

สำนักหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง

คู่มือควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิดแบบฉายรังสีความร้อน

ควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

INFANT RADIANT WARMER TEMPERATURE

CONTROLLED BY LabVIEW

โดย

นาย ชชาติ เจียนจ่อหอ

นาย ศรีนคร ฉาวร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....62337
วัน,เดือน,ปี.16 ส.ค. 2549

b. 7162128x
i.....

ปฏิญานี้พินธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิดแบบฉายรังสีความร้อน

ควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

INFANT RADIANT WARMMER TEMPERATURE

CONTROLLED BY LabVIEW

โดย

นาย ชชาติ เจียนจอหอ 46015258

นาย ศรีนคร ถาวร 46015282

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2548

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิดแบบฉายรังสีความร้อนควบคุม

ด้วยโปรแกรม LabVIEW

ผู้จัดทำ

นาย ชชาติ เจียนจ่อหอ เลขประจำตัว 46015258

นาย ศรินทร์ ถาวร เลขประจำตัว 46015282



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิดแบบฉายรังสีความร้อน
ควบคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW

นาย ชาศรี เจียนจอหอ รหัส 46015258

นาย ศรีนคร ถาวร รหัส 46015282

ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ในปฏิญานิพนธ์เรื่องนี้เป็นการศึกษาต่อเนื่องมาจากการออกแบบตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กแรกเกิด (INFANT RADIANT WARMER TEMPERATURE CONTROLLED BY LabVIEW) เป็นการศึกษา และพัฒนาการปรับสภาพอุณหภูมิให้เหมาะสมกับเด็กแรกเกิดที่ร่างกายไม่สมบูรณ์แข็งแรงเนื่องจากในปัจจุบันเราจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศอีกทั้งยังมีราคาแพงด้วยเหตุนี้เองโครงการนี้จะช่วยลดการนำเข้าและให้สามารถใช้งานได้ใกล้เคียงมาตรฐานของต่างประเทศ โดยในการจัดทำ โครงการนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานของระบบ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และโปรแกรม LabVIEWรวมทั้งการใช้อัลกอริทึมระบบควบคุมแบบ PID ส่วนการตรวจจับอุณหภูมิเราจะใช้ SHT-15 เป็นตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำโดยมีค่าผิดพลาด 0.5 องศาเซลเซียส

**INFANT RADIANT WARMER TEMPERATURE
CONTROLLED BY LabVIEW**

Chatree Jianjoho

Srinakorn Thaworn

Polsart Lertprasert Advisor

2005

ABSTRACT

This project studies about the Infant radiant warmer Temperature Controlled by LabVIEW, which is used for a newborn whose frail health is caused by premature birth. However, Infant warmer is expensive and must be imported from abroad. Therefore, this project has been conducted and developed in order to decrease importation and to be able to invent infant warmer which meets the international standard

We design Infant radiant warmer Temperature Controlled by LabVIEW. A SHT-17 was used as the temperature sensor, while Microcontroller MCS-51 and LabVIEW Program is employ control our system. The control system features a PID-type automatic control system. Our system has a satisfactory performance with the temperature accuracy of ± 0.5 degree Celsius

III

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำ และความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจาก ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ ขอขอบคุณพี่สายันต์ และเพื่อน ฟาน, เพื่อนเรย์ ที่ให้ข้อมูลอุปกรณ์ และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนและคนอื่นๆที่คอยช่วยเหลือจน โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมนามประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.2 ขอบเขตของโครงการ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยสังเขป	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	5
2.1 ทารกแรกเกิด	5
2.1.1 การจำแนกประเภทของทารกแรกเกิด	5
2.1.1.1 การจำแนกโดยน้ำหนักตัว โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นเครื่องแยก	5
2.1.1.2 การจำแนกโดยอายุครรภ์	5
2.1.1.3 การจำแนกประเภทโดยใช้น้ำหนักเปรียบเทียบกับอายุครรภ์	6
2.1.2 ความผิดปกติของทารกแรกเกิด	7
2.1.2.1 ทารกแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ	7
2.1.2.2 ทารกคลอดก่อนกำหนด (Prematurity)	8
2.2 หลักการควบคุมอัตโนมัติ	11
2.2.1 กิริยาการควบคุมของตัวควบคุมอัตโนมัติ	12
2.2.1.1 กิริยาการควบคุมแบบสองตำแหน่งหรือแบบ On-off	12
2.2.1.2 กิริยาการควบคุมแบบ Proportional	13
2.2.1.3 กิริยาการควบคุมแบบ Integral	14
2.2.1.4 กิริยาการควบคุมแบบ Proportional+ integral หรือ PI	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.1.5 กิริยาการควบคุมแบบ Proportional derivative หรือ PD	17
2.2.1.6 กิริยาการควบคุมแบบ proportional + integral + derivative	18
2.2.1.7 สมการการควบคุมแบบ PID ในทาง discrete time	20
2.2.2 การปรับค่าตัวควบคุม	20
2.3 โปรแกรมLabVIEW	24
2.3.1 Front Panel	24
2.3.2 Block Diagram	25
2.4 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	26
2.4.1 Simplex	26
2.4.2 Half-Duplex	26
2.4.3 Full-Duplex	26
2.4.4 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)	26
2.4.5 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	26
2.5 มาตรฐาน RS-232C	27
2.5.1 อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment)	27
2.5.2 อุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment)	27
2.5.3 ลักษณะของคอนเน็คเตอร์แบบ D-Type	27
2.5.4 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	29
2.5.5 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	30
บทที่ 3 ส่วนประกอบและการทำงานของวงจร	32
3.1 ส่วนประกอบของวงจร	32
3.1.1 ส่วนประมวลผล	32
3.1.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	32
3.1.1.2 โปรแกรม LabVIEW	33
3.1.2 ส่วนวัดอุณหภูมิ	35
3.1.3 ส่วนของการแสดงผล	39
3.1.4 ส่วนให้ความร้อน	40

VI
สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1.5 ส่วนแสดงสัญญาณ Alarm	42
3.1.6 ส่วนจ่ายไฟเลี้ยง	43
3.1.7 อธิบาย Main Program	43
3.1.8 อธิบาย Program ส่วนควบคุม Heater	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 การทดลองที่ 1 วัดค่าอุณหภูมิจาก Heater ที่ระยะที่แตกต่างกัน โดยเทียบกับ Thermometer	45
4.1.1 อุปกรณ์ในการทดลอง	45
4.1.2 วิธีการทดลอง	47
4.2 การทดลองที่ 2.1 การทดลองปรับค่าที่อุณหภูมิอ้างอิง (35°C) โดยเลือกใช้ค่า PID ที่เหมาะสม	54
4.3 การทดลองที่ 2.2 เป็นการทดลองในการปรับอุณหภูมิที่ค่าต่างๆ (ย่านการใช้งาน) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ของระบบ PID เลือกใช้ค่าที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.1	62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	68
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VII

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกโดยอายุครรภ์ของ 2 กลุ่ม	5
ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่างๆกัน ในระยะ 24 ชั่วโมง แรก	10
ตารางที่ 2.3 ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบสำหรับทารกขนาดต่างๆกันเมื่ออายุมากขึ้น (°C)	10
ตารางที่ 3.1 แสดงขาสัญญาณของ SHT15	37
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT15	37
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA	39
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ของเซนเซอร์ SHT-15 และเทอร์โมมิเตอร์	55

VIII

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ โครงงานนี้	3
รูปที่ 1.2 แสดงชิ้นงานของ โครงงานนี้	4
รูปที่ 2.1 เส้นกราฟแสดงการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์	6
รูปที่ 2.2 Block diagram ของตัวควบคุมอัตโนมัติที่ต่อร่วมกับอุปกรณ์วัดสัญญาณ	12
รูปที่ 2.3 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ on-off	13
รูปที่ 2.4 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional	14
รูปที่ 2.5 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ integral	14
รูปที่ 2.6(ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional+integral	16
(ข) อินพุตของตัวควบคุมซึ่งเป็นแบบ unit step	
(ค) เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ PI เมื่ออินพุทเป็น unit step	
รูปที่ 2.7(ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional+ derivative	17
(ข) อินพุทของตัวควบคุมซึ่งเป็นแบบ unit ramp	
(ค) เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ PD	
รูปที่ 2.8(ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบPID	19
(ข) สัญญาณอินพุทเป็น unit ramp	
(ค) สัญญาณเอาท์พุทของตัวควบคุม	
รูปที่ 2.9 ผลตอบสนองของระบบที่มีอัตราการเสื่อม 1/4	21
รูปที่ 2.10 ผลตอบสนองของระบบ Closed-loop เพื่อใช้หาค่าของ K_u และ P_u	24
รูปที่ 3.1 แสดงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8252	34
รูปที่ 3.2 (a) Front Panel	35
(b)Block Diagram	
รูปที่ 3.3 รูป เซ็นเซอร์เบอร์ SHT1X และ SHT7X	36
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของ SHT15	37
รูปที่ 3.5 แสดง Block Diagram ของ SHT15	38
รูปที่ 3.6 แสดงการต่อ SHT15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IX

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT15	39
รูปที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของTiming Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของSHT15	39
รูปที่ 3.9 แสดง Timing Diagram ของตัวอย่างการวัดความชื้นที่ 75.79%RH	40
รูปที่ 3.10 วงจรส่วนของการแสดงผล	41
รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างภายในของ อินฟราเรด เซรามิก ฮีทเตอร์	42
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมการ On-Off ของฮีทเตอร์โดยใช้หลักการของวงจร Zero-Cross	42
รูปที่ 3.13 การสับสวิทซ์ลงตรงจุดแรงดันตัดข้ามศูนย์	43
รูปที่ 3.14 วงจรส่วนแสดงสัญญาณ Alarm	44
รูปที่ 3.15 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 5 V	45
รูปที่ 4.1 บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์	51
รูปที่ 4.2 เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เบอร์ SHT-15	52
รูปที่ 4.3 เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน	52
รูปที่ 4.4 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง	53
รูปที่ 4.5 รูปแสดงการทดลองที่ 1	53
รูปที่ 4.6 รูปแสดงสเกลในการทดลอง	54
รูปที่ 4.7 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 0.5 cm	55
รูปที่ 4.8 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 1.0 cm	56
รูปที่ 4.9 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 1.5 cm	56
รูปที่ 4.10 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 2.0 cm	57
รูปที่ 4.11 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 2.5 cm	57
รูปที่ 4.12 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 3.0 cm	58
รูปที่ 4.13 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 3.5 cm	58
รูปที่ 4.14 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 4.0 cm	59
รูปที่ 4.15 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 4.5 cm	59
รูปที่ 4.16 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 5.0cm	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.17 ชุดควบคุมอุณหภูมิ	60
รูปที่ 4.18 ส่วนให้ความร้อน	61
รูปที่ 4.19 เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น SHT-15	61
รูปที่ 4.20 โปรแกรมLabVIEW	62
รูปที่ 4.21 การ์ด DAQ NI USB-6008	62
รูปที่ 4.22 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.3$)	63
รูปที่ 4.23 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.3, T_d = 0.3$)	63
รูปที่ 4.24 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	64
รูปที่ 4.25 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 400, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	64
รูปที่ 4.26 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 600, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	64
รูปที่ 4.27 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.35, T_d = 0.4$)	65
รูปที่ 4.28 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 550, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	65
รูปที่ 4.29 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 450, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	65
รูปที่ 4.30 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300, T_i = 1.35, T_d = 0.3$)	66
รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300, T_i = 1.4, T_d = 0.3$)	66
รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300, T_i = 1.5, T_d = 0.3$)	66
รูปที่ 4.33 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.5, T_d = 0.3$)	67
รูปที่ 4.34 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.5, T_d = 0.4$)	67
รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.4$)	67
รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.5$)	68
รูปที่ 4.37 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$)	68
รูปที่ 4.38 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.25$)	68
รูปที่ 4.39 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.15$)	69
รูปที่ 4.40 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.4, T_d = 0.3$)	69

ที่ 27°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XI

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.41 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500, T_i = 1.35, T_d = 0.3$) ที่ 28°C	70
รูปที่ 4.42 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 29°C	70
รูปที่ 4.43 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.25$) ที่ 30°C	70
รูปที่ 4.44 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 31°C	71
รูปที่ 4.45 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 32°C	71
รูปที่ 4.46 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 33°C	71
รูปที่ 4.47 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 34°C	72
รูปที่ 4.48 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 35°C	72
รูปที่ 4.49 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 36°C	72
รูปที่ 4.50 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 37°C	73
รูปที่ 4.51 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 38°C	73
รูปที่ 4.52 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220, T_i = 1.4, T_d = 0.3$) ที่ 39°C	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.53 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 40°c	74
รูปที่ 4.54 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 30°c ที่เวลา 1 ชั่วโมง	74



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันจำนวนของประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ประเทศไทยเองก็มีอัตราการเติบโตของประชากรเพิ่มขึ้นเช่นกัน และในจำนวนไม่น้อยของประชากรที่เกิดใหม่หรือทารกแรกเกิด มักจะมีการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตเกิดขึ้นในระยะหลังการคลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเด็กที่คลอดก่อนกำหนดหรือเด็กที่มีน้ำหนักตัวน้อย ซึ่งเครื่องมือแพทย์อย่างเช่น ตู้อบเด็กทารกแรกเกิดหรือ

เครื่องให้ความร้อนแก่ทารกแรกเกิด (Radiant Infant Warmer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการรักษาเด็กทารกแรกเกิด ที่มีความผิดปกติและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาของแพทย์ผู้ให้การรักษา โดยเครื่องให้ความร้อนแก่ทารกแรกเกิด (Radiant Infant Warmer) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อนเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของทารกคลอดก่อนกำหนดหรือเด็กที่มีน้ำหนักตัวน้อยซึ่งจะเกิดภาวะตัวเย็น ให้อุณหภูมิในตัวทารกอยู่ในระดับมาตรฐานแล้วจึงทำการรักษาขั้นตอนต่อไป

เนื่องจากเครื่องมือแพทย์ชนิดนี้มีความสำคัญ แต่ยังมีราคาแพงอีกทั้งยังนำเข้ามาจากต่างประเทศ โครงการนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาให้สามารถสร้างขึ้นได้เองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีสามารถใช้ในการควบคุมการทำงานต่างๆตั้งแต่ระบบเล็กๆ จนถึงระดับอุตสาหกรรม ผสมกับหลักการควบคุมอัตโนมัติแบบ PID control ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้จึงได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S8252 เข้ามาทำงานร่วมกับหลักการควบคุมอัตโนมัติแบบ PID control และใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมการทำงาน

โครงการนี้ควบคุมความร้อนสำหรับทารกแรกเกิดประกอบด้วยการทำงาน 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ส่วนควบคุมและประมวลผลการทำงาน โดยในโครงการนี้จะใช้การทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรม LabVIEW และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของแต่ละส่วน
2. ส่วนกำเนิดความร้อน ใช้แท่งอินฟราเรด เซรามิก ฮีตเตอร์ (Infrared Ceramic Heater) ในการแผ่ความร้อนและสามารถกำหนดอุณหภูมิตามต้องการ
3. ส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นใช้ไอซี เบอร์ SHT15 เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่า Output เป็นข้อมูล Digital ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์จึงจะได้ค่า Output ที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิ และความชื้น เครื่องให้ความร้อนแก่ทารกแรกเกิดนี้สามารถ

วัดอุณหภูมิโดยมีความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียสและสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0-125 องศาเซลเซียส

4. ส่วนของการแสดงผลการทำงาน ในโครงการนี้ใช้จอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลการทำงาน แสดงการทำงานต่างๆของอุณหภูมิและความชื้นในการควบคุมและแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพต่างๆ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ออกแบบและสร้างเครื่องให้ความร้อนแก่เด็กทารกแรกเกิดที่ใช้หลักการควบคุมอัตโนมัติแบบ PID control และการใช้โปรแกรม LabVIEW ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วงที่ใช้ในการรักษาคือ 29.2-35.5 °C ได้

- สามารถปรับความละเอียดได้ 0.1 °C

- สามารถตั้งเวลาในการทำงานตามต้องการ

- มีระบบการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและเวลาในการทำงานเพื่อให้สามารถทำงานต่อได้ในกรณีไฟดับหรือระบบเกิดการ Reset แล้วไม่มีการ Set ค่าใหม่

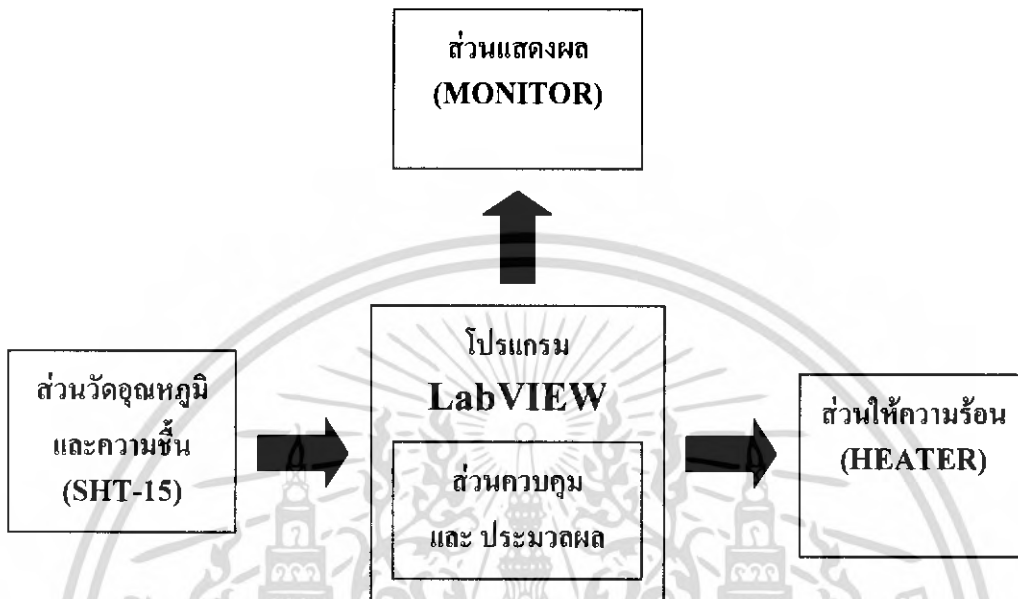
1.2 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ได้มีการออกแบบเครื่องให้ความร้อนแก่เด็กแรกเกิดซึ่งสามารถให้ความร้อนแก่ทารกแรกเกิดและกำหนดเวลาในการทำงานตามต้องการ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เนื่องจากปัจจุบันเครื่องให้ความร้อนแก่เด็กแรกเกิด ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง โครงการนี้จึงสามารถใช้เป็นรูปแบบในการพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแก่ทารกแรกเกิดได้
2. สามารถใช้งาน Program LabVIEW และอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
3. เข้าใจและสามารถนำหลักการควบคุมอัตโนมัติแบบ PID ไปประยุกต์ใช้งานได้

1.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยสังเขป



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงการนี้

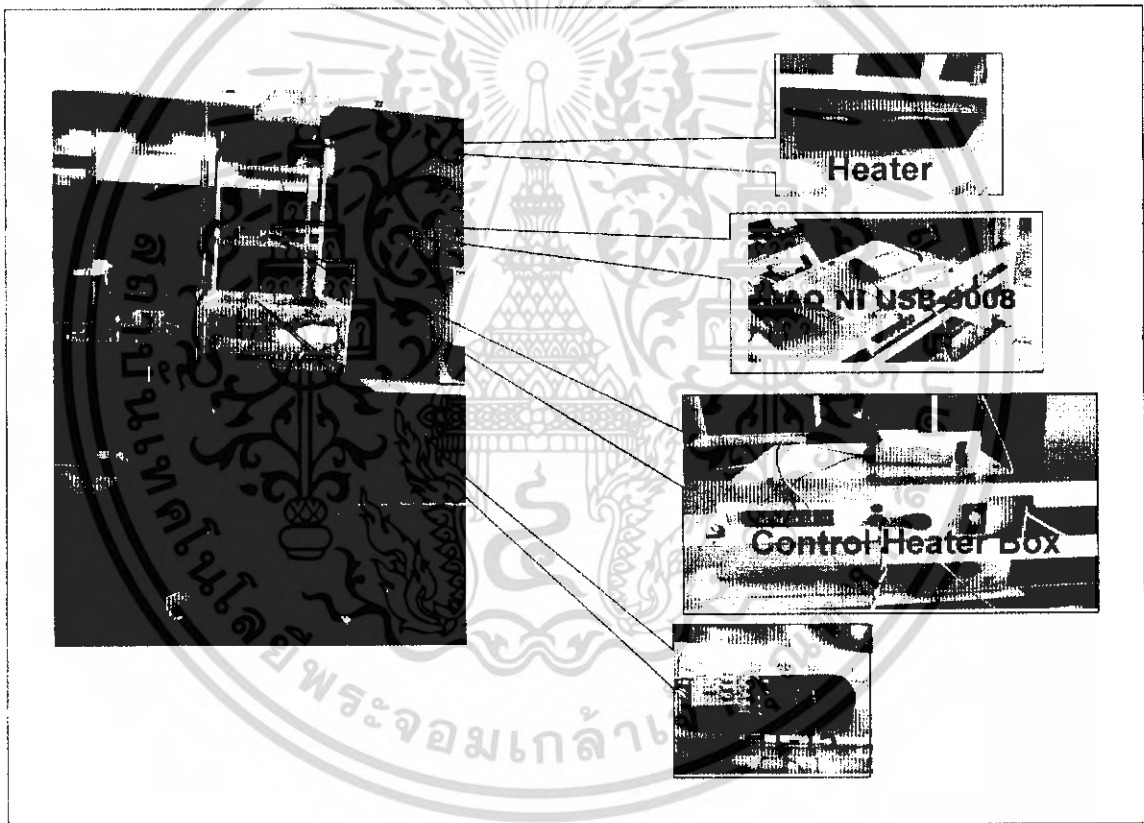
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้น
ทำหน้าที่แปลงค่าอุณหภูมิให้เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ ไอซีเบอร์ SHT-15
- ส่วนควบคุมควบคุมและตัวประมวลผล
 - รับค่าอุณหภูมิและเวลาที่ผู้ใช้ต้องการไปทำการเก็บไว้เพื่อประมวลผล
 - รับค่าสัญญาณไฟฟ้าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วประมวลผลร่วมกับค่าอุณหภูมิที่ต้องการตามหลักการ PID Control เพื่อนำค่าที่ได้ส่งให้วงจรควบคุม Heater อีกที
 - นำค่าอุณหภูมิและเวลาที่อ่านได้ส่งไปให้จอแสดงผลทำการแสดงค่าต่างๆ
 - ทำการคำนวณค่าเวลาในการทำงานที่เหลือและนำค่าอุณหภูมิและเวลาเก็บในหน่วยความจำ เพื่อนำกลับมาใช้ในกรณีไฟดับหรือระบบเกิดการ Reset แล้วไม่มีการ Set ค่าใหม่
 - ทำหน้าที่ในการตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาจากผู้ใช้และทำการส่งไปให้ตัวประมวลผล
- ส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่แสดงผลอุณหภูมิและเวลาในการทำงานที่เหลือทั้งหมด อีกทั้งยังมีไฟแสดงสถานะต่างๆของเครื่องคือ Alarm และสถานะการทำงานของ Heater ว่าเป็น 100% หรือ 0% โดยทั้งหมดจะแสดงผลออกทางจอมอนิเตอร์

- ชุดควบคุม Heater

ทำหน้าที่นำสัญญาณ Pulse ควบคุมที่มาจากตัวประมวลผลซึ่งเป็นสัญญาณ Square wave ความถี่ 1 Hz ที่มีการเปลี่ยนค่า % Duty cycle ตามเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการให้ Heater ทำงาน ไปควบคุมการทำงานของ Heater โดยใช้วงจร Zero-cross เป็นวงจรควบคุมการ On-Off ของ Heater



รูปที่ 1.2 ชิ้นงานของโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทารกแรกเกิด

สิ่งจำเป็นในการรักษาดูแลทารกแรกเกิด คือการจำแนกประเภททารกแรกเกิด ทั้งนี้เนื่องจากทารกที่คลอดมามีขนาดอายุครรภ์ต่าง ๆ กัน การปรับตัวต่อสภาพภายนอกครรภ์จึงแตกต่างกันตามอายุครรภ์ที่ต่างกันทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย การจำแนกประเภททารกแรกเกิด ทำให้การวินิจฉัยโรค การดูแลรักษาและพยากรณ์โรคได้ดีขึ้น

2.1.1 การจำแนกประเภทของทารกแรกเกิด ที่ใช้กันเสมอมี 3 แบบ

2.1.1.1 การจำแนกโดยน้ำหนักตัว โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นเครื่องแยก

- Low Birth Weight คือทารกที่คลอดมามีน้ำหนักเท่ากับ 2500 กรัมหรือน้อยกว่า
- Very Low Birth Weight คือทารกที่มีน้ำหนักตัวแรกคลอดน้อยกว่า 1500 กรัม
- Very Very Low Birth Weight คือทารกน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 1000 กรัม
- Full Birth Weight คือทารกที่มีน้ำหนักคลอดมากกว่า 2500 กรัม

2.1.1.2 การจำแนกโดยอายุครรภ์ โดยใช้อายุครรภ์เป็นเครื่องแยก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พวก

ได้แก่

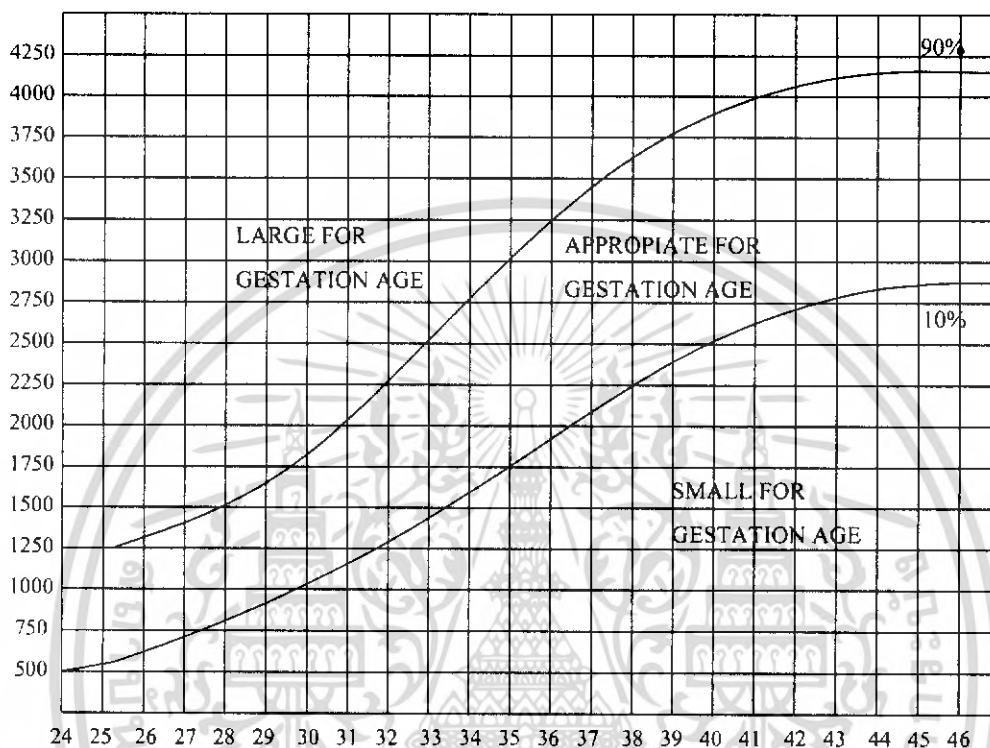
ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกโดยอายุครรภ์ของ 2 กลุ่ม

	คำจำกัดความ	
	WHO and European pediatric groups	American academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn
1. ทารกคลอดก่อนกำหนด (Pre Term)	ทารกคลอดก่อนอายุครรภ์ 37 อาทิตย์	ทารกคลอดก่อนอายุครรภ์ 38 อาทิตย์
2. ทารกคลอดครบกำหนด (Term)	ทารกคลอดระหว่างอายุครรภ์ 37 – 41 อาทิตย์	ทารกคลอดระหว่างอายุครรภ์ 38 – 41 อาทิตย์
3. ทารกคลอดเกินกำหนด (Post Term)	ทารกคลอดก่อนอายุครรภ์ 42 อาทิตย์ หรือมากกว่า	ทารกคลอดก่อนอายุครรภ์ 42 อาทิตย์หรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 การจำแนกประเภทโดยใช้น้ำหนักเปรียบเทียบอายุครรภ์

ในการนี้ต้องใช้เส้นกราฟแสดงการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ (Intrauterine growth curve)



รูปที่ 2.1 เส้นกราฟแสดงการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์

การจำแนกทารกจะได้ทารก 3 กลุ่มใหญ่ โดยใช้เส้นกราฟที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 (10th percentile) และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (90th percentile) เป็นตัวแบ่งและในแต่ละกลุ่มก็แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีกกลุ่มละ 3 กลุ่มย่อย ดังรูป

SGA : Small for Gestational Age คือ ทารกที่มีน้ำหนักน้อยกว่าอายุครรภ์ที่ควรจะเป็น บางคนใช้น้ำหนักที่น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 บางคนใช้น้ำหนักที่น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 3 บางคนใช้น้ำหนักที่น้อยกว่า 2 Standard deviation จากค่าเฉลี่ย (mean)

LGA : Large for Gestation Age คือ ทารกที่มีน้ำหนักมากกว่าอายุครรภ์ที่ควรจะเป็น ใช้น้ำหนักที่มากกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90

2.1.2 ความผิดปกติของทารกแรกเกิด

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงการแยกประเภททารกแรกเกิด จะพบว่าทารกที่มีความผิดปกติ คือ

