิตอล และ โปรแกรมติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

โปรแกรมประมวลผลข้อมูลดิจิตอล ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 เพื่อนำมาประมวลผลและเปลี่ยนเป็นค่าอุณหภูมิโดยที่อุณหภูมิในย่าน 30.0 ถึง 45.0 องศาเซลเซียส จะมีระดับแรงดันอยู่ที่ 0.6 ถึง 3.0 โวลต์ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิตอลแล้วจะมีค่า อยู่ระหว่าง 07AE-2626 ดังนั้นในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าดิจิตอลที่สูงกว่า 2626 หรือต่ำกว่า 07AE ก็สามารถสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อความเพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าอุณหภูมิที่วัดได้สูงหรือต่ำกว่าย่านการวัดได้ หากข้อมูลดิจิตอลที่รับมาอยู่ในช่วง 07AE-2626 นั้นก็จะถูกนำไปแปลงเพื่อแสดงค่าออกมาเป็นอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียสต่อไปได้ ซึ่งตารางการแปลงค่าแรงดันเป็น ค่าอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียสแสดงดังตารางที่ 3.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของสาขาเซลล์เชื้อเพลิง

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน16	อุณหภูมิ (°C)
0.600	07AE	30.0
0.616	07E2	30.1
0.632	0816	30.2
0.648	084A	30.3
0.664	087E	30.4
0.680	08B2	30.5
0.696	08E6	30.6
0.712	091A	30.7
0.728	094E	30.8
0.744	0982	30.9
0.760	09B6	31.0
0.776	09EA	31.1
0.792	0A1E	31.2
0.808	0A52	31.3
0.824	0A86	31.4
0.840	0ABA	31.5
0.856	0AEE	31.6
0.872	0B22	31.7
0.888	0B56	31.8
0.904	0B8A	31.9
0.920	0BBE	32.0
0.936	0BF2	32.1
0.952	0C26	32.2
0.968	0C5A	32.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของสากลเซียส

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน16	อุณหภูมิ (°C)
0.984	0C8E	32.4
1.000	0CC2	32.5
1.016	0CF6	32.6
1.032	0D2A	32.7
1.048	0D5E	32.8
1.064	0D92	32.9
1.080	0DC6	33.0
1.096	0DFA	33.1
1.112	0E2E	33.2
1.128	0E62	33.3
1.144	0E96	33.4
1.160	0ECA	33.5
1.176	0EFE	33.6
1.192	0F32	33.7
1.208	0F66	33.8
1.224	0F9A	33.9
1.240	0FCE	34.0
1.256	1002	34.1
1.272	1036	34.2
1.288	106A	34.3
1.304	109E	34.4
1.320	10D2	34.5
1.336	1106	34.6
1.352	113A	34.7
1.368	116E	34.8
1.384	11A2	34.9
1.400	11D6	35.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน16	อุณหภูมิ (°C)
1.416	120A	35.1
1.432	123E	35.2
1.448	1272	35.3
1.464	12A6	35.4
1.480	12DA	35.5
1.496	130E	35.6
1.512	1342	35.7
1.528	1376	35.8
1.544	13AA	35.9
1.560	13DE	36.0
1.576	1412	36.1
1.592	1446	36.2
1.608	147A	36.3
1.624	14AE	36.4
1.640	14E2	36.5
1.656	1516	36.6
1.672	154A	36.7
1.688	157E	36.8
1.704	15B2	36.9
1.720	15E6	37.0
1.736	161A	37.1
1.752	164E	37.2
1.768	1682	37.3
1.784	16B6	37.4
1.800	16EA	37.5
1.816	171E	37.6
1.832	1752	37.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของศาลชลเซียส

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน16	อุณหภูมิ (°C)
1.848	1786	37.8
1.864	17BA	37.9
1.880	17EE	38.0
1.896	1822	38.1
1.912	1856	38.2
1.928	188A	38.3
1.944	18BE	38.4
1.960	18F2	38.5
1.976	1926	38.6
1.992	195A	38.7
2.008	198E	38.8
2.024	19C2	38.9
2.040	19F6	39.0
2.056	1A2A	39.1
2.072	1A5E	39.2
2.088	1A92	39.3
2.104	1AC6	39.4
2.120	1AFA	39.5
2.136	1B2E	39.6
2.152	1B62	39.7
2.168	1B96	39.8
2.184	1BCA	39.9
2.200	1BFE	40.0
2.216	1C32	40.1
2.232	1C66	40.2
2.248	1C9A	40.3
2.264	1CCE	40.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของสาขาเซลล์

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน16	อุณหภูมิ (°C)
2.280	1D02	40.5
2.296	1D36	40.6
2.312	1D6A	40.7
2.328	1D9E	40.8
2.344	1DD2	40.9
2.360	1E06	41.0
2.376	1E3A	41.1
2.392	1E6E	41.2
2.408	1EA2	41.3
2.424	1ED6	41.4
2.440	1F0A	41.5
2.456	1F3E	41.6
2.472	1F72	41.7
2.488	1FA6	41.8
2.504	1FDA	41.9
2.520	200E	42.0
2.536	2042	42.1
2.552	2076	42.2
2.568	20AA	42.3
2.584	20DE	42.4
2.600	2112	42.5
2.616	2146	42.6
2.632	217A	42.7
2.648	21AE	42.8
2.664	21E2	42.9
2.680	2216	43.0
2.696	224A	43.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

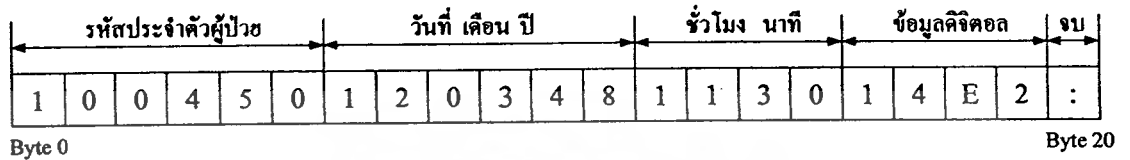
ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแปลงค่าแรงดันเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส

แรงดัน (โวลต์)	ข้อมูลเลขฐาน 16	อุณหภูมิ (°C)
2.712	227E	43.2
2.728	22B2	43.3
2.744	22E6	43.4
2.760	231A	43.5
2.776	23AE	43.6
2.792	2382	43.7
2.808	23B6	43.8
2.824	23EA	43.9
2.840	241E	44.0
2.856	2452	44.1
2.872	2486	44.2
2.888	24BA	44.3
2.904	24EE	44.4
2.920	2522	44.5
2.936	2556	44.6
2.952	258A	44.7
2.968	25BE	44.8
2.984	25F2	44.9
3.000	2626	45.0

ในส่วนของโปรแกรมติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ส่งข้อมูลผลการวัดอุณหภูมิ วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัด ซึ่งถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำของเครื่องวัดไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยข้อมูลแต่ละชุดจะมีขนาด 21 ไบต์ ซึ่งประกอบด้วย รหัสประจำตัว ผู้ป่วย 6 ไบต์ วันเดือนปี 6 ไบต์ เวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิจำนวน 4 ไบต์ และข้อมูลลิจิตอลที่อ่านได้จากวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 อีก 4 ไบต์ ส่วนไบต์สุดท้ายจะเป็นเครื่องหมาย : เพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทราบว่าได้ส่งข้อมูลครบ 1 ชุดแล้ว ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นลักษณะการส่งข้อมูล 1 ชุด ไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดของชุดข้อมูลดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสประจำตัวผู้ป่วย 100450 วันที่ 12 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2548 เวลาที่ทำการวัด 11.30 น อุณหภูมิ 36.5 องศาเซลเซียส ลักษณะของข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์แสดงดังภาพที่ 3.9

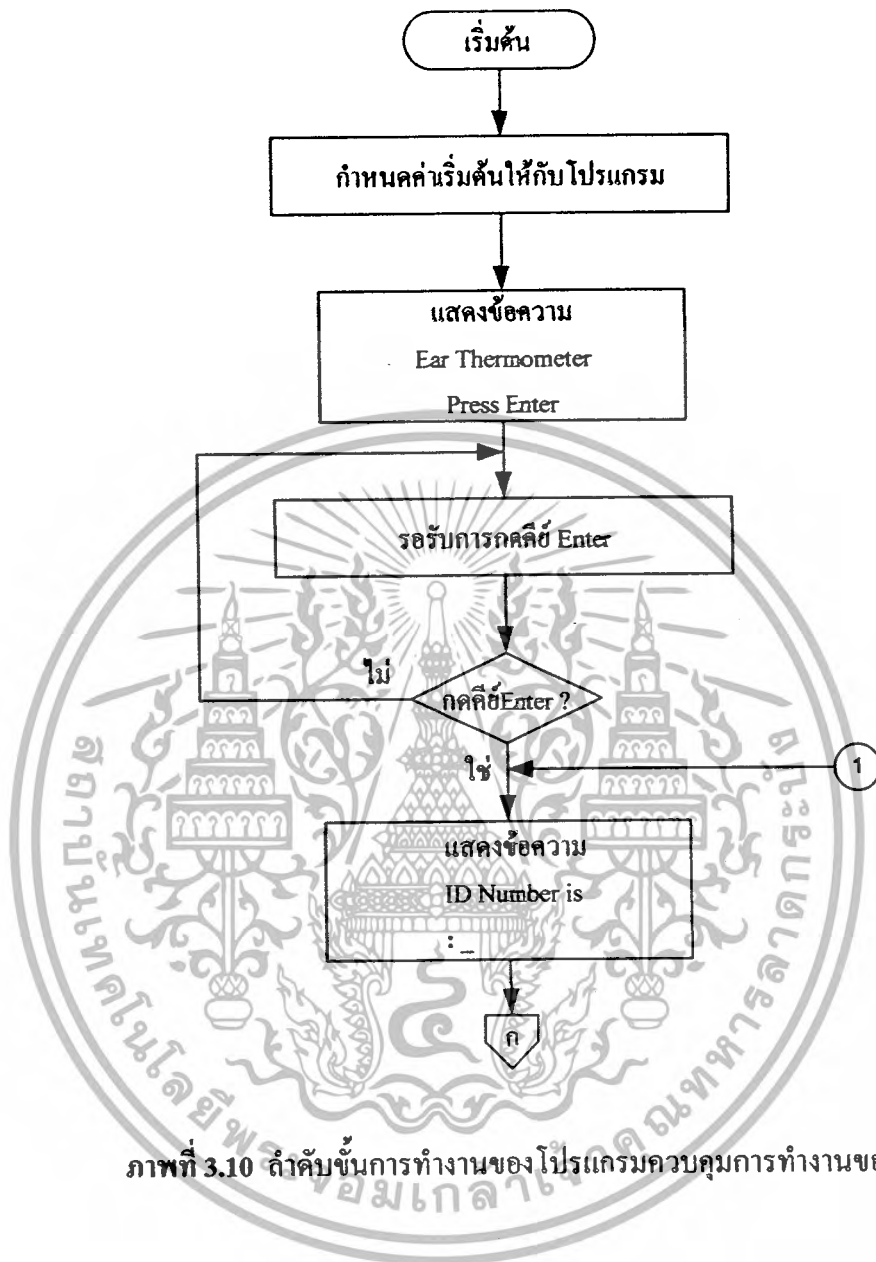


ภาพที่ 3.9 ลักษณะของข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด สามารถเขียนเป็นลำดับการทำงานตามขั้นตอนได้ดังภาพที่ 3.10

