

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

(Temperature and Humidity Control System)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

(Temperature and Humidity Control System)

โดย

นาย ชีรเดช

ชวะนะเวช

นาย วศิน

นิรันดรานนท์

นาย วัฒนะ

วงศ์บุบผา



อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวิริยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ผู้จัดทำ

1. นาย ชีรเดช ชะวะนะเวช
2. นาย วศิน นิรันดรานนท์
3. นาย วัฒนะ วงศ์บุบผา




อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ เกียรติศักดิ์ กมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ธีรเดช ชะวะนะเวช 48015290

วศิน นิรันทรานนท์ 48015305

วัฒนะ วงศ์บุบผา 48015306

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชร

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในโรงเรือนนี้ได้นำเสนอการสร้างโรงเรือนจำลองและควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในโรงเรือนจำลอง มีจุดประสงค์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตภายใต้สิ่งแวดล้อมที่ถูกควบคุมให้เหมาะสมกับชนิดของพืช โดยใช้ PIC 16F877A ในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ลักษณะของการควบคุมอัตโนมัติมีการป้อนข้อมูลอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดพืช และใช้ PIC 16F877A ในการควบคุมการทำงานทั้งระบบ ระบบควบคุมอุณหภูมิจะใช้พัดลมระบายอากาศและการเป่าอากาศเย็นเข้าไปในโรงเรือนเป็นตัวลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนจำลอง และระบบควบคุมความชื้นใช้เครื่องทำหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ มีการแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นทางหน้าจอ LCD ลักษณะของโรงเรือนจำลองจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM

Mr. Teeradetch Chavanavash 48015290

Mr. Wasin Nirantranon 48015305

Mr. Wattana Wongbuppa 48015306

Abstract

This project has an objective to control temperature and humidity in greenhouse for making environment that suitable for kinds of plant. Appropriate temperature and humidity are the control variables that are brought to microcontroller in order to control condition of this greenhouse. Exhaust fan and dry-ice are used to decrease temperature and fan-in is use to increase relative humidity in the greenhouse. LCD module display temperature and humidity value in the greenhouse continually.

The greenhouse is 40 Cm. Long, 40 Cm. wide and 40 Cm. High and covered by acrylic which can prevent the greenhouse from heat and ultraviolet.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆท่าน ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ พร้อมทั้งคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้จัดทำ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ยืมอุปกรณ์ และเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำ



ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตการศึกษา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 Microcontroller (PIC16F877A)	3
2.1.1 โครงสร้างของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877(A)	3
2.1.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F877(A)	3
2.1.3 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม	5
2.1.4 ความเร็วของ PIC	6
2.1.5 หน่วยความจำของ PIC	6
2.1.6 สถาปัตยกรรมของ PIC	6
2.1.7 ชนิดของ PIC	6
2.2 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (SHT 15)	7
2.3 ส่วนแสดงผลทาง LCD Module	11
2.4 คีย์แพด หรือ สวิตช์เมตริกซ์ 4X4	11
2.5 ตัวทำความชื้นชนิดอัลตราโซนิก	12
2.6 Heater	13
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	14
3.1 โครงสร้างโรงเรือน	14
3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ	14
3.3 วงจรควบคุม Heater	26
3.4 วงจรควบคุมตัวทำความชื้น	27
3.5 วงจรควบคุมพัดลมดูดความชื้นและพัดลมระบายอากาศ	28
3.6 วงจรควบคุมพัดลมเป่าอากาศ	29
3.7 การใช้งาน โปรแกรมควบคุม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	31
4.1 การทดลองที่ 1	31
4.2 การทดลองที่ 2	31
4.3 การทดลองที่ 3	31
4.4 การทดลองที่ 4	32
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	49
5.1 ปัญหาและอุปสรรค	49
5.2 การแก้ไขและปรับปรุง	49
5.3 แนวทางการพัฒนา	49
5.4 สรุปและวิจารณ์	50
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 รูป IC SHT 15	7
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของ SHT 15	8
รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram ของ SHT 15	9
รูปที่ 2.4 แสดงการต่อ SHT 15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	9
รูปที่ 2.5 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT 15	10
รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติ ของ Timing Diagram	10
รูปที่ 2.7 จอLCD	11
รูปที่ 2.8 คีย์แพค	12
รูปที่ 2.9 ตัวทำความร้อน	13
รูปที่ 2.10 Heater	13
รูปที่ 3.1 ด้านหน้าของโรงเรือน	14
รูปที่ 3.2 ด้านข้างทางฝั่งที่มีตัวทำความร้อน	15
รูปที่ 3.3 ด้านข้างอีกฝั่ง	15
รูปที่ 3.4 รูปมุมมองของโรงเรือน	16
รูปที่ 3.5 ห้องควบคุมอุณหภูมิและความร้อน	16
รูปที่ 3.6 ห้องเก็บตัวทำความร้อน	17
รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล	17
รูปที่ 3.8 แผนผังควบคุมค่าอุณหภูมิและความร้อนใน โรงเรือน	20
รูปที่ 3.9 วงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความร้อนใน โรงเรือน	22
รูปที่ 3.10(ต่อ) แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความร้อนใน โรงเรือน	23
รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิ	24
รูปที่ 3.12 แผนผังแสดงการควบคุมความร้อน	25
รูปที่ 3.13 วงจรควบคุมHeater	26
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมตัวทำความร้อน	27
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมพัฒนาคูความร้อนและพัฒนาระบายอากาศ	28
รูปที่ 3.16 วงจรควบคุมพัฒนเป่าอากาศ	29
รูปที่ 4.1 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส	37
รูปที่ 4.2 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 4.3 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส	39
รูปที่ 4.4 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส	40
รูปที่ 4.5 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 60%RH	45
รูปที่ 4.6 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 70%RH	46
รูปที่ 4.7 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 80%RH	47
รูปที่ 4.8 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 90%RH	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงขาสัญญาณของ SHT 15	8
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT 15	8
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA	10
ตารางที่ 4.1 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส	33
ตารางที่ 4.2 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส	34
ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส	35
ตารางที่ 4.4 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส	36
ตารางที่ 4.5 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 60%RH	41
ตารางที่ 4.6 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 70%RH	42
ตารางที่ 4.7 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 80%RH	43
ตารางที่ 4.8 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าความชื้นที่ 90%RH	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในระบบอุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อมภายนอกเช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญที่มักทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จะต้องทำงานในสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีทั้งอุณหภูมิความชื้นและแสงสว่างซึ่งมีผลกระทบโดยตรงดังนั้นจะต้องมีการ ทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ว่าสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิเท่าไร และจะเริ่มเกิดค่าผิดพลาดที่อุณหภูมิเท่าไร ซึ่งความชื้นก็ต้องมีการทดสอบเช่นกัน เพื่อให้ทราบว่าต้องควบคุมสภาพแวดล้อมภายในระบบเป็นเท่าไรจึงทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบรวม ไปถึงการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในขอบเขต การผลิตก็มีความสำคัญเป็นอย่างมากเช่นกัน เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์หลายชนิดในขั้นตอนการผลิตต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น เช่น เครื่องอุปโภค บริโภคหลายๆชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาหารสด หรืออาหารสำเร็จรูปต่างๆ ซึ่งในรูปแบบของ โครงการนี้ ได้มีการจำลองสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ให้ได้ตามที่ต้องการ

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ภายในห้องปิด โดยใช้ Microcontroller ตระกูล PIC เบอร์ 16F877A
2. ศึกษาวงจรการทำงานในการเพิ่มอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิ เพิ่มความชื้น และลดความชื้น รวมทั้งศึกษาการทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น(SHT 15)
3. ศึกษาการเขียน โปรแกรมภาษา C เพื่อนำใช้ในการควบคุม Microcontroller (PIC 16F877A)

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การศึกษาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในห้องปิด เป็นการศึกษาถึงแบบจำลองที่จะต้องควบคุม อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระบบการผลิตเป็นอย่างมาก ต้องมีการควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดเพื่อจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามคุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งจากขอบเขตของการศึกษาโครงการแบบจำลองนี้สามารถเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิได้ตามต้องการ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการควบคุมอุณหภูมิใน zone การผลิต หากต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพื่อเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตจะต้องมีการปรับตั้งค่า zero, span ของตัว sensor และต้องสั่งให้ตัวทำอุณหภูมิทำอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการซึ่งยุ่งยากและเสียเวลาเป็นอย่างมาก หรือแม้แต่การควบคุมความชื้นซึ่งสามารถเพิ่มและลดได้ตามต้องการ เป็นประโยชน์อย่างมาก ต่ออุตสาหกรรมที่ต้องการมีการควบคุมความชื้น ที่แม่นยำเช่นอุตสาหกรรมส่งออก ข้าวเปลือก,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนผู้ญาติเห็นหน้าไปเว็บไซต์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยไม้, เห็ด เป็นต้น หากมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ดีก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของลูกค้า

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับโครงการเช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งในด้านการควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งในด้านการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ที่อยู่ในระบบปิดรวมทั้งปัจจัยและผลกระทบต่างๆที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในระบบปิด ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการทำโครงการชุดนี้ เช่น ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวเซนเซอร์ แผงปุ่มกด และ ตัวแสดงผล เป็นต้น

2. จัดหาวัสดุ ,อุปกรณ์ในการทำโครงการ และศึกษาทำความเข้าใจวัสดุและอุปกรณ์ พร้อมทั้งทดสอบการทำงานเพื่อพร้อมที่จะนำมาใช้งาน เช่นทดสอบตัวหน้าจอดีแสดงผล การป้อนค่า ที่แผงปุ่มกด เป็นต้น

3. วางแผนงาน และออกแบบวงจร hardware ของโครงการ

4. ศึกษาการเขียน โปรแกรม เพื่อไปควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

5. เขียนโปรแกรม software ของการควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตาม flowchart ที่ได้มีการวางแผนเอาไว้

6. ทดสอบการทำงานของโครงการทั้ง hardware และ software เพื่อให้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์

7. ทดสอบการทำงานของโครงการ บันทึกผล และสรุปผลการทำงานทั้งหมด

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 Microcontroller (PIC16F877A)

PIC คือ microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของเจ้า microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมัน ไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, I²C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอกในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

2.1.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877(A)

ส่วนประกอบหลักคือ ซีพียู, หน่วยความจำข้อมูล, ส่วนติดต่อพอร์ต, ส่วนจัดการสัญญาณนาฬิกาของระบบ, วงจรรีเซ็ตหลัก, ส่วนควบคุมการตอบสนองอินเทอร์รัปต์และส่วนจัดการด้านไฟเลี้ยง แต่จะมีโมดูลพิเศษเพิ่มเติมเข้ามาอีกพอสมควร เพื่อช่วยให้ PIC16F877 มีความสามารถสูงมากขึ้น ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซ็ต (brown-out reset), ส่วนแก้ไขข้อมูลส่วนวงจรหรือดีบั๊กเกอร์ (In-circuit debugger), วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (low-voltage programming), ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว, วงจรแปลงสัญญาณ แอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต, I²C, โมดูลสื่อสารอนุกรม (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) และ โมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ-ตรวจจับสัญญาณ-วงจรมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์หรือ PWM (CCP : Compare Capture Pulse-width modulation) นอกจากนี้ในอนุกรม PIC16F877 จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันแอนาล็อกและ โมดูลสร้างแรงดันอ้างอิงเพิ่มเติมเข้ามาอีกด้วย

2.1.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F877A

คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20MHz
- หน่วยความจำโปรแกรม 8 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ 368 ไบต์
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม 256 ไบต์
- ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์สูงสุดถึง 15 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีสเตจ 8 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวงจรเพาเวอร์อนรีเซต(POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สคาร์ตอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- เลือกรักษาข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถข้อมูลสามารถเลือกระดับการป้องกันได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5 V ได้
- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger) ผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5.5 V
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลดน้อยกว่า 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5 V และสัญญาณนาฬิกา 4MHz / 20µA ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz น้อยกว่า 1 µA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือ แสตนด์บาย

คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์ และ ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์, โพสดีสเกลเลอร์ และรีจิสเตอร์คาบเวลา (period register) ขนาด 8 บิต ในตัว
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ (Capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที ส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 200นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต (5 ช่องสำหรับรุ่น 28 ขา และ 8 ช่องสำหรับรุ่น40ขา)
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I²C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเทกชัน : Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซีพียู หรือ เรียกว่า บราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset : BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

ใน PIC16F877A มีหน่วยความจำข้อมูลแรมสำหรับใช้งานทั่วไป 368 ไบต์ มีรีจิสเตอร์ไฟล์ 8 บิต 54 ตัว หรือ 56 ตัว แต่ละแบงก์มีขนาดสูงสุด 128 ไบต์ แต่มีการใช้งานได้จริงในแต่ละแบงก์ต่างกัน โดยในแต่ละแบงก์มีการจัดสรรพื้นที่ดังนี้

แบงก์ 0 มีช่วงแอดเดรส 0x00-0x7F

แอดเดรส 0x00-0x1F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์

แอดเดรส 0x20-0x7F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 96

ไบต์

แบงก์ 1 มีช่วงแอดเดรส 0x80-0xFF

แอดเดรส 0x80-0x9F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0xA0-0xEF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80

ไบต์

แอดเดรส 0xF0-0xFF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

แบงก์ 2 มีช่วงแอดเดรส 0x100-0x17F

แอดเดรส 0x100-0x10F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x110-0x11F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป

16 ไบต์

แอดเดรส 0x120-0x16F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป

80 ไบต์

แอดเดรส 0x170-0x17F บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

แบงก์ 3 มีช่วงแอดเดรส 0x180-0x1FF

แอดเดรส 0x180-0x18F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรส ไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x190-0x19F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป

16 ไบต์

แอดเดรส 0x1A0-0x1EF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป

80 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส 0x1F0-0x1FF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

2.1.4 ความเร็วของ PIC

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 μ Sec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่น ได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

2.1.5 หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีที่หวังว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC 16F84A ระบุว่ามีความจำ 1K (ซึ่งหมายถึง 1 K word ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ bits ดังนั้นก็คือ $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75K$ bytes นั่นเอง

2.1.6 สถาปัตยกรรมของ PIC

ตอนนี้มี 3 สายหลักๆ สมัยก่อนมีแค่สอง คือ ขึ้นต้นด้วย 16xxx, 17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากที่สุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และ 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียน โปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาที่จะสูงกว่าด้วยแต่ที่เป็นที่นิยมก็คือ ตระกูล 16xxx ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ใน chip ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาก็คือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียว โดยไม่ต้องใช้ chip อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่ก็คือคุณสมบัติพิเศษของ PIC ซึ่งปัจจุบันหลายบริษัทที่ผลิต Microcontroller ก็เริ่มจะหันมาเลียนแบบแนวทางนี้ แต่ทุกอย่างย่อมมีข้อเสีย เนื่องจาก concept ที่จะรวมทุกอย่างไว้ใน chip เดียว ทำให้ program memory และ data memory ไม่สามารถขยายโดยใช้กับ memory ภายนอกได้ (ในทางทฤษฎี ของจริงที่ทำได้ แต่ต้องใช้เทคนิคเล็กน้อย ซึ่งไม่นิยม) PIC จึงเหมาะสำหรับงานเล็กๆ ไม่งานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้การคำนวณ และ memory มากมาย

2.1.7 ชนิดของ PIC

MCU ในตระกูล PIC ถ้าแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY แบ่งได้ เป็น 3 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

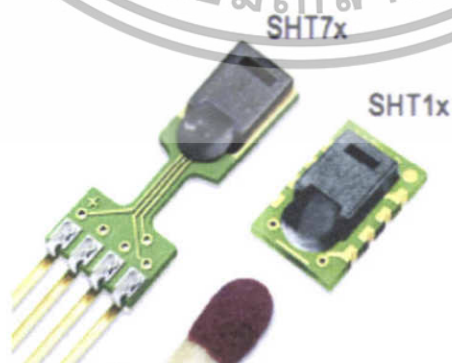
1. OTP (One Time Programmable) OTP เป็น chip ที่มีราคาถูกที่สุด ในสามประเภทสาเหตุก็มาจากว่า chip แบบ OTP จะสามารถทำการ โปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น หลังจาก chip ได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถ โปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้น chip ประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งจุดบกพร่องต่างๆในโปรแกรม ไม่มีอีกแล้ว เพราะจะมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบตัว memory ประเภทอื่น จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัว chip เช่น 16C84, 16C74

2. EPROM (Erasable Programmable ROM) EPROM เป็น chip ที่มี program memory ที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยให้แสง UV (Ultra Violet) ส่องผ่านเข้าไปยัง chip ประมาณ 5-10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของ chip จะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสง UV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัว chip ได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเช่นกัน เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสง UV มากๆ ตัว chip ก็จะมีอายุเร็วขึ้น

3. EEPROM/Flash (Electrically Erasable Programmable ROM) EEPROM/Flash เป็น chip ที่ออกมาไม่กี่ปีเอง ส่วนของ program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภทมีตัวอักษร F ขึ้นตัวบอก เช่น 16F84, 16F877A

2.2 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (SHT 15)

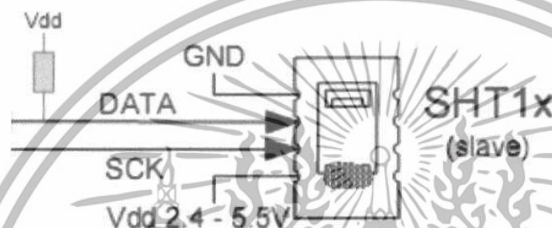
ส่วนวัดผลทางอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์ SHT 15 ซึ่ง SHT 15 สามารถใช้เป็นเซนเซอร์วัดได้ทั้งอุณหภูมิและมีตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อก ไปเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D) ภายในตัว SHT 15 เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่าทางฟิสิกส์เป็นข้อมูลดิจิทัล ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์จึงจะได้ค่าเอาท์พุทที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 2.1 รูป IC SHT 15

ในโครงการนี้เราเลือกใช้ SHT 15 ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของ SHT 15

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

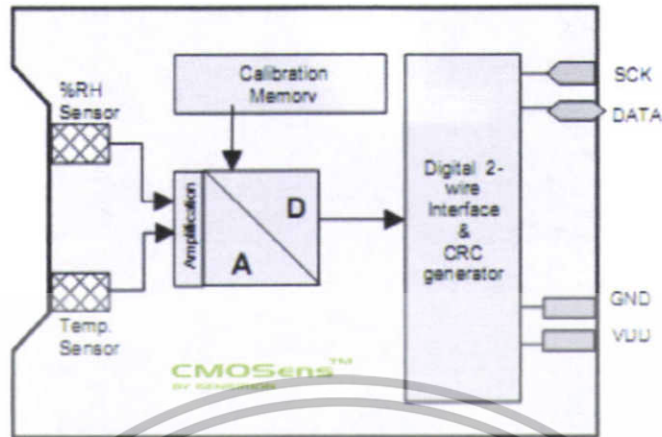
ตารางที่ 2.1 แสดงขาคัญของ SHT 15

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

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT 15

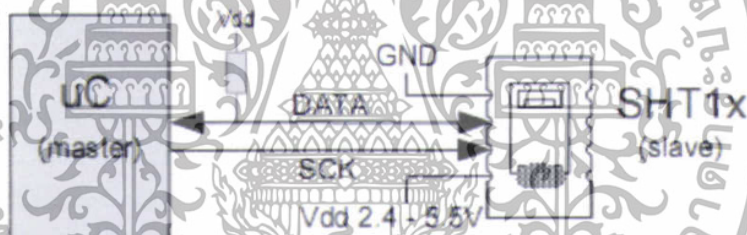
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram ของ SHT 15

การนำไปใช้งานจะต้องวงจรลักษณะดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อ SHT 15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4-5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ดึง SHT15 ปรแล้ว SHT 15 จะใช้เวลาระมาณ 11 ms เพื่อเข้าสู่โหมด Sleep ดังนั้นต้องส่งข้อมูลก่อนที่ IC จะเข้าสู่โหมด Sleep ในการต่อ Vcc กับ GND ควรที่จะต่อ C 100 nF คร่อมระหว่างขาVcc กับ GND
- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface (Bidirectional 2 wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I²C แต่ไม่เหมือน I²C ทั่วไป
- การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ SHT 15
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ใ้ดังรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT 15

Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	VDD > 4.5 V			10	MHz
	VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{FPO}	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
	Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLX}	SCK hi/low time	100			ns
T _V	DATA valid time		250		ns
T _{SU}	DATA set up time	100			ns
T _{HO}	DATA hold time	0	10		ns
T _r /T _f	SCK rise/fall time		200		ns

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA



รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติ ของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ส่วนแสดงผลทาง LCD Module

เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวซึ่งเป็นสารที่รวมตัวกันอย่างได้สัดส่วนระหว่างของเหลวกับผลึก LCD มีข้อดีหลายประการ

- กินพลังงานน้อย ต้องการกำลังงานน้อย แรงดันต่ำ
- เชื้อถั่วได้ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างและมีอายุการใช้งานนาน
- ง่ายที่จะทำการควบคุมการแสดงผลข้อมูล
- ราคาถูก ใช้งานได้กว้างขวาง

ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ LCD กลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ผลิตออกสู่ท้องตลาดในยุคปัจจุบัน

ในยุคแรกๆ จะเป็นส่วนประกอบของนาฬิกา เครื่องคิดเลข หรือเครื่องมือวัดต่างๆ และต่อมาได้มีการพัฒนาเข้ามามีบทบาทในระบบคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลในปัจจุบัน LCD ได้เข้ามาแทนที่จอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) ในการแสดงผลกราฟฟิก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่จอภาพแบบ CRT ในที่สุด

ในโครงงานนี้จะใช้ตัวแสดงผลแบบ LCD Module แบบแสดงผลตัวอักษร (Characters) ขนาด 20 X 4 (ขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด) ต่อใช้งานดังรูปที่แสดง

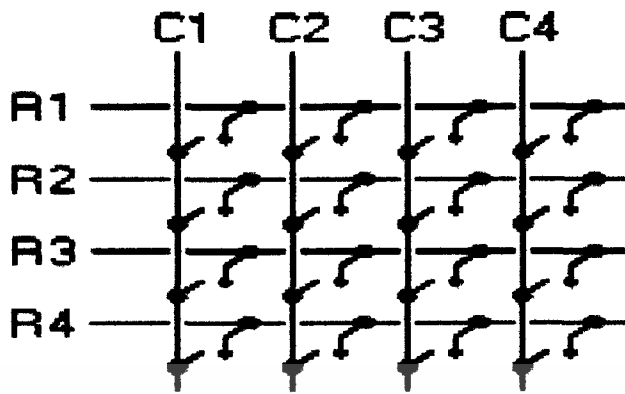


2.4 คีย์แพด หรือ สวิตช์เมตริกซ์ 4X4

การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตช์เป็นอีกงานหนึ่งที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมด้วยได้วงจรของสวิตช์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรง เมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง วงจรในลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อน สามารถอ่านค่าของสวิตช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตช์มีมากมาย จำนวนของสายข้อมูลก็จะมีมากตามทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง

วงจรของสวิตช์อีกลักษณะหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ (matrix switch) ดังในรูปที่

สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแนวนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หลักหรือ คอลัมน์ (column) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

