

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ภายในโรงเรือนจำลอง 2

Temperature and Humidity Control 2



1/1
ปี 2545
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....50197
วัน,เดือน,ปี.....27 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในหอสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนจำลอง 2

ผู้จัดทำ

1. นาย สุริยา สายเสมา 43015338

2. นาย อภิชา พจน์รัชชัย 43015344



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กงศักดิ์ อนันทหิรัญรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนจำลอง 2
(Temperature and Humidity Control 2)

นาย สุริยา สายเสมา
นาย อภิชา พจน์ชนชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน 2 ได้นำเสนอการสร้างโรงเรือนจำลอง ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (LM 335) และอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น (Phillips 2322 691 90001) ทั้งหมด 3 จุด มีการป้อนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้คีย์แพด ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆด้วยวิธีควบคุมแบบ พีไอ ระบบควบคุมอุณหภูมิใช้ขดลวดความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิ และ ระบบควบคุมความชื้นใช้เครื่องพ่นหมอกในการเพิ่มความชื้นในอากาศ มีพัดลมระบายอากาศเพื่อปรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนช่วงการทำงานเริ่มต้น แสดงผลอุณหภูมิและความชื้นทางหน้าจอ LCD

Abstract

The objective of this project is to control temperature and humidity in a greenhouse to be suitable for kinds of plants. Appropriate temperature and humidity are the control variables that are measured and sent to microcontroller in order to control condition of this greenhouse. Heater and Exhaust fan are used to increase and decrease temperature respectively. Fogger is utilized to increase relative humidity in the greenhouse. In addition LCD module is programmed to display temperature and humidity values in the greenhouse continually.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ขอบเขตการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ความเป็นมาของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)	3
2.1.1 ชนิดของโรงเรือนปลูกพืช	3
2.1.2 วัสดุที่ใช้สร้างประกอบโรงเรือน	4
2.1.2.1 โครงสร้างโรงเรือน	4
2.1.2.2 หลังคาโรงเรือน	5
2.2 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	6
2.2.1 อุณหภูมิ	6
2.2.2 ความชื้น	6
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบควบคุมป้อนกลับ	7
2.3.1 วิธีการควบคุมแบบต่างๆ	8
2.3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ	11
2.4 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอ แบบอัตโนมัติ	14
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	26
3.1 วงจรวัดอุณหภูมิ	26
3.2 วงจรวัดความชื้น	30
3.3 วงจรควบคุมขดลวดความร้อน	34
3.4 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ	35
3.5 การหาพารามิเตอร์เพื่อออกแบบตัวควบคุม พี-ไอ	36
3.5.1 การออกแบบตัวควบคุม สำหรับควบคุมอุณหภูมิ	36
3.5.2 การออกแบบตัวควบคุม สำหรับควบคุมความชื้น	38
3.6 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	39
3.6.1 การควบคุมอุณหภูมิ	39
3.6.2 การควบคุมความชื้น	39

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3.6.1 การควบคุมอุณหภูมิ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 39 ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง 3.6.2 การควบคุมความชื้น เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ 39 นำไปใช้

3.6.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานระบบ โดยวิธีควบคุมแบบ เปิด -ปิด	39
3.6.3.1 โปรแกรมหลัก	39
3.6.3.2 โปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ	41
3.6.3.3 โปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น	42
3.6.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ โดยตัวควบคุมแบบพีไอ	43
3.6.4.1 โปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบพีไอ)	43
3.6.4.2 โปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ	44
3.6.4.3 โปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น	45
3.7 การติดตั้งวงจรและอุปกรณ์	46
3.8 การใช้งานโปรแกรมควบคุม	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 การทดลองวงจรวัดอุณหภูมิ	48
4.2 การทดลองวงจรวัดความชื้น	49
4.3 การทดลองวงจรควบคุมขดลวดความร้อน	51
4.4 การทดลองป้อนสเตปอินพุตควบคุมขดลวดความร้อน	51
4.5 การทดลองป้อนสเตปอินพุตควบคุมเครื่องพ่นหมอก	55
4.6 การทดลองควบคุมขดลวดความร้อนและเครื่องพ่นหมอกพร้อมกันด้วยวิธีควบคุมแบบ เปิด -ปิด	57
4.7 การทดลองควบคุมขดลวดความร้อนและเครื่องพ่นหมอกพร้อมกันด้วยวิธีควบคุมแบบ พีไอ	61
บทที่ 5 สรุปและบทวิจารณ์	64
5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้น	64
5.2 แนวทางการพัฒนา	64
5.3 สรุปและวิจารณ์	64

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมป้อนกลับ	8
รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอัตโนมัติ	13
รูปที่ 2.3 ผลตอบสนองของรูปตัว เอส เมื่อใช้วิธี Process Reaction Curve	15
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างระบบควบคุมป้อนกลับ	17
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมที่มีค่าป้อนกลับเป็น 1	17
รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมสำหรับการทดสอบ	18
รูปที่ 2.7 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการ FOPDT หลังจากป้อนสัญญาณแบบ สเตป	19
รูปที่ 2.8 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FOPDT	20
รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของระบบลูปปิดเมื่อไม่พิจารณาสิ่งรบกวน	21
รูปที่ 2.10 แสดงผลตอบสนองแบบปิดที่ใช้การสังเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ พีไอ	22
รูปที่ 2.11 แสดงผลตอบสนองแบบปิดที่มีการหน่วงเวลาเป็นเวลา t_0	24
รูปที่ 3.1 วงจรเปรียบเทียบอุณหภูมิ (Calibrated Sensor)	27
รูปที่ 3.2 กราฟการปรับ Zero-Span วงจรวัดอุณหภูมิ	28
รูปที่ 3.3 วงจรปรับ Zero-Span ในการวัดอุณหภูมิ	29
รูปที่ 3.4 วงจรวัดความชื้น(Humidity Sensor)	31
รูปที่ 3.5 กราฟการปรับ Zero-Span วงจรวัดความชื้น	32
รูปที่ 3.6 วงจรปรับ Zero-Span ในการวัดความชื้น	33
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมขดลวดความร้อน	35
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องพ่นหมอกและพัดลม	35
รูปที่ 3.9 วงจรคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับคีย์แพดจอ LCD และตัวแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นดิจิทัล และแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก	36
รูปที่ 3.10 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)	40
รูปที่ 3.11 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)	41
รูปที่ 3.12 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)	42
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรลูปปิดของกระบวนการควบคุม	43
รูปที่ 3.14 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบพีไอ)นำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณค่า	43

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ(ควบคุมแบบพีไอ)	44
รูปที่ 3.16 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น(ควบคุมแบบพีไอ)	45
รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับโรงเรือน	46
รูปที่ 3.18 แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน	46
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการป้อนค่า D3H ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 4.0 โวลต์	52
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการป้อนค่า 9DH ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 3.0 โวลต์	52
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการป้อนค่า 8AH ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์	53
รูปที่ 4.4 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงาน และ ให้พัลลภระบายทำงานกรณีป้อนค่า D3H ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกได้ไฟกระแสตรง 4.0 โวลต์	54
รูปที่ 4.5 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงาน และ ให้พัลลภระบายทำงานกรณีป้อนค่า 9DH ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกได้ไฟกระแสตรง 3.0 โวลต์	54
รูปที่ 4.6 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงาน และ ให้พัลลภระบายเริ่มทำงานกรณีป้อนค่า 8AH ให้ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์	55
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการป้อนไฟกระแสสลับ 24 โวลต์ เป็นอินพุตควบคุมเครื่องพ่นหมอก	56
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงเครื่องพ่นหมอกหยุดทำงานและให้พัลลภระบายอากาศเริ่มทำงาน	57
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกันด้วยวิธี ควบคุมแบบเปิด-ปิดอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 33 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์	58
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกันด้วยวิธีควบคุมแบบเปิด-ปิดอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์	59
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกันด้วยวิธีควบคุมแบบเปิด-ปิดอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์	60
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกันด้วยวิธีควบคุมแบบพีไอ อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์	61
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์	62
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์	63

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จะถือว่าผิดกฎหมาย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงสูตรสำหรับหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอดี ตามวิธี Process Reaction Curve	15
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่า V_0 จากการคำนวณ	30
ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวงจรวัดอุณหภูมิ	48
ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองวงจรปรับตำแหน่งศูนย์และความชัน	49
ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองวงจรวัดความชื้น	50
ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองวงจรปรับตำแหน่งศูนย์และความชัน	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การปลูกพืชในโรงเรือนเพื่อป้องกันแมลงหรือที่เราเรียกกันว่า “ผักกางมุ้ง” และ การปลูกไม้ดอกไม้ประดับในโรงเรือน เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งนอกจากจะกันแมลงได้แล้วยังสามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย จึงควรได้รับการสนใจและทำวิจัยเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการวิจัยเพื่อหารูปแบบ และ โครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศในเขตร้อนดังเช่นประเทศไทย กล่าวคือแทนการติดตั้งเรือนกระจก และ ติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน ดังเช่นใน ยุโรป อเมริกา ญี่ปุ่น กลับต้องหาทางลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ซึ่งทำด้วยวัสดุอื่นที่ถ่ายเทความร้อนได้แทนกระจก และ คงจะไม่ใช่การติดตั้งเครื่องปรับอากาศหรือเครื่องทำความเย็นแน่นอน เพราะเป็นการลงทุนที่สูงมากแต่อาจต้องใช้ระบบระบายอากาศโดยการใช้พัดลมดูดอากาศผ่านผนังโรงเรือนเพื่อพัดลมจะดูดเอาไอน้ำ และ พัดพาเอาความร้อนภายในโรงเรือนออกไปหรืออาจใช้ระบบพ่นหมอกด้วยแรงดันสูง หรือระบบอื่นๆที่ประหยัดกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่า

1.1 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาการนำอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ และ ความชื้นรวมถึงวงจรที่ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์มาใช้งาน
- 2) ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นภายในโรงเรือนโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- 3) ศึกษาการควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์ทำความร้อน อุปกรณ์ทำความชื้น และ พัดลม
- 4) สร้างโรงเรือนจำลองทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม และ วงจรเซ็นเซอร์

1.2 วัตถุประสงค์

การสร้างโรงเรือนทำเพื่อป้องกันไม่ให้ดินพืชถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมที่มีการผันแปรไปอย่างรวดเร็ว ป้องกันแมลง ลมพายุ โดยทั่วไปโรงเรือนปลูกพืชจะให้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และ งอกงามที่ดีกว่าสภาวะที่อาจหาได้ภายนอกโรงเรือนขณะนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่นในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำมาก ในพื้นที่บางแห่งทำให้เกษตรกรไม่สามารถปลูกพืชภายนอกโรงเรือนได้ แต่ในช่วงฤดูร้อนกลับมีอุณหภูมิ และ ความเข้มแสงสูงเป็นอันตรายต่อพืชบางชนิด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปลูกพืชภายใต้สภาพโรงเรือนที่ผู้ปลูกสามารถควบคุมระดับอุณหภูมิ และ ความชื้นตามความเหมาะสมของพืชหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือการปลูกพืชในโรงเรือนผู้ปลูกสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าการปลูกภายนอกโรงเรือน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชภายในโรงเรือนนั้น นอกจากสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมต่อสภาพการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกแล้ว เรายังเลือกกำหนดช่วงระยะเวลาการปลูกหรือเก็บเกี่ยวได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย ทำให้ได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทันกับความต้องการ ถือได้ว่าการปลูกพืชในโรงเรือนเป็นระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพ และ ให้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน

โรงเรือนปลูกพืชจะใช้เป็นที่ควบคุม หรือ กำหนดองค์ประกอบอันเป็นสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช หากสภาพแวดล้อมอยู่ภายใต้การควบคุมย่อมส่งผลให้ผลผลิตทันกับความต้องการของตลาด และมีคุณภาพตามมาตรฐาน ความชื้น และระดับอุณหภูมิสามารถปรับได้ตามความเหมาะสมของพืช สภาพแวดล้อมก็สามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด

1.3 ความเป็นมาของโครงการ

จากการที่ได้รับทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรไทยในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การจะประสบกับพายุฝน แผลงศัตรูพืช อุณหภูมิ และ ความชื้นที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ช้า หรือไม่สามารถให้ผลผลิตได้มากเท่าที่ควร โครงการการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเรือนจึงได้ถูกคิดค้นขึ้น เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยโครงการนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นให้เหมาะสมกับชนิดของพืช

โครงการนี้ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และ ความชื้นเพื่อที่จะนำมาตรวจจับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และ ความชื้นที่เกิดขึ้น รวมถึงการศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมกับเซ็นเซอร์ทั้งสองประเภท และ ศึกษาถึงการรับและส่งสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ผู้จัดทำการศึกษาเกี่ยวกับ เซ็นเซอร์ รวมถึงวงจรทั้งหมดจากโครงการเดิม และ จะพัฒนาให้มีเซ็นเซอร์ 3 ชุด จากเดิมที่เพียงชุดเดียว เพื่อประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ผู้จัดทำคาดหวังว่าโครงการนี้จะได้รับการพัฒนาต่อไปเพื่อประโยชน์กับเกษตรกรไทย และ ช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยได้บ้างไม่มากก็น้อย

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โรงเรือนปลูกพืช (Greenhouse)

โรงเรือนปลูกพืช หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบขึ้นด้วยวัสดุหลายประเภท ได้แก่ ไม้ เหล็กกล้า โลหะผสมอลูมิเนียม พร้อมทั้งมีวัสดุโปร่งใสทำหน้าที่เป็นหลังคาปกคลุมซึ่งยินยอมให้แสงแดดส่องเข้าไปในโครงสร้างได้

2.1.1 ชนิดของโรงเรือนปลูกพืช

โรงเรือนพลาสติก

ปัจจุบันมีพลาสติกหลายชนิดที่แสงผ่านได้ ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำมาปกคลุมหลังคาโรงเรือน ตัวอย่างเช่น โพลีเอทิลีน (polyethylene) โพลีไวนิล (polyvinyl) ข้อดีประการสำคัญของวัสดุเหล่านี้คือ ต้นทุนต่ำ แต่มีข้อเสียประการสำคัญคืออายุการใช้งานสั้นเนื่องจากแสงอุลตราไวโอเลตทำให้วัสดุเหล่านี้แยกสลายได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ลมยังทำให้วัสดุฉีกขาดได้ง่าย เว้นแต่จะคอยระมัดระวังให้ดี ส่วนกระจกที่ใช้มุงหลังคาโรงเรือนจะค่อนข้างทนทานกว่าและถ้าดูแลอย่างดีก็จะใช้งานได้ดีกว่า

ดังนั้นพลาสติกที่ให้แสงผ่านได้เหล่านี้จึงมีอัตราเสื่อมค่าสูงกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลงทุน ดังนั้นถ้าคิดในระยะยาวพลาสติกจะมีต้นทุนที่สูง

โรงเรือนผ้า

จะมีด้านตรงและหลังคาแบบราบ การก่อสร้างโรงเรือนผ้าค่อนข้างง่ายประกอบด้วย เสาไม้หรือเสาเหล็กและคลุมด้วยผ้าที่แสงผ่านได้ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความเข้มแสงสูงพืชที่ปลูกในโรงเรือนผ้าเหล่านี้มักจะมีลำต้นยาว ใบและดอกใหญ่ สีสดกว่าพืชชนิดเดียวกันที่ปลูกภายนอกโรงเรือน ผ้าจะช่วยลดอุณหภูมิได้เล็กน้อยและช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้เล็กน้อย อย่างไรก็ตามผ้าจะช่วยลดความเข้มของแสงลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการลดความเข้มแสงในเรือนผ้าจะช่วยลดอุณหภูมิลงด้วย ซึ่งเป็นผลให้อัตราของการคายน้ำลดลงและทำให้อัตราการควบกลั่นน้ำเกิดขึ้นได้ทันกัน

โรงเรือนไม้ระแนง

มีด้านข้างตรง และ หลังคาแบบราบ โครงกึ่งคล้ายคลึงกับเรือนกระจกแต่หลังคาประกอบด้วยไม้ระแนงซึ่งเคลื่อนย้ายได้เรียกว่า “ร้วกั้น” เรือนไม้ระแนงช่วยป้องกันพืชไม้ประดับหลายชนิดซึ่งจะเป็นอันตรายได้ถ้าได้รับความเข้มแสงสูงๆ

โรงเรือนพื้นที่เขตร้อนมักประสบปัญหาเรื่องปริมาณน้ำฝนมากเกินไป และ ปัญหาอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากในแต่ละวัน การสร้างโรงเรือนสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของโรงเรือนปลูกพืช

- 1) สามารถใช้กำบังฝนทำให้สามารถทำงานได้สะดวกต่อเนื่องตลอดปี
- 2) ไม่ต้องกังวลกับปัญหาฝนตกรุนแรงพื้นดินเปียกและจนทำงานไม่ได้

การสร้างโรงเรือนมีความจำเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ ปัญหาการแพร่ระบาดของโรค หากไม่มีโรงเรือนกำบังฝน เมื่อเกิดโรคระบาดถึงแม้จะฉีดพ่นยาปราบศัตรูพืช แคน้ำฝนที่ตกลงมาจะชะล้างตัวยาให้หลุดจากผิวใบทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดโรคต่ำ การระบาดของโรคแพร่ขยายอย่างรวดเร็ว หากจะกำจัดให้ได้ผลก็ต้องเพิ่มสารเคมีอีกเรื่อยๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงมากเกินไป

เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมี หากไม่มีโรงเรือนจะไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำฝนได้ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยในขณะที่หน้าฝน ก็จะมีการชะล้างสูญหายไปจากบริเวณรากของพืชอย่างรวดเร็วยังไม่ทันที่จะเอามาใช้

2.1.2 วัสดุที่ใช้สร้างประกอบโรงเรือน

จะประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ โครงโรงเรือน และ หลังคาโรงเรือน โดยวัสดุที่นำมาสร้างประกอบทั้งสองแตกต่างกันออกไปดังนี้

2.1.2.1 โครงสร้างโรงเรือน

อาจทำได้โดย โลหะ ท่อพีวีซี หรือวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่ ไม้เนื้อแข็ง เป็นต้น วัสดุที่นิยมใช้ทำโครง ได้แก่

โลหะหุบสังกะสี

นิยมมากที่สุดเพราะ ทนทาน สามารถใช้ติดต่อกันได้เป็นเวลานาน แต่มีราคาแพง

ไม้

มีราคาปานกลาง ใช้เป็นส่วนประกอบใน โครงโรงเรือนที่เกี่ยวข้อง ถ้าต้องการนำแผ่น ไม้มาก่อสร้างเป็นโครงเรือนเพาะชำที่ถาวรนั้น จำเป็นต้องทาสารเคมีเพื่อรักษาเนื้อ ไม้บางชนิดที่รู้จักกันดีในชื่อทางเคมีว่า เพนตาคลอโรฟีนอล (pentachlorophenol) สารนี้ทำหน้าที่ช่วยรักษาเนื้อ ไม้ไม่ให้ถูกทำลายจากสัตว์หรือเชื้อรา โรงเรือนที่สามารถปลูกสร้างจาก ไม้เนื้อแข็งจะมีความทนทานต่อการใช้งานได้มากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ท่อพีวีซี หรือโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride)

นิยมใช้กันมากเพราะมีน้ำหนักเบา และ สามารถยึดติดกันแข็งแรงนอกจากนี้ยังสามารถตัดแบ่งออกเป็นท่อนเล็กๆ และ แต่ละท่อนย่อยของท่อพีวีซีสามารถยึดต่อกันเป็นแท่งยาว โดยอาศัยข้อต่อสองทางยึดประกอบสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย หรือดัดแปลงให้เข้ากับรูปทรงของโรงเรือนประเภทต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ท่อพีวีซีส่วนมากมีความหนาค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันแล้วไม่ก่อให้เกิดรอยแตกหักตามบริเวณส่วนที่โค้งงอซึ่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 หลังคาโรงเรือน

หลังคาโรงเรือนสามารถทำจากวัสดุหลายประเภท แต่ที่นิยมมากได้แก่ แผ่นกระจก ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) และ พลาสติกใส โดยเฉพาะ โรงเรือนในเขตร้อนส่วนใหญ่มักใช้กระจกเป็นหลัก สาเหตุก็เพราะกระจกมีคุณสมบัติในแง่ที่ยอมให้แสงทะลุผ่าน ได้มากและอายุการใช้งานนาน แต่มีข้อเสียคือน้ำหนักมากราคาแพง และไม่สามารถโค้งงอหรือดัดแปลงให้เข้ากับรูปทรงต่างๆตามที่ต้องการได้

ไฟเบอร์กลาส

เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ใช้ประกอบเป็นหลังคาโรงเรือนปลูกพืชทั่วไป มีข้อดีตรงที่มีน้ำหนักเบาสามารถดัดแปลงให้เข้ากับ โครงสร้างของ โรงเรือนในรูปแบบต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ราคาก็ไม่แพงมากนัก อายุการใช้งานติดต่อกันนาน 20 ปีเป็นอย่างต่ำ แต่สำหรับในเขตร้อนแล้วหลังคาแบบนี้ยังไม่เป็นที่นิยม เพราะปริมาณความเข้มแสงสูงไป และ ถ้าได้รับแสงติดต่อกันเป็นเวลานานๆจะทำให้แผ่นไฟเบอร์กลาสเสื่อมคุณภาพเร็ว

ดังนั้นถ้าเกิดสร้างหลังคาโรงเรือนแบบไฟเบอร์กลาสในเขตร้อนแล้ว ทางโรงงานผู้ผลิตจะไม่ค่อยรับประกันคุณภาพ เนื่องจากไฟเบอร์กลาสมีคุณสมบัติดูดกลืนแสงได้มากแต่สะท้อนแสงได้น้อยถ้าใช้ติดต่อกันหลายปีจะเกิดการขุ่นมัวที่ขึ้นที่บริเวณผิวหน้าจึงทำให้แสงสว่างส่องผ่านเข้ามาในโรงเรือนลดน้อยลง ซึ่งถ้าอัตราการรับแสงต่ำมาก ก็จะไม่มีประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกในโรงเรือนแต่จะมีเกษตรกรบางรายจะปลูกผักในระยะ 2-3 ปีแรกก่อน ต่อจากนั้นค่อยๆเปลี่ยนเป็นไม้ประดับประเภทที่ไม่ค่อยชอบแสงแดดมากนักแทน แผ่นไฟเบอร์กลาสยังมีข้อเสียตรงที่ดัดโค้งง่าย

พลาสติก

พลาสติกมีอยู่หลายประเภทราคาส่วนใหญ่ไม่แพงเมื่อเทียบกับกระจก สามารถดัดแปลงให้เป็นรูปทรงต่างๆตามที่ต้องการ แต่ไม่ค่อยเป็นที่นิยมเพราะอายุการใช้งานสั้นไม่ทนต่อการได้รับแสงแดดติดต่อกันเป็นเวลานานๆ พลาสติกที่ใช้ทั่วไปจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

พลาสติกใส นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเป็นแผ่นเรียงซ้อนกันมีหลายขนาดให้เลือกใช้ แผ่นพลาสติกที่ใช้งานกันมากที่สุดคือ โพลีเอทรีลีน และ โพลีไวนิล

แผ่นพลาสติกโพลีเอทรีลีน มีลักษณะใสค่อนข้างทึบทนทานต่อแสงอุลตราไวโอเล็ตที่ส่องผ่านลงมาแต่บางครั้งอาจเกิดการเปราะหักง่ายเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานกว่า 6 เดือนขึ้นไป โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับแสงแดดที่รุนแรงตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคมีบางอย่าง เช่น มอนเซน(monsan) ฟันเคลือบลงบนผิวหน้าแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกัน และ ลดอิทธิพลของแสงอุลตราไวโอเล็ต ซึ่งจะสามารถยืดอายุการใช้งานได้อีกเป็นปี

แผ่นพลาสติกโพลีไวนิล ไม่ค่อยนิยมใช้เพราะมีความทนทานต่ออิทธิพลของแสงอุลตราไวโอเล็ตน้อยกว่าโพลีเอทรีลีน ประกอบกับฝุ่นผงสามารถเข้าไปยึดติดกับแผ่นพลาสติกได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ

2.2 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.2.1 อุณหภูมิ

เหตุผลเบื้องต้นสำหรับใช้โรงเรือนคือ เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช การถ่ายเทความร้อนสามารถทำได้โดยการดูดอากาศออกความเย็นที่เกิดจากการระเหยน้ำหรือการคายน้ำของพืชไม่ค่อยมีผลมากนักในตอนกลางคืน ตรงข้ามจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงถึงระดับที่เชื้อโรคสามารถแพร่เชื้อได้

ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีจากแสงแดดที่ส่องผ่านวัสดุที่คลุมโรงเรือนเข้ามา ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนตกค้างอยู่ภายในโรงเรือน

แสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามาภายในโรงเรือน ส่วนที่เป็นรังสีคลื่นสั้นจะผ่านเข้าไปได้ในขณะที่ผ่านกระจกความยาวคลื่นจะเปลี่ยนไป และ กลายเป็นพลังงานความร้อน ส่วนรังสีคลื่นยาวที่เกิดจากการหักเหของรังสีคลื่นสั้นที่ผ่านกระจกเข้ามาจะตกค้างอยู่ภายใน โรงเรือน รังสีคลื่นยาวที่ตกค้างอยู่ภายใน เรียกว่า ผลกระทบของโรงเรือน(Greenhouse Effect)

อย่างไรก็ตามสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นนั้น เนื่องมาจากที่โรงเรือนเป็นโครงสร้างระบบปิด

สรุป คือถ้าใช้วัสดุคลุมเป็นกระจกหรือพลาสติก รังสีคลื่นยาวที่ตกค้างอยู่ภายในทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแต่ถ้าใช้โพลีเอทรีลีน จะสามารถขจัดปัญหานี้ได้อย่างมากเนื่องจากโพลีเอทรีลีน จะยอมให้รังสีคลื่นยาวทะลุผ่านได้

2.2.2 ความชื้น

ความชื้น หมายถึงอากาศที่ไอน้ำรวมตัวกันเป็นจำนวนมาก การมีอากาศชื้นมีความจำเป็นอย่างหนึ่งในการป้องกันการคายน้ำจากใบมากเกินไป อากาศแห้งอุณหภูมิต่ำ และลมพัดจัดจะเพิ่มการคายน้ำของพืช

ความชื้นเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นถึงแม้จะพอสัมผัสได้เช่นอากาศแห้งจะรู้สึกว่ามีผิวหนังแห้งหรือเมื่อหายใจจะรู้สึกว่ามีอากาศเบาส่วนอากาศชื้นจะรู้สึกอับ แต่เมื่อจะเข้าสู่เทคนิคการควบคุมความชื้นเราจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับความชื้นเสียก่อน

- เมื่อเราพูดถึงความชื้นเรามักจะหมายถึง “ความชื้นสัมพัทธ์” (Relative Humidity หรือ RH) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศและไอน้ำที่อิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องในขณะนั้น โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ เช่น 50% 60% 70% เปอร์เซนต์ยิ่งมากก็หมายถึงความชื้นยิ่งสูงมาก ห้องที่มีการปรับอากาศที่ดีจะมีค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงเกือบ 100% การที่นิยมใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในการบ่งบอกถึงความชื้น เนื่องจากทำให้เห็นภาพได้ในทันทีว่าความชื้นมากหรือน้อย

- ระดับการควบคุมความชื้นต้องดูทั้งอุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์
- ห้องที่มีอุณหภูมิค่า โอกาสที่ไอน้ำในอากาศจะอิ่มตัวก็จะมีมากขึ้น ดังนั้นใน ปริมาณไอน้ำในอากาศเท่ากัน เมื่ออุณหภูมิห้องลดลงค่าความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น หรือในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิห้องสูงขึ้นค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง

การเพิ่มความชื้นอาจทำได้ดังนี้คือ

1) การรดน้ำ คือการให้น้ำโดยการรดน้ำตามทางเดินชั้นวางกระถางและหลังคาโรงเรือน ซึ่งจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้มากขึ้น

2) การพ่นน้ำ คือการให้น้ำเป็นฝอย โดยตรงกับใบพืชจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำขึ้นทันทีที่รอบๆต้นพืช ซึ่งมีผลทำให้ใบพืชเย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยการเพิ่มความชื้นสูงผ่านไปยังหัวฉีดที่ติดตามท่อภายในโรงเรือน น้ำที่ออกจากหัวฉีดจะเป็นฝอยทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนสูงขึ้น

3) การปิดช่องระบายอากาศ จะทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่นิยมใช้ ความชื้นที่สูงมีประโยชน์ต่อพืชคือ

- พืชหลายชนิดสามารถที่จะดูดซับ โดยตรงจากอากาศ
- อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นตามความชื้น และ ความเข้มของแสง

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบควบคุมป้อนกลับ

หลักการของระบบควบคุมป้อนกลับนั้น เกิดมานานกว่า 2000 ปีแล้ว แต่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม จนกระทั่งเมื่อประมาณ 200 ปีที่แล้ว เจมส์ วัตต์ ได้นำเอาหลักการดังกล่าวมาทำการสร้างเครื่องควบคุมความเร็วให้กับเครื่องจักรไอน้ำ จากนั้นอุตสาหกรรมมากมาย ได้หันมาให้ความสนใจ และ นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงในปัจจุบัน ระบบควบคุมแบบป้อนกลับนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ระบบควบคุมวงปิด หรือ ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ”

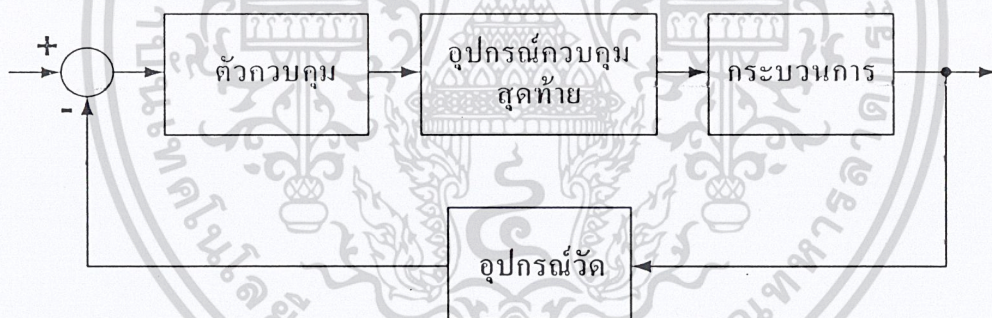
ระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมแบบป้อนกลับโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน ดังนี้

ตัวควบคุม (Controller) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุม เพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้กระบวนการที่ต้องการควบคุมมี เอาท์พุทหรือผลตอบสนองเป็นไปตามความต้องการ โดยทั่วไปตัวควบคุมมีหลายชนิด เช่น ตัวควบคุมแบบ อนน – ออฟ ตัวควบคุมแบบ พี ตัวควบคุมแบบ ไอ ตัวควบคุมแบบ ดี หรือ การใช้ตัวควบคุมหลายๆชนิดร่วมกัน เช่น ตัวควบคุมแบบ พีไอ ตัวควบคุมแบบ พีดี หรือ ตัวควบคุมแบบ พีไอดี เป็นต้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระบวนการ ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับกระบวนการ ตามคำสั่งหรือสัญญาณที่ได้รับจากตัวควบคุม อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย นั้นมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น วาล์วควบคุม , อินเวอร์เตอร์ หรือ แอคทูเอเตอร์ ทั่วๆ ไป

กระบวนการ (Plant or Process) หมายถึง ระบบหรือกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ต้องการควบคุม ให้มีสถานะเป็นไปตามต้องการ เช่น การควบคุมความเร็วของ มอเตอร์ , การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ , การควบคุมระดับของเหลว , การควบคุมอุณหภูมิ