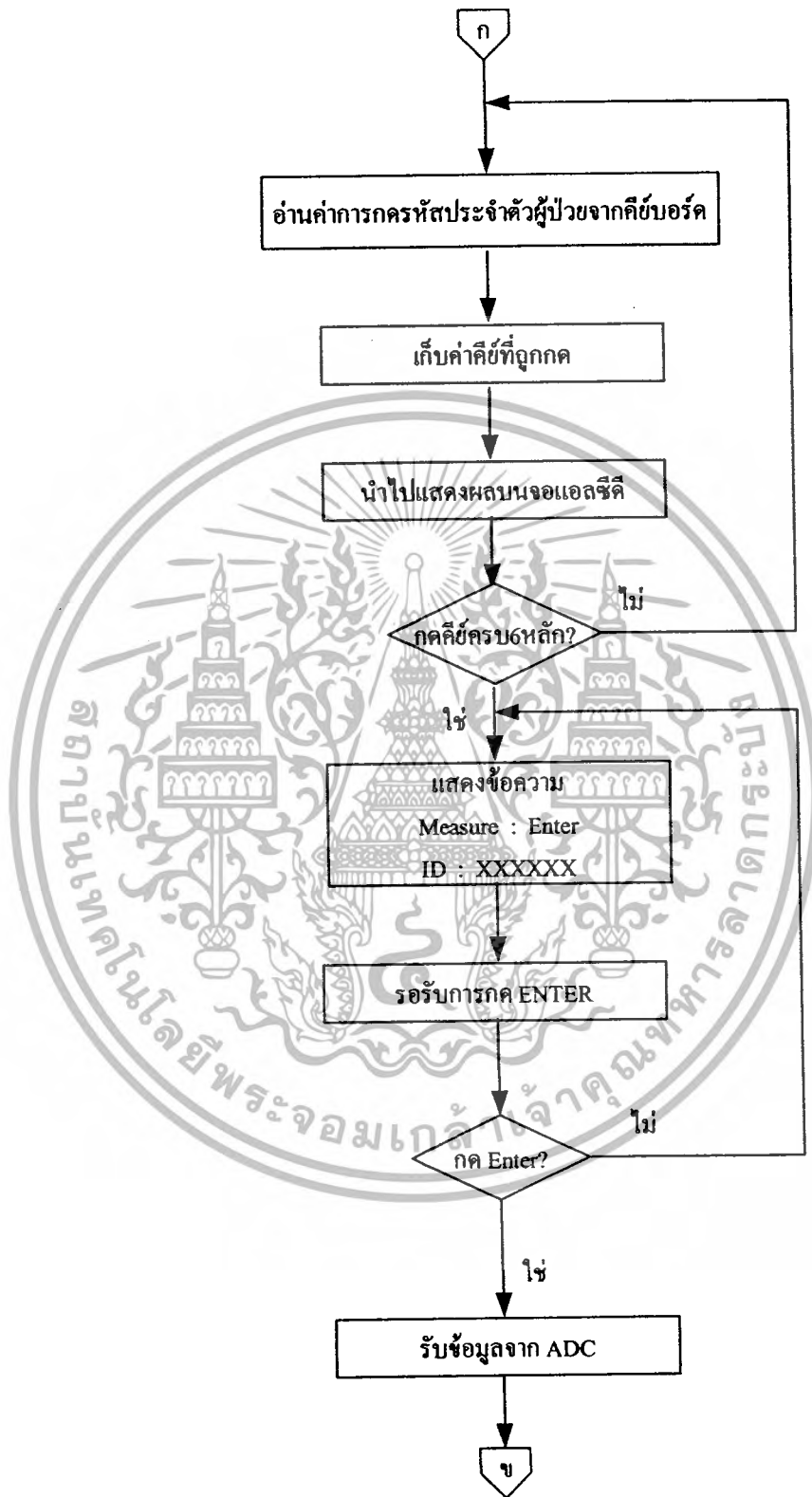


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



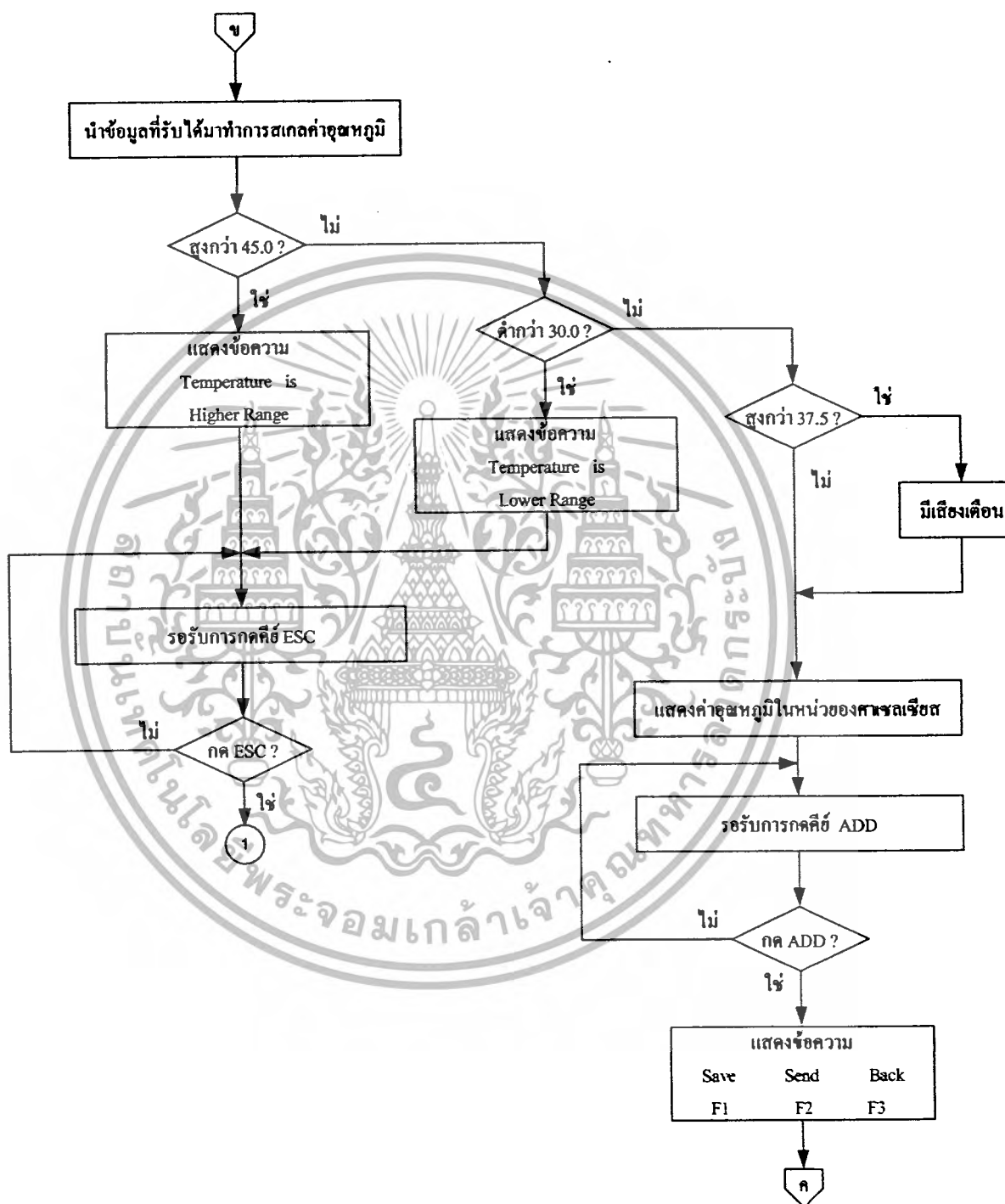
ภาพที่ 3.10 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



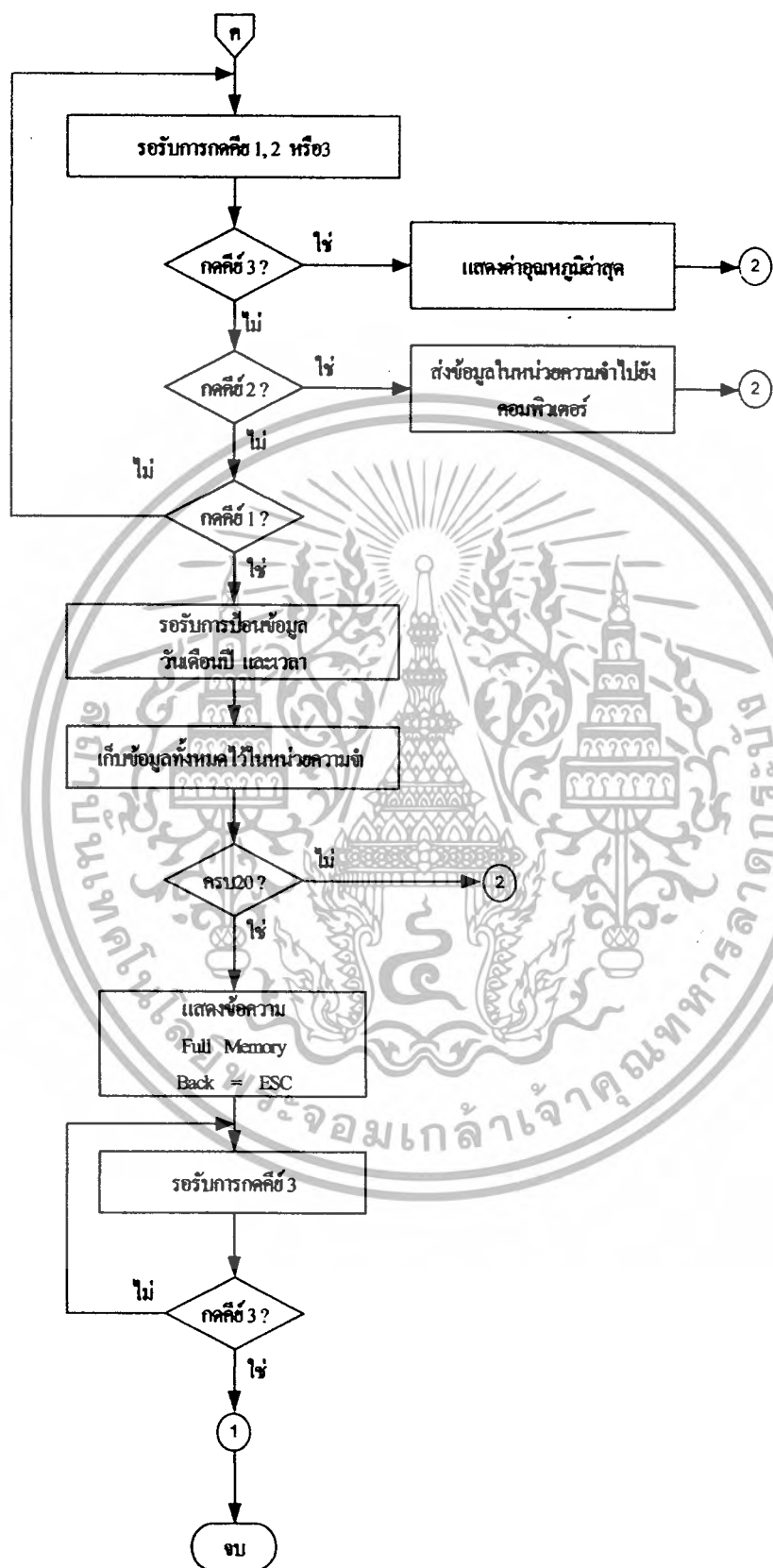
ภาพที่ 3.10 (ต่อ) ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 (ต่อ) ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 (ต่อ) ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องวัด

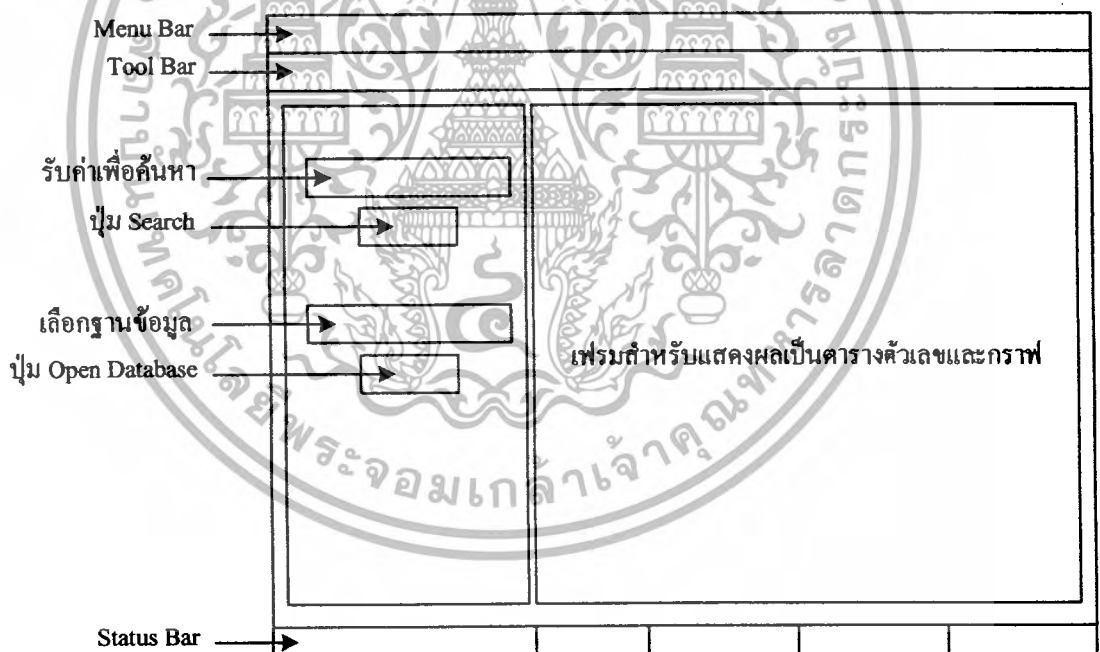
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก เวอร์ชัน6.0 ในการออกแบบหน้าจอและสำหรับติดต่อกับเครื่องวัด เพื่อนำผลการวัดอุณหภูมิมาแสดงและจัดเก็บลงฐานข้อมูล โดยติดต่อกับสื่อสารผ่านพอร์ต RS-232 ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การออกแบบหน้าต่างเพื่อติดต่อกับเครื่องวัด เป็นการออกแบบส่วนของหน้าจอที่ใช้สำหรับเลือกพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไพล์ แสดงผลของอุณหภูมิที่วัดได้ในรูปของตัวเลขและกราฟ ลักษณะของโปรแกรมประกอบด้วยหน้าต่างต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 ฟอรัมหน้าต่างหลักเป็นหน้าจอที่ใช้ในการแสดงผลออกมาในรูปของตารางตัวเลขและกราฟ รวมถึงแสดงผลจากการค้นหาในฐานข้อมูล ส่วนประกอบของฟอรัมหน้าต่างหลักแสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ฟอรัมหน้าต่างหลัก

1.1.1 Menu Bar ซึ่งประกอบด้วย Menu title ได้แก่ เมนู แก้ไข มุมมอง และ Menu item ได้แก่ เปิด บันทึก สั่งพิมพ์ หรือออกจากโปรแกรม เป็นต้น สามารถสร้างได้ด้วย Menu Editor ใน VB6.0

1.1.2 Tool Bar ใช้สำหรับเรียกใช้ฟังก์ชันที่ต้องการใช้งาน เช่น Print Preview

Open port Help และ Exit เป็นต้น สามารถสร้างได้จากออปเจ็กต์ Toolbar นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 รับค่าเพื่อค้นหา มีไว้สำหรับรับค่าจากผู้ใช้งานเพื่อค้นหาข้อมูลที่ต้องการ ในฐาน ข้อมูล โดยการป้อนข้อมูลเป็นรหัสผู้ป่วยจำนวน 6 หลักลงไป สามารถสร้างได้จากออปเจ็ค TextBox

1.1.4 ปุ่ม Search ใช้สำหรับแสดงข้อมูลที่ได้จากการค้นหาในรูปแบบของตาราง โดยเรียก เฟรมขึ้นมาแสดง สามารถสร้างได้จากออปเจ็ค Command Button

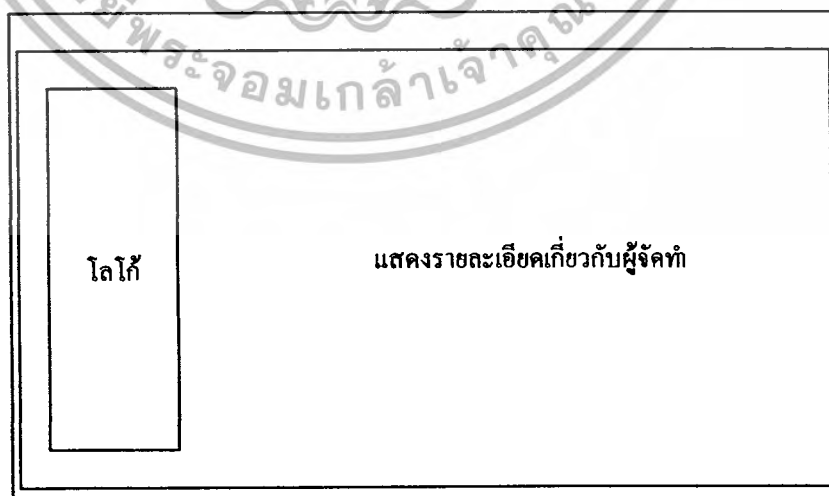
1.1.5 เลือกฐานข้อมูล มีไว้สำหรับเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการจะแสดงผลบนเฟรม ซึ่งประกอบด้วยตาราง Patient และตาราง Temperature โดยสามารถสร้างได้ด้วยออปเจ็ค Option Button

1.1.6 ปุ่ม Open Database มีไว้สำหรับให้ผู้ใช้คลิกเมื่อต้องการแสดงฐานข้อมูลที่เลือกจาก Option Button เรียบร้อยแล้ว สามารถสร้างได้จากออปเจ็ค Command Button

1.1.7 Status Bar ใช้สำหรับแสดงสถานะต่าง ๆ เช่น ภาษา วัน/เดือน/ปี เวลา ปัจจุบัน เป็นต้นสามารถสร้างได้จากออปเจ็ค StatusBar

1.1.8 เฟรมสำหรับแสดงผลเป็นตารางตัวเลขและกราฟ ประกอบด้วยเฟรมต่าง ๆ ได้แก่ เฟรมสำหรับแสดงการรับค่าจากฟอร์มคอนทราสต์, เฟรมสำหรับแสดงผลการค้นหา, เฟรมสำหรับแสดงผลการค้นหาในรูปแบบของกราฟ และเฟรมสำหรับแสดงข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล (เมื่อใช้คำสั่ง Open)

1.2 ฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำ เป็นฟอร์มที่มีไว้เพื่อแสดงรายละเอียดของผู้จัดทำโครงการ ลักษณะของการออกแบบฟอร์มหน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ฟอร์มหน้าต่างเกี่ยวกับผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

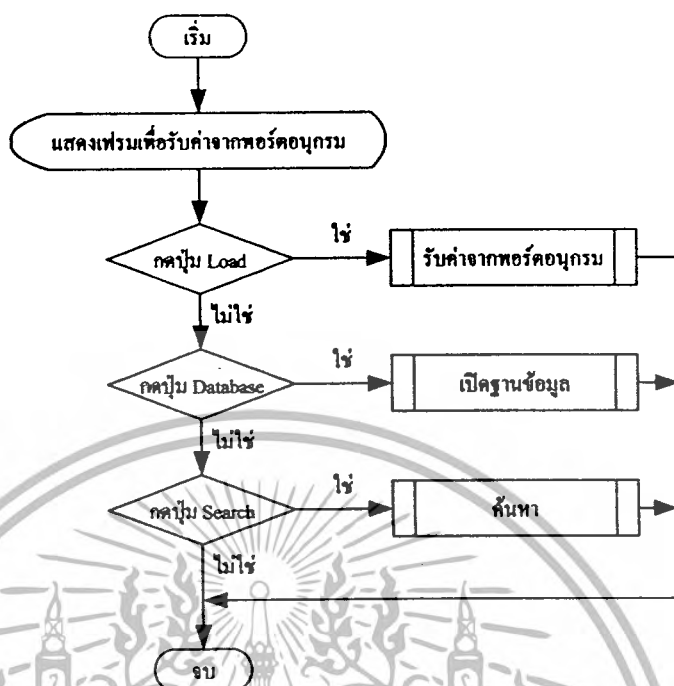
2. การเขียนคำสั่งโปรแกรม แนวคิดในการเขียนโปรแกรมคือ ข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์ ซึ่งข้อมูล 1 ชุดได้แก่ เลขที่บัตรผู้ป่วย วัน/เดือน/ปี เวลาและอุณหภูมิ จะประกอบด้วย Control Word ซึ่งทำหน้าที่แยกตำแหน่งของข้อมูลส่งมาทางสายสัญญาณ เส้นเดียวกันคือส่งผ่านทางพอร์ตอนุกรม ดังนั้น โปรแกรมทางด้านเครื่องรับ(คอมพิวเตอร์)ต้องมีการตรวจหา Control Word ของชุดข้อมูลคือ “:” เพื่อแยกเอาข้อมูลของเลขที่บัตรผู้ป่วย วัน/เดือน/ปี เวลา และอุณหภูมิ มาแสดงผลเป็นตัวเลขและบันทึกลงฐานข้อมูลต่อไปได้