- ทารกที่มีน้ำหนักตัว (Birth Weight) น้อยกว่า 2500 กรัม หรือมากกว่า 4000 กรัม
- ทารกที่คลอดก่อน (Birth before) 37 สัปดาห์ หรือคลอดหลัง 42 สัปดาห์
- SGA, LGA
- การเจ็บป่วย เช่น หายใจหอบ ภาวะตัวเหลือง เยี่ยว ฯลฯ

ซึ่งเราจะศึกษาเฉพาะความผิดปกติที่สามารถใช้เครื่องให้ความร้อนแก่เด็กแรกเกิดในการรักษา เท่านั้น นั่นคือ

2.1.2.1 ทารกแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ

2.1.2.2 ทารกแรกเกิดคลอดก่อนกำหนด

2.1.2.1 ทารกแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ

คำจำกัดความ คือ ทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2500 กรัม ซึ่งอาจจะแบ่งเป็น

- ทารกน้ำหนักตัวน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของอายุครรภ์ (SGA : Small for Gestational Age) ซึ่งหมายถึง เด็กที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าเปอร์เซนไทล์ที่ 10 ดังรูปที่ 2.1
- ทารกขาดการส่งผ่านสารอาหารจากรก (Dysmaturity)
- อื่นๆ เช่น ทารกตัวเล็กโดยไม่ทราบสาเหตุ (Constitution Small Baby) ทารกตัวเล็กอายุครรภ์เกินกำหนด (Postmaturity) ทารกแคระ (Dwarf) ทารกพิการแต่กำเนิด (Congenital Anomaly) เช่น อวัยวะบางส่วนหายไป หรือไม่พัฒนาขึ้นระหว่างตั้งครรภ์

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะทารกแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติซึ่งเป็นผลมาจากค่าเฉลี่ยของอายุครรภ์น้อยกว่าเปอร์เซนไทล์ที่ 10 (SGA) เท่านั้น

ทารกน้ำหนักตัวน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของอายุครรภ์ (SGA)

คือ ทารกที่เกิดมามีน้ำหนักตัวต่ำกว่าที่คาดว่าควรจะมีน้ำหนัก โดยไม่จำกัดอายุการตั้งครรภ์ และเมื่อนำน้ำหนักตัวทารกมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักเฉลี่ยจากการทดลอง จะมีน้ำหนักตัวต่ำกว่าเปอร์เซนไทล์ที่ 10 ทารกประเภทนี้จะปรากฏอาการของการเจริญเติบโตมากกว่าน้ำหนักตัว และจะทราบอายุ

ครรภ์โดยการตรวจร่างกายหาอายุครรภ์มากกว่าการเชื่อประวัติ และน้ำหนักตัวเด็ก ไขมันใต้ผิวหนังจะมีน้อย ไขที่หุ้มตัวจะมีน้อยหรือ ไม่มีเลยในทารกที่มีอายุครรภ์เกินกำหนด และการเจริญเติบโตในระยะหนึ่งหรือสองสัปดาห์จะมากกว่าทารกคลอดก่อนกำหนด

การดูแลรักษา

1. พยายามป้องกันอุณหภูมิร่างกายต่ำ โดยการรักษาสีงแวดล้อมให้อบอุ่นพอที่จะทำให้ อุณหภูมิของผิวหนังเท่ากับ 26°C และอุณหภูมิทางทวารหนักเท่ากับ 37°C ทารกพวกนี้จะอุณหภูมิต่ำได้ง่ายเนื่องจากไขมันใต้ผิวหนังมีน้อย
2. ป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ เพราะทารกพวกนี้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้น้อยกว่าปกติ ช่วยป้องกันได้โดยเจาะ Dextrostix เมื่อแรกเกิดและเป็นระยะเท่าที่จำเป็น
3. พยายามป้องกันภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ เพราะทารกพวกนี้จะเสี่ยงต่อภาวะนี้มากจึงต้องสังเกตอาการสั่นหรือกระตุก ถ้ามีอาการหรือสงสัยให้รีบเจาะเลือดส่งตรวจ
4. พยายามป้องกันสภาวะสุดสำลัก โดยเฉพาะทารกที่มีการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ ตั้งแต่ในครรภ์ ต้องพยายามอุดทางช่องหลอดคอออกให้แน่ใจว่าหมด
5. ให้วิตามิน K, 1 มิลลิกรัม ฉีดเข้ากล้ามเนื้อ เมื่อแรกคลอดเพื่อป้องกันภาวะเลือดออก
6. หาค่าฮีมาโตคริต เพื่อตรวจค้นภาวะเลือดข้น ถ้าพบต้องรีบให้การรักษา
7. ต้องพยายามสังเกตอาการของการติดเชื้อตั้งแต่ในครรภ์มารดา
8. ให้ทารกได้รับนมครบตามความต้องการของร่างกายและอาหารตามจำนวนที่ควร
9. ชั่งน้ำหนักทุกวันและจดบันทึกลงในแผ่นชั่งน้ำหนัก

2.1.2.2 ทารกคลอดก่อนกำหนด (Prematurity)

คำจำกัดความ หมายถึง ทารกที่คลอดเมื่ออายุครรภ์ต่ำกว่า 37 สัปดาห์ จากการตรวจหาอายุครรภ์โดยไม่จำกัดน้ำหนัก

สาเหตุ ส่วนใหญ่ไม่ทราบสาเหตุแน่ชัด แต่มักจะเกิดจากมารดามากกว่าทารก

การดูแลทารกคลอดก่อนกำหนด

1. การควบคุมความร้อนของร่างกาย

ทารกมีศูนย์ควบคุมความร้อนอยู่ที่ Hypothalamus เมื่ออยู่ในครรภ์มารดา ทารกจะมีอุณหภูมิของร่างกายประมาณ 37.7 องศาเซลเซียส พอคลอดออกมาอุณหภูมิจะลดลงเป็น 21.1 องศาเซลเซียส

และอุณหภูมิของทารกคลอดใหม่จะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสิ่งแวดล้อม เนื่องจากศูนย์ควบคุมการทำงานยังทำงานไม่สมบูรณ์ ใน 2-3 วันแรกคลอดอุณหภูมิของทารกอาจสูงประมาณ 37.7-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากร่างกายเสียน้ำ หรือในวันที่มีอากาศร้อน หรือห่อทารกด้วยผ้าหนาๆ ก็อาจทำให้อุณหภูมิร่างกายของทารกสูงได้เช่นกัน

ทารกแรกเกิดสร้างความร้อนโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Thermogenesis) เนื่องจากยังไม่มีกลไกการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ หรือทำอาหารต้นเพื่อสร้างความร้อนอย่างผู้ใหญ่ได้ ทารกจึงต้องใช้พลังงานและออกซิเจนมากขึ้น ในการทำความร้อนนี้มีการใช้ไขมันสีน้ำตาล(Brown Fat) ที่อยู่ที่บริเวณทรวงอก คอและรอบๆไต เพื่อเปลี่ยนเป็นกรดไขมันใช้เป็นพลังงานในการสร้างความร้อน ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงมีปัญหาในการสร้างความร้อนที่จะควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย นอกจากนี้โอกาสที่จะเสียน้ำมีมากกว่าทารกที่คลอดครบกำหนด เนื่องจากผิวหนังบางและมีพื้นที่ผิวมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ความร้อนจากภายนอก ได้แก่ตู้อบต่างๆที่จะช่วยลดการสูญเสียความร้อนและทำให้อุณหภูมิกายคงที่

ทารกที่มีอุณหภูมิกายต่ำจะมีอันตรายได้สูงกว่าทารกที่มีอุณหภูมิกายปกติหลายเท่า ทั้งนี้เนื่องจากผลเสียของภาวะตัวเย็น(Hypothermia) จะทำให้มีปัญหาต่างๆ เช่น

- มีหลอดเลือดบีบตัว ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆน้อยลง มีภาวะเผาผลาญแบบอนาโรบิก (Anaerobic Metabolism) สูงขึ้น เกิดภาวะกรดเกิน(Acidosis) ในร่างกาย
- การควบคุมกลูโคสและกรดไขมันเสียไป เกิดภาวะน้ำตาลต่ำในเลือดได้ง่าย
- มีปัสสาวะออกเพิ่มขึ้นจากแคทีโกลามีนที่หลังเพิ่มขึ้น มีผลปัสสาวะมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ
- น้ำหนักตัวลด เพราะต้องเสียพลังงานต่างๆ ไปในการสร้างความร้อนแทนที่จะนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย
- ทำให้ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เลือดแข็งตัวเสียไป อาจเกิดภาวะเลือดออกได้ง่าย

ตัวอย่างอุณหภูมิของตู้อบที่ใช้เพื่อให้ทารกอยู่ในภาวะแวดล้อมที่เป็นกลาง (Neutral Environment) คือให้มีอุณหภูมिर่างกายระหว่าง 36°-37° เซลเซียส ใน 24 ชั่วโมงแรก (ตารางที่ 2.2) และเมื่ออายุมากขึ้น(ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่าง ๆ กัน ในระยะ 24 ชั่วโมง แรก

น้ำหนักตัว (กรัม)	อุณหภูมิตู้อบ (°C)
500	35.5 ±0.5
1000	34.9 ±0.5
1500	34.0 ±0.5
2000	33.5 ±0.5
2500	33.2 ±0.8
3000	33.0 ±1.0
3500	32.8 ±1.2

ตารางที่ 2.3 ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบสำหรับทารกขนาดต่าง ๆ กันเมื่ออายุมากขึ้น(°C)

อายุหลังเกิด	น้ำหนักตัวแรกเกิด		
	ต่ำกว่า 1,500 กรัม	1,500 - 2,000 กรัม	เกิน 2,500 กรัม
1 วัน	34.3	33.4	33.0
2 วัน	33.7	32.7	32.4
3 วัน	33.5	32.4	31.9
5 วัน	33.5	32.2	31.2
7 วัน	33.5	32.1	30.8
2 สัปดาห์	33.4	32.1	29.2
4 สัปดาห์	32.9	31.7	-
6 สัปดาห์	31.8	30.6	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเสี่ยงทารกคลอดก่อนกำหนดไว้ในอุณหภูมิขั้นต่ำของ Neutral Temperature เชื่อว่าจะเป็นตัวกระตุ้นทารกทำให้ไม่หยุดหายใจง่าย และทำให้มีการเจริญเติบโตดีกว่าทารกที่อยู่ในอุณหภูมิขั้นสูงของ Neutral Temperature อย่างไรก็ตามควรระมัดระวังและเฝ้าดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากอุณหภูมิอาจลดต่ำกว่าอุณหภูมิที่เป็นกลางจนเกิดผลเสียได้

2. การสังเกตและป้องกันความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ ถ้าพบเด็กหยุดหายใจต้องนับจำนวนครั้งว่าบ่อยแค่ไหน ระยะเวลาสั้นเท่าไร และเมื่อหยุดหายใจจำนวนครั้งของการหายใจเปลี่ยนแปลงหรือไม่

3. การป้องกันการติดเชื้อ ทารกคลอดก่อนกำหนดมีความต้านทานโรคต่ำ การล้างมือสำคัญที่สุด ต้องล้างมือทั้งก่อนและหลังจับตัวทารกทุกครั้ง

4. ให้ทารกได้รับจำนวนนมหรือน้ำเกลือทางหลอดเลือดดำครบตามกำหนด

5. การพยายามทั่วไป

- เตรียมทารกเข้าเครื่อง Radiant Warmer และเครื่องที่จำเป็นทุกอย่าง
- วิตามิน K₁ 1 มิลลิกรัม เข้าสามเนื้อทันทีเมื่อรับทารกคลอดก่อนกำหนด
- ดูแลเรื่องความสะอาดของร่างกาย
- ชั่งน้ำหนักของทารกทุกวัน เพื่อการเปลี่ยนแปลง

2.2 หลักการควบคุมอัตโนมัติ

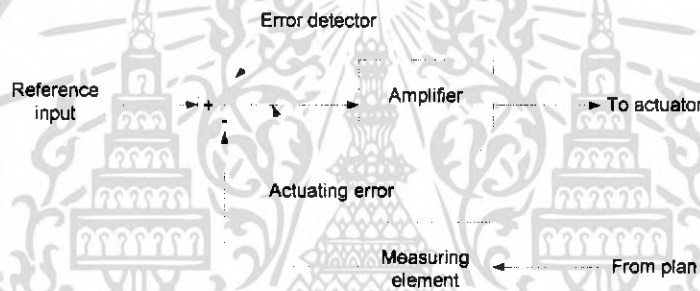
ชนิดต่างๆของตัวควบคุมอัตโนมัติ

1. ตัวควบคุมแบบสองตำแหน่ง(two-position)หรือ on-off
2. ตัวควบคุมแบบ proportional
3. ตัวควบคุมแบบ integral
4. ตัวควบคุมแบบ proportional+integral หรือ PI
5. ตัวควบคุมแบบ proportional+derivative หรือ PD
6. ตัวควบคุมแบบ proportional+ integral+derivativeหรือ PID

ในการที่จะเลือกว่าจะใช้ตัวควบคุมแบบไหนต้องพิจารณาจากธรรมชาติของระบบสภาพการทำงาน ความปลอดภัย ความเที่ยงตรง ความไวใจได้ ราคา ขนาดน้ำหนัก และอื่นๆ

2.2.1 กิริยาการควบคุมของตัวควบคุมอัตโนมัติ

ตัวควบคุมอัตโนมัติจะทำหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณความคลาดเคลื่อน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสัญญาณที่มีระดับต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการแอมพลิฟายเพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณความคลาดเคลื่อนให้มีระดับสูงเพียงพอแล้วจึงส่งไปยังส่วนทำงาน สำหรับอุปกรณ์วัดสัญญาณความคลาดเคลื่อนนั้นเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงตัวแปรเอาต์พุตไปเป็นตัวแปรที่เหมาะสมที่จะใช้เปรียบเทียบค่าของสัญญาณเอาต์พุตกับอินพุตอ้างอิงได้ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะอยู่ใน feedback path ของระบบ closed-loop ส่วนค่าที่กำหนด(set-point) ของตัวควบคุมนั้นจะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณอินพุตอ้างอิงที่มีหน่วยเดียวกันกับสัญญาณป้อนกลับและจะทำการส่งสัญญาณคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณป้อนกลับส่งไปยังแอมพลิฟายแล้วส่งไปตัวกระทำ(นอกจากแอมพลิฟายแล้วในบางครั้งอาจมีวงจรถ่าย integrator และ/หรือวงจรถ่าย differentiator ค่อยร่วมเพื่อสร้างสัญญาณควบคุมที่ดีขึ้น)



รูปที่ 2.2 Block diagram ของตัวควบคุมอัตโนมัติที่ต่อกับอุปกรณ์วัดสัญญาณ

2.2.1.1 กิริยาการควบคุมแบบสองตำแหน่งหรือแบบ on-off

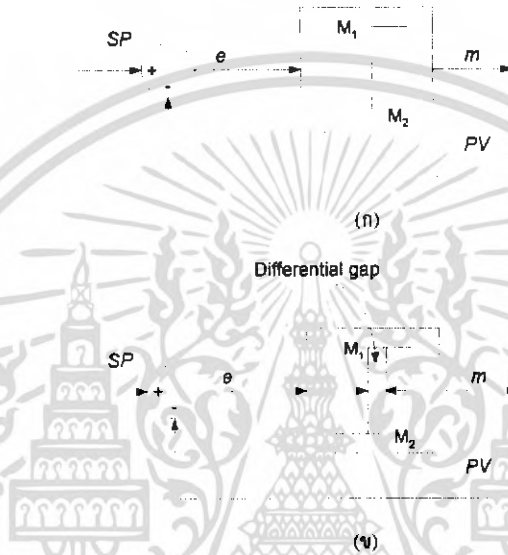
ในระบบควบคุมแบบสองตำแหน่งนั้น ตัวกระทำจะทำงานในตำแหน่งที่คงที่เพียงสองตำแหน่งเท่านั้น ในบางครั้งจึงเรียกว่าการควบคุมแบบ on และ off การควบคุมแบบ on-off นี้จะเป็นการควบคุมแบบง่าย ๆ และราคาไม่แพง กำหนดให้สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมเป็น $m(t)$ และสัญญาณค่าคลาดเคลื่อนเป็น $e(t)$ สัญญาณ $m(t)$ มีค่าอยู่เพียงค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดเท่านั้น โดยจะขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นบวกหรือลบ นั่นคือ

$$\begin{aligned} m(t) &= M_1 \quad \text{สำหรับ } e(t) > 0 \\ &= M_2 \quad \text{สำหรับ } e(t) < 0 \end{aligned}$$

โดยที่ M_1 และ M_2 เป็นค่าคงที่

ค่าที่น้อยที่สุดของ M_2 นั้นโดยทั่วไปมีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าเท่ากับ $-M_1$ สำหรับตัวควบคุมแบบนิวมेटิคส์แบบ proportional ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับตัวควบคุมนิวมेटิคส์แบบสองตำแหน่ง

รูปที่ 2.3 แสดงถึง block diagram ของตัวควบคุมแบบสองตำแหน่งและสำหรับช่วงที่สัญญาณความคลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลงไปก่อนเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของการควบคุมจะเรียกว่า differential gap ดังรูปที่ 2.3(ข) ช่วง differential gap นี้เอาที่ทุกของตัวควบคุม $m(t)$ จะยังคงรักษาค่าเดิมอยู่ จนกระทั่งสัญญาณความคลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจากค่าศูนย์ในบางกรณี differential gap นั้นเป็นผลจากการเสียดทานที่ไม่ได้คาดคิดไว้ก่อนแต่บางครั้งต้องทำให้มีช่วง differential gap เพื่อป้องกันการ on-off บ่อยเกินไป



รูปที่ 2.3 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ on-off

2.2.1.2 กิริยาการควบคุมแบบ proportional

สำหรับการควบคุมที่มีกิริยาการควบคุมแบบ proportional นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณควบคุม $m(t)$ และสัญญาณค่าคลาดเคลื่อน $e(t)$ คือ

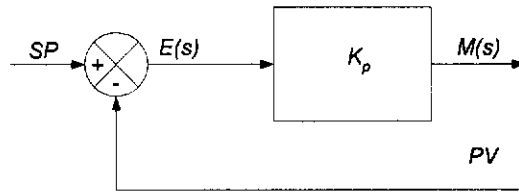
$$m(t) = K_p e(t) \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

หรือ

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

โดยที่ K_p จะอยู่ในเทอมของ proportional sensitivity หรือ gain

ตัวควบคุมแบบproportional จึงต้องเป็นแอมพลิฟายที่สามารถปรับค่าของ gain ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional

2.2.1.3 กิริยาการควบคุมแบบ Integral

ในตัวควบคุมแบบ integral นั้นค่าของเอาต์พุทของตัวควบคุม $m(t)$ จะมีความสัมพันธ์กับค่าความคลาดเคลื่อน $e(t)$ ดังนี้

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t) \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

หรือ

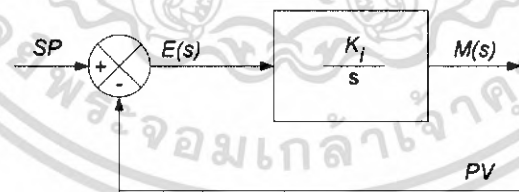
$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

โดยที่ K_i เป็นค่าคงที่ที่สามารถปรับค่าได้

Transfer function ของตัวควบคุมแบบ integral คือ

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad \text{สมการที่ 2.5}$$

กิริยาการควบคุมแบบนี้บางครั้งเรียกว่า reset control ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Block diagram ของตัวควบคุมแบบ integral

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 กิริยาการควบคุมแบบ proportional+integral หรือ PI

กิริยาการควบคุมของตัวควบคุมแบบ proportional+integral นั้นสามารถจะแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

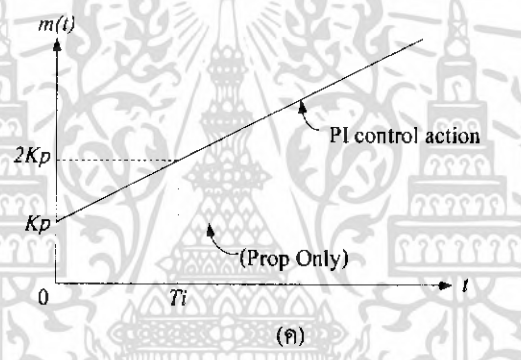
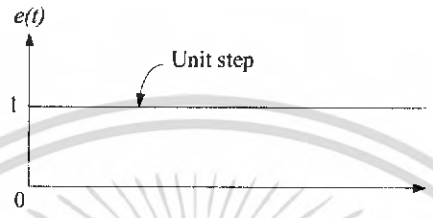
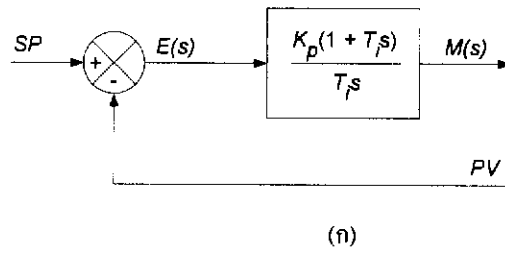
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

หรือ

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad \text{สมการที่ 2.7}$$

โดยที่ K_p เป็นค่าของ proportional sensitivity หรือ gain
 T_i เป็นค่าของ integral time

ทั้ง K_p และ T_i เป็นค่าที่ปรับได้โดยที่การปรับ T_i นั้นจะเป็นการปรับกิริยาการควบคุมแบบ integral ส่วนการปรับ K_p นั้นจะมีผลต่อส่วน proportional ค่าของส่วนกลับของ T_i นั้นจะเรียกว่า reset rate ดังรูป 2.6(ก) แสดงถึง block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional+integral ถ้าสัญญาณคลาดเคลื่อน $e(t)$ เป็นแบบ unit step ดังรูป 2.6(ข) แล้ว สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ PI จะแสดงได้ดังรูป 2.6(ค)



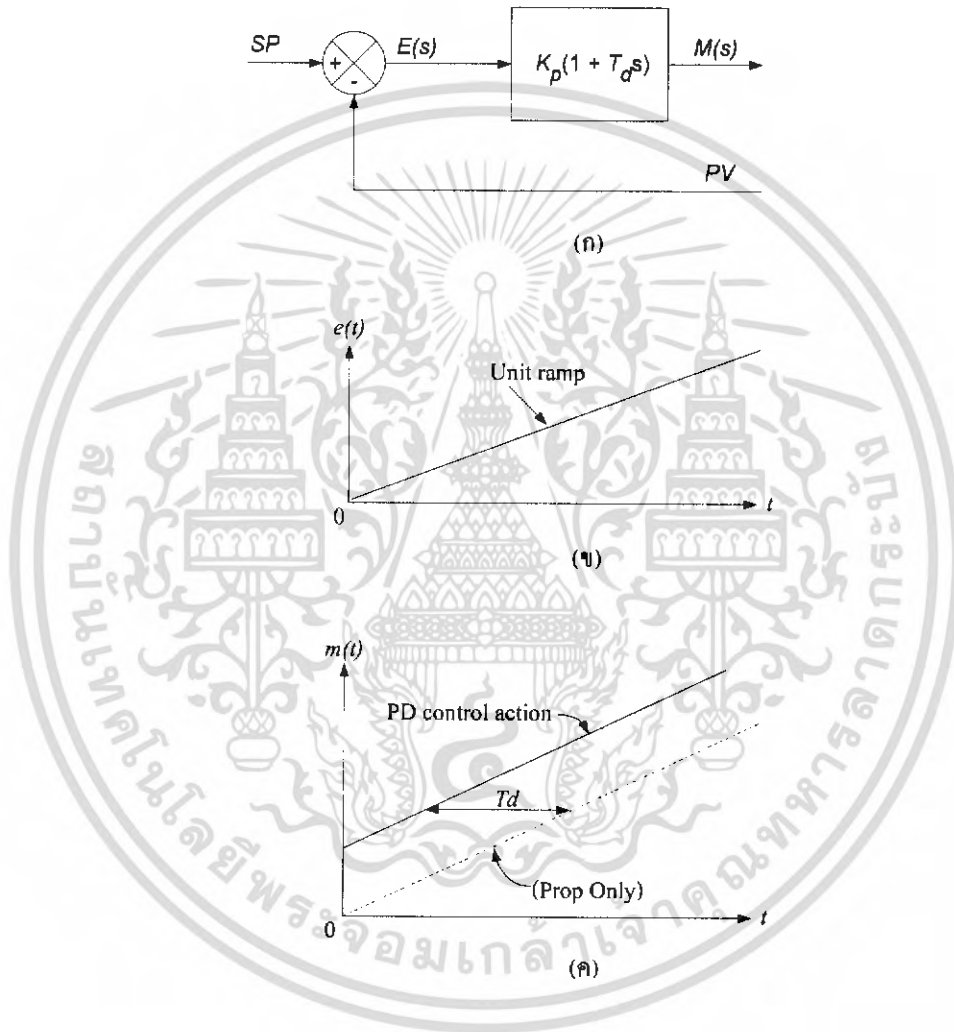
รูปที่ 2.6 (ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional+integral
 (ข) อินพุตของตัวควบคุมซึ่งเป็นแบบ unit step
 (ค) เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ PI เมื่ออินพุตเป็น unit step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.5 กิริยาการควบคุมแบบ proportional+derivative หรือ PD

กิริยาการควบคุมของตัวควบคุมแบบ proportional+derivative นั้นสามารถจะแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{สมการที่ 2.8}$$



รูปที่ 2.7 (ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบ proportional+ derivative

(ข) อินพุทของตัวควบคุมซึ่งเป็นแบบ unit ramp

(ค) เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ PD

Transfer function คือ

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d s) \quad \text{สมการที่ 2.9}$$

โดยที่ K_p เป็นค่าของ proportional sensitivity หรือ gain

T_d เป็นค่าของ derivative time

ค่าของ K_p และ T_d นั้นจะเป็นค่าที่สามารถปรับได้ และในบางครั้งจะเรียกการควบคุมแบบ derivative ว่า rate control ทั้งนี้เพราะว่าขนาดของสัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อนดังรูปที่ 2.7(ก) ถ้าสัญญาณคลาดเคลื่อนเป็น unit ramp ดังรูปที่ 2.7(ข)แล้ว สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุม PD จะเป็นดังรูป 2.7(ค) จะเห็นว่าปฏิบัติการควบคุมแบบ derivative มีคุณลักษณะของการคาดการณ์ล่วงหน้าโดยที่ T_d จะเป็นช่วงเวลาซึ่งปฏิบัติการควบคุมแบบ derivative ล้ำหน้าปฏิบัติการควบคุมแบบ proportional แต่อย่างไรก็ตามปฏิบัติการควบคุมแบบ derivative จะคาดการณ์ล่วงหน้าไม่ได้ถ้าการกระทำนั้นยังไม่เกิดขึ้น

2.2.1.6 การปฏิบัติการควบคุมแบบ proportional + integral + derivative หรือ PID

การปฏิบัติการควบคุมแบบ proportional + integral + derivative นั้นสามารถจะแสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

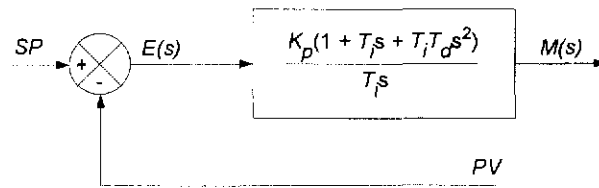
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{สมการที่ 2.10}$$

Transfer function คือ

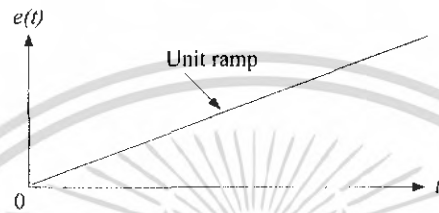
$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad \text{สมการที่ 2.11}$$

Block diagram ตลอดจนอินพุตและเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ PID ดังแสดงในรูปที่ 2.8

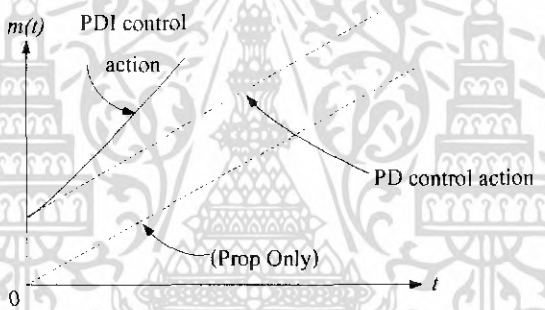
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.8 (ก) Block diagram ของตัวควบคุมแบบPID

(ข) สัญญาณอินพุตเป็น unit ramp

(ค) สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.7 สมการการควบคุมแบบ PID ในทาง discrete time

$$M_n = K_p * e_n + K_i \sum_{i=1}^n e_i - K_d(e_n - e_{n-1}) + M_0 \quad \text{สมการที่ 2.12}$$

หรือ

$$M_n = K_p * e_n + K_i \sum_{i=1}^n e_i - K_d(PV_{n-1} - PV_n) + M_0 \quad \text{สมการที่ 2.13}$$