อุปกรณ์วัด (Measuring Instruments) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณ เอาท์พุต ของระบบว่าเป็นไปตาม อินพุต ที่เราต้องการหรือยัง โดยป้อนสัญญาณกลับเพื่อไปลบกับค่า อินพุต ที่เราตั้งไว้ แล้วให้ ตัวควบคุม นำไปคำนวณเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด อุปกรณ์วัดทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ทาโคมิเตอร์ , เอนโคเดอร์ , เซนเซอร์ หรือ ทรานสดิวเซอร์ ชนิดต่างๆ โดยระบบควบคุมป้อนกลับ ทั่วๆ ไป จะมี บล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมป้อนกลับ

2.3.1 วิธีการควบคุมแบบต่างๆ

ตัวควบคุมแบบ พี ในการควบคุมแบบนี้ ค่าเอาต์พุต ของตัวควบคุมจะเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความคลื่อน กล่าวคือ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามาก เอาท์พุต ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย และถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลงค่าเอาท์พุตก็จะได้อ่าน้อยตามไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่าง สองตัวแปรนี้ เรียกว่า อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ พี (Proportional Gain) โดยสามารถเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) \quad (2.1)$$

- $m(t)$ = ค่า output ของตัวควบคุมแบบ พี
 K_c = อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ พี
 \bar{m} = ค่า เอาท์พุท ของตัวควบคุมเมื่อความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์
 $e(t)$ = ค่าความผิดพลาดของกระบวนการ

ในการควบคุมแบบ พี นั้นจะทำให้เกิดการอิมพัลส์ของค่าความคลาดเคลื่อน คือ เมื่อเอาท์พุทสูงถึง 100% ขณะที่ค่าคลาดเคลื่อนยังคงเพิ่มขึ้นไปอีกค่าเอาท์พุทจะไม่สามารถเพิ่มขึ้นตามได้ ทำนองเดียวกัน เมื่อค่า เอาท์พุท มีค่าเท่ากับ 0 % ขณะที่ค่าคลาดเคลื่อนยังคงลดลงอีก ค่าเอาท์พุท ก็ไม่สามารถลดลงได้ ซึ่งช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างที่ เอาท์พุท มีค่าจาก 0% ถึง 100% เรียกว่า ช่วงการใช้งานของ อัตราขยาย (Proportional Band) โดยค่านี้จะมีผลต่ออัตราขยายของตัวควบคุม กล่าวคือเมื่อ ช่วงการใช้งานของอัตราขยาย มีค่าสูงขึ้น ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมจะลดลง เพราะว่า $K_p = 100/\text{ช่วงการใช้งานของอัตราขยาย}$ และเมื่ออัตราขยายของตัวควบคุมลดลงทำให้เกิด ออฟเซ็ท ในระบบมากขึ้น

ตัวควบคุมแบบ ไอ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การควบคุมแบบ รีเซ็ท โดยการควบคุมจะพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งการหาค่าความคลาดเคลื่อนในการควบคุมแบบ ไอ นั้นจะต้องหาพื้นที่ทั้งหมดภายใต้กราฟของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลาจากนั้นนำไปคูณกับค่าคงที่ ที่เรียกว่า อัตราขยายของตัวควบคุมแบบ ไอ (Integral Gain) เพื่อหาค่า เอาท์พุท ตามสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$p(t) = \bar{p} + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (2.2)$$

T_i = เวลาอินทิเกรตหรือเวลารีเซ็ทซึ่งมีหน่วยเป็นหน่วยของเวลาและสามารถปรับค่าได้ตามความเหมาะสม

\bar{p} = ค่าเอาท์พุท ของตัวควบคุมที่เวลา t มีค่าเป็นศูนย์

$P(t)$ = ค่า เอาท์พุทของตัวควบคุมแบบ ไอ

$e(t)$ = ค่าความผิดพลาดของกระบวนการ

ผลของการควบคุม ด้วยการควบคุมชนิด ไอ นี้จะไม่ทำให้เกิด ออฟเซ็ท ขึ้นในระบบและลดค่าโอเวอร์ชูต ของระบบลงได้ แต่ถ้าในการควบคุมมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการช้าลงได้

การควบคุมแบบ ดี การควบคุมแบบนี้ ค่าสัญญาณ เอาท์พุท ของตัวควบคุมจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลา จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีโอกาสเป็นศูนย์ได้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่า เอาท์พุต ก็สามารถเปลี่ยนแปลงให้มีค่าที่สูงขึ้นได้ เมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการควบคุมในลักษณะนี้สามารถเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$p(t) = \bar{p} + T_d \frac{de}{dt} \quad (2.3)$$

$P(t)$ = ค่า เอาท์พุต ของตัวควบคุมแบบ ดี

\bar{P} = ค่า เอาท์พุต ของตัวควบคุมแบบ ดี ณ. เวลาที่ 0

T_d = ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ ดี

$e(t)$ = ค่าความผิดพลาดของกระบวนการ

ในการควบคุมลักษณะนี้ เหมาะสำหรับกระบวนการที่มีเวลาหน่วงมากๆ เพราะสามารถแก้ความคลาดเคลื่อน โดยการกระทำล่วงหน้าก่อนที่จะมีการกระทำเกิดขึ้นได้ จึงช่วยให้ผลตอบสนองของกระบวนการเร็วขึ้นแต่มี ข้อเสียคือ การควบคุมแบบนี้จะมีความไวต่อสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อนมาก โดยเฉพาะในกรณีที่ ค่า ทีดี(T_d) หรือ เคดี(K_d) มีค่ามาก ซึ่งจะทำให้เกิดค่าพุ่งเกินสูงได้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับกระบวนการที่มีค่าเวลาหน่วงเวลาน้อยๆ และ กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น ระบบควบคุมการไหล หรือระบบการควบคุมแรงดัน โดยการควบคุมในลักษณะนี้ไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงได้ เพราะว่าเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมเป็นศูนย์ไปด้วย

การควบคุมแบบพีไอ ตามที่กล่าวมาแล้วว่าในการควบคุมแบบ พี นั้นจะทำให้มี ออฟเซตเกิดขึ้น ซึ่งการกำจัดค่า ออฟเซต นี้ ทำได้โดยการเพิ่มการควบคุมแบบ ไอ เข้าไป โดยจะมีสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$m(t) = \bar{m} + K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \right] \quad (2.4)$$

หรืออาจจะเขียนในรูปลาปลาซทรานส์ฟอร์มของอินพุตต่อเอาท์พุตได้ว่า

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} \right) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบ พีไอจะช่วยให้ค่าออฟเซต ที่ ณ. สถานะคงที่มีค่าเป็นศูนย์แล้วนั้น ยังช่วงลดค่าโอเวอร์ชูต และ การแกว่ง ของระบบลงได้ แต่จะทำให้ทำให้ ไรส์ไทม์(rise time) และ เซ็ตติงไทม์(setting time) เพิ่มมากขึ้น

การควบคุมแบบพีดี ในการควบคุมแบบนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ระบบมีผลตอบสนองที่เร็วขึ้น แต่จะไม่มีผลโดยตรงต่อผลตอบสนองที่สถานะคงที่โดยมีสมการคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$m_{pd}(t) = \bar{m} + K_p * e(t) + K_p * K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

ข้อเสียของการควบคุมแบบนี้ก็คือ ไม่สามารถทำให้ ออฟเซต ของระบบลดลงหรือหมดไปได้และอาจจะทำให้ค่าโอเวอร์ชูต ของระบบมีค่าสูงขึ้นอีกด้วย

การควบคุมแบบพีไอดี จากที่กล่าวมาแล้วว่า การควบคุมแบบ พีดี ทำให้ระบบเข้าสู่เสถียรภาพเร็วขึ้นแต่ไม่สามารถทำให้ค่า ออฟเซต หมดลงไปได้ ส่วนการควบคุมแบบ พีไอ นั้นทำให้ค่า ออฟเซต ณ. สถานะคงที่หมดไป แต่จะทำให้ระบบใช้เวลานานในการที่จะเข้าสู่สถานะคงที่ ดังนั้นบางครั้งเพื่อต้องการให้ระบบมีสมรรถภาพที่ดีที่สุด เราจึงต้องรวมการควบคุมเป็น พีไอดี โดยมีสมการคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$m(t) = \bar{m} + K_p * e(t) + \frac{K_c}{T_i} \int e(t)dt + K_c * \tau_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

หรืออาจจะเขียนในรูปลาปลาซทรานส์ฟอร์มของอินพุตต่อเอาต์พุตได้ว่า

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (2.8)$$

2.3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างๆภายในโรงเรือนจะต้องมีการควบคุม ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติเฉพาะของพืชแต่ละชนิด การควบคุมสภาพแวดล้อมของเรือนกระจกในปัจจุบันส่วนมากมักจะใช้แรงงานคนในการควบคุม เช่นการใช้แรงงานคนเพื่อคอยตรวจสอบอุณหภูมิของโรงเรือนจากเทอร์โมมิเตอร์ หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชก็ทำการแก้ไขโดยเปิดเครื่องทำความร้อนหรือพัดลมระบายอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากดังนั้นโครงการนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และ ทำการคิดค้นระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกร

ระบบควบคุมในโครงการนี้แบ่งออกเป็น

1. หน่วยอินพุต

- เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในโรงเรือนแล้วเปลี่ยนการรับรู้ที่ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้วงจรรวมเบอร์ LM335

เป็นเซ็นเซอร์ (Sensor) อุณหภูมิซึ่งจะเปลี่ยนค่าเอาต์พุตโวลต์ ของตัวมันเองเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน ไปโดยค่าสัญญาณที่ได้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นมักมีค่าน้อยจึงต้องทำการขยายสัญญาณโดยต่อกับวงจร อินสทรูเมนต์แอมพลิฟายเออร์

สำหรับการส่งสัญญาณในสายสัญญาณนั้น ได้ทำการเปลี่ยนความต่างศักย์เป็นกระแสก่อนเพื่อที่ป้องกันความต่างศักย์คร่อมในสายสัญญาณซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น และก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณกระแสกลับไปเป็นความต่างศักย์แล้วเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก (Analog) เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) เสียก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการคำนวณโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนทางด้าน การตรวจจับความชื้น ได้ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้น ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าของตัวมันเองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้น และ นำเซ็นเซอร์ดังกล่าวต่อกับวงจรรวมเบอร์ 555 ซึ่งจะสร้างสัญญาณความถี่ และ นำความถี่ที่ได้ไปประมวลผลต่อไป โดยค่าความถี่ที่ได้จะแปรผันโดยตรงกับค่าความจุไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ความชื้น ส่วนทางด้าน การส่งสัญญาณในสายสัญญาณนั้น อาจจะทำให้ค่าความต่างศักย์ตกลงไปบ้างแต่ความถี่ของสัญญาณจะไม่เปลี่ยนแปลง

- คีย์แพด เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการสื่อสารระหว่างหน่วยประมวลผลกับผู้ใช้ โดยจะนำข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนสู่คีย์แพด ซึ่งได้แก่ค่าอุณหภูมิ และ ความชื้นที่เหมาะสมกับชนิดของพืชส่งไปยังหน่วยประมวลผลต่อไป

2. หน่วยประมวลผล

หน้าที่หลักของหน่วยประมวลผลคือการประมวลสัญญาณอินพุตต่างๆ ตาม โปรแกรมที่ได้เขียนไว้ผลของการประมวลผลอาจจะแสดงออกมาเป็นตัวอักษรต่างๆบนจอ LCD และ สัญญาณควบคุมส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานตรงตามเป้าหมายซึ่งได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นหน่วยประมวลผลกลางซึ่งมีข้อดีอยู่หลายประการ เช่น มีราคาถูก มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน มีการทำงานที่รวดเร็ว ชุดคำสั่งมีความสามารถสูง และมีแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

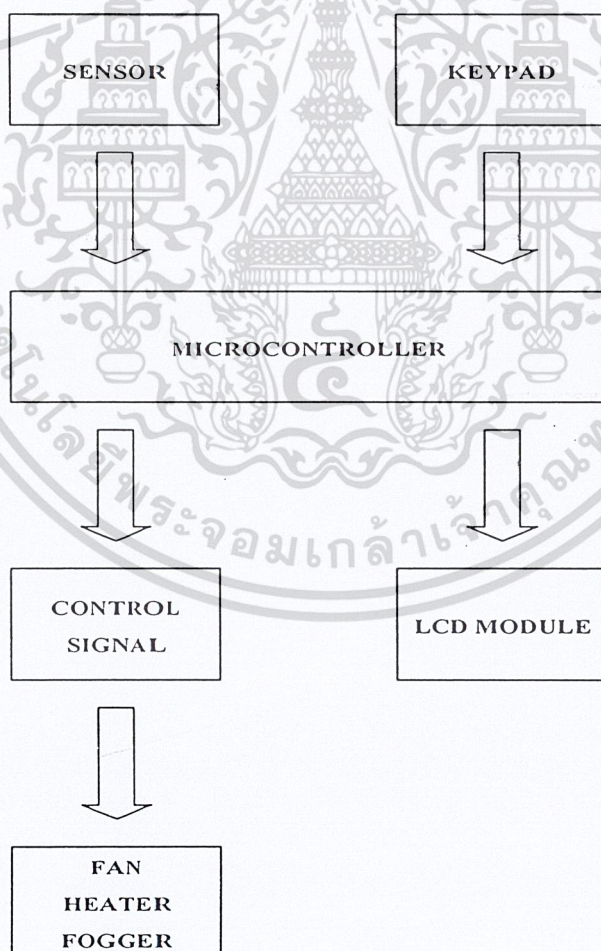
โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องการทำให้สัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณดิจิทัลแต่อุปกรณ์ เช่น เซอร์นั้น ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นอนาลอก จึงต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนจะเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

3. หน่วยเอาต์พุต

เป็นส่วนที่แสดงผล หรือ ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลเช่นการแสดงผลข้อมูลต่างๆ ในรูปของตัวอักษรบนจอ LCD โมดูล เพื่อเป็นสิ่งที่แสดงให้ผู้ใ้รับรู้ถึงข้อมูลต่างๆของระบบที่เกิดขึ้นแสดงค่า อุณหภูมิ และ ความชื้นในโรงเรือนแสดงค่าเป้าหมายของระบบสัญญาณควบคุมก็เป็นเอาต์พุตตัวหนึ่งที่หน่วยประมวลผลสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นคำสั่งสัญญาณที่ควบคุมการทำงานให้กับอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

4. อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

ได้แก่ จ่ายไฟให้เครื่องทำความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ , จ่ายไฟให้แก่พัดลมเพื่อให้อากาศเย็นเข้ามาภายในโรงเรือน ชุดจ่ายไฟฟ้าเครื่องทำหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อื่นๆห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอัตโนมัติ

2.4 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบการหาค่าพารามิเตอร์ของ ตัวควบคุม พีไอ แบบอัตโนมัติ

วิธีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอ จากผลตอบสนองของกระบวนการที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การนำตัวควบคุม พีไอ ไปใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ นั้น จำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อที่จะใช้ปรับให้กับตัวควบคุม พีไอ เพื่อให้ได้การควบคุมที่ดีที่สุด บางวิธีจะพิจารณาผลตอบสนองของระบบที่ได้จากการทดสอบกระบวนการ เช่นวิธีของ Ziegler-Nichols , Cohen-Coon และ วิธีของ Harriot อีกวิธีหนึ่งคือ วิธีอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมด้วยวิธีทางเดินของราก และโดยส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเงื่อนไขในโดเมนเวลามากกว่าโดเมนความถี่ โดยวิธีของ Ziegler-Nichols เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามวิธีของ Ziegler-Nichols ในหลายกรณีต้องมีการปรับละเอียดอีกครั้งหนึ่งโดยวิธีการลองผิดลองถูกในอันที่จะได้ผลตอบสนองของระบบอย่างแท้จริง

วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ ของตัวควบคุม พีไอ ตามวิธีของ Ziegler - Nichols จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผลตอบสนองซึ่งครู่ของระบบที่ถูกควบคุมที่ได้จากทั้งผลตอบสนองแบบ ระบบเปิด และ ระบบปิด ซึ่งมี 2 วิธีคือ Process Reaction Curve และ Ultimate Method โดยแต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้ผลตอบสนองเวลาของระบบต่ออินพุต ยูนิตสเตป มีค่า โอเวอร์ชูต ไม่เกิน 25 %

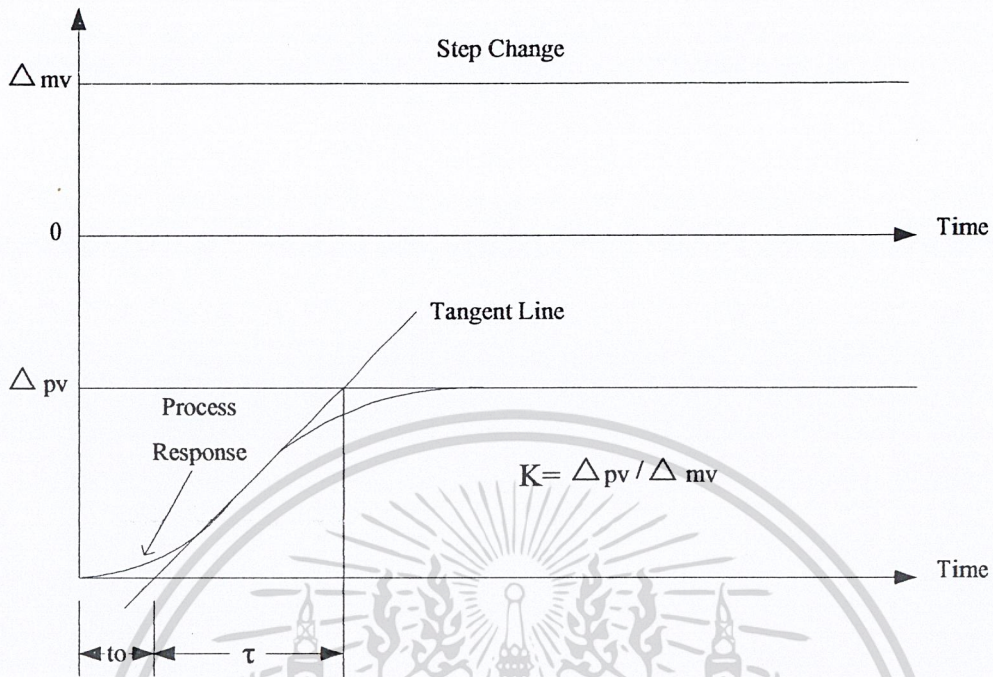
การคำนวณวิธี Process Reactive Curve

วิธีนี้จะหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอ จากผลตอบสนองเวลาของระบบหรือกระบวนการที่ถูกควบคุมแบบลูปเปิดต่ออินพุตแบบ สเตป โดยที่ระบบหรือกระบวนการในกรณีนี้จะไม่ มี โพล ที่จุดกำเนิด หรือไม่มี โดมิแนนท์คอมเพลกซ์คอนจูเกตโพล และไม่มีตัวควบคุมต่อร่วมอยู่ ดังนั้น ผลตอบสนองทางเวลาจะได้เป็นตัว เอส โดยผลตอบสนองทางเวลารูปตัวเอส นี้จะถูกนำมาอธิบายคุณลักษณะของกระบวนการ ด้วยค่าพารามิเตอร์ 3 ค่าคือ ค่าอัตราขยายกระบวนการ ค่าเวลาหน่วงของกระบวนการ และ ค่าคงที่ของกระบวนการ โดยค่าหน่วงเวลาของกระบวนการ และ ค่าเวลาคงที่ของกระบวนการ จะถูกประมาณโดยการลากเส้นสัมผัสกับจุดที่มีอัตราการเบี่ยงเบนสูงสุด ดังรูปที่ 2.3 ส่วนค่าอัตราขยายกระบวนการ ทราบได้เมื่อผลตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่สภาวะคงที่

ดังนั้น ฟังก์ชันถ่ายโอน ของกระบวนการจะประมาณได้ด้วยระบบอันดับหนึ่งแบบมีการหน่วงเวลา

$$G(s) = \frac{Ke^{-ts}}{\tau s + 1} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ผลตอบสนองรูปตัว เอส เมื่อใช้วิธี Process Reaction Curve

Ziegler-Nichols ได้กำหนดค่าของ พารามิเตอร์ สำหรับตัวควบคุมแบบต่างๆ ที่ใช้การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอดี วิธี Process Reaction Curve ไว้ในตารางดังนี้

Controller Type		Proportional Gain K_c	Integral Time T_i	Derivative Time T_d
Proportional only	P	$\frac{1}{K} \left[\frac{\tau}{t_o} \right]$	—	—
Proportional-Integral	PI	$\frac{0.9}{K} \left[\frac{\tau}{t_o} \right]$	3.33 t_o	—
Proportional-Integral-Derivative	PID	$\frac{1.2}{K} \left[\frac{\tau}{t_o} \right]$	2.0 t_o	0.5 t_o

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตารางที่ 2.1 แสดงสูตรสำหรับหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอดี ตามวิธี Process Reaction Curve

วิธี Process Reaction Curve จะพบเห็นกันบ่อยมากในทางปฏิบัติ ซึ่งผลตอบสนองของกระบวนการที่จะนำมาประมาณค่านั้นได้มาจากการบันทึกค่าโดยเครื่องบันทึก ดังนั้นจะเห็นว่าจะเกิดค่าผิดพลาดได้ง่าย จากการกำหนดจุดที่มีอัตราการเบี่ยงเบนสูงสุด และการลากเส้นสัมผัส ณ จุดนี้ โดยเฉพาะกับผลตอบสนองที่บันทึกด้วยความเร็วการบันทึกค่าๆ ซึ่งถ้าการกำหนดจุดและลากเส้นผิดพลาดเพียง 1 มิลลิเมตร จะทำให้ค่าผิดพลาดถึง 14.4 วินาที

หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

การวิเคราะห์และออกแบบการควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรมหรือระบบควบคุมที่ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม จำเป็นต้องทราบธรรมชาติ และคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของกระบวนการและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการทั้งหมด เพื่อใช้ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงสภาพของกระบวนการ เมื่อถูกรบกวนจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมภายนอก หรือได้รับการควบคุมจากเครื่องควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะได้เลือกการควบคุมและค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสม ในอันที่จะได้การควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทั่วไป การศึกษาธรรมชาติ และ คุณลักษณะหรือคุณสมบัติต่างๆของกระบวนการที่ใช้อยู่มี 2 วิธีคือ

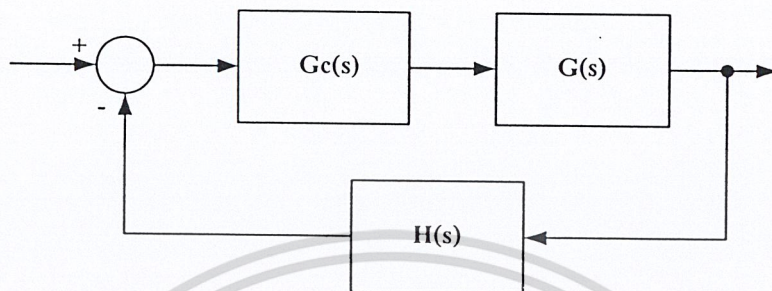
1. การศึกษาคุณลักษณะของกระบวนการ โดยใช้วิธีการทดสอบ วิธีนี้เป็นวิเคราะห์กระบวนการสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัด และ เครื่องควบคุมทดลองป้อนสัญญาณเข้าและสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของกระบวนการ และ อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งผลของสัญญาณขาออกนี้จะนำไปประมาณค่าของค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ เพื่ออธิบายคุณลักษณะของกระบวนการต่อไป
2. การศึกษาคุณลักษณะของกระบวนการ โดยวิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ วิธีนี้การวิเคราะห์คุณลักษณะของอุปกรณ์และกระบวนการจะถูกแสดงในลักษณะของสมการคณิตศาสตร์ต่างๆ เช่น สมการพีชคณิต สมการอนุพันธ์ และหลังจากนั้นต้องวิเคราะห์คุณสมบัติของกระบวนการจากการหาค่าตอบของสมการเหล่านี้

การศึกษารธรรมชาติและคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของกระบวนการ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีที่ยุ่งยากและต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ซึ่งจะเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่มีความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และฟิสิกส์น้อย ดังนั้น ในทางปฏิบัติระบบควบคุมของกระบวนการทางอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการศึกษาคุณลักษณะของกระบวนการ โดยวิธีการทดลองป้อนสัญญาณเข้าให้กระบวนการ เพื่อสังเกตผลที่จะเกิดขึ้นในสภาพความเป็นจริงและนำค่าพารามิเตอร์หรือค่าคุณลักษณะของกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการสังเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าคุณลักษณะของกระบวนการ

โครงสร้างของระบบควบคุมแบบป้อนกลับทั่วไป เป็นดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างระบบควบคุมป้อนกลับ

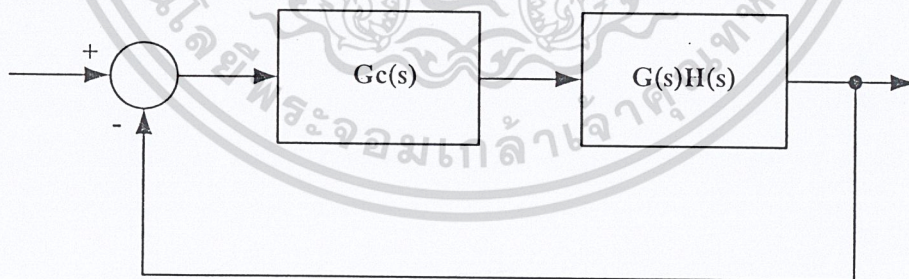
เมื่อ

$G_c(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ ตัวควบคุม

$G(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ กระบวนการ

$H(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ อุปกรณ์วัด

และเราสามารถรวม บล็อก เพื่อให้ส่วนป้อนกลับมีค่าเป็น 1 ได้ โดยจะได้ บล็อกไดอะแกรม ดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมที่มีค่าป้อนกลับเป็น 1

โดย กำหนดให้ $G(s)H(s) = G_1(s)$

$R(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ อินพุต

$C(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ เอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

$M(s)$ = การแปลงลาปลาซ ของ สัญญาณ เอาท์พุตของ ตัวควบคุม ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป ฟังก์ชันถ่ายโอน ของกระบวนการอุตสาหกรรมจะถูกอนุมานให้เป็นรูปแบบของกระบวนการอันดับหนึ่งที่มีการหน่วงเวลา (FOPDT) เนื่องจากเป็นการอนุมานที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการอุตสาหกรรม ซึ่งจะได้ ฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนี้

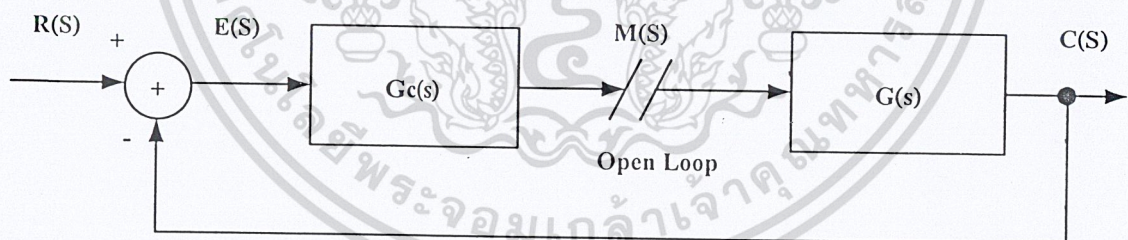
$$\frac{G(s)}{M(s)} = \frac{Ke^{-t_0s}}{\tau s + 1} \quad (2.10)$$

โดย K = อัตราขยายของกระบวนการ

t_0 = ค่าการหน่วงเวลาของกระบวนการ

τ = ค่าเวลาคงที่ของกระบวนการ (Process Time Constant)

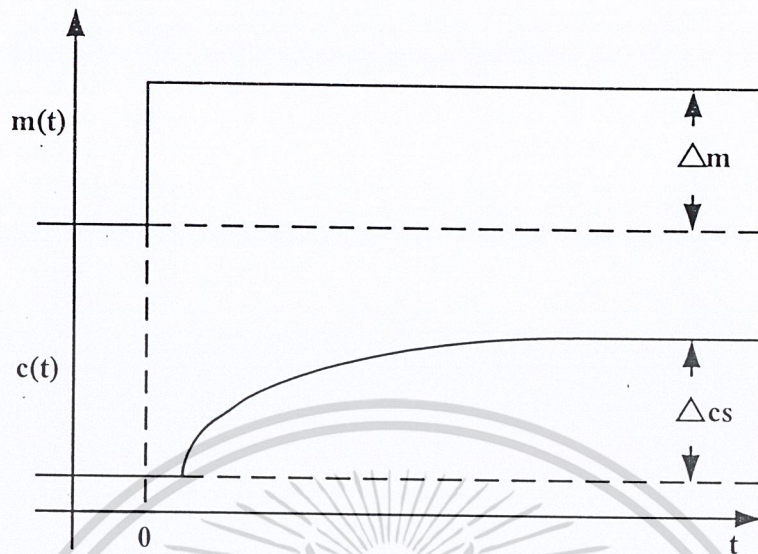
จากสมการจะเห็นได้ว่าคุณลักษณะของกระบวนการอยู่ในรูปของตัวแปร 3 ตัว ซึ่งสามารถหาได้จากการทดสอบกระบวนการ เนื่องจากคุณลักษณะของกระบวนการเป็นเพียงค่าของกระบวนการเท่านั้น ไม่ใช่ทั้ง ลูป การควบคุม ดังนั้น ในการทดสอบจะกระทำเฉพาะส่วนของกระบวนการ นั่นคือทำการทดสอบแบบลูปเปิด หรือแบบไม่มีการป้อนกลับ ไม่พิจารณาสิ่งรบกวน โดยการป้อนสัญญาณ $M(s)$ แบบ สเตป ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมสำหรับการทดสอบ

จากการทดสอบจะได้ผลตอบสนองทางเวลาของกระบวนการในรูปตัว เอส ซึ่งเป็นรูปแบบของผลตอบสนองนี้จะครอบคลุมถึงกระบวนการอันดับสอง และ กระบวนการอันดับสูง ที่มี แคมป์ริง เรโซเทกกับหรือมากกว่าหนึ่ง ได้ด้วยดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงผลตอบสนองของกระบวนการ FOPDT หลังจากป้อนสัญญาณแบบ สเตป

จากรูปจะเห็นได้ว่า ฟังก์ชันถ่ายโอน ของระบบคือ $C(s) = G(s)M(s)$ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าของสัญญาณควบคุม Δm และกระบวนการตามรูปแบบของ FOPDT ในรูปของการแปลง ลاپลาซ จะได้

$$G(s) = \frac{Ke^{-t_0s}}{\tau s + 1} * \frac{\Delta m}{s} = Ke^{-t_0s} \Delta m \left[\frac{1}{s} * \frac{\tau}{\tau s + 1} \right] \quad (2.11)$$

แปลงผกผัน ลاپลาซ ให้อยู่ในรูปโดเมนเวลาจะได้ว่า

$$\Delta c(t) = K\Delta m * u(t - t_0) \left[1 - e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} \right] \quad (2.12)$$