สำหรับการเข้าสู่โปรแกรมเป็นครั้งแรกจะแสดงฟอร์ม Splash รั่วขณะก่อนเข้าสู่ฟอร์ม หน้าต่างหลัก และจะทำงานต่อได้เมื่อผู้ใช้เลือกใช้งานในส่วนต่าง ๆ ฝั่งการทำงานของฟอร์ม Splash แสดงดังภาพที่ 3.13



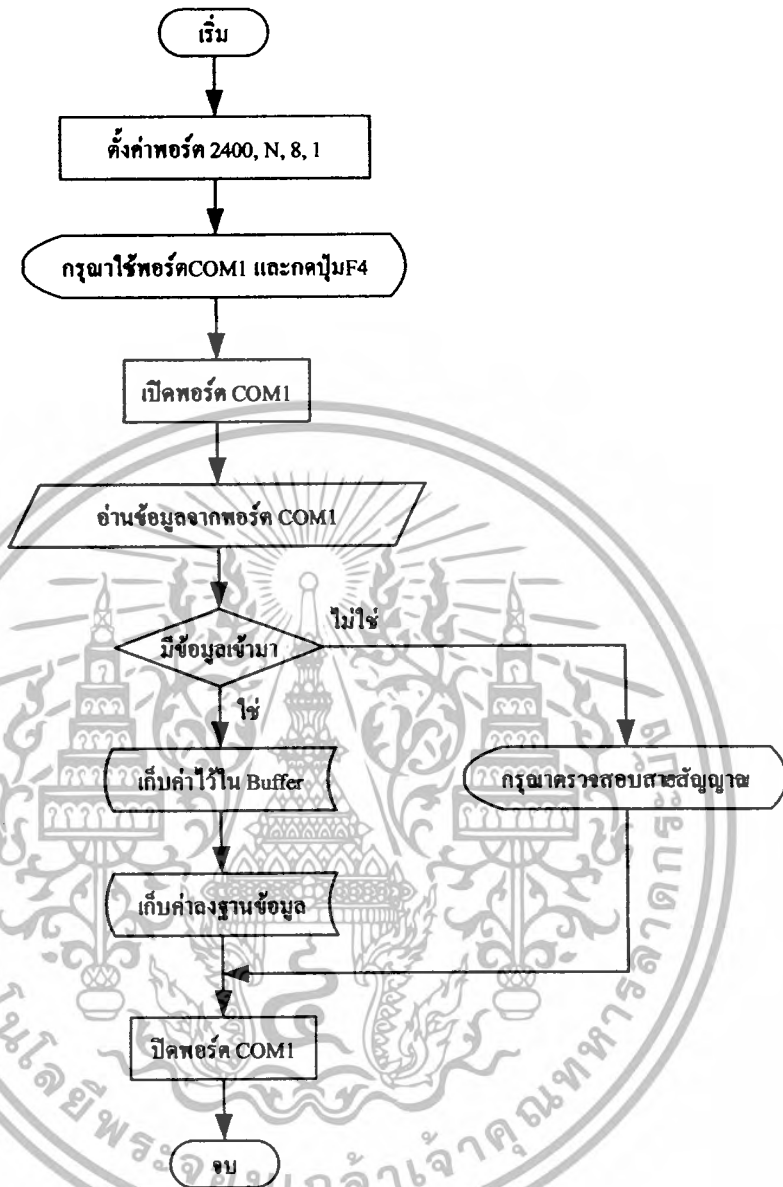
ภาพที่ 3.13 ฝั่งการทำงานของกรเรียกใช้โปรแกรมเป็นครั้งแรก

เมื่อเข้าสู่หน้าต่างหลักของโปรแกรมแล้วก็จะรอนกว่าผู้ใช้งานจะมีการเลือกคลิกปุ่มใดปุ่มหนึ่ง ถ้ามีการคลิกปุ่ม Load โปรแกรมก็จะมีการทำงานในส่วนของการรับค่าจากพอร์ตอนุกรม ถ้าหากคลิกปุ่ม Database ก็จะมีการทำงานในส่วนของการเปิดฐานข้อมูล แต่ถ้าคลิกปุ่ม Search ก็จะทำงานในส่วนของการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลแทน ถ้าไม่มีการคลิกปุ่มใดเลย โปรแกรมก็จะไม่มีการทำงานใดๆ ฝั่งการทำงานของหน้าต่างหลักแสดงดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ผังการทำงานของหน้าต่างหลัก

การติดต่อทางพอร์ตอนุกรมระหว่างโปรแกรมกับเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์ ซึ่งการใช้งานพอร์ตอนุกรมนั้นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับพอร์ตอนุกรมก่อน คือ มีอัตรารับส่งข้อมูลเท่ากับ 2400 บิตต่อวินาที, ไม่มีพาริตีบิต, 8 บิตข้อมูล และ 1 บิตสตอป กำหนดให้มีการแสดงข้อความเตือนว่าสามารถใช้ได้เฉพาะพอร์ต COM1 เท่านั้น จากนั้นก็เปิดพอร์ต COM1 และตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือไม่ ถ้ามีข้อมูลเข้ามาก็จะเก็บไว้ใน Buffer ก่อน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลใน Buffer เก็บลงฐานข้อมูลและปิดพอร์ต COM1 ตามลำดับ แต่ถ้าไม่มีข้อมูลเข้ามาแสดงว่าไม่สามารถติดต่อกับเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์ได้ โปรแกรมก็จะแสดงข้อความเตือนให้ผู้ใช้ทราบก่อนที่จะปิดพอร์ต COM1 ผังการทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมแสดงดังภาพที่ 3.15

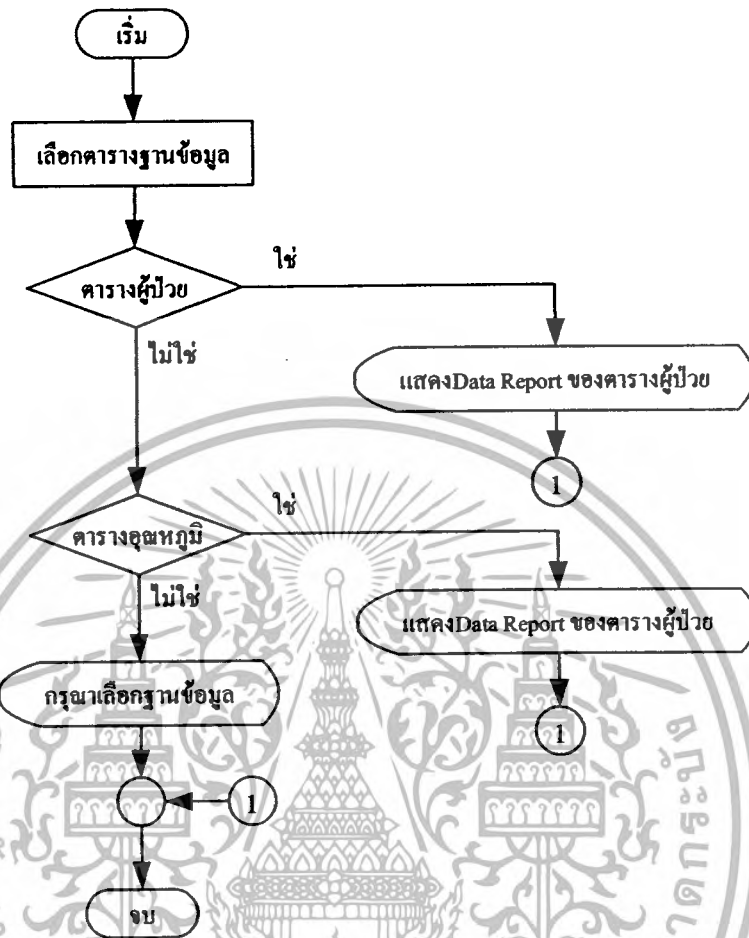


ภาพที่ 3.15 ผังการทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การทำงานในส่วนของการเปิดฐานข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในรูปแบบของ Microsoft Access โดยเริ่มต้นต้องมีการเลือกตารางฐานข้อมูลซึ่งได้แก่ ตารางผู้ป่วยและตารางอุณหภูมิ โดยที่สามารถเลือกได้เพียงตารางใดตารางหนึ่งเท่านั้น ถ้าเลือกตารางผู้ป่วยก็จะแสดง Data Report ของตารางผู้ป่วยขึ้นมา แต่ถ้าเลือกตารางอุณหภูมิก็จะแสดง Data Report ของตารางอุณหภูมิแทน ในส่วนของ Data Report สามารถเลือกพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์หรือบันทึกเป็น(DSR)ได้เช่นกัน แต่ถ้ายังไม่มี การเลือกตารางฐานข้อมูลก่อนก็จะมีการแสดง ข้อความเตือน ผังการทำงานของ การเปิด

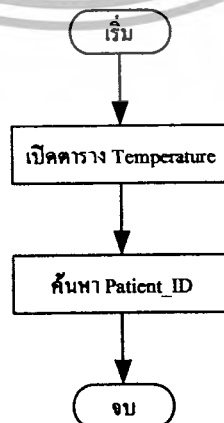
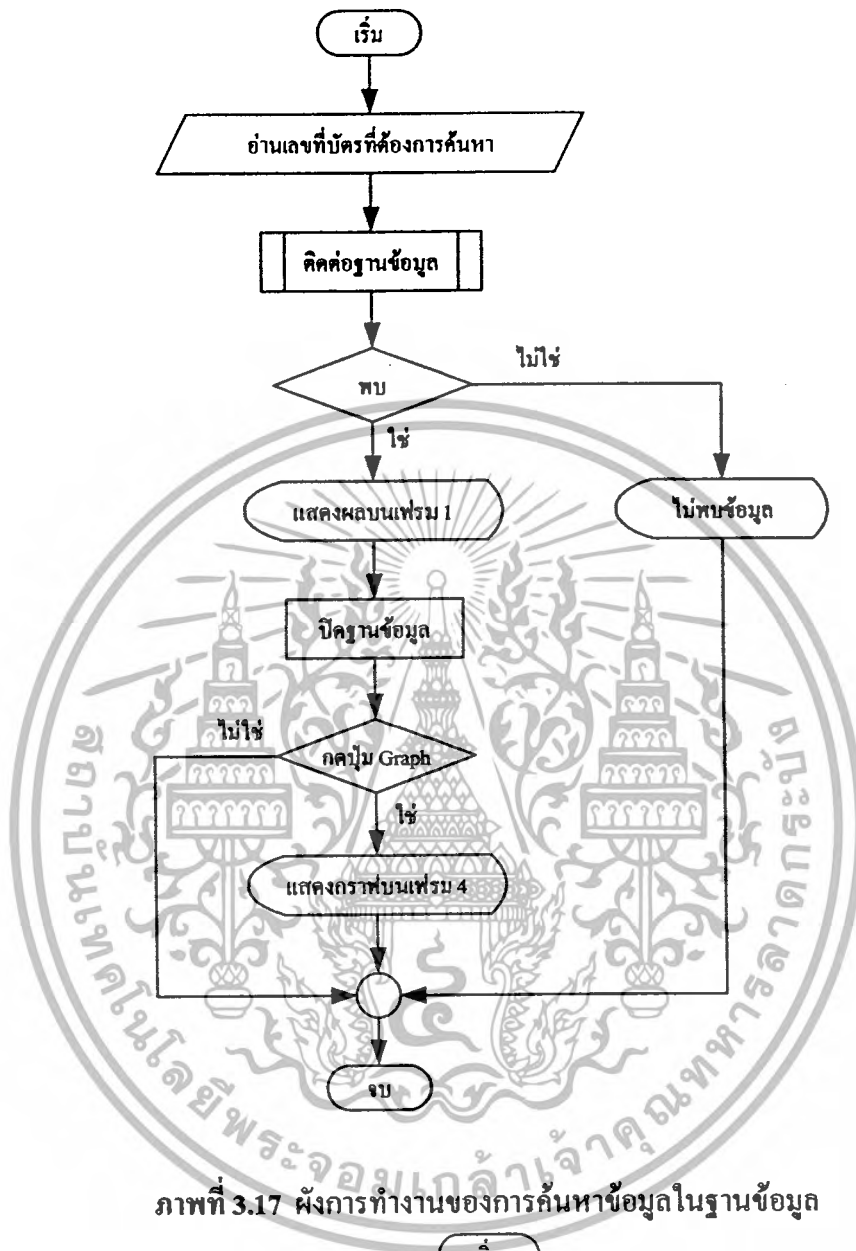
ฐานข้อมูลแสดงดังภาพที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 ฟังก์ชันการทำงานของการค้นหาข้อมูล

ในส่วนของขั้นตอนการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล โดยเริ่มจากการอ่านค่าที่ต้องการค้นหาจาก เท็กซ์บ็อกซ์ก่อน แล้วจึงคิดคํากับฐานข้อมูลโดยเปิดตารางที่ชื่อ Temperature เพื่อทำการค้นหาข้อมูลที่ต้องการในฟิลด์ Patient\_ID ถ้าไม่เจอก็จะแสดงข้อความ “Not Found” แต่ถ้าเจอก็จะนำผลที่ได้ไปแสดงบนเฟรม 1 โดยสามารถแสดงข้อมูลนี้ในรูปแบบของกราฟได้โดยการคลิกปุ่ม Graph ฟังก์ชันการทำงานของการค้นหา ข้อมูลในฐานข้อมูลและการค้นหาข้อมูลในฟิลด์ Patient\_IDแสดงดังภาพที่ 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ



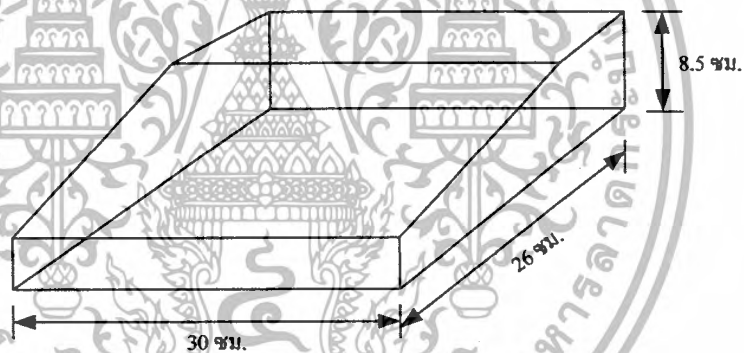
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 การออกแบบตัวเครื่อง