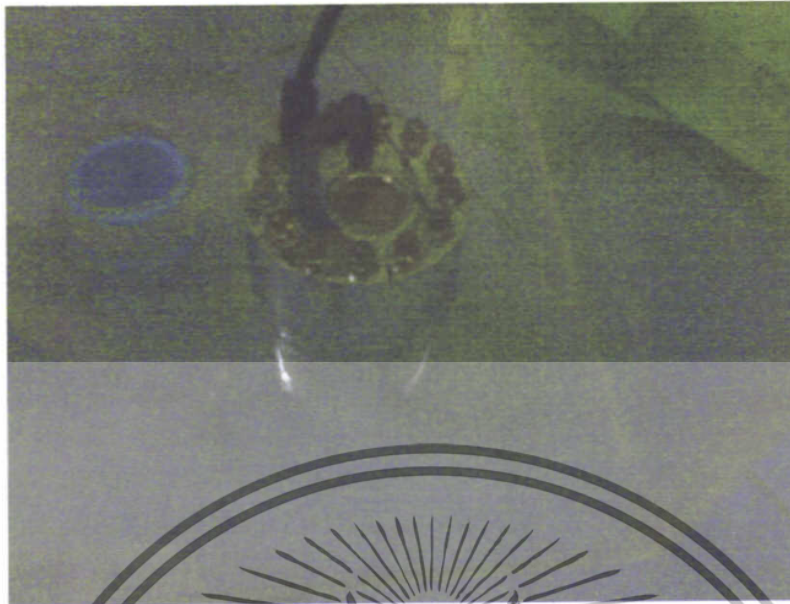


รูปที่ 2.8 คีย์แพด

2.5 ตัวทำความชื้นชนิดอัลตราโซนิก (ULTRASONIC HUMIDIFIERS)

ตัวทำความชื้นถูกใช้ในการปรับระดับความชื้น หืออยู่ในช่วงที่สามารถควบคุมได้ในระบบการทำงานของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การลดอัตราการส่งผ่านพาหะซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเชื้อแบคทีเรียในโรงพยาบาล, การลดไฟฟ้าสถิตในห้องคอมพิวเตอร์และห้องที่ควบคุมเรื่องความสะอาดของโรงงานอุตสาหกรรม

ตัวทำความชื้นชนิดอัลตราโซนิก จะสร้างกลุ่มหมอกไอน้ำที่ปราศจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโดยใช้การสั่นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นการสั่นเชิงกล โดยใช้ตัวแผ่นเพียโซ (a piezo disk) จุ่มลงในน้ำ การสั่นเชิงกลจะมีผลโดยตรงที่พื้นผิวน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดความถี่สูงที่บริเวณผิวน้ำทำให้เกิดกลุ่มหมอกของหยดน้ำบริเวณนั้น ขบวนการนี้ไม่สามารถส่งผ่านความร้อนได้ การลดลงของตัวทำความชื้น ใช้พลังงานประมาณ 90 ถึง 93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบที่ทำการต้มน้ำ ตัวทำความชื้นชนิดอัลตราโซนิกแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงและการซ่อมบำรุงต่ำกว่าตัวทำความชื้นแบบ electrode canisters, quartz lamps and indirect stream-to-stream ขบวนการนี้จะไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อนซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคาร เมื่อเทียบกับตัวทำความชื้นแบบสร้างไอน้ำโดยตรง (direct stream humidifiers)



รูปที่ 2.9 ตัวทำความร้อน

2.6 Heater

การเพิ่มอุณหภูมิใน เครื่องงานชุดนี้ ใช้ Heater ที่มีกำลัง 300 Watt ในการทำความร้อน โดยเป็นแท่งตัวนำยาว เพียงตัวเดียว เพื่อให้เพิ่มอุณหภูมิในห้องปฏิกิริยา



รูปที่ 2.10 Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและการสร้าง

3.1 โครงสร้างโรงเรือน

โรงเรือนเป็นอะคิลิก มีความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร และมีกล่องเก็บตัวทำหมอก ซึ่งมีความกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร และมีแผงควบคุมบนโรงเรือน

ที่โรงเรือนมีการติดอุปกรณ์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ โดยมีพัดลมดูดความชื้น 1 ตัว พัดลมระบายอากาศ 1 ตัว Heater 1 ตัว ตัวทำหมอก 1 ตัว

3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างๆของโรงเรือน จะต้องมีการควบคุม เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติเฉพาะของพืชแต่ละชนิด การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปัจจุบันส่วนมากมักจะใช้แรงงานคนในการควบคุม เช่นการใช้แรงงานคนเพื่อคอยตรวจสอบอุณหภูมิของโรงเรือนจากเทอร์โมมิเตอร์ หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชก็ทำการแก้ไขโดยการเปิดเครื่องทำความร้อนหรือพัดลมระบายอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยาก ดังนั้นในโครงงานนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และทำการคิดค้นระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกร

รูปร่างโครงงาน



รูปที่ 3.1 ด้านหน้าของโรงเรือน

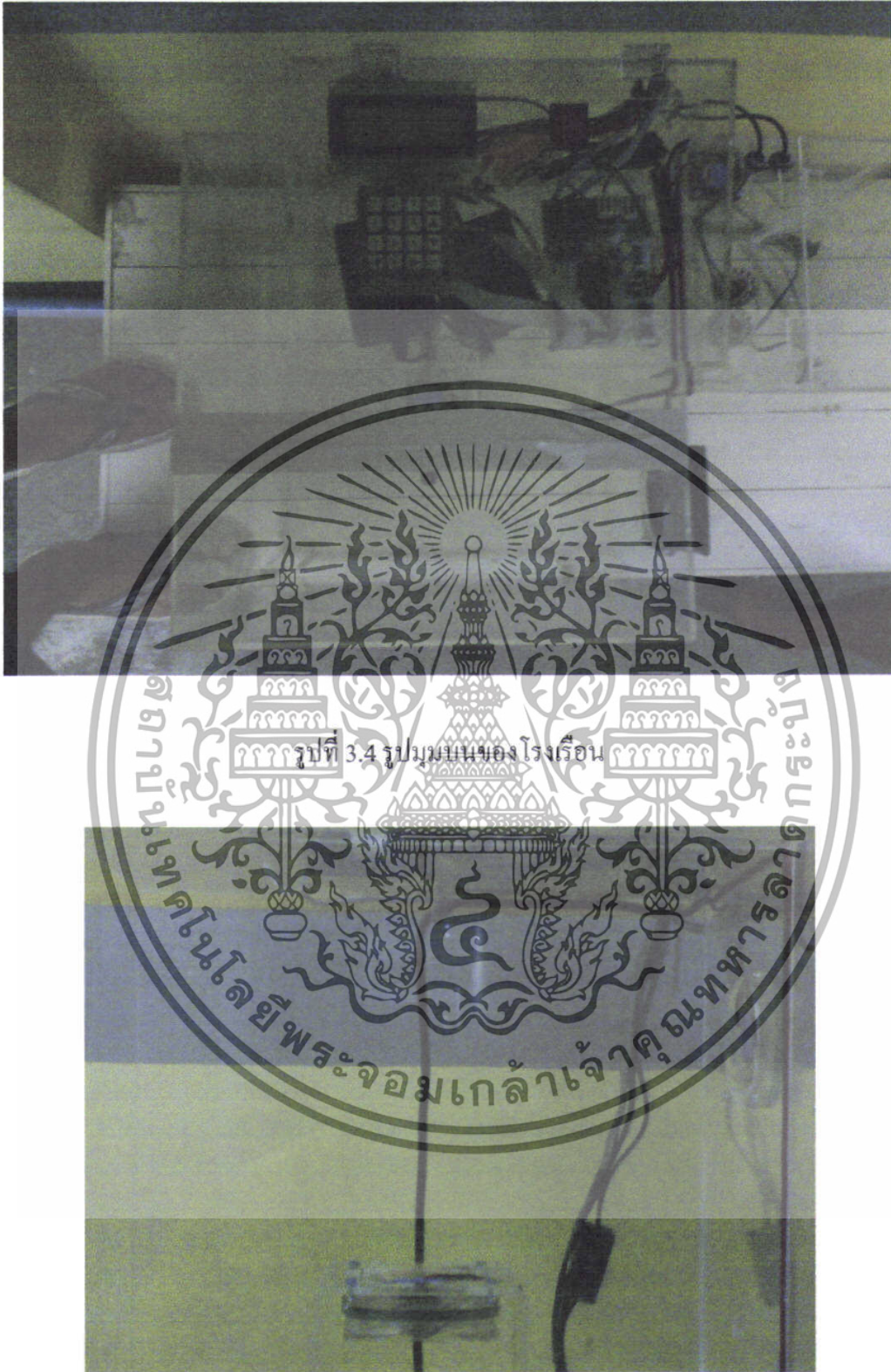
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ด้านข้างทางฝั่งที่มีตัวทำผลงานชิ้น

รูปที่ 3.3 ด้านข้างอีกฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมในโครงการนี้แบ่งออกเป็น

1. หน่วยอินพุต

- เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในโรงเรียน แล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผลหลัก

- คีย์แพด เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการสื่อสารระหว่างหน่วยประมวลผลกับผู้ใช้ โดยจะนำข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนสู่คีย์แพดซึ่งได้แก่ค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับชนิดของพืช ส่งไปยังหน่วยประมวลผลต่อไป

2. หน่วยประมวลผล

หน้าที่หลักของหน่วยประมวลผลคือการประมวลสัญญาณอินพุตต่างๆ ตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ผลของการประมวลผลอาจออกมาเป็นตัวอักษรต่างๆ บนจอ LCD และสัญญาณควบคุมส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้ายเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ให้ตรงตามเป้าหมาย

3. หน่วยเอาต์พุต

เป็นส่วนที่แสดงผลหรือข้อมูลที่ได้ออกจากการประมวลผลเช่นการแสดงผลต่างๆ ในรูปของตัวอักษรบน LCD โมดูล เพื่อเป็นสิ่งที่แสดงให้ผู้ใช้รับรู้ถึงข้อมูลของต่างๆ ในระบบที่เกิดขึ้น แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรียน แสดงค่าเป้าหมายของระบบ สัญญาณควบคุมก็เป็นเอาต์พุตตัวหนึ่งที่หน่วยประมวลผลสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นคำสั่งสัญญาณควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

4. อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย

ได้แก่ชุดควบคุม Heater ชุดควบคุมตัวทำหมอก ชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศและพัดลมดูดอากาศ

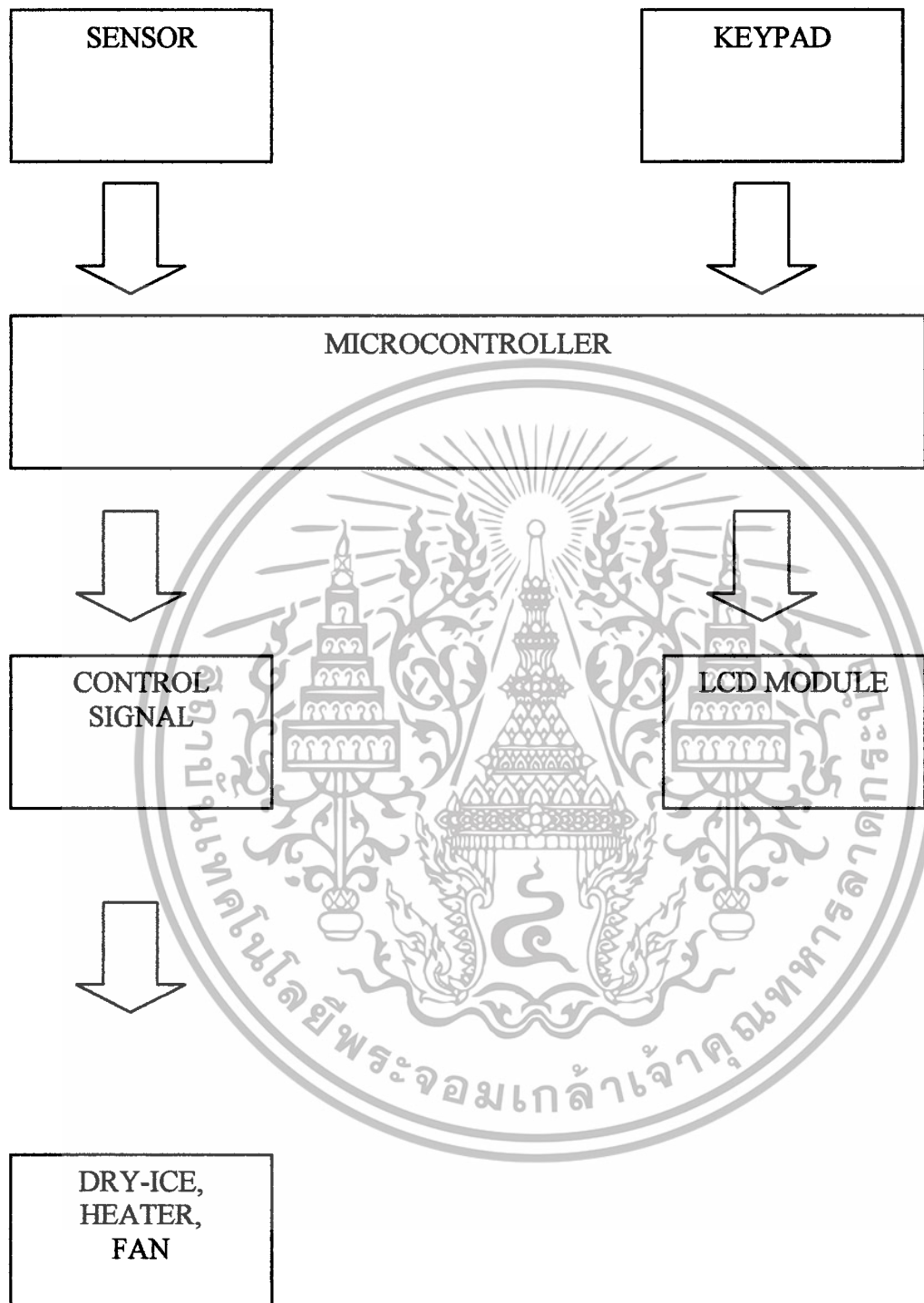
หลักการดำเนินงานของโครงการเบื้องต้น

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงภาพรวมของหลักการดำเนินงานของโครงการเรื่องการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในโครงการนี้เราได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A เป็นตัวประมวลผลหลักในการสั่งการทำงาน โดยที่จะรับค่าอุณหภูมิและความชื้นผ่านทาง Keypad และส่งต่อเข้าหาอินพุตของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และค่าที่เราทำการตั้งไว้นี้จะแสดงผลที่จอ LCD ผ่านทางขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่เรป้อนค่าให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วก็จะทำการประมวลผล โดยที่จะทำการเช็คอุณหภูมิภายในโรงเรียน โดยเซ็นเซอร์จะตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเรียน และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่เราป้อนเข้าไป ถ้าค่าที่ป้อนเข้าไปสูงกว่าค่าที่เซ็นเซอร์ ทำการวัดได้จากโรงเรียน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการสั่งให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heater ทำงาน เพื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นภายใน โรงเรือน และในขณะที่เดียวกันก็สั่งให้ Dry-Ice ทำงานเพื่อให้เกิดไอน้ำ และพัดลมจะดูดไอน้ำจากห้อง Dry-Ice เข้ามาภายใน โรงเรือนเพื่อทำความชื้น และเมื่ออุณหภูมิกับความชื้นถึงค่าที่เราป้อนไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการสั่งตัดการทำงานของ Heater และ พัดลมดูดไอน้ำ และถ้าเป็นในกรณีที่เรاپ้อนค่าเข้าไปแล้วมีค่าที่ต่ำกว่าอุณหภูมิและความชื้นที่เราตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้พัดลมที่ติดไว้ด้านบนข้างทำงานเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นให้กับ โรงเรือน ซึ่งทั้งหมดนี้ก็เป็นภาพรวมของหลักการทำงานของโครงการชิ้นนี้

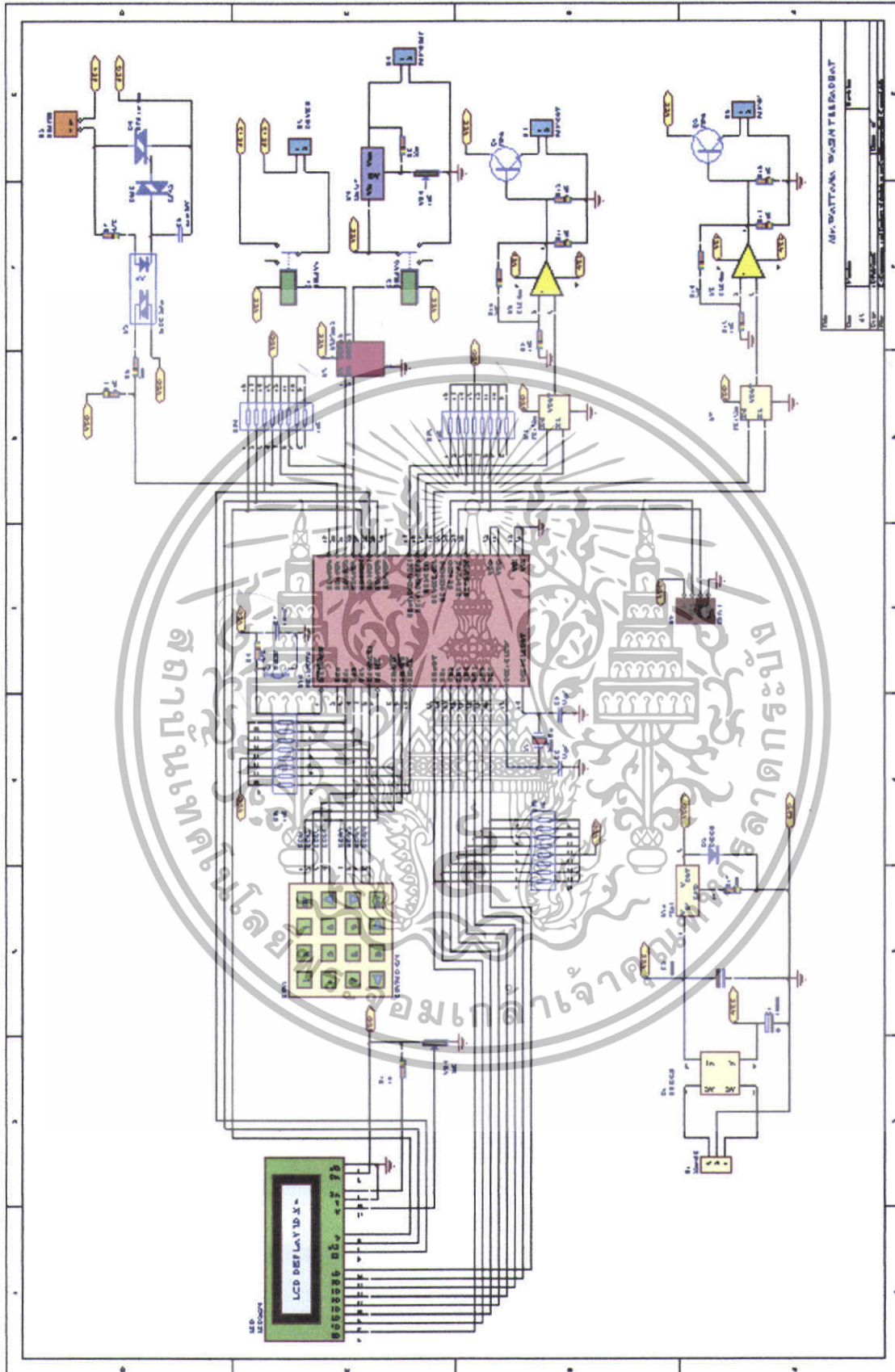


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



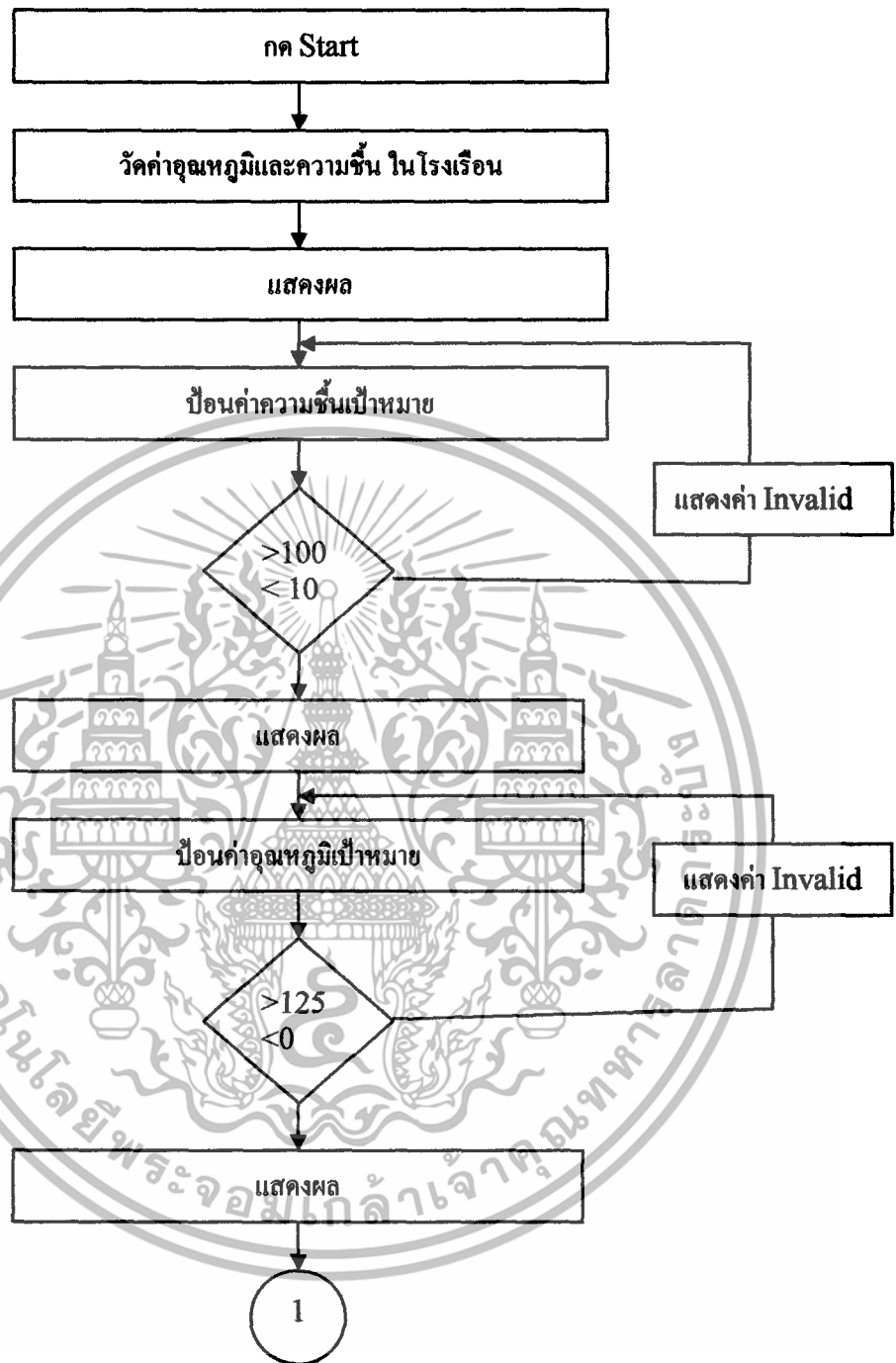
รูปที่ 3.8 แผนผังควบคุมค่าอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