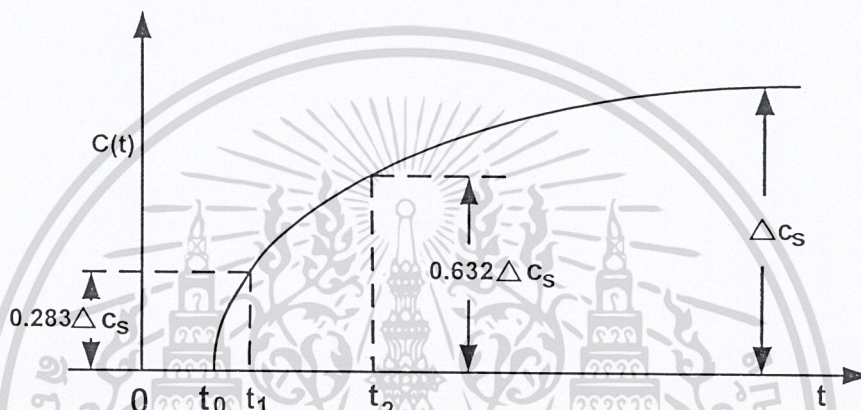
โดย $\Delta c(t) = c(t) - c(0)$ เป็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ เอาท์พุทของกระบวนการจากค่าสถานะเริ่มต้น ส่วนฟังก์ชัน ยูนิตสเตป เป็นพจน์ที่กำหนดให้ $\Delta c(t) = 0$ ที่เวลา $t \leq t_0$ ดังนั้นเมื่อผลตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่ที่สถานะคงที่ (Steady State)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $\Delta c_s = \lim_{t \rightarrow \infty} \Delta c(t) = K\Delta m$ (2.13)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถหาค่าคุณลักษณะของกระบวนการ คือ อัตราขยายได้เป็นค่าแรก คือ

$$K = \frac{\Delta c_s}{\Delta m} \quad (2.14)$$

ค่าคุณลักษณะที่เหลือก็คือค่า τ และค่า t_0 สามารถหาได้จากการประมาณค่าจากกราฟดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FOPDT

พิจารณาที่เวลา $t = (t_0 + \tau/3)$ และ $t = (t_0 + \tau)$ แทนและแก้สมการจะได้

$$\Delta c_1 = \Delta c \left(t_0 + \frac{\tau}{3} \right) = K \Delta m \left[1 - e^{-\frac{1}{3}} \right] = 0.283 K \Delta m = 0.283 \Delta c_s \quad (2.15)$$

$$\Delta c_2 = \Delta c (t_0 + \tau) = K \Delta m \left[1 - e^{-1} \right] = 0.632 K \Delta m = 0.632 \Delta c_s \quad (2.16)$$

กำหนดให้ที่เวลาเวลา $t = (t_0 + \tau/3)$ และ $t = (t_0 + \tau)$ เป็น t_1 และ t_2 ตามลำดับ

จะได้ว่า $t_1 = t_0 + \tau/3$

$$t_2 = t_0 + \tau$$

ดังนั้น $t_0 = t_2 - \tau$

$$\tau = 3(t_2 - t_1)/2$$

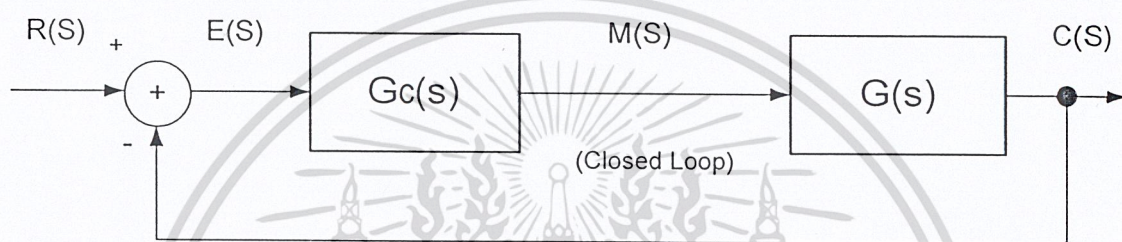
เมื่อนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สิทธิ์ทั้งหมดมีใช้ด้วยและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_1 = \text{เวลาที่ } \Delta c = 0.283 \Delta c_s$$

$$t_2 = \text{เวลาที่ } \Delta c = 0.632 \Delta c_s$$

การสังเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอ ในการควบคุม

การหาค่าคุณลักษณะของกระบวนการโดยการทดสอบดังที่กล่าวมา จะพิจารณาในลักษณะระบบเปิด ซึ่งจะต่างจากการสังเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม พีไอ ที่ทำการพิจารณาในลักษณะการควบคุมแบบ ระบบปิด เนื่องจากต้องพิจารณารวมไปถึงตัวควบคุมด้วย ดังนั้นระบบควบคุมแบบระบบปิด เมื่อไม่มีมีการพิจารณาตัวรบกวนจะได้ บล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปิดเมื่อไม่พิจารณาสิ่งรบกวน

จาก บล็อกไดอะแกรม จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนเมื่อเป็นระบบปิดแล้ว คือ

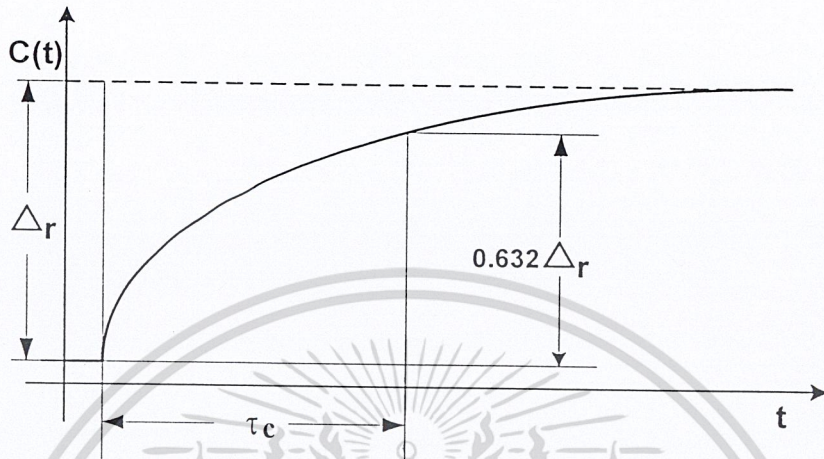
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_c(s)G(s)}{1 + G_c(s)G(s)} \quad (2.17)$$

จัดสมการให้อยู่ในรูปฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุม จะได้

$$G_c(s) = \frac{1}{G(s)} * \frac{C(s)/R(s)}{1 - [C(s)/R(s)]} \quad (2.18)$$

โดยเราจะนำฟังก์ชันถ่ายโอนนี้ไปใช้สำหรับการสังเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมต่อไปในการควบคุมกระบวนการหนึ่งๆ ผู้ควบคุมย่อมต้องการให้กระบวนการมีผลตอบสนองแบบระบบปิดต่อการควบคุมตามต้องการที่จำทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากกระบวนการได้ ซึ่งผลตอบสนองปิดของระบบควบคุมที่เข้าใกล้ความต้องการของผู้ควบคุมมากที่สุด ก็คือระบบควบคุมแบบปิดที่ให้ผลตอบสนองเป็นแบบระบบอันดับหนึ่ง โดยมีฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น โดย T_c เป็นค่าเวลาไม่ล่าช้าใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau_c s + 1} \quad (2.19)$$



รูปที่ 2.10 แสดงผลตอบสนองแบบปิดที่ใช้การตั้งคราะห้ค่าพารามิเตอร์ พีโอ

จากรูปจะเห็นได้ว่าค่า τ_c เป็นพารามิเตอร์ที่ปรับค่าได้ ซึ่งถ้าค่า τ_c มีค่าน้อย ผลตอบสนองก็จะเข้าสู่ set point ได้เร็วขึ้น และเมื่อแทนค่าในสมการของ $G_c(s)$ ที่หาไว้จะได้

$$G_c(s) = \frac{1}{G(s)} * \frac{1}{1 - \frac{1}{\tau_c s + 1}} = \frac{1}{G(s)} * \frac{1}{\tau_c s + 1 - 1}$$

$$G_c(s) = \frac{1}{G(s)} * \frac{1}{\tau_c s} \quad (2.20)$$

โดยจากสมการจะเห็นได้ว่า มีพจน์อินทิกรัล อยู่ใน ฟังก์ชันถ่ายโอน ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมกระบวนการได้โดยไม่มี ออฟเซต และ เนื่องจากในกระบวนการ เราสามารถประมาณได้เป็นกระบวนการได้หลายอย่างดังนั้นจึงต้องมีการตั้งคราะห้ค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการ

1) กระบวนการอันดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์ลงในสื่อใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้ (2.21) ใช้

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

และจากสมการ 2.21 เราจะได้ว่า

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{k} * \frac{1}{\tau_c s} = \frac{\tau}{K \tau_c} * \left(1 + \frac{1}{\tau s} \right) \quad (2.22)$$

และจากสมการ 2.22 จะเห็นได้ว่า

$$K_c = \frac{\tau}{K \tau_c} \quad (2.23)$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อกระบวนการเป็นกระบวนการอันดับหนึ่ง เราจะได้ตัวควบคุมแบบพีไอ โดยมีค่าพารามิเตอร์ตามสมการ 2.25

2) กระบวนการอันดับสอง

$$G(s) = \frac{K}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)} \quad (2.24)$$

และจากสมการ 2.22 เราจะได้ว่า

$$G_c(s) = \frac{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}{K} * \frac{1}{\tau_c s} \quad (2.25)$$

$$G_c(s) = \left[\tau_1 \tau_2 s + (\tau_1 + \tau_2) s + \frac{1}{s} \right] * \frac{1}{K \tau_c} \quad (2.26)$$

$$G_c(s) = \left[\tau_1 \tau_2 s^2 + (\tau_1 + \tau_2) s + 1 \right] * \frac{1}{K \tau_c} \quad (2.27)$$

จากการสังเคราะห์ และสมการ 2.25 เมื่อเปรียบเทียบกับสมการมาตรฐานของ ตัวควบคุม พีไอ จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 1 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$G_c(s) = \left[1 + \frac{1}{(\tau_1 + \tau_2) s} + \frac{\tau_1 \tau_2 s}{(\tau_1 + \tau_2)} \right] * \left(\frac{\tau_1 + \tau_2}{K \tau_c} \right) \quad (2.28)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่ข้อมูลนี้ไปยังเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กระบวนการอันดับหนึ่งมีเดไทม์ (FOPDT)

$$K_c = \frac{\tau_1 + \tau_2}{K\tau_c} \qquad K_c = \frac{\tau_1 + \tau_2}{K\tau_c} \qquad T_d = \frac{\tau_1\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} \qquad (2.29)$$

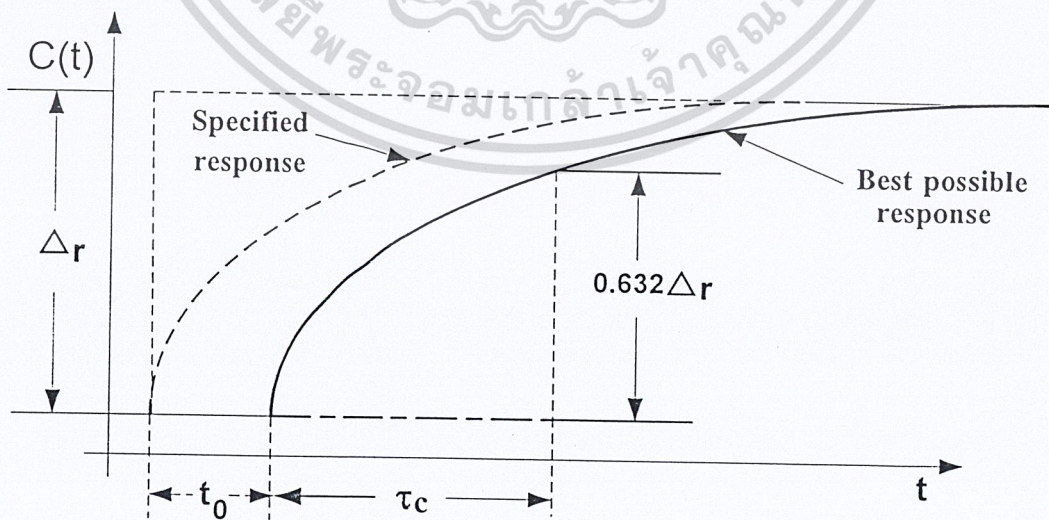
$$G(s) = \frac{Ke^{-t_0s}}{\tau s + 1} \qquad (2.30)$$

และจากสมการ 2.22 จะได้ว่า

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{Ke^{-t_0s}} * \frac{1}{\tau_c s} = \frac{\tau}{K\tau_c} \left(1 + \frac{1}{\tau s} \right) e^{t_0s} \qquad (2.31)$$

จากสมการที่ได้จะเห็นได้ว่า ในโดเมนเวลาพบว่าค่าของการหน่วงเวลา t_0 เป็นลบ ส่งผลให้ไม่สามารถทำให้เป็นตัวควบคุมที่เป็นจริงได้ เนื่องจากต้องการการทำนายค่า t_0 ล่วงหน้า ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเทียบกับผลตอบสนองแบบปิด ที่การหน่วงเวลาเป็นเวลา t_0 คือ

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{e^{-t_0s}}{\tau s + 1} \qquad (2.32)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 2.11 แสดงผลตอบสนองแบบปิดที่มีการหน่วงเวลาเป็นเวลา t_0

ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าค่า ฟังก์ชันถ่ายโอน ของตัวควบคุม ของกระบวนการแบบ FOPDT คือ

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{K e^{-t_0 s}} * \frac{e^{-t_0 s}}{\tau_c s + 1 - e^{-t_0 s}} \quad (2.33)$$

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{K} * \frac{1}{\tau_c s + 1 - e^{-t_0 s}} \quad (2.34)$$

เราสามารถประมาณค่าพจน์เอกซ์โพเนนเชียลด้วยอนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor series expansion)

$$e^{-t_0 s} = 1 - t_0 s + \frac{1}{2!} (t_0 s)^2 - \frac{1}{3!} (t_0 s)^3 + \dots \quad (2.35)$$

โดยพิจารณาเฉพาะ สองเทอมแรก จะได้ว่าเท่ากับ

$$e^{-t_0 s} = 1 - t_0 s \quad (2.36)$$

ทำให้สามารถหาค่า ฟังก์ชันถ่ายโอน ของตัวควบคุมกระบวนการได้เป็น

$$G_c(s) = \frac{\tau s + 1}{K} * \frac{1}{(\tau_c s + t_0) s} = \frac{\tau}{K(\tau_c + t_0)} \left(1 + \frac{1}{\tau s} \right) \quad (2.37)$$

จากค่า ฟังก์ชันถ่ายโอน ของ $G_c(s)$ จะเห็นได้ว่าเป็นตัวควบคุมแบบ พีไอ โดยมีค่าพารามิเตอร์คือ

$$K_p = \frac{\tau}{K(\tau_c + t_0)} \quad (2.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 วงจรวัดอุณหภูมิ

เลือกใช้ LM 335 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

คุณสมบัติ

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาตรวจจับอุณหภูมิซึ่งอยู่ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0°C ถึง 100°C โดยอุปกรณ์ตัวนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคต่ำมาก โดยพื้นฐาน LM 335 มีหลักการทำงานคล้ายกับ ซีเนอร์ไดโอด ดังรูปที่ 2.2 โดยแรงดันพังทลายซึ่งหมายถึง V_{o1} จากวงจรจะแปรค่าโดยตรงตามค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยเคลวิน โดยมีค่าเท่ากับ 10 mV/K ในย่านอุณหภูมิที่ออกแบบมาให้ใช้งาน

ข้อดีของ LM 335 ก็คือจะให้เอาต์พุตที่เป็นเชิงเส้นซึ่งไม่เหมือนกับเอาต์พุตที่ได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่ ซึ่งเอาต์พุตจะไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ

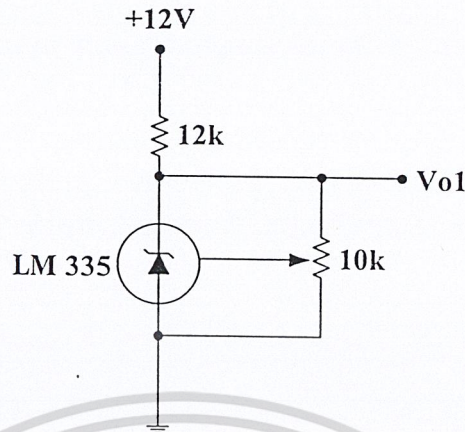
ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว LM 335

ไม่ว่าระบบตรวจจับอุณหภูมิใดๆก็ตามตามความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลผ่านตัวของอุปกรณ์ที่ตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของตัวมันตลอดจนแรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้น

สำหรับ LM 335 นั้นเพื่อป้องกันปัญหานี้ ควรจะทำงานที่กระแสต่ำสุดซึ่งเพียงพอที่จะจับให้วงจรภายในทำงานได้โดยกระแสประมาณ $400\ \mu\text{A}$ จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ LM 335 ทำงานได้

ถ้าตัวตรวจจับถูกใช้ในสถานที่ซึ่งมีค่าความต้านทานทางอุณหภูมิต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่าคงที่ ค่าผิดพลาดจากความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเองสามารถที่จะปรับให้ถูกต้องได้ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ทำงานด้วยค่ากระแสคงที่ โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันซีเนอร์และ อุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความร้อนในตัวเองจะแปรผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์และความเป็นเชิงเส้นของสเกลอุณหภูมิที่รักษาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วงจรเปรียบเทียบอุณหภูมิ (Calibrated Sensor)

- 1.1 แรงดัน Vo1 เปลี่ยนแปลง 10 mV เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส
- 1.2 ที่อุณหภูมิ 0 °C แรงดัน Vo1 เท่ากับ 2.732 โวลต์
- 1.3 คาลิเบรท (Calibrate for) 2.982 โวลต์ 25 °C
- 2) อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ในย่าน 20 °C ถึง 40 °C ได้ Vo1 เท่ากับ 2.932 โวลต์ ถึง 3.132 โวลต์
- 3) ออกแบบ วงจรปรับตำแหน่งศูนย์และความชัน (Zero and Span circuit)

ทำหน้าที่ส่งผ่าน(Transmission), ปรับแต่งสัญญาณ(Signal conditioner), เปลี่ยนแปลงความชัน (Slop)และ ปรับตำแหน่งศูนย์(Zero)ระหว่างสัญญาณ I/p กับ O/p ให้มีความสัมพันธ์เป็นไปตามเงื่อนไข

$$\frac{(\pm V - 0)}{R_{os}} + \frac{(V_i - 0)}{R_i} - \frac{(0 - V_{o1})}{R_f} = 0$$

$$V_{o1} = - \left[\frac{R_f}{R_i} * V_i + \frac{R_f}{R_{os}} (\pm V) \right]$$

$$V_o = -V_{o1}$$

$$V_o = \left[\frac{R_f}{R_i} * V_i + \frac{R_f}{R_{os}} (\pm V) \right]$$

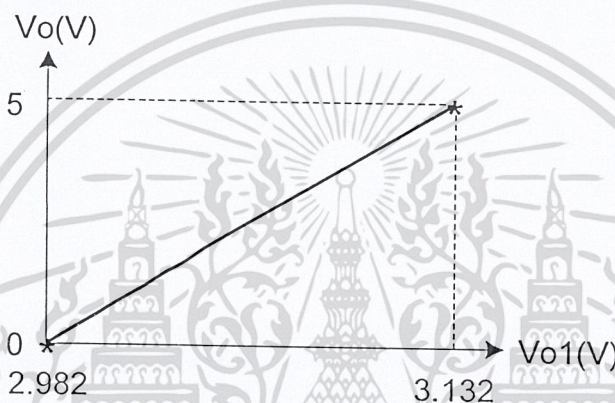
เอกสารนี้เป็นการเส้นตรงที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้นลิขสิทธิ์สงวนไว้ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเทียบสัมประสิทธิ์

$$m = \frac{R_f}{R_i} \quad ; \text{ค่าความชัน (Slop) หรืออัตราขยาย (gain) ของวงจร}$$

$$b = \frac{R_f(\pm V)}{R_{os}} \quad ; \text{คือค่าจุดตัดแกน y หรือ Zero}$$

เพื่อให้ได้เอาต์พุต (V_o) เป็น 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ (สำหรับเป็นอินพุตของภาค แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล)



รูปที่ 3.2 กราฟการปรับ Zero-Span วงจรวัดอุณหภูมิ

$$m = \frac{V_o(\max) - V_o(\min)}{V_{o1}(\max) - V_{o1}(\min)} = \frac{(5 - 0)}{(3.132 - 2.952)}$$

$$m = 27.78$$

จาก $m = R_f/R_i$

เลือก $R_f = 220k\Omega$ #

ได้ $R_i = R_f/m = \frac{220k\Omega}{27.78} = 7.919k\Omega < V_R 10k >$

ปรับ Zero; $Y = m * X + b$

$$V_o(\min) = m * V_{o1}(\min) + b$$

$$0 = (27.78)(2.952) + b$$

$$b = -82$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 จาก $b = \frac{R_f * (-V)}{R_{os}}$
 ไม่ทราบกรณีใดๆ ที่ผู้ออกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ (-V) เท่ากับแหล่งจ่าย -12V

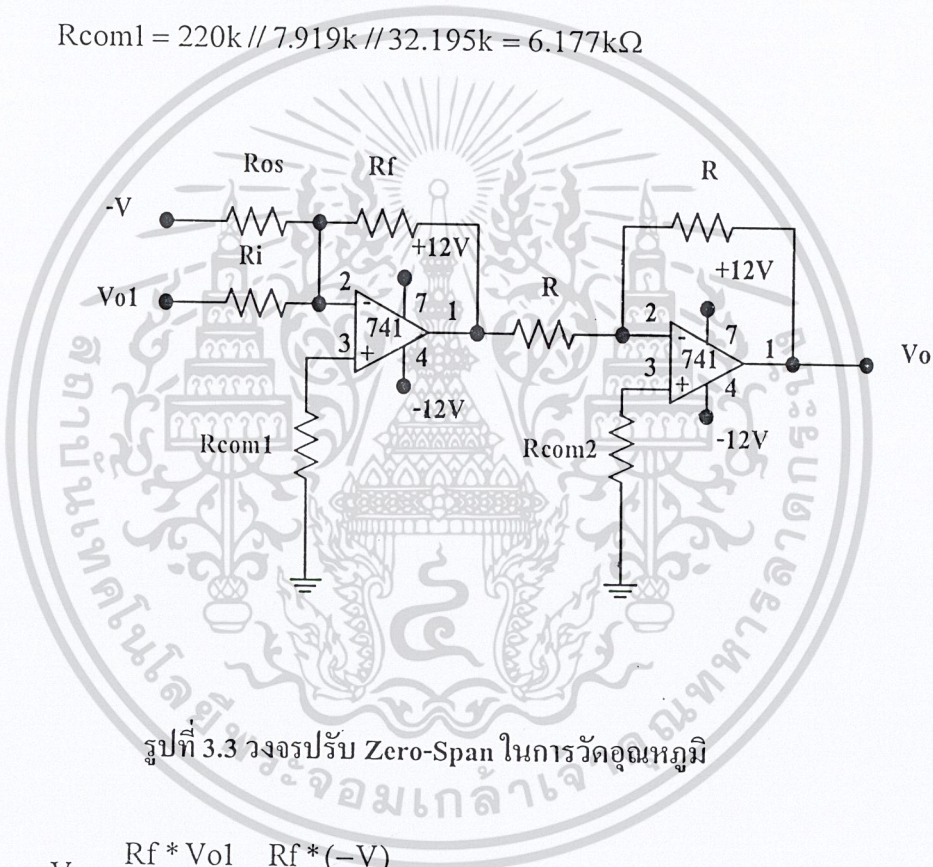
$$R_{os} = \frac{R_f * (-V)}{b}$$

$$R_{os} = \frac{(220k\Omega)(-12V)}{(-82)} = 32.195k\Omega (V_R 50k)$$

เลือก $R = 10k\Omega$

$$R_{com1} = R_f // R_i // R_{os}$$

$$R_{com1} = 220k // 7.919k // 32.195k = 6.177k\Omega$$



รูปที่ 3.3 วงจรปรับ Zero-Span ในการวัดอุณหภูมิ

$$V_o = \frac{R_f * V_{o1}}{R_i} + \frac{R_f * (-V)}{R_{os}}$$

$$V_o = \frac{(220k)(V_{o1})}{7.919k} + \frac{(220k)(-12)}{32.195k}$$

$$V_o = (27.78)V_{o1}$$

$$V_o = (27.78)V_{o1} - 82$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ผลการคำนวณ

อุณหภูมิ (°C)	Vo1 (V)	Vo (V)	อุณหภูมิ (°C)	Vo1 (V)	Vo (V)
25	2.98	0.00	33	3.06	2.67
26	2.99	0.33	34	3.07	3.00
27	3.00	0.67	35	3.08	3.33
28	3.01	1.00	36	3.09	3.67
29	3.02	1.33	37	3.10	4.00
30	3.03	1.67	38	3.11	4.33
31	3.04	2.00	39	3.12	4.67
32	3.05	2.33	40	3.13	5.00

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่า Vo จากการคำนวณ

3.2 วงจรวัดความชื้น

เลือกใช้ Humidity Sensor ยี่ห้อ Philips รุ่น 2322 691 90001 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดความชื้น
คุณสมบัติ

ใช้หลักการของความจุไฟฟ้าประกอบด้วยแผ่นฉนวน และ ประกบด้วยแผ่นทองแดงบางๆซึ่ง
ยอมให้อากาศไหลผ่านได้ ซึ่ง โครงสร้างดังกล่าวทำให้เกิดค่าความจุไฟฟ้าขึ้นและเมื่อความชื้นสัมพัทธ์
ในอากาศเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) ของแผ่นฉนวน จึงทำให้
ค่าประจุไฟฟ้าของเซ็นเซอร์เปลี่ยนไปด้วย

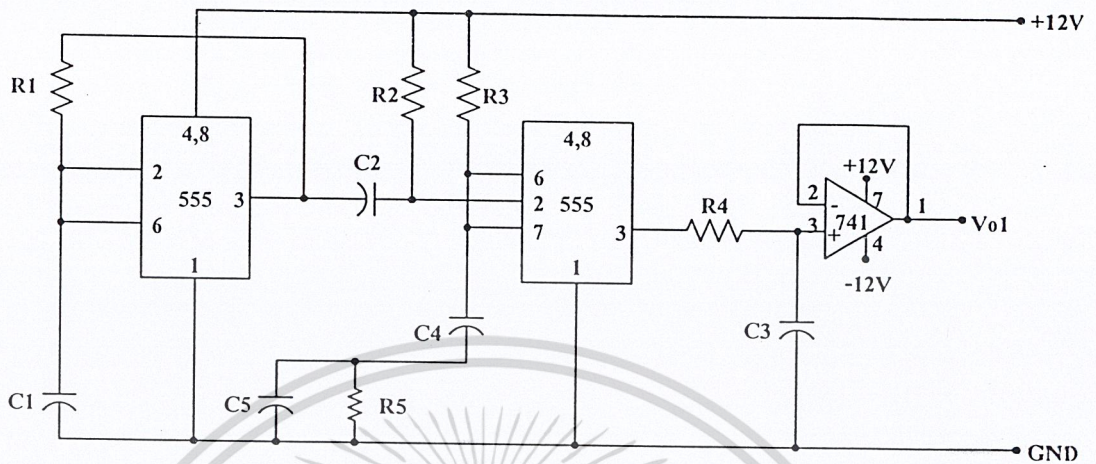
ลักษณะเด่นของ Philips Humidity Sensor

- มีความน่าเชื่อถือกับการใช้งานในระยะยาว
- ความไวสูง
- การตอบสนองเร็ว

2) ความชื้นที่ใช้งานอยู่ในย่าน 10%RH ถึง 90%RH

3) วงจรวัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรวัดความชื้น (Humidity Sensor)

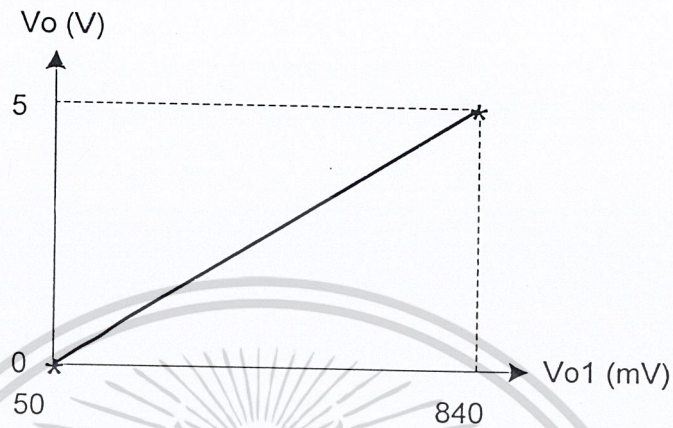
- R1 = 10kΩ
- R2 = 1kΩ
- R3 = 150kΩ
- R4 = 100kΩ
- R5 = 10MΩ
- C1 = 0.1μF
- C2 = 1nF
- C3 = 1μF
- C4 = 0.1μF

การทำงานของวงจรแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำหน้าที่ผลิตคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 10 กิโลเฮิรต์ ป้อนให้กับวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำหน้าที่ผลิตพัลส์ที่ละหนึ่งลูก ซึ่งมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นต่ออยู่ หากค่าความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าความจุไฟฟ้าในตัวมันจะเพิ่มและทำให้ความกว้างของพัลส์เพิ่มตาม ในทางตรงข้าม หากค่าความชื้นลดลง ค่าความจุไฟฟ้าในตัวมันจะลดลงและทำให้ความกว้างของพัลส์แคบลงตาม R4, C3 เป็นวงจรอินทิกรัล ทำหน้าที่ แปลงพัลส์ให้เป็นไฟกระแสตรง ส่วนสุดท้ายวงจรบัพเฟอร์ที่ความชื้น 10%RH ได้ Vo = 0.5V ที่ความชื้น 90%RH ได้ Vo = 2.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ออกแบบวงจรปรับ Zero-Span

เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็น 0 V ถึง 5 V (สำหรับเป็นอินพุตของภาค A/D)