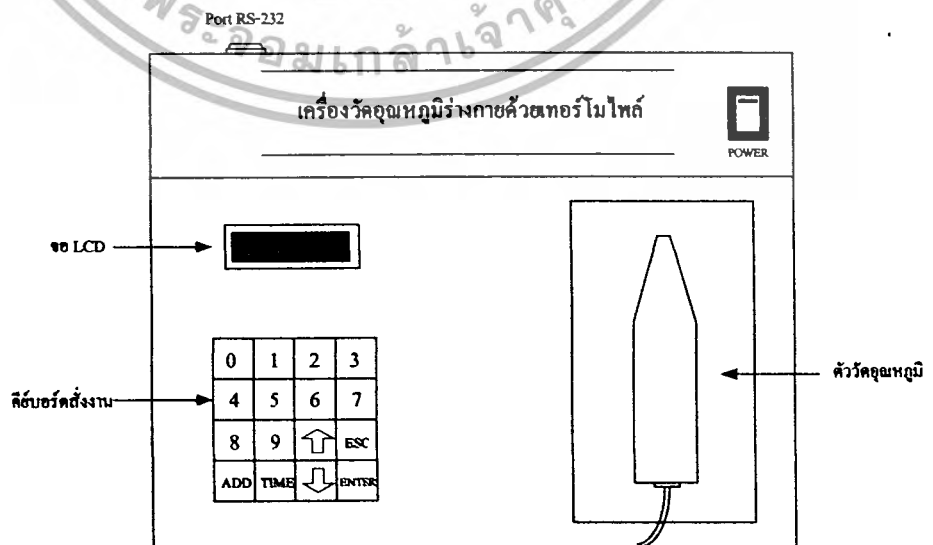
นอกจากการออกแบบการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในระบบให้สามารถทำงานได้ตามต้องการแล้ว รูปลักษณ์ภายนอกของเครื่องก็เป็นส่วนสำคัญ ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน การจัดวางรูปแบบของส่วนต่าง ๆ ให้มีความสะดวกในการใช้งาน รวมถึงมีความสวยงามด้วย

#### 3.4.3.1 เครื่องควบคุมหลัก

ในส่วนของเครื่องควบคุมหลัก เลือกใช้กล่องโลหะที่มีโครงสร้างและขนาดดังภาพที่ 3.20 ซึ่งบนตัวกล่องจะประกอบไปด้วยคีย์บอร์ด 4x4 เพื่อใช้ในการกดคำสั่งสำหรับอ่านค่าอุณหภูมิ ป้อนรหัสประจำตัวผู้ป่วย วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัด โดยมีการแสดงผลบนจอแอลซีดีแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด และแท่นวางตัววัดอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังมีสวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง พิวส์ และพอร์ต RS-232 สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งการออกแบบกล่องเครื่องควบคุมหลัก ได้แสดงดังภาพที่ 3.19 และ 3.20



ภาพที่ 3.19 โครงสร้างและขนาดของกล่องเครื่องควบคุมหลัก

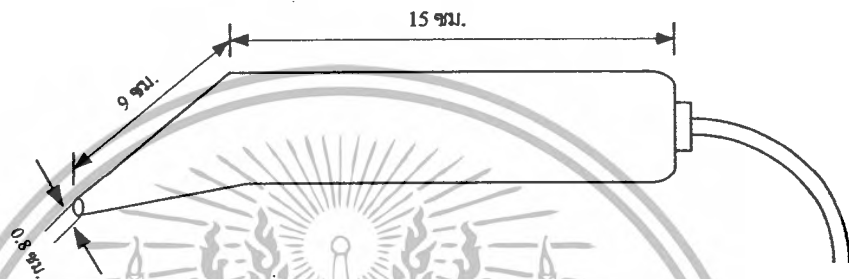


ภาพที่ 3.20 การออกแบบกล่องเครื่องควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3.2 ตัววัดอุณหภูมิ

ในส่วนของตัววัดอุณหภูมิใช้สำหรับสอดเข้าไปในช่องหูเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ ดังนั้นในการออกแบบจะเน้นในส่วนของหัววัดให้มีขนาดเล็กเพื่อให้สามารถสอดเข้าไปในช่องหูได้สะดวก โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ การออกแบบลักษณะตัววัดอุณหภูมิแสดงดังภาพที่ 3.21 และ 3.22



ภาพที่ 3.21 โครงสร้างและขนาดของตัววัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.22 การออกแบบตัววัดอุณหภูมิ

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานของโครงการ เพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ การดำเนินงานของโครงการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ผลของโครงการ
2. ผลการทดสอบโครงการ

#### 4.1 ผลของโครงการ

เป็นผลที่ได้จากการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ผลตามขอบเขตที่กำหนด ซึ่งจากขอบเขตนี้ สามารถแบ่งผลที่เกิดในโครงการได้เป็น 2 ส่วนการทำงาน คือ

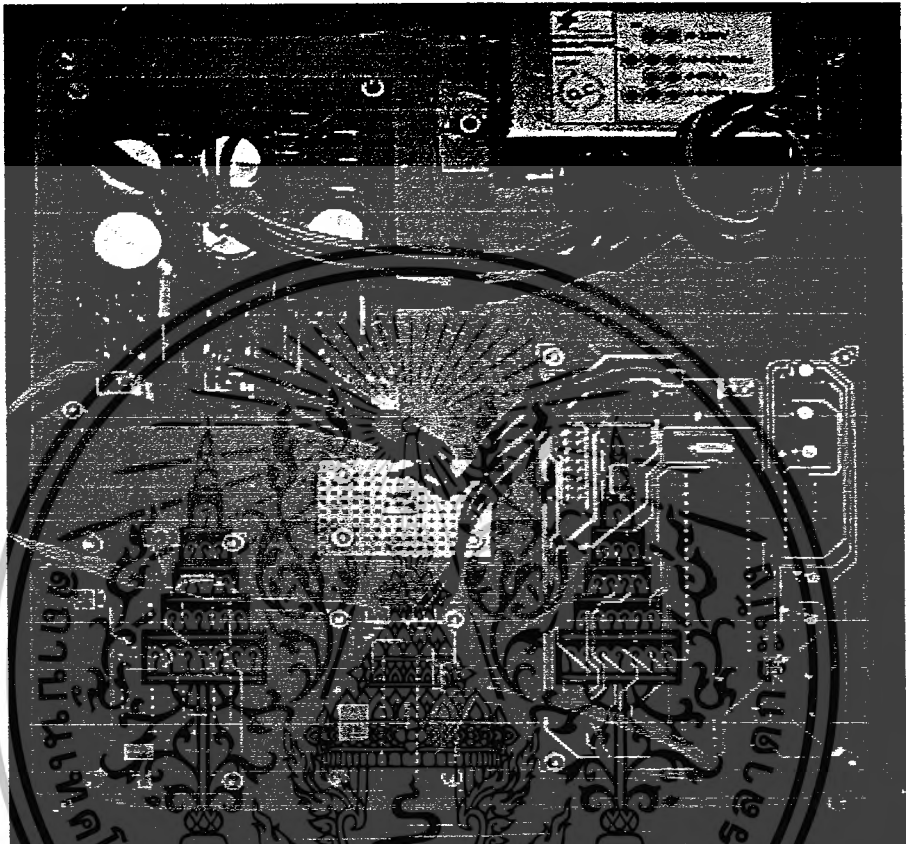
##### 1. เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟต์

- 1.1 สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30 ถึง 45 องศาเซลเซียส
- 1.2 สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส
- 1.3 แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี มีการแสดงลักษณะต่าง ๆ ดังนี้
  - แสดงอุณหภูมิที่วัดได้จำนวน 2 หลัก กับ 1 ทศนิยม พร้อมทั้งแสดงหน่วย องศาเซลเซียส
  - แสดงข้อความ Temperature Higher Range เมื่ออุณหภูมิเกิน 45 องศาเซลเซียส
  - แสดงข้อความ Temperature Lower Range เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส
- 1.4 สามารถย้อนกลับเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิที่ทำการวัดครั้งสุดท้ายได้
- 1.5 มีเสียงเตือนเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้เกิน 37.5 องศาเซลเซียส
- 1.6 สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232 ได้
- 1.7 สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิ วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดได้จำนวน 20 ชุด

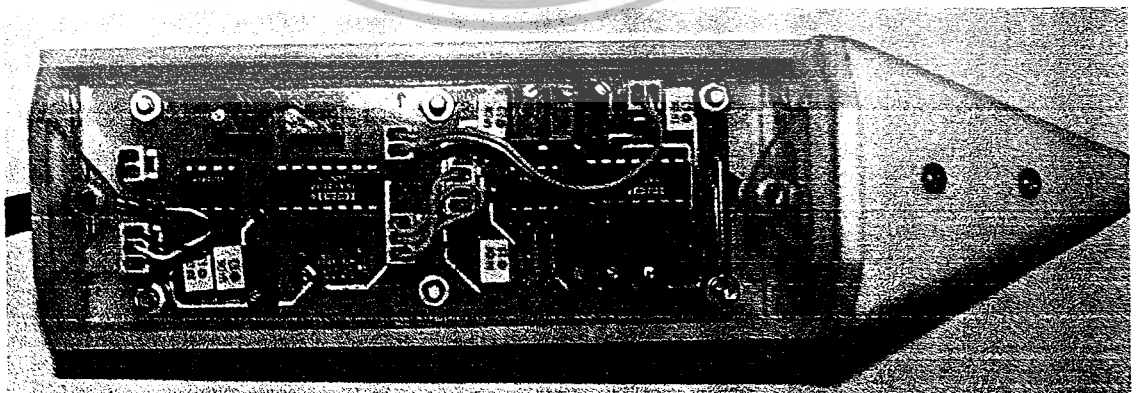
หลังจากทำการลงอุปกรณ์ลงบนแผ่น PCB และทดสอบความถูกต้องของวงจรต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จึงทำการบรรจุแผ่นวงจรทั้งหมดลงกล่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมหลักและตัวเครื่องวัดอุณหภูมิดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์

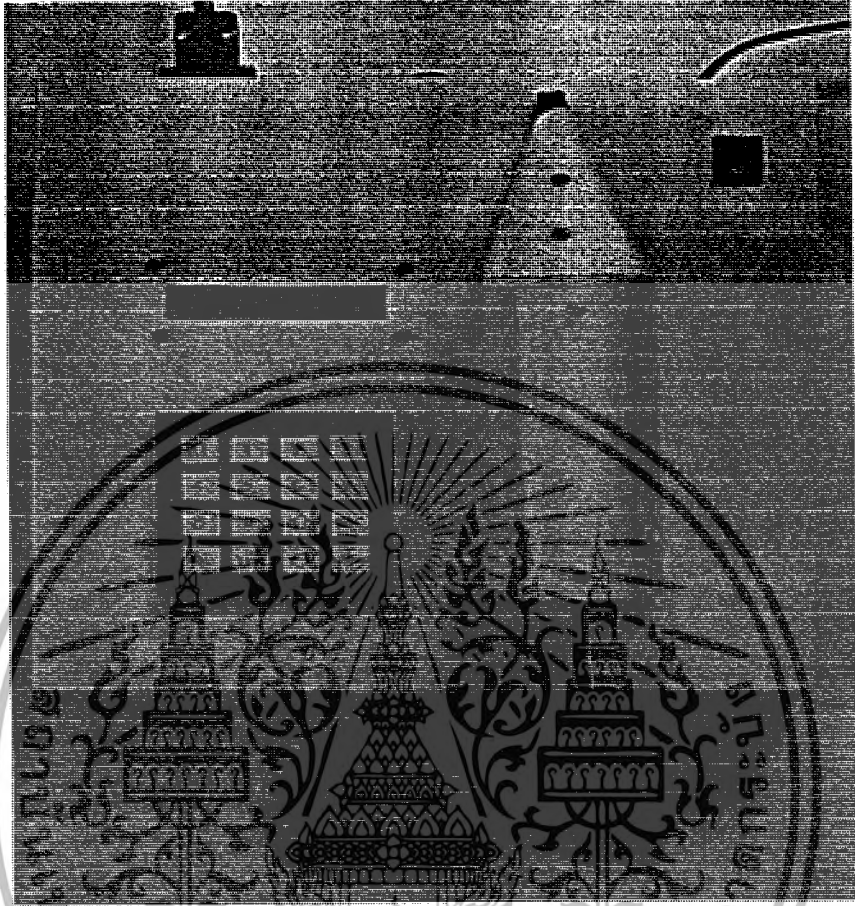


ภาพที่ 4.1 การวางอุปกรณ์ภายในเครื่องควบคุมหลัก



ภาพที่ 4.2 การวางอุปกรณ์ภายในของตัววัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



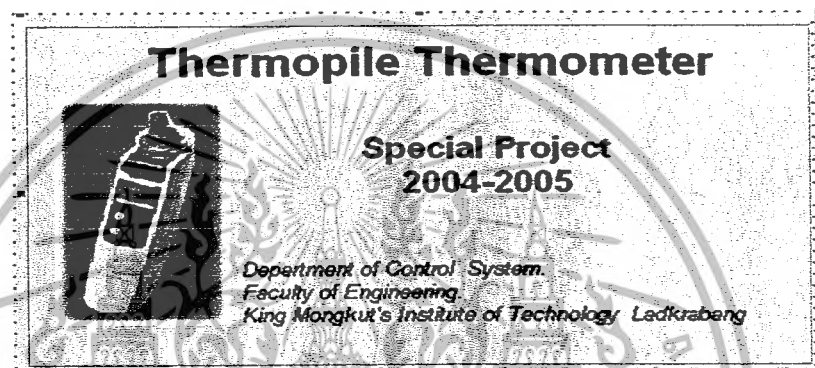
ภาพที่ 4.3 ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมไฟล์

## 2. โปรแกรมแสดงผลบนคอมพิวเตอร์

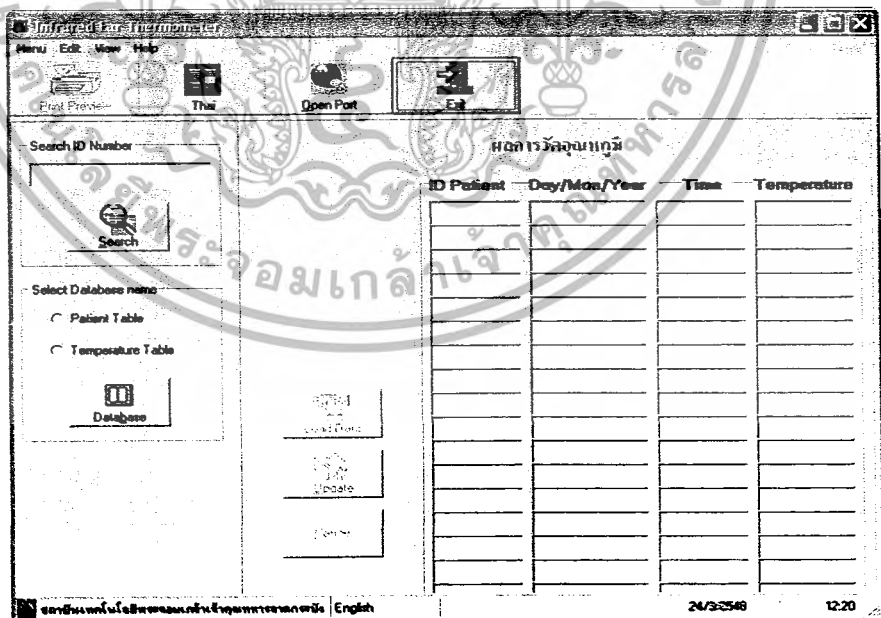
- 2.1 สามารถติดต่อกับเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์ผ่านพอร์ต COM1
- 2.2 สามารถรับข้อมูลจากเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์ได้จำนวน 20 ชุด
- 2.3 สามารถพิมพ์รหัสผู้ป่วยเพื่อค้นหาผลการวัดอุณหภูมิที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลได้
- 2.4 เปิดข้อมูลที่เก็บไว้ในรูปของตารางตัวเลข
  - ตารางประวัติผู้ป่วยโดยแสดงชื่อ, เพศ, อายุ วัน/เดือน/ปี และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิ
  - ตารางผลการวัดอุณหภูมิโดยแสดงผลอุณหภูมิที่วัดได้เป็นองศาเซลเซียส
- 2.5 สามารถนำผลอุณหภูมิที่ได้จากผลการค้นหามาแสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟ
- 2.6 พิมพ์ผลการวัดอุณหภูมิในรูปของตารางตัวเลขออกจากเครื่องพิมพ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบหน้าจอกอมพิวเตอรื เน้นความสะดวกในการใช้งานเป็นหลัก เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรมใช้งานเป็นครั้งแรกจะปรากฏหน้าต่างแรกขึ้นมาดังภาพที่ 4.4 เป็นเวลา 3 วินาที หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่หน้าต่างหลักของโปรแกรมดังภาพที่ 4.5 เมื่อต้องการรับข้อมูลจากเครื่องวัดให้กดปุ่ม Open Port บนทูลบาร์ เพื่อให้โปรแกรมพร้อมที่จะรับข้อมูลทางพอร์ต RS-232 หลังจากนั้นให้กดปุ่ม Load Data เพื่อรับข้อมูลจากเครื่องวัดมาแสดงบนจอกอมพิวเตอรื ถ้าไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นข้อมูลที่รับมาจะปรากฏบนหน้าต่างหลักเพื่อรอบันทึกลงฐานข้อมูลต่อไปดังภาพที่ 4.6