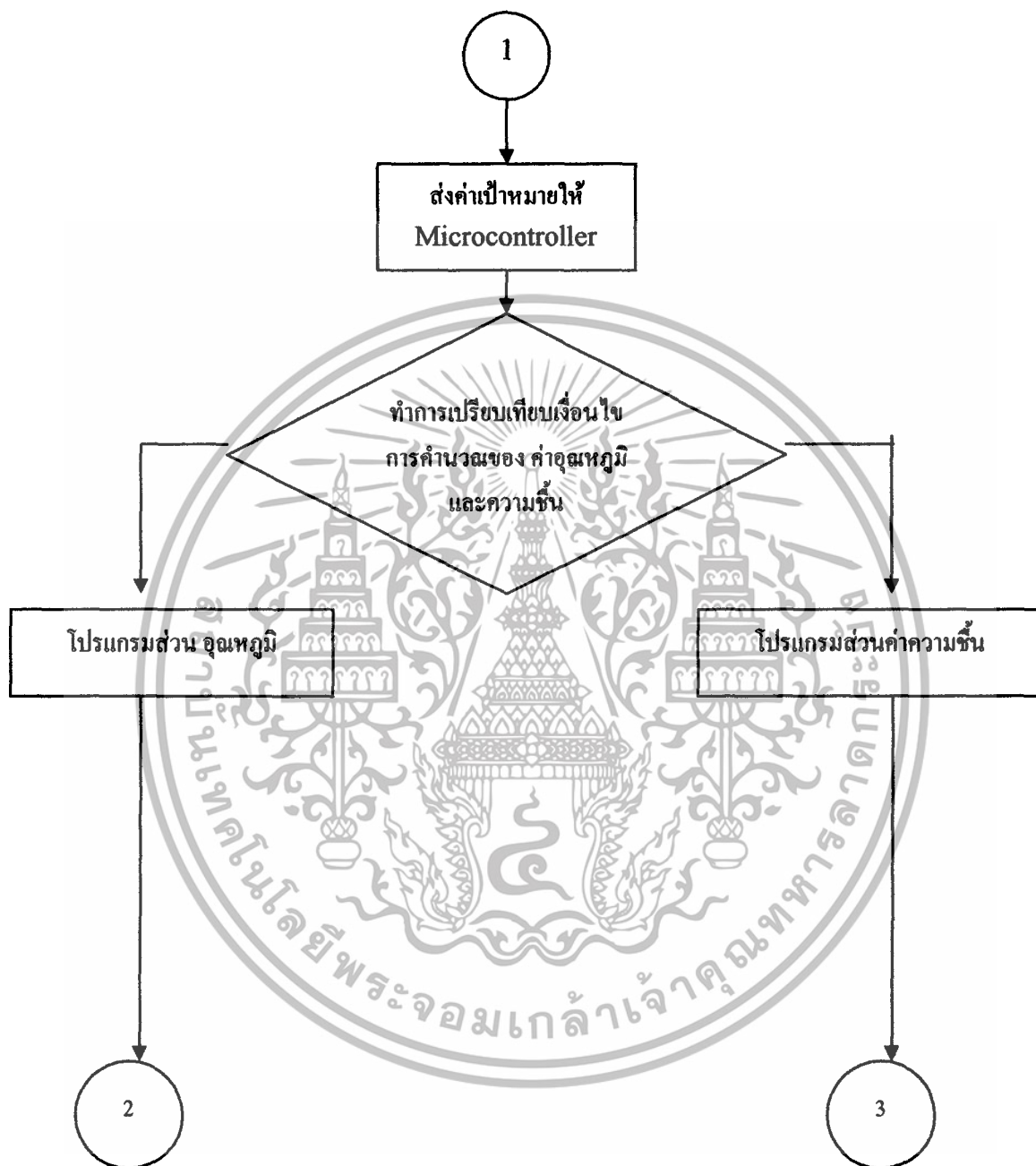
รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



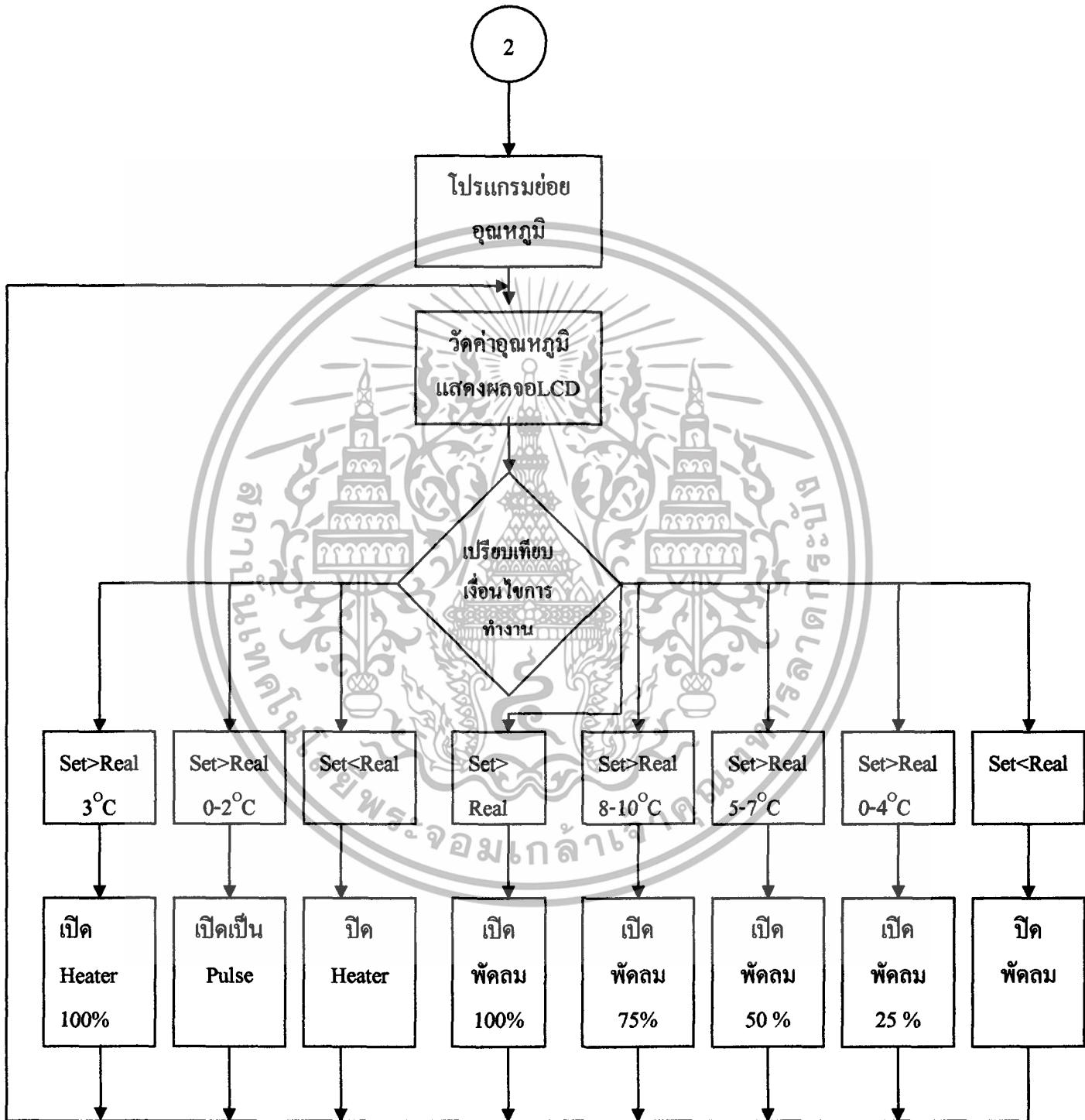
รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



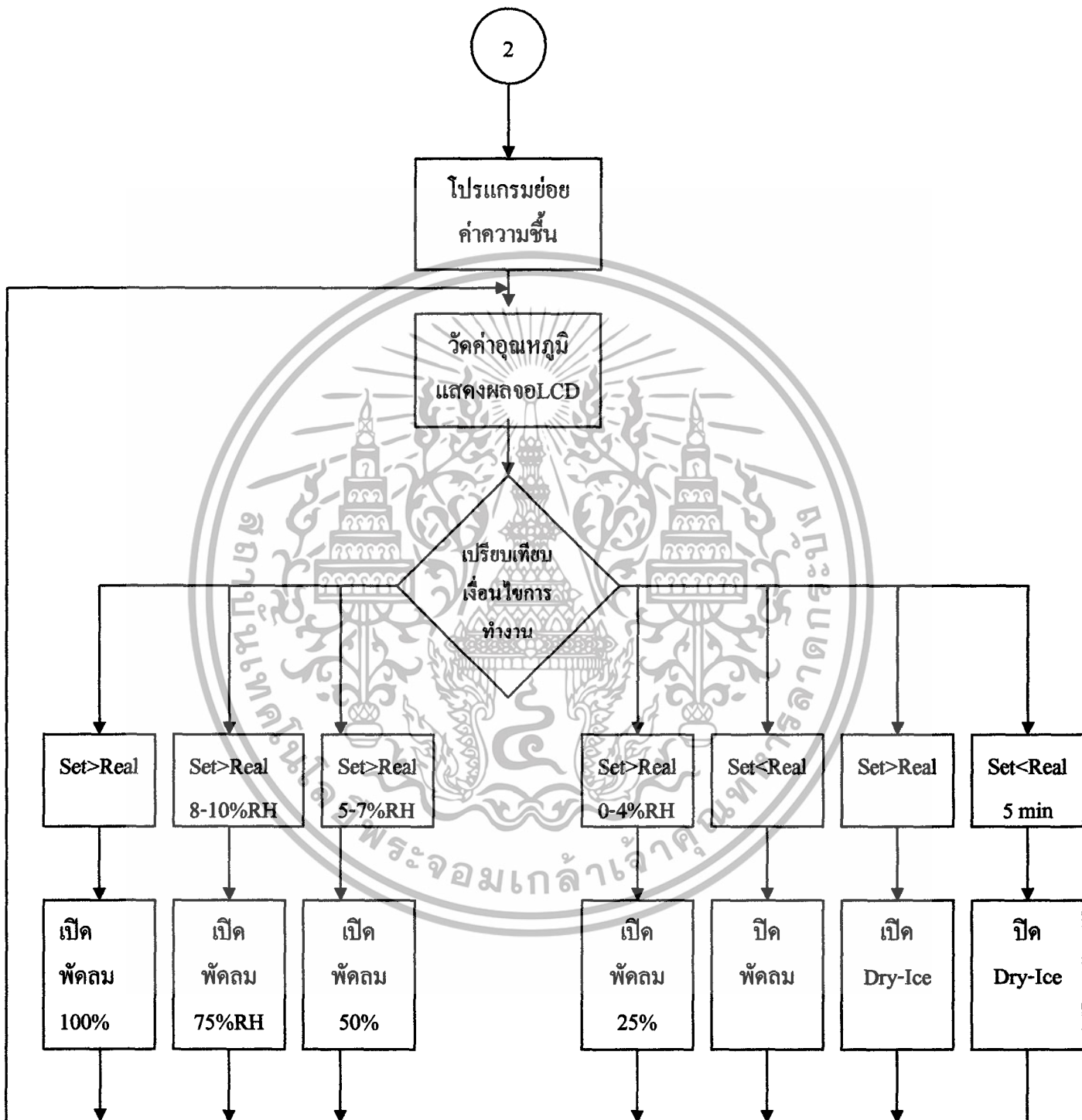
รูปที่ 3.10(ต่อ) แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงการควบคุมอุณหภูมิ

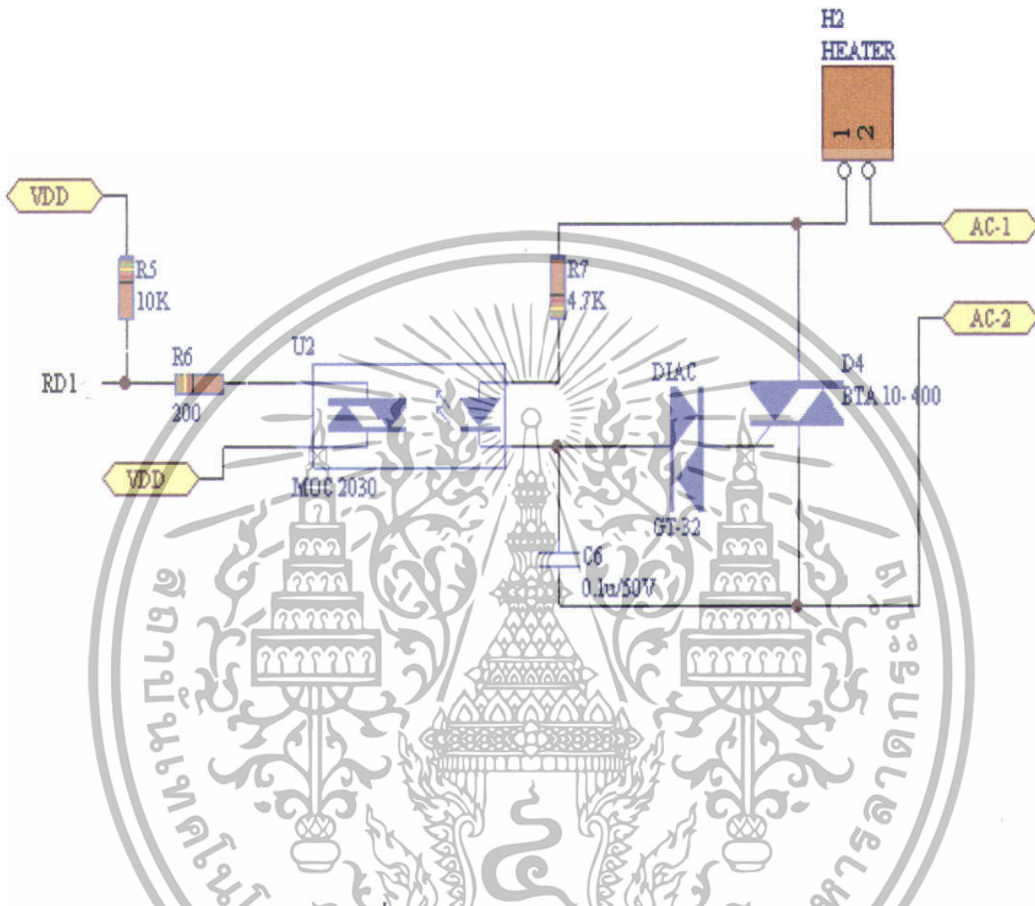
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แผนผังแสดงการควบคุมความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรควบคุม Heater

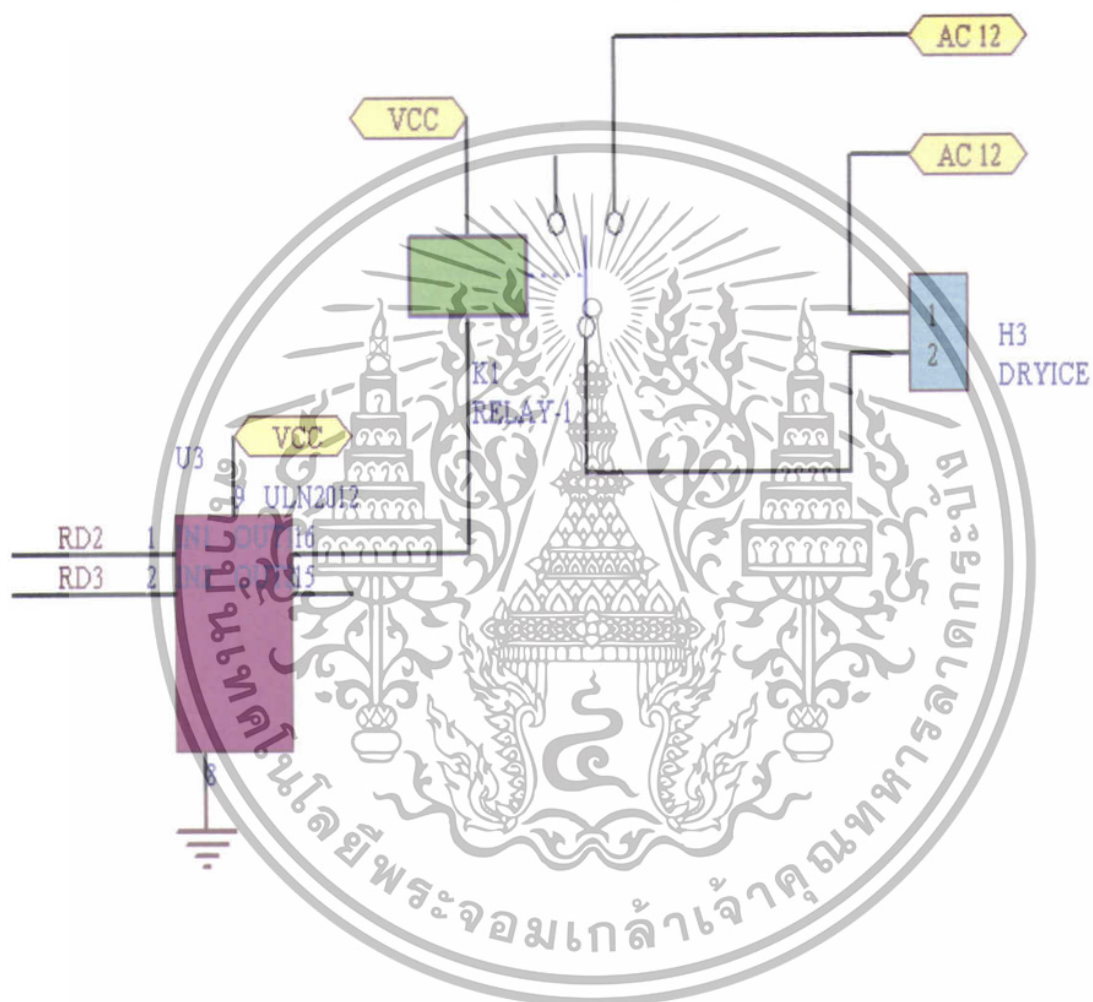


รูปที่ 3.13 วงจรควบคุม Heater

เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการจ่ายแรงดันให้กับ Heater โดยรับสัญญาณจากหน่วยประมวลผล โดยมี Opto-Triac (MOC 2030) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทำงานด้วยแสง และทำการแยกกราวด์ของ Heater ออกจากกราวด์ของระบบควบคุม ในวงจร มี Diac (GT-32) เป็นตัวกระตุ้นขาเกตของ Triac (BTA 10-400) ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ไฟกระแสสลับให้กับ Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรควบคุมตัวทำความชื้น

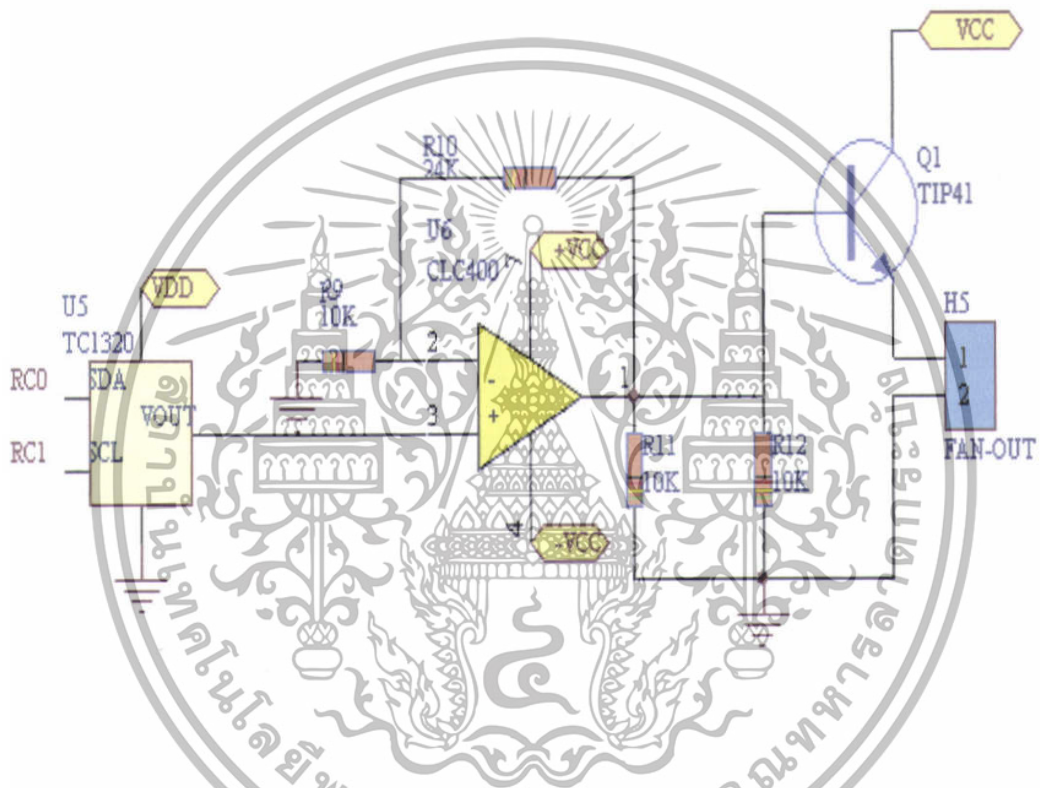


รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมตัวทำความชื้น

เป็นวงจรควบคุมการจ่ายแรงดันเพื่อ เปิด-ปิดการทำงานของตัวทำความชื้น โดยรับ สัญญาณจาก หน่วยประมวลผลเอง โดยมี IC (ULN 2003) เป็นตัวสั่งให้หน้าสัมผัส Relay ทำงาน ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เปิด-ปิด การทำงานของตัวทำความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรควบคุมพัดลมอุณหภูมิขึ้นและพัดลมระบายอากาศ

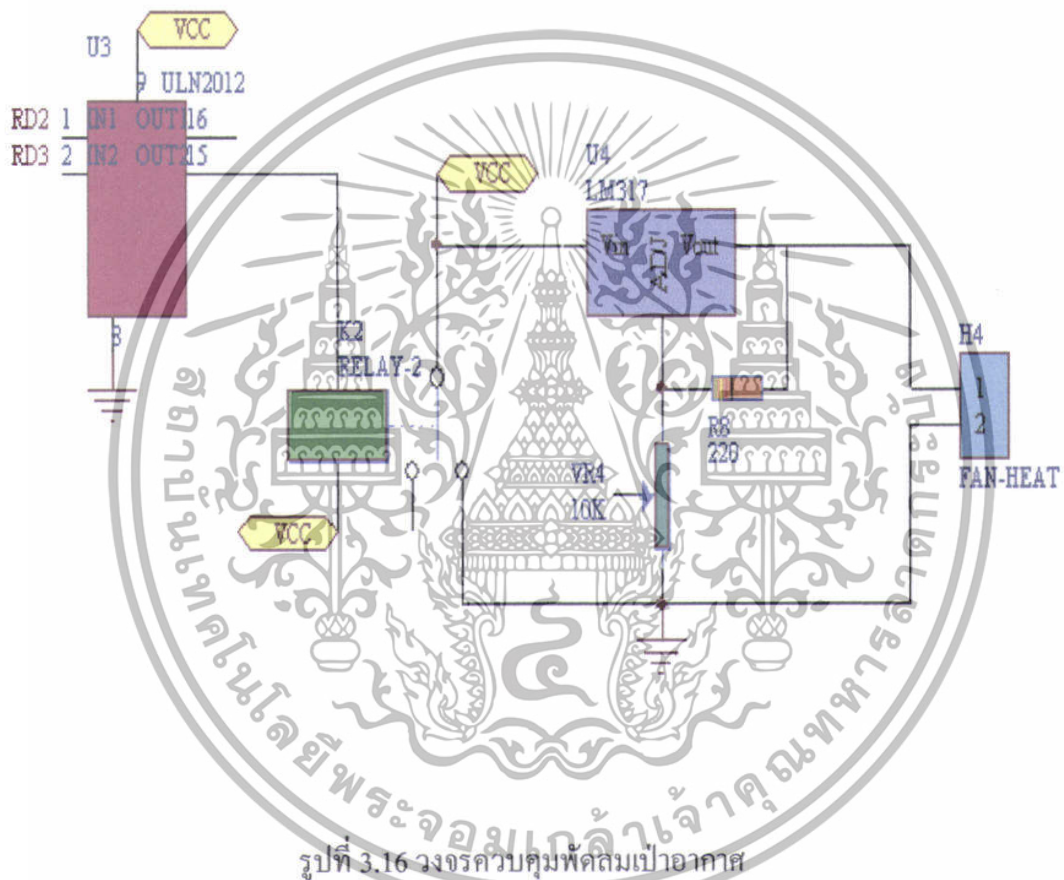


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมพัดลมอุณหภูมิขึ้นและพัดลมระบายอากาศ

เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟให้กับพัดลม DC 12 V โดยรับสัญญาณจากหน่วยประมวลผล โดยมี DAC (TC1320) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก Digital เป็น Analog 1-5 V ส่งสัญญาณไปยัง Opamp (T41) เพื่อขยายแรงดันที่ได้มา 2.4 เท่า ส่งต่อให้ขาเบส ของ Transister (Tip41) เพื่อควบคุมพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรควบคุมพัดลมเป่าอากาศ



รูปที่ 3.16 วงจรควบคุมพัดลมเป่าอากาศ

เป็นวงจรควบคุมการจ่ายแรงดันให้กับพัดลม DC 12 V โดยรับสัญญาณจากหน่วยประมวลผล โดยมี IC (ULN 2003) เป็นตัวส่งให้หน้าสัมผัส Relay ทำงาน ทำหน้าที่เป็นสวิทช์สั่งเปิด-ปิด การทำงานของพัดลม โดยมี LM 317 เป็นตัวปรับแรงดันที่ทำหน้าที่จ่ายให้กับพัดลม โดยปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ R 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การใช้งานโปรแกรมควบคุม

ระบบควบคุมจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ ส่วนประมวลผล ส่วนแสดงผล ส่วนติดต่อผู้ใช้ อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย ซึ่งเซ็นเซอร์และสัญญาณควบคุม โปรแกรมจะทำการเชื่อมโยงส่วนต่างๆเหล่านี้มาทำงานร่วมกัน การทำงานของโปรแกรมจะเป็นไปได้อย่างอัตโนมัติ และเพื่อประโยชน์สูงสุด โปรแกรมควรสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานให้ตรงกับผู้ใช้งาน โปรแกรมควบคุมของโครงการนี้ถูกออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนค่าเป้าหมายต่างๆได้ คืออุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับชนิดของพืช โดยผู้ใช้สามารถติดต่อกับหน่วยประมวลผลผ่านทางคีย์แพด และจอแสดงผล LCD

ขั้นตอนการใช้งาน

1. เปิดสวิตซ์ให้แกระบบควบคุมภายใน โรงเรือนจำลอง
2. เมื่อจ่ายไฟแกระบบ จะมีค่าความชื้นในห้อง อุณหภูมิในห้อง และค่าความชื้นที่ให้เซตค่ากับค่าอุณหภูมิที่ให้เซตค่าขึ้นมา
3. ให้กดปุ่ม H ค้าง เพื่อตั้งค่าความชื้น โดยต้องกดเรียงตามลำดับเช่นจะกด ที่ 80%RH ต้องกด 080 เมื่อใส่ค่าแล้วให้กด ENT
4. ให้กดปุ่ม T ค้างเพื่อตั้งค่าอุณหภูมิ โดยต้องกดเรียงตามลำดับเช่นกับค่าความชื้น เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้วก็กด ENT
5. หากในกรณีที่เกิดกดค่าผิดพลาดให้กด "<" แล้วโปรแกรมจะเคลียร์ค่าออก
6. หากในกรณีที่เกิดเข้าโหมดผิดต้องการออกให้กด ">" แล้วโปรแกรมจะออกจากโหมดนั้นให้
7. เมื่อป้อนข้อมูลลงไปเรียบร้อยแล้วจากนั้นหน้าจอจะแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เราตั้งค่าเอาไว้ จนค่าอุณหภูมิและความชื้นเข้าสู่เป้าหมาย

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการออกแบบและจัดสร้าง วงจรตรวจจับความชื้น วงจรตรวจจับอุณหภูมิ ระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำการสร้าง โรงเรือนจำลองจึงได้นำ วงจรและอุปกรณ์ มาทำการทดลองควบคุมความชื้นและอุณหภูมิว่าสามารถที่จะควบคุมได้มีประสิทธิภาพเท่าไร

4.1 การทดลองที่ 1 การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยกำหนดค่าความชื้นคงที่ในการทดลองนี้จะทำการควบคุมอุณหภูมิในแต่ละย่าน โดยให้ค่าความชื้นคงที่ จนได้ค่าอุณหภูมิเข้าสู่เป้าหมาย

ขั้นตอนการทดลอง

1. Set ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส และ Set ค่าความชื้นไว้ที่ 80%RH
2. บันทึกผลการทดลอง
3. เปลี่ยนค่าอุณหภูมิใหม่ แต่คงค่าความชื้นไว้เหมือนเดิม
4. ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 และผังรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4

4.2 การทดลองที่ 2 การควบคุมค่าความชื้นภายในโรงเรือน โดยกำหนดค่าอุณหภูมิกงที่ในการทดลองนี้จะทำการควบคุมค่าความชื้นในแต่ละย่าน โดยให้ค่าอุณหภูมิกงที่ จนได้ค่าความชื้นเข้าสู่เป้าหมาย

ขั้นตอนการทดลอง

1. Set ค่าอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส และ Set ค่าความชื้นไว้ที่ 60%RH
2. บันทึกผลการทดลอง
3. เปลี่ยนค่าความชื้นใหม่ แต่คงค่าอุณหภูมิไว้เหมือนเดิม
4. ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 และผังรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8

4.3 การทดลองที่ 3 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยดูค่าเป้าหมายในเวลา 5 นาทีในการทดลองนี้จะกำหนดย่านอุณหภูมิและความชื้นในหลายๆย่าน และใช้เวลา 5 นาที ในการที่จะให้ค่าที่เราSet เข้าสู่เป้าหมาย เพื่อดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่Set กับค่าแท้จริง ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการภายในโรงเรือน
2. บันทึกผลการทดลอง
3. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยดูค่าเป้าหมายในเวลา 10 นาที

ในการทดลองนี้จะกำหนดย่านอุณหภูมิและความชื้นในหลายๆย่าน และให้เวลา 10 นาที ในการที่จะให้ค่าที่เรา Set เข้าสู่เป้าหมาย เพื่อดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ Set กับค่าที่แท้จริงว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการภายในโรงเรือน
2. บันทึกผลการทดลอง
3. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	31	76
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	31	76
30	31	96
60	31	96
90	31	96
120	31	96
150	33	90
180	33	90
210	33	83
240	36	77
270	36	84
300	36	84
330	36	84
360	36	84
390	36	91
420	36	91
450	36	84
480	36	84
510	36	84

ตารางที่ 4.1 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
	36	84
0	36	84
30	38	84
60	38	84
90	38	77
120	38	84
150	38	84
180	38	77
210	41	78
240	41	78
270	41	78
300	41	85
330	41	85
360	41	78
390	38	84
420	38	84
450	41	85
480	41	85
510	41	85

ตารางที่ 4.2 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	38	84
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	38	84
30	41	85
60	41	78
90	41	78
120	44	78
150	44	78
180	44	78
210	44	78
240	44	78
270	44	78
300	44	78
330	44	78
360	44	78
390	46	79
420	46	79
450	46	79
480	44	78
510	44	78

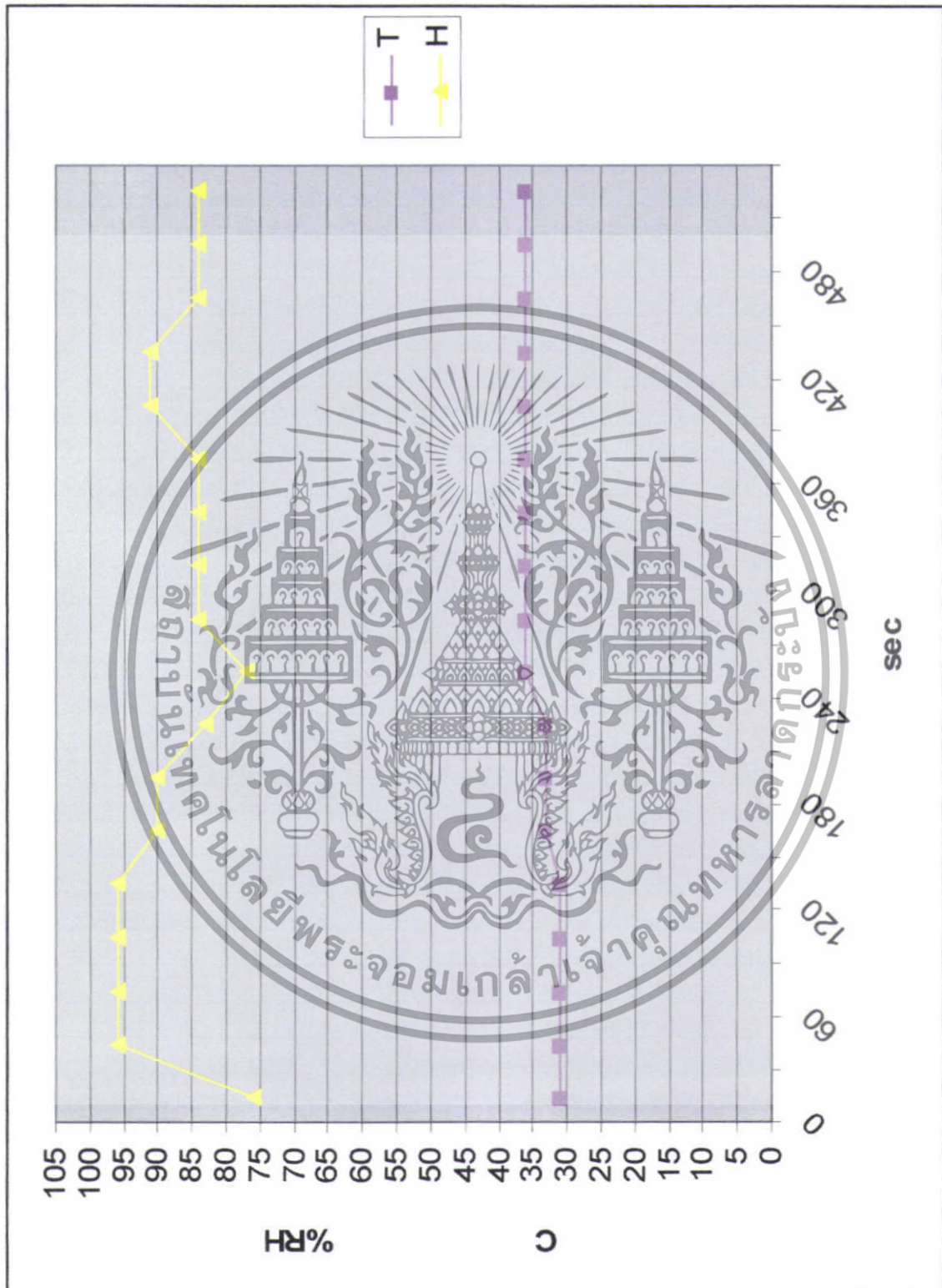
ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	44	78
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	44	78
30	44	78
60	46	79
90	46	79
120	46	79
150	49	71
180	49	71
210	49	71
240	49	71
270	49	71
300	49	71
330	49	71
360	49	71
390	49	71
420	49	71
450	49	71
480	49	71
510	49	71

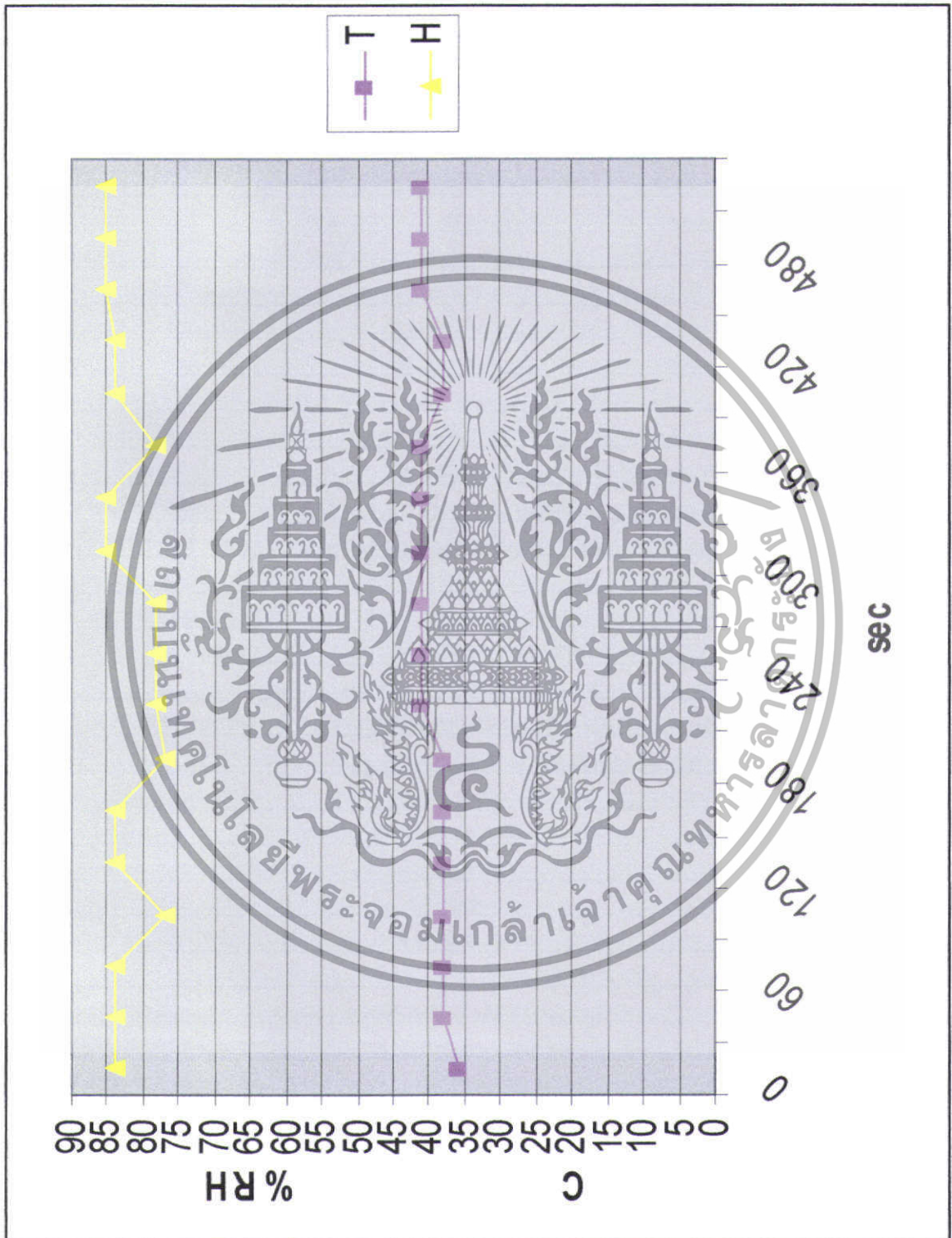
ตารางที่ 4.4 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



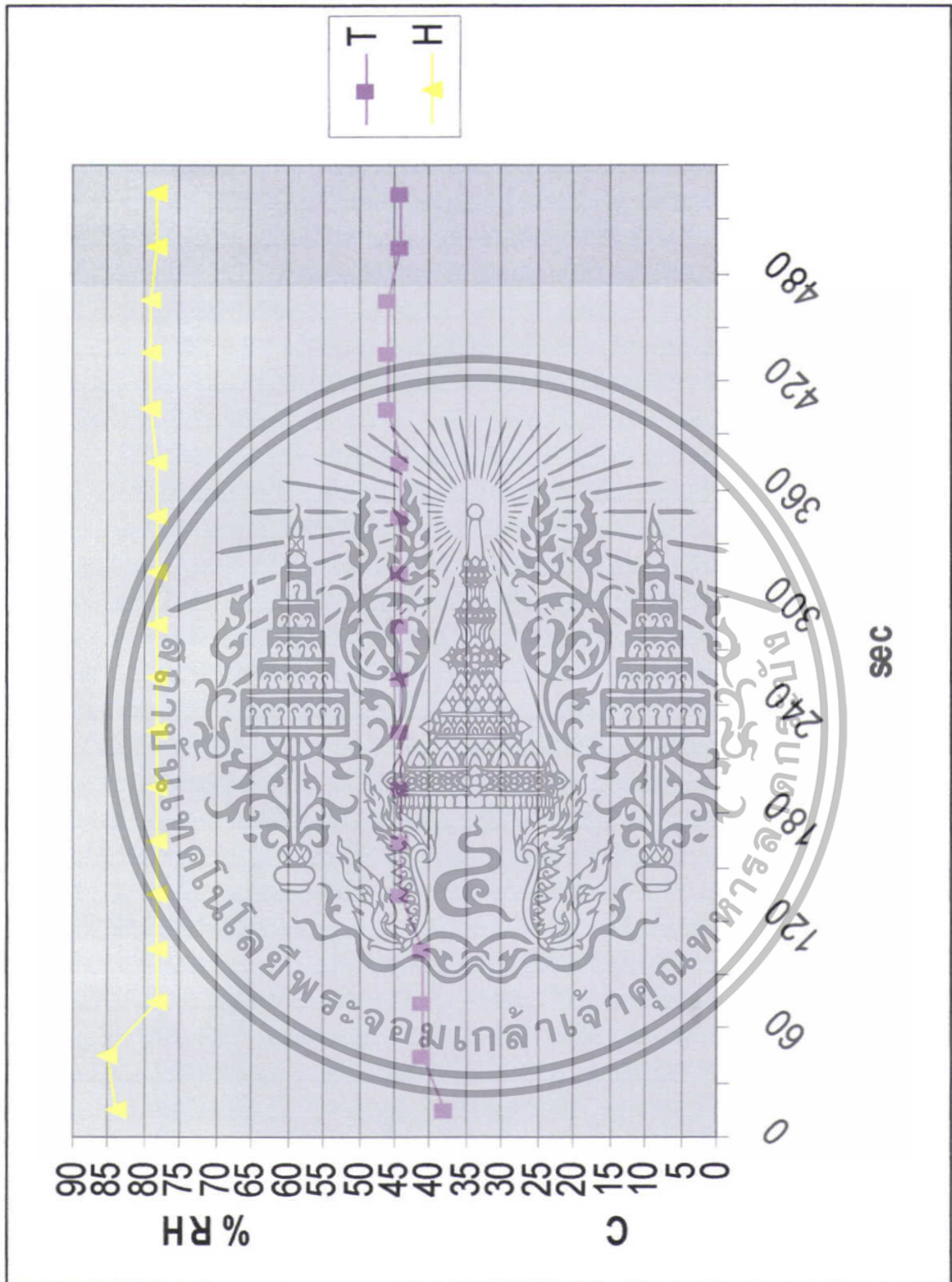
รูปที่ 4.1 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



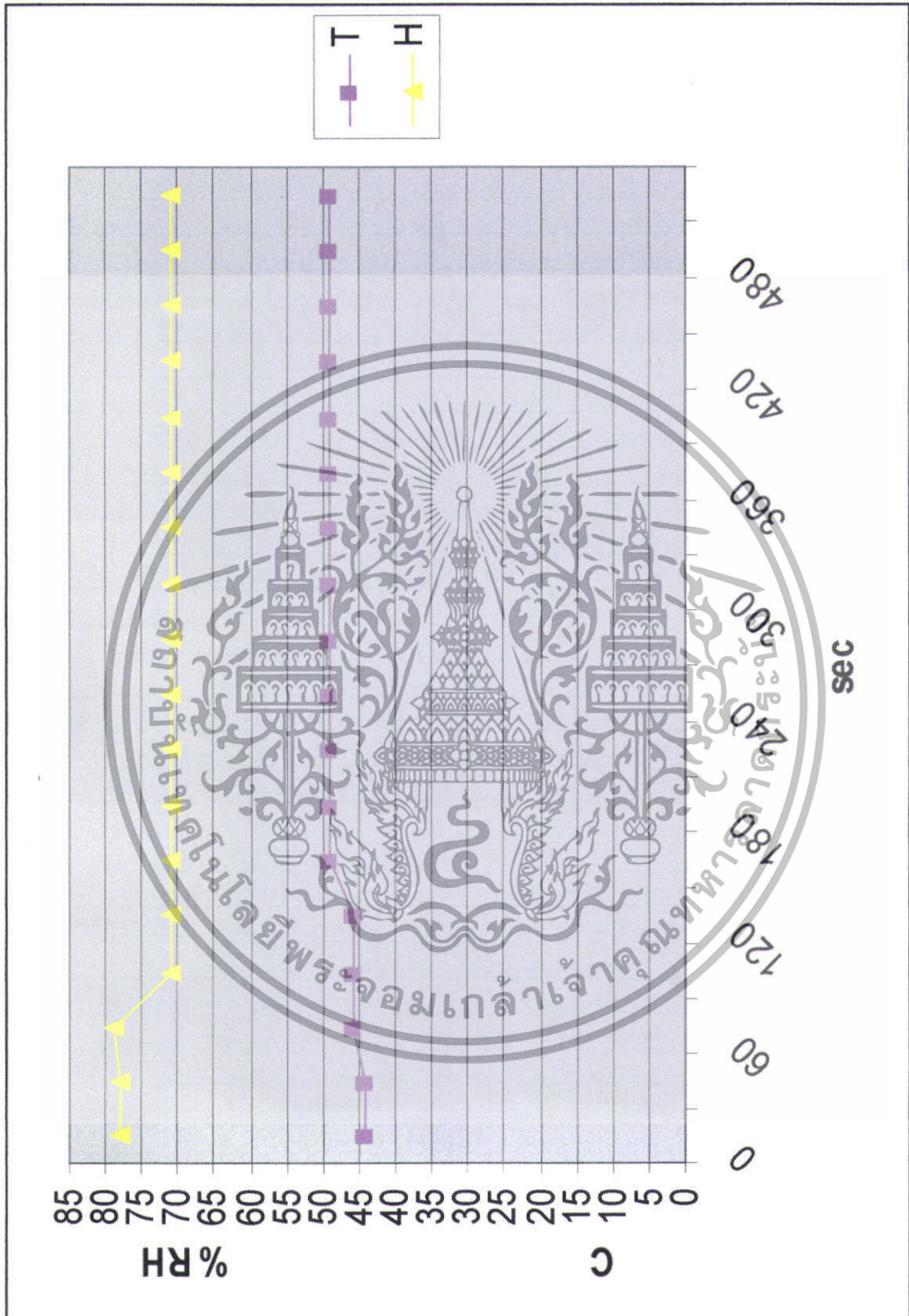
รูปที่ 4.2 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	36	69
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	36	69
30	36	69
60	36	69
90	38	70
120	38	70
150	38	70
180	41	62
210	41	62
240	41	62
270	41	62
300	41	62
330	41	62
360	41	62
390	41	62
420	41	62
450	41	62
480	41	62
510	41	62

ตารางที่ 4.5 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 60%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	41	62
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	41	62
30	38	77
60	38	77
90	41	78
120	41	70
150	38	84
180	41	78
210	41	78
240	41	70
270	41	78
300	41	78
330	41	78
360	41	78
390	41	78
420	41	70
450	41	70
480	41	70
510	41	78

ตารางที่ 4.6 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 70%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
	41	78
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	41	78
30	38	84
60	38	84
90	38	84
120	38	84
150	41	85
180	41	85
210	41	78
240	41	78
270	41	78
300	41	85
330	41	85
360	38	84
390	38	84
420	38	84
450	41	85
480	41	85
510	41	85