รูปที่ 3.5 กราฟการปรับ Zero-Span วงจรวัดความชื้น

$$m = \frac{Vo(\max) - Vo(\min)}{Vo1(\max) - Vo1(\min)}$$

$$= \frac{5 - 0}{(840 - 50\text{m})}$$

$$m = 6.329$$

จาก $m = R_f/R_i$

เลือก $R_f = 10\text{k}\Omega$ #

$$\text{ได้ } R_i = R_f/m = \frac{10\text{k}\Omega}{6.329} = 2.3\text{k}\Omega$$

ปรับ Zero; $Y = m * X + b = 1.58\text{k}$

$$Vo(\max) = m * Vo1(\max) + b$$

$$5 = (2.5)(2.5) + b$$

$$b = -0.316$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จาก $b = \frac{R_f * (-5\text{V})}{R_{os}}$ อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ $(-V)$ เท่ากับแหล่งจ่าย $-12V$

$$R_{os} = \frac{R_f * (-V)}{b}$$

$$R_{os} = \frac{(10k\Omega)(-12V)}{(-0.316)} = 379.747k\Omega$$

เลือก $R = 10k\Omega$

$$R_{com1} = R_f // R_i // R_{os}$$

$$R_{com1} = 220k // 17.6k // 72.03k = 13.29k\Omega$$

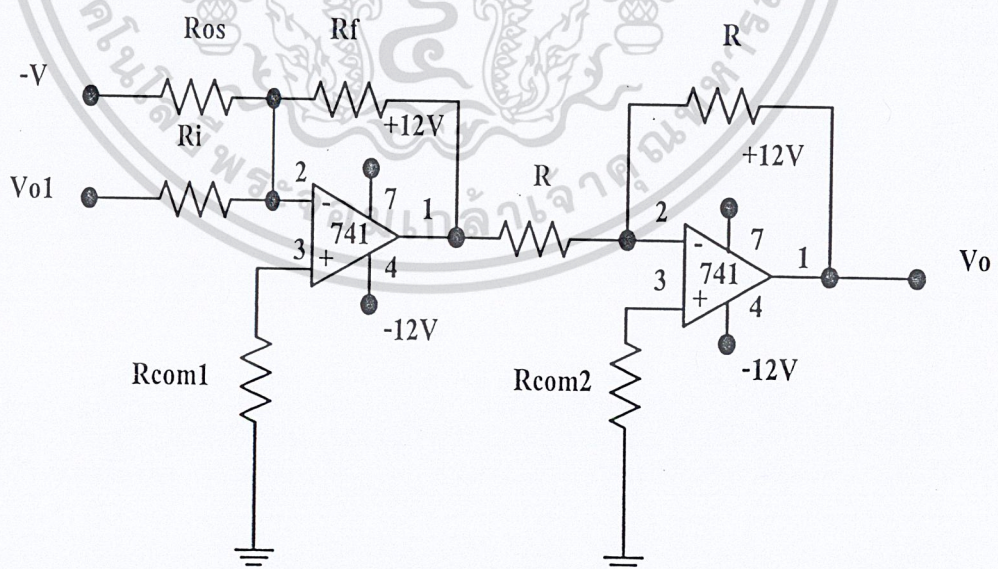
$$R_{com2} = R // R$$

$$R_{com2} = (10k / 2) = 5k\Omega$$

$$V_o = \frac{R_f * V_{o1} - R_f * (-V)}{R_i + R_{os}}$$

$$V_o = \frac{(10k)(V_{o1}) + (10k)(-12)}{1.58k + 379.747k}$$

$$V_o = (6.329)V_{o1} - 0.316$$



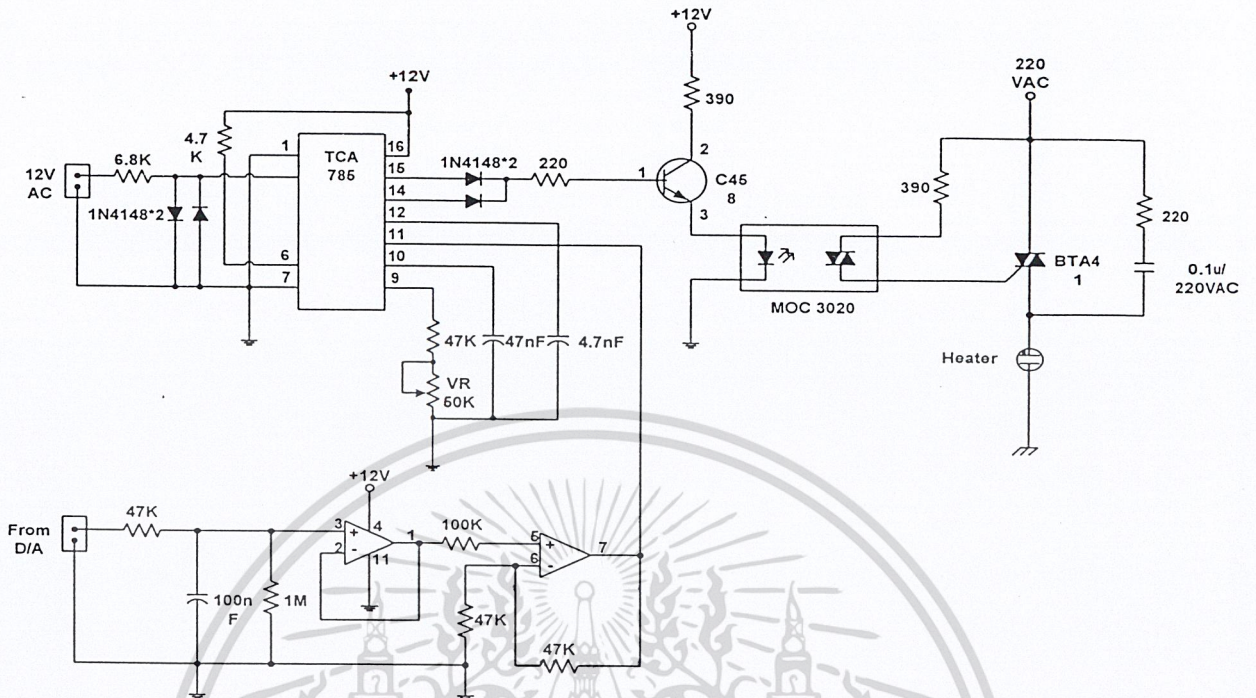
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.6 วงจรปรับ Zero-Span ในการวัดความชัน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรควบคุมขดลวดความร้อน

ส่วนควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราจะใช้ไอซี TCA785 (Phase Control Ics) ซึ่งไอซี TCA 785 นี้ จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่จะไปกระตุ้นไทรสเตอร์ (ไตรแอก : Triac) ซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณกระตุ้นนี้แสดงดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้คือ นำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งได้มาจากหม้อแปลง (9 Vac) จะถูกป้อนเข้ามาที่ขา 5 เพื่อที่จะให้ไอซินำสัญญาณนี้มา สร้างสัญญาณแรมพ์ (Ramp Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะแสดงออกมาที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณที่ได้ออกมานี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11 ซึ่งศักดาไฟฟ้านี้จะถูกรเรียกว่า ศักดาไฟฟ้าควบคุม (Control Voltage) และจุดที่ศักดาไฟฟ้าควบคุมและสัญญาณแรมพ์ตัดกัน จะทำให้เกิดสัญญาณกระตุ้นออกมาที่ขา 14 และขา 15 โดยขา 15 นั้นสัญญาณกระตุ้นจะมีเฟสเดียวกับศักดาไฟฟ้ากระแสสลับที่ขา 5 และที่ขา 14 จะมีเฟสเลื่อนไปล่าหลัง 180 องศา ศักดาควบคุม (Control Voltage) ที่เข้าที่ขา 11 นั้นจะมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog : DAC) ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก ซึ่งข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจะเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ 8 บิต และใช้ Reference Voltage (Vref) 5 โวลต์ เป็นระดับไฟฟ้าอ้างอิง ซึ่งเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจรDAC (เบอร์ DAC 0808)นั้นจะเป็นกระแส ดังนั้นเราต้องทำการเปลี่ยนจากกระแสให้เป็นแรงดัน โดยใช้Op-Amp (LF 356) ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ 0-5 โวลต์แต่ในการควบคุมขดลวดความร้อนนั้นเราจะใช้แรงดันตั้งแต่ 0-10 โวลต์ ซึ่งเราจะต้องทำการขยายแรงดันที่ออกมา โดยใช้Op-Amp มาต่อแบบ Noninverting ซึ่งมีอัตราขยาย 2.4 เท่า เอาท์พุทที่ได้นั้นจะถูกต่อไปยังขา 11 ของ TCA 785 ดังแสดงดังรูปที่3.8 เราสามารถที่จะปรับสัญญาณแรมพ์นี้ได้โดยปรับความต้านทานที่ขา 9 ของไอซี TCA 785 เนื่องจากการควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราใช้ไอซี TCA 785 ในการสร้างสัญญาณกระตุ้น ทำให้เมื่อนำไปต่อกับอุปกรณ์ไทรสเตอร์โดยตรงอาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกราวด์ร่วมกันของวงจรแรงดันต่ำกับแรงแรงดันสูง ซึ่งอาจจะทำให้วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อการป้องกันเราจึงใช้วิธีแยกกราวด์ AC กับ DCออกจากกัน โดยใช้ออฟโตไอโซเลเตอร์ ซึ่งใช้ไอซี MOC 3021 แต่เนื่องจาก เมื่อเราใช้วิธีการแยกกราวด์แบบนี้จึงทำให้สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจากไอซี TCA 785 นั้นไม่สามารถที่จะไปขับออฟโตไอโซเลเตอร์ได้เพียงพอ ดังนั้นเราจึงใช้ทรานซิสเตอร์ทำการขยายสัญญาณเพื่อที่จะไปขับออฟโตไอโซเลเตอร์ให้ทำงาน

ทางด้านกรควบคุมไหลตทางเอาท์พุทนั้น เราจะใช้ไตรแอกในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน โดยที่ไดแอก(Diac) ที่อยู่ภายในไอซี MOC 3021 นั้นจะเป็นตัวกระตุ้นกระแสที่ให้ไตรแอก โดยจะมี R9 และ R10 เป็นตัวกำหนดกระแสร่วมกับไดแอก(Diac) ส่วน R11 และC4 จะทำหน้าที่เป็นวงจรสแนบเบอร์ (Snubber) ซึ่งจะช่วยให้ไตรแอก(Triac)เกิดการ ทำงานได้อย่างเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.8

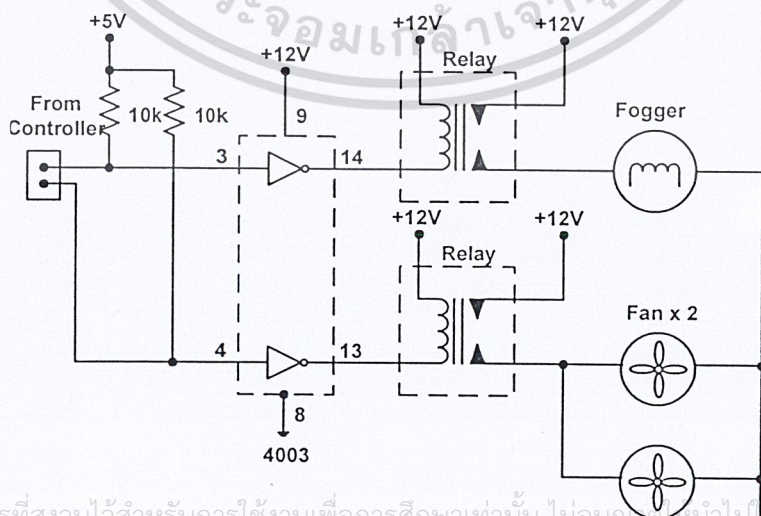
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



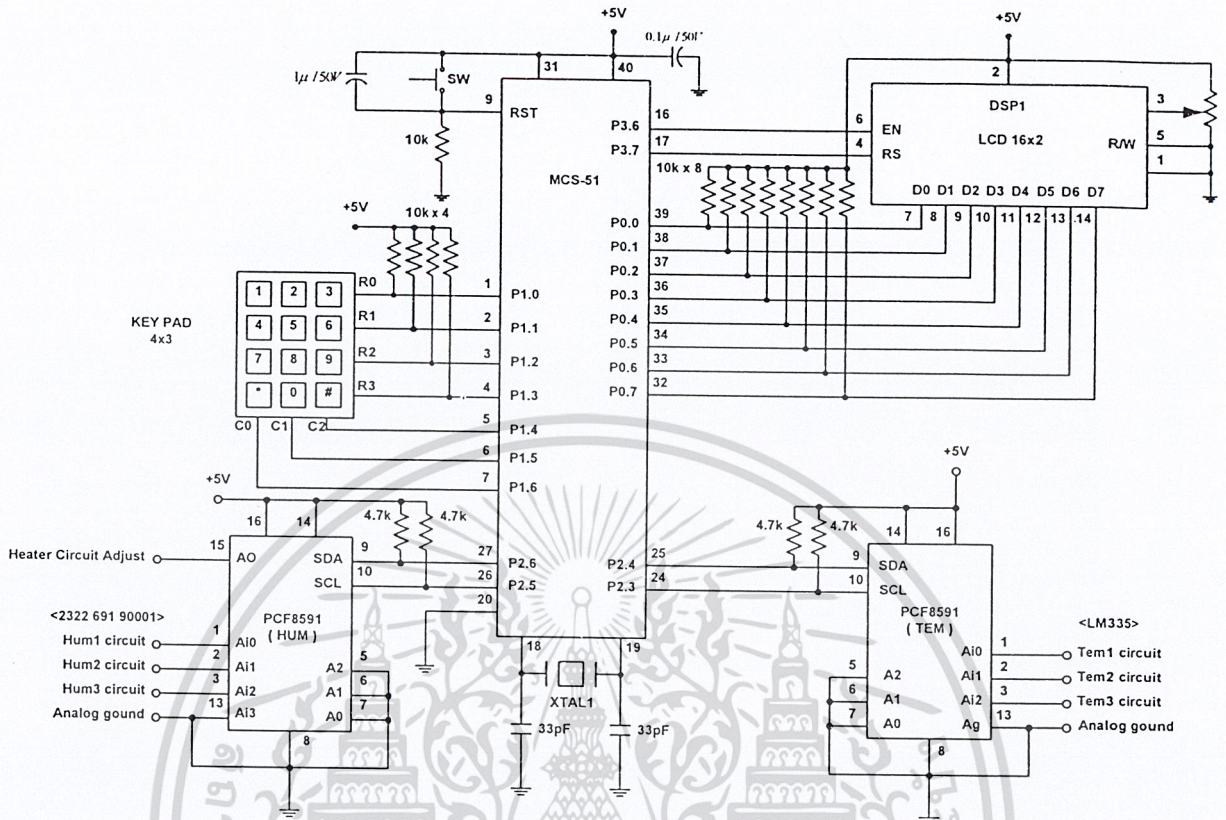
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมขนาดหลอดความร้อน

3.4 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ

การทำงานของวงจรควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องพ่นหมอก และ พัดลม ซึ่งรับค่ามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ต 2.2 ควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นหมอก พอร์ต 2.1 ควบคุมการทำงานของพัดลม หากเก็ลีย์บิตจะทำให้รีเลย์ทำงาน และ อุปกรณ์ทำงาน หากเซตบิตจะทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน และ อุปกรณ์หยุดทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องพ่นหมอกและพัดลม



รูปที่ 3.9 วงจรคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับคีย์แพด จอ LCD และตัวแปลงสัญญาณ
อนาลอกเป็นดิจิทัล และแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก

3.5 การหาพารามิเตอร์เพื่อออกแบบตัวควบคุม พี-ไอ

3.5.1 การออกแบบตัวควบคุม สำหรับควบคุมอุณหภูมิ

ออกแบบระบบควบคุมด้วยวิธีของ Ziegler – Nichols จากกราฟที่ได้จากการทดลองป้อน สเตป อินพุตให้ขดลวดความร้อน ตามรูปที่ 4.3

การหาพารามิเตอร์ของโมเดล

- ΔC_s คือ ผลตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่ที่สภาวะคงที่
- Δm คือ การเปลี่ยนแปลงค่าของสัญญาณควบคุม
- K คือ อัตราขยายของกระบวนการเข้าสู่ที่สภาวะคงที่
- t_0 คือ dead time
- τ คือ ค่าเวลาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณค่าโมเดลเป็นระบบอันดับหนึ่ง

$$G_{c(s)} = \frac{Ke^{-t_0s}}{\tau_s + 1} = \frac{(4.4)e^{-75s}}{600S + 1}$$

3.5.2 การออกแบบตัวควบคุม สำหรับควบคุมความชื้น

ออกแบบระบบควบคุมด้วยวิธีของ Ziegler – Nichols จากกราฟที่ได้จากการทดลองป้อน สเตป อินพุตให้เครื่องพ่นหมอก ตามรูปที่ 4.7

การหาพารามิเตอร์ของโมเดล

ΔC_s คือ ผลตอบสนองของกระบวนการเข้าสู่ที่สภาวะคงที่

Δm คือ การเปลี่ยนแปลงค่าของสัญญาณควบคุม

K คือ อัตราขยายของกระบวนการเข้าสู่ที่สภาวะคงที่

t_0 คือ dead time

τ คือ ค่าเวลาคงที่

จากรูปที่ 4.7 จะได้

$$\Delta C_s = 35\%RH$$

$$\Delta m = 24\text{Volt}$$

$$\text{ดังนั้น } K = \frac{\Delta C_s}{\Delta m} = \frac{35}{24} = 1.458 \frac{\%RH}{\text{Volt}}$$

$$\text{จากรูปที่ 2.13 ที่ } 0.632\Delta C_s = (0.632)(35) = 22.12\%RH$$

$$\text{ที่ } 0.283\Delta C_s = (0.283)(35) = 9.905\%RH$$

$$\text{จะได้ } t_1 = 140\text{Sec}$$

$$t_2 = 350\text{Sec}$$

นำมาคำนวณหา τ และ t_0

$$\tau = \frac{3}{2}(t_2 - t_1) = \frac{3}{2}(350 - 140) = 315\text{Sec}$$

$$t_0 = t_2 - \tau = 350 - 315 = 35\text{Sec}$$

อัตราส่วน

$$\frac{t_0}{\tau} = \frac{35}{315} = 0.111$$

ย่านการใช้งานจะอยู่ในช่วง

ไม่ว่ากรณีนี้ $0.1 < t_0 < 0.5$ ทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 จะได้พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

ตัวควบคุมแบบพีไอ

$$K'_c = \frac{0.9}{K} \left(\frac{t_0}{\tau} \right)^{-1} = \frac{0.9}{1.458} \left(\frac{315}{35} \right) = 5.556$$

$$\tau'_i = 3.33t_0 = (3.33)(35) = 116.55 \text{Sec}$$

ประมาณค่าโมเดลเป็นระบบอันดับหนึ่ง

$$G_{C(s)} = \frac{Ke^{-t_0s}}{\tau_s + 1} = \frac{(1.458)e^{-35s}}{315S + 1}$$

3.6 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

3.6.1 การควบคุมอุณหภูมิ

ในการควบคุมอุณหภูมิ ใช้วงจรควบคุมขดลวดความร้อนในการควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิ ใช้พัดลมดูดอากาศซึ่งจะช่วยดูดอากาศร้อนออกไปนอกโรงเรียน และ มีการดูดอากาศเย็นเข้ามาภายในโรงเรียน มีการปรับระดับความเร็วของพัดลมให้พอเหมาะกับการลดอุณหภูมิ

3.6.2 การควบคุมความชื้น

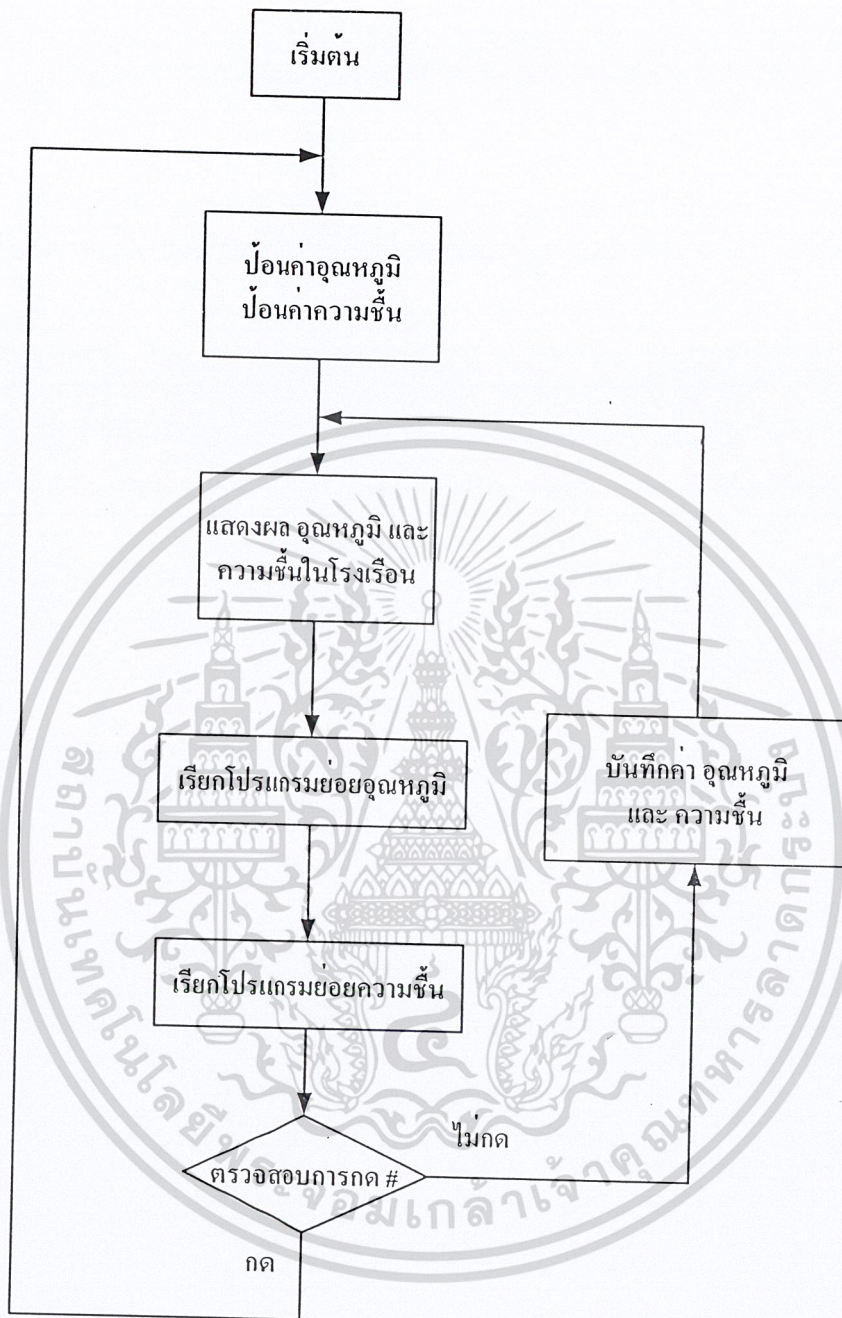
การเพิ่มความชื้นให้กับโรงเรียนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ในโครงการนี้ได้เลือกใช้การควบคุมเครื่องทำหมอกให้เปิดหรือปิด โดยมีพัดลมที่ทำหน้าที่เป่าหมอกให้กระจายทั่วโรงเรียน เพื่อควบคุมความชื้นให้ได้ตามเป้าหมาย

3.6.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานระบบ โดยวิธีควบคุมแบบ เปิด -ปิด

3.6.3.1 โปรแกรมหลัก

โปรแกรมหลักถือเป็นส่วนสำคัญมากส่วนหนึ่ง เพราะโปรแกรมหลักจะคอยจัดการตรวจสอบค่าของกระบวนการต่างๆ โดยจะมีการเรียกโปรแกรมย่อยต่างๆ ให้มาทำงานตามการร้องขอของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



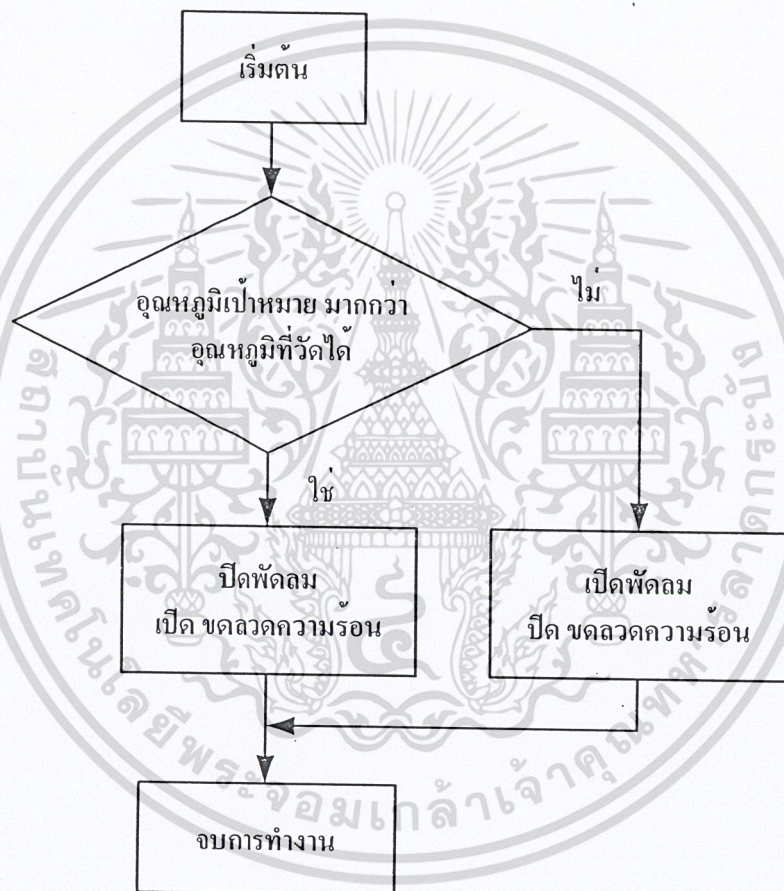
รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)

เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมหลักจะแสดงข้อความทางจอ LCD เพื่อให้ทำการป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่ต้องการควบคุมให้ได้พอเหมาะกับชนิดของพืช จากนั้นจะเข้าสู่ส่วนของการควบคุมความชื้น และการควบคุมอุณหภูมิ ถ้าหากยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นได้ตามเป้าหมาย โปรแกรมก็จะวนกลับสู่จุดเริ่มใหม่เป็นอย่างไร้ไปเรื่อยๆ จนสามารถควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นได้ตามต้องการ พร้อมกันนั้นโปรแกรมหลักก็จะทำการเรียกโปรแกรมเพื่อตรวจสอบค่าอุณหภูมิ

และ ความชื้นภายในโรงเรือน ทำการแสดงผลค่าอุณหภูมิ และ ความชื้นของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขณะนั้นตลอดเวลาการควบคุม

จะเริ่มต้นการทำงานใหม่เมื่อมีการกดปุ่มรีเซ็ต คือ ให้ทำการป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นที่ต้องการควบคุมให้ได้พอเหมาะกับชนิดของพืชใหม่

3.6.3.2 โปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ



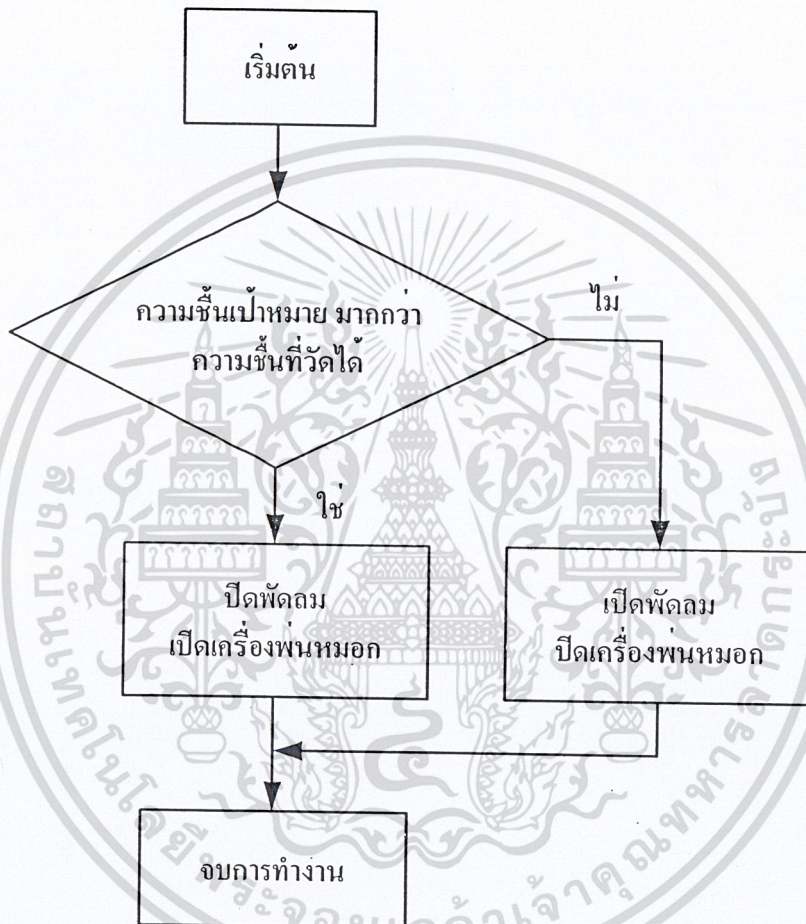
รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)

โปรแกรมส่วนนี้จะทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และ ทำการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิเป้าหมายที่กำหนดไว้ หากค่าทั้งสองเท่ากัน โปรแกรมจะไปสู่โปรแกรมต่อไปพร้อมทั้งหยุดการทำงานของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิทุกตัว หยุดการทำงานของเครื่องพ่นหมอก และ พัดลม

แต่ถ้าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และ อุณหภูมิเป้าหมายมีค่าไม่เท่ากัน โปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบค่าทั้งสองว่าค่าอุณหภูมิของโรงเรือนสูงกว่าเป้าหมายเท่าไร และ จะทำการสั่งให้พัดลมทำงานเพื่อดูดอากาศออก ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน พร้อมทำการตรวจสอบอุณหภูมิภายในโรงเรือน

ตลอดเวลา เพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเป้าหมาย หากยังไม่ได้ค่าตามเป้าหมายก็ทำการสั่งพัดลมทำงานต่อไปเรื่อยๆ จนได้ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน และ อุณหภูมิเป้าหมายมีค่าเท่ากันแล้วส่งสัญญาณหยุดการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทั้งหมด

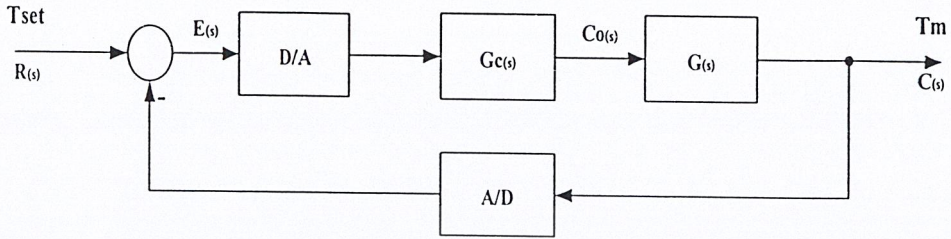
3.6.3.3 โปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น



รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น (ควบคุมแบบ เปิด-ปิด)

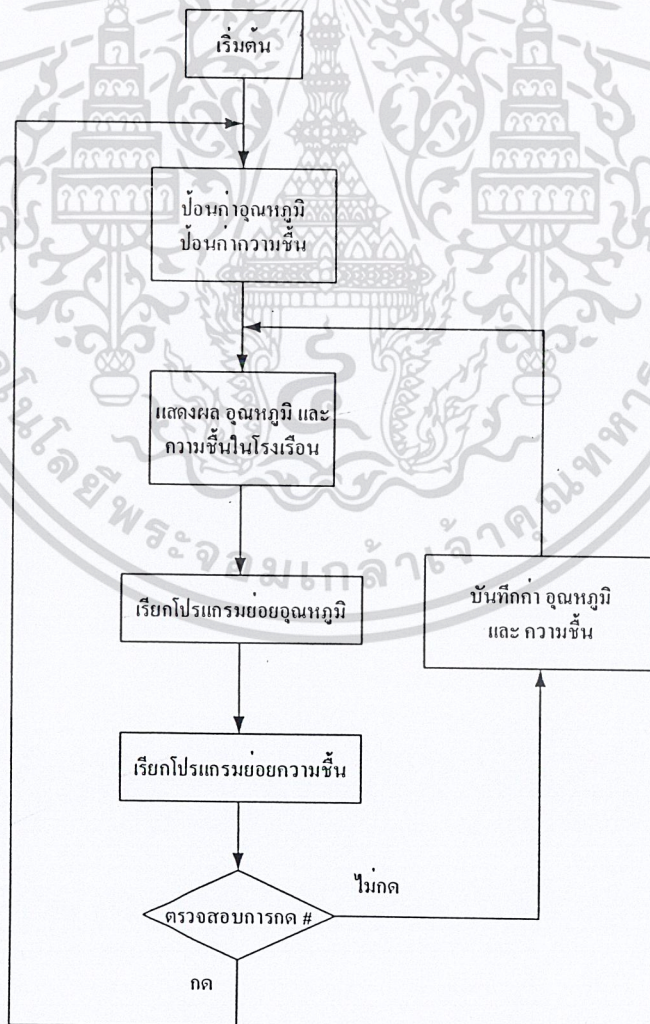
การควบคุมความชื้นให้ได้ค่าความชื้นที่ต้องการ โดยจะทำการวัดความชื้นภายในโรงเรือนเปรียบเทียบกับค่าความชื้นเป้าหมายว่าตรงกันหรือไม่ หากค่าตรงกันก็หยุดการทำงานของเครื่องพ่นหมอก แต่หากค่าความชื้นในโรงเรือนต่ำกว่าค่าเป้าหมายให้ทำการเปิดเครื่องพ่นหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ และ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบค่าความชื้นภายในโรงเรือนตลอดเวลาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย หากยังไม่ได้ค่าความชื้นเท่ากับเป้าหมาย ให้ทำการเปิดเครื่องพ่นหมอกตลอดไปจนกระทั่งได้ค่าความชื้นตามต้องการ