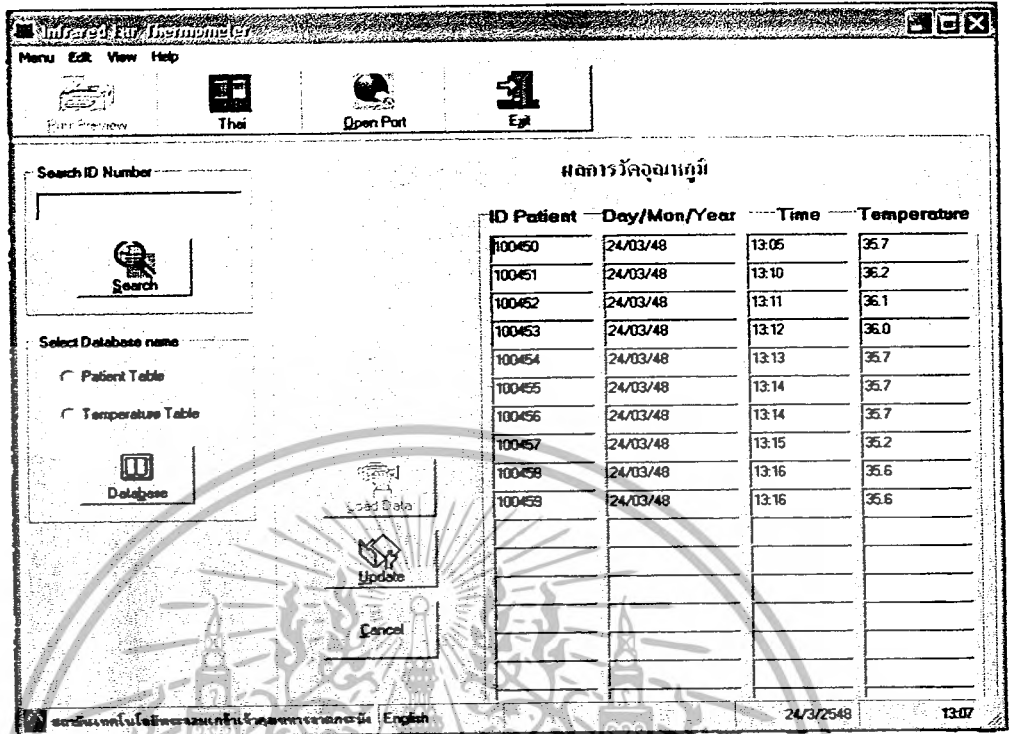


ภาพที่ 4.4 หน้าต่างเริ่มต้นโปรแกรม

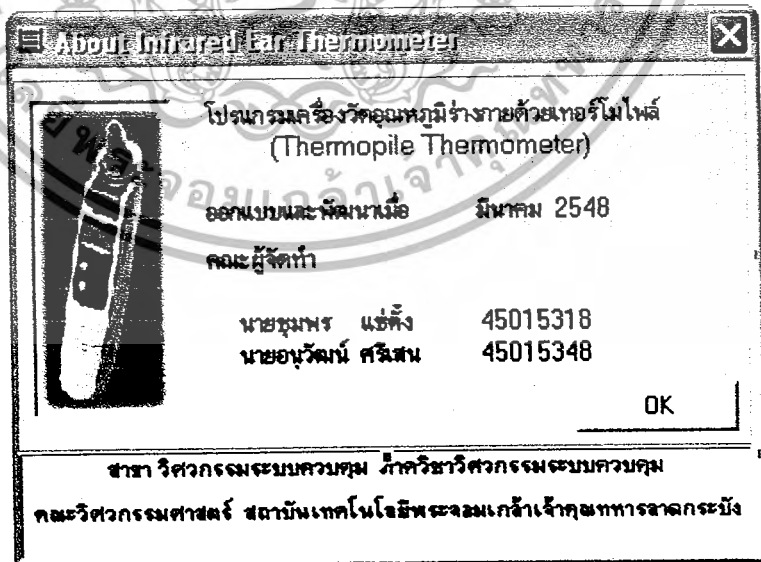


ภาพที่ 4.5 หน้าต่างโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 หน้าต่างรับข้อมูลจากเครื่องวัดอุณหภูมิแสดงบนจอคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4.7 หน้าต่างเกี่ยวกับโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดสอบโครงการ

การทดสอบสามารถแบ่งออกได้เป็นการทดสอบเครื่องวัดและการเชื่อมต่อเครื่องวัดกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์ว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพในการใช้งานเพียงใด เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่

### 4.2.1 การทดสอบเครื่องวัด

หลังจากที่ได้ทำการประกอบเครื่องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดสอบเครื่องวัดเพื่อดูว่าคุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายที่สร้างขึ้นเป็นไปตามขอบเขตของโครงการที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการทดสอบย่านวัดของเครื่องวัดที่สร้างขึ้นกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท โดยการนำเครื่องทั้ง 2 วัดอุณหภูมิ น้ำ ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30 ถึง 45 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบว่าเครื่องวัดที่สร้างขึ้นสามารถวัดอุณหภูมิในช่วงที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเท่าไร

ส่วนการทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบการใช้งานจริง โดยการนำเครื่องที่สร้างขึ้นไปวัดอุณหภูมิร่างกายเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท โดยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทนี้วัดโดยการอมไว้ใต้ลิ้น ส่วนเครื่องที่สร้างขึ้นทำการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของบุคคลจำนวน 2 คน คนละ 30 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าสามารถนำเครื่องวัดที่สร้างขึ้นไปวัดอุณหภูมิร่างกายได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด ซึ่งการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบครั้งที่ 1 การทดสอบย่านวัดเครื่องวัดที่สร้างขึ้นเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท  
ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำเครื่องวัดทั้ง 2 ชนิดวัดอุณหภูมิในช่องหูในช่วง 28-47 องศาเซลเซียส
2. บันทึกผลการวัดของเครื่องวัดทั้ง 2 ชนิด
3. หาค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดและสรุปผล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพล์ที่สร้างขึ้น
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
3. น้ำอุ่น 1 แก้ว ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-47 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบย่านวัดของเครื่องวัดที่สร้างขึ้นเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

ผลการวัดของ เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (°C)	ผลการวัดของ เครื่องงาน (°C)	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ (%)	หมายเหตุ
28.1	Lower Range	-	ต่ำกว่าย่าน
30.5	30.3	-0.65	
31.5	30.8	-2.22	
32.3	31.6	-2.16	
33.7	33.1	-1.78	
34.6	34.5	-0.28	
35.5	35.3	-0.56	
36.4	37.3	+2.47	
37.3	37.8	+1.34	เสี่ยงเคื่อน
38.4	39.2	+2.08	เสี่ยงเคื่อน
39.5	40.9	+3.54	เสี่ยงเคื่อน
40.5	42.2	+4.19	เสี่ยงเคื่อน
41.2	43.1	+4.61	เสี่ยงเคื่อน
42.6	44.6	+4.69	เสี่ยงเคื่อน
43.1	Higher Range	-	สูงกว่าย่าน

## สรุปผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการวัดอุณหภูมิในช่วง 28 ถึง 47 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบความความถูกต้องของย่านการวัด สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่า เครื่องวัดที่สร้างขึ้นสามารถวัดอุณหภูมิในช่วง 30–45 °C ได้โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมพัทธ์ ไม่เกิน  $\pm 4.69\%$

การทดสอบครั้งที่2 การทดสอบวัดอุณหภูมิร่างกายเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท  
ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำเครื่องวัดทั้ง 2 วัดอุณหภูมิร่างกายบริเวณช่องหูของบุคคลที่ 1 และ 2 จำนวน 30 ครั้ง
2. บันทึกผลการวัดของเครื่องวัดทั้ง 2 เครื่อง
3. นำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลต์ที่สร้างขึ้น
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนายชุมพร แซ่ตั้ง

ครั้งที่	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (°C)	ผลการวัดของโครงการ (°C)	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ (%)
1	37.5	36.8	-1.86
2	37.4	36.8	-1.60
3	37.4	36.6	-2.13
4	37.4	36.0	-3.74
5	37.3	36.3	-2.68
6	36.7	37.2	-1.36
7	36.7	36.2	-1.36
8	36.8	36.2	-1.63
9	36.7	36.8	+0.27
10	36.7	36.0	-1.90
11	37.0	37.0	0
12	36.9	36.7	-0.54
13	36.8	36.9	+0.27
14	36.8	36.0	-2.17
15	36.9	37.6	+1.89
16	37.4	36.8	-1.60

ตารางที่ 4.2(ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนายชุมพร แซ่ตั้ง

ครั้งที่	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (°C)	ผลการวัดของโครงการงาน (°C)	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ (%)
17	37.6	36.5	-2.92
18	37.3	36.4	-2.41
19	37.4	36.0	-3.74
20	37.4	36.1	-3.47
21	37.2	36.2	-2.69
22	36.5	37.0	+1.37
23	36.7	36.3	-1.09
24	36.6	36.2	-1.09
25	36.4	36.5	+0.27
26	36.7	36.0	-1.90
27	37.1	37.0	-0.269
28	36.8	36.5	-0.81
29	36.8	36.8	0
30	36.4	36.2	-0.55
ค่าเฉลี่ย	36.97	36.52	-1.22

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนายธนวัฒน์ ศรีเสน

ครั้งที่	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (°C)	ผลการวัดของโครงการงาน (°C)	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ (%)
1	36.9	37.0	+0.27
2	36.3	37.3	+2.75
3	36.4	36.0	-1.09
4	36.3	35.9	-1.10
5	36.0	37.0	+2.77
6	36.2	36.9	+1.93
7	36.2	36.7	+1.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของนาออนูวัฒน์ ศรีเสน

ครั้งที่	เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (°C)	ผลการวัดของโครงการ (°C)	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ (%)
8	36.3	36.2	-0.27
9	36.3	36.3	0
10	36.1	36.8	+1.93
11	36.1	36.6	+1.38
12	36.3	37.2	+2.47
13	36.1	37.1	+2.77
14	36.0	35.1	-2.5
15	36.3	36.6	+0.82
16	36.8	37.0	+0.54
17	36.4	37.6	+3.29
18	36.5	36.1	-1.09
19	36.2	35.5	-1.93
20	36.4	36.4	0
21	36.1	36.2	+0.27
22	36.0	36.7	+1.94
23	36.1	36.5	+1.10
24	36.4	37.2	+2.19
25	36.0	37.0	+2.77
26	36.2	35.8	-1.10
27	36.5	36.4	-0.27
28	36.0	37.1	+3.05
29	36.6	36.9	+0.81
30	36.4	36.5	+0.27
ค่าเฉลี่ย	36.28	36.58	+0.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทดสอบวัดอุณหภูมิร่างกายของบุคคลจำนวน 2 คน โดยการวัดอุณหภูมิภายในช่องหู สามารถสรุปผลการทดสอบในครั้งนี้ได้ดังต่อไปนี้

### 1. การวัดอุณหภูมิภายในช่องหูของนายนาชชุกร พร แซ่ตั้ง

1.1 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท เท่ากับ 36.97 องศาเซลเซียส ส่วนโครงการงานมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 36.52 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างกันเพียง 0.45 องศาเซลเซียส

1.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมพัทธ์ของโครงการงานมีค่าไม่เกิน  $\pm 3.74\%$

### 2. การวัดอุณหภูมิภายในช่องหูของนายอนุวัฒน์ ศรีเสน

2.1 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท เท่ากับ 36.28 องศาเซลเซียส ส่วนโครงการงานมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 36.58 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างกันเพียง 0.30 องศาเซลเซียส

2.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมพัทธ์ของโครงการงานมีค่าไม่เกิน  $\pm 3.74\%$

จากการทดสอบโดยการนำเครื่องวัดที่สร้างขึ้น ไปใช้งานจริงพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีทั้งค่าบวกและค่าลบ โดยที่ค่าบวกหมายถึงค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่นำมาทดสอบ ส่วนค่าลบหมายถึงค่าที่วัดได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ที่นำมาทดสอบ ปัจจัยที่ทำให้ผลการวัดมีทั้งค่าบวกและลบ ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะการวัดของผู้ใช้ โดยที่ได้นำตัววัดสอดเข้าไปในช่องหูลึกจะทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายจริง แต่ถ้าหากนำตัววัดสอดเข้าไปในช่องหูไม่ลึกพอก็จะทำให้ผลการวัดที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริง

#### 4.2.2 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

หลังจากที่ได้ผ่านการทดสอบคุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลต์แล้ว ลำดับถัดไปจะเป็นการนำเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลต์ที่สร้างขึ้นมาเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการติดตั้งโปรแกรม Infrared Ear thermometer เพื่อทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องวัดกับคอมพิวเตอร์

สำหรับขั้นตอนการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นั้น เริ่มต้นด้วยการบันทึกรหัสประจำตัวผู้ป่วย ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ วันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ

ของเครื่องวัด ต่อจากนั้นทำการเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่เปิดโปรแกรม Infrared

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ear Thermometer ไว้แล้วหลังจากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม Open Port บนทูลบาร์เพื่อรอรับข้อมูลจากเครื่องวัด แล้วกดปุ่ม Send จากเครื่องวัดข้อมูลทั้งหมดที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องวัดก็จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อคลิกปุ่ม Load Data ข้อมูลทั้งหมดก็จะแสดงบนหน้าต่างหลัก

### สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการส่งข้อมูลจากเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟลท์ที่สร้างขึ้นไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 พบว่า เครื่องวัดนี้สามารถส่งข้อมูลไปได้ โดยข้อมูลทั้งหมดที่ส่งไปจะปรากฏอยู่บนหน้าต่างหลักของโปรแกรม Infrared Ear Thermometer ซึ่งข้อมูลนี้สามารถจัดเก็บลงฐานข้อมูลต่อไปได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

ปัจจุบันตามสถานพยาบาลต่างๆ ได้มีการนำเครื่องมือทางการแพทย์มาช่วยในการรักษาผู้ป่วยมากขึ้น ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้แพทย์สามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วมมากขึ้น เครื่องวัดอุณหภูมิก็เป็นเครื่องมือทางการแพทย์อีกชนิดหนึ่งที่มีใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และทุกสถานพยาบาลส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีเพื่อใช้ตรวจวัดไข้ของผู้ป่วย โดยปกติในการตรวจวัดไข้ของแพทย์จะใช้ “เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท” เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิร่างกายของผู้ป่วย ซึ่งการใช้งานเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทนั้น มีข้อด้อยคือ ในการวัดแต่ละครั้งต้องใช้เวลาค่อนข้างมากเพื่อรอให้ปรอทหยุดการเปลี่ยนแปลงก่อน จึงจะสามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง และถ้าต้องการความรวดเร็วในการวัดก็อาจจะไม่ได้ค่าอุณหภูมิที่แท้จริงก็เป็นได้ อีกทั้งบางครั้งที่ต้องการบันทึกค่าอุณหภูมิของผู้ป่วยเพื่อใช้ทำประวัติก็เข้าไปด้วย ซึ่งจากเหตุผลนี้จึงสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลีขึ้นมา โดยสามารถแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์ได้