ตารางที่ 4.7 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอุณหภูมิและความชื้นก่อนป้อนค่า		
เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	ความชื้น(%RH)
0	41	85
30	38	84
60	38	84
90	38	84
120	41	85
150	41	85
180	41	85
210	41	85
240	41	85
270	41	85
300	41	85
330	41	85
360	38	84
390	38	84
420	41	85
450	41	85
480	41	85
510	41	85

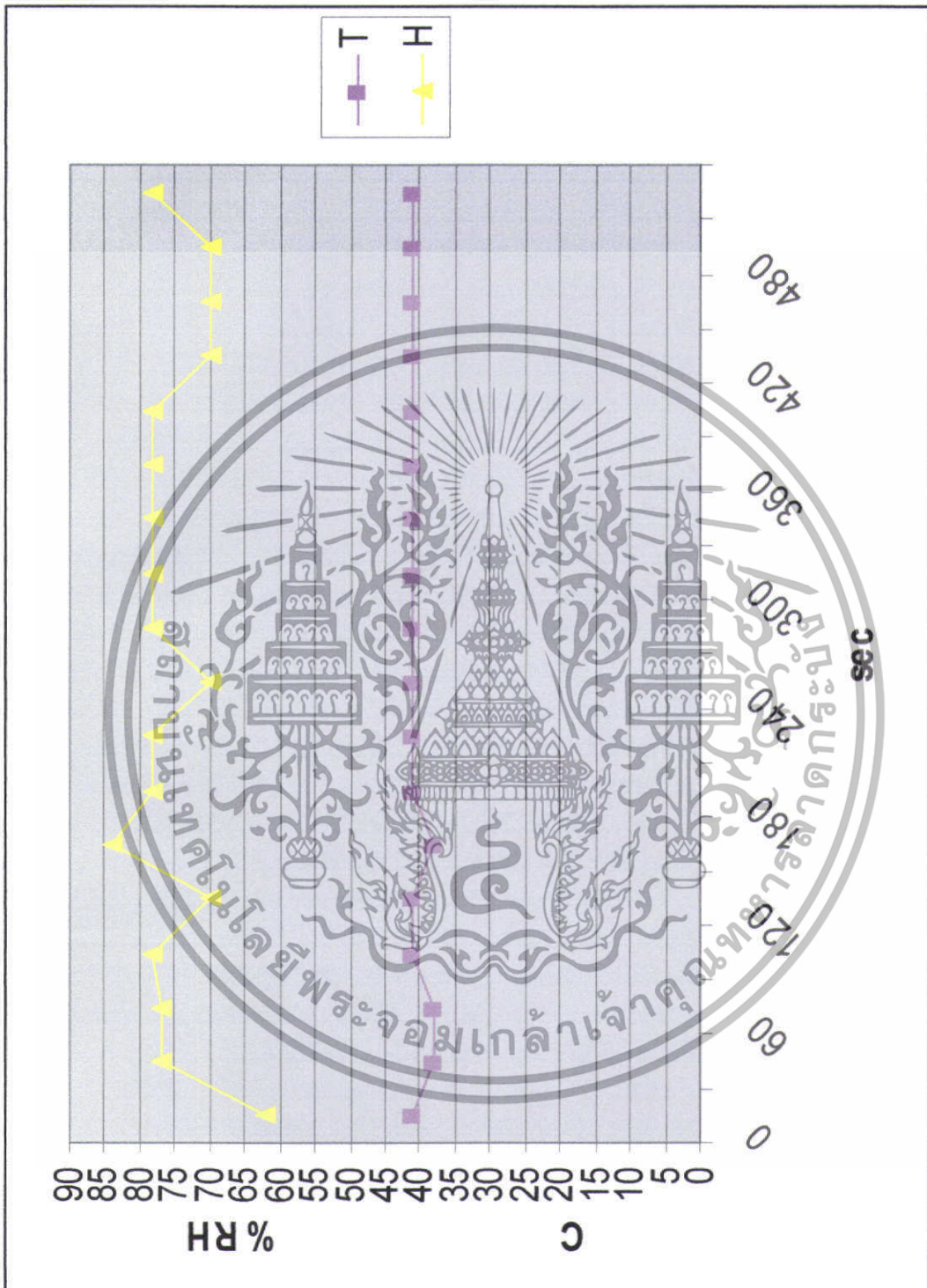
ตารางที่ 4.8 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 90%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



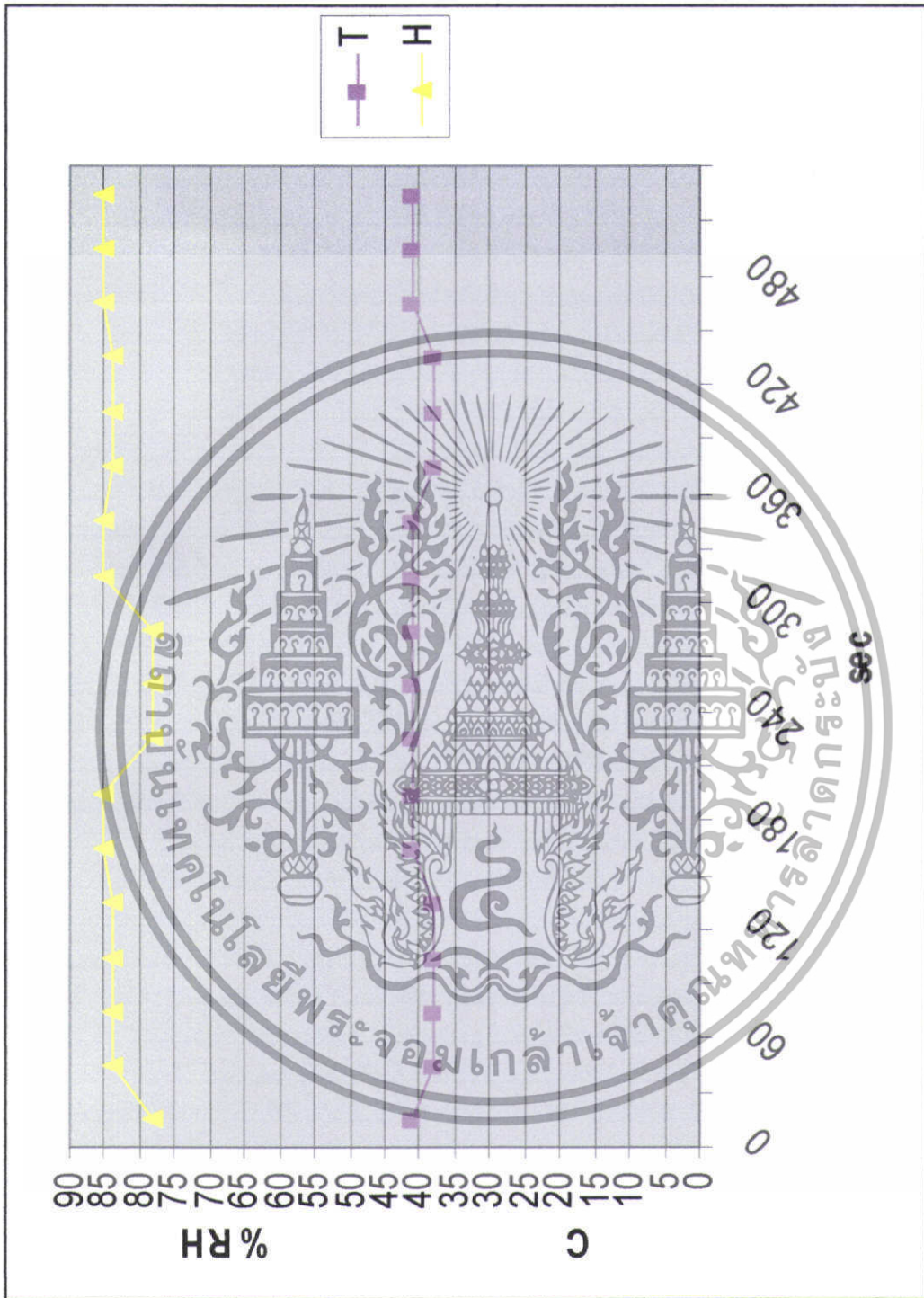
รูปที่ 4.5 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 60%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 70%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 80%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ค่าที่ได้เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 90%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ปัญหาและอุปสรรค

5.1.1 ปัญหาการสร้างความชื้นภายในระบบที่ไม่เพียงพอ ทำให้เมื่อ Heater ทำงานที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าความชื้นที่ได้มีค่าลดต่ำลง โดยสวนทางกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ค่าความชื้นที่ได้ลดลง และไม่สามารถทำความชื้นตามเป้าหมายเมื่ออุณหภูมิสูงเกิดไปได้

5.1.2 ปัญหาการวางตำแหน่งของ Sensor ที่หาตำแหน่งที่จะวางเหมาะสมยากทำให้ค่าที่ได้จากการวัดออกมาอาจไม่ตรงกับค่าความเป็นจริงภายในห้องจำลองและจำนวน Sensor ที่น้อยเกินไป

5.2 การแก้ไขและปรับปรุง

5.2.1 ควรมีการปรับปรุงตัวทำความชื้นให้มีขนาดและปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ เพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอ เมื่อมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและต้องการความชื้นควบคู่กัน เพื่อให้ระบบเป็นระบบที่สมบูรณ์แบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2.2 ควรเพิ่ม Sensor อีก 3-4 ตัว เพื่อวัดอุณหภูมิภายในห้องจำลองเพื่อเปรียบเทียบค่าของมุมต่างๆ ภายในห้องจำลอง เพื่อให้ทราบถึงค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เป็นค่าจริงและให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานนั่นเอง

5.3 แนวทางการพัฒนา

5.3.1 ทำการทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำกันหลายๆครั้งเพื่อหาแนวทางในการควบคุมที่เหมาะสมกับเงื่อนไขนั้นๆ

5.3.2 เปลี่ยนตำแหน่งของพัดลมดูดอากาศให้และพัดลมระบายอากาศและตัวสร้างความชื้นให้มีผลต่อระบบให้มากที่สุด

5.3.3 เพิ่มตัว Sensor ให้มากขึ้นเพื่อให้ค่าที่ออกมาใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงในระบบ

5.3.4 เขียนโปรแกรมให้มีการรัดกุมเพื่อให้สามารถรองรับได้ทุกเงื่อนไขที่จะเกิดขึ้น

5.4 สรุปและวิจารณ์

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้ตามเป้าหมายนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำความร้อน การควบคุมพัลลวะระบายอากาศ และพัลลวะดูดอากาศ ความสามารถในการวัดสัญญาณของตัววัดสัญญาณบนอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สภาพภายนอกของระบบ ซึ่งปัจจัยต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีผลที่จำทำให้เกิดค่าผิดพลาด ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เข้าสู่ค่าเป้าหมาย ได้ตลอดเวลาดังนั้นก่อนที่จะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จึงต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลกระทบต่อ การควบคุมระบบ เช่นในการควบคุมอุณหภูมินั้นตัวทำความร้อนมีความสำคัญมากต่อการควบคุม ดังนั้นจึงต้องพยายามศึกษาผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ แล้วทำการหาแนวทางในการแก้ไข เช่น ช่วงระยะเวลาหน่วงในการเปิดตัวทำความร้อน จนกระทั่งตัวทำความร้อนมีความร้อนเต็มที่ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการควบคุมอุณหภูมิขณะเข้าใกล้ ค่าอุณหภูมิเป้าหมาย หากมีการส่งสัญญาณเป็นพัลส์ก็จะต้องกำหนดระยะเวลาในช่วง 1 พัลส์ให้แน่นอนเพื่อจะทำให้ควบคุมอุณหภูมิ ให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างง่ายขึ้น หรืออาจจะลดแรงดันไฟ เพื่อให้ตัวทำความร้อนให้พลังงานความร้อนลดลง ซึ่งจะทำให้ควบคุมค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ง่ายขึ้น พัลลวะดูดอากาศก็มีผลโดยตรงต่อการลดอุณหภูมิ ซึ่งอาจต้องใช้เวลานานมากในการลดอุณหภูมิ โดยใช้พัลลวะดูดอากาศจาก สภาพแวดล้อมภายนอกเข้ามาสู่ระบบ ส่วนตัววัดอุณหภูมิ ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิ เช่นเดียวกันเนื่องจากสัญญาณที่ได้จากการวัดจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลตั้งช่วงเวลาในการอ่านอุณหภูมิแต่ละครั้งต้องเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ดีในการนำค่าไปประมวลผล

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ เช่น พัลลวะดูดอากาศ ซึ่งจะลดความชื้นที่เกิดจากตัวสร้างความชื้นเข้าสู่ระบบ ส่วนพัลลวะระบายอากาศจะระบายความชื้นจากระบบสู่สภาพแวดล้อมภายนอก และตัวทำความร้อนมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดความชื้น ต้องให้พลังงานความร้อนที่พอดีเพื่อไม่ให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงจนเกินเป้าหมายไปมาก ซึ่งจากผลการทดลองที่ผ่านมาจะแสดงให้เห็นการเพิ่มความชื้น ใช้เวลานานแต่การลดความชื้น โดยใช้พลังงานความร้อนจากตัวทำความร้อนใช้เวลา น้อยมากซึ่งจะทำให้ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่เป้าหมายได้โดยง่ายและตัววัดความชื้นก็มีผลกระทบต่อ การควบคุมความชื้นเช่นกัน หากตัววัดความชื้นที่มีประสิทธิภาพดี มีความแม่นยำสูง มีค่าความผิดพลาดน้อยก็จะทำให้ระบบสามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่เป้าหมายได้อย่างดีขึ้น

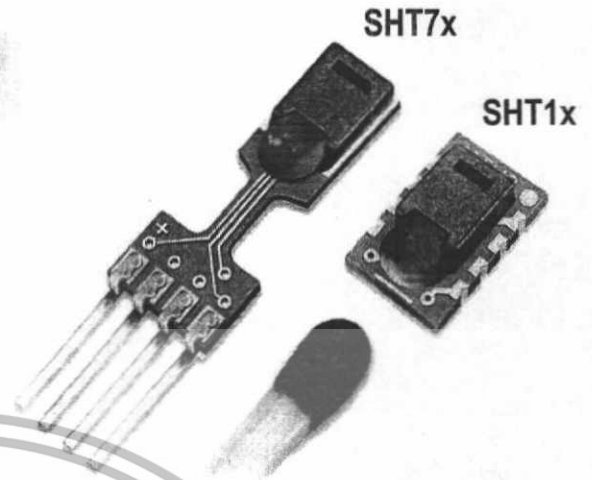


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature Sensor

Evaluation Kit Available



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

SHT1x / SHT7x Product Summary

The SHTxx is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with patented micro-machining (CMOSens® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes a capacitive polymer sensing element for relative humidity and a bandgap temperature sensor. Both are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price. Each SHTxx is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into

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

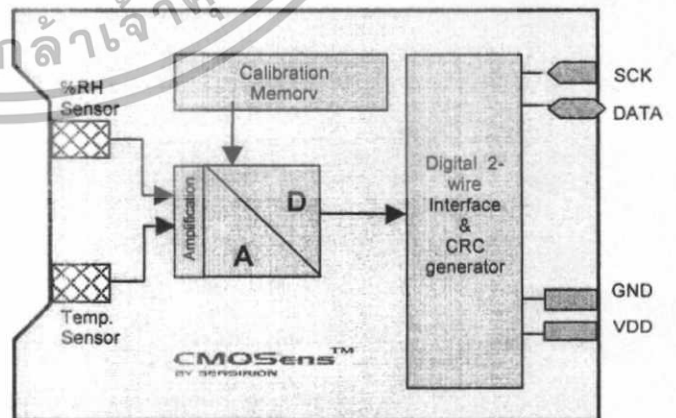
The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications.

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

Applications

- _ HVAC
- _ Automotive
- _ Consumer Goods
- _ Weather Stations
- _ Humidifiers
- _ Dehumidifiers
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods
- _ Medical

Block Diagram



Ordering Information

Part Number	Humidity accuracy [%RH]	Temperature accuracy [K] @ 25 °C	Package
SHT10	±4.5	±0.5	SMD (LCC)
SHT11	±3.0	±0.4	SMD (LCC)
SHT15	±2.0	±0.3	SMD (LCC)
SHT71	±3.0	±0.4	4-pin single-in-line
SHT75	±1.8	±0.3	4-pin single-in-line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Sensor Performance Specifications

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

Table 1 Sensor Performance Specifications

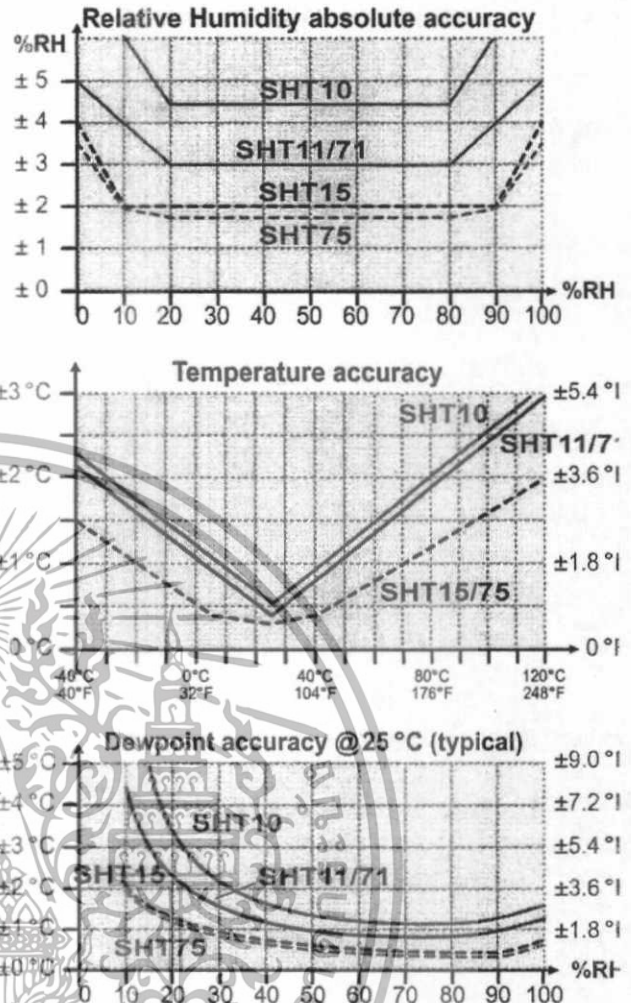


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

2 Interface Specifications

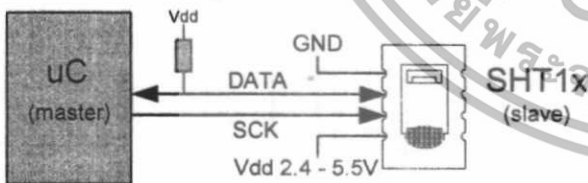


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

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

2.2 Serial Interface (Bidirectional 2-wire)

The serial interface of the SHTxx is optimized for sensor readout and power consumption and is not compatible with I²C interfaces, see FAQ for details.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a microcontroller and the SHTxx. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. DATA changes after the falling edge and is valid on the rising edge of the serial clock SCK. During transmission the DATA line must remain stable while SCK is high. To avoid signal contention the microcontroller should only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10 kΩ) is required to pull the signal high. (See Figure 2) Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 5 for detailed IO characteristics.

⁽¹⁾ Each SHTxx is tested to be fully within RH accuracy specifications at 25 °C (77 °F) and 48 °C (118.4 °F)

⁽²⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

2.2.3 Sending a command

To initiate a transmission, a "Transmission Start" sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high.

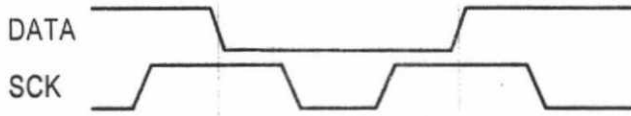


Figure 3 "Transmission Start" sequence

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

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 2 SHTxx list of commands

2.2.4 Measurement sequence (RH and T)

After issuing a measurement command ('0000101' for RH, '0000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210 ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHTxx pulls down the data line and enters idle mode. The controller must wait for this "data ready" signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout,

therefore the controller can continue with other tasks and readout as convenient.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified. (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used). Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ack high.

The device automatically returns to sleep mode after the measurement and communication have ended.

Warning: To keep self heating below 0.1 °C the SHTxx should not be active for more than 10% of the time (e.g. max. 2 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.5 Connection reset sequence

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

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

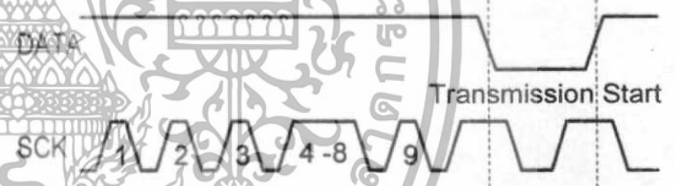


Figure 4 Connection reset sequence

2.2.6 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by a 8 bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated.

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

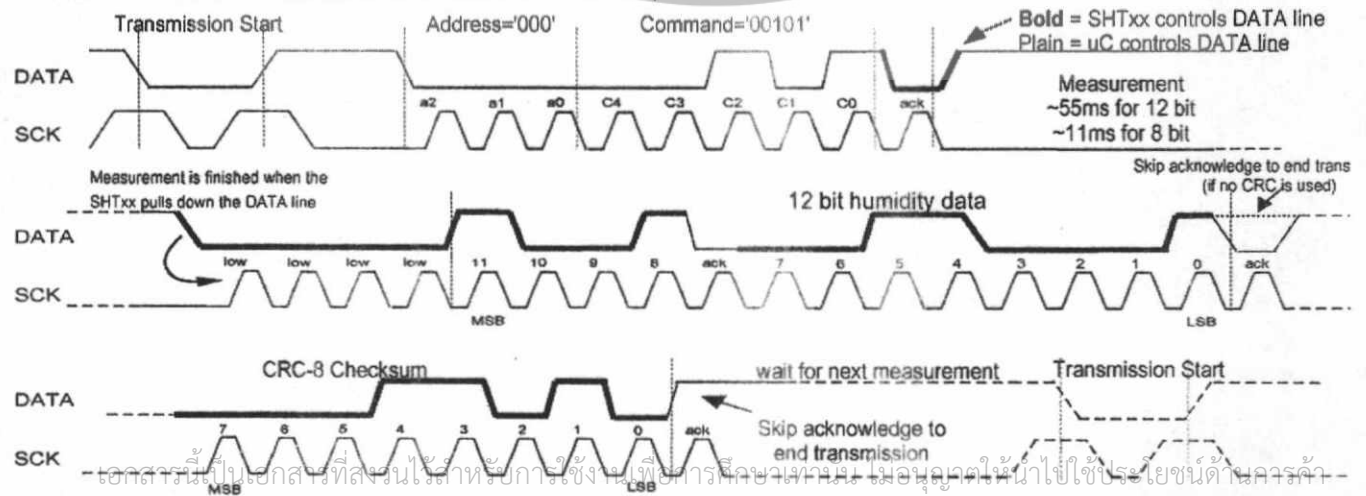


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001" = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation)

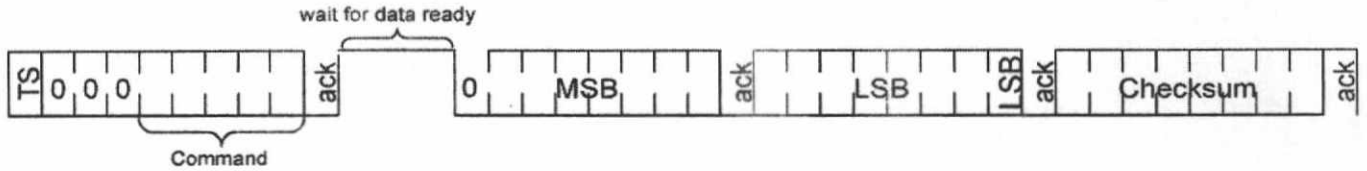


Figure 6 Overview of Measurement Sequence (TS = Transmission Start)

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHTxx are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. A more detailed description is available in the application note "Status Register"

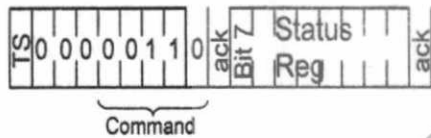


Figure 7 Status Register Write



Figure 8 Status Register Read

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for Vdd > 2.47 '1' for Vdd < 2.47	X ¹⁾ No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0: off
1	R/W	no reload from OTP	0: reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0: 12bit RH / 14bit Temp.