3.6.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ โดยตัวควบคุมแบบพีไอ



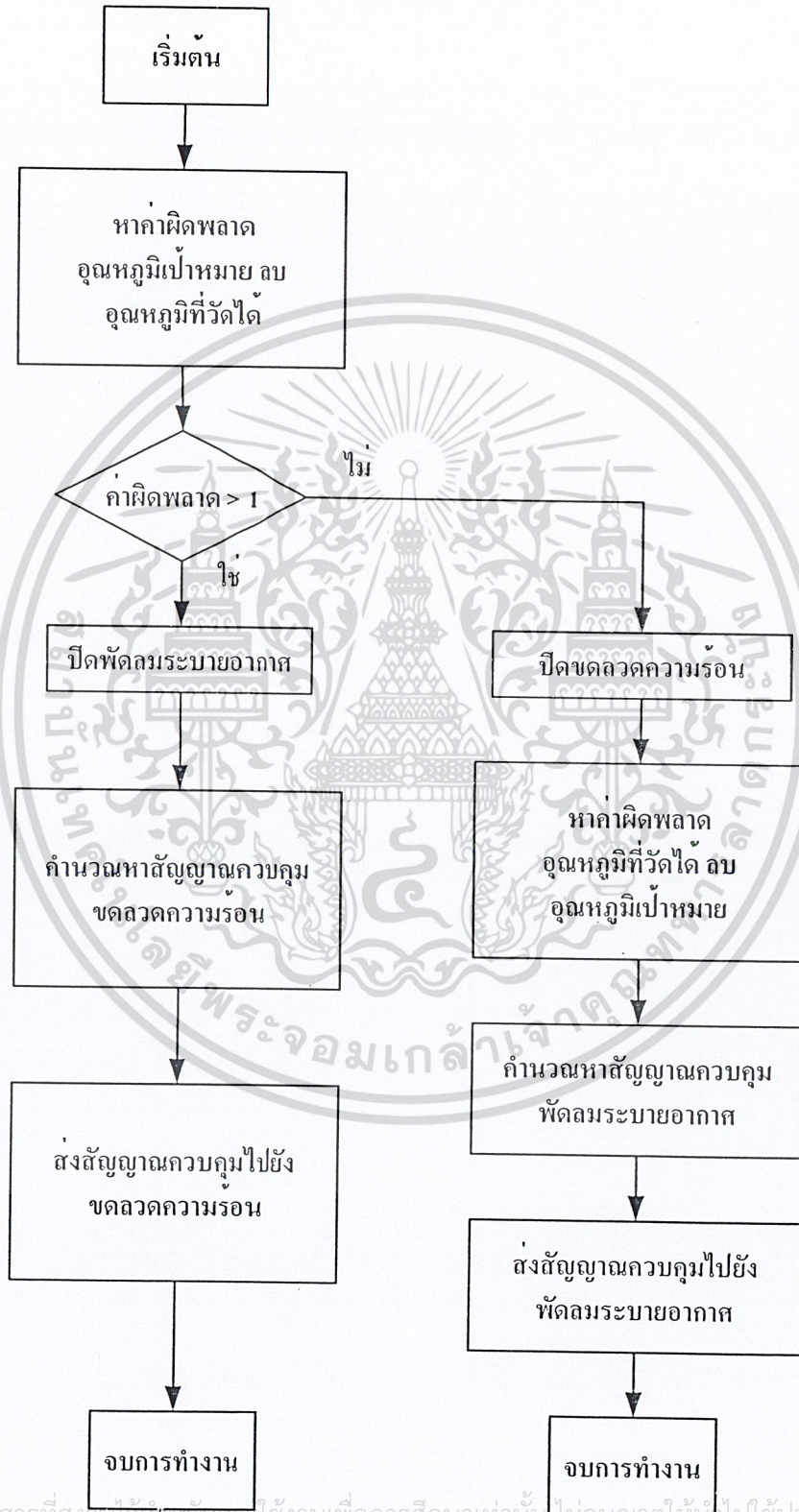
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรลูปปิดของกระบวนการควบคุม

3.6.4.1 โปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบพีไอ)



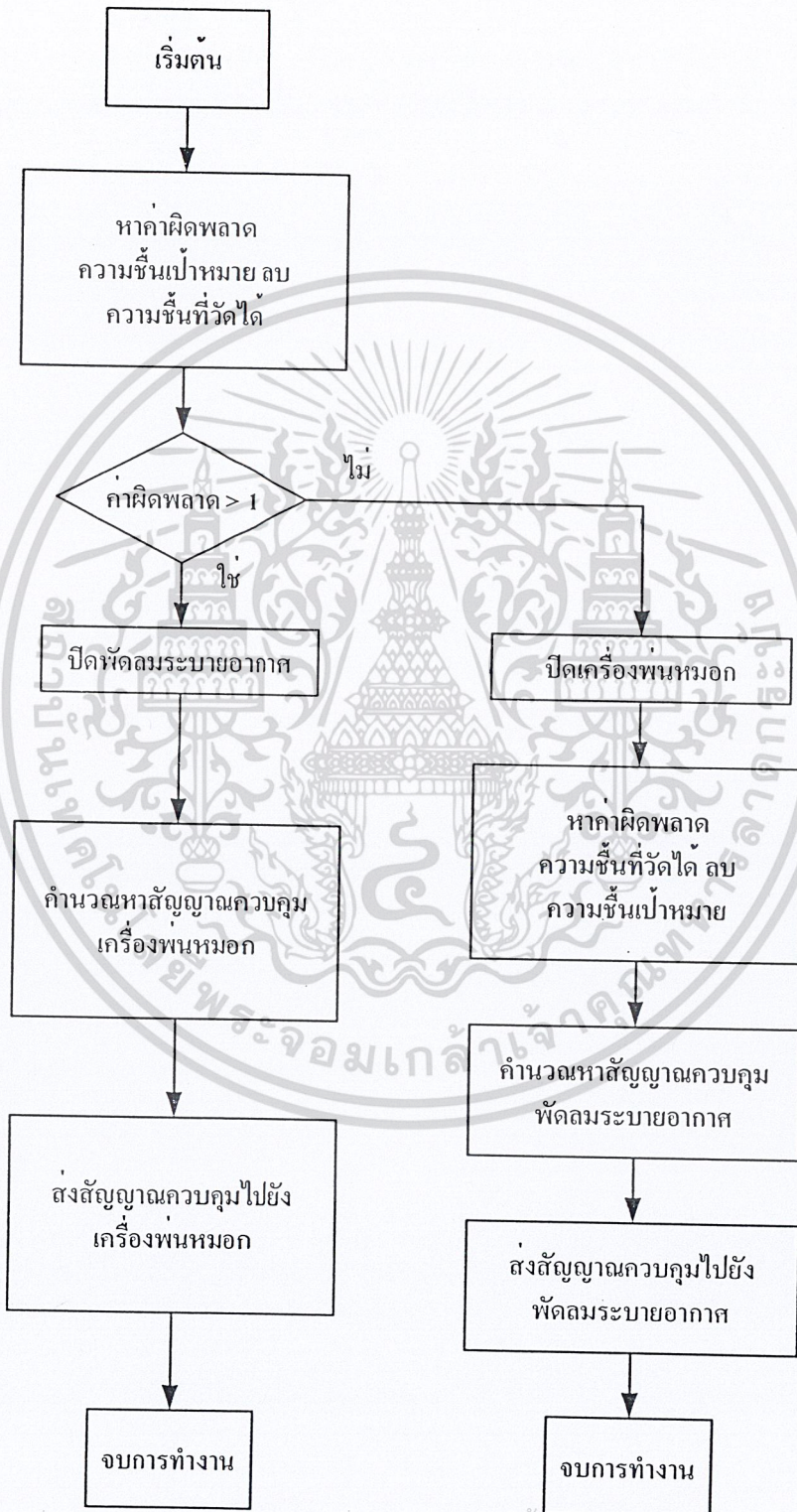
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก (ควบคุมแบบพีไอ)

3.6.4.2 โปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ



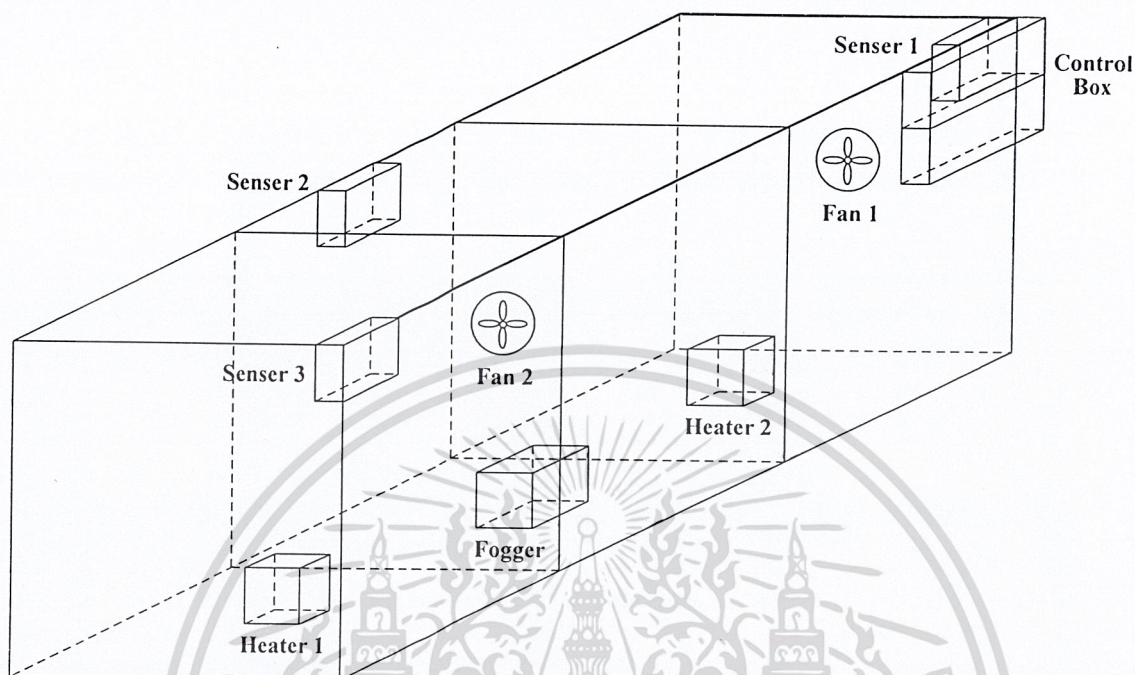
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ (ควบคุมแบบพีไอ)

3.6.4.3 โปรแกรมย่อยควบคุมความชื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าใครใดละเมิดลิขสิทธิ์แต่ขอสงวนสิทธิ์ในตำแหน่งและต่อกว้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีฉนวนนำไปใช้
 รูปที่ 3.16 ไฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมอุณหภูมิ (ควบคุมแบบพีไอ)

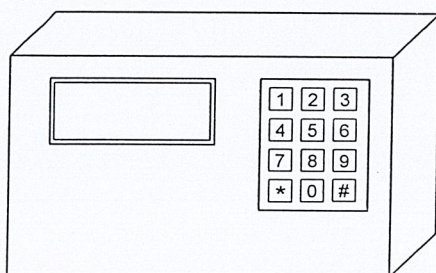
3.7 การติดตั้งวงจรและอุปกรณ์



รูปที่ 3.17 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับโรงเรียน

3.8 การใช้งานโปรแกรมควบคุม

ระบบควบคุมจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ ส่วนประมวลผล ส่วนแสดงผล ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และ อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย ซึ่งเซ็นเซอร์ และ สัญญาณควบคุมโปรแกรมจะทำการเชื่อมโยงส่วนต่างๆเหล่านี้มาทำงานร่วมกัน การทำงานของโปรแกรมจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติเพื่อประโยชน์สูงสุด โปรแกรมควรจะสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้ตรงกับผู้ใช้งาน โปรแกรมควบคุมของโครงการนี้ ถูกออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนค่าเป้าหมายต่างๆได้ คืออุณหภูมิ และ ความชื้นให้เหมาะสมกับชนิดของพืช โดยผู้ใช้สามารถติดต่อกับหน่วยประมวลผลผ่านทางคีย์แพด และ จอแสดงผล LCD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามใช้ข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อสาธารณะข้อมูลใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 แสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

จากรูปข้างต้นแสดงถึงส่วนประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้งานซึ่งสามารถอธิบายหน้าที่ได้ดังนี้

- จอแสดงผลจะเป็นจอภาพแบบ LCD ที่จะแสดงตัวอักษร สัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ หน่วยประมวลผล

- คีย์แพด เป็นส่วนรับข้อมูลต่างๆจากผู้เข้าไปสู่หน่วยประมวลผล

ปุ่มบนคีย์แพดสามารถแยกหน้าที่การทำงานได้ดังนี้

- ปุ่มหมายเลข “0-9” ใช้เพื่อป้อนข้อมูลเป้าหมาย

- ปุ่ม “*” ใช้เพื่อยกเลิกค่าตัวเลขที่ป้อนผิดพลาด

- ปุ่ม “#” ใช้เพื่อเริ่มต้นระบบใหม่

ขั้นตอนการใช้งาน

1. จ่ายไฟฟ้าให้ระบบควบคุมภายในโรงเรือนจำลอง

WELCOME !!!

2. เมื่อผู้ใช้งานจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบแล้ว ที่จอจะปรากฏข้อความ
ข้อความนี้จะปรากฏทุกครั้งที่มีการเริ่มต้นระบบ

ซึ่ง

3. จากนั้นที่จอจะปรากฏข้อความ

TEMPERATURE
TEMP : __ *C

เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนค่าอุณหภูมิที่

เหมาะสมกับพืช หากป้อนตัวเลขผิดก็สามารถทำการลบได้ โดยการกดปุ่ม “*”

4. เมื่อป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิเรียบร้อยแล้วที่หน้าจอจะปรากฏข้อความ

HUMIDITY
HUM : __ %RH

ผู้ใช้ทำการป้อนค่าความชื้นที่เหมาะสมกับพืช

เพื่อให้

5. เมื่อป้อนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นเรียบร้อยแล้วที่หน้าจอจะปรากฏค่าอุณหภูมิและ

TEMP : __ *C
HUM : __ %RH

ความชื้นภายในโรงเรือนขณะนั้น

และ จะเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆจนค่าอุณหภูมิ และ

ความชื้นเข้าสู่ค่าเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรวัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนการทดลองที่ 1

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.2
- 2) วัดแรงดันเอาต์พุต V_{o1} โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นตัวอ้างอิงอุณหภูมิ
- 3) เพิ่มอุณหภูมิตามตารางที่ 4.1
- 4) วัด และบันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต V_{o1}

ผลการทดลองที่ 1

อุณหภูมิ(°C)	V_{o1} (V)	อุณหภูมิ(°C)	V_{o1} (V)
25	2.98	33	3.06
26	2.99	34	3.07
27	3.00	35	3.08
28	3.01	36	3.09
29	3.02	37	3.10
30	3.03	38	3.11
31	3.04	39	3.12
32	3.05	40	3.13

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวงจรวัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนการทดลองที่ 2

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.2 คู่ร่วมกับรูปที่ 3.3
- 2) วัดแรงดันเอาต์พุต V_{o1} และ V_o โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นตัวอ้างอิงอุณหภูมิ
- 3) เพิ่มอุณหภูมิตามตารางที่ 4.2
- 4) วัด และบันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต V_{o1} และ V_o

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 2

อุณหภูมิ(°C)	Vo1 (Volt)	Vo (Volt)
25	2.98	0.84
26	2.99	1.12
27	3.00	1.40
28	3.01	1.67
29	3.02	1.95
30	3.03	2.23
31	3.04	2.51
32	3.05	2.78
33	3.06	3.06
34	3.07	3.34
35	3.08	3.62
36	3.09	3.92
37	3.10	4.17
38	3.11	4.67
39	3.12	4.73
40	3.13	5.00

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองวงจรปรับตำแหน่งศูนย์และความชัน (Zero and Span circuit)

4.2 การทดลองวงจรวัดความชื้น

ขั้นตอนการทดลองที่ 3

- 1) เลือกและวัดตัวเก็บประจุแต่ละตัว (มีค่าเป็น pF)
- 2) นำตัวเก็บประจุมาต่อรวมกัน เพื่อให้ได้ค่าตามตารางคุณสมบัติ Humidity Sensor
- 3) ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.5
- 4) เปลี่ยนตัวเก็บประจุทีละตัวตามตารางคุณสมบัติ Humidity Sensor

เอกสารนี้(เป็น) วัตถุประสงค์ค่าแรงดันเอาต์พุต (Vo1) ที่ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 3

ค่าความชื้น (%RH)	ค่าความจุไฟฟ้า (pF)	Vo1 (Volt)
10	112	0.30
20	115	0.42
30	118	0.51
40	121	0.80
50	125	1.29
60	128	1.60
70	132	1.81
80	137	2.15
90	144	2.32

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองวงจรวัดความชื้น

ขั้นตอนการทดลองที่ 4

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.5 ต่อร่วมกับรูปที่ 3.6
- 2) เปลี่ยนตัวเก็บประจุที่ละตัวตามตาราง วัดและบันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต (Vo)

ผลการทดลองที่ 4

ค่าความชื้น (%RH)	ค่าความจุไฟฟ้า(pF)	Vo1 (Volt)	Vo (Volt)
10	112	0.30	0.03
20	115	0.42	0.60
30	118	0.51	1.35
40	121	0.80	2.12
50	125	1.29	2.75
60	128	1.60	3.32
70	132	1.81	3.85
80	137	2.15	4.43
90	144	2.32	4.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อความเสียหายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองวงจรปรับตำแหน่งศูนย์และความชื้น (Zero and Span circuit)

4.3 การทดลองวงจรควบคุมขดลวดความร้อน

ขั้นตอนการทดลองที่ 5

- 1) นำหลอดไฟ 220 โวลต์กระแสสลับ มาต่อที่เอาต์พุตแทนขดลวดความร้อน
- 2) นำแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบปรับค่าได้มาต่อเข้ากับวงจรควบคุมขดลวดความร้อน
- 3) ปรับแรงดันแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากค่า 0.5 โวลต์จนถึง 5.0 โวลต์อย่างช้าๆ
- 4) สังเกตแสงสว่างของหลอดไฟ

ผลการทดลองที่ 5

ผลการทดลองจากการปรับแรงดันแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากค่า 0.5 โวลต์จนถึง 5.0 โวลต์ ที่ 0.5 โวลต์ หลอดไฟจะสว่างจ้ามาก และเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นหลอดไฟจะค่อยๆ หรือลงเรื่อยๆ ที่ แรงดัน 4.0 โวลต์ เริ่มมองไม่เห็นแสงสว่างแล้ว

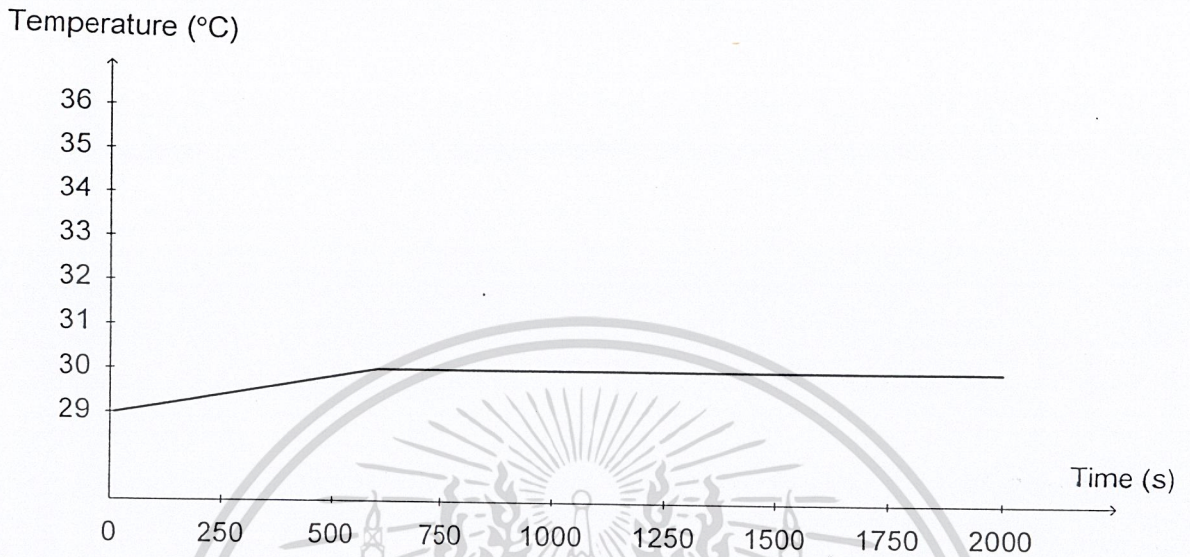
4.4 การทดลองป้อนสเตปอินพุตควบคุมขดลวดความร้อน

ขั้นตอนการทดลองที่ 6

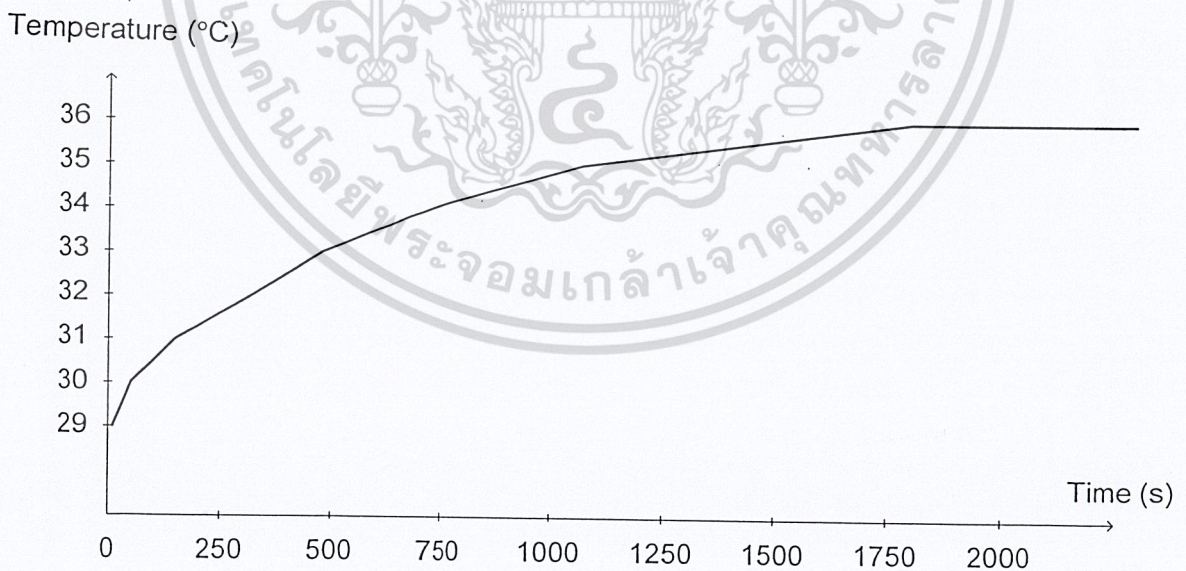
- 1) ป้อนค่า D3H ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) จะได้ไฟกระแสตรง 4.0 โวลต์ เป็นอินพุตควบคุมขดลวดความร้อน
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที
- 3) สังเกตผลการทดลอง เมื่ออุณหภูมิคงที่ ให้ขดลวดความร้อนหยุดทำงาน และให้พัดลมระบายอากาศเริ่มทำงาน
- 4) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที
- 5) เปลี่ยนค่าที่ป้อนให้ D/A เป็น 9DH (3.0 โวลต์) , 8AH (2.5 โวลต์) ตามลำดับแล้วทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 6



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการป้อนค่า D3H ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 4.0 โวลต์

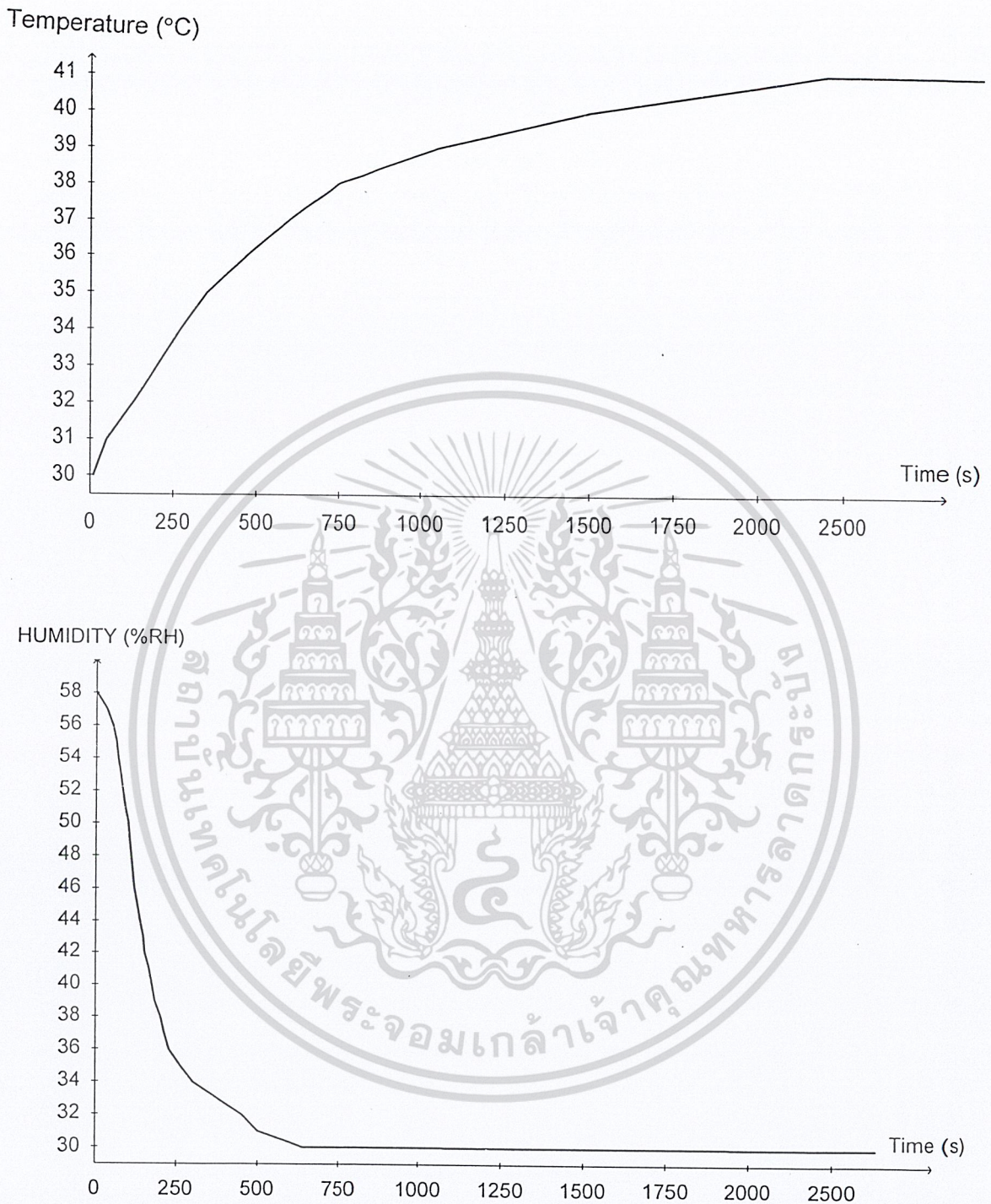


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการป้อนค่า 9DH ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

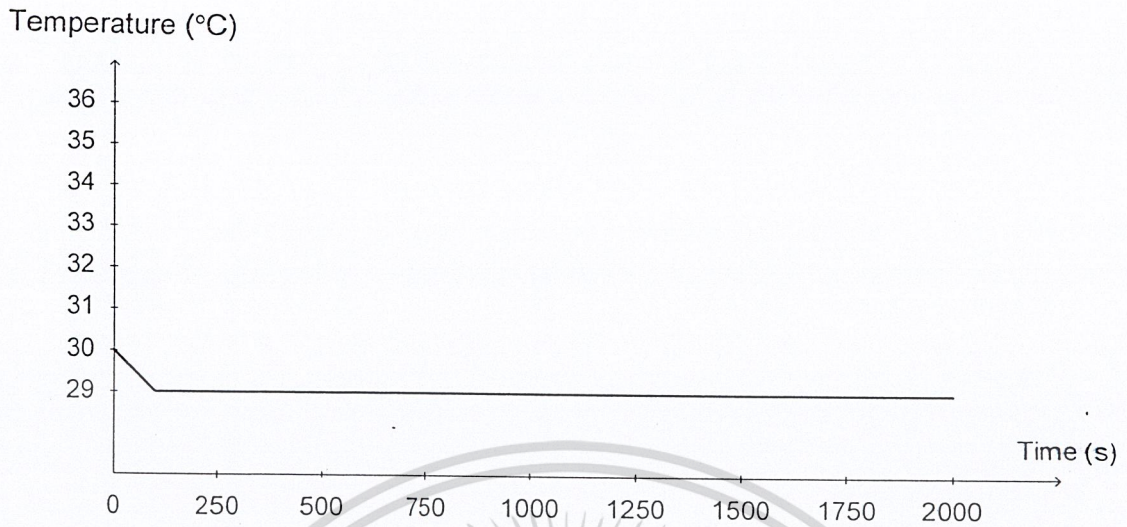
ได้ไฟกระแสตรง 3.0 โวลต์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

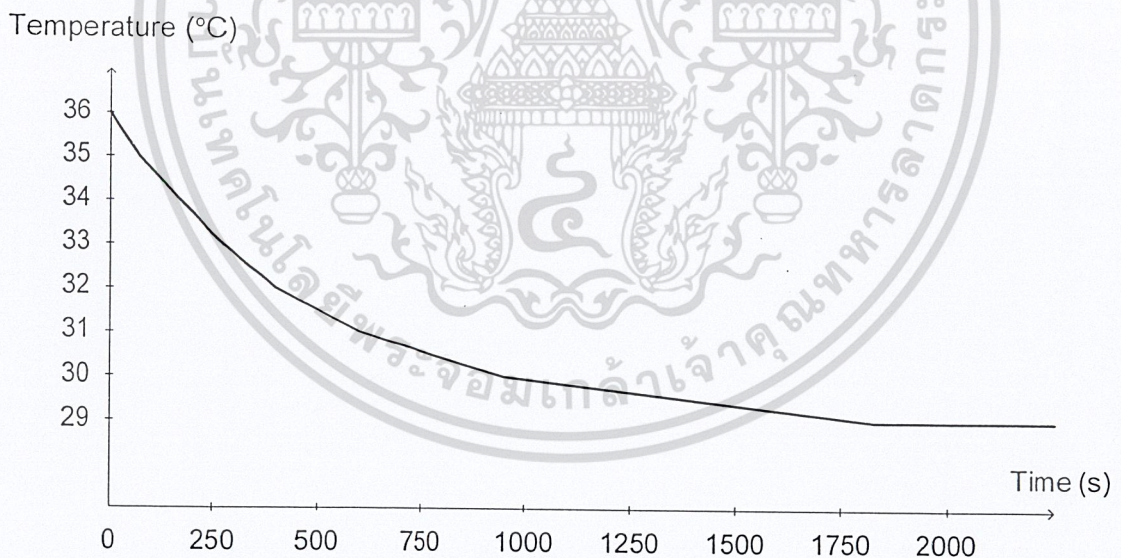


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการป้อนค่า 8AH ให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