การสร้าง เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลี มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้ ในขั้นแรก จะต้องออกแบบและทดลองวงจรที่จะใช้ในเครื่องมือวัด โดยทำการทดลองวงจรบนแผงทดลองวงจรก่อน ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย วงจรตรวจจับความร้อน โดยมีเทอร์โมโพลีเซ็นเซอร์ทำหน้าที่รับความร้อนเข้ามาแล้วเปลี่ยนเป็นแรงดันที่แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ วงจรขยายใช้สำหรับขยายสัญญาณแรงดันที่รับเข้ามาจากตัวเซ็นเซอร์ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ทำหน้าที่กรองความถี่ไม่ให้สัญญาณรบกวนความถี่สูงเข้ามาในระบบ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ได้มาจากเซ็นเซอร์ความร้อนไปเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยเป็นพิมพ์แบบเมตริกซ์ขนาด 4x4 และจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อใช้ป้อนคำสั่งในการทำงานของระบบและแสดงค่าอุณหภูมิตามลำดับ

หลังจากการที่ทำการทดสอบและปรับปรุงวงจรต่างๆ ภายในเครื่องวัดจนสามารถใช้งานได้ จึงได้ทำการออกแบบวงจรรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อใช้ส่งข้อมูลที่เป็นผลการวัดไปเก็บเป็นฐานข้อมูล และเมื่อเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมโพลีสามารถจะติดต่อและรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการออกแบบแผ่นลายวงจรพิมพ์ของแต่ละวงจรและทำการติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ แล้วนำมาทดสอบอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยเขียนโปรแกรมในส่วนของการควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้ว

ทำการทดสอบโปรแกรมกับตัวเครื่องวัดจนสามารถทำงานเข้ากันได้ ควบคู่กับการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อรับข้อมูลจากเครื่องวัดผ่านทางพอร์ตอนุกรมมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และเก็บลงฐานข้อมูล และเมื่อนำโปรแกรมนี้มาทดสอบร่วมกับเครื่องวัดปรากฏว่าสามารถรับข้อมูลและนำมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

โครงการนี้จะประกอบไปด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไฟล์จำนวน 1 เครื่อง โปรแกรมการแสดงผลและจัดเก็บบนคอมพิวเตอร์จำนวน 1 ชุด เมื่อนำเครื่องวัดที่สร้างขึ้นนี้ไปทดสอบว่ามีความสามารถตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ และมีความถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพในการใช้งานเพียงใด โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบเครื่องวัด และการทดสอบการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบในส่วนแรกนั้น พบว่าเครื่องวัดที่สร้างขึ้นสามารถวัดอุณหภูมิในย่าน 30 – 45 องศาเซลเซียสได้ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 4.69\%$  และเมื่อนำเครื่องวัดที่สร้างขึ้นนี้ไปทดสอบการใช้งานจริง โดยการนำไปวัดอุณหภูมิบริเวณช่องหูของบุคคล 2 คน พบว่า สามารถวัดอุณหภูมิร่างกายจริงได้ โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 3.74\%$  จากการทดสอบพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีทั้งค่าบวกและค่าลบ ปัจจัยที่ทำให้ผลการวัดมีทั้งค่าบวกและลบ ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะการวัดของผู้ใช้ โดยที่ถ้านำตัววัดสอดเข้าไปในช่องหูลึกจะทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายจริง แต่ถ้าหากนำตัววัดสอดเข้าไปในช่องหูไม่ลึกพอก็จะทำให้ผลการวัดที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริง ดังนั้นผู้ใช้งานจะต้องคำนึงถึงส่วนนี้ด้วย นอกจากนี้การตอบสนองที่ไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมไฟล์เซ็นเซอร์ก็ทำให้ผลการวัดที่ได้มีความผิดพลาดด้วยเช่นกัน ในการทดสอบส่วนที่ 2 พบว่าเครื่องวัดที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 และสามารถส่งข้อมูลออกไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

นอกจากนี้ การนำเครื่องวัดไปใช้ในการวัดอุณหภูมิร่างกาย ถ้าระดับอุณหภูมิที่วัดได้สูงกว่าอุณหภูมิร่างกายปกติ ( $37.5^{\circ}\text{C}$ ) ก็จะมีเสียงเตือนออกมาจากเครื่องวัด และถ้ามีการนำไปวัดอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่าย่านการวัดก็จะแสดงสถานะบอกให้ผู้ใช้ทราบถึงสถานะนั้นๆ เช่นเดียวกัน ในส่วนของการใช้งานกับคอมพิวเตอร์นั้น เครื่องวัดอุณหภูมิเครื่องนี้สามารถส่งข้อมูลที่ได้นั้นที่เก็บไว้บนตัวเครื่องวัดไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ สามารถแสดงรายละเอียดและข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ถูกวัดและสามารถจัดเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลได้ ซึ่งโดยภาพรวมแล้วโครงการนี้สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

## 5.2 ปัญหาของโครงการงานและการแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการค้าดำเนินการ เป็นปัญหาที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข โดยแต่ละปัญหามีสถานะและวิธีการแก้ไขดังต่อไปนี้

1. ในการวัดอุณหภูมิร่างกายแต่ละครั้งพบว่า ถ้าไม่รอให้ระดับแรงดันที่ได้จากวงจรตรวจจับอุณหภูมิคงที่เสียก่อนจะทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ไขทำได้โดยเพิ่มเวลาในการวัดให้นานขึ้น เพื่อให้ระดับแรงดันที่ได้จากวงจรตรวจจับอุณหภูมิคงที่ ซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีความถูกต้องมากขึ้น
2. ในการเลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล พบว่า ถ้าเลือกใช้ขนาด 8 บิต จะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสูง วิธีการแก้ไขทำได้โดย เลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลที่มีความละเอียดสูงขึ้นไปเป็น 16 บิต จึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีความถูกต้องมากขึ้น

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

ในโครงการนี้แม้ว่าจะใช้งานได้ตรงตามขอบเขตแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่สามารถเพิ่มเติมเพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงได้จัดทำข้อเสนอแนะไว้เป็นแนวทางแก่ผู้ที่สนใจที่จะนำโครงการเพื่อพัฒนาต่อไป ซึ่งมีดังนี้

1. การวัดอุณหภูมิร่างกายของโครงการใช้เวลาในการวัด 10 วินาที เพื่อให้ค่าที่วัดได้ถูกต้องที่สุด ซึ่งค่อนข้างช้า จึงควรพัฒนาให้การวัดอุณหภูมิสามารถวัดได้อย่างถูกต้องเช่นเดิม แต่ใช้เวลาน้อยลงประมาณ 2-5 วินาที โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่มีอันดับน้อยลงซึ่งจะทำให้การตอบสนองของการวัดเร็วขึ้น
2. ขนาดหัววัดอุณหภูมิของโครงการยังค่อนข้างใหญ่ ซึ่งทำให้การสอดเข้าของหูไม่ลึกลง ส่งผลให้ผลของอุณหภูมิที่วัดได้อาจจะผิดพลาดจากค่าที่ถูกต้องได้ ดังนั้นจึงควรพัฒนาให้ลักษณะปลายวัดของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยเทอร์โมไพร์มีลักษณะเดียวกับเครื่องวัดที่ทางการแพทย์ใช้งานจริง เพื่อให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เป็นอุณหภูมิของร่างกายที่แท้จริง และสามารถใช้ร่วมกับ Probe Cover ที่มีขนาดมาตรฐานได้ด้วย
3. การบันทึกวันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิของโครงการนี้ใช้วิธีการป้อนข้อมูลดังกล่าวลงไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้นควรพัฒนาให้สามารถบันทึกวันเดือนปี และเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ โดยใช้ไอซีสร้างสัญญาณนาฬิกาเวลาจริง (Real Time Clock : RTC) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การใช้งานโปรแกรม Infrared Ear Thermometer ถ้าข้อมูลที่ส่งมาจากเครื่องวัดมีรหัสประจำตัวผู้ป่วยชุดใดชุดหนึ่งไม่ตรงกับฐานข้อมูลในตารางผู้ป่วย จะทำให้ข้อมูลทั้งหมดไม่สามารถบันทึกลงฐานข้อมูลได้ ดังนั้นควรพัฒนาโปรแกรมให้มีการเลือกบันทึกข้อมูลที่มิรหัสประจำตัวผู้ป่วยตรงกับฐานข้อมูลได้ โดยการเขียนโปรแกรมให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอ ให้ครอบคลุมทุกเงื่อนไขต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากการชี้แนะทางด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร คือ ผศ.ดร. คงศักดิ์ อนันตศิริวัฒน์ และคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการนี้ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำเสมอมา และหวังอย่างยิ่งว่าปริญญาบัตรฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ทุกท่าน รวมถึงแนวทางในการพัฒนาต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และจำลอง กรูอดสาหะ. Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์.

กรุงเทพฯ : ไทยเจริญ การพิมพ์, 2543.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์. อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2526.

ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87x. กรุงเทพฯ : อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

พัฒนพงศ์ พันธะติวงศ์. การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย Visual Basic. กรุงเทพฯ : ซอฟท์เพรส, 2545.

สมศักดิ์ ศรีขจรเกียรติ. เรียน Visual Basic6 ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ : บิบลีโอไฟล์, 2541.

สังกะ จรัสรุ่งวิীর. คู่มือการสร้างแอปพลิเคชันด้วย Visual Basic 6.0 ฉบับสมบูรณ์.

กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส, 2542.

สิทธิศักดิ์ คล่องคิ. สร้างฐานข้อมูลด้วย Microsoft Access 2000 อย่างมืออาชีพ. กรุงเทพฯ : บริษัทเฮลโล่การพิมพ์, 2542.

อภิชาติ ภู่อทับ. เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic. นนทบุรี : อินโฟเพรส, 2546.

### ภาษาอังกฤษ

Z.H.Meiksin and Phillip C. Thackray. Electronic Design with Off-the-Shelf Integrated Circuits.

2<sup>nd</sup> Edition, Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, c1984

### แหล่งอ้างอิงอื่นๆ

วรรณศิริ วรรณสถิตย์. สารานุกรมเกี่ยวกับสุขภาพ. <http://kanchanapisek.or.th>

การใช้งานเทอร์โมไฟล์เซ็นเซอร์. <http://www.perkinelmer.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'* Name : Thermometer..BAS
'* By : Anuwat Srisen
'* Notice : Copyright (c) 2003 [set under view...options ]
'* All Rights Reserved
'* Date : 12/03/2005
'* Version : 1.0
'* Notes : This program for Anuwat's Project

```

```

INCLUDE "modedefs.bas"

```

```

***** configuration *****
B0 VAR BYTE
B1 VAR BYTE 'Use show data on LCD with pointer position
B2 VAR BYTE 'General Register
B3 VAR BYTE 'General Register
B4 VAR BYTE 'General Register
B6 VAR BYTE 'General Register
B7 VAR BYTE 'Used Count people in Subrutine store data Program
B8 VAR BYTE
B10 VAR BYTE 'Config Buffer B 10
B11 VAR BYTE 'Config buffer B 11
B12 VAR BYTE 'Config buffer B 12
B13 VAR BYTE 'Config buffer B 13
B14 VAR BYTE 'Config buffer B 14
B17 VAR BYTE 'Fix ,Start Address 10 on EEPROM in Store Program
B18 VAR BYTE 'Fix ,End, Address 23 on EEPROM in Store Program
B19 VAR BYTE 'General Register
B20 VAR BYTE 'General Register
B21 VAR BYTE 'ON-OFF Black Light for LCD
B22 VAR BYTE 'Fix,Store Hex Data Byte Low
B23 VAR BYTE 'Fix,Store Hex Data Byte High
B24 VAR BYTE 'Used counter people in Send Program

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

W0  VAR WORD          'Store Time maximum
W1  VAR WORD
W2  VAR WORD
W3  VAR WORD
W4  VAR WORD

DPIN VAR PORTC.4      'DPIN = SDA for I 2C Bus
CPIN VAR PORTC.3      'CPIN = SCL for I 2C Bus sound_1
VAR PORTB.2           'Initial portb. 2 = sound out Bussy
VAR PORTB.0           'Bussy Status R_C
VAR PORTE.2

BBYTE VAR PORTB.1
Row1  VAR PORTC.0
Row2  VAR PORTC.1
Row3  VAR PORTC.2
Row4  VAR PORTC.5
In0   VAR PORTB.4
In1   VAR PORTB.5
In2   VAR PORTB.6
In3   VAR PORTB.7

B1 = 0                'Set cursor on second line and third location
B2 = 0                'Clear buffer register B 2
B4 = 0                'Clear buffer register B 4
B6 = 1                'Start Address 1 on EEprom
B11 = 0               'Clear buffer register B 11
B12 = 0               'Clear buffer register B 12
B24 = 0

Main: B0=0

B7 = 0                'Clear Counter people in Subrutine ofstore Data Program .
B13 = 1
B14 = 21

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B17 = 21      'Fix ,Start Address  21 on EEPROM      in Store Program
B18 = 41      'Fix ,End, Address   40 on EEPROM      in Store Program

LCDOut $FE,1," "
Call Delay_100

Loop1: LCDOut $FE,$80," Infrared "

      LCDOut $FE,$C0," Thermometer "
      Pause 500

      LCDOut $FE,$80," "
      LCDOut $FE,$C0," "
      Pause 500

B0=B0+1
IF B0=2 Then Loop2
GoTo Loop1
Loop2: LCDOut $FE,$80," Measure Temp "
      Pause 100
      LCDOut $FE,$C0," Press Enter "
      Call Delay_100

TRISC.5=0
TRISB.7=1
High Row4
Low Row4

      IF In3=0 Then Loop3      'Press Enter
      High Row4
      GoTo Loop2

Loop3: B20 = $0C5              'Index position  4 on LCD

      B19 = 1

      'Address  1-6 on EEPROM

      B6 = B19
      B1 = B20

      LCDOut $FE,1," "

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDOut $FE,$80," ID Number is " 'Show "ID Number is " on first line .
Call Delay_100 'Delay 100 mS
LCDOut $FE,$C4,":" 'show ":"
LCDOut $FE,$0F 'Turn on Cursor
Call Delay_100 'Delay 100 mS GoTo Scan1

```

Loop4: LCDOut \$FE,\$C2,"ID"