Table 3 Status Register Bits

2.3.1 Measurement resolution

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

2.3.2 End of Battery

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

2.3.3 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by 5-15 °C (9-27 °F). Power consumption will increase by ~8 mA @ 5 V.

Applications:

By comparing temperature and humidity values before and

after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.

- In high (>95 %RH) RH environments heating the sensor element will prevent condensation, improve response time and accuracy

Warning: While heated the SHTxx will show higher temperatures and a lower relative humidity than with no heating.

2.4 Electrical Characteristics⁽¹⁾

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

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

Table 4 SHTxx DC Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency			10	MHz
T _{RR0}	DATA fall time	VDD > 4.5 V		1	MHz
		VDD < 4.5 V		1	MHz
T _{RR1}	Output load 5 pF		3.5	10	ns
		Output load 100 pF	30	40	200
T _{CLH}	SCK hi/low time		100		ns
T _v	DATA valid time		250		ns
T _{SU}	DATA set up time		100		ns
T _{HO}	DATA hold time	0	10		ns
T _{R/F}	SCK rise/fall time		200		ns

Table 5 SHTxx I/O Signals Characteristics

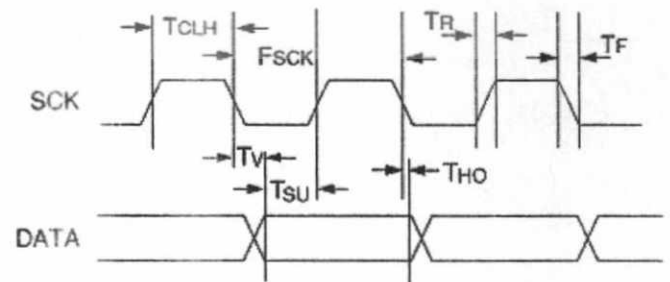


Figure 9 Timing Diagram

¹⁾ Parameters are periodically sampled and not 100% tested

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

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

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Converting Output to Physical Values

3.1 Relative Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula¹:

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

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Table 6 Humidity conversion coefficients

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

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100% RH.

The humidity sensor has no significant voltage dependency.

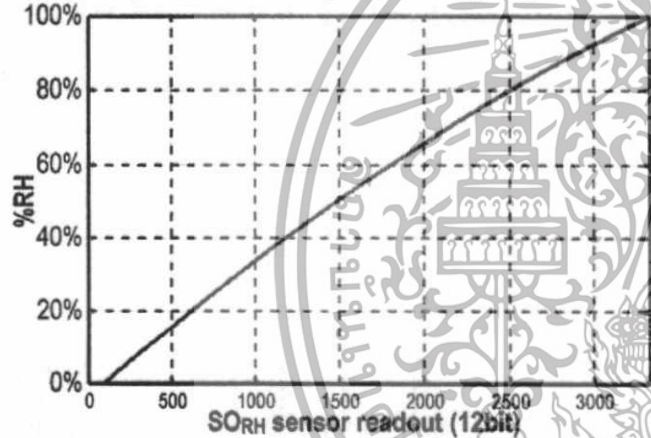


Figure 10 Conversion from SO_{RH} to relative humidity

3.1.1 Humidity Sensor RH/Temperature compensation

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

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

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7 Temperature compensation coefficients

This equals ~0.12 %RH / °C @ 50 %RH

3.2 Temperature

The bandgap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature:

$$Temperature = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

	d ₂ [°C]	d ₂ [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8 Temperature conversion coefficients

For improved accuracies in extreme temperatures with more computation intense conversion formulas see application note "RH and Temperature Non-Linearity Compensation".

3.3 Dewpoint

Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHTxx allows superb dewpoint measurements. See application note "Dewpoint calculation" for more.

¹ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

4 Applications Information

4.1 Operating and Storage Conditions

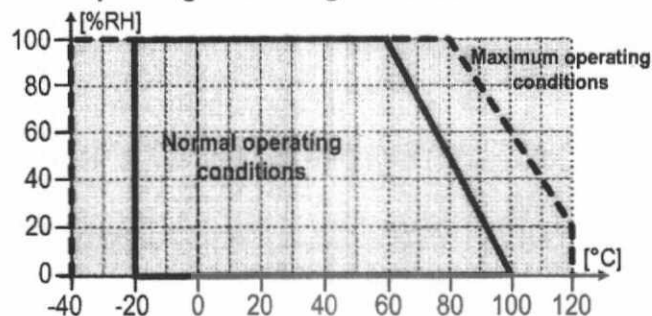


Figure 11 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to ± 3 %RH. After return to normal conditions it will slowly return towards calibration state by itself. See 4.3 "Reconditioning Procedure" to accelerate this process. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

4.2 Exposure to Chemicals

Chemical vapors may interfere with the polymer layers used for capacitive humidity sensors. The diffusion of chemicals into the polymer may cause a shift in both offset and sensitivity. In a clean environment the contaminants will slowly outgas. The reconditioning procedure described below will accelerate this process. High levels of pollutants may cause permanent damage to the sensing polymer.

4.3 Reconditioning Procedure

The following reconditioning procedure will bring the sensor back to calibration state after exposure to extreme conditions or chemical vapors.

80-90 °C (176-194°F) at < 5 %RH for 24h (baking) followed by 20-30 °C (70-90°F) at > 74 %RH for 48h (re-hydration)

4.4 Temperature Effects

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

If the SHTxx shares a PCB with electronic components that give off heat it should be mounted far away and below the heat source and the housing must remain well ventilated.

To reduce heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between (see figure 13).

4.5 Membranes

A membrane may be used to prevent dirt from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times air volume behind the membrane must be kept to a minimum. For the SHT1x package Sensirion recommends the SF1 filter cap for optimal IP67 protection.

⁽¹⁾ The temperature sensor passed all tests without any detectable drift. Package and electronics also passed 100%

4.6 Light

The SHTxx is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

4.7 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer, increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: All Metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF. For sealing and gluing (use sparingly): High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Outgassing of these materials may also contaminate the SHTxx (cf. 4.2). Store well ventilated after manufacturing or bake at 50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

4.8 Wiring Considerations and Signal Integrity

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

Power supply pins (VDD, GND) should be decoupled with a 100 nF capacitor if wires are used.

4.9 Qualifications

Extensive tests were performed in various environments. Please contact SENSIRION for detailed information.

Environment	Norm	Results ⁽¹⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-B -40 °C / 125 °C, 1000 cy	Within Specifications
HAST Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3 bar 125 °C 85 %RH	Reversible shift by +2 %RH
High Temperature and Humidity	JESD22-A101-B 85 °C 85 %RH 1250h	Reversible shift by +2 %RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Spec.
Condensing Air	-	Within Spec.
Freezing cycles fully submerged	-20 / +90 °C, 100 cy 30min dwell time	Reversible shift by +2 %RH
Various Automotive Chemicals	DIN 72300-5	Within Specifications

Table 9 Qualification tests (excerpt)

4.10 ESD (Electrostatic Discharge)

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

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80$ °C according to JEDEC 17. See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

5 Package Information

5.1 SHT1x (surface mountable)

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

Table 10 SHT1x Pin Description

5.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8 mm FR4 substrate. The device is free of Pb, Cd and Hg. (Fully ROHS, WEEE compliant)
Device size is 7.42 x 4.88 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch)
Weight 100 mg

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

5.1.2 Delivery Conditions

The SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs or 400pcs. (SHT10 at 2000pcs only). Reels are individually labelled with barcode and human readable labels. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and test.

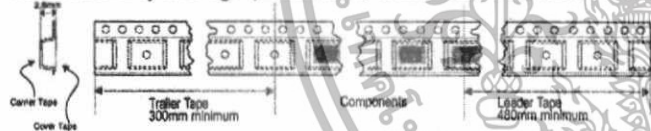


Figure 12 Tape configuration and unit orientation

5.1.3 Soldering Information

Standard reflow soldering ovens may be used. For details please see application note "soldering procedure".

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350 °C.
After soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24h to allow the polymer to rehydrate.
Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

5.1.4 Mounting Examples

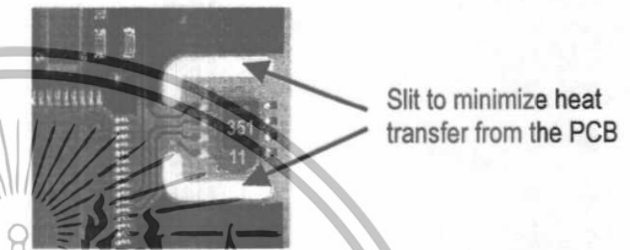


Figure 13 SHT1x PCB Mounting example

The SF1 membrane filter cap is available for optimal IP67 protection. When mounted through a housing the interior can be protected from the environment while still allowing high quality humidity measurements (see example below).

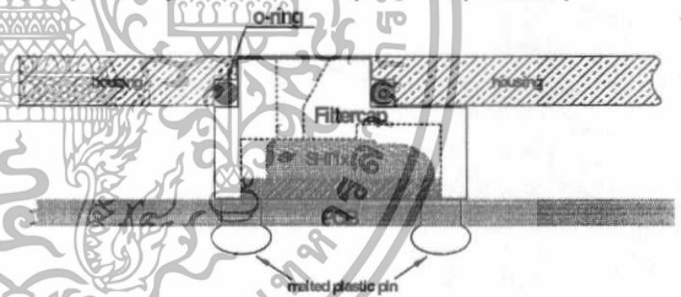


Figure 14 SF1 IP67 filter cap mounting example

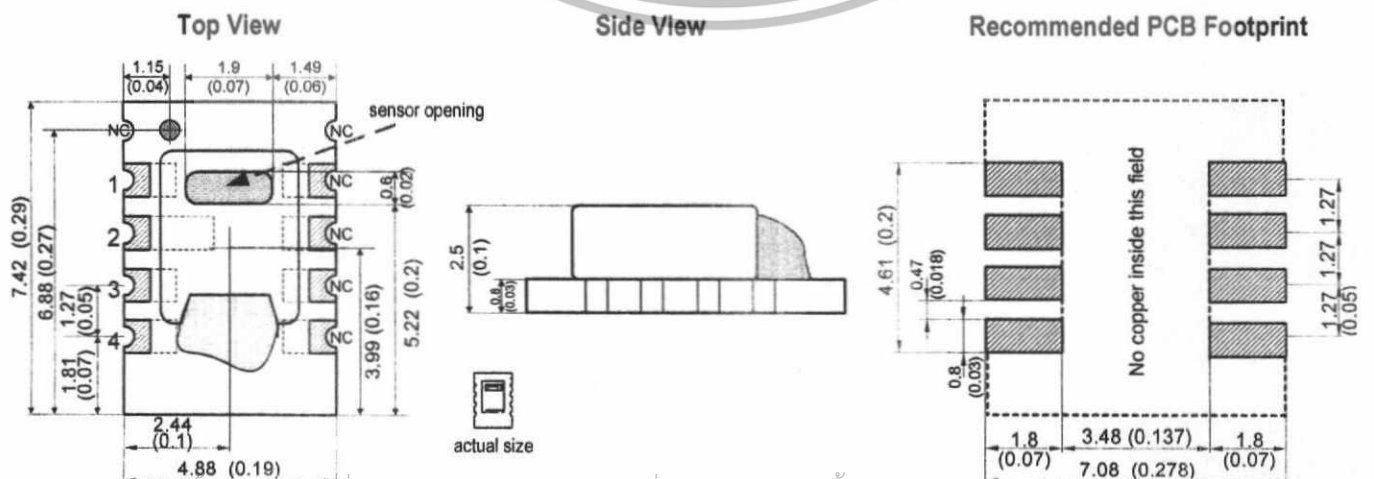


Figure 15 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm (inch)

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

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

Table 11 SHT7x Pin Description

5.2.1 Package type¹

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

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times. The gold plated back side of the sensor head is connected to the GND pin.

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

All pins are gold plated to avoid corrosion. They can be soldered or mate with most 1.27 mm (0.05") sockets

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

Total weight: 168 mg, weight of sensor head: 73 mg

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

5.2.2 Delivery Conditions

The SHT7x are shipped in 32 mm tape. These reeled parts in standard option are shipped with 500 units per 13 inch diameter reel. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.

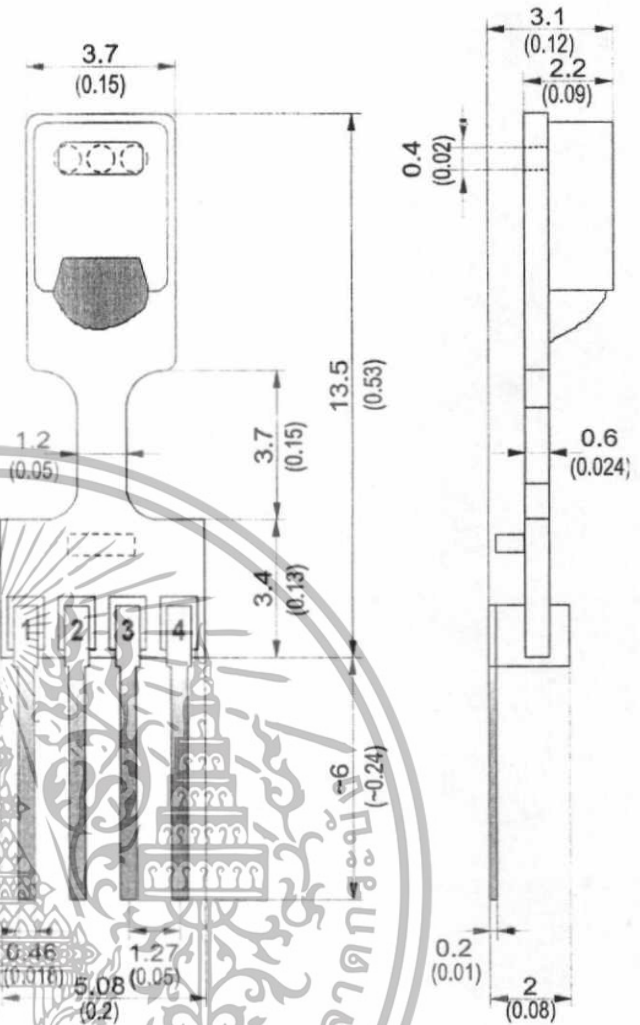


Figure 17 SHT7x dimensions in mm (inch)

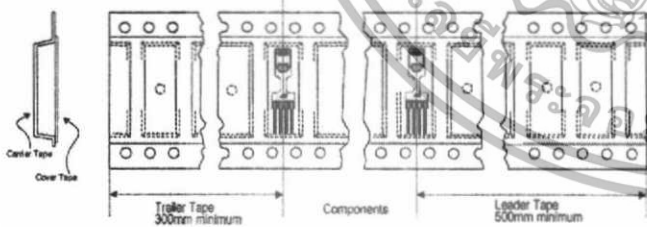


Figure 16 Tape configuration and unit orientation

5.2.3 Soldering Information²

Standard wave SHT7x soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

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

After wave soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24 h to allow the polymer to rehydrate.

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

¹ Other packaging options may be available on request. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

² For maximum accuracy do not solder SHT751! ห้ามบัดดลปลงเพื่อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Revision history

Date	Version	Page(s)	Changes
February 2002	Preliminary	1-9	First public release
June 2002	Preliminary		Added SHT7x information
March 2003	Final v2.0	1-9	Major remake, added application information etc. Various small modifications
	V2.01	1-9	Typos, Graph labeling
July 2004	V2.02	1-9	Improved specifications, added SF1 information, improved wording
April 2005	V2.03	1-2	Added SHT10 information
May 2005	V2.04	1-9	Changed company address

The latest version of this document and all application notes can be found at:

www.sensirion.com/humidity

7 Important Notices

7.1 Warning, personal injury

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

Should buyer purchase or use SENSIRION AG products for any such unintended or unauthorized application. Buyer shall indemnify and hold SENSIRION AG and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors harmless against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SENSIRION AG was negligent regarding the design or manufacture of the part.

7.2 ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product.

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

7.3 Warranty

SENSIRION AG makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its product for any particular purpose, nor does SENSIRION AG assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typical" must be validated for each customer applications by customer's technical experts.

SENSIRION AG reserves the right, without further notice, to change the product specifications and/or information in this document and to improve reliability, functions and design.

Copyright © 2001-2005, SENSIRION AG.
All rights reserved.

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
 Laubisrütistr. 50
 CH-8712 Stäfa ZH
 Switzerland
 Phone: + 41 (0)44 306 40 00
 Fax: + 41 (0)44 306 40 30
 e-mail: info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sensirion humidity sensors are available from:

find your local representative at:
www.sensirion.com/reps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

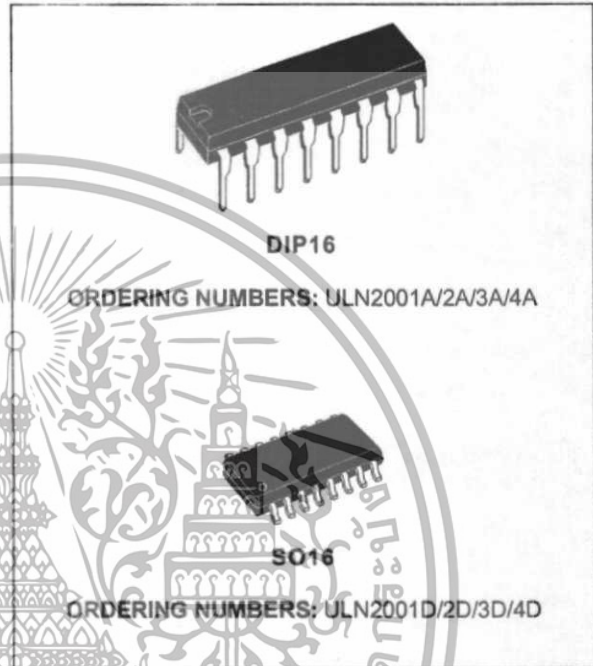
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

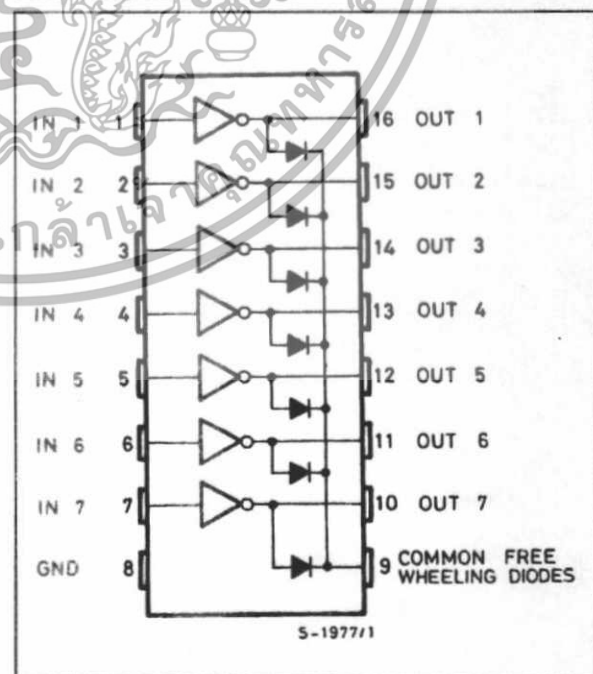
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

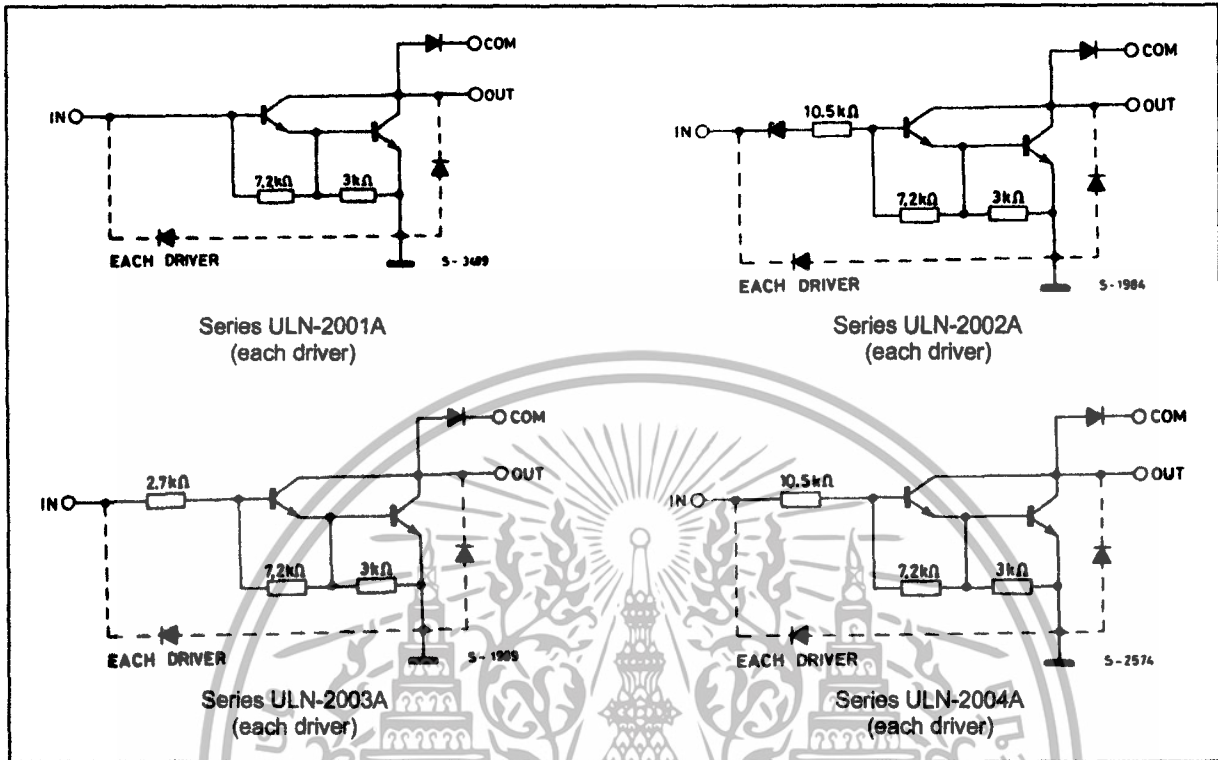
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	120	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.	
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^{\circ}C, V_{CE} = 50V$			50 100	μA μA	1a 1a	
		$T_{amb} = 70^{\circ}C$ for ULN2002A $V_{CE} = 50V, V_i = 6V$ for ULN2004A $V_{CE} = 50V, V_i = 1V$			500 500	μA μA	1b 1b	
		$I_C = 100mA, I_B = 250\mu A$ $I_C = 200mA, I_B = 350\mu A$ $I_C = 350mA, I_B = 500\mu A$		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2 2 2	
		for ULN2002A, $V_i = 17V$ for ULN2003A, $V_i = 3.85V$ for ULN2004A, $V_i = 5V$ $V_i = 12V$		0.82 0.93 0.35 1	1.25 1.35 0.5 1.45	mA mA mA mA	3 3 3 3	
$I_{(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}C, I_C = 500\mu A$	50	65		μA	4	
$V_{I(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2V$ for ULN2002A $I_C = 300mA$ for ULN2003A $I_C = 200mA$ $I_C = 250mA$ $I_C = 300mA$ for ULN2004A $I_C = 125mA$ $I_C = 200mA$ $I_C = 275mA$ $I_C = 350mA$			13 2.4 2.7 3 5 6 7 8	V	5	
		for ULN2001A $V_{CE} = 2V, I_C = 350mA$	1000				2	
		Input Capacitance		15	25	pF		
		Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
		Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
		Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50V$ $T_{amb} = 70^{\circ}C, V_R = 50V$			50 100	μA μA	6 6
		Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350mA$		1.7	2	V	7



TEST CIRCUITS

Figure 1a.