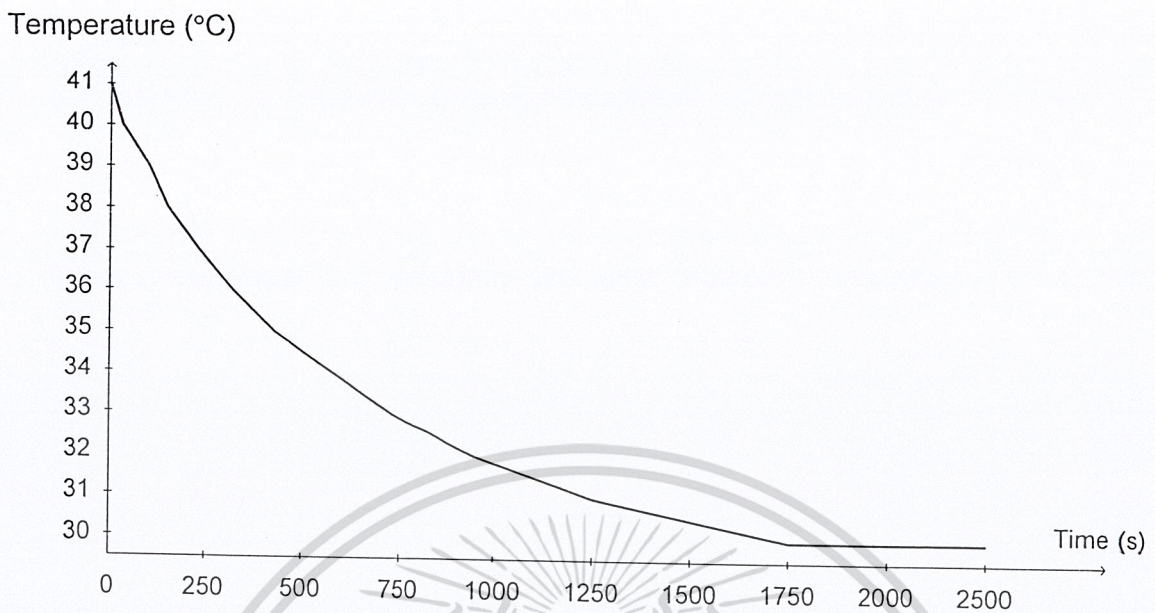


รูปที่ 4.4 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงานและให้พัลลภระบายเริ่มทำงานกรณีป้อนค่า D3H ให้ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 4.0 โวลต์



รูปที่ 4.5 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงานและให้พัลลภระบายเริ่มทำงานกรณีป้อนค่า 9DH ให้ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 3.0 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



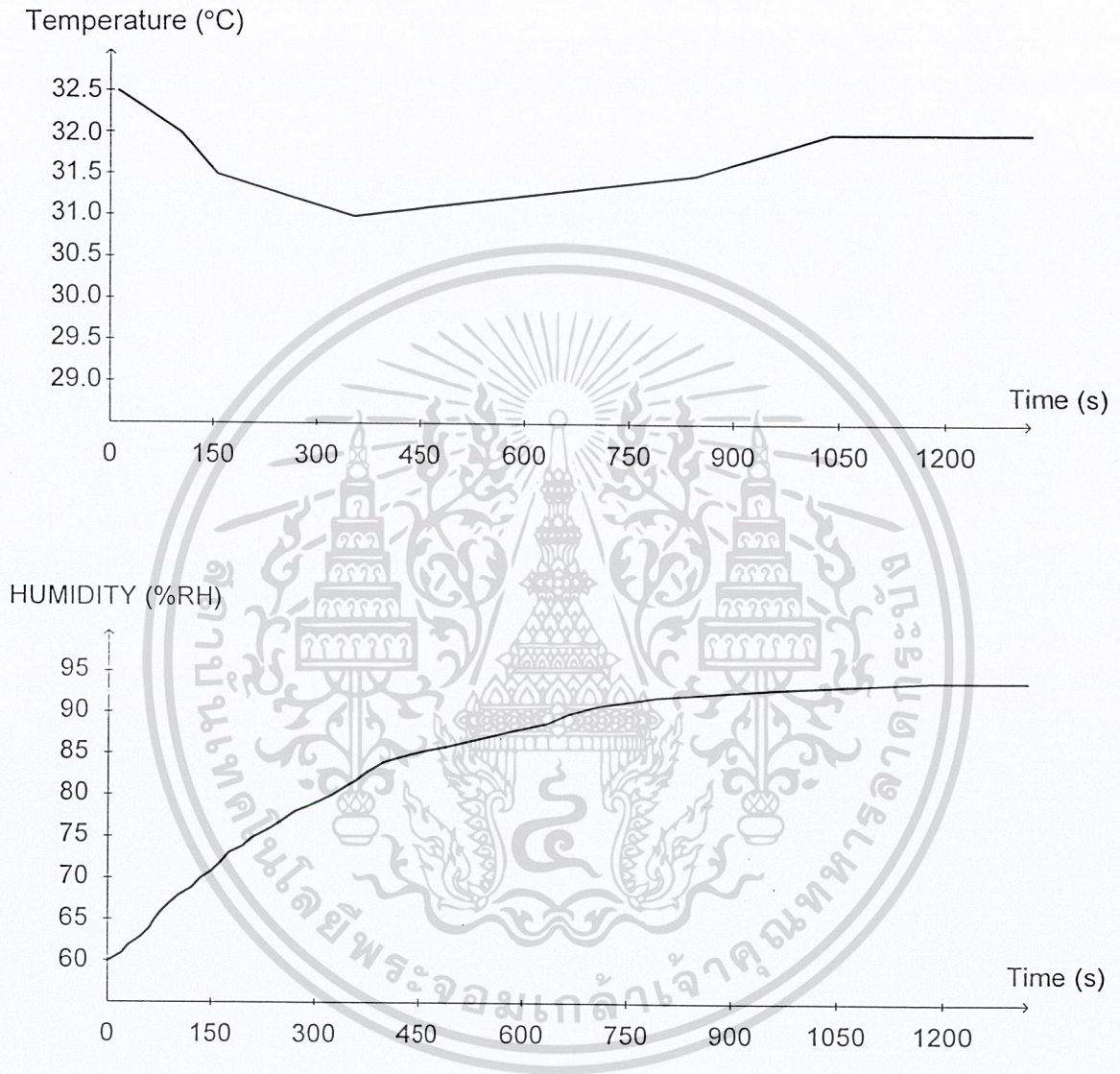
รูปที่ 4.6 กราฟขดลวดความร้อนหยุดทำงานและให้พัสดลระยะเวลาเริ่มทำงานกรณีป้อนค่า 8AH ให้
วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) ได้ไฟกระแสตรง 2.5 โวลต์

4.5 การทดลองป้อนสเตปอินพุตควบคุมเครื่องฟั่นหมอก ขั้นตอนการทดลองที่ 7

- 1) ป้อนไฟกระแสสลับ 24 โวลต์ เป็นอินพุตควบคุมเครื่องฟั่นหมอก
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที
- 3) สังเกตผลการทดลอง เมื่อความชื้นคงที่ ให้เครื่องฟั่นหมอกหยุดทำงาน และ ให้พัสดลระยะเวลา
อากาศเริ่มทำงาน
- 4) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

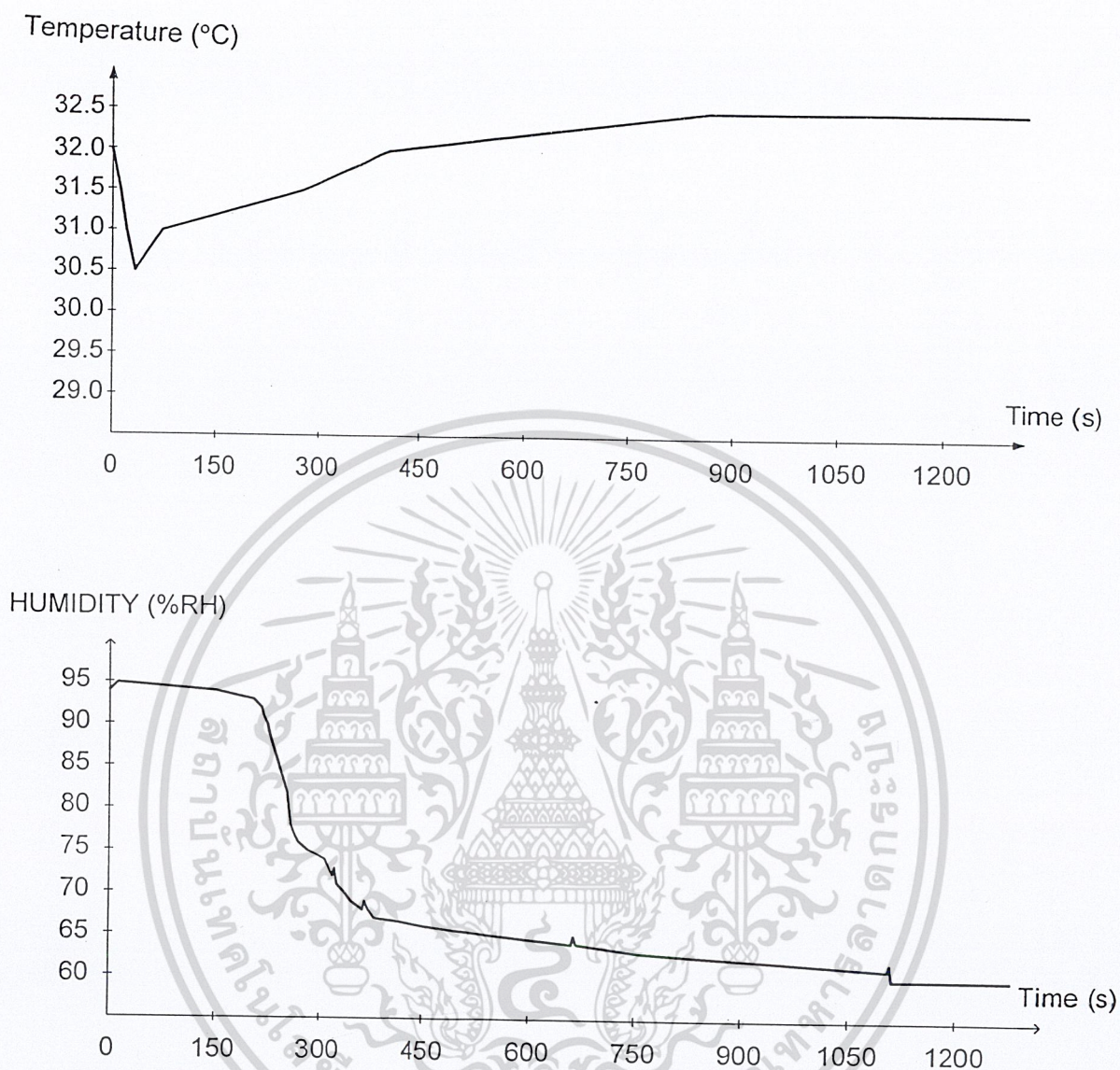
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการป้อนไฟกระแสสลับ 24 โวลต์ เป็นอินพุตควบคุมเครื่องฟ่นหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงเครื่องพ่นหมอกหยุดทำงานและให้พัดลมระบายอากาศเริ่มทำงาน

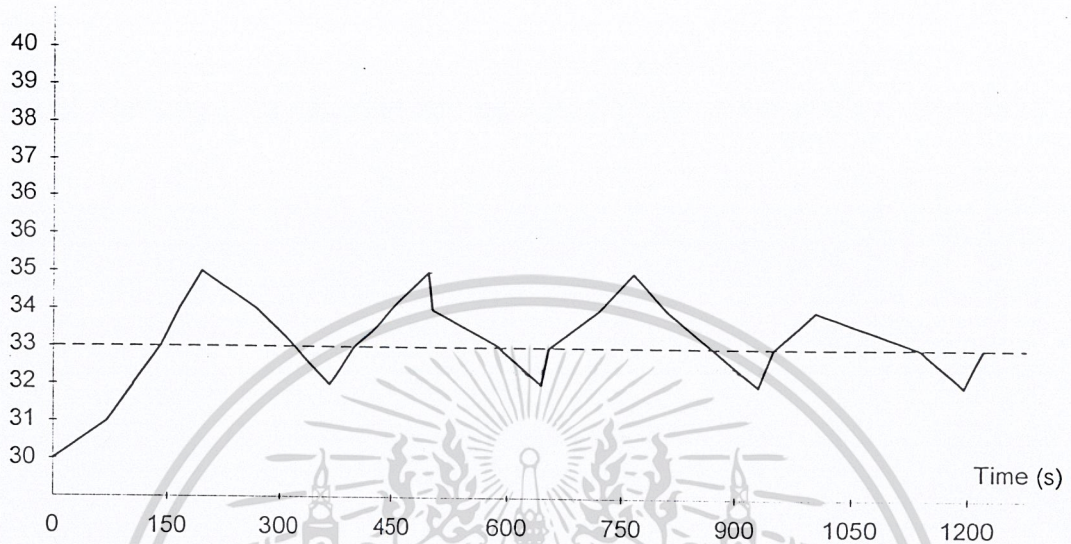
4.6 การทดลองควบคุมขดลวดความร้อนและเครื่องพ่นหมอกพร้อมกันด้วยวิธี ควบคุมแบบ เปิด -ปิด ขั้นตอนการทดลองที่ 8

- 1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 33 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD
- 3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

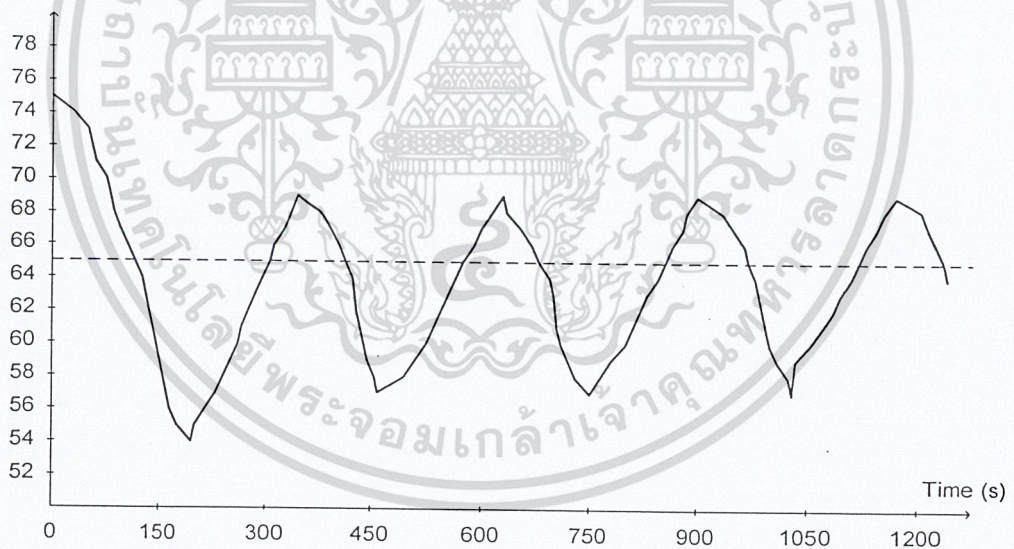
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 8

Temperature (°C)



HUMIDITY (%RH)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ เปิด-ปิด อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 33 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการทดลองที่ 9

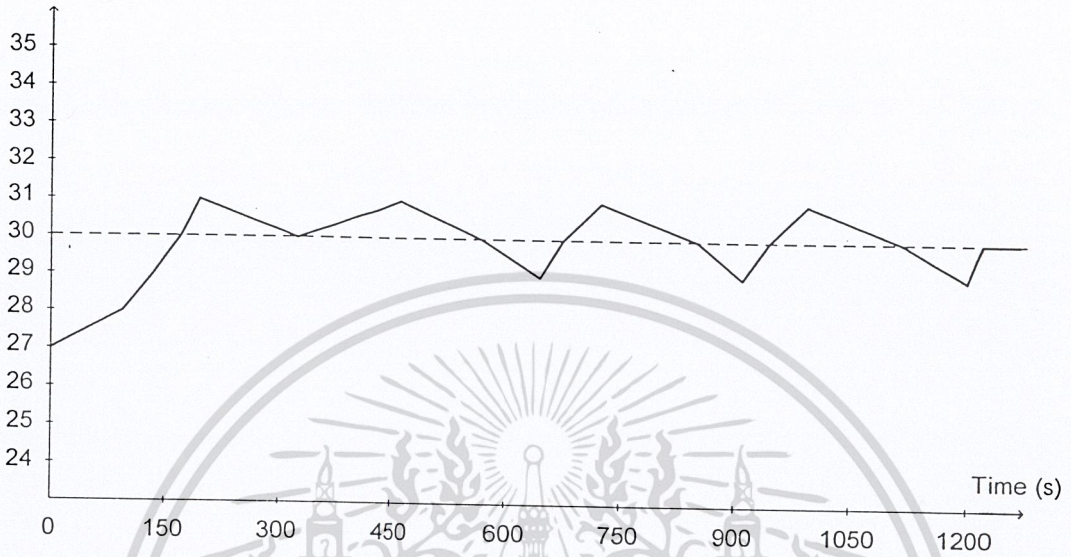
1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์

2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD

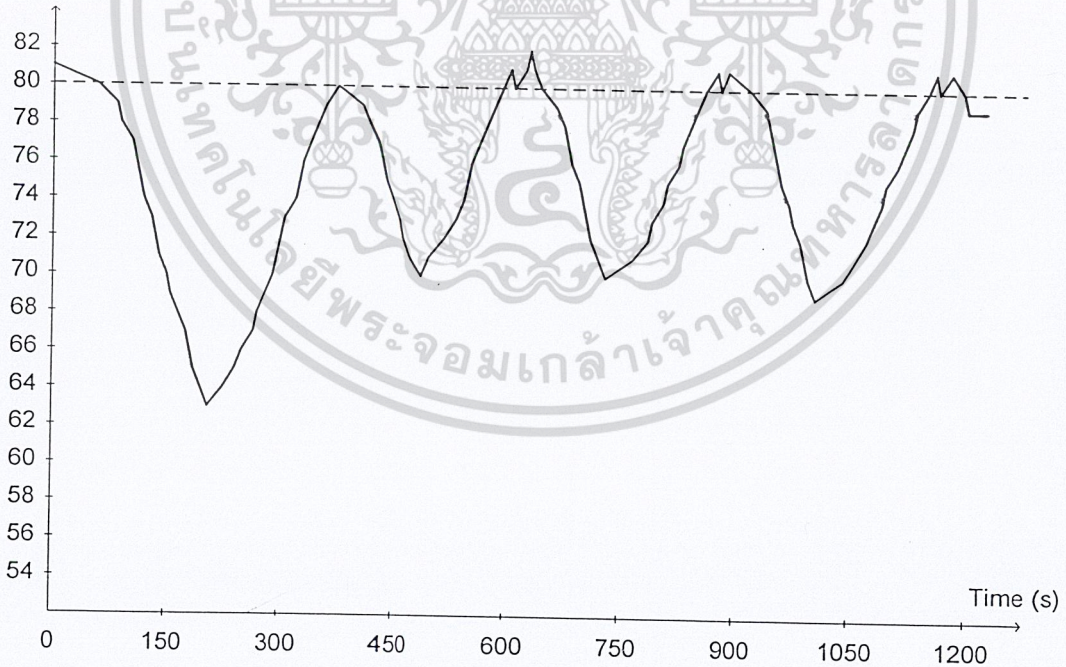
3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

ผลการทดลองที่ 9

Temperature (°C)



HUMIDITY (%RH)

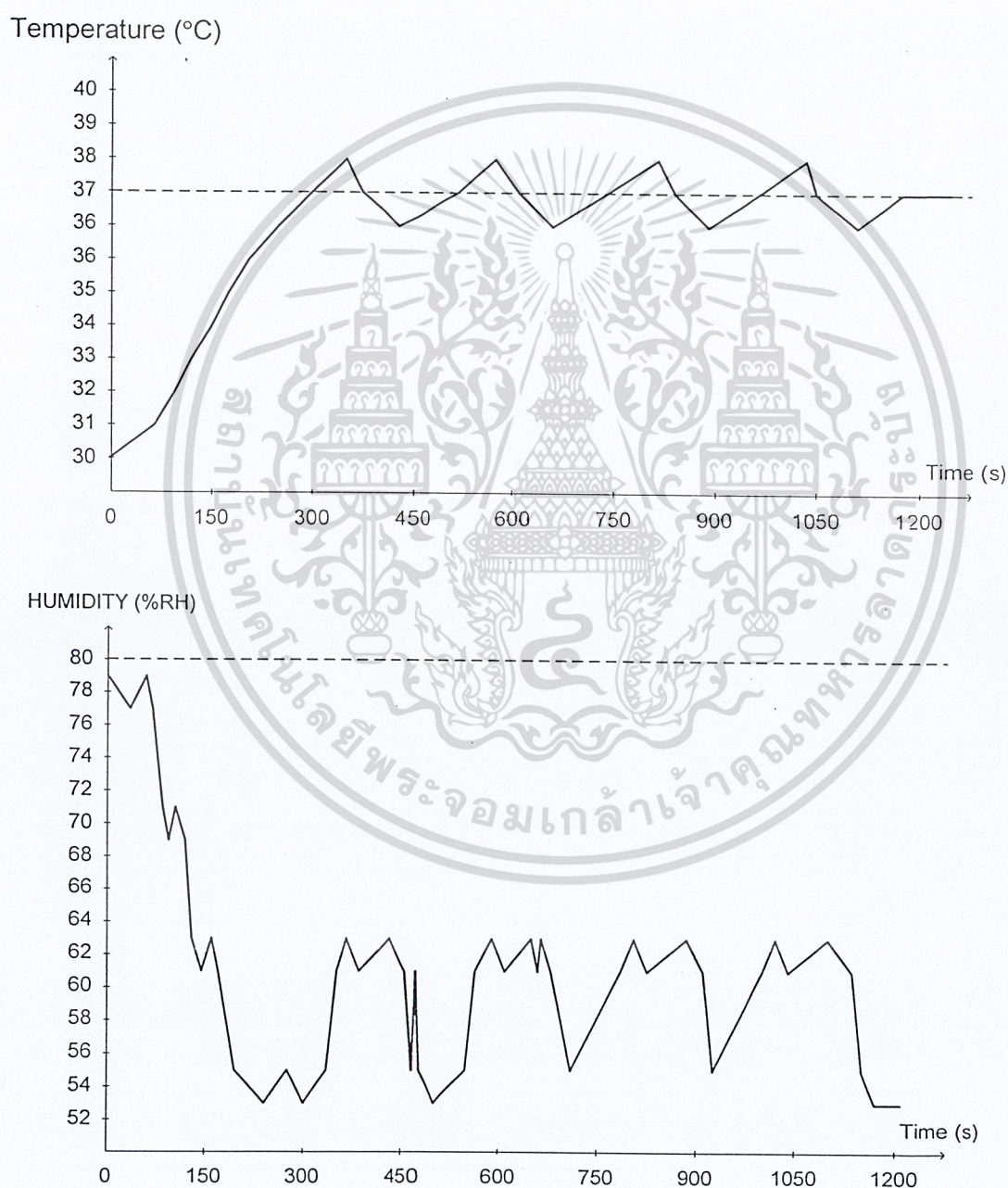


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ เปิด-ปิด
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองที่ 10

- 1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD
- 3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

ผลการทดลองที่ 10



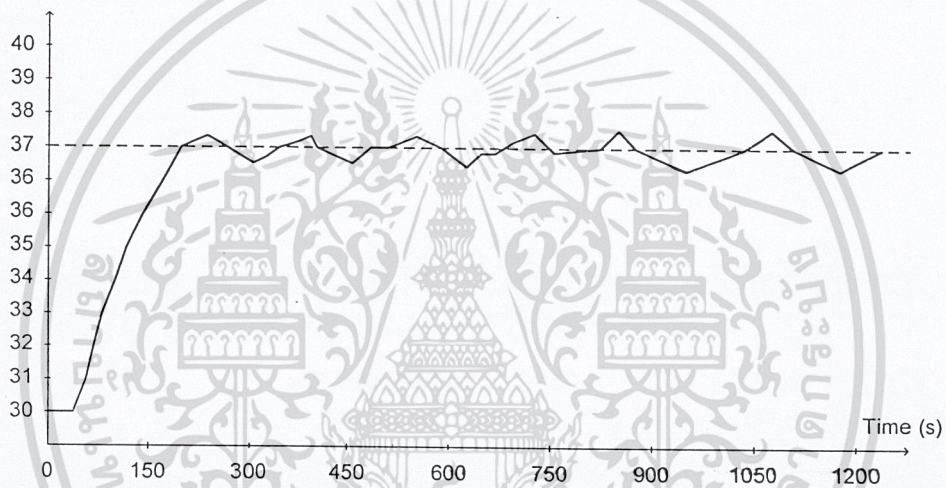
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ เปิด-ปิด
 ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ก็คือให้หน่วยควบคุมไปจะควบคุมและสั่งการถึงห้องของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์

4.7 การทดลองควบคุมขดลวดความร้อนและเครื่องพ่นหมอกพร้อมกันด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ ขั้นตอนการทดลองที่ 11

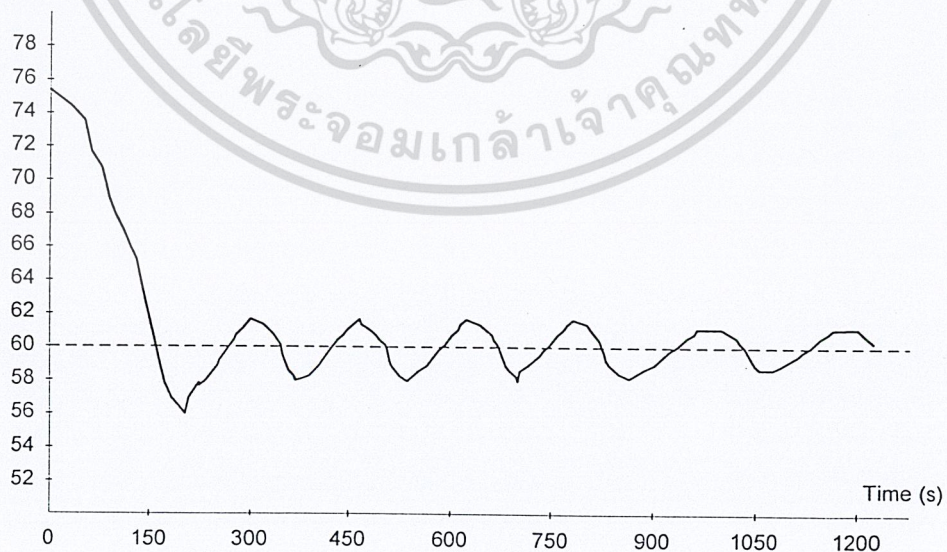
- 1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD
- 3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

ผลการทดลองที่ 11

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)



HUMIDITY (%RH)



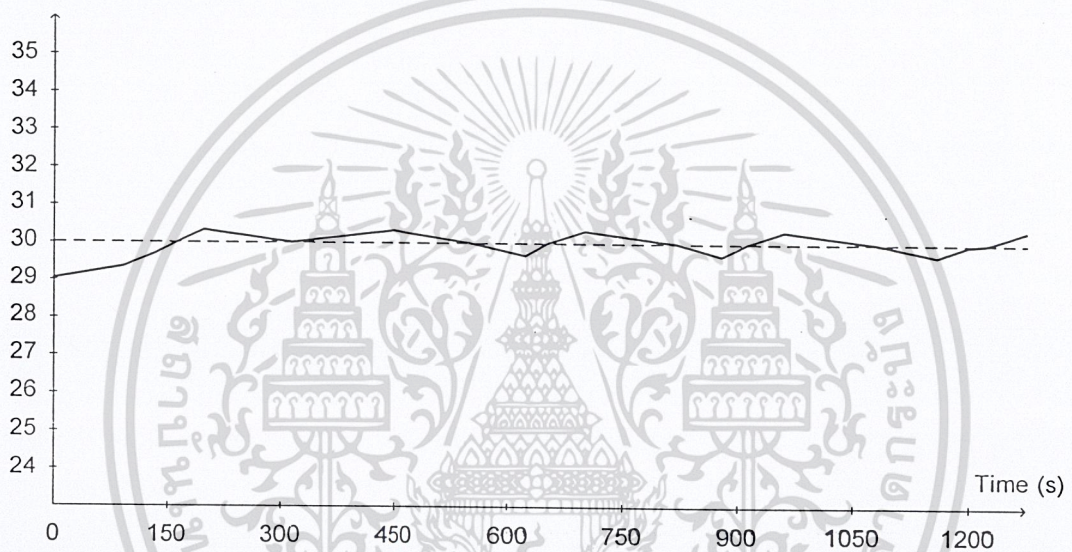
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 37°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการทดลองที่ 12

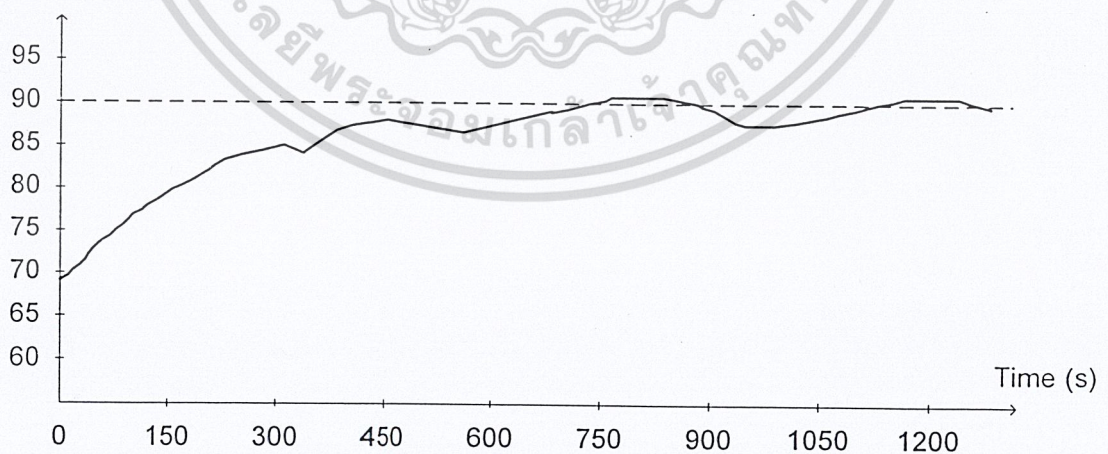
- 1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD
- 3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

ผลการทดลองที่ 12

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)



HUMIDITY (%RH)