T_s = Sample rate

K_p = Proportional gain

$K_i = K_p * (T_s / T_i)$ = Coefficient of the integral term

$K_d = K_p * (T_d / T_s)$ = Coefficient of the derivative term

T_i = Reset or integral time

T_d = Derivative time or rate

SP = Setpoint

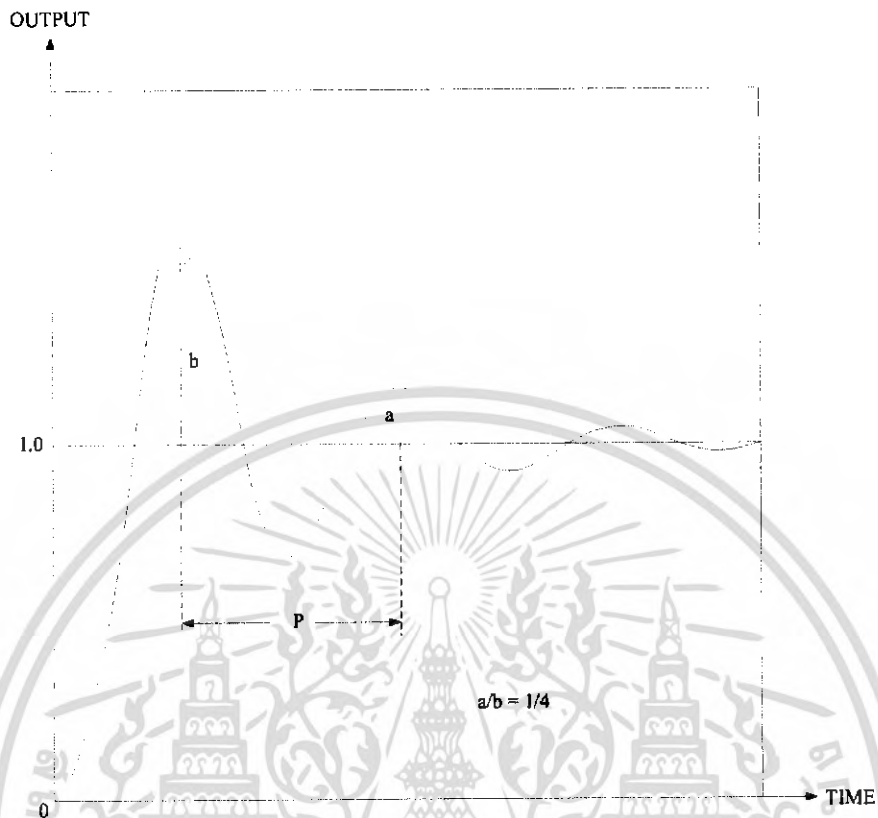
PV_n = Process Variable (temperature) at n^{th} sample

$e_n = SP - PV_n$ = Error at n^{th} sample

M_n = Controller output at n^{th} sample

2.2.2 การปรับค่าตัวควบคุม

การปรับค่าตัวควบคุมเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการควบคุม ซึ่งวิธีการปรับค่าตัวควบคุมนั้นมีหลายวิธี แต่ไม่มีวิธีไหนที่เป็นที่ยอมรับกันว่าดีที่สุด กล่าวคือบางวิธีจะต้องพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบและอาศัยประสบการณ์ในการปรับค่าตัวควบคุม ในขณะที่บางวิธีจะต้องพิจารณาโดยอาศัยคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปแล้วการปรับค่าของตัวควบคุมจะพิจารณาเงื่อนไขในโดเมนเวลามากกว่าโดเมนความถี่ซึ่งอยู่ในรูปของ gain margin และ phase margin เงื่อนไขในโดเมนเวลาที่นิยมใช้เพื่อปรับค่าตัวควบคุมคือ อัตราการเสื่อม 1/4 (quarter decay) กล่าวคือ peak overshoot อันที่สองต่อ overshoot อันแรก(maximum overshoot)ของผลตอบสนองของระบบที่มีการ oscillate จะต้องมามีค่าเท่ากับ 1/4 ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ผลตอบสนองของระบบที่มีอัตราการเลื่อน 1/4

วิธีการของผลตอบสนองของระบบแบบ Closed-loop

เทคนิคในการปรับค่าของตัวควบคุมนั้นสามารถทำได้สองรูปแบบ แบบแรกจะเป็นการปรับค่าของตัวควบคุมโดยพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบแบบ closed-loop ซึ่งมีวิธีการปรับอยู่สองสามวิธี แบบที่สองจะเป็นการปรับค่าตัวควบคุมโดยพิจารณาจาก curve ของผลตอบสนองของระบบ open-loop ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่า process reaction curve วิธีการปรับค่าของตัวควบคุมโดยพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบ closed-loop นั้นตัวควบคุมจะถูกใส่ในระบบตั้งแต่ตอนแรกสำหรับระบบซึ่งต่างจาก process reaction curve ตัวควบคุมจะถูกใส่ในระบบหลังจากที่ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้ว ในที่นี้จะขออธิบายเฉพาะ การปรับค่าของตัวควบคุมโดยพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบ closed-loop

การปรับค่าของตัวควบคุมโดยพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบ closed-loop มีอยู่สองวิธี ultimate method และ damped oscillation method

1. Ultimate Method

วิธีการปรับค่าของตัวควบคุมแบบ ultimate method นั้นคิดค้นโดย Ziegler และ Nichols ในปี 1942 เรียกว่า ultimate เพราะว่าวิธีนี้ใช้ ultimate gain ซึ่งเป็นค่า gain สูงสุดก่อนที่ระบบจะไม่เสถียร และ ultimate period ซึ่งเป็นคาบเวลาสุดท้ายของผลตอบสนองของระบบก่อนที่จะเข้าสู่สถานะไม่เสถียรมาใช้ในการหาค่าต่างๆของตัวควบคุมดังรูปที่ 2.10 แสดงถึงผลตอบสนองของระบบ closed-loop ที่มีการควบคุมแบบ proportional โดยที่ค่า K_u คือค่า ultimate gain ที่ทำให้เกิด curve B และ P_u คือ ultimate period ในการหาค่า K_u และ P_u นั้นจะทำได้โดยการปรับค่า gain K_p ของตัวควบคุม PID (โดยให้ค่าของ T_i เป็นอินฟินิตี้และ T_d เป็นศูนย์ซึ่งทำให้ระบบอยู่ภายใต้การควบคุมแบบ proportional เท่านั้น) จนทำให้ผลการตอบสนองของระบบ closed-loop เกิดการ oscillate ต่อเนื่องกันไปนั่นก็คือค่า gain K_u และคาบเวลาของการ oscillate ก็คือ P_u

Ziegler และ Nichols ได้กำหนดความสัมพันธ์ในการปรับค่าต่างๆของตัวควบคุมดังนี้

1. ตัวควบคุมแบบ proportional (P)

$$K_p = 0.5 K_u \quad \text{สมการที่ 2.14}$$

2. ตัวควบคุมแบบ proportional+integral (PI)

$$K_p = 0.45 K_u \quad \text{สมการที่ 2.15}$$

$$T_i = P_u / 1.2 \quad \text{สมการที่ 2.16}$$

3. ตัวควบคุมแบบ proportional+derivative (PD)

$$K_p = 0.6 K_u \quad \text{สมการที่ 2.17}$$

$$T_d = P_u / 8 \quad \text{สมการที่ 2.18}$$

4. ตัวควบคุมแบบ proportional+integral +derivative (PID)

$$K_p = 0.6 K_u \quad \text{สมการที่ 2.19}$$

$$T_i = 0.5 P_u \quad \text{สมการที่ 2.20}$$

$$T_d = P_u / 8 \quad \text{สมการที่ 2.21}$$

ค่าต่างๆของตัวควบคุมแต่ละแบบนี้จะทำให้ผลตอบสนองของระบบอยู่ภายใต้อัตราการเสื่อม 1/4

2. Damped Oscillation Method

วิธี Damped Oscillation นั้นได้ปรับปรุงแก้ไขมาจากแบบ ultimate method โดย Harriott กล่าวคือในกรณีของระบบแม้ว่าจะปรับค่าของ gain ไปอย่างไรก็ตามก็ไม่ทำให้ผลตอบสนองเกิดการ

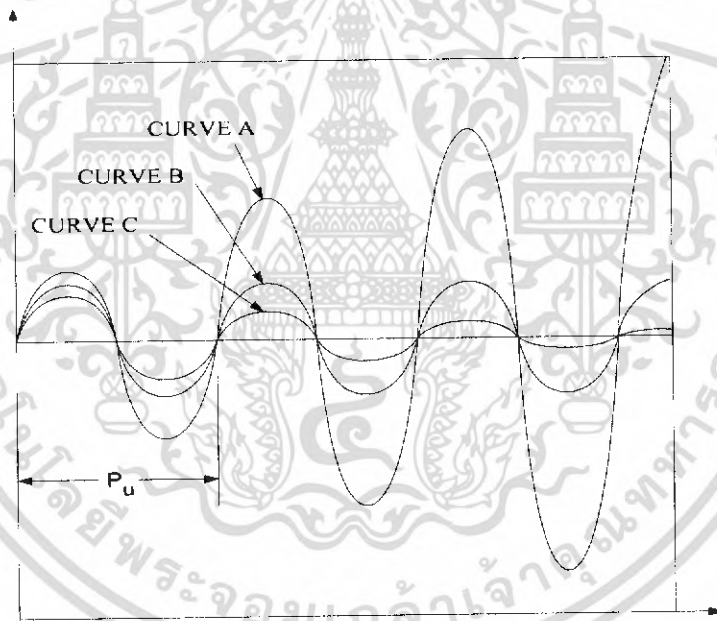
oscillate นั้นไม่สามารถที่จะใช้วิธีของ ultimate method ดังนั้น Harriott จึงได้คิดค้นวิธี damped oscillation โดยวิธีนี้จะปรับค่า gain K_p ของระบบ closed-loop จนมีอัตราการเสื่อม 1/4 แล้ววัดช่วงของ P ดังรูปที่ 2.9 ทำให้สามารถหาค่าของ T_i และ T_d ได้ดังนี้

$$T_i = P/1.5 \quad \text{สมการที่ 2.22}$$

$$T_d = P/6 \quad \text{สมการที่ 2.23}$$

เมื่อได้ค่าของ T_i และ T_d แล้วจะต้องทำการปรับค่า gain K_p ของระบบที่มีตัวควบคุมแบบ PID ใหม่จนกระทั่งผลตอบสนองของระบบได้อัตราการเสื่อม 1/4

ข้อเสียของวิธีการของระบบ closed-loop ทั้งสองวิธีที่กล่าวมานี้มองเห็นได้ชัดคือเป็นการลองผิดลองถูก (trial and error) ซึ่งต้องใช้เวลามากพอสมควรในการหาค่า K_u ที่ทำให้ผลตอบสนองของระบบเกิดการ oscillate ต่อเนื่องกันไปหรือค่าของ gain ที่ทำให้ผลตอบสนองของระบบมีอัตราการเสื่อม 1/4 อนึ่งอินพุตที่ป้อนให้กับระบบเป็น unit step



รูปที่ 2.10 ผลตอบสนองของระบบ closed-loop เพื่อใช้หาค่าของ K_u และ P_u โดยที่

Curve A นั้นระบบจะไม่เสถียร

Curve B ผลตอบสนองของระบบเกิดการ oscillate ต่อเนื่อง

Curve C ผลตอบสนองของระบบที่เสถียร

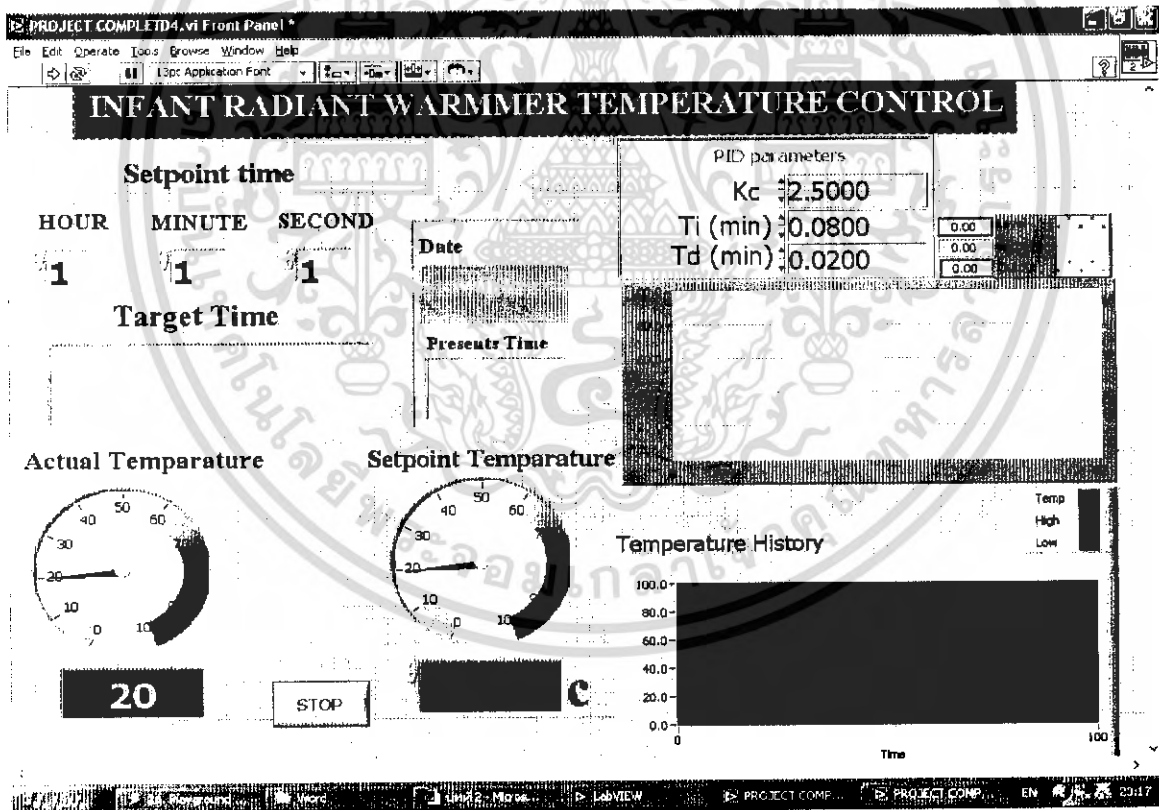
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Application (โปรแกรมประยุกต์) ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับ Visual Basic , Visual C++ แต่จะเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้รูปในการพัฒนา (Graphical-based Programming) ซึ่งจะแตกต่างจากแนวคิด Text based Programming เช่น Text-based จะทำงานจากบนลงล่างแต่ LabVIEW จะทำงานแบบ Dataflow โดย LabVIEW จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

2.3.1 Front Panel

ซึ่งเปรียบเสมือนได้กับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป, ปุ่มหมุน (Dial) และ สวิตช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์



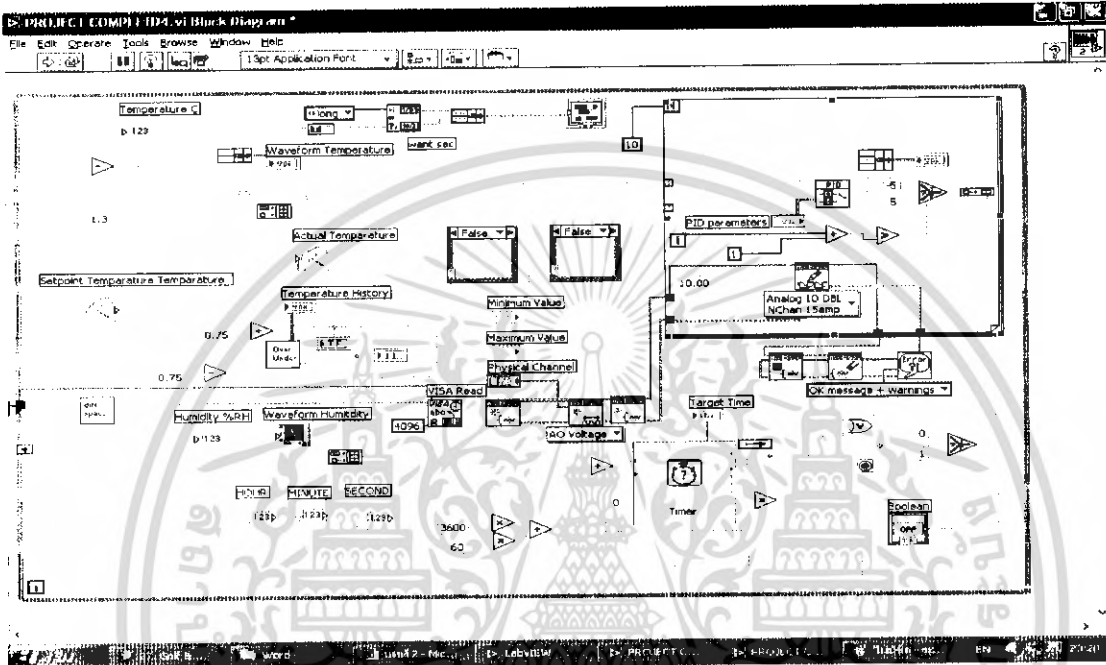
รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่าง Front Panel ของโปรแกรม LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Block Diagram

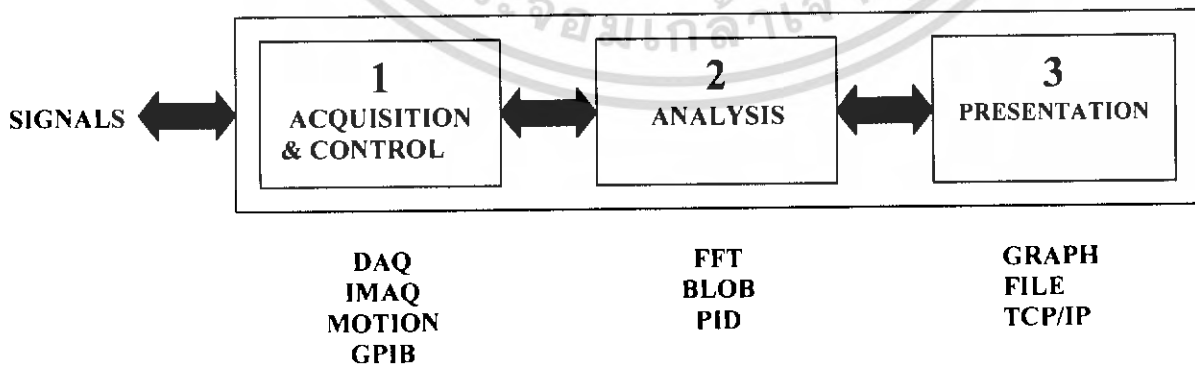
เปรียบเสมือนกับ Hardware ภายในเครื่องมือวัด โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัย

รูปภาพ



รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่าง Block Diagram ของโปรแกรม LabVIEW

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 แสดงประกอบของโปรแกรม LabVIEW

1. **ACQUISITION** ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจจะมาจาก การ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า), การ์ด IMAQ (สำหรับข้อมูลประเภทรูป) หรือ GPIB (สำหรับเครื่องมือวัด)

2. **ANALYSIS** หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการทำ ANALYSIS หรือวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้

3. **PRESENTATION** คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) เฉพาะสัญญาณที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์กับเวลา หรือ Oscilloscope แสดงผลของข้อมูลที่สัมพันธ์กับเวลา หรือ Spectrum Analyzer จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

2.4 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้ คือ

2.4.1 **Simplex** คือ สามารถส่งข้อมูลได้อย่างเดียวเป็นการสื่อสารแบบทางเดียว

2.4.2 **Half-Duplex** คือ สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและสามารถรับข้อมูลจากปลายทางได้ แต่ไม่สามารถทำการส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

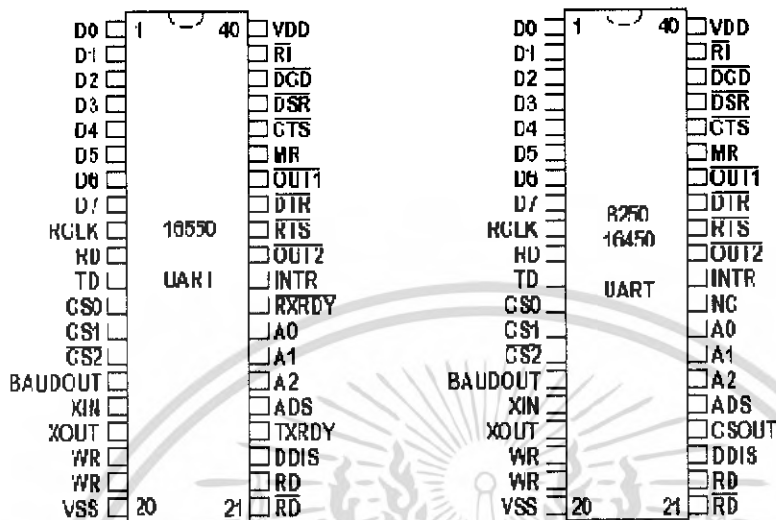
2.4.3 **Full-Duplex** คือ สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

นอกจากนี้แล้วยังสามารถแบ่งประเภทของการสื่อสารตามลักษณะสัญญาณในการส่ง ได้อีก 2 แบบคือ

2.4.4 **การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)** สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้จะมีสัญญาณนาฬิกาควบคุมการรับส่งสัญญาณ เช่น สายเคเบิลหรือคอมพิวเตอร์ โดยจะมีสายสัญญาณเส้นหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกา ส่วนอีกเส้นเป็นสายของข้อมูล (มักจะมีสายกราวด์ด้วย) สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้เหมาะสำหรับการทำงานในระยะใกล้ ข้อมูลที่จะส่งมีไม่มากนัก เพราะถ้าระยะไกลขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกามีปัญหา อีกทั้งต้องมีสายหลายเส้นทำให้สิ้นเปลืองมาก

2.4.5 **การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)** สำหรับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้นจะใช้สายข้อมูลเพียงตัวเดียว แต่จะใช้รูปแบบการส่งข้อมูล หรือ Bit Pattern เป็นตัวกำหนดว่าส่วนไหนเป็นส่วนเริ่มต้นข้อมูล, ส่วนไหนเป็นตัวข้อมูล, ส่วนไหนเป็นส่วนตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล และส่วนไหนเป็นส่วนปิดท้ายของข้อมูล โดยต้องกำหนดให้สัญญาณนาฬิกาต้องเท่ากันทั้งภาคส่งและ

ภาครับ ซึ่งจะมีอุปกรณ์พิเศษที่ชื่อว่า UART หรือ Universal Asynchronous Receiver/Transmitter คือย ควบคุมการรับและการส่งข้อมูล



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของขา UART เบอร์ 16550 และ 8250

2.5 มาตรฐาน RS-232C

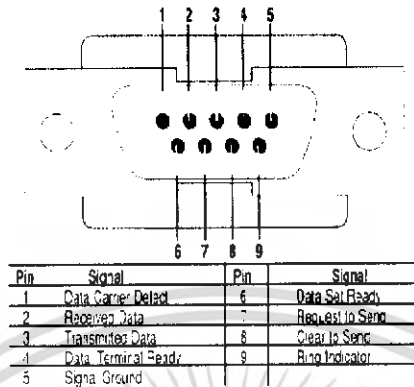
มาตรฐาน RS-232C เป็นมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงจากผู้ผลิตต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดได้รับการออกแบบขึ้นมา แต่มาตรฐานที่ได้รับความนิยมและใช้กันกว้างขวางมากที่สุดคือ มาตรฐาน RS-232C ซึ่งถูกประกาศใช้ในปี 1969 โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ในยุคแรกๆ การอินเตอร์เฟซแบบ RS-232C ถูกออกแบบสำหรับเชื่อมต่อเทอร์มินอล (DCE: Data Communication Equipment) ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียวกัน มาตรฐาน RS-232C ได้แบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.5.1 อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) อุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูล (เอาต์พุต)

2.5.2 อุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูล (อินพุต) ตามมาตรฐาน RS-232C แล้วคอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งที่นิยมใช้กันจะเป็นชนิด D-Type แบบ 9 ขา และ แบบ 25 ขา โดยจะติดตั้งอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ ระดับแรงดันจะมีค่าระหว่าง -3 V ถึง -15V สำหรับลอจิก High และ ลอจิก Low จะมีระดับแรงดันระหว่าง +3V ถึง +15V สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด 50 ฟุตหรือ 150 เมตร

2.5.3 ลักษณะของคอนเน็กเตอร์แบบ D-Type ลักษณะหัวต่อแบบ D-Type ที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบ 9 ขา และแบบ 25ขา บางครั้งเรียกว่า

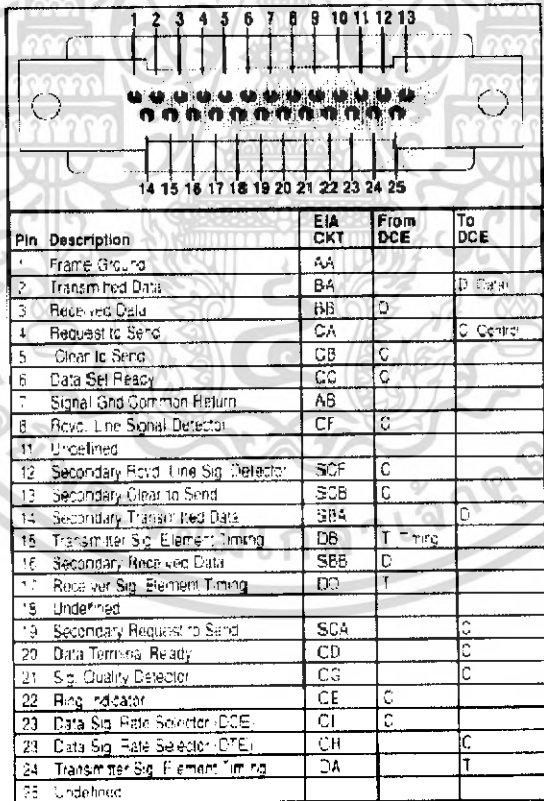
DB9 และ DB25 ซึ่งหัวต่อทั้งสองชนิดจะมีลักษณะการทำงานของสัญญาณเหมือนกัน แต่การจัดเรียงไม่เหมือนกัน



รูปที่ 2.15 แผนผังคอนเน็กเตอร์ของ RS-232 ชนิด 9 Pin

RS-232 Interface

RS-232 (EIA Std.) applicable to the 25 pin interconnection of Data Terminal Equipment (DTE) and Data Communications Equipment (DCE) using serial binary data



รูปที่ 2.16 แผนผังคอนเน็กเตอร์ของ RS-232 ชนิด 25 Pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปหน้าที่ของแต่ละส่วนได้ดังนี้

- **Start Bit**หรือ**บิตเริ่มต้น** จะใส่ที่จุดเริ่มต้นเสมอ เพื่อเตือนอุปกรณ์ฝ่ายรับว่าข้อมูลกำลังจะมาถึง
- **Data Character** หรือ**บิตข้อมูล** การส่งเป็นกลุ่มๆ โดยทั่วไปจะส่งเป็น 7 หรือ 8 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่ง ASCII Word
- **Parity Bit** หรือ**บิตพาริตี** ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง เราจะส่งบิตพาริตี เข้าไปแต่ทั้งตัวรับและตัวส่งจะต้องรู้กันว่าจะใช้พาริตีแบบไหนในการส่งข้อมูล

หลักการในการกำหนดบิตพาริตีมีหลายแบบดังนี้

พาริตีคู่(Even Parity) ค่าของบิตพาริตีนี้เมื่อรวมกับทุกๆบิตของข้อมูลแล้วจะต้องมีจำนวนบิตที่เป็นเลข 1 เป็นเลขคู่ ตัวอย่างเช่น ข้อมูล 1000101 มีเลข 1 ทั้งหมด 4 ตัว ดังนั้นบิตพาริตีจะเป็น 0

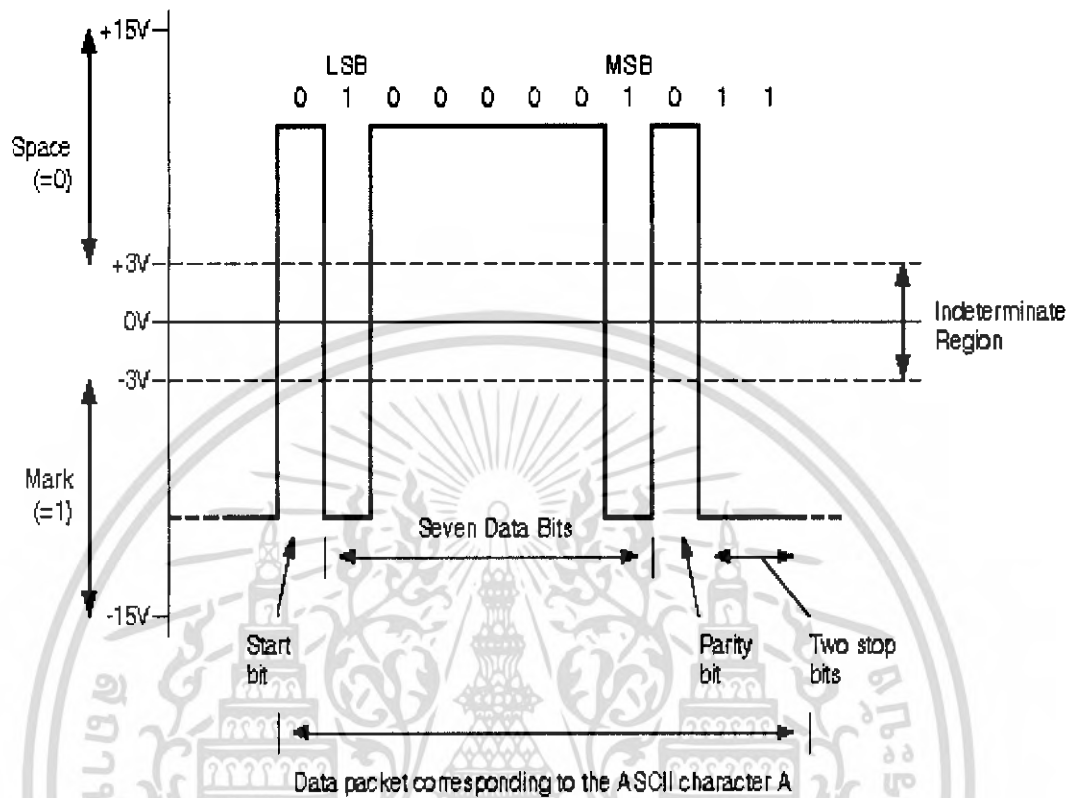
พาริตีคี่(Odd Parity) ค่าของบิตพาริตีนี้เมื่อรวมกับทุกๆบิตของข้อมูลแล้วต้องมีจำนวนบิตที่เป็นเลข 1 เป็นเลขคี่ตัวอย่างเช่น ข้อมูล 1000101 มีเลข 1 ทั้งหมด 3 ตัว ดังนั้นบิตพาริตีจะเป็น 1