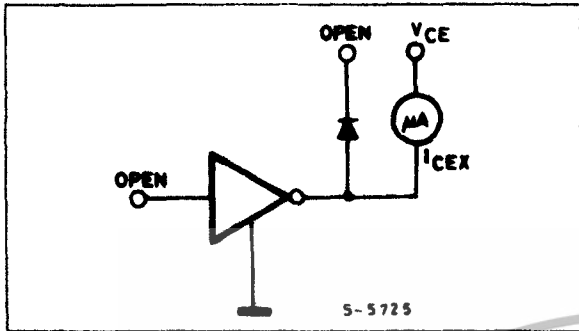


Figure 1b.

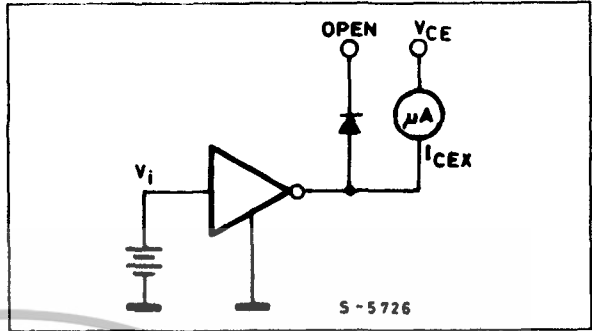


Figure 2.

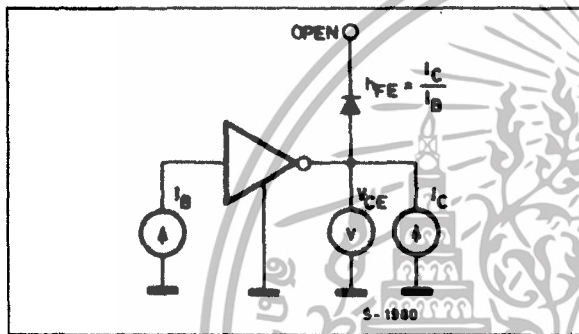


Figure 3.

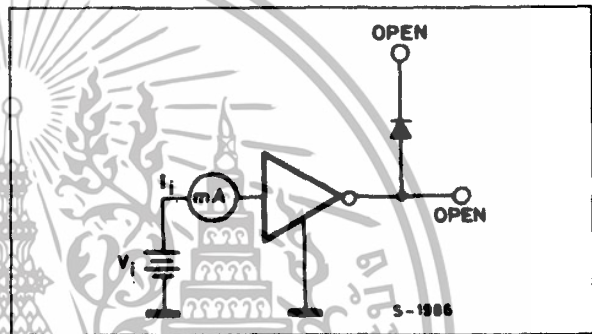


Figure 4.

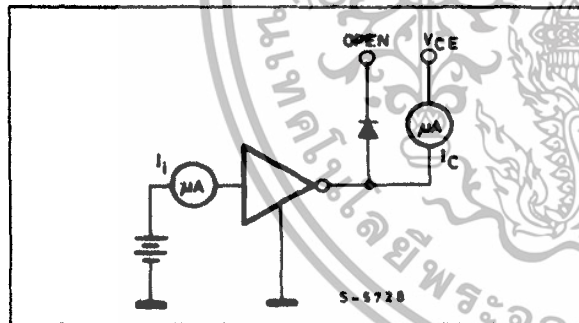


Figure 5.

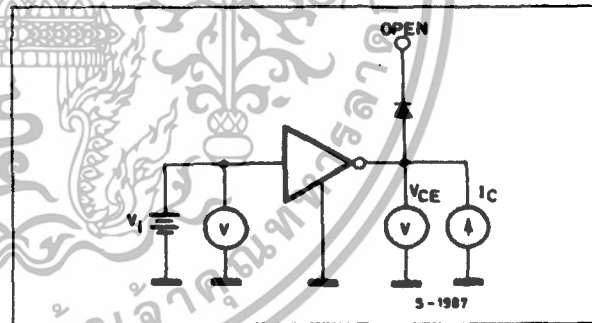


Figure 6.

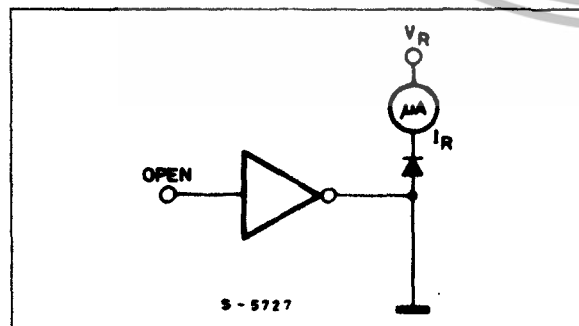


Figure 7.

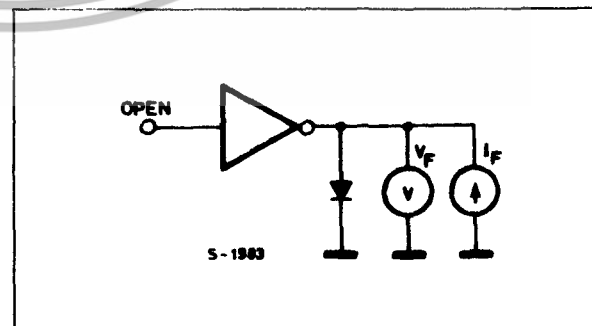


Figure 8: Collector Current versus Input Current

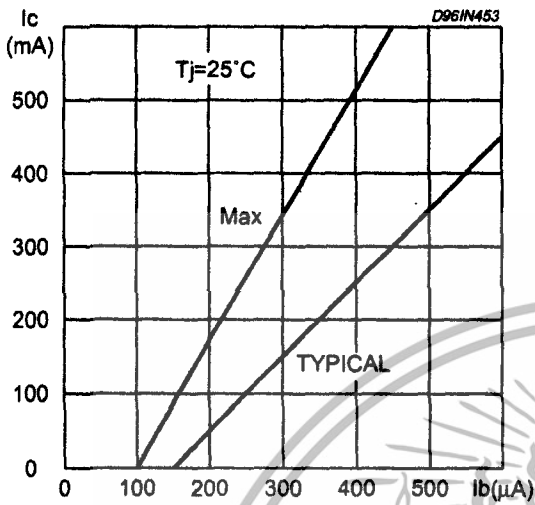


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

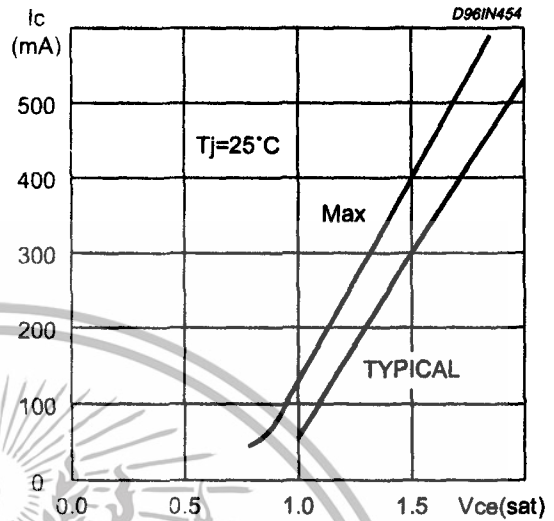


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

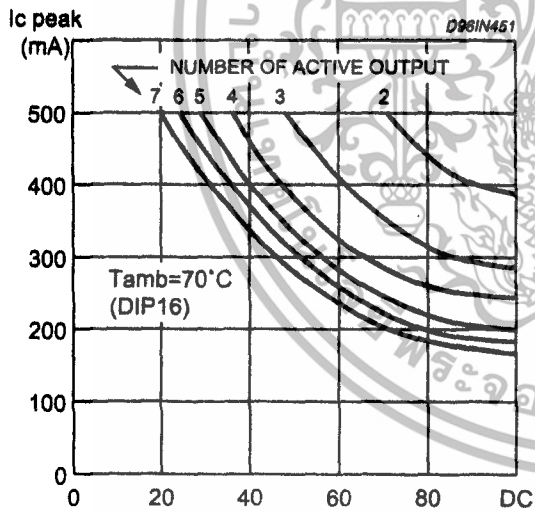
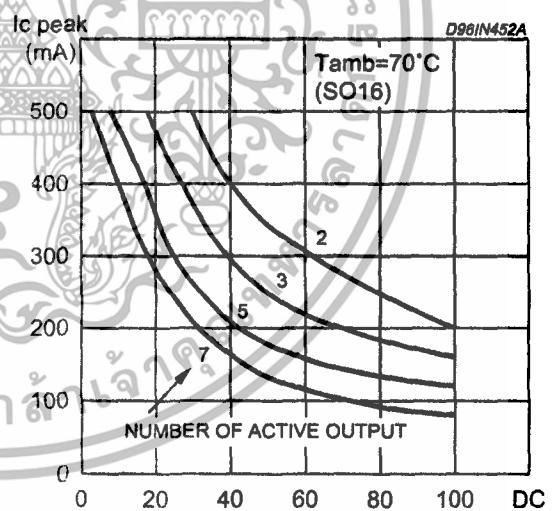
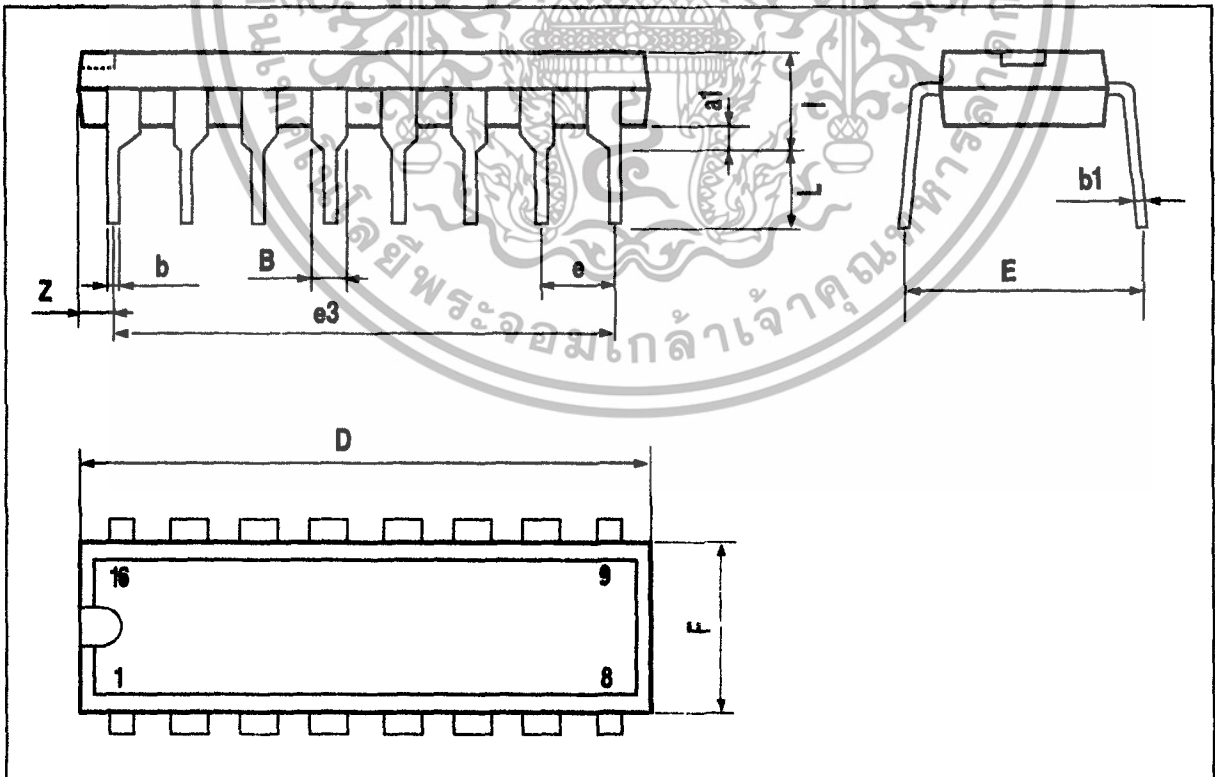
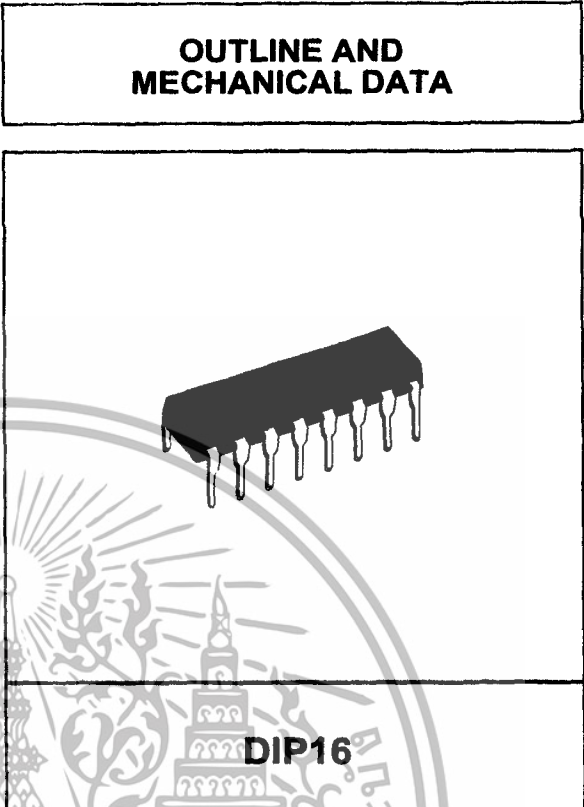


Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle

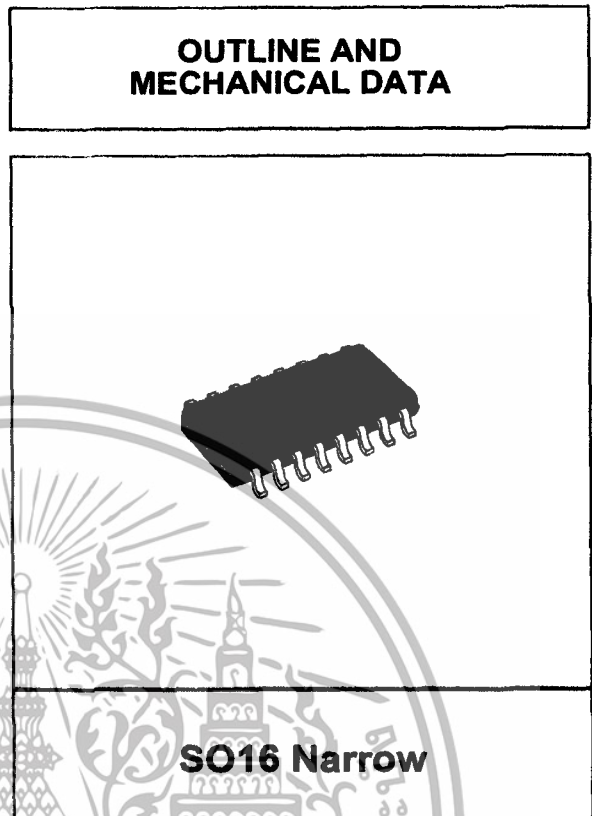


ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

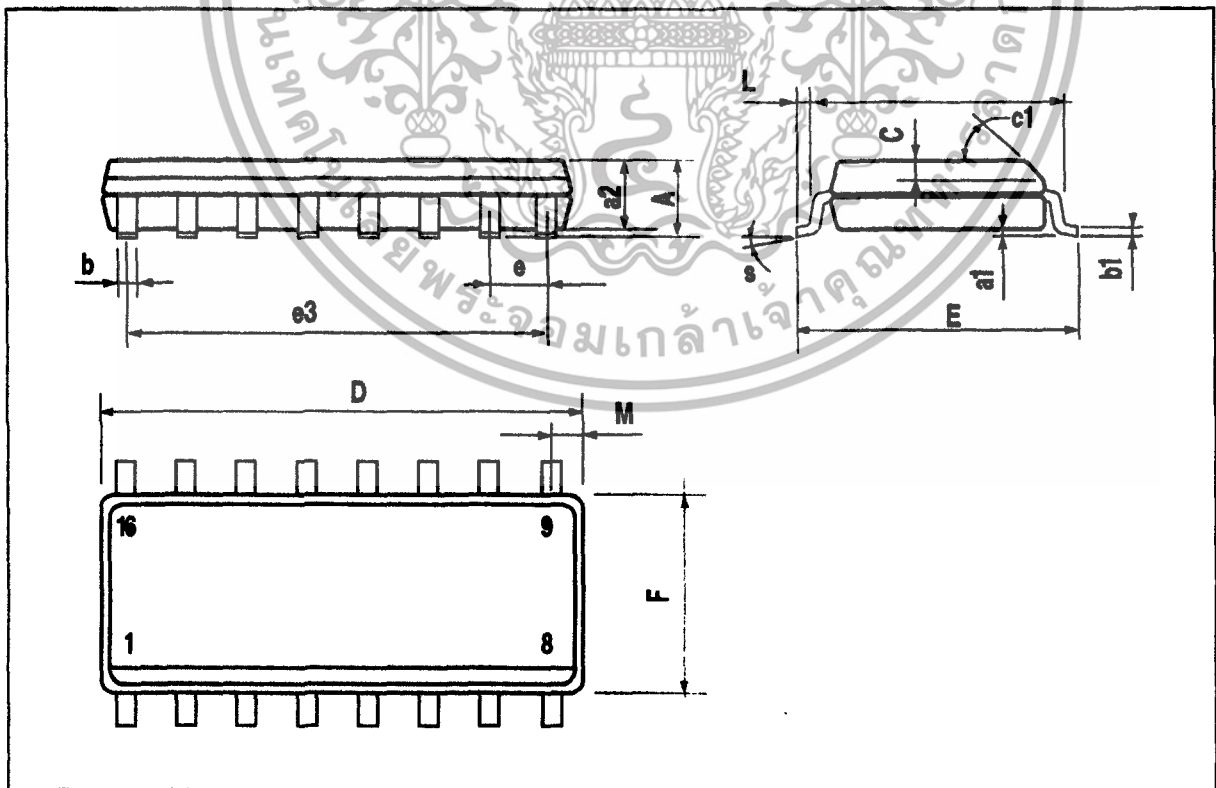
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8° (max.)					



(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
© 2002 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.
<http://www.st.com>



This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



OPTICALLY COUPLED BILATERAL SWITCH LIGHT ACTIVATED ZERO VOLTAGE CROSSING TRIAC

DESCRIPTION

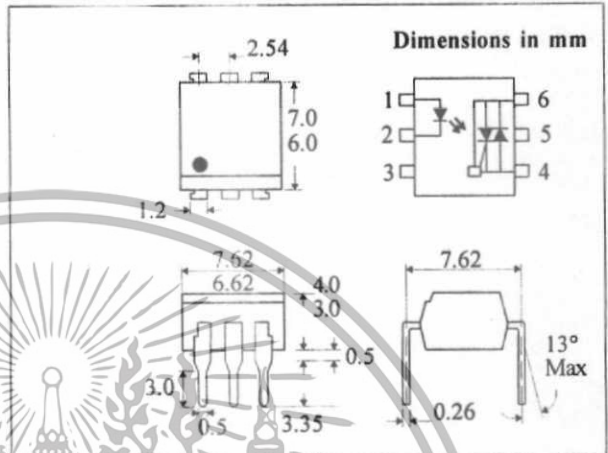
The MOC303 Series are optically coupled isolators consisting of a Gallium Arsenide infrared emitting diode coupled with a monolithic silicon detector performing the functions of a zero crossing bilateral triac mounted in a standard 6 pin dual-in-line package.

FEATURES

- Options :-
10mm lead spread - add G after part no.
Surface mount - add SM after part no.
Tape&reel - add SMT&R after part no.
- High Isolation Voltage (5.3kV_{RMS}, 7.5kV_{PK})
- Zero Voltage Crossing
- 250V Peak Blocking Voltage
- All electrical parameters 100% tested
- Custom electrical selections available

APPLICATIONS

- CRTs
- Power Triac Driver
- Motors
- Consumer appliances
- Printers



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
(25°C unless otherwise noted)

Storage Temperature	-40°C - +150°C
Operating Temperature	-40°C - +100°C
Lead Soldering Temperature	260°C
(1.6mm from case for 10 seconds)	
Input-to-output Isolation Voltage (Pk)	7500 Vac
(60 Hz, 1sec. duration)	

INPUT DIODE

Forward Current	50mA
Reverse Voltage	6V
Power Dissipation	120mW
(derate linearly 1.41mW/°C above 25°C)	

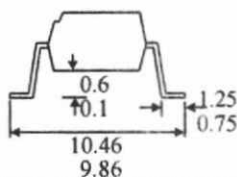
OUTPUT PHOTO TRIAC

Off-State Output Terminal Voltage	250V
RMS Forward Current	100mA
Forward Current (Peak)	1.2A
Power Dissipation	150mW
(derate linearly 1.76mW/°C above 25°C)	

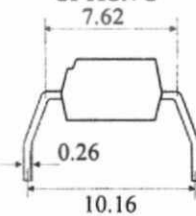
POWER DISSIPATION

Total Power Dissipation	250mW
(derate linearly 2.94mW/°C above 25°C)	

OPTION SM SURFACE MOUNT



OPTION G



ISOCOM COMPONENTS LTD

Unit 25B, Park View Road West,
Park View Industrial Estate, Brenda Road
Hartlepool, Cleveland, TS25 1YD
Tel: (01429) 863609 Fax: (01429) 863581

ISOCOM INC

1024 S. Greenville Ave, Suite 240,
Allen, TX 75002 USA
Tel: (214) 495-0755 Fax: (214) 495-0901
e-mail: info@isocom.com
http://www.isocom.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไปทำการค้าทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้จัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITION
Input	Forward Voltage (V_F)		1.2	1.5	V	$I_F = 30\text{mA}$ $V_R = 6\text{V}$
	Reverse Current (I_R)			100	μA	
Output	Peak Off-state Current (I_{DRM})	250		300	nA	$V_{\text{DRM}} = 250\text{V}$ (note 1) $I_{\text{DRM}} = 300\text{nA}$ $I_{\text{TM}} = 100\text{mA}$ (peak)
	Peak Blocking Voltage (V_{DRM})				V	
	On-state Voltage (V_{TM})		1.8	3.0	V	
	Critical rate of rise of off-state Voltage (dv/dt)	100			V/ μs	
Coupled	Input Current to Trigger (I_{FT}) (note 2)					$V_{\text{TM}} = 3\text{V}$ (note 2)
	MOC3030			30	mA	
	MOC3031			15	mA	
	MOC3032			10	mA	
	MOC3033			5	mA	
	Holding Current, either direction (I_H)		100		μA	See note 3
	Input to Output Isolation Voltage V_{ISO}	5300 7500			V_{RMS} V_{PK}	
Zero Crossing Characteristic	Inhibit Voltage (V_{IH})			35	V	$I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$ MT1-MT2 Voltage above which device will not trigger $I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$ $V_{\text{DRM}} = 250\text{V}$ off-state
	Leakage in Inhibited State (I_S)			500	μA	

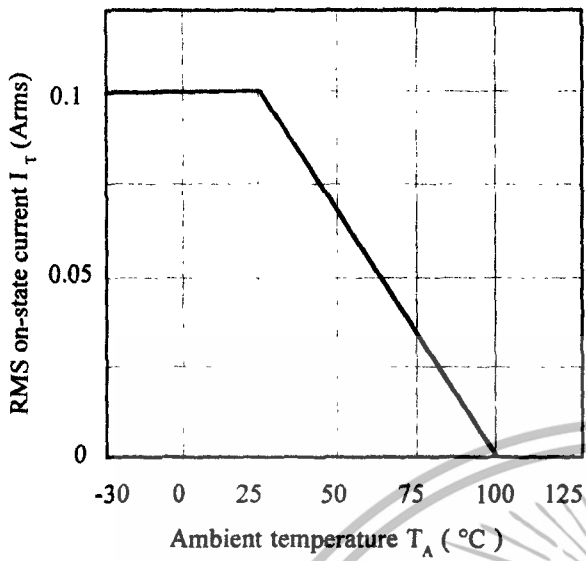
Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

Note 2. Guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max. I_{FT} , recommended I_F lies between Rated I_{FT} and absolute max. I_F .