```

LCDOut,$FE,$80," Measure : Enter "

```

```

Call Delay_100

```

```

TRISC.5=0

```

```

TRISB.7=1

```

Loop44: High Row4

```

Low Row4

```

```

IF In3=0 Then AtoD 'Press Enter ,receive data from A /D

```

```

High Row4

```

```

GoTo Loop44

```

Loop5: TRISB.7=0

```

TRISB.4=1

```

```

High In3

```

```

Low In3

```

```

IF In1=0 Then Loop3 'Press ESC

```

```

High In3

```

```

TRISC.5=0

```

```

TRISB.4=1

```

```

High Row4

```

```

Low Row4

```

```

IF In0=0 Then Loop6 'Press ADD

```

```

IF W3 >= $16EA Then sound_0 'Turn on Sound

```

```

High Row4

```

```

GoTo Loop5

```

Loop6: LCDOut,\$FE,\$80," Save Send Back "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDOut,$FE,$C0," F1  F2  F3  "
Call Delay_100
TRISC.0=0
TRISC.1=1
TRISC.2=1
High Row1
Low Row1
IF Row2=0 Then Send 'Press 2
IF Row3=0 Then DMY 'Press 1
High Row1
TRISC.0=0
TRISB.7=1
High Row1
Low Row1
IF In3=0 Then Cel 'Press 3
High Row1
GoTo Loop6
***** Subroutine of Program Read Data From Analog to Digital
*****
AtoD: High sound_1 'Delay complete ,Turn ON Sound
Call Delay_100
Low sound_1
Call Delay_100
AD0: B2 =0
AD1: High R_C
'Conversion OFF when R_C = high,
Call Delay_100
Low R_C 'Start Conversion when R_C = Low ,
Input Bussy

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

AD2:  IF Bussy = 1 Then AD3          'Conversion Complete when Byte = 1
      GoTo AD2

AD3:  High R_C
      Low BBYTE          'Set R_C = High ,Byte = Low for read Low Byte
      Input PORTD        'Read data from Analog to digital converter
      B22 = PORTD        'Save data of Low Byte in B 22
      High R_C
      High BBYTE        'Set R_C = High ,Byte = High for read High Byte
      Input PORTD        'Read data from Analog to digital converter
      B23 = PORTD        'Save data of High Byte in B 23
      B2 = B2+1
      IF B2 = 3 Then AD4  'Read data 15 times?  YES Goto AD 4
      GoTo AD1

AD4:  W1 = B23            'W1 store data Hex code high byte
      W2 = B22            'W2 store data Hex code low byte
      W1 = W1<<8         'Shift W 1 8 positionn
      W3 = W1+W2

Com0: IF W3 >= $0000 Then Com1
Com1: IF W3 < $07AE Then Error_1  'If voltage less than 0.6 volts show Temperature
lower range .
      IF W3 >= $07AE Then Com2
Com2: IF W3 <= $2626 Then Cel      'No Error,Goto check Unit
      IF W3 > $2626 Then Com3
Com3: IF W3 <= $7FFF Then Error_2  'If voltage more than 3.00 volts show Temperature
Higher range .
      IF W3 > $7FFF Then Com4
Com4: IF W3 <= $FFFF Then Error_1  'Voltage is negative. range .
      GoTo AD0

***** Subroutine of Program      Sound
*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sound_0: High sound_1 'Sound
          Call Delay_100
          Low sound_1
          Call Delay_100
          GoTo Loop5

***** Subroutine of Program Set Date /Month /Year & Set Hour /Minute *****
DMY: LCDOut $FE,1," "
      LCDOut $FE,$80," Date-Month-Year"
      Call Delay_100
      LCDOut $FE,$C4
      LCDOut $FE,$0F 'Turn on cursor
      Call Delay_100 'Delay 100 mS
      B20 = $0C4 'Position 4 on LCD
      B19 = 07 'Address 7-12 on EEprom
      B1 = B20
      B6 = B19
      GoTo Scan1

MT: LCDOut $FE,1," "
     LCDOut $FE,$80," Hour - Minute "
     LCDOut $FE,$C6
     LCDOut $FE,$0F 'Turn on cursor
     Call Delay_1 'Delay 100 mS
     B20 = $0C6 'Position 6 on LCD
     B19 = 13 'Address 13-16 on EEprom
     B1 = B20
     B6 = B19
     GoTo Scan1

***** Subroutine of Store Hex Code
*****
S_Hex: B19 =17 'Store HEX code start address 17-20

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

B6 = B19                'Start, B 6 index Address 17 on EEPROM
B2 = B23                'Store data High Byte from B 23 to Address 17-18
Call S_L0                'Call Shift left
B2 = B23
Call S_R0                'Call Shift Right
B2 = B22                'Get data Low Byte from B 22 to Address 19-20
Call S_L0                'Call Shift left
B2 = B22
Call S_R0                'Call Shift Right
GoTo Store              'Store Hex code Complete, Goto store
S_L0: B2 = B2 >>4        'Shift B 2 to left 4 position
Call S0_F
I2CWrite DPIN,CPIN,SA0,B6,[B11] 'Write Top Byte from B 2 to B 6
Call Delay_10
B6 = B6+1                'Next Address on EEprom
Return
S_R0: B2 = B2 <<4        'Shift B 2 to Right 4 position
B2 = B2 >>4            'Shift B 2 to left 4 position
Call S0_F
I2CWrite DPIN,CPIN,SA0,B6,[B11] 'Write Bottom Byte from B 2 to B 6
Call Delay_10
B6 = B6+1                'Next Address on EEprom
Return
S0_F: Branch B2,[S0,S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9,SA,SB,SC,SD,SE,SF]
S0: B11 = "0" Return
S1: B11 = "1" Return
S2: B11 = "2" Return
S3: B11 = "3" Return
S4: B11 = "4" Return
S5: B11 = "5" Return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S6: B11 = "6" Return

S7: B11 = "7" Return

S8: B11 = "8" Return

S9: B11 = "9" Return

SA: B11 = "A" Return

SB: B11 = "B" Return

SC: B11 = "C" Return

SD: B11 = "D" Return

SE: B11 = "E" Return

SF: B11 = "F" Return

\*\*\*\*\* Subroutine Program Write data on EEprom \*\*\*\*\*

Store: LCDOut \$FE,1," "

LCDOut \$FE,\$80," Saving "

Call Delay\_100

B7 = B7+1

IF B7 > 20 Then Error\_3 'Goto Show Error\_3

IF B7 >= 11 Then ST3 'Goto Write on High order Address

B3 = \$A0 'Control word for EEPROM

B6 = 1

ST1: I2CRead DPIN,CPIN,B3,B6,[B8] 'Read data from B 6 to B 8

Call Delay\_10

B6 = B6+1

I2CWrite DPIN,CPIN,B3,B17,[B8] 'Write data from B 8 to B 17

Call Delay\_10

B17 = B17+1

IF B17 = B18 Then ST2 'Store Complete ? ,Yes Goto Next

address

GoTo ST1

'No ,GoTo Next Addresss

ST2: B18 = B18 +20

GoTo Cel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ST3:      B3 = $A2      'Control word for High order Address EEPROM
          B6 = 1

ST4:      I2CRead DPIN,CPIN,$A0,B6,[B8]      'Read data from B 6 to B 8
          Call Delay_10
          B6 = B6+1
          I2CWrite DPIN,CPIN,B3,B13,[B8] 'Write data from B 8 to B 13
          Call Delay_10

          B13 = B13+1
          IF B13 = B14 Then ST5 'Store Complete ? ,Yes Goto Next address
          GoTo ST4 'No ,GoTo Next Addresss

ST5:      B14 = B14 +20      GoTo Cel
          ***** Subroutine Program Send Data via RS 232 port *****
Send:     LCDOut $FE,1," "
          LCDOut $FE,$80," Sending "
          Call Delay_100
          B3 = $A0      'Control word for EEPROM
          B10 = 21      'Start,Send data form Address 21
          B12 = 41      'End,Addresss 41
          B24 = 0      'Send data first people

Se1:     I2CRead DPIN,CPIN,B3,B10,[B8]      'Read data from B 10 to B 8
          HSerout [B8,0] 'Send Ascii to rs_ 232 port
          B10 = B10 +1      'Next Address on EEPROM
          IF B10 = B12 Then Se2
          GoTo Se1

Se2:     HSerout [":",0]      'Send Complete
          B12 = B12 +20
          B24 = B24 +1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IF B24 = B7 Then Cel 'B24 = all people ? Yes goto Func 4

IF B24 >=10 Then Se3 'Goto High order Address

GoTo Se1

Se3: B3 = \$A2 'Control word for High order Address

EEPROM

B10 = 1 'Start,Send data form Address 21

B12 = 21 'End,Addresss 41

Se4: I2CRead DPIN,CPIN,B3,B10,[B8] 'Read data from B 10 to B 8

HSerout [B8,0] 'Send Ascii to rs\_ 232 port

B10 = B10 +1 'Next Address on EEPROM

IF B10 = B12 Then Se5

GoTo Se4

Se5: HSerout [":",0] 'Send Complete

B12 = B12 +20

B24 = B24 +1

IF B24 = B7 Then Cel 'B24 = all people ? Yes goto Func 4

GoTo Se4

\*\*\*\*\* Subroutine of Function Delay \*\*\*\*\*

Delay\_10: Pause 10 'Delay 10 ms

Return

Delay\_100: Pause 100 'Delay 100 ms

Return

\*\*\*\*\* Subroutine of Program Scand Key \*\*\*\*\*

scan1: TRISC.0=0

TRISC.1=0

TRISC.2=0

TRISC.5=0

TRISB.4=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRISB.5=1

TRISB.6=1

TRISB.7=1

High Row1

High Row2

High Row3

High Row4

loopa1: Low Row1

IF In0=0 Then Num0

IF In3=0 Then Num3

High Row1

loopb1: Low Row2

IF In2=0 Then Num6

High Row2

loopc1: Low Row3

IF In1=0 Then Num9

IF In2=0 Then Num5

High Row3

loopd1: Low Row4

High Row4

scan2: TRISC.0=0

TRISC.1=1

TRISC.2=1

TRISC.5= 0

TRISB.4=0

TRISB.5=1

TRISB.6=1

TRISB.7=0

High Row1

High Row4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

High In0
High In3
loopa2: Low Row1
    IF Row2=0 Then Num2
    IF Row3=0 Then Num1
    High Row1
loopb2: Low Row4
    High Row4
loopc2: Low In0
    IF In1=0 Then Num8
    IF In2=0 Then Num4
    High In0
loopd2: Low In3
    IF In1=0 Then Clr
    IF In2=0 Then Num7
    High In3
    GoTo scan1
Num1: B11 = "1"
    Call Delay_100
    LCDOut $FE,B1,"1"
    Call Delay_100
    Call Config_1
    GoTo scan1
Num2: B11 = "2"
    Call Delay_100
    LCDOut $FE,B1,"2"
    Call Delay_100
    Call Config_1
    GoTo scan1
Num3: B11 = "3"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Call Delay\_100  
 LCDOut \$FE,B1,"3"  
 Call Delay\_100  
 Call Config\_1  
 GoTo scan1

Num4: B11 = "4"

Call Delay\_100  
 LCDOut \$FE,B1,"4"  
 Call Delay\_100  
 Call Config\_1  
 GoTo scan1

Num5: B11 = "5"

Call Delay\_100  
 LCDOut \$FE,B1,"5"  
 Call Delay\_100  
 Call Config\_1  
 GoTo scan1

Num6: B11 = "6"

Call Delay\_100  
 LCDOut \$FE,B1,"6"  
 Call Delay\_100  
 Call Config\_1  
 GoTo scan1

Num7: B11 = "7"

Call Delay\_100  
 LCDOut \$FE,B1,"7"  
 Call Delay\_100  
 Call Config\_1  
 GoTo scan1

Num8: B11 = "8"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Call Delay_100
LCDOut $FE,B1,"8"
Call Delay_100
Call Config_1
GoTo scan1

```

Num9: B11 = "9"

```

Call Delay_100
LCDOut $FE,B1,"9"
Call Delay_100
Call Config_1
GoTo scan1

```

Num0: B11 = "0"

```

Call Delay_100
LCDOut $FE,B1,"0"
Call Delay_100
Call Config_1
GoTo scan1

```

Clr: B1 = B20

```

B6 = B19
W0 = 0
LCDOut $FE,B1," " 'Clear LCD on second lines
LCDOut $FE,B1
Call Delay_100
LCDOut $FE,$0F