ไม่มีพาริตี(None) ถ้าตั้งบิตพาริตีเป็น None ทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีตรวจสอบบิตพาริตี

- **Stop Bit**หรือ**บิตจบ** เป็นบิตที่ส่งมาปิดท้าย ข้อมูล

2.5.5.อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การที่อุปกรณ์ 2 อย่างจะติดต่อสื่อสารกันได้นั้นจะต้องทำงานด้วยอัตราเท่ากัน ซึ่งอัตราเร็วในการสื่อสาร แบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต (Baud Rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที ซึ่งค่าอัตราเร็วในการสื่อสารแบบอนุกรม สำหรับมาตรฐาน RS-232C นั้นมีใช้ดังนี้ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที



รูปที่ 2.17 แสดงข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ขนาด 1 Byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ส่วนประกอบและการทำงานของวงจร

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องอบเด็กแบบฉายรังสีอินฟราเรด

เครื่องอบเด็กแบบฉายรังสีอินฟราเรด ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่ทำงานร่วมกันดังต่อไปนี้

1. ส่วนประมวลผล
2. ส่วนเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ
3. ส่วนแสดงผล
4. ส่วนให้ความร้อน
5. ส่วนแสดงสัญญาณเตือน
6. ส่วนจ่ายไฟเลี้ยง

3.1.1 ส่วนประมวลผลและควบคุม

ในส่วนของการประมวลผลและควบคุมของเครื่องควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กแรกเกิดเราใช้ Program LabVIEW และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S8252

3.1.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51 จะมีดังนี้

- มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะสมในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
- 8K BYTE โปรแกรมแบบ FLASH สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล
- 2K BYTE EEPROM สามารถโปรแกรมและลบได้ 1,000 ครั้ง
- มีหน่วยความจำ ข้อมูล (RAM) 256 x 8Bit ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ ข้อมูล ได้ ถึง 64K, ERAM (Expanded Ram) ขยายเพิ่มอีก 1024 Byte โดยใช้คำสั่ง MOVX
- มี Port ที่เป็นได้ทั้ง I/O ทั้งหมด 5 port และสามารถใช้งานได้ในระดับ BIT
- มีส่วน Timer / Counter ขนาด 16 Bit 3 ชุด สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
- A TO D ขนาด 10 BIT 8 CHANNEL
- มีการติดต่ออินเตอร์รัปท์ได้ 9 แหล่ง
- การทำงานแบบ Fully Static ได้ตั้งแต่ 0 Hz ถึง 24 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

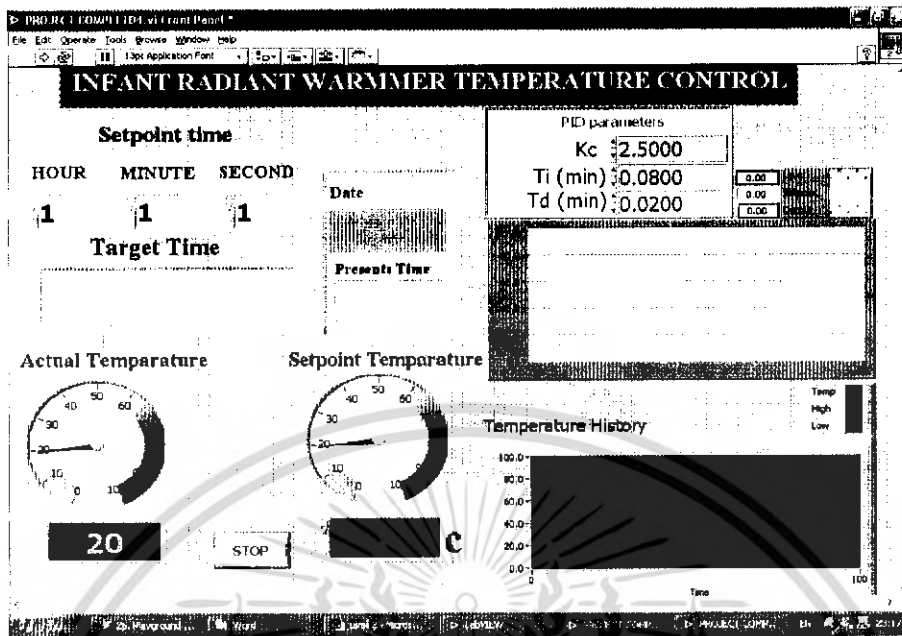
- 3 ระดับการถือของความจริงโปรแกรม
- มี SPI Serial Interface

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
(SS) P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	E _A /VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

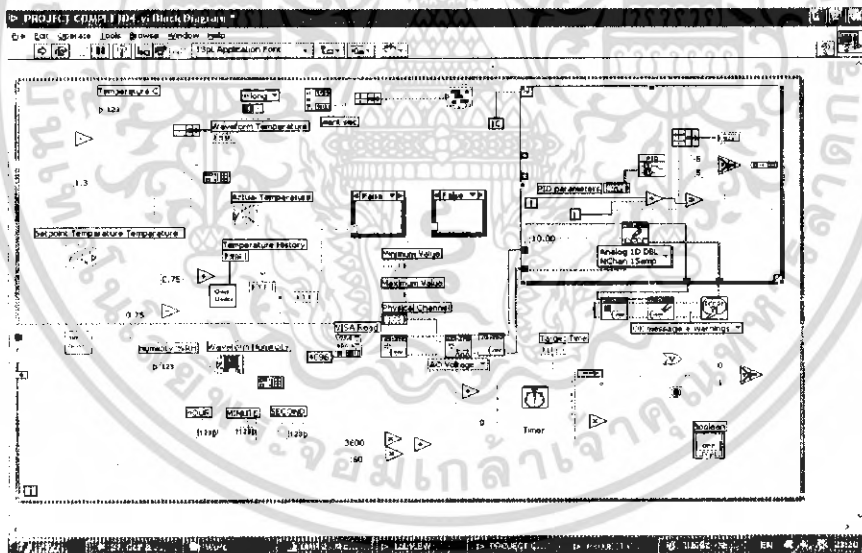
รูปที่ 3.1 แสดงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8252

3.1.1.2 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Application (โปรแกรมประยุกต์) ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับ Visual Basic, Visual C++ แต่จะเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้รูปในการพัฒนา (Graphical-based Programming) ซึ่งจะแตกต่างจากแนวคิด Text based Programming เช่น Text-based จะทำงานจากบนลงล่าง แต่ LabVIEW จะทำงานแบบ Dataflow ดังนั้นเราจึงนำเอาแนวคิดข้อโปรแกรมนี้ มาใช้งานในส่วนประมวลผลและการควบคุมด้วย



(a)



(b)

รูปที่ 3.2 (a) Front Panel

(b) Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนวัดอุณหภูมิ

ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ส่วนวัดผลทางอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้อุปกรณ์ SHT15 ซึ่ง SHT15 สามารถใช้เป็น Sensor วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น ทำการประมวลผล ให้ค่า Output เป็นข้อมูล Digital ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์จึงจะได้ค่า Output ที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิ และ ความชื้น อุปกรณ์หลักในส่วนวัดผลทางอุณหภูมิและความชื้น

SHT-15 ใช้วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น โดยเซ็นเซอร์ SHT-15 จะทำการแปลงอุณหภูมิและความชื้น ให้ออกมาในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล

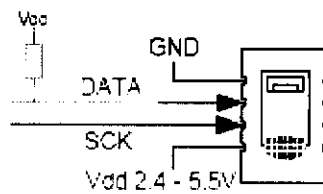


รูปที่ 3.3 เซ็นเซอร์เบอร์ SHT1X และ SHT7X

ในโครงการนี้เราเลือกใช้ SHT15 ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้

- มี Package แบบ LCC (Leadless Chip Carrier)
- สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-125°C ความละเอียดในการวัด 0.1°C
- สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 1-99.9%RH ความละเอียดในการวัด 0.1%RH
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V กินกระแสต่ำ
- ใช้สัญญาณในการควบคุม 2 เส้น คือ DATA และ CLOCK ภายใต้มาตรฐาน I²C
- มีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิที่ 0.5°C ส่วนความชื้นที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของ SHT15

ตารางที่ 3.1 แสดงขาสัญญาณของ SHT15

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5 V
	NC	Remaining pins must be left unconnected

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT15

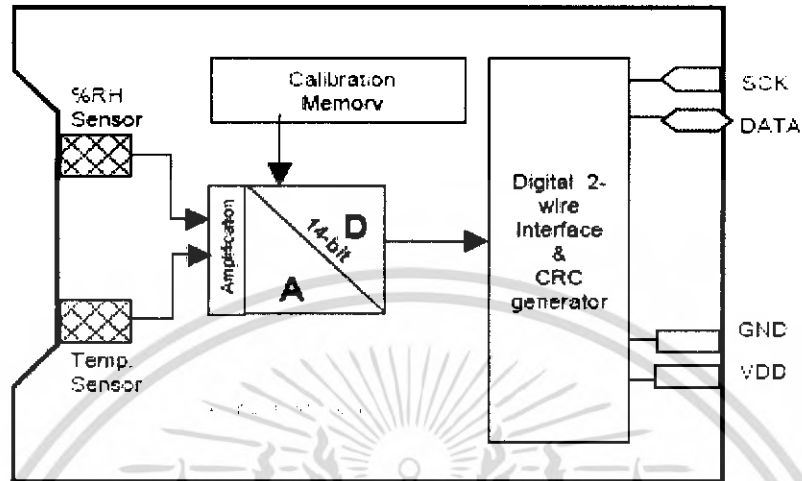
VDD=5V, Temperature = 25 °C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		µA
	average	25%	280%		µA
	sleep		0.3	1	µA
Low level output voltage		0		20%	V _{DD}
High level output voltage		75%		100%	V _{DD}
Low level input voltage	Negative going	0		20%	V _{DD}
High level input voltage	Positive going	80%		100%	V _{DD}
Input current on pads				1	µA
Output peak current:	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

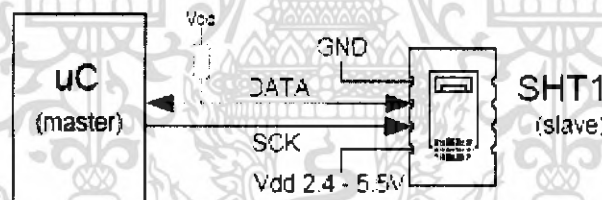
ลักษณะการทำงานของ SHT15 จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

Block Diagram



รูปที่ 3.5 แสดง Block Diagram ของ SHT15

การนำไปใช้งานจะต้องจรถักลักษณะดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อ SHT15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4- 5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ตัว SHT15 แล้ว SHT15 จะใช้เวลาประมาณ 11ms เพื่อเข้าสู่โหมด Sleep ดังนั้นต้องส่งข้อมูลก่อนที่ IC จะเข้าสู่โหมด Sleep ในการต่อ Vcc กับ GND ควรที่จะต่อ C 100 nF คร่อมระหว่างขา Vcc กับ GND

- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface(Bidirectional 2 –wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I2C แต่ไม่เหมือน I2C โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ

SHT15

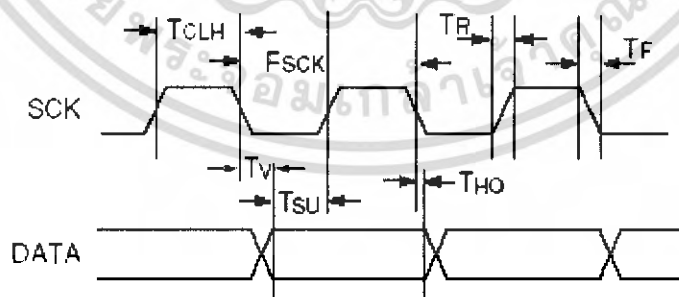
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้ดังรูป3.7



รูปที่ 3.7 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT15

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{RF0}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLH}	SCK h/low time		100			ns
T _V	DATA valid time			250		ns
T _{SU}	DATA set up time		100			ns
T _{HC}	DATA hold time		0	10		ns
T _{RI} /T _{RF}	SCK rise/fall time			200		ns



รูปที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

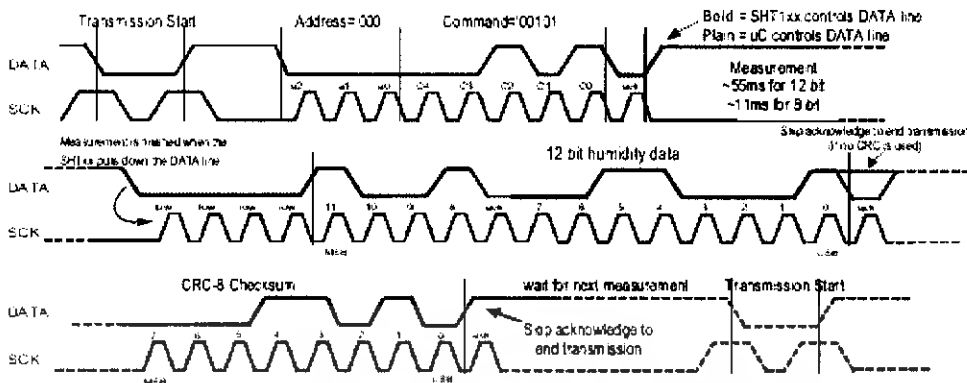
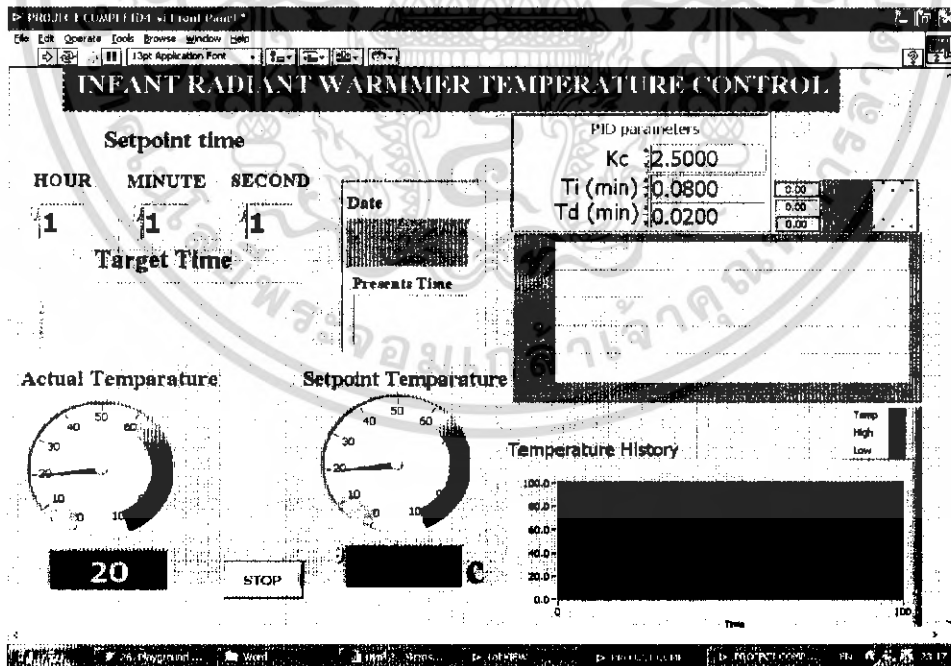


Figure 6 Example RH measurement sequence for value '0000'1001'0011'0001' = 2353 = 75.79 %RH without temperature compensation

รูปที่ 3.9 แสดง Timing Diagram ของตัวอย่างการวัดความชื้นที่ 75.79%RH

3.1.3 ส่วนของการแสดงผล

ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงอุณหภูมิ และส่วนแสดงความชื้น และยังแสดงส่วนของปุ่มตั้งค่าตัวแปรต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่ต้องการขณะที่ใช้งาน ซึ่งจะบอกรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงต่างในรูปแบบของกราฟเส้นที่มีการเปลี่ยนตามเวลา

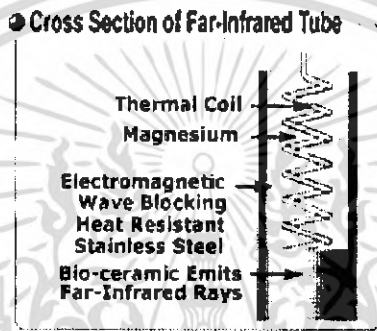


รูปที่ 3.10 วงจรส่วนของการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

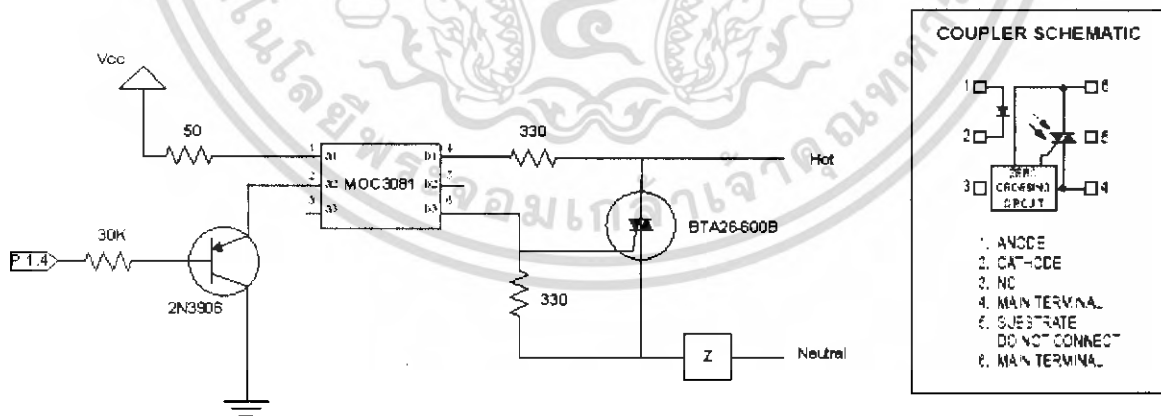
3.1.4 ส่วนให้ความร้อน

ในส่วนให้ความร้อนแหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้คือ แท่งอินฟราเรด เซรามิก ฮีตเตอร์ (Infrared Ceramic Heater) เป็นแท่งเซรามิกทำความร้อนที่กระจายรังสีอินฟราเรดคลื่นยาว พลังงานที่แผ่ออกมานี้สามารถทะลุผ่านเข้าไปทำให้โมเลกุลของวัตถุนั้นๆ เกิดการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติเป็นผลให้วัตถุนั้นร้อนเร็วมากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นพลังงานที่แผ่ออกมาอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้นๆ ต้องเสียไปเป็นอันขาด นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดไฟฟ้าถึง 30 – 50 เปอร์เซ็นต์อีกด้วย ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.4



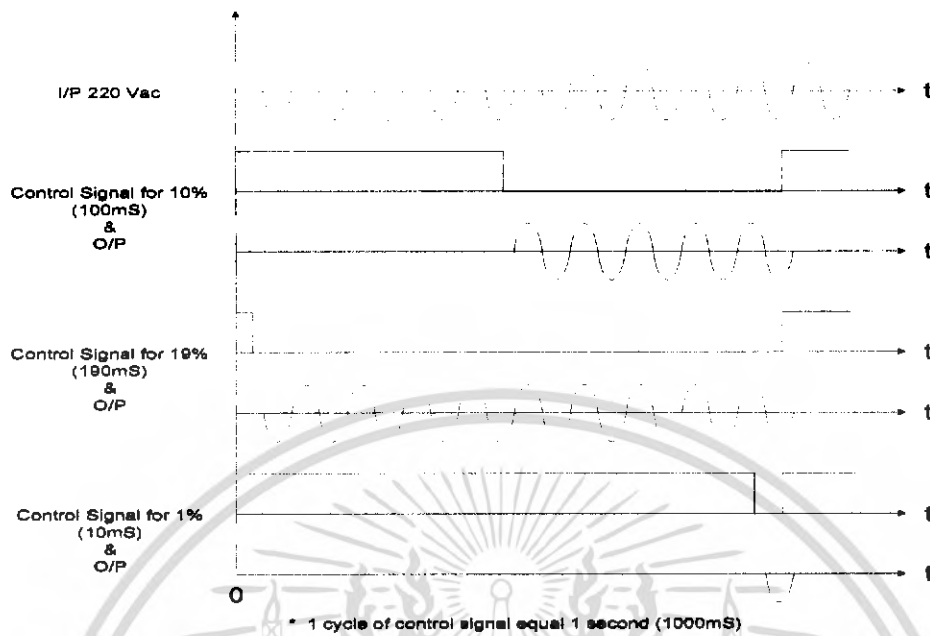
รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างภายในของ อินฟราเรด เซรามิก ฮีตเตอร์

วงจรที่ใช้ในการควบคุมฮีตเตอร์เป็นวงจรที่ใช้หลักการของวงจร Zero-Cross โดยการใช้ไอซี Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output เบอร์ MOC3081 เป็นตัวควบคุมการทำงานของ Triac เบอร์ BTA26-600B ซึ่งจะไปเป็นตัวควบคุมการ On-Off ของ อินฟราเรด เซรามิก ฮีตเตอร์ อีกที



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมการ On-Off ของฮีตเตอร์โดยใช้หลักการของวงจร Zero-Cross

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



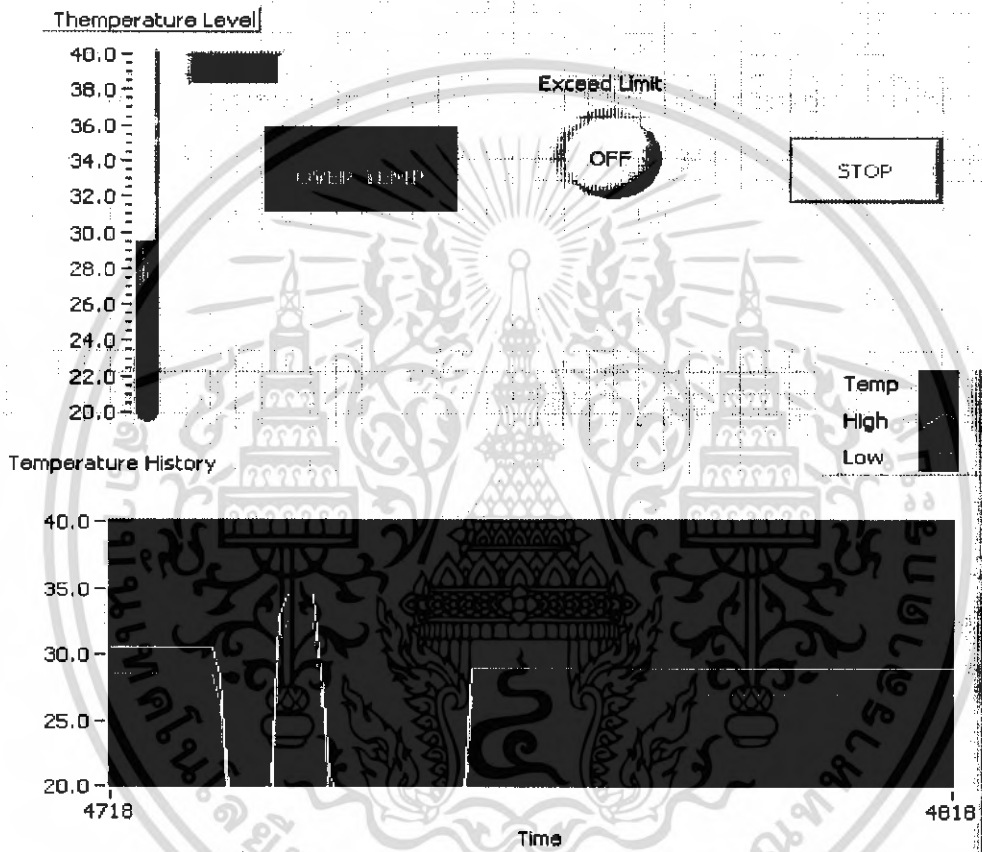
รูปที่ 3.13 การสับตัวที่ตรงจุดแรงดันตัดข้ามศูนย์

สัญญาณที่นำไปควบคุม Heater จะเป็นหลักการแบบ PWM(Pulse Width Modulation) โดยสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz และเปลี่ยนแปลง duty cycle ครั้งละ 10 mS (1/2 Cycle ของไฟบ้าน 50 Hz) ตามที่ PID control คำนวณค่ามาได้ ซึ่งใน 1 Hz จะแบ่งได้เป็น 100 ส่วนพอดี ทำให้ง่ายในการคำนวณค่าของ PID control

หลักการทำงานของวงจร Zero-Cross คือวงจรจะทำงานเมื่อเราจ่ายลอจิก Low ให้กับขา B ของ Q1(2N3906) ทำให้ Q1 On เป็นเวลามากกว่าเวลา 1/2 ไซเคิลของไฟบ้าน (10 mS) (ซึ่งไฟบ้านนี้จะต่ออนุกรมกับโหลด) จึงจะทำให้วงจร Zero-Cross ภายในไอซี MOC3081 ทำงานและปล่อยให้กระแสไหลผ่าน Triac ภายในไอซีไปที่ขา gate ของ BTA26-600B ทำให้ BTA26-600B นำกระแส โหลดจึงทำงาน ถ้าเราต้องการให้กระแสไหลผ่านโหลดมากกว่า 1 ไซเคิล(ของไฟบ้าน) ก็ต้องจ่ายลอจิก Low มากกว่า 20 mS เป็นจำนวนเท่าของเวลา 1 ไซเคิล(ของไฟบ้าน) ดังแสดงในรูปที่ 3.13

3.1.5 ส่วนแสดงสัญญาณ Alarm

สัญญาณเสียงจะเตือนและไฟสีแดงจะแสดงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่อ่านได้มากกว่า set point เท่ากับ 1°C สัญญาณเสียงจะเตือนและไฟสีฟ้าจะแสดงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่อ่านได้น้อยกว่า set point เท่ากับ 1°C สัญญาณเสียงจะเตือนเมื่อทำงานเสร็จสิ้น

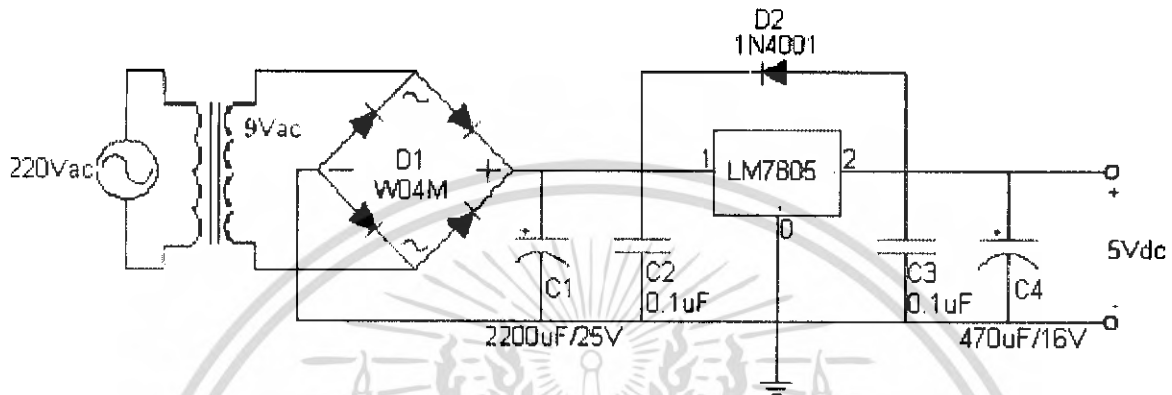


รูปที่ 3.14 วงจรส่วนแสดงสัญญาณ Alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ส่วนจ่ายไฟเลี้ยง

ส่วนจ่ายไฟเลี้ยงจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 V จำนวน 1 ชุด โดยใช้ ไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงดังรูป



รูปที่ 3.15 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 5 V

3.1.7 อธิบาย Main Program

การทำงานของโปรแกรมเริ่มจากเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง โปรแกรมจะวนลูปรอรับค่าอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการให้เครื่องทำงานเป็นเวลา 10 วินาที ถ้ามีการเซตค่าก็จะทำการเก็บค่าที่เซตไว้ในหน่วยความจำแล้วทำการวนลูปใหม่เป็นเวลา 10 วินาที ถ้าไม่มีการเซตค่าใดๆอีก เมื่อครบ 10 วินาที จึงเข้าสู่โปรแกรมหลักเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้และเวลาของการทำงานที่เหลือออกไปแสดงผล จากนั้นนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ในขณะนั้นมาประมวลผลเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ในตอนแรกตามหลักควบคุมอัตโนมัติแบบ PID เพื่อนำค่าที่ได้ไปควบคุมการทำงานของ Heater และทุกๆ 10 นาที จะมีการบันทึกค่าเวลาการทำงานที่เหลือไว้ในหน่วยความจำเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานต่อไปได้ในกรณีที่ไฟฟ้าดับหรือเกิดการรีเซต แล้วไม่มีการเซตค่าใหม่

3.1.8 อธิบาย Program ส่วนควบคุม Heater

ในส่วนการควบคุมอุณหภูมิจะเขียนโปรแกรมตามสมการควบคุมแบบ PID โดยมีการคำนวณค่า P ก่อน คือนำค่า Error ที่วัดได้มาคูณกับค่า Gain ของ P ส่วนการคำนวณค่าสัญญาณควบคุมของ I ก็เช่นกันแต่ค่าของ I จะถูกสะสมขึ้นเรื่อยๆ โดยในโครงงานนี้จะใช้สัญญาณควบคุมแบบ PWM(Pulse