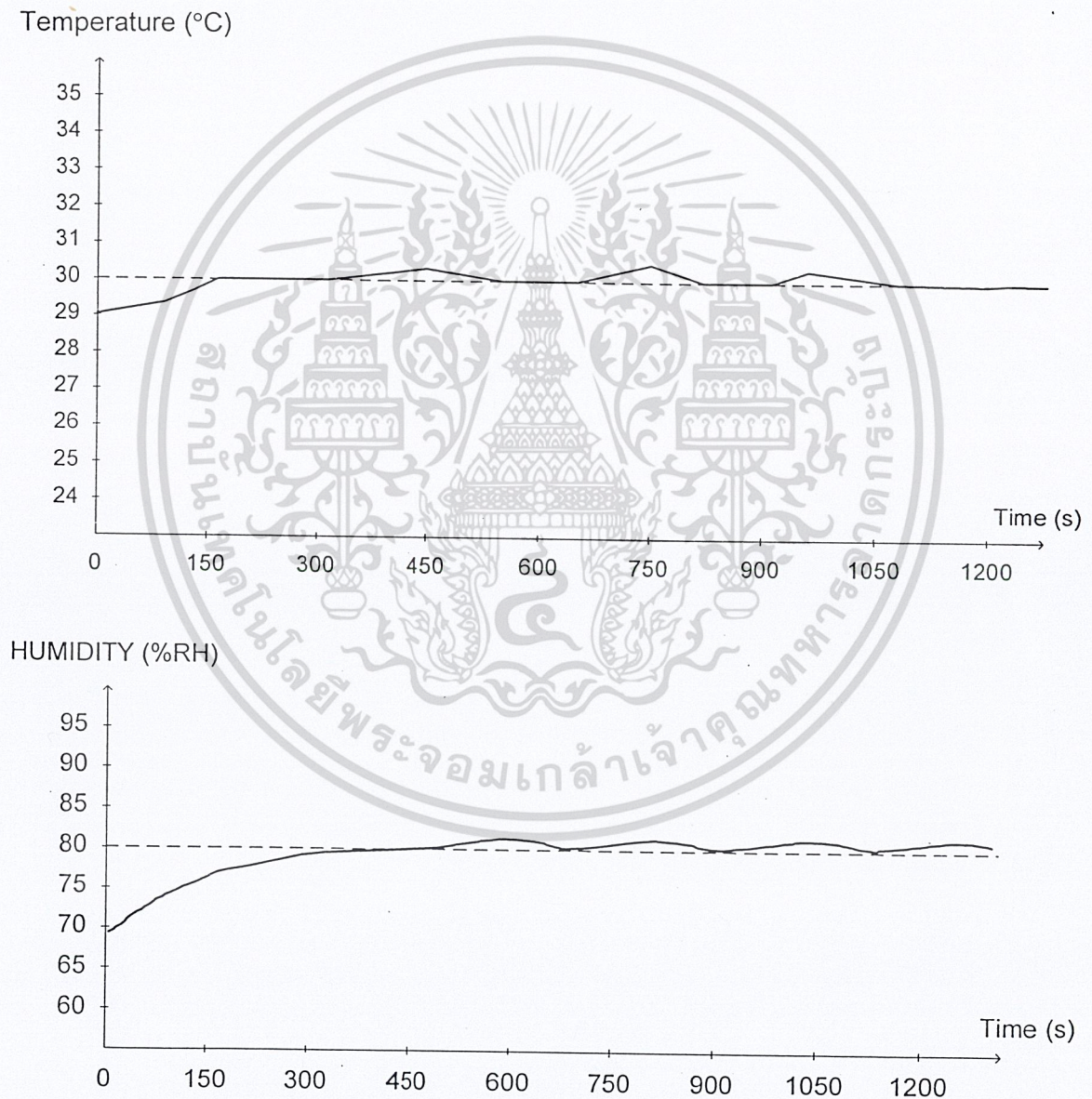


เอกสารรูปที่ 4.13 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ ในการค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30°C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองที่ 13

- 1) ป้อนค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์
- 2) สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนจอ LCD
- 3) บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกๆ 1 วินาที

ผลการทดลองที่ 13



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมกัน ด้วยวิธี ควบคุมแบบ พีไอ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 30 °C ความชื้นเป้าหมายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. ปัญหาการควบคุมความชื้นไม่สามารถควบคุมให้ได้ตามต้องการ เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ตรวจจับความชื้น คือ อุปกรณ์เมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป ค่าความจุไฟฟ้าของตัวมันจะเปลี่ยนแปลงค่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงไป 3-5 % ค่าความจุไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง 1 pF ซึ่งทำให้การผิดพลาดในการควบคุมประมาณ 3-5

2. ระบบไม่สามารถลดอุณหภูมิได้มาก อุณหภูมิที่ลดได้ต่ำที่สุดจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก โรงเรือน

3. ในการคำนวณหาค่าเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีค่าผิดพลาด เพราะไม่สามารถคำนวณในส่วนของทศนิยมได้ ทำให้การออกแบบเขียนโปรแกรมควบคุมแบบพีไอดีทำได้ยากมาก ผู้จัดทำจึงออกแบบ เขียน โปรแกรมควบคุมแบบพีไอแทน ซึ่งให้ผลที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง

4. การควบคุมเครื่องพ่นหมอกไม่สามารถควบคุมแบบพีไอได้ เพราะเครื่องพ่นหมอกทำงานแบบ เปิด-ปิด

5. จากผลการทดลองที่ 5 ณ อุณหภูมิต่ำสามารถเพิ่มความชื้นให้สูงได้ แต่จากผลการทดลองที่ 6 ณ อุณหภูมิสูง ความชื้นจะไม่สามารถเพิ่มให้สูงได้

5.2 แนวทางการพัฒนา

1. ทำการควบคุมความชื้นให้มีค่าผิดพลาดน้อยกว่านี้
2. เพิ่มการควบคุมระบบการรดน้ำ ให้ปุ๋ยและให้แสงสว่างกับพืช
3. เปลี่ยนไปใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมซึ่งสามารถคำนวณค่าได้ง่าย และละเอียดกว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพิ่มอุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อลดค่าอุณหภูมิให้ได้มากขึ้น
5. ใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้นที่สามารถทำงานแบบเชิงเส้นได้

5.3 สรุปและวิจารณ์

ความชื้นในโรงเรือนสามารถควบคุมให้เข้าใกล้เป้าหมายได้ ถึงแม้ว่าจะมีค่าผิดพลาดเนื่องจากเซ็นเซอร์และเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะมีผลอย่างมากต่อการควบคุมความชื้น อุณหภูมิภายในโรงเรือนสามารถควบคุมให้เข้าสู่เป้าหมายได้ แต่การลดค่าอุณหภูมิไม่สามารถลดได้มากนัก จึงควร

เพิ่มอุปกรณ์ลดอุณหภูมิเข้ามา การควบคุมด้วยวิธี ควบคุมแบบพีไอ ทำให้ระบบเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็วกว่า การควบคุมแบบเปิด-ปิด และมีการแกว่งที่สภาวะคงที่น้อยกว่าแบบเปิด-ปิด

ในโครงการนี้แบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ย่านเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีประสิทธิภาพ

1. อุณหภูมิต่ำกว่า 31 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่สามารถควบคุม คือ 70 %RH ถึง 90 %RH
2. อุณหภูมิ 31 ถึง 35 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่สามารถควบคุม คือ 60 %RH ถึง 70 %RH
3. อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นที่สามารถควบคุม คือ 40 %RH ถึง 60 %RH

จุดเด่นของโครงการนี้คือ ณ อุณหภูมิต่ำกว่า 31 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมความชื้นได้สูงถึง 90 %RH อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่านทางผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำ
โดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ ได้กรุณาให้คำปรึกษา
คำแนะนำ พร้อมทั้งได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ถาวร เบลญนราสุทร์ ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในเรื่อง
การออกระบบควบคุม พร้อมทั้งคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำ ให้ยืมอุปกรณ์ เอื้อเฟื้อสถานที่ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

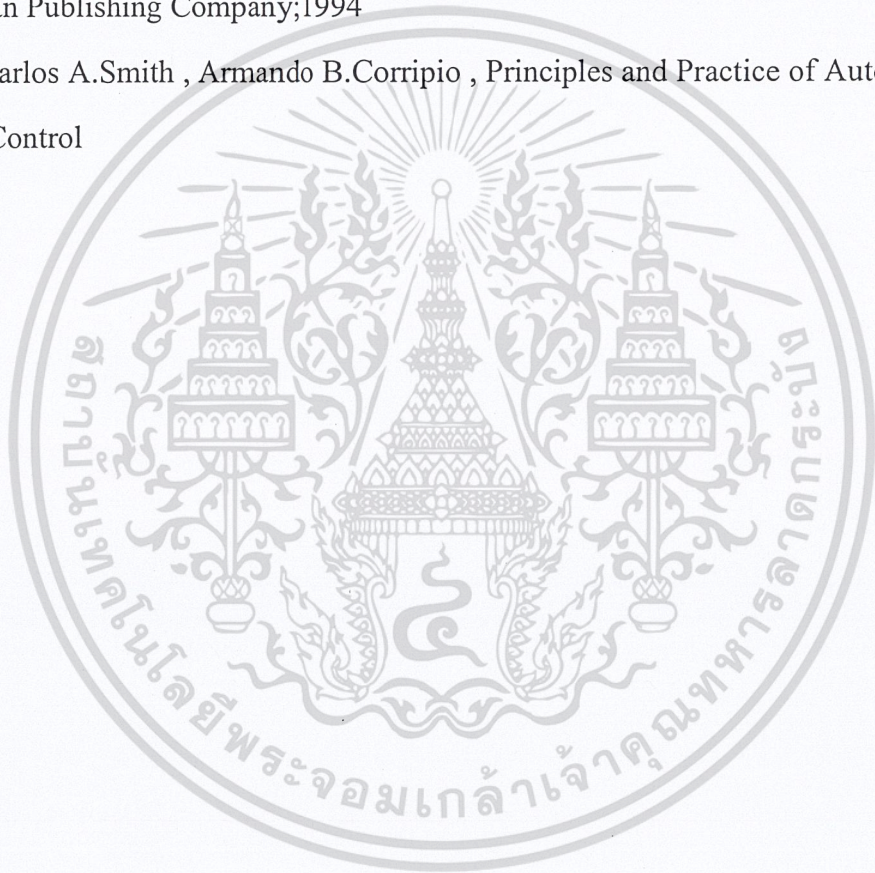
หนังสืออ้างอิง

E.J. Kenedy, Operational Amplifier Circuits Theory and Application, Holt,
Rinehart and Winston Inc,

Remakant A. Garakwad, Op-Amps and Linear Integrated Circuits, Prentice
Hall;2000

Thomas L Floyd, Basic Operational Amplifier and Linear Integrated Circuits,
Macmillan Publishing Company;1994

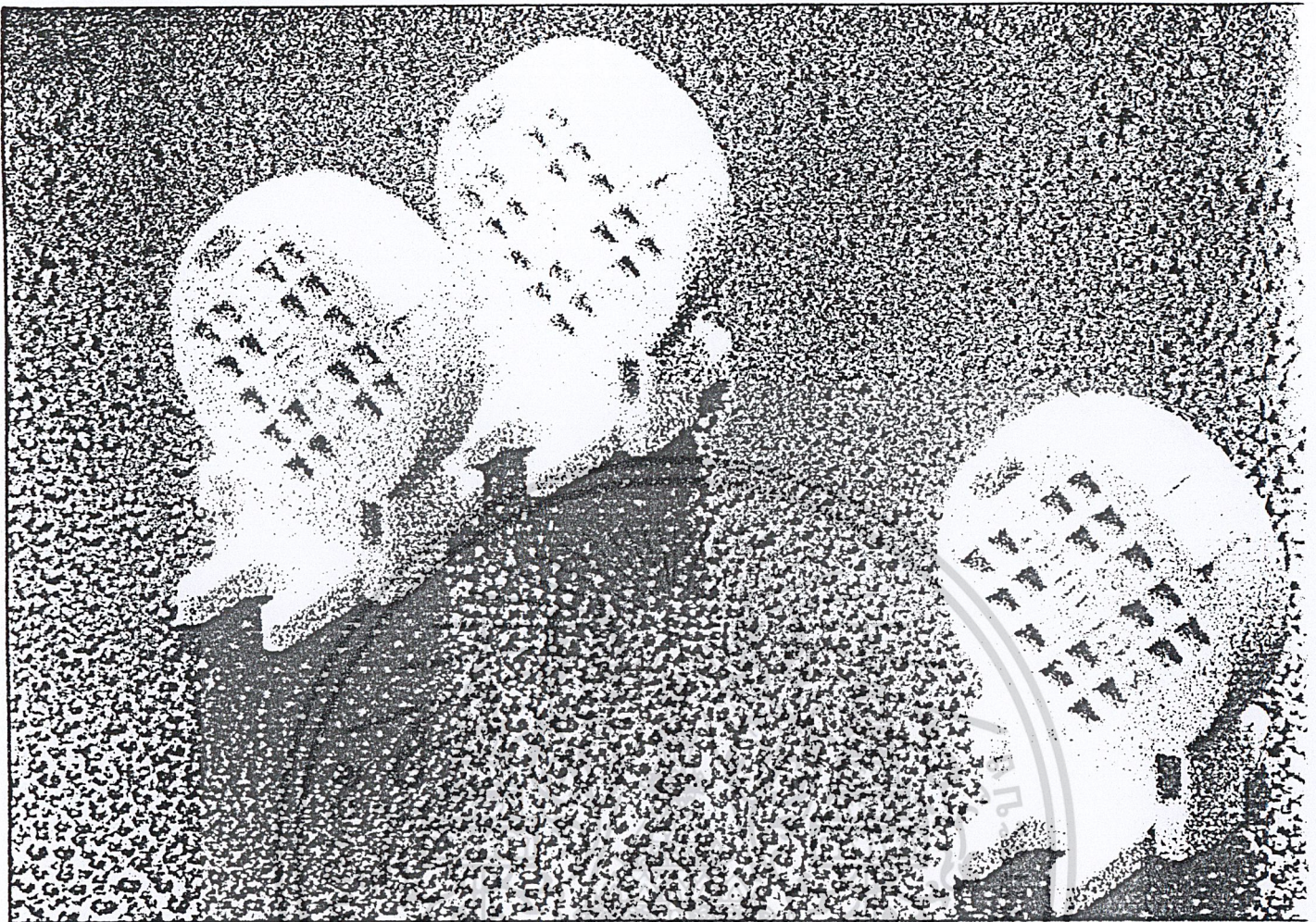
Carlos A.Smith , Armando B.Corripio , Principles and Practice of Automatic
Process Control



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Moisture control with Philips' humidity sensor

Let's make things better.

Philips Components เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Philips



PHILIPS

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Humidity sensor

2322 691 90001

APPLICATIONS

- Humidity measurements in electronic hygrometers for domestic use.
- Self-regulating air humidifiers, etc.

DESCRIPTION

This capacitive atmospheric humidity sensor consists of a non-conductive foil, which is covered on both sides with a layer of gold. The dielectric constant of the foil changes as a function of the relative humidity of the ambient atmosphere and, accordingly, the capacitance value of the sensor is a measure for relative humidity. The foil is clamped between contact springs and assembled in a plastic housing. It is provided with two connecting pins which fit printed-circuit boards with a grid pitch of 2.54 mm, provision is also made for fastening with 3 mm bolts. The characteristics are not affected by incidental water condensation on the sensor foil. It should not be exposed to either acetone or chlorine vapours.

QUICK REFERENCE DATA

PARAMETER	VALUE	UNIT
Humidity range (RH)	10 to 90	%
Capacitance at +25 °C; 43% RH; 100 kHz	122 ±15%	pF
Sensitivity between 12 and 75% RH	0.4 ±0.05	pF/%RH
Frequency	1 to 1000	kHz
Maximum AC or DC voltage	15	V
Storage humidity range (RH)	0 to 100	%
Ambient temperature range:		
operating	0 to +85	°C
storage	-25 to +85	°C
Drop test:		
height of free fall	1	m
Mass	=1.3	g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Humidity sensor

2322 691 90001

MECHANICAL DATA

Marking

PHILIPS H1.

Mounting

The device can be soldered directly on to a printed-circuit board or fastened with 3 mm bolts.

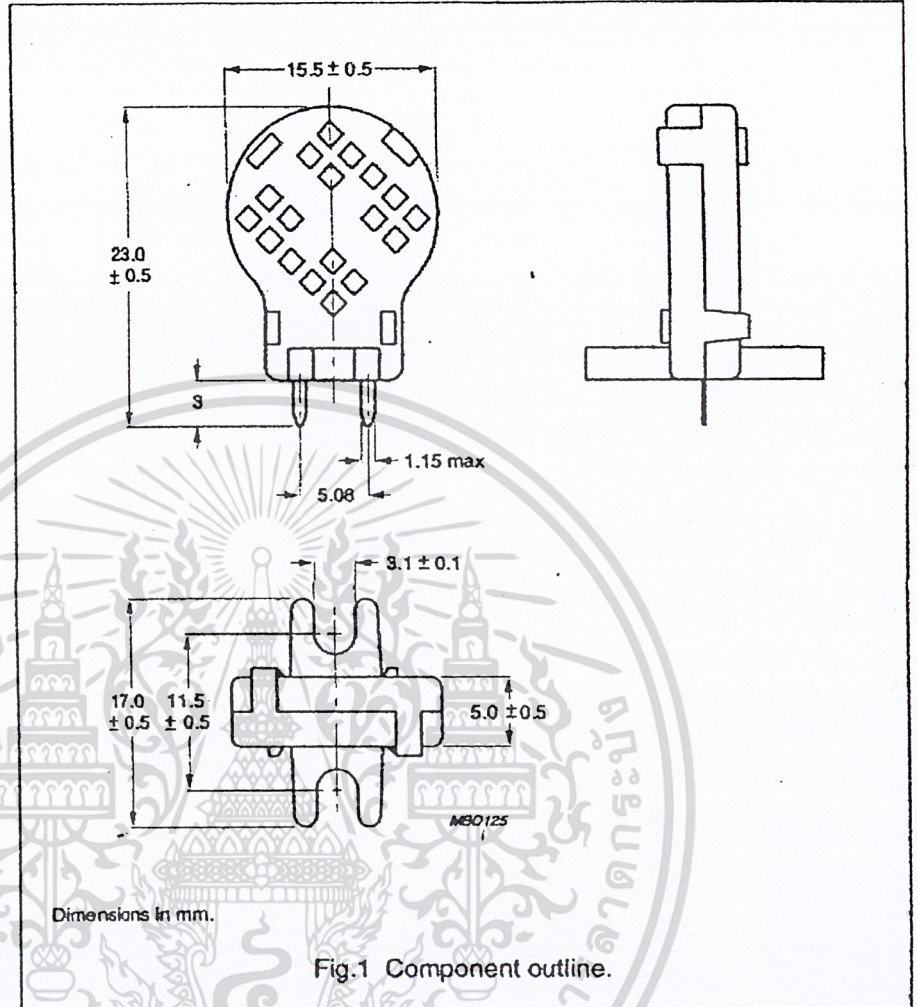
Soldering

Solderability: $\leq 240\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\leq 4\text{ s}$.

Resistance to heat: $\leq 240\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\leq 4\text{ s}$.

Robustness of terminations

Tensile strength: 10 N.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Humidity sensor

2322 691 90001

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise stated, measurements are in accordance with "IEC publication 539". Stability is in accordance with "CECC 43000" and "IEC 68-2".

PARAMETER	VALUE	UNIT
Humidity range (RH)	10 to 90	%
Capacitance at +25 °C; 43% RH; 100 kHz	122 ±15%	pF
Tan δ at +25 °C; 100 kHz; 43% RH	≤0.035	
Sensitivity between 12 and 75% RH	0.4 ±0.05	pF/%RH
Frequency range	1 to 1000	kHz
Temperature dependence	0.1	%RH/K
Response time in minutes (to 90% of indicated RH change at +25 °C, in circulating air):		
between 10 and 43% RH	<3	
between 43 and 90% RH	<5	
Hysteresis (for RH excursion of 10 to 90 to 10%)	≈3	%
Maximum AC or DC voltage	15	V
Storage humidity range (RH)	0 to 100	%
Ambient temperature range:		
operating	0 to +85	°C
storage	-25 to +85	°C
Mass	≈1.3	g

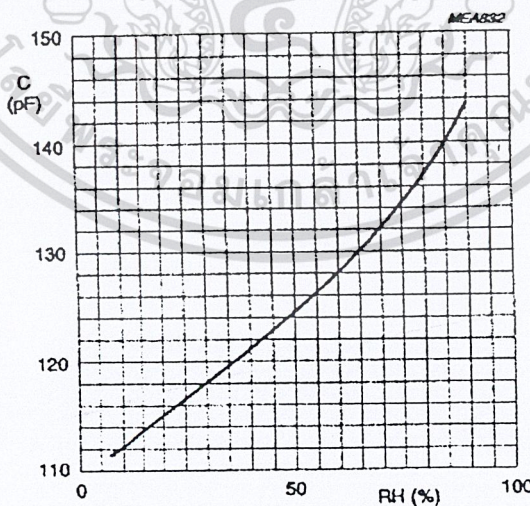


Fig.2 Typical capacitance as a function of relative humidity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moisture control with Philips' capacitive humidity sensor

Philips' capacitive humidity sensor has already proven itself over many years as one of the most effective and economical means of measuring and controlling humidity.

The sensor operates by sensing changes in capacitance of a thin-film polymer membrane as it absorbs moisture from its surroundings. Compared with many alternatives, it's simple to operate, highly reliable and fast. What's more, its long-term characteristics are unaffected by condensation of water on the membrane surface and other aggressive pollutants in the air.

Used in, for example, home hygrometers, weather stations, air-conditioners, climate controllers and tumble dryers, it's capable of providing long, trouble-free service with minimum maintenance.

Designed for a measuring range between 10% and 90% relative humidity the sensor's relatively linear characteristic allows it to be easily incorporated into simple, inexpensive measuring circuitry.

Features and benefits

- long-term reliability
- high sensitivity
- fast response
- high immunity against contaminants
- operates with simple measuring circuitry

Proven in a host of applications

Important application areas where Philips' sensor has already proven itself include:

- Heating, ventilating and air-conditioning systems
- Industrial-control installations
- Climate-control systems in, for example, industrial clean rooms, operating theatres, computer rooms and green-houses
- Climatic chambers
- Drying processes
- Printing industry

Humidity control the Philips way

Accurate measurement and control of humidity is an important requirement of today's world. The humidity of the air, i.e. the amount of water vapour it contains, influences not only our comfort but also the effectiveness of many professional and industrial processes. Though several types of electronic humidity sensor exist, Philips' capacitive sensor has long proven to be one of the most reliable, durable and easiest to use.

The sensor is made up of a polymer film coated on both sides with a very thin air-permeable gold layer to form a capacitive element. The film is clamped between spring contacts inside a perforated plastic housing. Changes in relative humidity (RH) of the surrounding air cause a change in dielectric constant of the polymer film leading to a change of sensor capacitance. The relationship between sensor capacitance and relative humidity is a rather simple one which means that the sensor can easily be incorporated into an electrical measuring circuit.

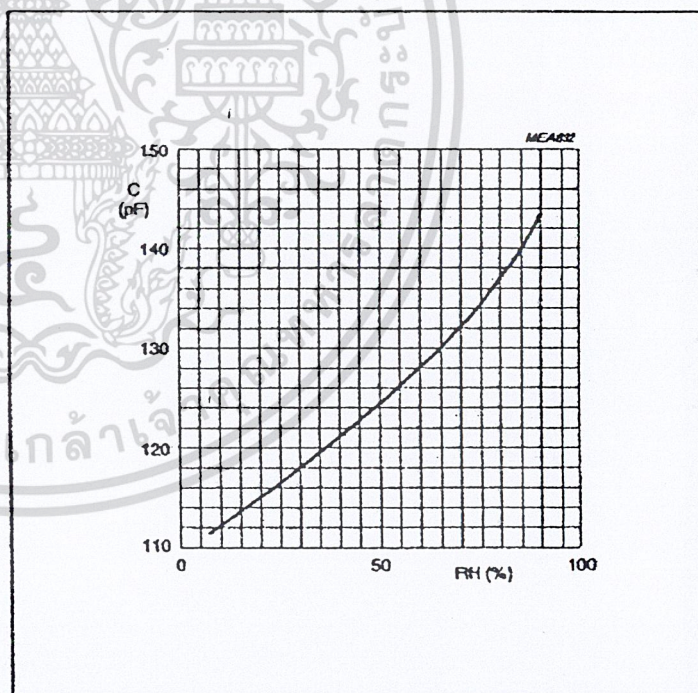


Fig.1 A simple relationship between capacitance and RH means the sensor can easily be incorporated into an electrical measuring circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potassium carbonate is usually chosen as a reference since its RH (43.2%) falls approximately in the middle of the measuring range of the sensor and because its temperature stability is high (from 43.1%rh at 0 °C to 43.2%rh at 30 °C).

Response time and hysteresis

The response time is defined as the time it takes for the sensor's reading to change by 90% of the total change following an immediate change of relative humidity. The response time obviously varies according to the relative humidity level, being shorter for low humidity levels than for higher levels.

The sensor's response also shows hysteresis due to the difference between the speed of moisture absorption and the speed of evaporation. The hysteresis value in the specification is given for steps of 10%rh allowing a stabilization time of 30 minutes between steps.

Maximum applied voltage

The sensor is a tough component with high dielectric strength able to withstand both DC and AC voltages up

to 15 V. What's more, a low dissipation factor means it can accept high-amplitude measuring voltages without over heating. And in contrast to many competing technologies it meets the most stringent static-discharge specifications.

Operating frequency

The sensor's dissipation factor increases with humidity. It also falls with measuring frequency to a minimum value at around 1 kHz after which it increases again. When working at low levels of humidity (< 50%rh), it's therefore possible to use relatively low (< 1 kHz) measuring frequencies. But for the most reliable results over the total operating range of the sensor, measuring frequencies should be between 1 kHz and 1000 kHz.

Working in aggressive atmospheres

Although the sensor is virtually unaffected by most air pollutants including ammonia, the vapour of some solvents such as acetone will attack the foil and should be avoided when building the sensor into an assembly. Dusty environments should also be avoided since the hygroscopic properties of some dust particles can affect sensor reading if they're allowed to build up on the surface of the foil.

RELATIVE HUMIDITY

The humidity of the air is a measure of the amount of water vapour it contains. At any given temperature, water will continue to be absorbed by the air either until all available water has evaporated or the air has become saturated. Once the air is saturated, it contains its full capacity of water and no further evaporation will take place unless the temperature increases.

Defining relative humidity

Relative humidity (RH) is a convenient way of expressing the amount of water vapour contained in a volume of air. It's defined as the ratio (in percent) of the mass of water vapour in the air to the mass required to produce saturation at the same temperature. When the air is saturated, therefore, its RH is 100%.

The presence (or absence) of water vapour in air influences many physical, chemical and biological processes. Our comfort, for example, depends a lot on humidity since a very humid atmosphere (i.e. at or close to saturation) limits our bodies' ability to perspire and cool us. Usually, the most comfortable climatic conditions are between 45 and 65%rh and for us to remain comfortable, the humidity must decrease as the temperature rises. For example, at 30 °C, 70%rh is considered uncomfortable while 30%rh is quite tolerable.

By introducing humidity monitoring instrumentation, the energy management systems of office and industrial buildings could be better optimized and a lot of energy saved without loss of comfort by adapting the efficiency of energy management according to the season and the external climatic conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical data and ordering

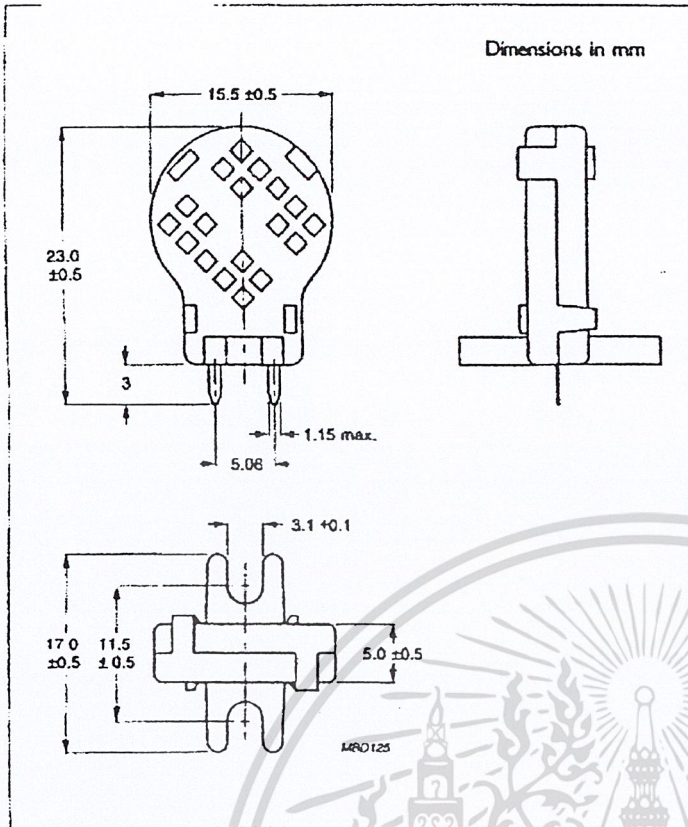


Fig. 4 Component outline

Marking

PHILIPS H1.

Mounting

The device can be soldered directly on to a printed-circuit board or fastened with 3 mm bolts.

Soldering

Solderability: ≤ 240 °C; ≤ 4 s.

Resistance to heat: ≤ 240 °C; ≤ 4 s.

Robustness of terminations

Tensile strength: 10 N.

Ordering code

2322 691 90001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/°K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

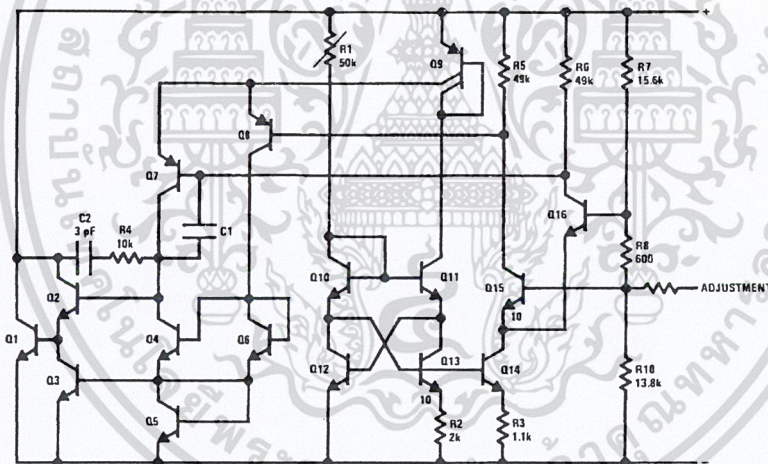
The LM135 operates over a -55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to +125°C

temperature range. The LM335 operates from -40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in °Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

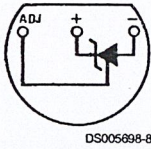
Schematic Diagram



DS005698-1

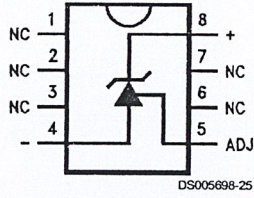
Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package



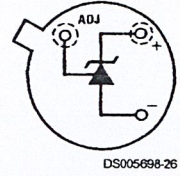
DS005698-8
Bottom View
Order Number LM335Z
or LM335AZ
See NS Package
Number Z03A

SO-8
Surface Mount Package



DS005698-25
Order Number LM335M
See NS Package
Number M08A

TO-46
Metal Can Package*



DS005698-26
*Case is connected to negative pin
Bottom View
Order Number LM135H,
LM135H-MIL, LM235H,
LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH
See NS Package
Number H03H



Absolute Maximum Ratings (Note 4)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	-60°C to +180°C
TO-92 Package	-60°C to +150°C
SO-8 Package	-65°C to +150°C

Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)

TO-92 Package:	260°C
TO-46 Package:	300°C
SO-8 Package:	300°C
Vapor Phase (60 seconds):	215°C
Infrared (15 seconds):	220°C

Temperature Accuracy (Note 1)

LM135/LM235, LM135A/LM235A

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy (Note 1)

LM335, LM335A

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
		Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/khr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

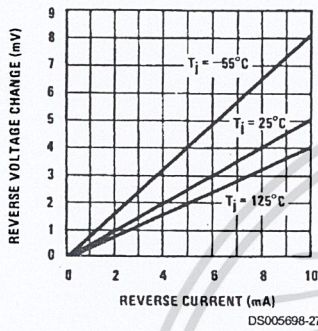
Note 3:

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{JA} (junction to ambient)	202°C/W	400°C/W	165°C/W
θ_{JC} (junction to case)	170°C/W	N/A	N/A

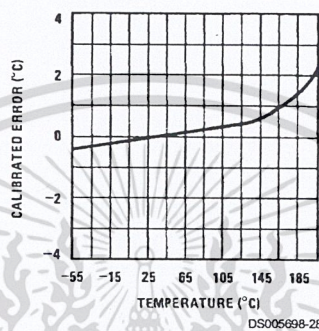
Note 4: Refer to RETS135H for military specifications.