```

'Turn on cursor

```

Call Delay_100
GoTo scan1

```

Config\_1:I2CWrite DPIN,CPIN,\$A0,B6,[B11] 'Write data from B 11 to B 6

```

Call Delay_10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    B1 = B1+1

Next cursor

    B6 = B6+1

Next Address on EEprom

    IF B6 = 07 Then Loop4 'Store ID complete ,Goto Press Enter
    IF B6 = 13    Then MT

'Store Date,Month,Year complete ,Goto Measure Time

    IF B6 = 17    Then S_Hex  'Store Measure Time complete ,Goto Store
    Return

***** Subroutine of Show Error *****
Error_1:LCDOut,$FE,$80," Temperature is "
    Call Delay_100
    LCDOut,$FE,$C1," lower range. "
    Call Delay_100
    TRISB.7=0
    TRISB.4=1
    Low In3
    IF In1=0 Then Loop2          'Press ESC
    GoTo Error_1

Error_2:LCDOut,$FE,$80," Temperature is "
    Call Delay_100
    LCDOut,$FE,$C1," higher range. "
    Call Delay_100
    TRISB.7=0
    TRISB.4=1
    Low In3
    IF In1=0 Then Loop2          'Press ESC

    GoTo Error_2

Error_3:LCDOut,$FE,1," "          'Clear LCD Display

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Err3:  LCDOut,$FE,$80," Full Memory "          'Show " Full Memory "
        LCDOut,$FE,$C0,"  Back = ESC"
        Call Delay_100
        TRISB.7=0

TRISB.4=1

Low In3

IF In1=0 Then Cel          'press ESC Goto to Cel
GoTo  Err3

***** Subroutine Show Temperature in Celsius Unit *****
Cel:  LCDOut,$FE,1," "          'Clear LCD Display
      LCDOut,$FE,$80," Temperature "          'Show " Temperature " on first line
      LCDOut,$FE,$0C
      'Turn off cursor .
      LCDOut,$FE,$C5," Celsius "          'Show temperature in celsius .
      Call Delay_10
      IF W3 = $2626 Then
      GoTo N45
      EndIF
      IF W3 >= $241E Then
      GoTo N44
      EndIF
      IF W3 >= $2216 Then
      GoTo N43
      EndIF
      IF W3 >= $200E Then
      GoTo N42
      EndIF
      IF W3 >= $1E06 Then
      GoTo N41
      EndIF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IF W3 >= $1BFE Then
GoTo N40
EndIF
IF W3 >= $19F6 Then
GoTo N39
EndIF
IF W3 >= $17EE Then
GoTo N38
EndIF
IF W3 >= $15E6 Then
GoTo N37
EndIF
IF W3 >= $13DE Then
GoTo N36
EndIF
IF W3 >= $11D6 Then
GoTo N35
EndIF
IF W3 >= $0FCE Then
GoTo N34
EndIF
IF W3 >= $0DC6 Then
GoTo N33
EndIF
IF W3 >= $0BBE Then
GoTo N32
EndIF
IF W3 >= $09B6 Then
GoTo N31
EndIF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IF W3 >= $07AE Then
  GoTo N30
EndIF

N45:  LCDOut,$FE,$C1,"45.0"          'Show number " 45.0. "
      GoTo Loop5

N44:  Call N44p                      'Goto show "44."
      GoTo Point

N43:  Call N43p                      'Goto show "43."
      GoTo Point

N42:  Call  N42p                      'Goto show "42."
      GoTo Point

N41:  Call N41p                      'Goto show "41."
      GoTo Point

N40:  Call N40p                      'Goto show "40."
      GoTo Point

N39:  Call N39p                      'Goto show "39."
      GoTo Point

N38:  Call N38p                      'Goto show "38."
      GoTo Point

N37:  Call N37p                      'Goto show "37."
      GoTo Point

N36:  Call N36p                      'Goto show "36."
      GoTo Point

N35:  Call N35p                      'Goto show "35."
      GoTo Point

N34:  Call N34p                      'Goto show "34."
      GoTo Point

N33:  Call N33p                      'Goto show "33."
      GoTo Point

N32:  Call N32p                      'Goto show "32."

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        GoTo Point
N31:  Call N31p                                'Goto show "31."'
        GoTo Point
N30:  Call N30p                                'Goto show "30."'
        GoTo Point
Point: W1=W3
        W2=$07E1
P0_0: IF W1<=W2 Then                          'Goto show "0"'
        GoTo N0
        EndIF
        W2=W2+$34
        IF W1<=W2 Then                          'Goto show "1"'
        GoTo N1
        EndIF
        W2=W2+$34
        IF W1<=W2 Then                          'Goto show "2"'
        GoTo N2
        EndIF
        W2=W2+$34
        IF W1<= W2 Then                        'Goto show "3"'
        GoTo N3
        EndIF
        W2=W2+$34
        IF W1<=W2 Then                          'Goto show "4"'
        GoTo N4
        EndIF
        W2=W2+$34
        IF W1<=W2 Then                          'Goto show "5"'
        GoTo N5
        EndIF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

W2=W2+$34
IF W1<=W2 Then                                'Goto show "6"
GoTo N6
EndIF
W2=W2+$34
IF W1<=W2 Then                                'Goto show "7"
GoTo N7
EndIF
W2=W2+$34
IF W1<=W2 Then                                'Goto show "8"
GoTo N8
EndIF
W2=W2+$34
IF W1<=W2 Then                                'Goto show "9"
GoTo N9
EndIF
W2=W2+$34
GoTo P0_0
N30p: LCDOut,$FE,$C1,"30."                    'Show number " 30. "
Return
N31p: LCDOut,$FE,$C1,"31."                    'Show number " 31. "
Return
N32p: LCDOut,$FE,$C1,"32."                    'Show number " 32. "
Return
N33p: LCDOut,$FE,$C1,"33."                    'Show number " 33. "
Return
N34p: LCDOut,$FE,$C1,"34."                    'Show number " 34. "
Return
N35p: LCDOut,$FE,$C1,"35."                    'Show number " 35. "
Return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N36p: LCDOut,\$FE,\$C1,"36." 'Show number " 36. "  
 Return

N37p: LCDOut,\$FE,\$C1,"37." 'Show number " 37. "  
 Return

N38p: LCDOut,\$FE,\$C1,"38." 'Show number " 38. "  
 Return

N39p: LCDOut,\$FE,\$C1,"39." 'Show number " 39. "  
 Return

N40p: LCDOut,\$FE,\$C1,"40." 'Show number " 40. "  
 Return

N41p: LCDOut,\$FE,\$C1,"41." 'Show number " 41. "  
 Return

N42p: LCDOut,\$FE,\$C1,"42." 'Show number " 42. "  
 Return

N43p: LCDOut,\$FE,\$C1,"43." 'Show number " 43. "  
 Return

N44p: LCDOut,\$FE,\$C1,"44." 'Show number " 44. "  
 Return

N0: LCDOut,\$FE,\$C4,"0" 'Show number " 0 "  
 GoTo Loop5

N1: LCDOut,\$FE,\$C4,"1" 'Show number " 1 "  
 GoTo Loop5

N2: LCDOut,\$FE,\$C4,"2" 'Show number " 2 "  
 GoTo Loop5

N3: LCDOut,\$FE,\$C4,"3" 'Show number " 3 "  
 GoTo Loop5

N4: LCDOut,\$FE,\$C4,"4" 'Show number " 4 "  
 GoTo Loop5

N5: LCDOut,\$FE,\$C4,"5" 'Show number " 5 "  
 GoTo Loop5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N6: LCDOut,\$FE,\$C4,"6" 'Show number " 6 "  
 GoTo Loop5

N7: LCDOut,\$FE,\$C4,"7" 'Show number " 7 "  
 GoTo Loop5

N8: LCDOut,\$FE,\$C4,"8" 'Show number " 8 "  
 GoTo Loop5

N9: LCDOut,\$FE,\$C4,"9" 'Show number " 9 "  
 GoTo Loop5

\*\*\*\*\*

End



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Thermopile Infrared Sensor

TP336

### ■ Features

The thermopile sensor consists of a series of 116 thermoelements, forming a sensitive region size of  $545\mu\text{m}$  (diameter). The sensor is hermetically sealed into a TO-5 metal housing, with an optical filter. This standard filter allows measurements to be made in the spectral range above  $5\mu\text{m}$  wavelength. The thermosensor exhibits an almost white noise, comparable to an ohmic resistance. It has a constant signal versus frequency up to its frequency limit, and is directly proportional to incident radiation.

### ■ Applications

- \* Ear thermometers; clinic thermometers
- \* Infrared thermometers
- \* Consumer applications: hair dryer, micro-wave oven, air conditioner, refrigerator
- \* Continuous temperature control of manufacturing
- \* Security system
- \* Radiation monitor switch system
- \* Absorbing measurement for gas analysis
- \* Thermoelectric converter
- \* Heat flux flowmeter

## Thermopile Infrared Sensor

TP336

### Electrical Characteristics

Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
<b>Thermopile</b>					
Number of thermojunctions		—	116	—	
Chip size		—	1740*1740	—	$\mu\text{m}^2$
Active region size	Interference layer	—	Diameter 545	—	$\mu\text{m}$
Thickness of substrate	Silicon-substrate	600	625	650	$\mu\text{m}$
Resistance of thermopile	25 $^{\circ}$ C	50	65	80	K $\Omega$
Sensitivity	With 5-14 $\mu\text{m}$ filter	70	85	100	V/W
Detecctivity		$1.0 \cdot 10^8$	$1.3 \cdot 10^8$	$1.7 \cdot 10^8$	$\text{cm}^2 \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$
Time constant		—	16	—	ms
Noise voltage		28	32	36	nV/Hz <sup>1/2</sup>
NEP		0.28	0.36	0.48	nW/Hz <sup>1/2</sup>
Temperature range	Operation	-20	—	100	$^{\circ}\text{C}$

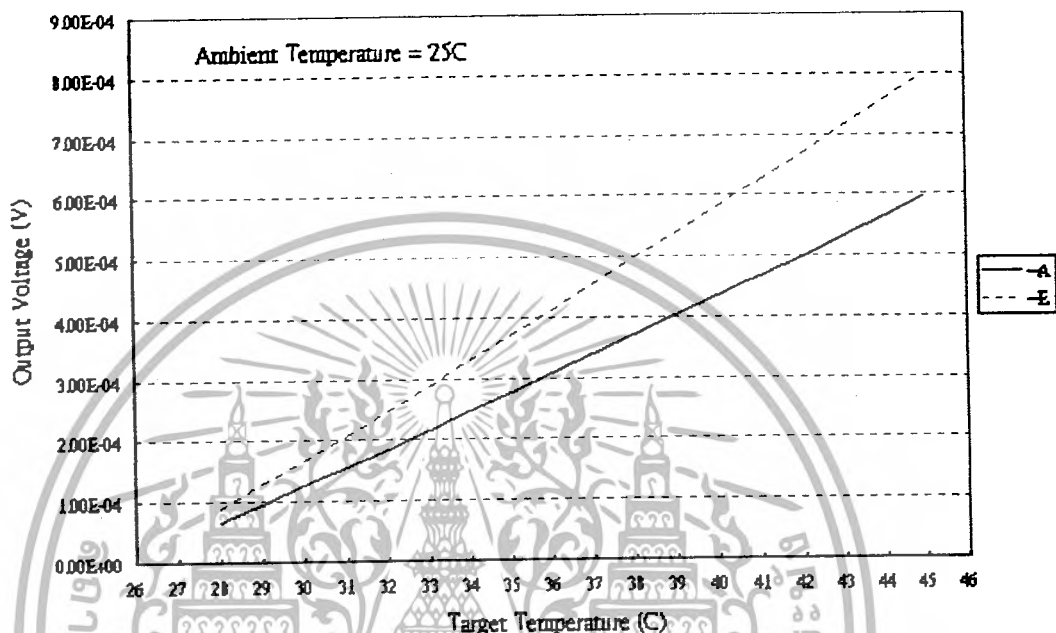
Measured at 1 Hz chopper frequency, within spectral range 5-14 $\mu\text{m}$ , using a blackbody radiator of 500K temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

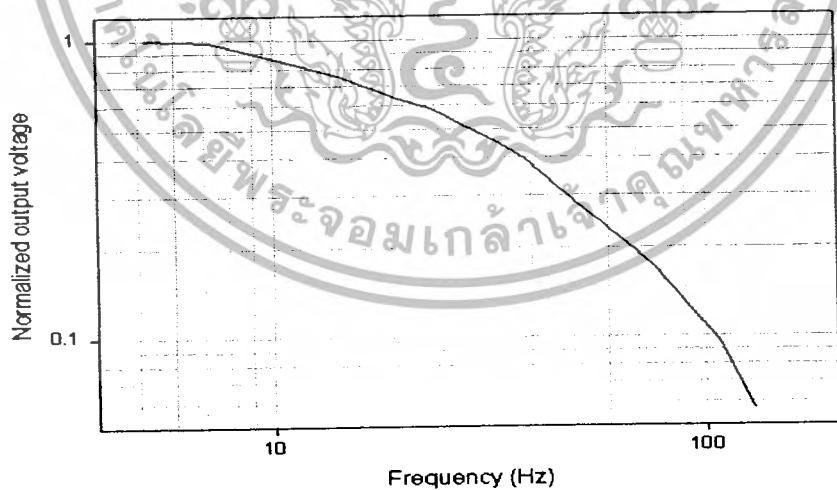
# Thermopile Infrared Sensor

TP336

## Thermopile voltage vs. blackbody temperature



## Frequency response



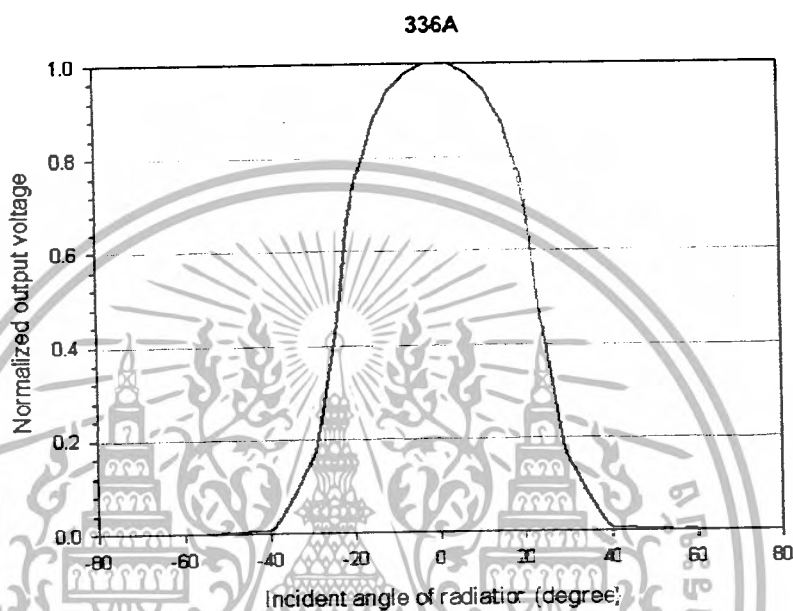
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Thermopile Infrared Sensor

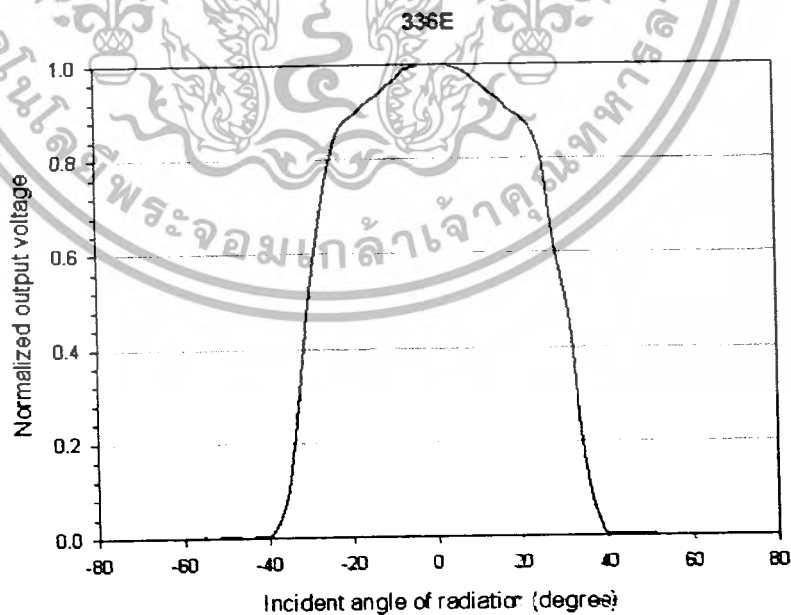
TP336

### Field of view

1) window size: 2.57mm (diameter)



2) window size: 3.80mm (diameter)



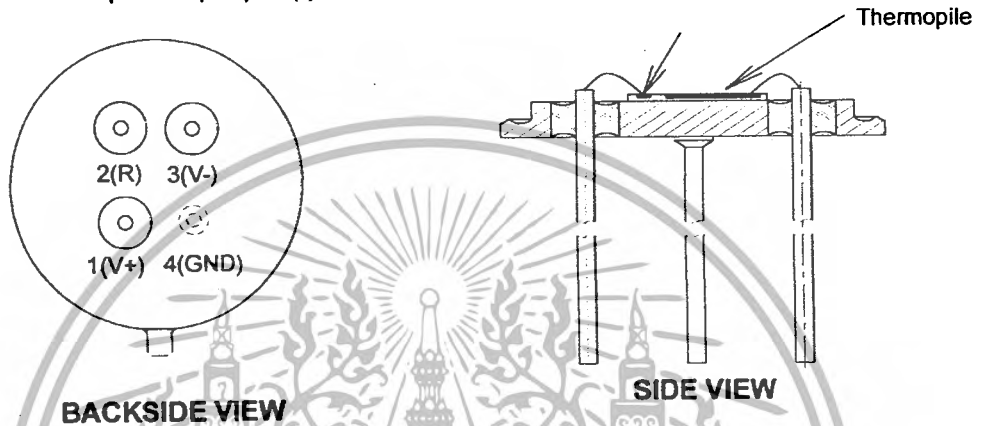
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Thermopile Infrared Sensor

TP336

### ■ Pin assignment & description

- 1 thermopile output pin (+)
- 3 thermopile output pin (-)



### ■ Order information : TP336□

- : A : Standard filter (5-14 $\mu$ m), window size=2.57mm (diameter).
- B : Silicon filter with flat band transmission, window size=2.57mm (diameter).
- E : Standard filter (5-14 $\mu$ m), window size=3.80mm (diameter).
- F : Silicon filter with flat band transmission, window size=3.80mm (diameter).

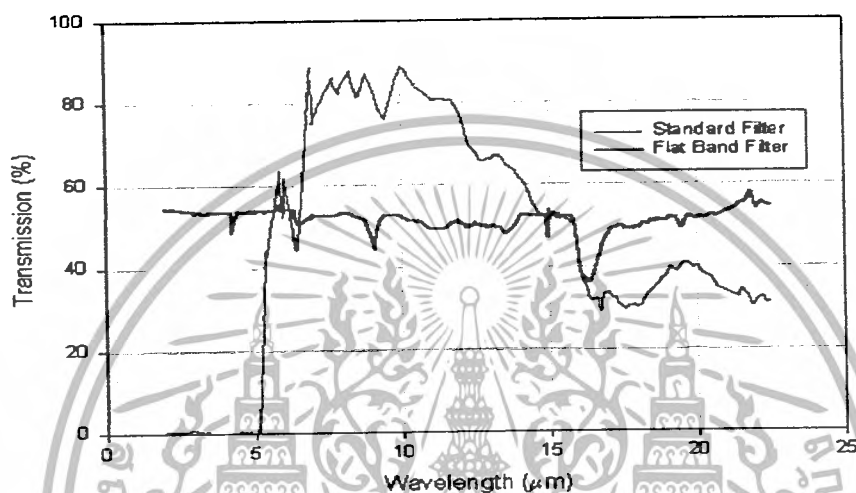
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Thermopile Infrared Sensor

TP336

### Transmission of filter

Transmission of optical filter is measured by FTIR from 2 $\mu$ m



### Package

The sensor is hermetically sealed into a TO-5 metal housing, with an optical filter. This standard filter allows measurements to be made in the spectral range above 5 $\mu$ m wavelength. The dimensions of header and cap are shown below.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้