Width Modulation) ซึ่งใช้ความถี่ 1 Hz แล้วเปลี่ยน Duty Cycle ทีละ 10 ms ดังนั้นเราจึงเขียนโปรแกรมให้มีสัญญาณควบคุมระหว่าง 0-100 นั่นคือสัญญาณที่เก็บสะสมจึงมีค่าไม่เกิน 100 ส่วนกรณีที่ค่าอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ค่าของสัญญาณควบคุม I และค่าของสัญญาณควบคุม P จะนำไปเสริมกับ ค่าของ I ที่สะสมก่อนหน้า เพื่อให้อุณหภูมิเร่งเข้าสู่จุดที่ต้องการ แต่กรณีที่ค่า อุณหภูมิมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด ค่าของสัญญาณควบคุม I และค่าของสัญญาณควบคุม P จะนำไปหักล้างกับค่าของ I ที่สะสมก่อนหน้า เพื่อให้อุณหภูมิลดลงเข้าสู่จุดที่ต้องการ ส่วนสัญญาณควบคุมของ D นั้นจะนำค่า Error รั้งปัจจุบันลบกับรั้งที่แล้วเพื่อคำนวณแนวโน้มของค่าอุณหภูมิเพื่อที่จะนำไปหักล้างหรือเสริมกับค่าของ PI เพื่อจะได้เป็นการหน่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั้งนี้เพื่อต้องการให้ค่าอุณหภูมิกลับมาสู่ค่าที่ต้องการได้เร็วขึ้น



บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้เราจะทำการทดลองเกี่ยวกับความถูกต้องของการวัดอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ และทำการหาค่า PID ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

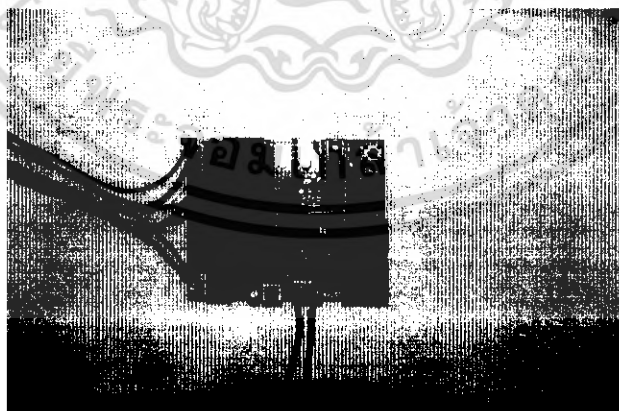
1. ทดสอบให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้ในโครงการนี้คือ เซ็นเซอร์เบอร์ SHT-15
2. ทดสอบให้เห็นถึงผลของค่าอุณหภูมิและที่สถานะต่างๆ
3. ทดสอบให้เห็นถึงความถูกต้องของอุณหภูมิที่วัดเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน
4. ทดสอบการปรับค่าที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเลือกใช้ค่า PID ที่เหมาะสม

จากจุดประสงค์ดังกล่าวเราแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองความถูกต้องของการวัดของตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองปรับค่าที่อุณหภูมิต่างๆ (ในย่านที่ใช้งาน) โดยเลือกใช้ค่า PID ที่เหมาะสม

4.1 การทดลองที่ 1 วัดค่าอุณหภูมิจาก Heater ที่ระยะที่แตกต่างกันโดยเทียบกับ Thermometer

4.1.1 อุปกรณ์ในการทดลอง ประกอบไปด้วย

- บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S8252



รูปที่ 4.1 บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เบอร์ SHT-15



รูปที่ 4.2 เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เบอร์ SHT-15

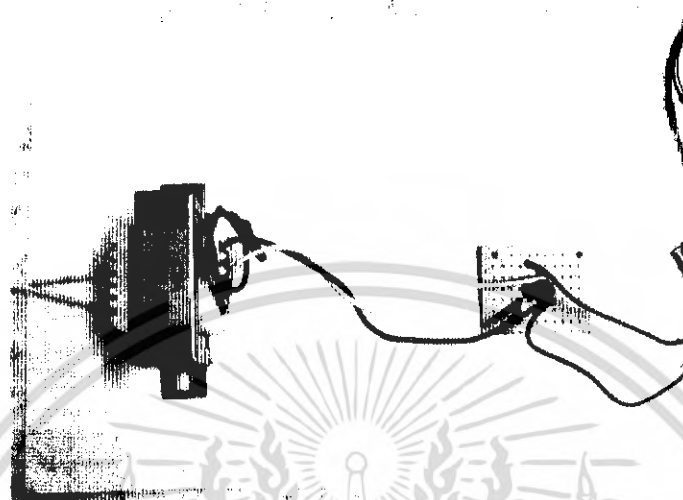
- เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน



รูปที่ 4.3 เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 5V



รูปที่ 4.4 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

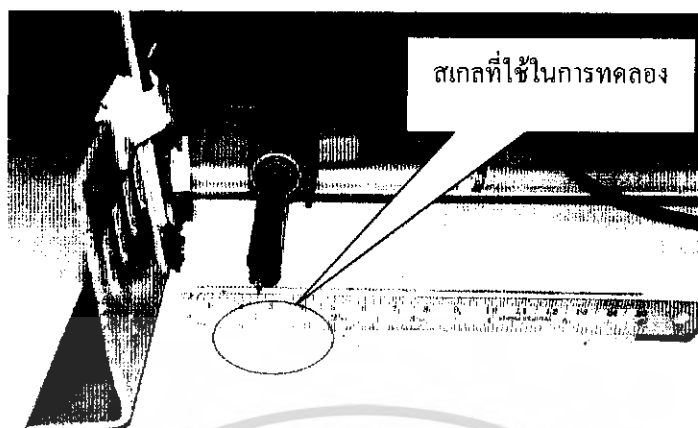
4.1.2 วิธีการทดลอง

การทดลองหาค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ SHT-15 ในการวัดอุณหภูมิที่ระยะทางต่างๆ โดยการแบ่งระยะในการวัดค่าอุณหภูมิ 10 ระยะ ตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 รูปแสดงการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



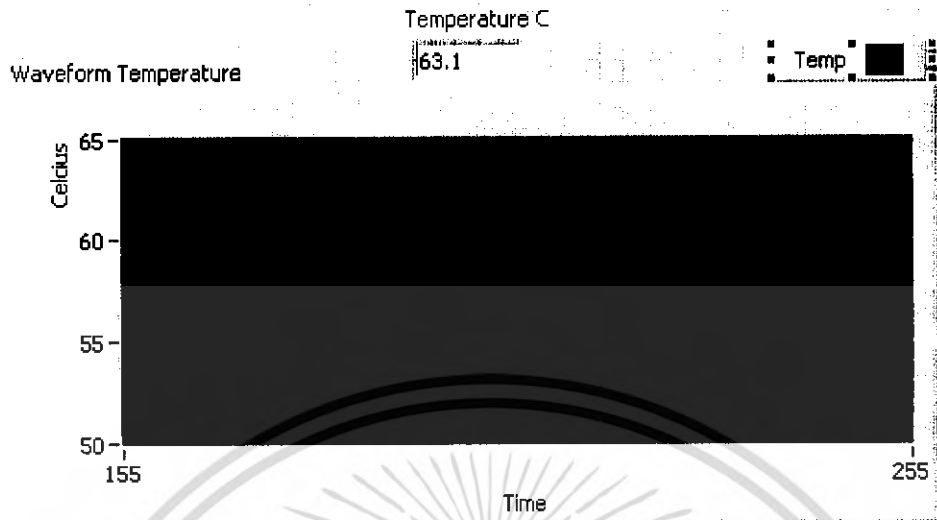
รูปที่ 4.6 รูปแสดงสเกลในการทดลอง

ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ทำการเลื่อนตำแหน่งขอแหล่งความร้อนตามระยะทางต่างๆตามตารางที่ 4.1 จะได้ค่าของอุณหภูมิดังนี้

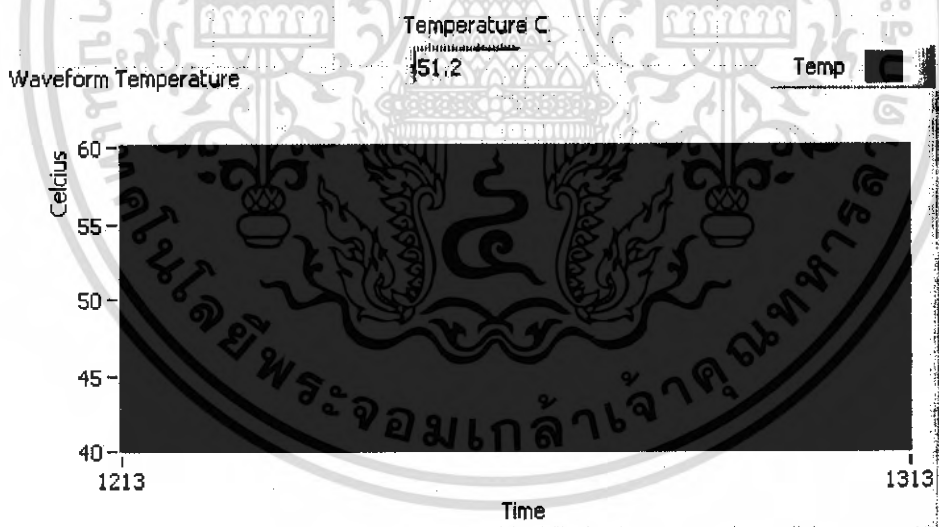
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ SHT-15 และเทอร์โมมิเตอร์(1)

ระยะทาง (cm)	อุณหภูมิที่วัดได้จาก เซนเซอร์ SHT-15	อุณหภูมิที่วัดได้จาก เทอร์โมมิเตอร์
0.5	63.1	63
1.0	51.2	51
1.5	47.4	47
2.0	46	45.7
2.5	43.6	42
3.0	42.7	42
3.5	40.9	41
4.0	40.2	40
4.5	39.2	39
5.0	38.2	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

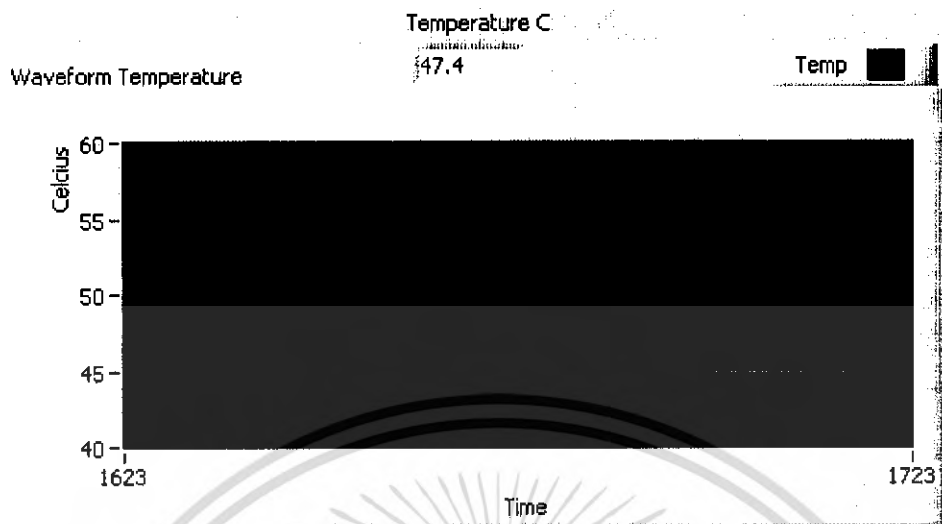


รูปที่ 4.7 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 0.5 cm



รูปที่ 4.8 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 1 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

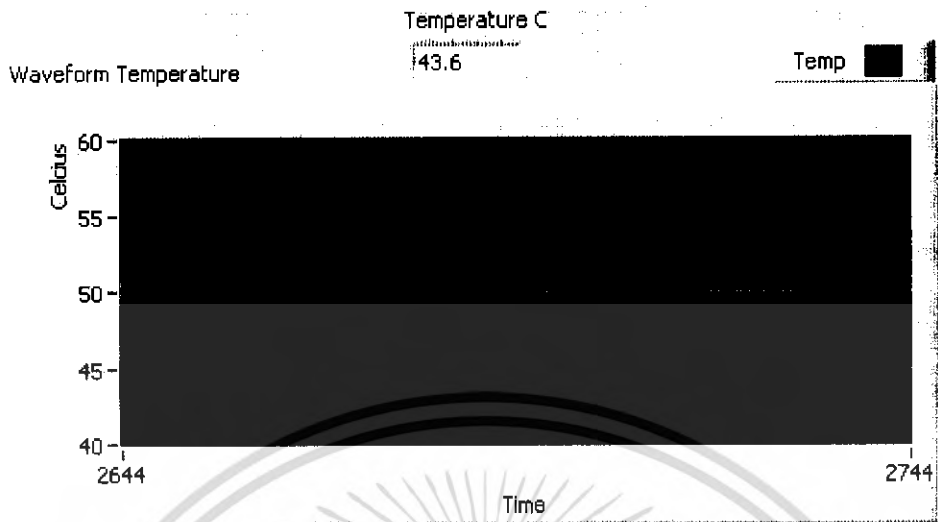


รูปที่ 4.9 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 1.5 cm

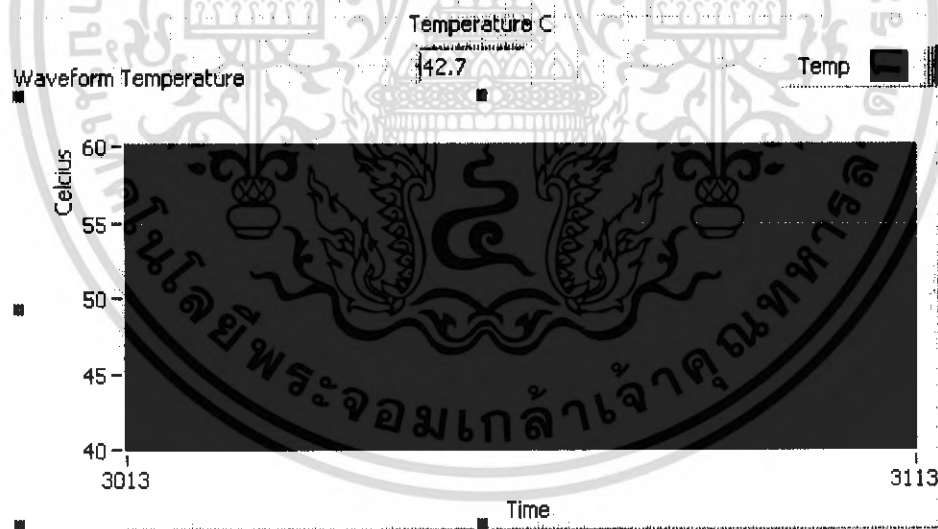


รูปที่ 4.10 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 2.0 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

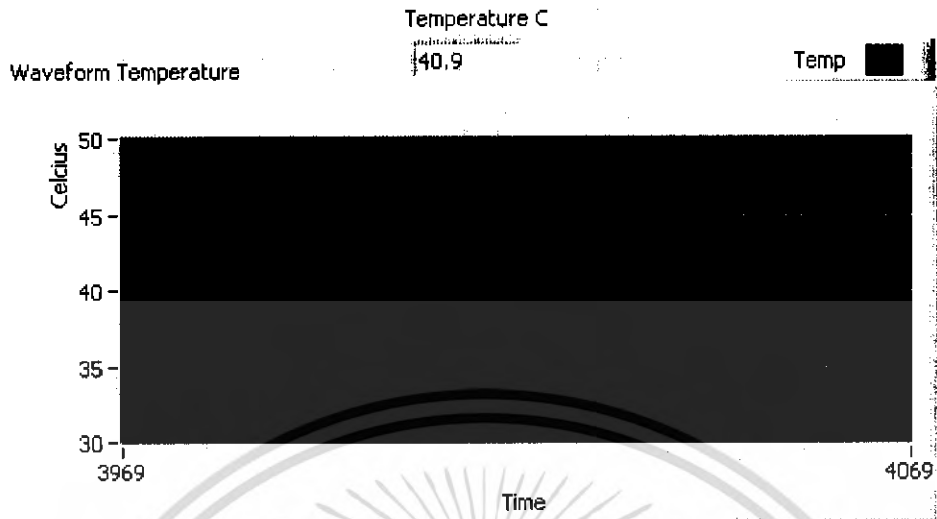


รูปที่4.11 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 2.5 cm

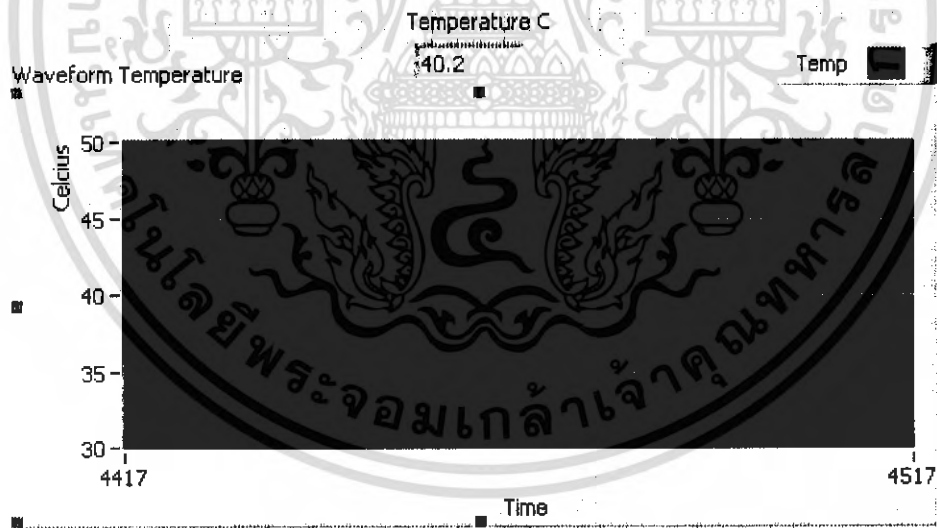


รูปที่4.12 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์SHT-15 ที่ระยะ 3.0 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

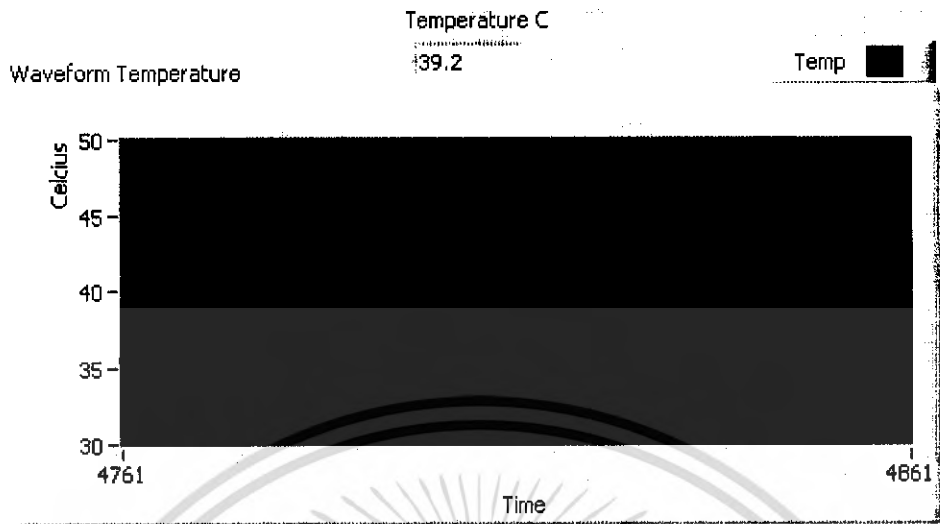


รูปที่ 4.13 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 3.5 cm

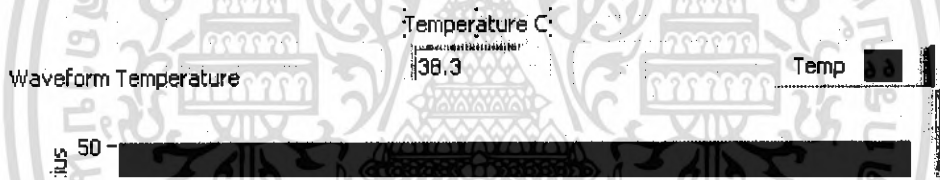


รูปที่ 4.14 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 4.0 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT-15 ที่ระยะ 4.5 cm



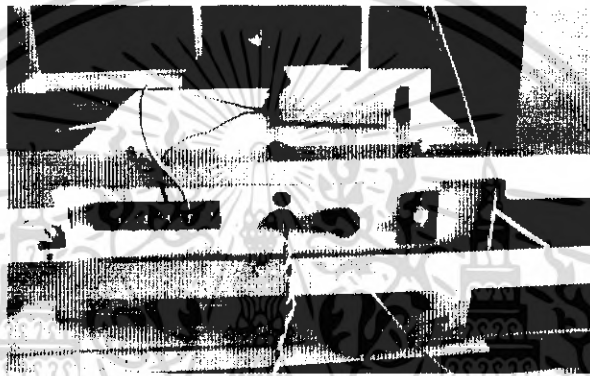
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2.1 การทดลองปรับค่าที่อุณหภูมิต่างๆ (ในย่านที่ใช้งาน) โดยเลือกใช้ค่า PID ที่เหมาะสม

4.2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง ประกอบไปด้วย

- ชุดควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้

 1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S8252
 2. วงจร ZERO-CROSSING
 3. POWER SUPPLY 5VDC



รูปที่ 4.17 ชุดควบคุมอุณหภูมิ

- ส่วนให้ความร้อน หลอดอินฟราเรดขนาด 500 วัตต์



รูปที่ 4.18 ส่วนให้ความร้อน

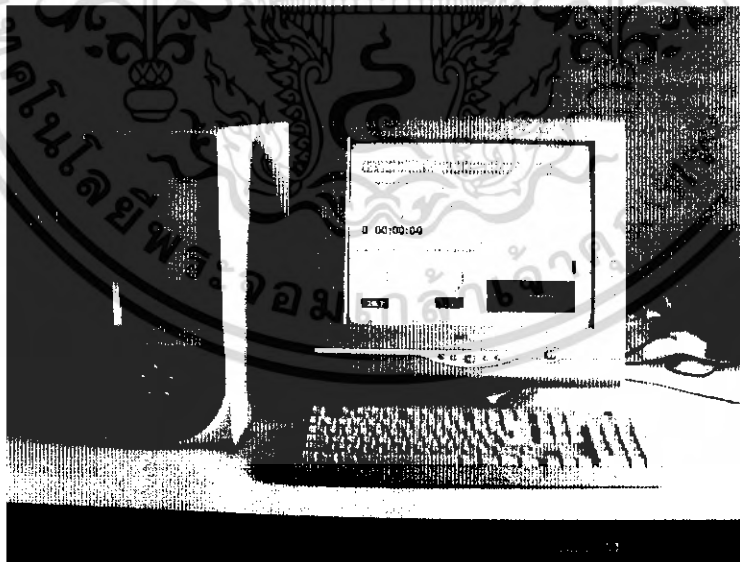
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เบอร์ SHT-15



รูปที่4.19 เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น SHT-15

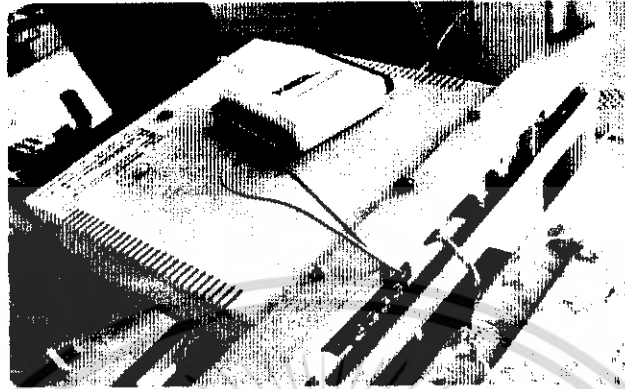
- โปรแกรม LabVIEW



รูปที่4.20 โปรแกรมLabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

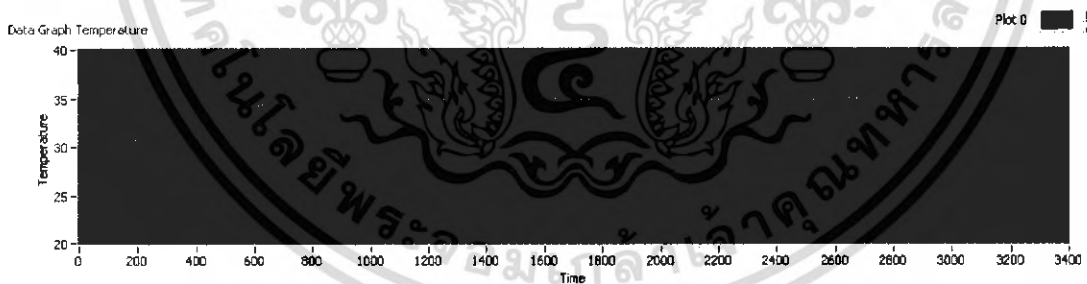
- การ์ด DAQ NI USB-6008



รูปที่ 4.21 การ์ด DAQ NI USB-6008

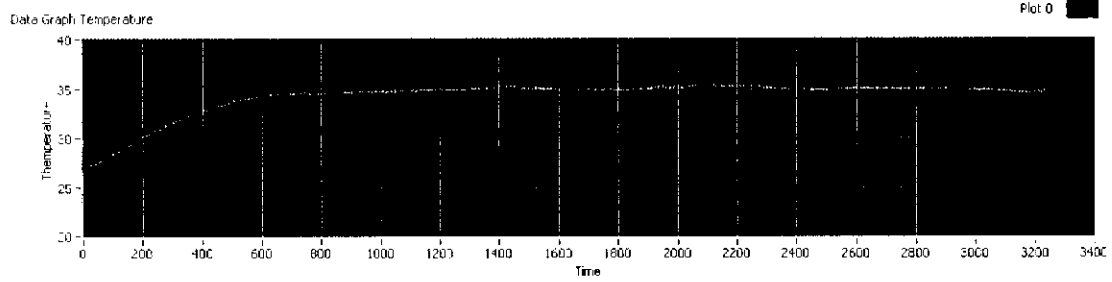
4.2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 2.1 หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบ PID ในการปรับค่าที่อุณหภูมิ อ้างอิง (35°C) โดยการปรับค่าพารามิเตอร์โดยสังเกตจากกราฟ ดังต่อไปนี้

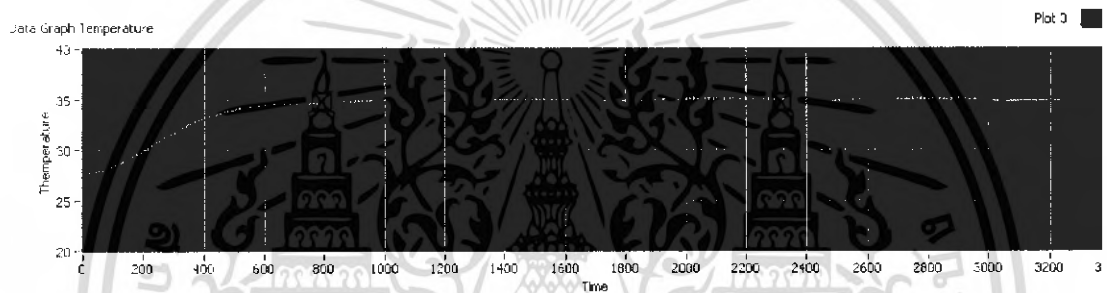


รูปที่ 4.22 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$)

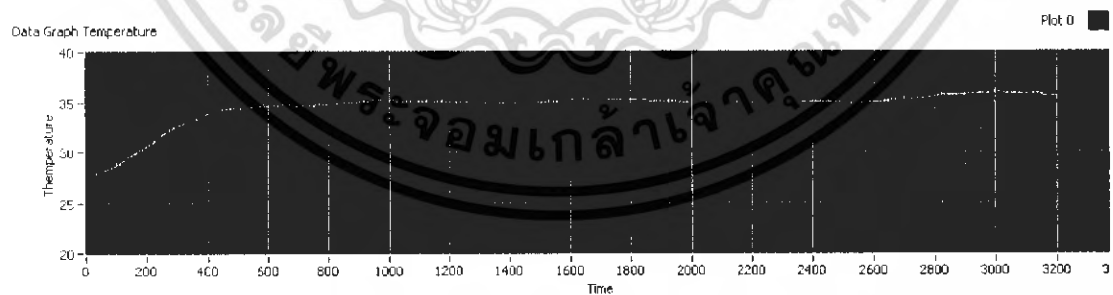
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.3$, $T_d = 0.3$)