Typical Performance Characteristics

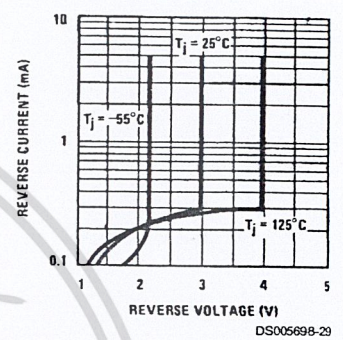
Reverse Voltage Change



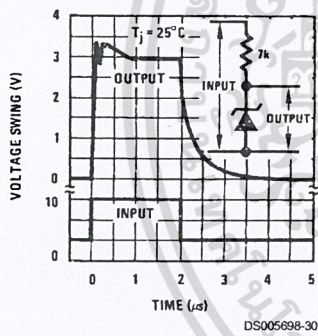
Calibrated Error



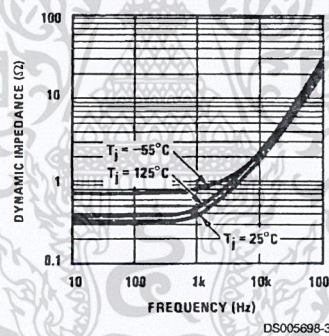
Reverse Characteristics



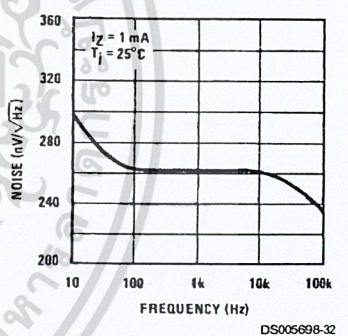
Response Time



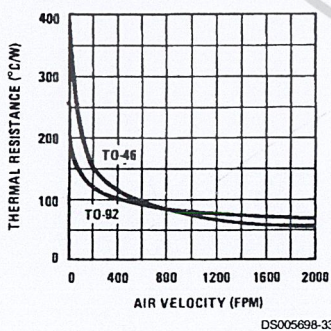
Dynamic Impedance



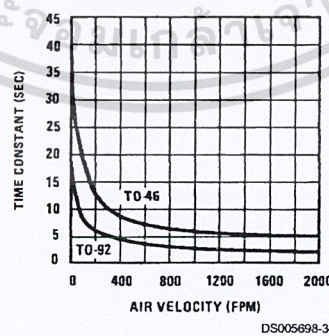
Noise Voltage



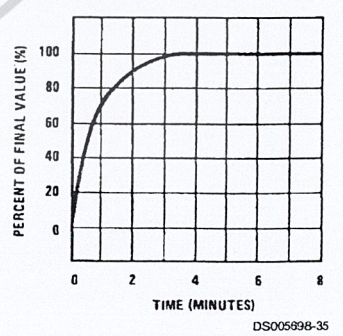
Thermal Resistance Junction to Air



Thermal Time Constant



Thermal Response in Still Air



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; Program : Temperature and Humidity control by PI Controller

; Define Port&Pin Name

KPAD_ROW0	BIT	P1.0	; Keypad Input Row 0
KPAD_ROW1	BIT	P1.1	; Keypad Input Row 1
KPAD_ROW2	BIT	P1.2	; Keypad Input Row 2
KPAD_ROW3	BIT	P1.3	; Keypad Input Row 3
KPAD_COL2	BIT	P1.4	; Keypad Output Column 2
KPAD_COL1	BIT	P1.5	; Keypad Output Column 1
KPAD_COL0	BIT	P1.6	; Keypad Output Column 0
FAN	BIT	P2.1	
FOG	BIT	P2.2	
SCL	BIT	P2.3	; SCL I2C Bus
SDA	BIT	P2.4	; SDA I2C Bus
ONEWIRE	BIT	P2.5	; (LM 335 Temp. Sensor)
SCL_1	BIT	P2.6	; SCL I2C Bus
SDA_1	BIT	P2.7	; SDA I2C Bus
LCD_EN	BIT	P3.6	; LCD Module Enable
LCD_RS	BIT	P3.7	; LCD Module Register Select

; Define User Register

FLAG	EQU	02FH	; User FLAG
BUSY	BIT	FLAG.0	; Define BUSY as bit
KPAD_DATA	EQU	030H	; For keep Keypad Data
BUFFER	EQU	031H	; Buffer
LCD_ADDR	EQU	032H	; For keep LCD Address
LCD_DATA	EQU	033H	; For keep LCD Data
ONEWIRE_DATA	EQU	034H	; For keep ONEWIRE Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEM_SET	EQU	035H	; For keep Temperature Data
TEMP	EQU	036H	; For keep Temp. Data (Temp L only)
CONTROL	EQU	037H	; For keep I2C PCF8591 Control Byte
DA_DATA	EQU	038H	; For keep I2C D/A Data
I2C_ACK	BIT	FLAG.1	; Define I2C Acknowledge as bit
I2C_ADDR	EQU	03BH	; For keep I2C Address
I2C_DATA	EQU	03CH	; For keep I2C Data
IO_DATA	EQU	03DH	; For keep I2C 8 bit I/O Data
HUM_SET	EQU	03EH	; For keep Humidity Data
HUM	EQU	03FH	; For keep Hum. Data (Hum L only)

; Define User Register for Controller

UN1	EQU	040H	
UN2	EQU	041H	
UN3	EQU	042H	
UN4	EQU	043H	
KP	EQU	044H	
KI	EQU	045H	
TD	EQU	046H	
TIME	EQU	047H	
EN	EQU	048H	; Error at time N
ENS	EQU	049H	; Error at time N-1
ENN	EQU	04AH	
ENNS	EQU	04BH	
CON	EQU	04CH	
CONN	EQU	04DH	
EM	EQU	04EH	; Error at time N
EMS	EQU	04FH	; Error at time N-1
EMM	EQU	050H	
EMMS	EQU	051H	
COM	EQU	052H	
COMM	EQU	053H	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; Define I2C Slave Address

PCF8591_ID EQU 10010000B ; PCF8591:000 Slave Address

; Main Program.

ORG 0000H ; Reset Vector
MOV P0,#00000000B ; Clear Databus
MOV P1,#11111111B
CLR LCD_EN ; Clear LCD Enable
CLR LCD_RS ; Clear LCD RS
SETB SDA ; Clear I2C bus
SETB SCL ;
CLR FAN
CLR FOG

MOV DA_DATA,#0FFH ; Clear Heater
MOV A,#01000000B
MOV CONTROL,A
ACALL PCF8591_WR

MOV KP,#011H
MOV KI,#00H
MOV TD,#026H
MOV TIME,#01H
MOV EN1,#00H

MAIN:

ACALL INIT_LCD
MOV LCD_ADDR,#000H ; Set Address 00H
ACALL SET_ADDR_LCD ;
MOV DPTR,#SCR
ACALL WRLINE_LCD

LOOP:

ACALL TEM_SCR
ACALL HUM_SCR
ACALL TEM_PI
ACALL HUM_PI
AJMP LOOP

; Temperature Score

TEM_SCR:

ACALL LM335_RST ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence
MOV ONEWIRE_DATA,#0CCH ; Write Skip ROM
ACALL LM335_WR ;
MOV ONEWIRE_DATA,#044H
ACALL LM335_WR ;

SETB BUSY ; Set bit BUSY

PRES_CHK_LOOP:

ACALL LM335_RST ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence
JB BUSY,PRES_CHK_LOOP ; Wait for Busy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ด้วย

```

NOP                                ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES                    ; LM335 Presence
MOV  ONEWIRE_DATA,#0CCH            ; Write Skip ROM

```

```

ACALL LM335_WR
MOV  ONEWIRE_DATA,#0BEH
ACALL LM335_WR
ACALL LM335_RD                      ; Read LM335
MOV  TEM,ONEWIRE_DATA

```

```

ACALL LM335_RST                    ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES                    ; LM335 Presence
MOV  LCD_ADDR,#004H
ACALL SET_ADDR_LCD

```

```

MOV  A,TEM                          ; Get Temp. Data
CLR  C                              ; Clear Carry Flag
RRC  A
MOV  LCD_DATA,A
ACALL HEX2LCD
RET

```

```

-----
; Humidity Score
-----

```

```

HUM_SCR:
MOV  A,P1
MOV  HUM,A
MOV  LCD_ADDR,#044H
ACALL SET_ADDR_LCD
MOV  A,HUM
MOV  LCD_DATA,A
ACALL HEX2LCD
ACALL DELAY_1s
RET

```

```

-----
; Temperature PI Control
-----

```

```

TEM_PI:
MOV  A,TEMS
CLR  C
SUBB A,TEM
MOV  EN,A
JC   TEM_OVER
CLR  FAN                                ; Tset > Tm

```

```

MOV  B,KP
MUL  AB
MOV  U1,A
MOV  A,EN
CLR  C
ADD  A,EN1
JC   EN_OVER

```

```

MOV  B,KI
MUL  AB
MOV  U2,A
MOV  A,B
CJNE A,#00H,EN_OVER

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกมีต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; Wait keypad pressed 0-9 Only

```
WAIT_KEYPRESSED:  ACALL  GET_KPAD           ; Check keypad Data
                   MOV    A,KPAD_DATA       ;
                   CJNE   A,#0,CHK_KEY_NEXT ; Check keypa  pressed?
                   AJMP   WAIT_KEYPRESSED   ; Loop until keypad pressed

CHK_KEY_NEXT:     CJNE   A,#10,CHK_KEY_0     ; Check key *
                   AJMP   WAIT_KEYPRESSED   ; If key * then loop wait

CHK_KEY_0:        CJNE   A,#11,CHK_VALID_KEY ; Check key 0
                   MOV    KPAD_DATA,#0     ; Replace KPAD_DATA = 0
                   RET                      ; Return

CHK_VALID_KEY:    JNC    WAIT_KEYPRESSED    ; If KPAD_DATA > 11 then loop wait
                   RET                      ; Return
```

; KEYPAD to show LCD

; I/P: KPAD_DATA

```
KPAD2LCD:         MOV    A,KPAD_DATA       ; Get Keypad Data
                   ADD    A,#030H         ; Convert to ASCII
                   MOV    LCD_DATA,A      ; Write to LCD
                   ACALL  WRCHAR_LCD      ;
                   RET
```

; Wait keypad depressed

```
WAIT_KEY:         MOV    A,P1             ; Move P1 to ACC.
                   ANL    A,#00FH        ; Get only Lower 4 bit
                   CJNE   A,#00FH,WAIT_KEY ; All bit are high ?
                   RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
; Keypad Scan key Subroutine
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

-----
GET_KPAD:          MOV    P1,#0FFH          ; Pull P1 to High
                   MOV    KPAD_DATA,#0          ; Clear Keypad Data

CHK_COL0:          CLR    KPAD_COL0          ; BeginScanColumn 0
                   MOV    A,P1                 ; Get Port1 Value
                   ANL    A,#00FH             ; Get only lower 4 bit
                   CJNE   A,#00FH,COL0_DETECT ; Check All rows '1'?
                   AJMP   CHK_COL1

COL0_DETECT:       MOV    KPAD_DATA,#01
                   AJMP   GET_ROW

CHK_COL1:          SETB   KPAD_COL0          ; Stop Scan Column 0
                   CLR    KPAD_COL1          ; Begin Scan Column 1
                   MOV    A,P1                 ; Get Port2 Value
                   ANL    A,#00FH             ; Get only lower 4 bit
                   CJNE   A,#00FH,COL1_DETECT ; Check All rows '1'?
                   AJMP   CHK_COL2

COL1_DETECT:       MOV    KPAD_DATA,#02          ; Initial KPAD_DATA = 2
                   AJMP   GET_ROW          ; Jump to get row value

CHK_COL2:          SETB   KPAD_COL1          ; Stop Scan Column 1
                   CLR    KPAD_COL2          ; Begin Scan Column 2
                   MOV    A,P1                 ; Get Port2 Value
                   ANL    A,#00FH             ; Get only lower 4 bit
                   CJNE   A,#00FH,COL2_DETECT ; Check All rows '1'?
                   RET                    ; All rows '1' => return

COL2_DETECT:       MOV    KPAD_DATA,#03; Initial KPAD_DATA = 2

GET_ROW:           CLR    KPAD_COL0
                   CLR    KPAD_COL1          ;
                   CLR    KPAD_COL2          ;

```

```

JB    KPAD_ROW0,CHK_ROW1

```

```

RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHK_ROW1: JB KPAD_ROW1,CHK_ROW2 ; Check Row 2

Detect?

```
MOV A,KPAD_DATA
ADD A,#3 ;
MOV KPAD_DATA,A ;
RET ; Return
```

CHK_ROW2: JB KPAD_ROW2,CHK_ROW3 ; Check Row 2

Detect?

```
MOV A,KPAD_DATA ; Add 6 with KPAD_DATA
ADD A,#6 ;
MOV KPAD_DATA,A ;
RET ; Return
```

CHK_ROW3: MOV A,KPAD_DATA ; Add 9 with KPAD_DATA

```
ADD A,#9 ;
MOV KPAD_DATA,A ;
RET ;
```

; Temperature Score

TEM_1: ACALL LM335_RST ; LM335 Reset

ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence

MOV ONEWIRE_DATA,#0CCH ; Write Skip ROM

ACALL LM335_WR ;

MOV ONEWIRE_DATA,#044H ; Write Convert Command

ACALL LM335_WR ;

SETB BUSY ; Set bit BUSY

PRES_CHK_LOOP: ACALL LM335_RST ; LM335 Reset

ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence

JB BUSY,PRES_CHK_LOOP ; Wait for Busy

NOP ; Delay

NOP ;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP ;
NOP ;

ACALL LM335_RST ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence
MOV ONEWIRE_DATA,#0CCH ; Write Skip ROM
ACALL LM335_WR
MOV ONEWIRE_DATA,#0BEH ; Write Read Scratchpad

```

Command

```

ACALL LM335_WR

ACALL LM335_RD ; Read LM335
MOV TEMP,ONEWIRE_DATA ; Get First Byte as TEMP (L)
ACALL LM335_RST ; LM335 Reset
ACALL LM335_PRES ; LM335 Presence
MOV LCD_ADDR,#007H
ACALL SET_ADDR_LCD

MOV A,TEMP ; Get Temp. Data
CLR C ; Clear Carry Flag
RRC A ; Rotate ACC. to Right with Carry

MOV LCD_DATA,A ; Write Temp. in 3 Decimal Digits

ACALL HEX2LCD ;
RET

```

Carry

Digits

```

;-----
; Humidity Score
;-----

```

```

HUM_1: ACALL PCF8574_RD
MOV HUM,IO_DATA
MOV LCD_ADDR,#047H
ACALL SET_ADDR_LCD

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,HUM
MOV LCD_DATA,A
ACALL HEX2LCD
ACALL DELAY_1s
RET

```

; HEX Code to show LCD

; I/P: LCD_DATA

```

HEX2LCD:          PUSH  ACC                ; Push ACC.
                  MOV   A,LCD_DATA        ; Get Data
                  MOV   B,#100            ;
                  DIV   AB                 ; Divide by 100
                  ADD   A,#030H          ; Convert to ASCII
                  CJNE  A,#030H,HEX2_LCD_NX ; Check x100 = 0 ?
                  MOV   A,#' '           ; 0 => Write Space
HEX2_LCD_NX:      MOV   LCD_DATA,A
                  ACALL WRCHAR_LCD        ; Write x100
                  MOV   A,B
                  MOV   B,#10
                  DIV   AB                 ; Divide by 10
                  ADD   A,#030H          ; Convert to ASCII
                  MOV   LCD_DATA,A
                  ACALL WRCHAR_LCD        ; Write Lower HEX Code
                  MOV   A,B
                  ADD   A,#030H          ; Convert to ASCII
                  MOV   LCD_DATA,A
                  ACALL WRCHAR_LCD        ; Write Lower HEX Code
                  POP   ACC                ; Pop ACC.
                  RET                      ; Return

```

; LM335 Data Read

```

LM335_RD:        MOV   R4,#8              ; Set loop 8 times

```

```

                  CLR   A                  ; Clear ACC.

```

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LM335_RD_LOOP:      CLR    ONEWIRE          ; Clear ONEWIRE
                    NOP                                ; Delay
                    NOP                                ;
                    SETB  ONEWIRE          ; Set ONEWIRE
                    NOP                                ; Delay
                    NOP                                ;
                    NOP                                ;
                    MOV   C,ONEWIRE        ; Get ONEWIRE to Carry Flag
                    ACALL ONEWIRE_DELAY    ; Delay 75 us
                    RRC   A                 ;
                    DJNZ  R4,LM335_RD_LOOP ; Do until 8 times
                    MOV   ONEWIRE_DATA,A
                    RET                      ; Return

```

-----u-----
; LM335 Data Write

```

LM335_WR:           MOV   R4,#8             ; Set loop 8 times
                    MOV   A,ONEWIRE_DATA   ; Get
ONEWIRE_DATA
LM335_WR_LOOP:     RRC   A                 ; Rotate ACC. with Carry Flag
                    JNC   LM335_WR_L       ; Carry Flag was set ?
                    CLR   ONEWIRE         ; Set => TX high
                    NOP                                ; Delay
                    NOP                                ;
                    NOP                                ;
                    SETB  ONEWIRE         ; Set ONEWIRE
                    ACALL ONEWIRE_DELAY    ; Delay 75 us
                    AJMP  LM335_WR_NX      ; Jump to next write
LM335_WR_L:        CLR   ONEWIRE         ; Clear => TX Low
                    ACALL ONEWIRE_DELAY    ; Delay 75 us
                    SETB  ONEWIRE         ; Set ONEWIRE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP ;
NOP ;
NOP ;
LM335_WR_NX: DJNZ R4,LM335_WR_LOOP ; Do until 8 times
RET ; Return

```

; LM335 Reset

```

LM335_RST: CLR ONEWIRE ; Clear ONEWIRE
ACALL DELAY_1ms ; Delay
SETB ONEWIRE ; Set ONEWIRE
MOV R4,#8 ; Delay
DJNZ R4,$ ;
RET ; Return

```

; LM335 Receive Presence Pulse

```

LM335_PRES: MOV R4,#8 ; Set Loop wait 1
LM335_PRES_1: MOV R3,#0 ; Set Loop wait 2
LM335_PRES_2: JNB ONEWIRE,LM335_PRES_3 ; Check ONEWIRE
was clear?
DJNZ R3,LM335_PRES_2 ; Wait loop check 2
DJNZ R4,LM335_PRES_1 ; Wait loop check 1
RET ; Return

```

```

LM335_PRES_3: JNB ONEWIRE,$ ; Wait until ONEWIRE set
MOV R4,#8 ; Delay
DJNZ R4,$ ;
CLR BUSY ; Clear BUSY Flag
RET ; Return

```

; I2C PCF8574 Read

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PCF8574_RD:          MOV    I2C_ADDR,#PCF8574_ID+1    ; Set PCF8574 as I2C
Read Slave

                    ACALL  I2C_SLAVE_3                ; Connect Slave

                    ACALL  I2C_DATA_RD                ; Read Data from
Slave

                    MOV    IO_DATA,I2C_DATA           ; Read Data to
IO_DATA

                    ACALL  I2C_NACK_BIT_2             ; Send Not
Acknowledge

                    ACALL  I2C_STOP_2                 ; Send Stop Condition
RET                  ; Return

```

; I2C PCF8591 Write

```

PCF8591_WR:         MOV    I2C_ADDR,#PCF8591_ID ; Set PCF8591 as I2C Write
Slave

                    ACALL  I2C_SLAVE                 ; Connect Slave

                    MOV    I2C_DATA,CONTROL         ; Write CONTROL to Slave
                    ACALL  I2C_DATA_WR              ; Write Data to Slave

                    MOV    I2C_DATA,DA_DATA         ; Write D/A Data to Slave
                    ACALL  I2C_DATA_WR              ; Write Data to Slave

                    ACALL  I2C_STOP                 ; Send Stop Condition

```

; I2C Data Write

```

; I/P:      I2C_DATA
; Reserve:  R5

```

I2C_DATA_WR: PUSH ACC

```

; Push ACC.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB  I2C_ACK           ; Set ACK. bit
MOV   A,I2C_DATA        ; Get Data
MOV   R5,#008           ; Set loop 8 times
I2C_DATA_WR_1:         RLC   A           ; Rotate ACC. to Left with
Carry

MOV   SDA,C             ; Move Carry Flag to SDA
ACALL I2C_CLK           ; Pulse I2C Clock
DJNZ  R5,I2C_DATA_WR_1 ; Do until 8 times
SETB  SDA               ; Set SDA
ACALL I2C_DELAY         ; Delay
SETB  SCL               ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY         ; Delay
JB    SDA,I2C_DATA_WR_2 ; Check Acknowledge from
Slave
CL   2C_ACK             ; Clear ACK. bit
I2C_DATA_WR_2:        CLR   SCL         ; Clear SCL
POP   ACC               ; Pop ACC.
RET                                ; Return
;-----
; I2C Data Read
; O/P:   I2C_DATA
; Reserve: R5
;-----
I2C_DATA_RD:         PUSH  ACC         ; Push ACC.
CLR   A                 ; Clear ACC.
MOV   R5,#008           ; Set loop 8 times
I2C_DATA_RD_1:      ACALL I2C_DELAY    ; Delay
SETB  SCL_1            ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY        ; Delay
MOV   C,SDA_1
RLC   A
CLR   SCL_1             ; Clear SCL
DJNZ  R5,I2C_DATA_RD_1 ; Do until 8 times

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV I2C_DATA,A ; Move Data to
I2C_DATA
POP ACC ; Pop ACC.
RET ; Return

```

```

;-----
; I2C Slave Connect

```

```

; I/P: I2C_ADDR
; O/P Flag: I2C_ACK
; Reserve: R5
;-----

```

```

; PCF 8591
;-----

```

```

I2C_SLAVE: PUSH ACC ; Push ACC.
SETB I2C_ACK ; Set ACK. bit
MOV A,I2C_ADDR ; Get Slave Address
ACALL I2C_START ; Send Start Condition
MOV R5,#008 ; Set loop 8 times
I2C_SLAVE_1: RLC A ; Rotate ACC. to Left with
Carry
MOV SDA,C ; Move Carry Flag to SDA
ACALL I2C_CLK ; Pulse I2C Clock
DJNZ R5,I2C_SLAVE_1 ; Do until 8 times
SETB SDA ; Set SDA
ACALL I2C_DELAY ; Delay
SETB SCL ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY ; Delay
JB SDA,I2C_SLAVE_2
CLR I2C_ACK ; Clear ACK.
I2C_SLAVE_2: CLR SCL ; Clear SCL
POP ACC ; Pop ACC.
RET ; Return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;-----

; PCF 8574

;-----

```
I2C_SLAVE_3:      PUSH  ACC                ; Push ACC.
                  SETB  I2C_ACK          ; Set ACK. bit
                  MOV   A,I2C_ADDR       ; Get Slave Address
                  ACALL I2C_START        ; Send Start Condition
                  MOV   R5,#008          ; Set loop 8 times
I2C_SLAVE_4:      RLC   A                ; Rotate ACC. to Left with
Carry
```

```
MOV   SDA_1,C      ; Move Carry Flag to SDA
ACALL I2C_CLK       ; Pulse I2C Clock
DJNZ  R5,I2C_SLAVE_4 ; Do until 8 times
```

```
SETB  SDA_1        ; Set SDA
ACALL I2C_DELAY    ; Delay
SETB  SCL_1        ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY    ; Delay
JB    SDA_1,I2C_SLAVE_5 ; Check Acknowledge from
```

Slave

```
CLR  I2C_ACK       ; Clear ACK.
I2C_SLAVE_5:      CLR  SCL_1          ; Clear SCL
                  POP  ACC            ; Pop ACC.
                  RET                   ; Return
```

;-----

; I2C Start Condition

;-----

```
I2C_START:       JNB   SCL,I2C_START_1 ; Check current SCL set?
                  CLR  SCL             ; Clear SCL
```

```
I2C_START_1:    SETB  SDA            ; Set SDA
                  SETB  SCL            ; Set SCL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL I2C_DELAY          ; Delay
CLR   SDA                ; Clear SDA during SCL set
ACALL I2C_DELAY          ; Delay
CLR   SCL                ; Clear SCL
RET                                ; Return

```

```

;-----
; I2C Stop Condition
;-----

```

```

; PCF 8591
;-----

```

```

I2C_STOP:                JNB   SCL,I2C_STOP_1      ; Check current SCL set?
                        CLR   SCL                ; Clear SCL

```

```

I2C_STOP_1:             CLR   SDA                ; Clear SDA
                        ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                        SETB  SCL                ; Set SCL
                        ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                        SETB  SDA                ; Set SDA during SCL set
                        RET                                ; Return

```

```

;-----
; PCF 8574
;-----

```

```

I2C_STOP_2:            JNB   SCL_1,I2C_STOP_3    ; Check current SCL set?
                        CLR   SCL_1            ; Clear SCL

```

```

I2C_STOP_3:           CLR   SDA_1                ; Clear SDA
                        ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                        SETB  SCL_1            ; Set SCL
                        ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                        SETB  SDA_1            ; Set SDA during SCL set
                        RET                                ; Return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; I2C Clock

```
I2C_CLK:          ACALL I2C_DELAY          ; Pulse SCL
                  SETB  SCL                ;
                  ACALL I2C_DELAY          ;
                  CLR   SCL                ;
                  RET                       ; Return
```

; I2C Acknowledge

```
I2C_ACK_BIT:     CLR   SDA                ; Clear SDA
                  ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                  ACALL I2C_CLK           ; Pulse I2C Clock
                  SETB  SDA                ;
                  RET                       ; Return
```

; I2C Not Acknowledge

```
I2C_NACK_BIT:    SETB  SDA                ; Set SDA
                  ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                  ACALL I2C_CLK           ; Pulse I2C Clock
                  SETB  SCL                ;
                  RET                       ; Return
```

```
I2C_NACK_BIT_2: SETB  SDA_1              ; Set SDA
                  ACALL I2C_DELAY          ; Delay
                  ACALL I2C_CLK           ; Pulse I2C Clock
                  SETB  SCL_1             ;
                  RET                       ; Return
```

; LCD Initialize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INIT_LCD:          ACALL DELAY_100ms          ; Delay
                  CLR   LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin

                  MOV   P0,#00111000B      ; 8bit Mode
                  ACALL LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                  ACALL DELAY_10ms        ; Delay

                  MOV   P0,#00111000B      ; 8bit Mode
                  ACALL LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock

```

```

ACALL LCD_OFF      ; Display Off

```

```

ACALL LCD_CLR      ; Clear Display

```

```

MOV   P0,#00000110B ; Entry Mode

```

```

ACALL LCD_CLK      ; Pulse LCD Clock

```

```

ACALL LCD_HOME     ; Return Home Display

```

; LCD Clear Display

```

LCD_CLR:          CLR   LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                  MOV   P0,#00000001B      ; Display Clear
                  ACALL LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                  RET

```

; LCD Return Home

```

LCD_HOME:        CLR   LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                  MOV   P0,#00000010B      ; Return Home
                  ACALL LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                  RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; LCD Display Off

```
LCD_OFF:          CLR    LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                  MOV    P0,#00001000B      ; Display Off
                  ACALL  LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                  RET
```

; LCD Clk

```
LCD_CLK:          SETB   LCD_EN          ; Pulse Clock to LCD_EN
                  ACALL  LCD_DELAY
                  CLR    LCD_EN
                  ACALL  LCD_DELAY
                  RET
```

; LCD Display On

```
LCD_ON:           CLR    LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                  MOV    P0,#00001100B      ; Display On
                  ACALL  LCD_CLK
                  RET
```

; LCD Cursor On

```
LCD_BLINK:        CLR    LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                  MOV    P0,#00001111B      ; Display Cursor and Blink
                  ACALL  LCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                  RET
```

; Set LCD Address

```
; I/P:           LCD_ADDR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SET_ADDR_LCD:CLR          LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                   MOV   A,LCD_ADDR      ; Move LCD_ADDR to ACC.
                   SETB  ACC.7           ; Set bit ACC.7
                   MOV   P0,A            ; Move to DATABUS
                   ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                   RET

```

; Write Character to show LCD

; I/P: LCD_DATA

```

WRCHAR_LCD:          SETB  LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                   MOV   P0,LCD_DATA     ; Move LCD_DATA to
DATABUS
                   ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                   ACALL LCD_ON         ; Display On
                   RET

```

; Write Line of 16 Character from ROM

; I/P: DPTR : Locate ROM Address

```

WRLINE_LCD:          MOV   R0,#0         ; Clear loop counter

WRLINE_LCD_2:        SETB  LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                   CLR   A              ; Clear ACC.
                   MOVC  A,@A+DPTR      ; Move data from @DPTR to
ACC.
                   MOV   P0,A            ; Move ACC. to DATABUS
                   ACALL LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                   INC   DPTR            ; Increase Pointer
                   INC   R0              ; Increase loop counter
                   CJNE  R0,#16,WRLINE_LCD_2 ; Do until 8+8 times
                   ACALL LCD_ON         ; Display On
                   RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

; Dummy Delay time ONEWIRE_DELAY, LCD_DELAY, 50u, 100u, 1m, 10m, 100m, 1s

```
ONEWIRE_DELAY:      MOV    R6,#012H          ; Each loop = 75 us
ONEWIRE_DELAY_1:    NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,ONEWIRE_DELAY_1
                    RET
```

```
I2C_DELAY:          MOV    R6,#00CH          ; Each loop = 50 us
I2C_DELAY_1:        NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,I2C_DELAY_1
                    RET
```

```
LCD_DELAY:          MOV    R7,#002          ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:        MOV    R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:        NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,LCD_DELAY_2
                    DJNZ   R7,LCD_DELAY_1
                    RET
```

```
DELAY_50us:         MOV    R6,#00CH          ; Each loop = 50 us
DELAY_50us_1:       NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,DELAY_50us_1
                    RET
```

```
DELAY_100us:        MOV    R6,#017H          ; Each loop = 100 us
DELAY_100us_1:      NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,DELAY_100us_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DELAY_1ms:          MOV    R6,#0E6H          ; Each loop = 1 ms
DELAY_1ms_1:       NOP
                   NOP
                   DJNZ   R6,DELAY_1ms_1
                   RET

DELAY_10ms:        MOV    R7,#010          ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:     MOV    R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:     NOP
                   NOP
                   DJNZ   R6,DELAY_10ms_2
                   DJNZ   R7,DELAY_10ms_1
                   RET

DELAY_100ms:      MOV    R7,#100          ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:   MOV    R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:   NOP
                   NOP
                   DJNZ   R6,DELAY_100ms_2
                   DJNZ   R7,DELAY_100ms_1
                   RET

DELAY_1s:         MOV    R5,#100          ; Do 100 times
DELAY_1s_1:      ACALL  DELAY_10ms
                   DJNZ   R5,DELAY_1s_1
                   RET

```

```

;-----
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-----

```

```

;
;                                0123456789ABCDEF
TITLE_1:          DB      ' TEMPERATURE '
TITLE_2:          DB      ' TEMP : ',0DFH,'C '
TITLE_3:          DB      ' HUMIDITY '

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TITLE_4: DB ' HUM : %RH '

SCR_TEMP: DB ' TEMP : ',0DFH,'C '

SCR_HUM: DB ' HUM : %RH '

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้