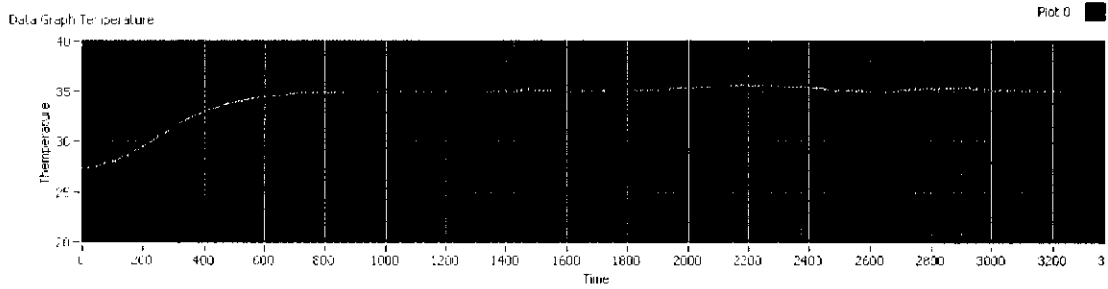


รูปที่ 4.24 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

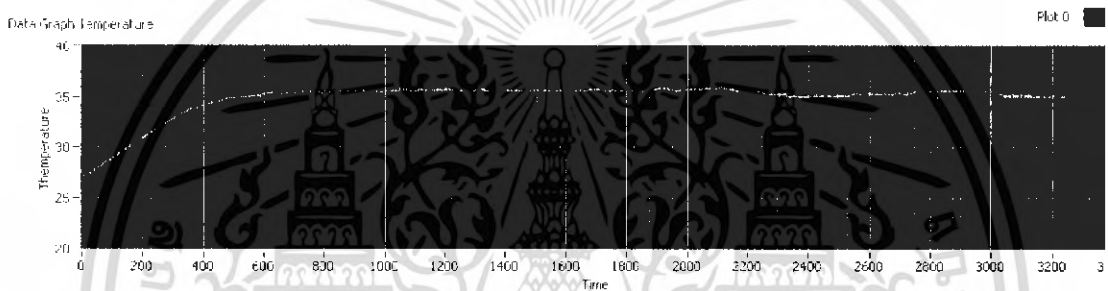


รูปที่ 4.25 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 400$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

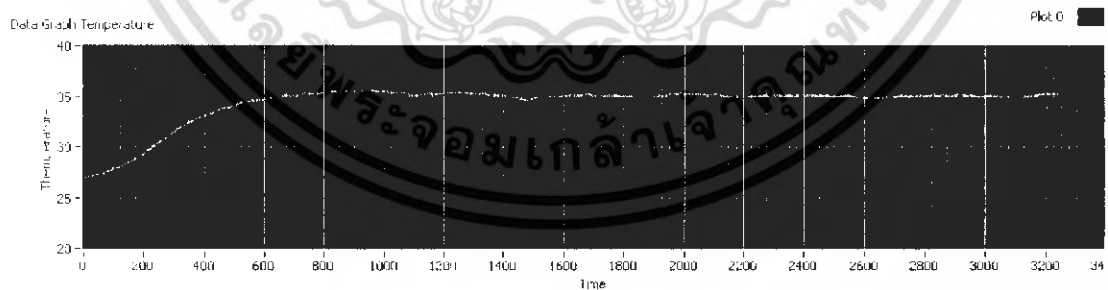
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 600$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

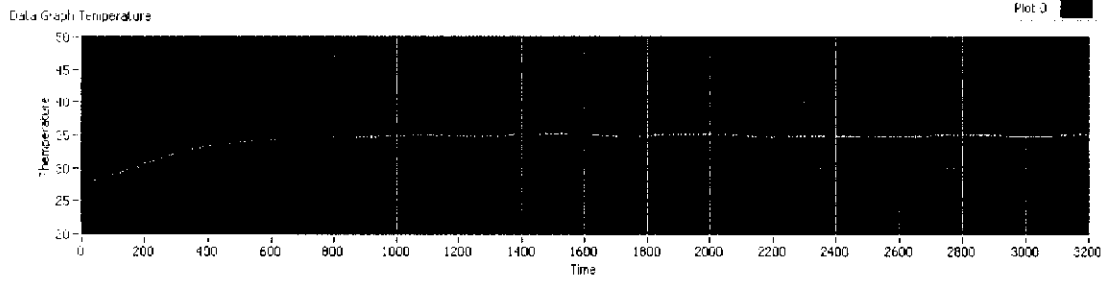


รูปที่ 4.27 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.4$)

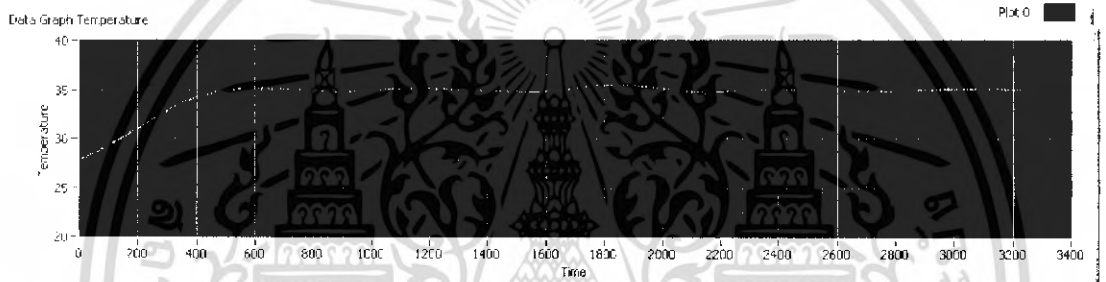


รูปที่ 4.28 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 550$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

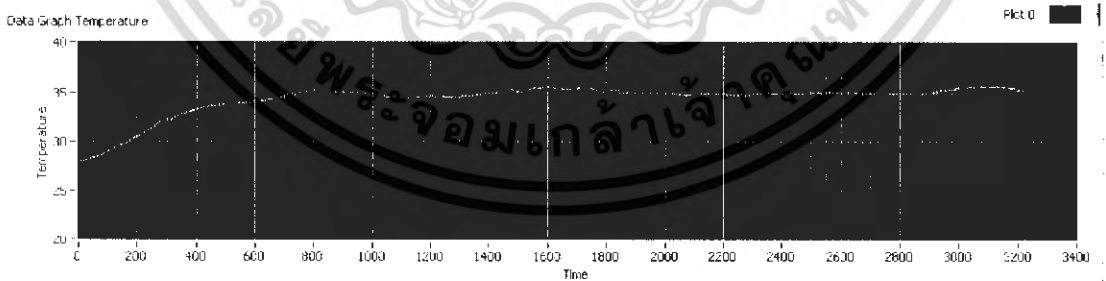
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 450$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

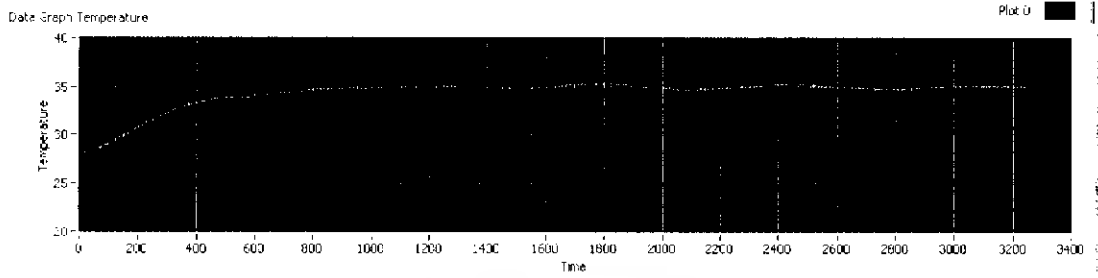


รูปที่ 4.30 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$)

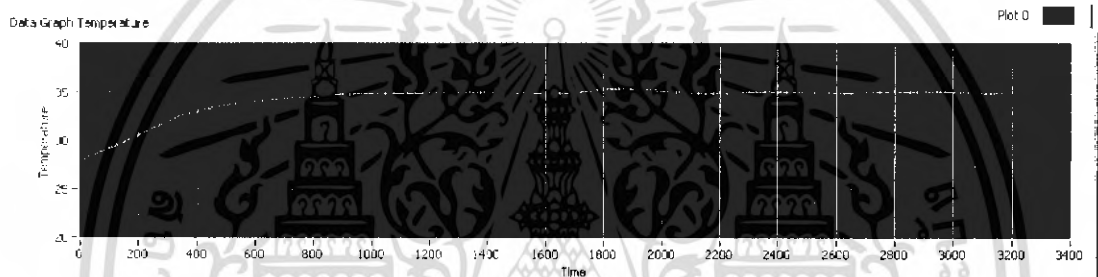


รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$)

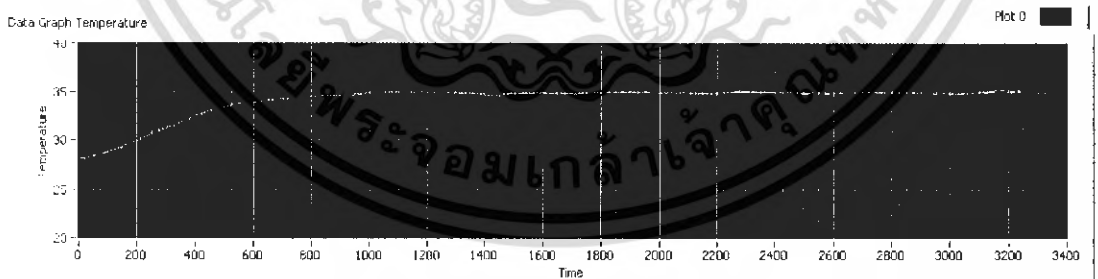
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 300$, $T_i = 1.5$, $T_d = 0.3$)

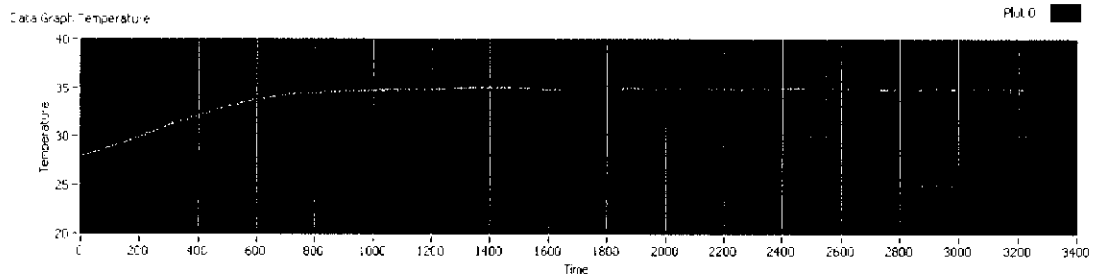


รูปที่ 4.33 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.5$, $T_d = 0.3$)

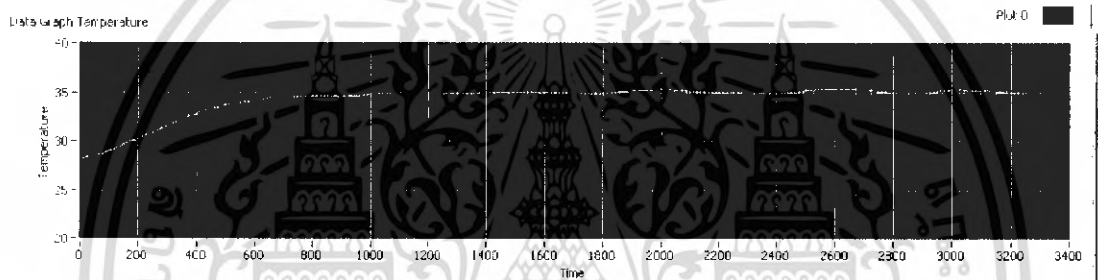


รูปที่ 4.34 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.5$, $T_d = 0.4$)

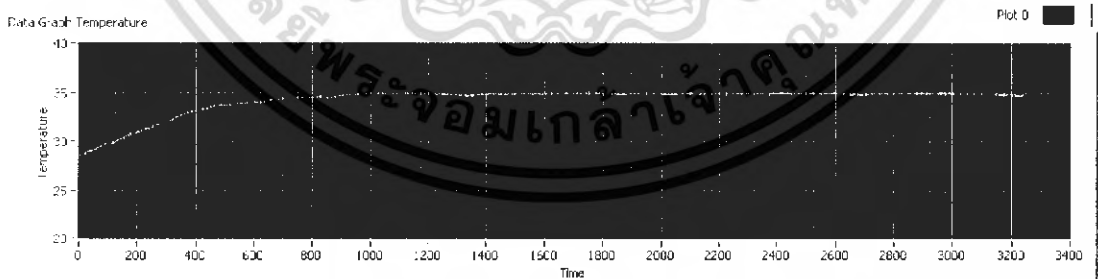
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.4$)

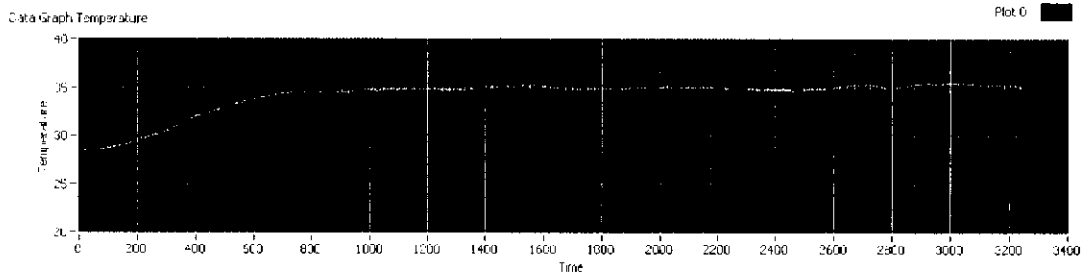


รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.5$)

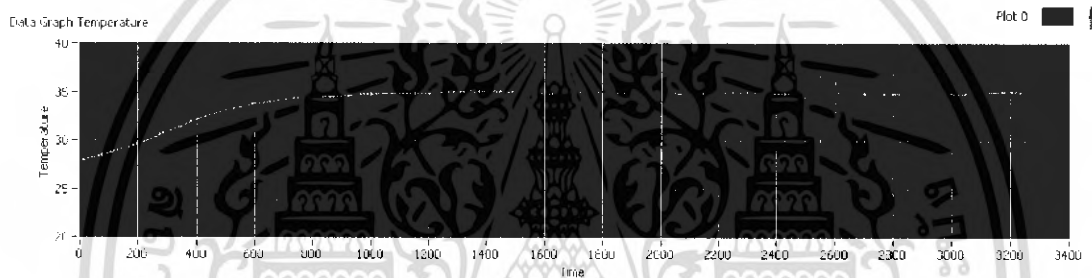


รูปที่ 4.37 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

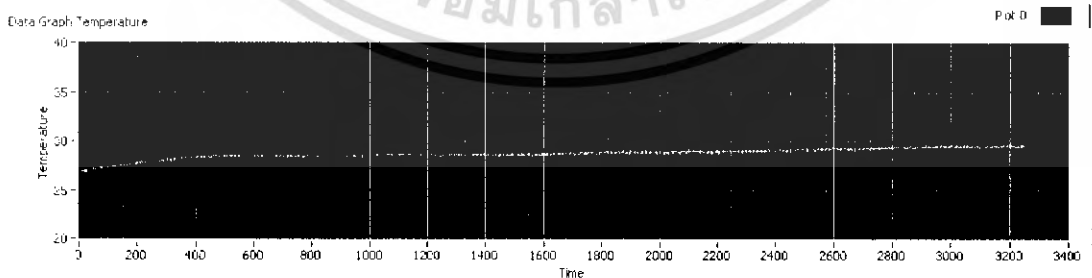


รูปที่ 4.38 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.25$)



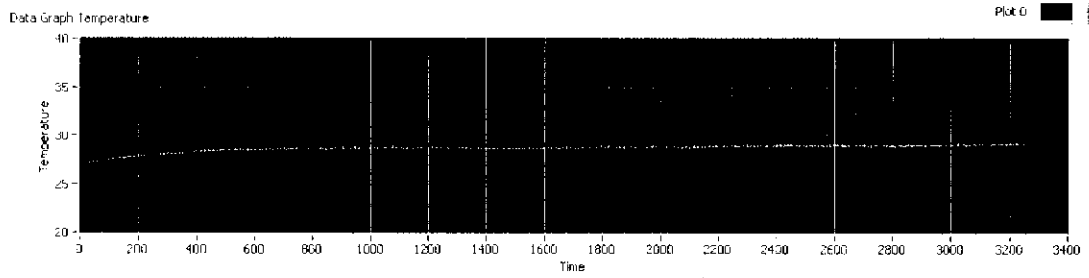
รูปที่ 4.39 แสดงผลการทดลองที่ 2.1 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.15$)

4.3 การทดลองที่ 2.2 การทดลองปรับค่าที่อุณหภูมิต่างๆ (ในย่านที่ใช้งาน) โดยเลือกใช้ค่า PID การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองในการปรับอุณหภูมิที่ค่าต่างๆ (ย่านการใช้งาน) โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ของระบบ PID เลือกใช้ค่าที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.1 คือ ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$)

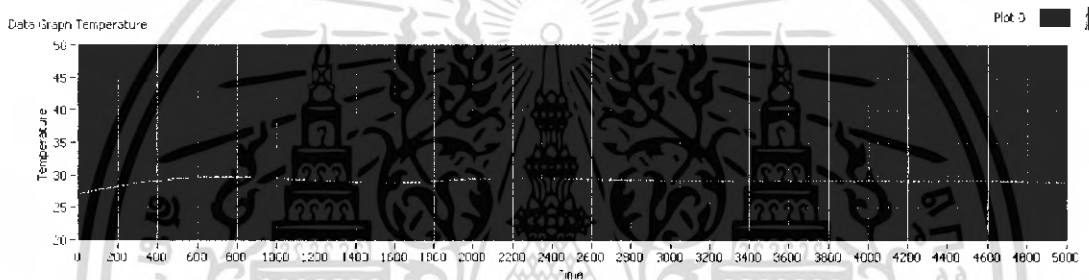


รูปที่ 4.40 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 27°C

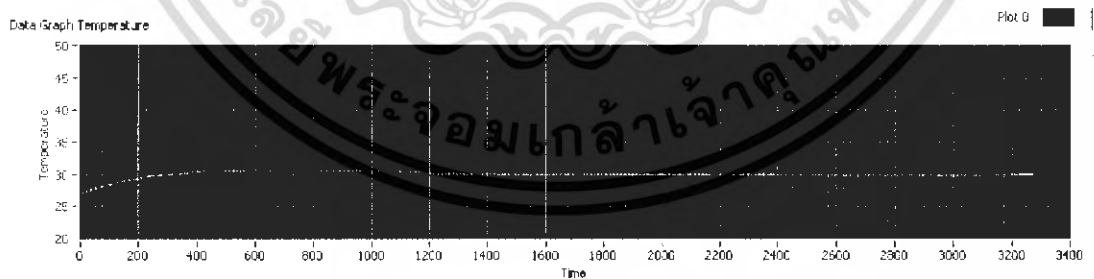
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 500$, $T_i = 1.35$, $T_d = 0.3$) ที่ 28°C

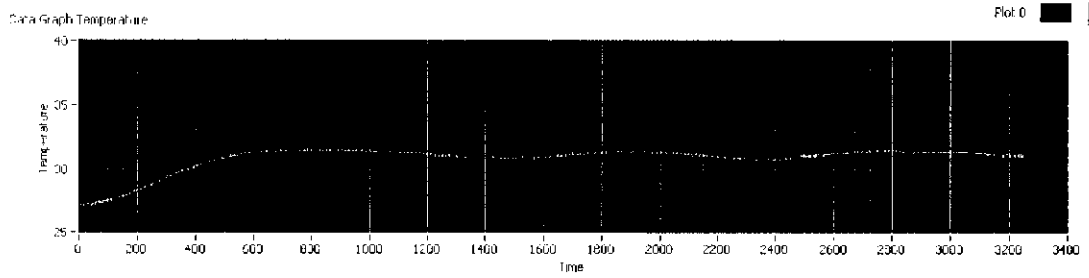


รูปที่ 4.42 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 29°C

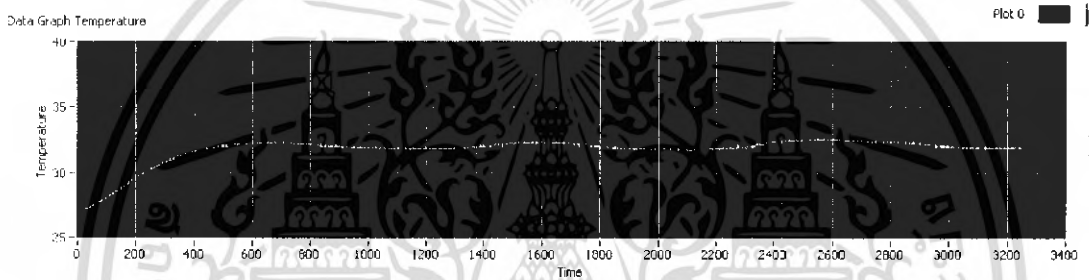


รูปที่ 4.43 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.25$) ที่ 30°C

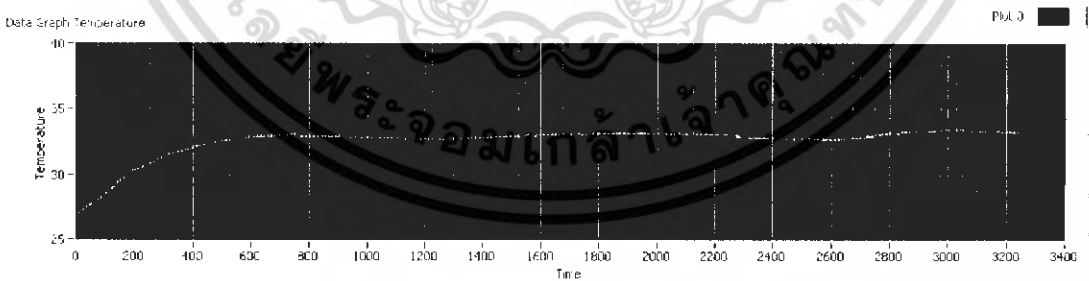
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 31°C

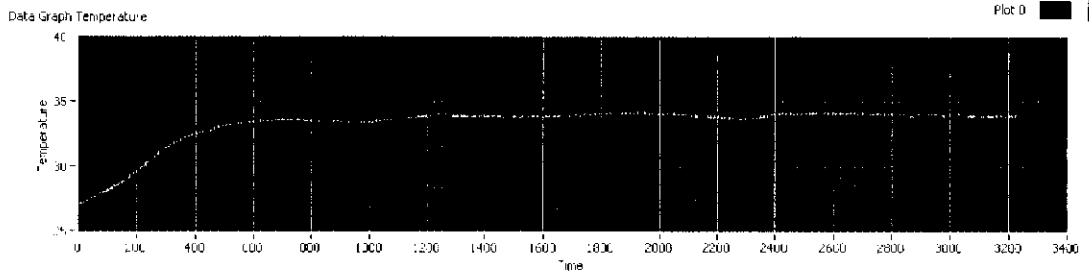


รูปที่ 4.45 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 32°C

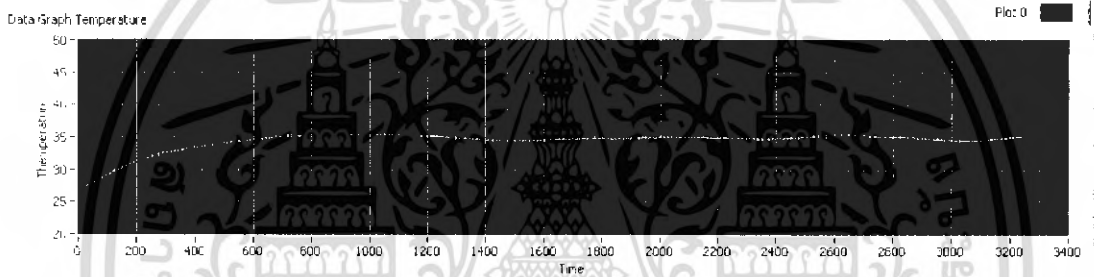


รูปที่ 4.46 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 33°C

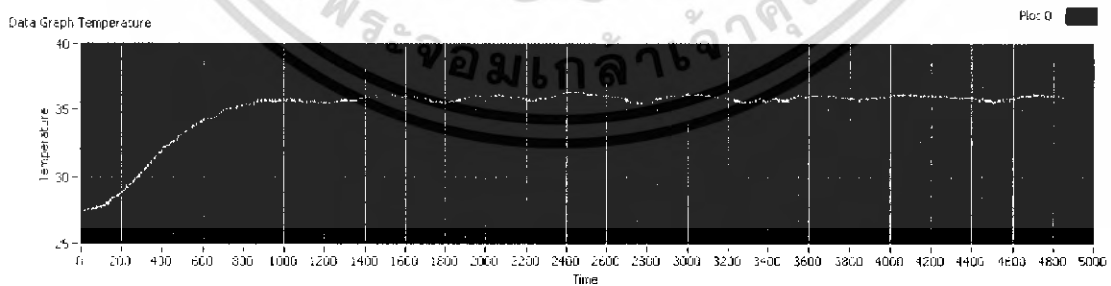
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 34°C

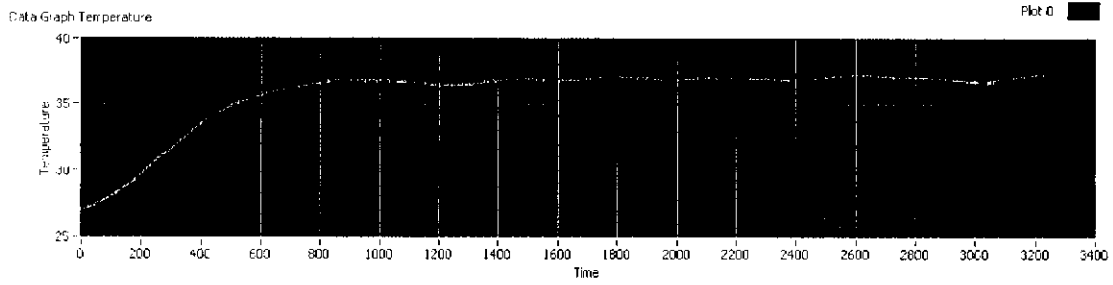


รูปที่ 4.48 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 35°C

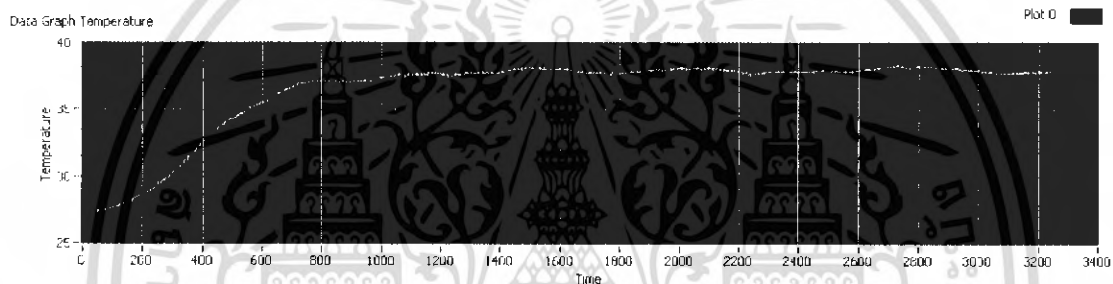


รูปที่ 4.49 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 36°C

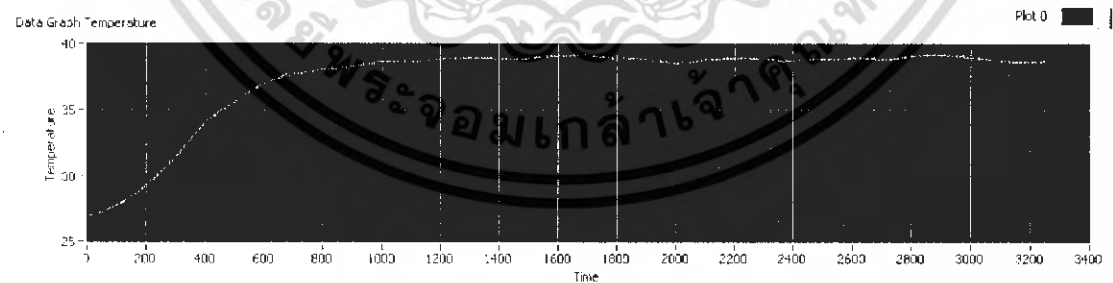
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 37°C

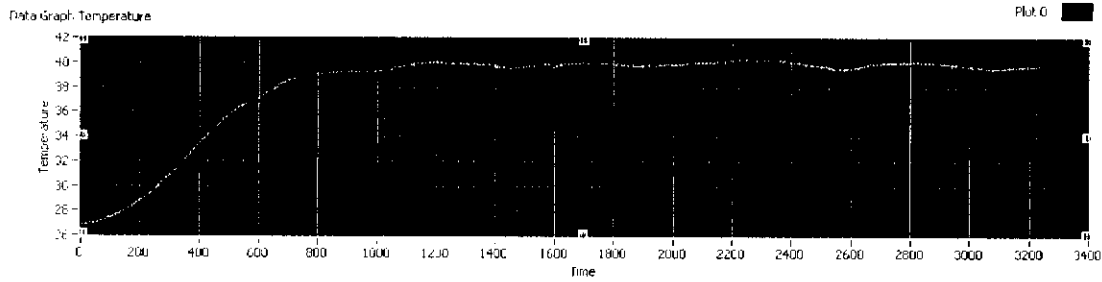


รูปที่ 4.51 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 38°C

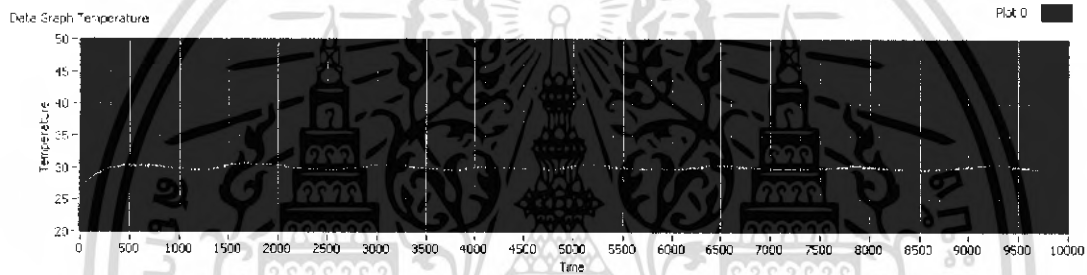


รูปที่ 4.52 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 39°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.53 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 40°C



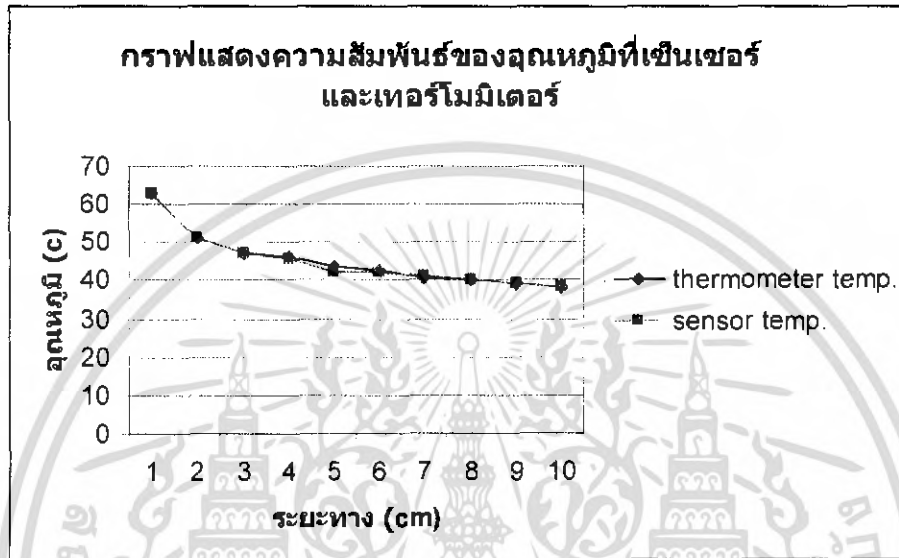
รูปที่ 4.54 แสดงผลการทดลองที่ 2.2 ที่ค่า PID Parameter ($K_c = 220$, $T_i = 1.4$, $T_d = 0.3$) ที่ 30°C
ที่เวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง



จากผลการทดลองตอนที่ 1 จะเห็นว่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์เบอร์ SHT-15 จะให้ค่าที่วัดได้มีค่าที่แม่นยำและใกล้เคียงกันกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน ดังนั้นเซ็นเซอร์เบอร์ SHT-15 จึงเหมาะสมสำหรับการใช้งานในโครงการนี้

จากการทดลองตอนที่ 2.1 เราจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ระบบมีเสถียรภาพหลายค่าแต่ค่าที่เราเลือกมาใช้คือค่า (Kc, Ti, Td) = (220, 1.4, 0.3) เนื่องจากเป็นค่าที่ดีที่สุด

จากการทดลองตอนที่ 2.2 ค่าพารามิเตอร์ของการทดลองที่ 2.2 โดยการปรับที่อุณหภูมิต่างๆ (ย่านการใช้งาน) จะพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เราเลือกจะมีค่าผิดพลาดของค่า SET POINT TEMPERATURE มีค่าไม่เกิน 0.5°C ค่าดังกล่าวนี้จึงสามารถนำมาใช้ได้ในการใช้งานนี้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 1 อาจเกิดความผิดพลาดได้เนื่องจากอุปกรณ์ให้ความร้อนให้พลังงานความร้อนที่ต่ำและกระจายความร้อนในบริเวณที่ไม่กว้างมาก และการทดลองเป็นระบบเปิด ดังนั้นอุณหภูมิจะสูญเสียได้ง่ายไปกับอากาศบริเวณใกล้เคียงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

จากการทดลองที่ 2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ๆ จากการทดลองแบบสุ่ม จากหลายๆค่าดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทดสอบกับพารามิเตอร์อื่นที่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ

จากการทดลองที่ 2.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ๆจากการทดลองแบบเปิด ดังนั้นเมื่อใช้งานจริงก็ อาจจะมีผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเช่น อุณหภูมิ จากเครื่องปรับอากาศ เป็นต้นจากผลการทดลองตอนที่เห็นว่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เทอร์ SHT-15 จะให้ค่าที่วัดได้มีค่าที่แม่นยำและใกล้เคียงกันกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน ดังนั้น เซ็นเซอร์เทอร์ SHT-15 จึงเหมาะสมสำหรับการใช้งานในโครงการนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติ ตีรเศรษฐ,รศ.ดร. “พื้นฐานวิศวกรรมระบบควบคุม”, แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์,2545

เจริญ เพชรมณี . “เรียนลัดLabVIEW” , ซีเอ็ดยูเคชั่น กรุงเทพฯ , 2547.

ตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2533

ประพุทธ ศิริบุญย์ , อรุพล บุญประกอบ . “ทารกแรกเกิด” , กรุงเทพมหานคร : โครงการ

รพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”. อินโนเวทีฟ เอ็ดเพอริเมน กรุงเทพฯ , 2542.

Leonard Sokoloff . “Basic Concepts of LabVIEW 4” , Prentice Hall , 1998.

Motorola. “Optoelectronics Device Data”.

<http://www.atmel.com>

<http://www.national.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

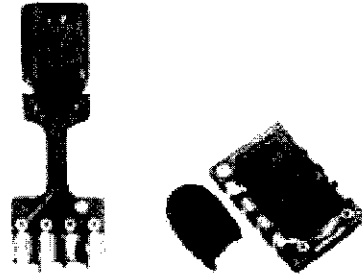


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature Sensmitter

- _ Relative humidity and temperature sensors
- _ Dew point
- _ Fully calibrated, digital output
- _ No external components required
- _ Ultra low power consumption
- _ Surface mountable or 4-pin fully interchangeable
- _ Excellent long-term stability
- _ Small size
- _ Automatic power down



Preliminary Information June 2002

SHT1x Product Summary

The SHT1x / SHT7x is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with customized post processing (CMOSens® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes two calibrated microsensors for relative humidity and temperature which are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price. Each sensor is calibrated in a precision humidity chamber and the calibration coefficients are programmed into the

OTP memory. These coefficients are used internally during measurements to calibrate the signals from the sensors.

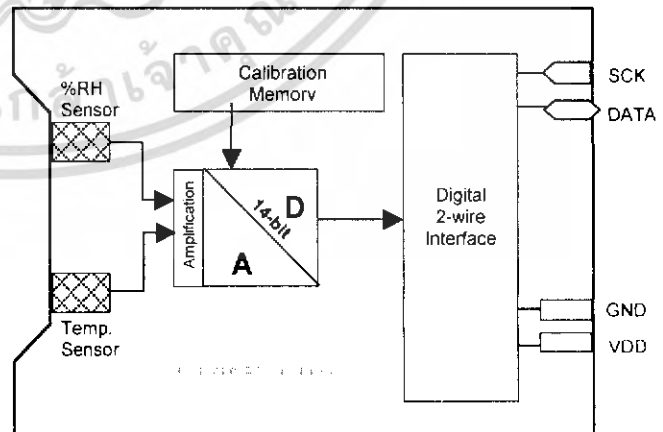
The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications including automotive, instrumentation, medical equipment, heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC), portable consumer electronics and battery-operated controllers.

The device is supplied in either a surface-mountable LCC (SHT1x) or as a 4-pin single-in-line type package (SHT7x). Customer specific packaging options may be available on request.

Applications

- _ Consumer Appliances
- _ Automotive
- _ HVAC
- _ Weather stations
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods

Schematic Diagram



Ordering information

Part Number	Humidity accuracy	Temperature accuracy	Package
SHT11	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	SMT
SHT15	±2.0%RH	±0.5°C	SMT
SHT71	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	4-pin single-in-line
SHT75	±2.0%RH	±0.5°C	4-pin single-in-line

Available Q3 2002

Available Q3 2002

1 Sensor Performance Specifications⁽¹⁾

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution		0.5	0.03	0.03	% RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		% RH
Accuracy ⁽²⁾ & Interchangeability		see figure 1			
Nonlinearity	10 - 90 %RH	<1 ⁽⁵⁾		±3 ⁽⁵⁾	% RH
Range		0		100	% RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		% RH
Long term stability	Typical		< 1		% RH/yr
Temperature					
Resolution		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

1.1 Converting the digital output to physical values

1.1.1 Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

$c_1 = -4$ $c_2 = 0.0405$ $c_3 = -2.8 \cdot 10^{-6}$ for 12bit SO_{RH}
 $c_1 = -4$ $c_2 = 0.648$ $c_3 = -7.2 \cdot 10^{-4}$ for 8bit SO_{RH}

For simplified, less computation intense conversion formulas see application note "RH Non-Linearity Compensation".

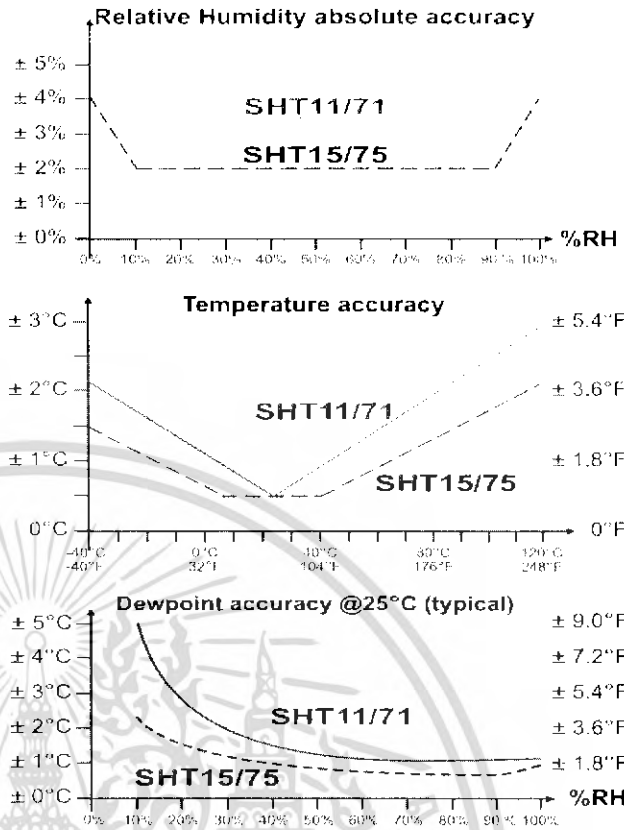
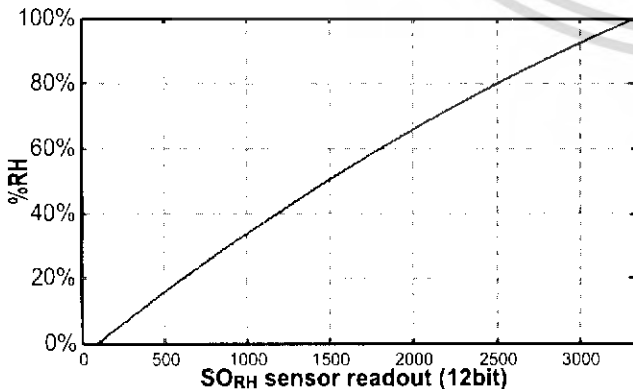


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the temperature coefficient of the RH sensor should be considered:

$$RH_{true} = (T_c - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

with $t_1 = 0.01$; $t_2 = 0.00008$ for 12bit SO_{RH} ; $t_2 = 0.00128$ for 8bit SO_{RH}
 This equals ~0.12%RH / °C @ 50%RH

1.1.2 Temperature

The temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature: $Temperature = d_1 + d_2 \cdot SO_T$
 Use the appropriate table entries for 5V or 3V.

SO_T	Celsius		Fahrenheit	
	d_1	d_2	d_1	d_2
14bit 5V	-40	0.01	-40	0.018
12bit 5V	-40	0.04	-40	0.072
14bit 3V	-38.4	0.0098	-37.1	0.0176
12bit 3V	-38.4	0.0392	-37.1	0.0704

This equals a voltage dependency of ~-0.2°C/V @ 25°C

1.1.3 Dewpoint

See application note "Dewpoint calculation" for more information.

⁽¹⁾ For operation within normal operation range as described in Chapter 3, RH accuracy at 25°C

⁽²⁾ Not including non-linearity

⁽³⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

⁽⁴⁾ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

⁽⁵⁾ Min. value after compensation with formula in chapter 1.1.1; Max. value without any compensation

2 Serial Interface

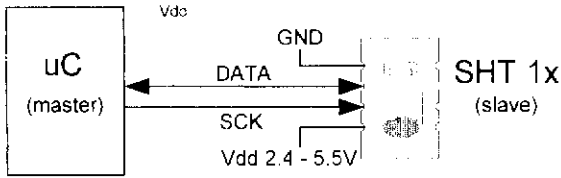


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

The device requires a voltage supply between 2.4V and 5.5V. After powerup the device requires 11ms to reach its "sleep" state. No commands should be sent before that time. Power supply pins (VDD, GND) may be decoupled with a 100 nF capacitor.

2.2 I/O Pins (Bidirectional 2-wire Interface)

See Table 5 for a detailed IO characteristics.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a master and the SHT1x/SHT7x. Since the device contains fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. DATA changes at the falling edge and is valid on the rising edge of the serial clock SCK. An external pull-up resistor is required to pull the signal high. (See Figure 2). Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers.

2.2.3 Command sequence

To initiate a transmission a "Transmission Start" sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line

while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high.

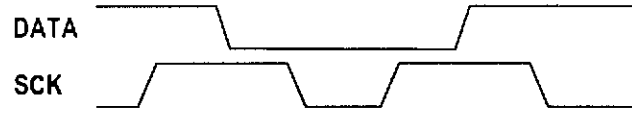


Figure 3 "Transmission Start" sequence

The subsequent command sequence consists of three address bits (only "000" is currently supported) and five command bits. The SHT1x/SHT7x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock and the DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

See 2.2.5 "Measurement Sequence" for an application of the command sequence

2.2.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset its serial interface:

While leaving DATA high toggle SCK 9 or more times. This must be followed by a "Transmission Start" sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

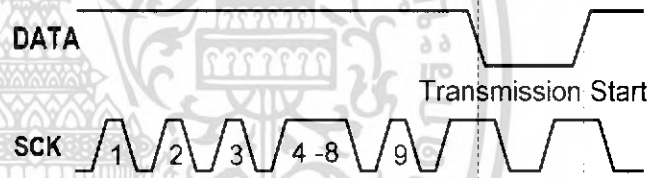
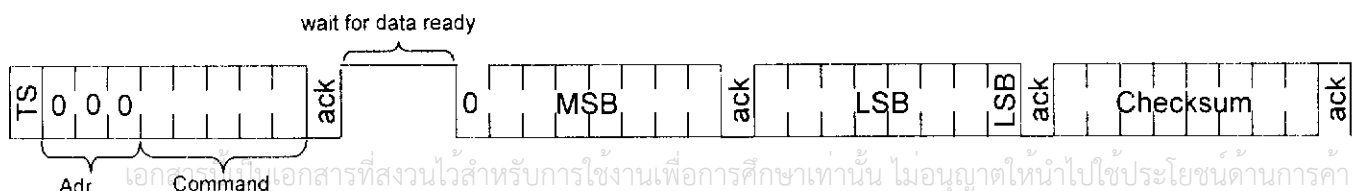


Figure 4 Connection reset sequence

Command	Code	Description
Reserved	0000x	Reserved
Measure Temperature	00011	Temperature measurement
Measure Humidity	00101	Humidity measurement
Status Register Read	00111	Read access to the status register (see application note)
Status Register Write	00110	Write access to the status register (see application note)
Reserved	0101x-1110x	Reserved
Soft reset	11110	resets the chip, clears the status register to default values wait 11ms before next command

Table 2 SHT1x/SHT7x list of commands



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 Measurement sequence (T and RH)

After issuing a measurement command ('00000101' for RH, '00000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls down the data line (2) and the controller must restart SCK. Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified. (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used). Communication terminates after the acknowledge bit of the

CRC data. If CRC-8 Checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ack high. The device automatically returns to sleep mode after the measurement and communication have finished.

Warning: To keep heat up of the SHT1x/SHT7x below 0.1°C it should not be active for more than 15% of the time (e.g. max. 3 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.6 CRC-8 Checksum Calculation

Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

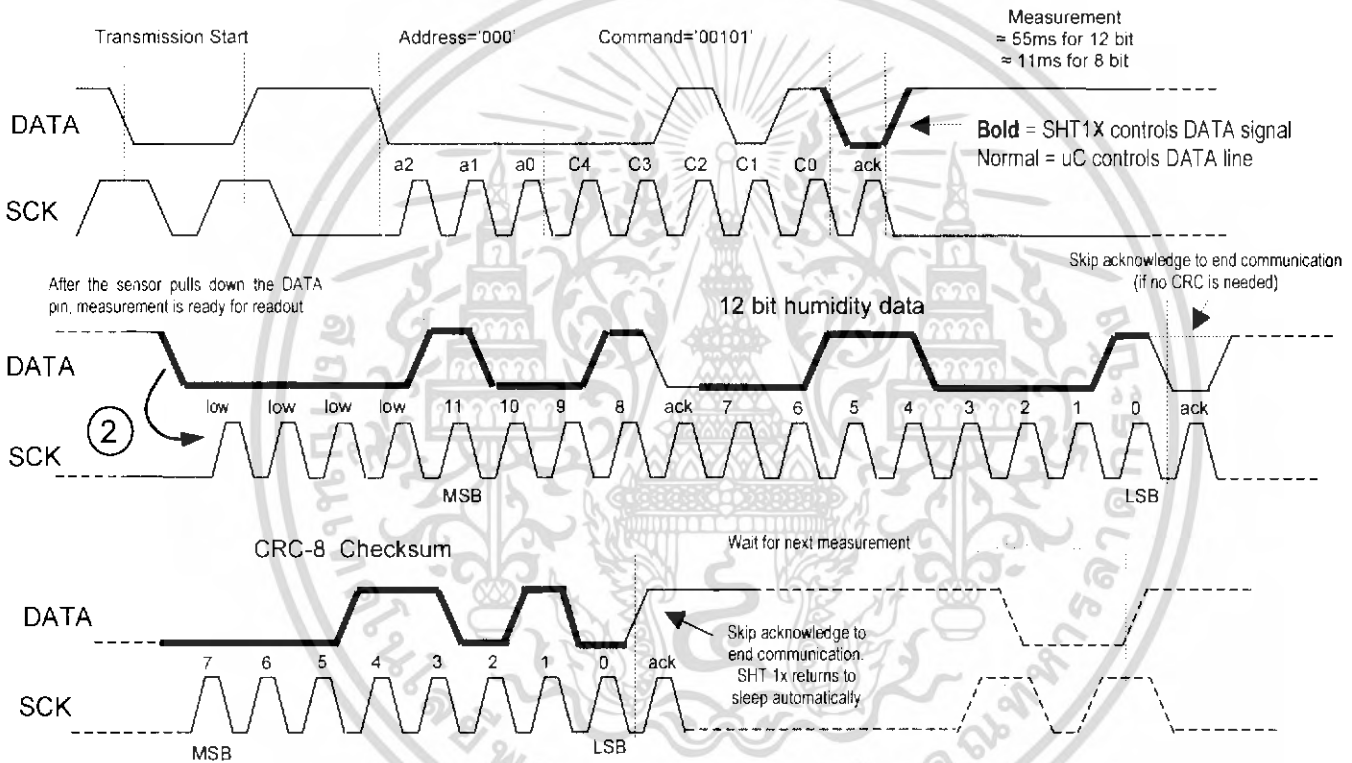


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001" = 2353 = 75.79%RH

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x/SHT7x are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. Please consult application note "Status Register" for more information.

2.3.1 Measurement resolution

The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

2.3.2 End of Battery

The "End of Battery" function detects VDD voltages below 2.47V. Accuracy is ±0.05V

2.3.3 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by approximately 5°C. Power consumption will increase by 8mA @ 5V.

Applications:

- By comparing temperature and humidity values before and after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.
- In high RH environments heating the sensor element will avoid condensation.

Warning: The built-in calibration is not correct while the sensmitter is heated!

Please consult application note "Status Register" for more information on how to access and use these features.

3 Specifications SHT1x/SHT7x

3.1 Absolute Maximum Ratings

Ambient Storage Temperature: -40°C to 120°C

3.2 Operating Conditions

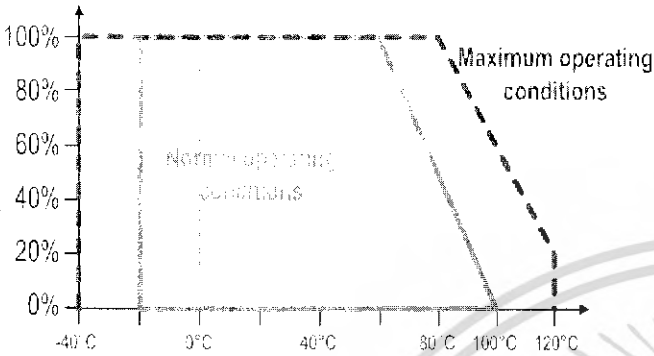


Figure 6 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to ±3%RH. After return to normal conditions it will slowly return close to calibration state by itself.

To accelerate this process we recommend the following reconditioning procedure:

- 90°C at <5%RH for 24h followed by
- 20-30°C at >74%RH for 48h

Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

3.3 Special Conditions

Extensive tests were performed in various environments.

Environment	Norm	Results ⁽⁴⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-A -40 +125°C, 1000cy	Within Specifications
Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3bar 125°C 85%RH	Reversible shift by +2% RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Specifications
Freezing cycles fully submerged	-20 +90°C, 100cy 30min dwell time	Reversible shift by +2% RH

Table 3 Qualification tests

Please contact SENSIRION for additional qualification information.

3.4 Electrical Specifications⁽¹⁾

3.4.1 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ±100 mA with T_{amb}=80°C according to JEDEC 17.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

3.4.2 DC Characteristics

VDD=5V, Temperature= 25°C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		µA
	average	2 ⁽²⁾	28 ⁽³⁾		µA
	sleep		0.3	1	µA
Low level output voltage		0		20% Vdd	
High level output voltage		75%		100% Vdd	
Low level input voltage	Negative going	0		20% Vdd	
High level input voltage	Positive going	80%		100% Vdd	
Input current on pads				1	µA
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

Table 4 SHT1x/SHT7x DC Characteristics

3.4.3 I/O Characteristics

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLH}	SCK high time		100		ns	
T _{CLL}	SCK low time		100		ns	
T _V	DATA valid time			250	ns	
T _{SU}	DATA set up time		100		ns	
T _{HO}	DATA hold time		0	10	ns	
T _R /T _F	SCK rise/fall time				200 ns	

Table 5 SHT1x/SHT7x I/O Signals Characteristics

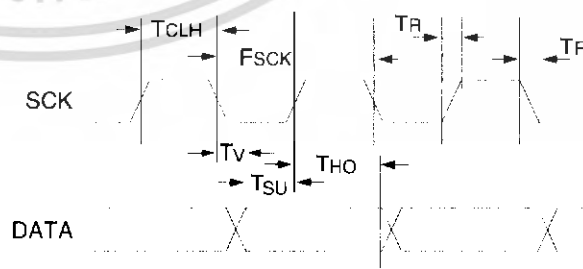


Figure 7 Timing Diagram

(1) Parameters are periodically sampled and not 100% tested

(2) With one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second

(3) With one measurement of 12bit accuracy per second

(4) The temperature sensor passed all tests without any drift Package and electronics also passed 100%

4 Physical Dimensions and Mounting Information

4.1 SHT1x (surface mountable)

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5V
5-8	nc	Do not connect pins on right side

Table 6 SHT1x Pin Description

4.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate.

Device size is 7.62 x 5.08 x 2.5 mm. Weight 100mg

4.1.2 Soldering Information

The SHT1x can be soldered using standard reflow ovens at maximum 225°C for 20 seconds. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C.

After soldering the devices must be stored at >74%RH for at least 24h to allow the polymer to recover.

Please consult the application note "Soldering procedure" for detailed instructions.

4.1.3 Delivery Conditions

The SHT1x will be delivered in standard IC tubes by 80 pieces per tube. Other delivery options may be available on request.

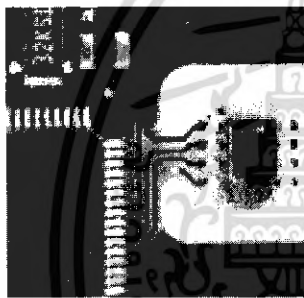


Figure 8 SHT1x Mounting example

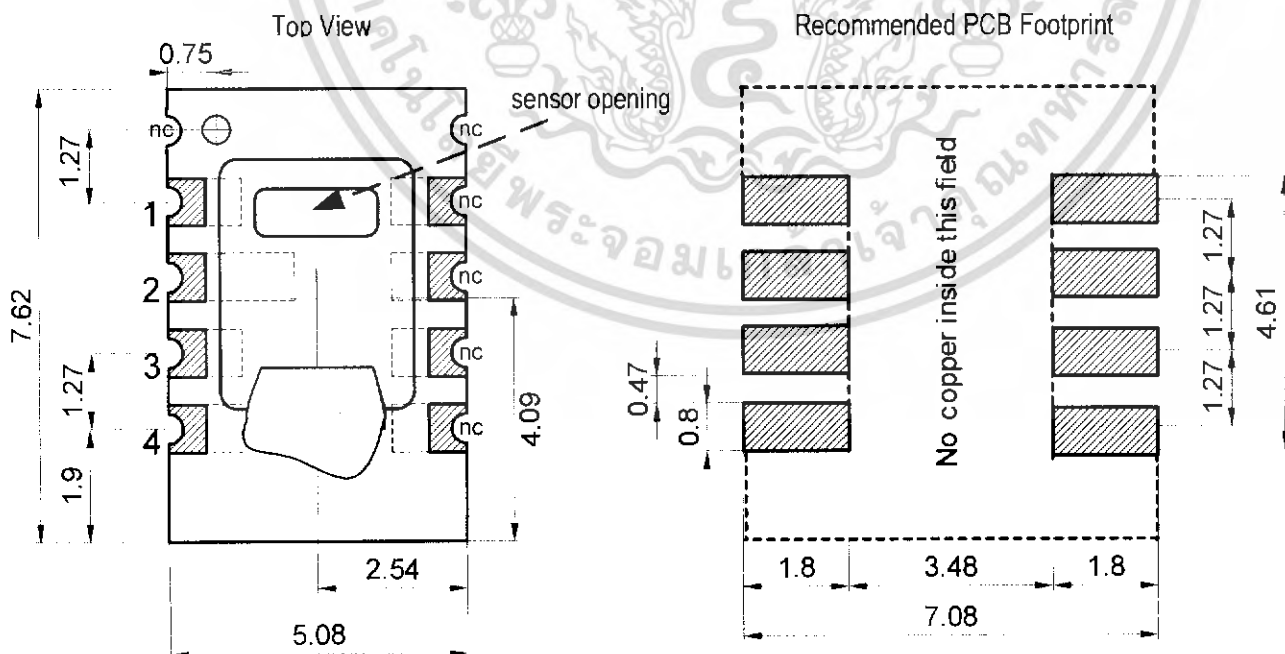
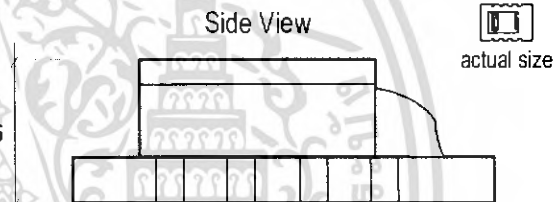


Figure 9 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 SHT7x (4-pin single-in-line)

SHT7x are available starting Q3 2002

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial clock input
2	VDD	Supply 2.4 – 5.5V
3	GND	Ground
4	DATA	Serial data bidirectional

Table 7 SHT7x Pin Description

4.2.1 Package type

The device is supplied in a single-in-line pin type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.6mm FR4 substrate.

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times.

A 100nF capacitor is mounted on the back side between VDD and GND.

Weight 168mg, Weight of sensor head 73mg

All pins are gold plated to avoid corrosion.

Pins mate with most 1.27mm (0.05") sockets

e.g.: Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-20-001 or similar

4.2.2 Soldering Information (Preliminary)

The SHT7x may be soldered using standard wave soldering systems at maximum 225°C for 20 seconds.

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C.

After soldering the devices must be stored at >74%RH for at least 24h to allow the polymer to recover.

Please consult the application note "Soldering procedure" for detailed instructions.

4.2.3 Delivery Conditions

The SHT7x will be delivered in trays by xx pieces per tray. Other delivery options may be available on request.

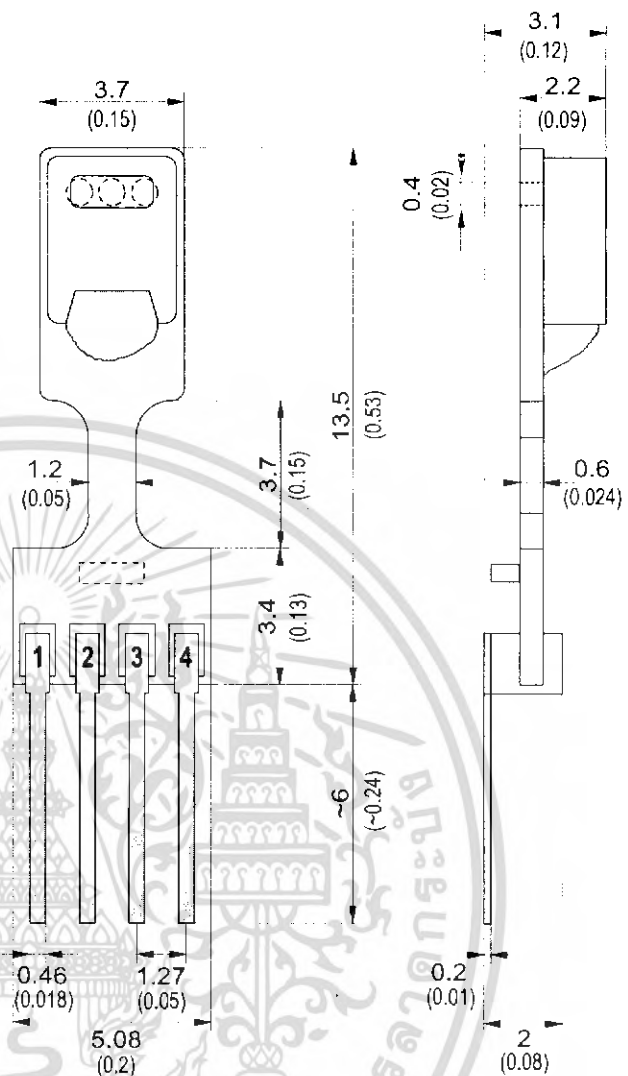


Figure 10 SHT7x dimensions in mm (inch), preliminary

4.3 Other Packages

Other packaging options may be available on request.

4.4 Production date

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form wwy. e.g. "351" = week 35, 2001.

4.5 Mounting Recommendations

The relative humidity of a gas strongly depends on its temperature. It is therefore essential to keep the sensor at the same temperature as the air of which the humidity is to be measured.

If the sensmitter shares a PCB with heating electronic components it should be mounted below the heat source and the housing must remain well ventilated. To reduce

heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between.

Prolonged direct exposure of the SHT1x/SHT7x to sunshine or UV radiation should be avoided.

4.6 Wiring considerations and signal integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals.

Please see the application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Revision history

Date	Page	Changes
February 2002	1-9	First public release
February (2) 2002	4	Corrected CRC information to match application note
March 2002	2	Extended SHT11 3.5 accuracy range to 20%-80%
	8	Added image of mounting example
	2	Changed coefficients of temperature conversion formula
		Various small modifications
June 2002	6	Extended "no copper" area in figure 9
	5	Corrected timing diagram and table 5 with setup times for DATA
	5	Added qualification data table
	7	Added SHT7x information
	4	Renamed "End of Life" function to "End of Battery"

The latest version of this document and all application notes can be found at:
www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

6 Important Notices

The warranty for each SENSIRION AG product comes in the form of a written warranty which governs sale and use of such product. Such warranty is contained in the printed terms and conditions under which such product is sold, or in a separate written warranty supplied with the product. Please refer to such written warranty with respect to its applicability to certain applications of such product.

These products may be subject to restrictions on use. Please contact SENSIRION AG for a list of the current additional restrictions on these products. By purchasing these products, the purchaser of these products agrees to comply with such restrictions. Please contact SENSIRION AG for clarification of any restrictions described herein. SENSIRION AG reserves the right, without further notice, to change the SENSIRION SHT1x/SHT7x Relative Humidity and Temperature Sensor product specifications and/or information in this document and to improve reliability, functions and design.

SENSIRION AG assumes no responsibility or liability for any use of SENSIRION SHT1x/SHT7x product. Application examples and alternative uses of the SENSIRION

SHT1x/SHT7x are for illustration purposes only and SENSIRION AG makes no representation or warranty that such applications shall be suitable for the use specified.

Copyright© 2001-2002, SENSIRION AG.
All rights reserved.

7 Caution

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product. See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

8 Warning, personal injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. **Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

Headquarters and Sales Office

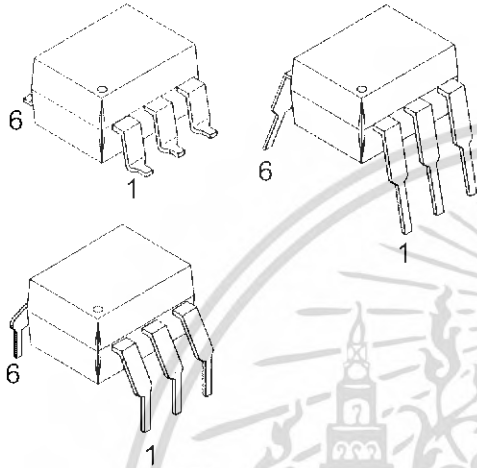
SENSIRION AG Phone: + 41 (0)1 306 40 00
 Eggbühlstr. 14 Fax: + 41 (0)1 306 40 30
 P.O. Box e-mail: info@sensirion.com
 CH-8052 Zürich <http://www.sensirion.com/>
 Switzerland

MOC3081M

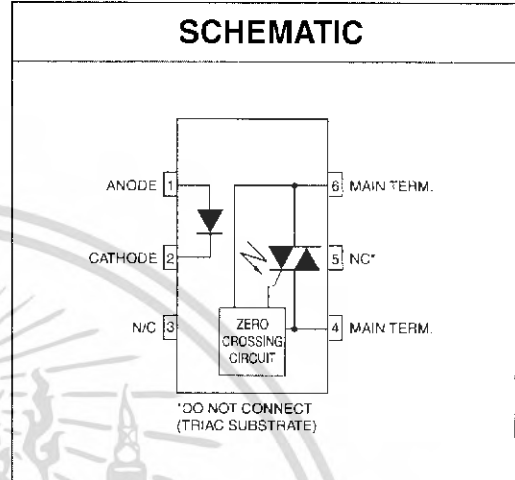
MOC3082M

MOC3083M

PACKAGE



SCHEMATIC



DESCRIPTION

The MOC3081M, MOC3082M and MOC3083M devices consist of a GaAs infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a zero voltage crossing bilateral triac driver.

They are designed for use with a discrete power triac in the interface of logic systems to equipment powered from 240 VAC lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

FEATURES

- Underwriters Laboratories (UL) recognized - file #E90700, Volume 2
- VDE recognized - file #102497 - add option V (e.g., MOC3083VM)
- Simplifies logic control of 240 VAC power
- Zero voltage crossing
- dv/dt of 1500 V/ μ s typical, 600 V/ μ s guaranteed
- Compatible with Fairchild's FKPF12N80 discrete power triac

APPLICATIONS

- Solenoid/valve controls
- Lighting controls
- Static power switches
- AC motor drives
- Temperature controls
- E.M. contactors
- AC motor starters
- Solid state relays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Parameters	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage ⁽⁴⁾ (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
EMITTER			
Continuous Forward Current	I_F	60	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Total Power Dissipation 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	800	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μs , 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
EMITTER						
Input Forward Voltage	$I_F = 30\text{ mA}$	V_F		1.3	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 6\text{ V}$	I_R		0.005	100	μA
DETECTOR						
Peak Blocking Current, Either Direction	$V_{\text{DRM}} = 800\text{V}$, $I_F = 0$ (note 1)	I_{DRM1}		10	500	nA
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$I_F = 0$ (figure 9, note 3)	dv/dt	600	1500		V/ μs

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Units
LED Trigger Current	Main Terminal Voltage = 3V (note 2)	I_{FT}	MOC3081M			15	mA
			MOC3082M			10	
			MOC3083M			5	
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{\text{TM}} = 100\text{ mA peak}$, $I_F = \text{rated } I_{\text{FT}}$	V_{TM}	All		1.8	3	V
Holding Current, Either Direction		I_{H}	All		500		μA

ZERO CROSSING CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Units
Inhibit Voltage (MT1-MT2 voltage above which device will not trigger)	$I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$	V_{INH}	All		12	20	V
Leakage in Inhibited State	$I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$, $V_{\text{DRM}} = 800\text{V}$, off state	I_{DRM2}	All		200	500	μA

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	$f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$ (note 4)	V_{ISO}	7500			Vac(pk)

*Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

Note

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3081M, 10 mA for MOC3082M, 5 mA for MOC3083M) and absolute max I_F (60 mA).
3. This is static dv/dt . See Figure 9 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
4. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

Figure 1. LED Forward Voltage vs. Forward Current

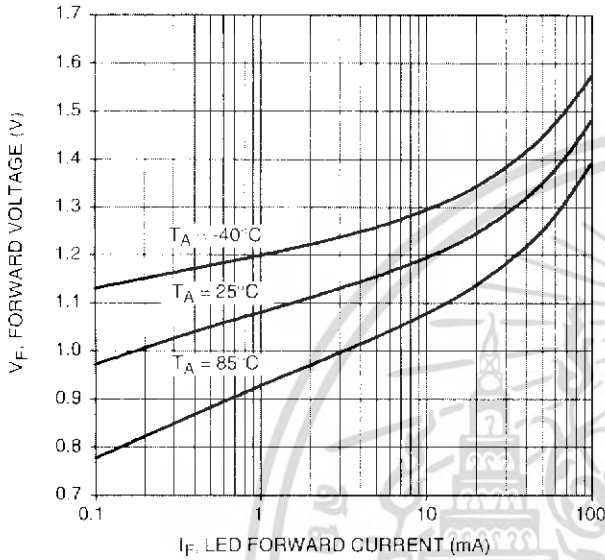


Figure 2. Trigger Current Vs. Temperature

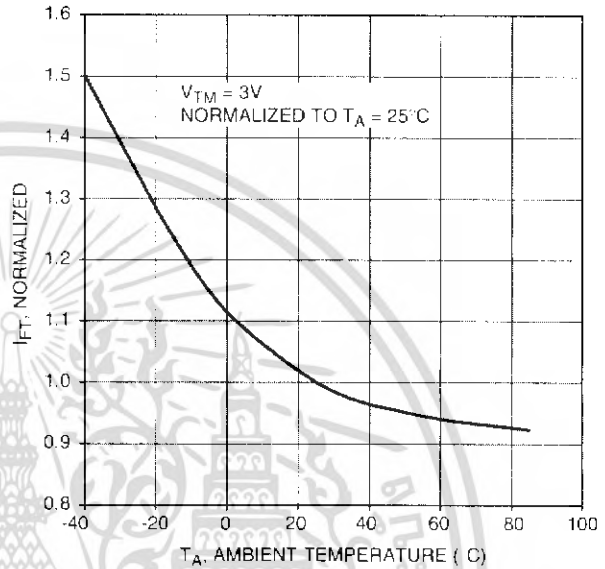


Figure 3. LED Current Required to Trigger vs. LED Pulse Width

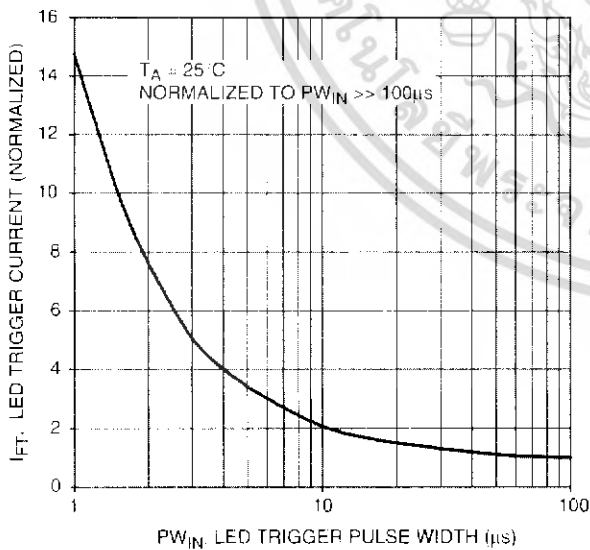


Figure 4. Leakage Current, I_{DRM} vs. Temperature

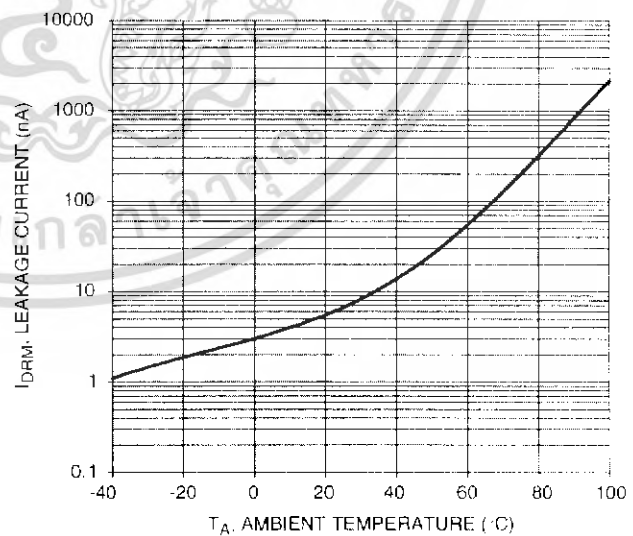


Figure 5. I_{DRM2} , Leakage in Inhibit State vs. Temperature

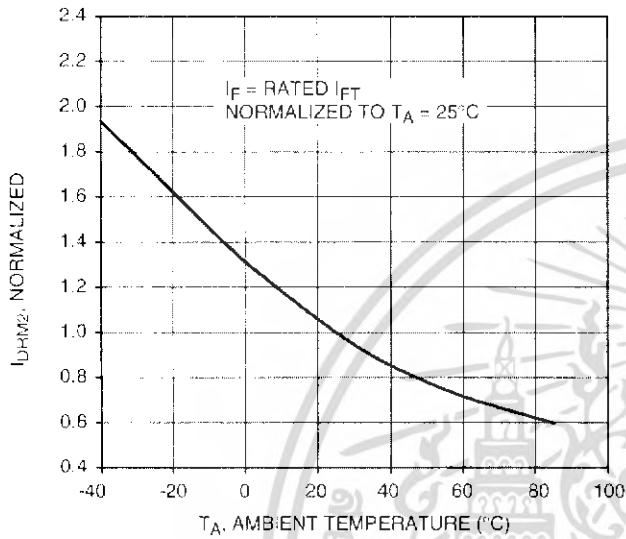


Figure 6. On-State Characteristics

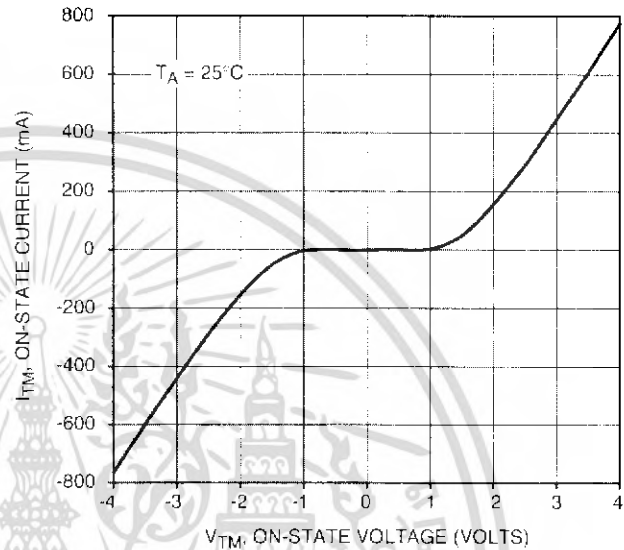


Figure 7. I_H , Holding Current vs. Temperature

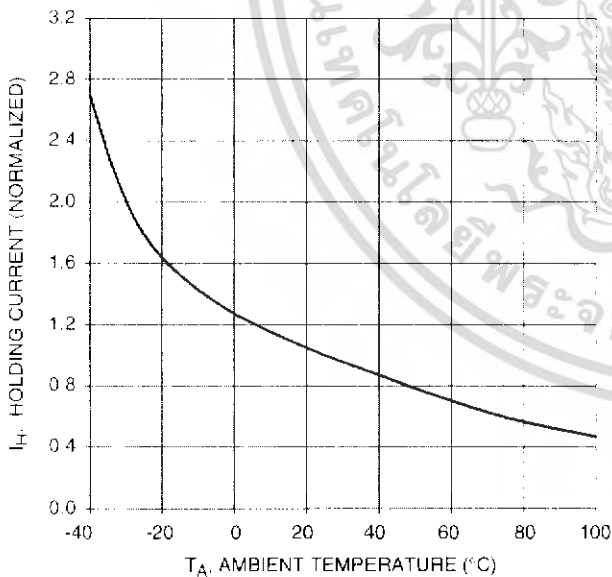
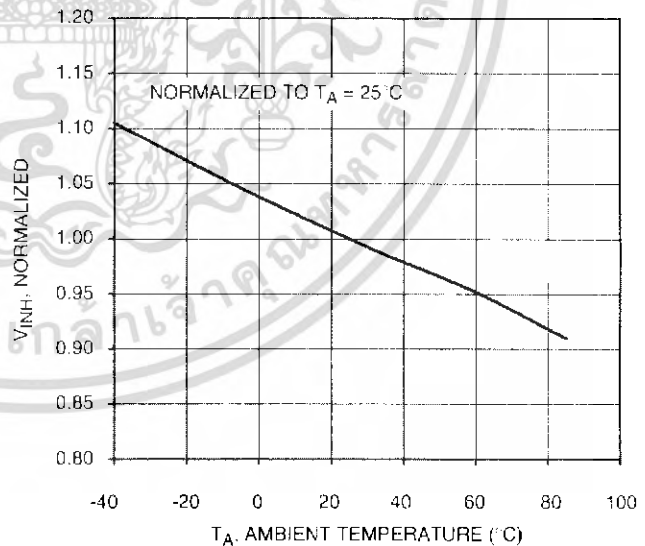


Figure 8. Inhibit Voltage vs. Temperature



VOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

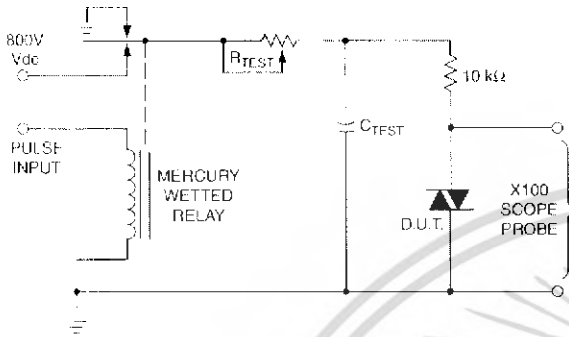


Figure 9. Static dv/dt Test Circuit

1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

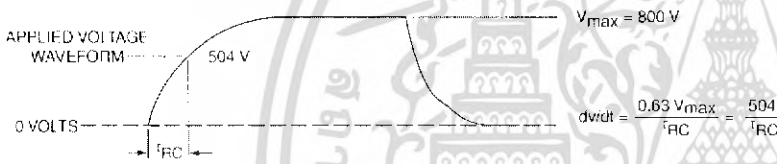
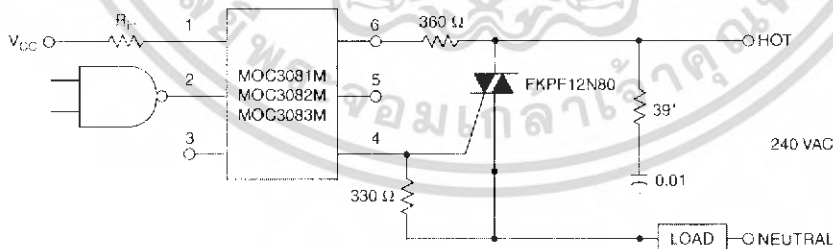


Figure 10. Static dv/dt Test Waveform

Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part, 15 mA for the MOC3081M, 10 mA for the MOC3082M, and 5 mA for the MOC3083M. The 39 ohm resistor and 0.01 μ F capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load use.



* For highly inductive loads (power factor < 0.5), change this value to 360 ohms.

Figure 11. Hot-Line Switching Application Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

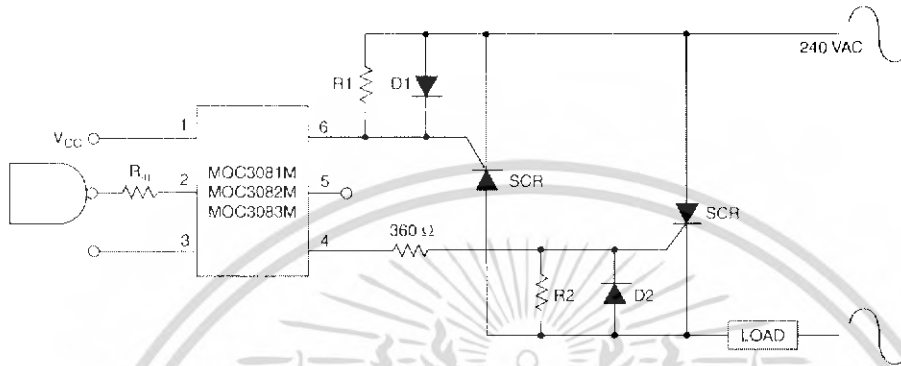


Figure 12. Inverse-Parallel SCR Driver Circuit

Suggested method of firing two, back-to-back SCR's with a Fairchild triac driver. Diodes can be 1N4001; resistors, R1 and R2, are optional 330 ohm.

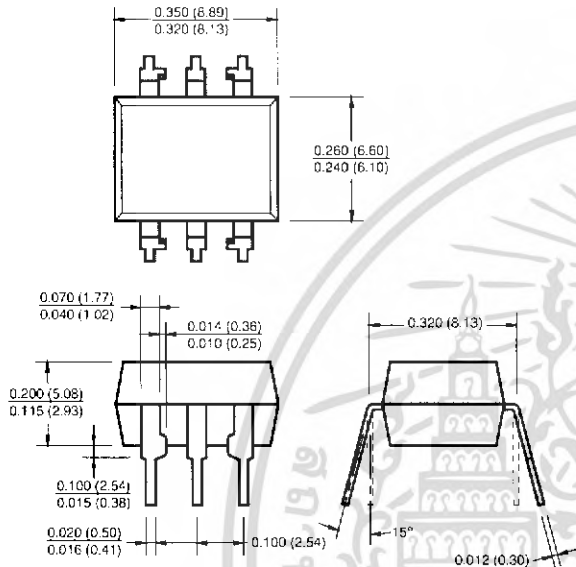
Note: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

MOC3081M

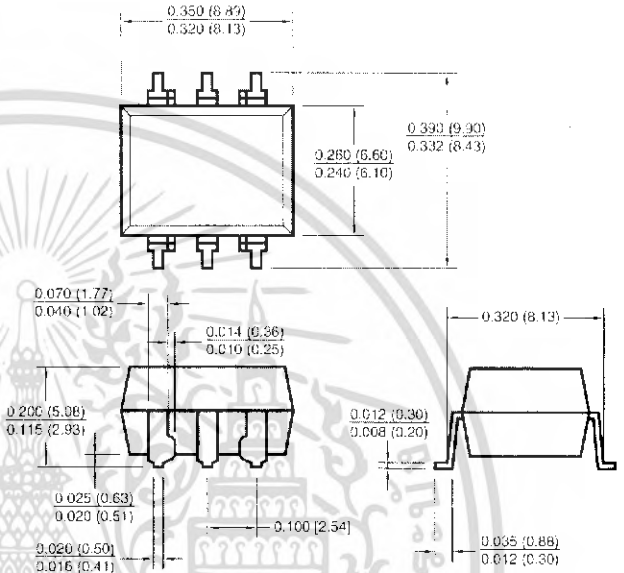
MOC3082M

MOC3083M

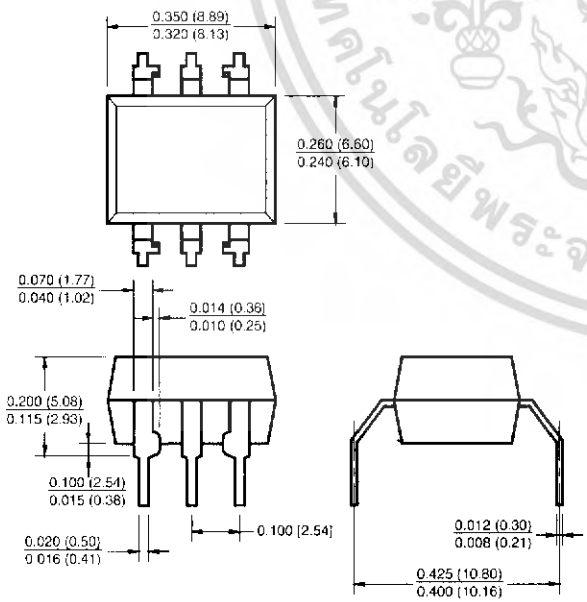
Package Dimensions (Through Hole)



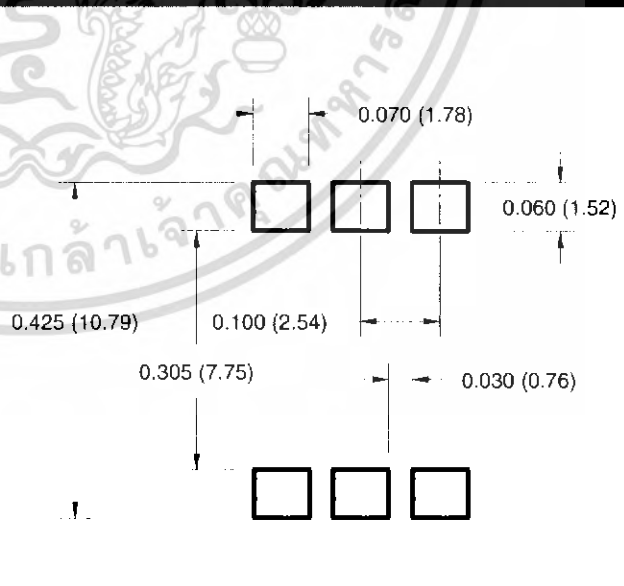
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



**Recommended Pad Layout for
Surface Mount Leadform**



NOTE

All dimensions are in inches (millimeters)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

VOC3081M

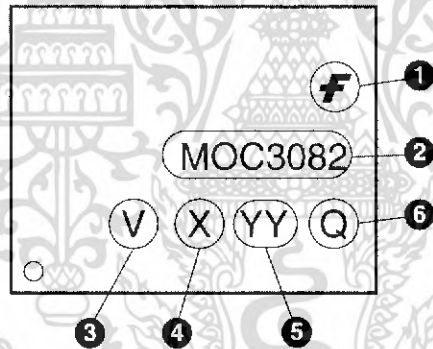
MOC3082M

MOC3083M

ORDERING INFORMATION

Order Entry Identifier	Description
S	Surface Mount Lead Bend
SR2	Surface Mount; Tape and reel
T	0.4" Lead Spacing
V	VDE 0884
TV	VDE 0884, 0.4" Lead Spacing
SV	VDE 0884, Surface Mount
SR2V	VDE 0884, Surface Mount, Tape & Reel

MARKING INFORMATION



Definitions	
1	Fairchild logo
2	Device number
3	VDE mark (Note: Only appears on parts ordered with VDE option – See order entry table)
4	One digit year code, e.g., '3'
5	Two digit work week ranging from '01' to '53'
6	Assembly package code

*Note – Parts that do not have the 'V' option (see definition 3 above) that are marked with date code '325' or earlier are marked in portrait format.

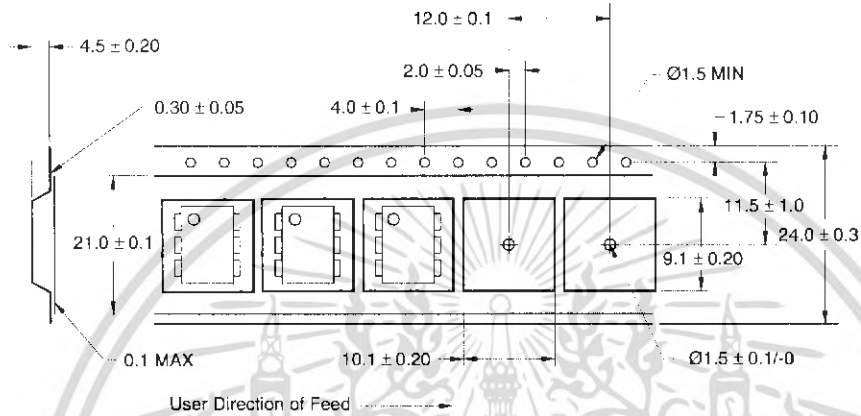
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

VOC3081M

MOC3082M

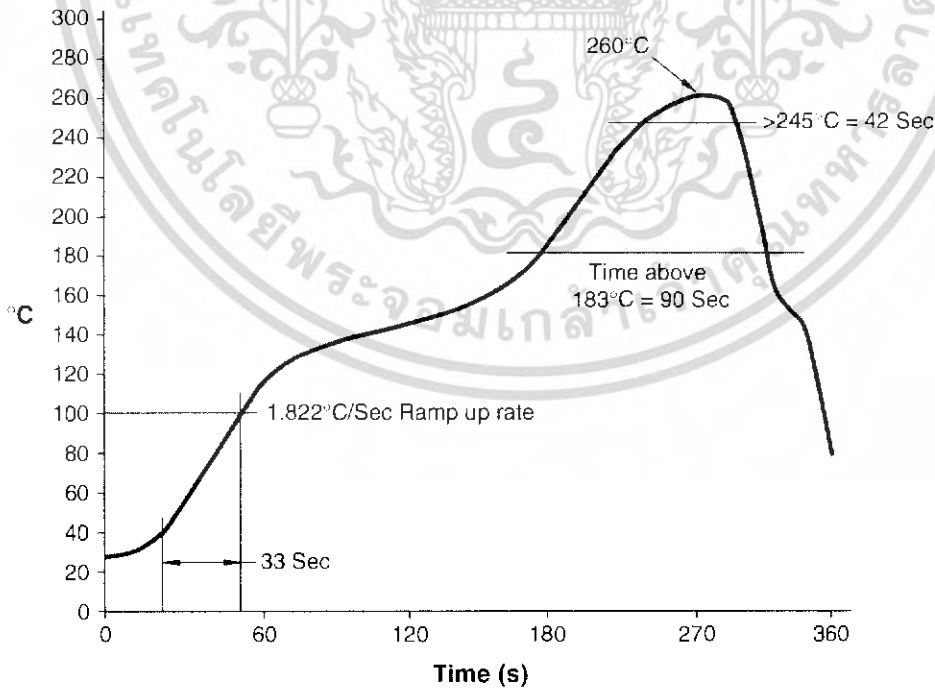
MOC3083M

Carrier Tape Specifications



NOTE
All dimensions are in inches (millimeters)

Reflow Profile



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

VOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