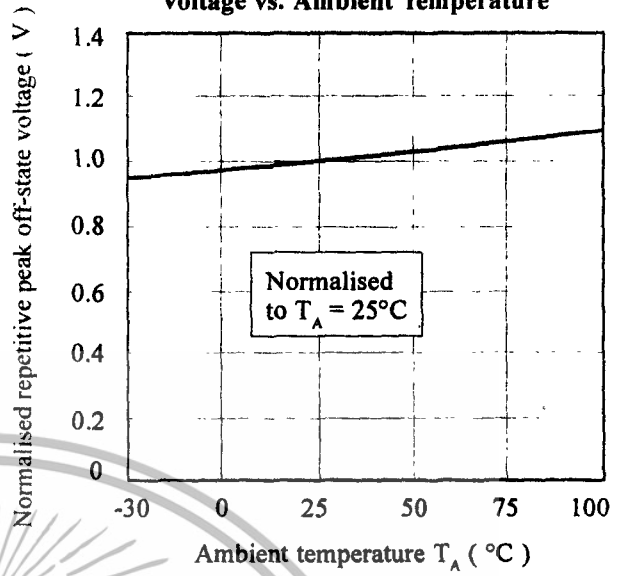
Note 3. Measured with input leads shorted together and output leads shorted together.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

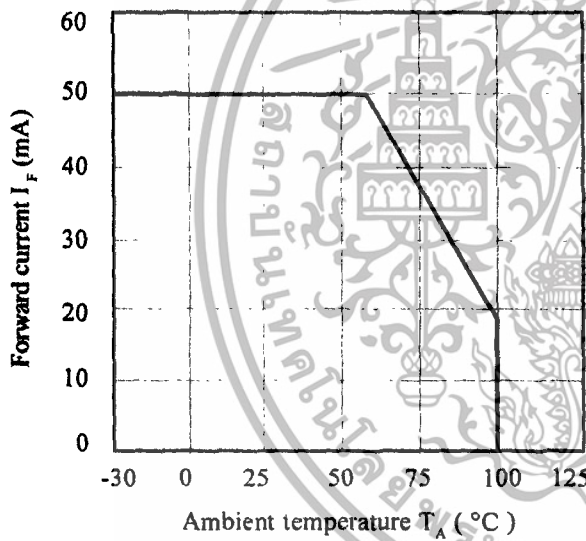
RMS On-state Current vs. Ambient Temperature



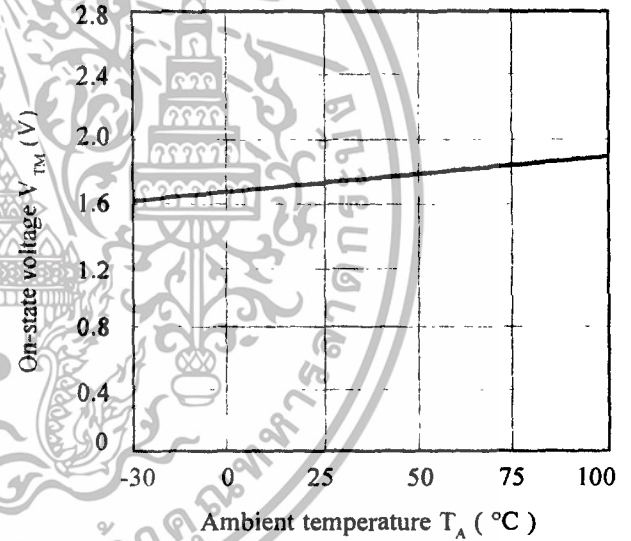
Normalised Repetitive Peak Off-state Voltage vs. Ambient Temperature



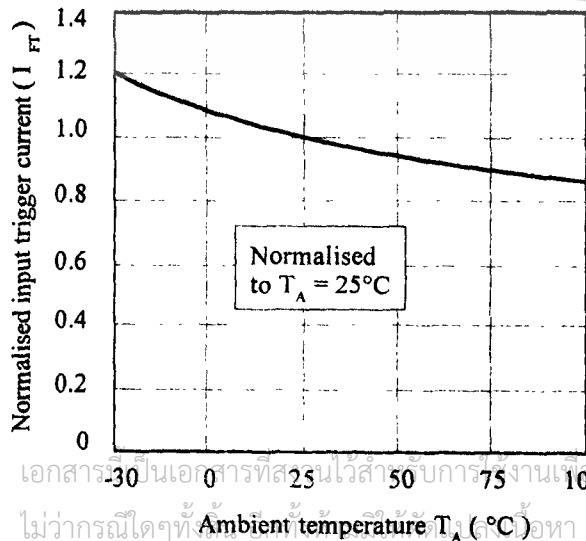
Forward Current vs. Ambient Temperature



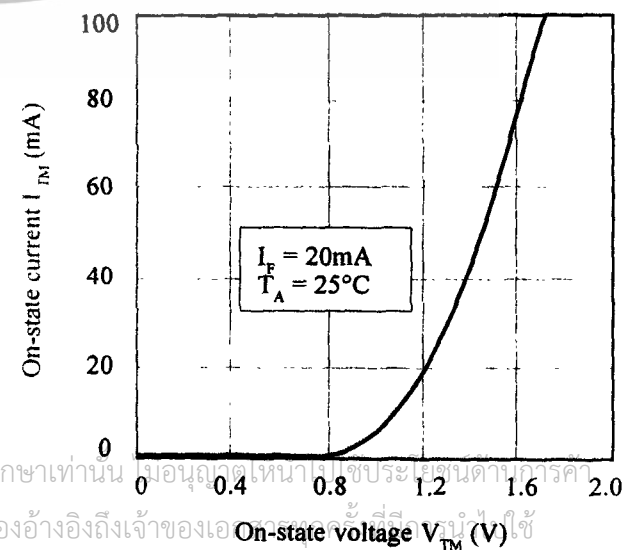
On-state Voltage vs. Ambient Temperature



Normalised Input Trigger Current vs. Ambient Temperature



On-state Current vs. On-state Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Bit Digital-to-Analog Converter with Two-Wire Interface

Features

- 8-bit Digital-to-Analog Converter
- ± 2 LSB INL
- ± 0.8 LSB DNL
- 2.7-5.5V Single Supply Operation
- Simple SMBus/I²C™ Serial Interface
- Low Power: 350 μ A Operation, 0.5 μ A Shutdown
- 8-Pin SOIC and 8-Pin MSOP Packages

Applications

- Programmable Voltage Sources
- Digital Controlled Amplifiers/Attenuators
- Process Monitoring and Control

Device Selection Table

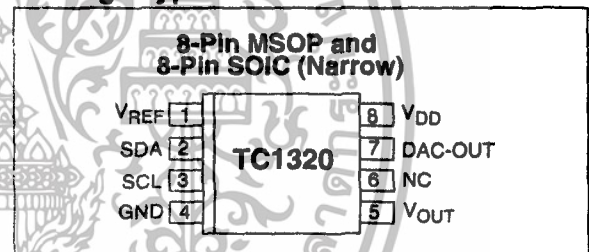
Part Number	Package	Temperature Range
TC1320EOA	8-Pin SOIC (Narrow)	-40°C to +85°C
TC1320EUA	8-Pin MSOP	-40°C to +85°C

General Description

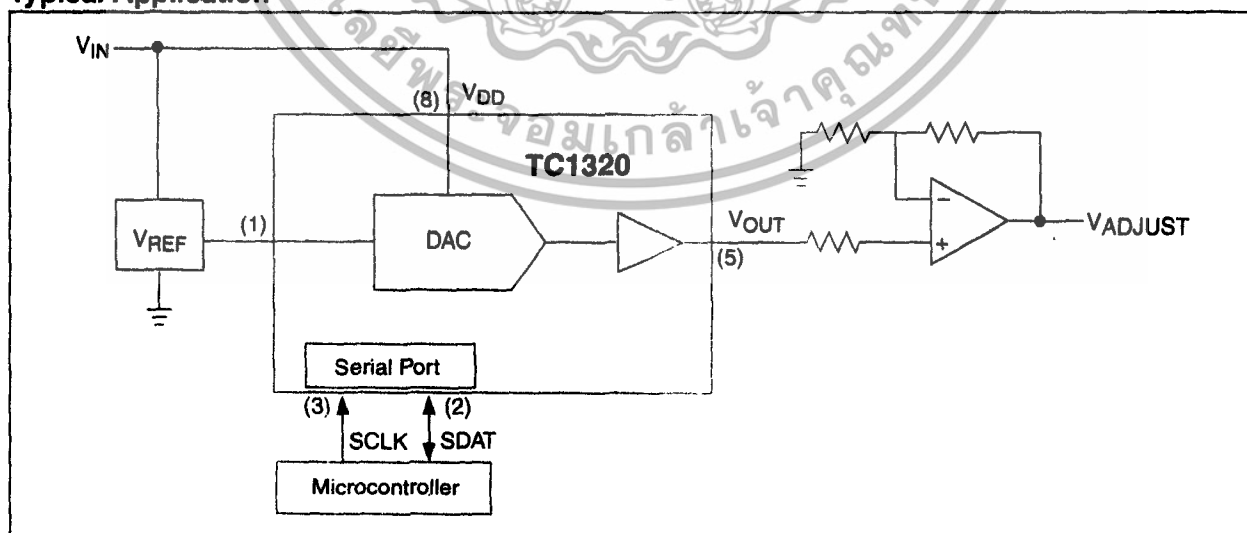
The TC1320 is a serially accessible 8-bit voltage output digital-to-analog converter (DAC). The DAC produces an output voltage that ranges from ground to an externally supplied reference voltage. It operates from a single power supply that can range from 2.7V to 5.5V, making it ideal for a wide range of applications. Built into the part is a Power-on Reset function that ensures that the device starts at a known condition.

Communication with the TC1320 is accomplished via a simple 2-wire SMBus/I²C™ compatible serial port with the TC1320 acting as a slave only device. The host can enable the SHDN bit in the CONFIG register to activate the Low Power Standby mode.

Package Type

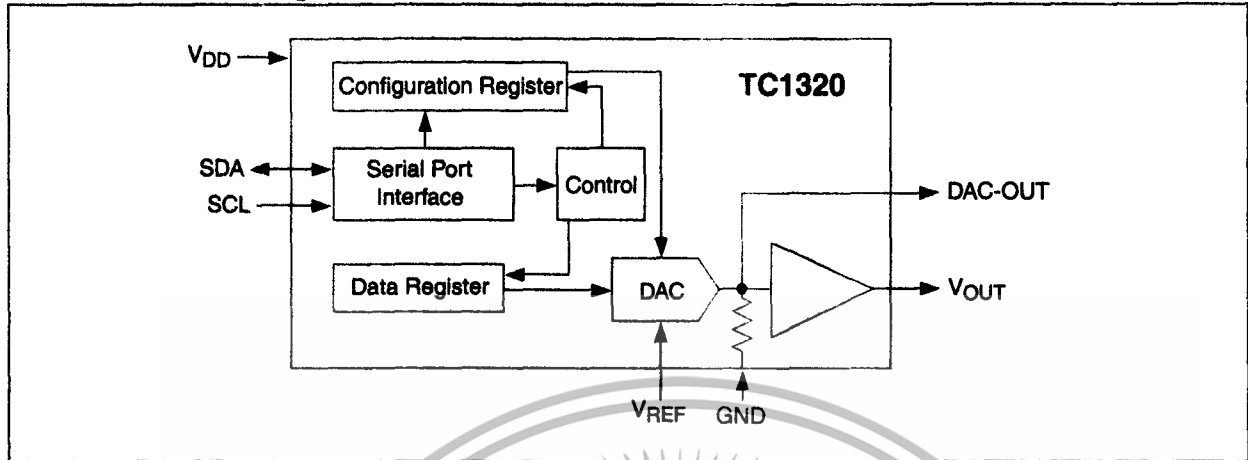


Typical Application



TC1320

Functional Block Diagram



1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings*

Supply Voltage (V_{DD})	+6V
Voltage on any Pin .. (GND – 0.3V) to (V_{DD} + 0.3V)	
Current on any Pin	±50mA
Package Thermal Resistance (θ_{JA}).....	330°C C/W
Operating Temperature (T_A).....	See Below
Storage Temperature (T_{STG}).....	-65°C to +150°C

*Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of the specifications is not implied. Exposure to Absolute Maximum Rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TC1320 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical Characteristics: $V_{DD} = 2.7V$ to $5.5V$, $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, $V_{REF} = 1.2V$ unless otherwise noted.						
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Power Supply						
V_{DD}	Supply Voltage	2.7	350	500	μA	
I_{DD}	Operating Current	—	0.35	0.5	mA	$V_{DD} = 5.5V$, $V_{REF} = 1.2V$ Serial Port Inactive (Note 1)
$I_{DD-STANDBY}$	Standby Supply Current	—	0.1	1	μA	$V_{DD} = 3.3V$ Serial Port Inactive (Note 1)
Static Performance - Analog Section						
	Resolution	—	—	8	Bits	
INL	Integral Non-Linearity at FS, $T_A = +25^\circ C$	—	—	±2	LSB	(Note 2)
FSE	Full Scale Error	—	—	±3	%FS	
DNL	Differential Non-Linearity, $T_A = +25^\circ C$	—	—	±0.8	LSB	All Codes (Note 2)
V_{OS}	Offset Error at V_{OUT}	—	±0.3	±8	mV	(Note 2)
TCV_{OS}	Offset Error Tempco at V_{OUT}	—	10	—	$\mu V/^\circ C$	
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	—	80	—	dB	V_{DD} at DC
V_{REF}	Voltage Reference Range	0	—	$V_{DD} - 1.2$	V	
I_{REF}	Reference Input Leakage Current	—	—	±1.0	μA	
V_{SW}	Voltage Swing	0	—	V_{REF}	V	$V_{REF} \leq (V_{DD} - 1.2V)$
R_{OUT}	Output Resistance @ V_{OUT}	—	5	—	Ω	$R_{OUT} (\Omega)$
I_{OUT}	Output Current (Source or Sink)	—	2	—	mA	
I_{SC}	Output Short-Circuit Current $V_{DD} = 5.5V$	—	30	50	mA	Source Sink
Dynamic Performance						
SR	Voltage Output Slew Rate	—	0.8	—	V/ μs	
t_{SETTLE}	Output Voltage Full Scale Settling Time	—	10	—	μsec	
t_{WU}	Wake-up Time	—	20	—	μs	
	Digital Feed Through and Crosstalk	—	5	—	nV-s	SDA = V_{DD} , SCL = 100kHz
Serial Port Interface						
V_{IH}	Logic Input High	2.4	—	V_{DD}	V	
V_{IL}	Logic Input Low	—	—	0.6	—	
V_{OL}	SDA Output Low	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3mA$ (Sinking Current) $I_{OL} = 6mA$
		—	—	0.6	V	
C_{IN}	Input Capacitance SDA, SCL	—	5	0.4	pF	
I_{LEAK}	I/O Leakage	—	—	±1.0	μA	

Note 1: SDA and SCL must be connected to V_{DD} or GND.

Note 2: Measured at $V_{OUT} \geq 50mV$ referred to GND to avoid output buffer clipping.

TC1320

TC1320 ELECTRICAL SPECIFICATIONS (CONTINUED)

Electrical Characteristics: $V_{DD} = 2.7V$ to $5.5V$, $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$, $V_{REF} = 1.2V$ unless otherwise noted.						
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Serial Port AC Timing						
f_{SMB}	SMBus Clock Frequency	10	—	100	kHz	
t_{IDLE}	Bus Free Time Prior to New Transition	4.7	—	—	μsec	
$t_{H(START)}$	START Condition Hold Time	4.0	—	—	μsec	
$t_{SU(START)}$	START Condition Setup Time	4.7	—	—	μsec	90% SCL to 10% SDA (for Repeated START Condition)
$t_{SU(STOP)}$	STOP Condition Setup Time	4.0	—	—	μsec	
t_{H-DATA}	Data In Hold Time	100	—	—	nsec	
$t_{SU-DATA}$	Data In Setup Time	100	—	—	nsec	
t_{LOW}	Low Clock Period	4.7	—	—	μsec	10% to 10%
t_{HIGH}	High Clock Period	4	—	—	μsec	90% to 90%
t_F	SMBus Fall Time	—	—	300	nsec	90% to 10%
t_R	SMBus Rise Time	—	—	1000	nsec	10% to 90%
t_{POR}	Power-on Reset Delay	—	500	—	μsec	$V_{DD} \geq V_{POR}$ (Rising Edge)

Note 1: SDA and SCL must be connected to V_{DD} or GND.

Note 2: Measured at $V_{OUT} \geq 50mV$ referred to GND to avoid output buffer clipping.



2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

Pin Number	Symbol	Type	Description
1	V _{REF}	Input	Input. Voltage Reference Input can range from 0V to 1.2V below V _{DD} .
2	SDA	Bi-Directional	Bi-directional. Serial data is transferred on the SMBus in both directions using this pin.
3	SCL	Input	Input. SMBus serial clock. Clocks data into and out of the TC1320.
4	GND	Power	Ground.
5	V _{OUT}	Output	Output. Buffered DAC output voltage. This voltage is a function of the reference voltage and the contents of the DATA register.
6	NC	None	No connection.
7	DAC-OUT	Output	Output. Unbuffered DAC output voltage. This voltage is a function of the reference voltage and the contents of the DATA register. This output is unbuffered and care must be taken that the pin is connected only to a high-impedance node.
8	V _{DD}	Power	Positive power supply input. See electrical specifications.



TC1320

3.0 DETAILED DESCRIPTION

The TC1320 is a monolithic 8-bit digital-to-analog converter, that is designed to operate from a single supply that can range from 2.7V to 5.5V. The DAC consists of a data register (DATA), a configuration register (CONF), and a current output amplifier. The TC1320 uses an external reference, which also determines the maximum output voltage.

The TC1320 uses a current steering DAC, based on an array of matched current sources. This current, along a precision resistor, converts the contents of the Data Register and V_{REF} into an output voltage, V_{OUT} given by:

$$V_{OUT} = V_{REF} (DATA/256)$$

3.1 Reference Input

The reference pin, V_{REF} is a buffered high-impedance input and because of this, the load regulation of the reference source needs only to be able to tolerate leakage levels of current (less than $1\mu A$). V_{REF} accepts a voltage range from 0 to ($V_{DD} - 1.2V$). Input capacitance is typically 10pF.

3.2 Output Amplifier

The TC1320 DAC output is buffered with an internal unity gain rail-to-rail input/output amplifier, with a typical slew rate of $0.8V/\mu sec$. Maximum full scale transition settling time is $10\mu sec$ to within $\pm 1/2LSB$ when loaded with $1k\Omega$ in parallel with 100pF.

3.3 Standby Mode

The TC1320 allows the host to put it into a Low Power ($I_{DD} = 0.5\mu A$, typical) Standby mode. In this mode, the D/A conversion is halted. The SMBus port operates normally. Standby mode is enabled by setting the SHDN bit in the CONFIG register. The table below summarizes this operation.

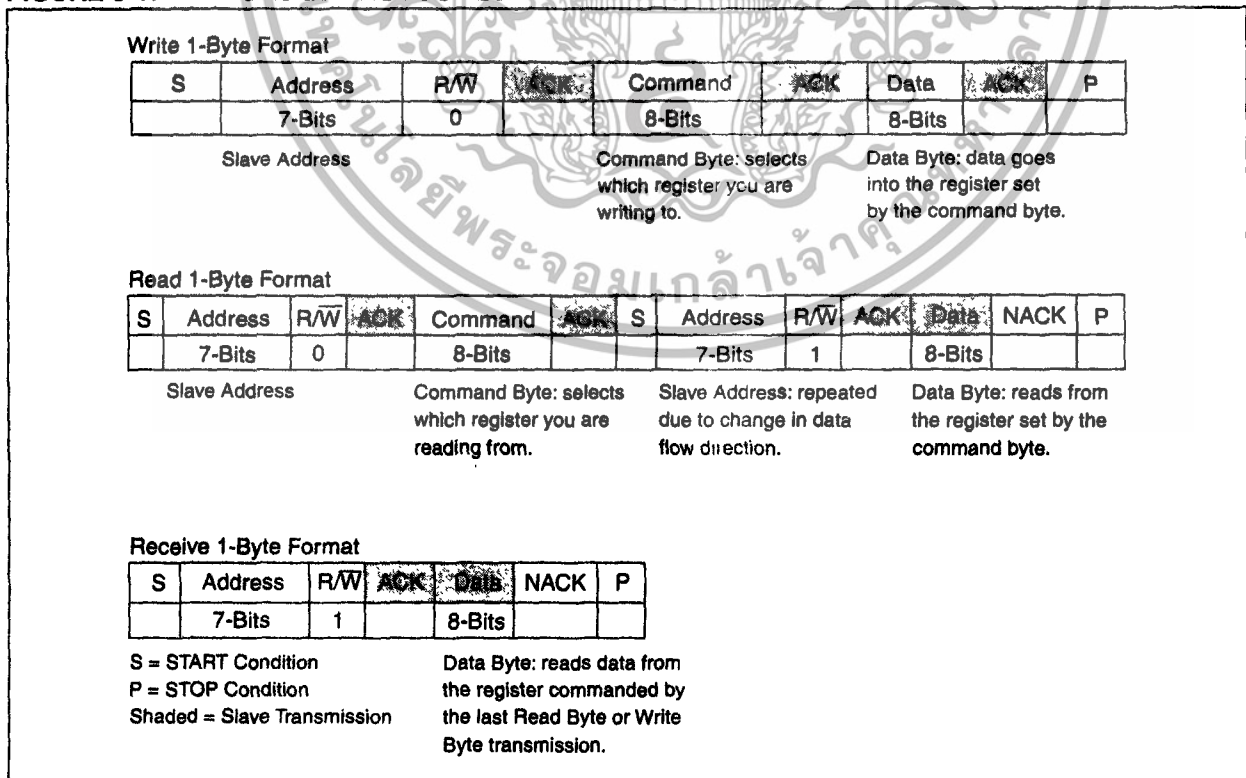
TABLE 3-1: STANDBY MODE OPERATION

SHDN Bit	Operating Mode
0	Normal
1	Standby

3.4 SMBus Slave Address

The TC1320 is internally programmed to have a default SMBus address value of 1001 000b. Seven other addresses are available by custom order (contact factory). See Figure 3-1 for locating address bits in SMBus protocol.

FIGURE 3-1: SMBus PROTOCOLS



4.0 SERIAL PORT OPERATION

The Serial Clock input (SCL) and bi-directional data port (SDA) form a 2-wire bi-directional serial port for programming and interrogating the TC1320. The following conventions are used in this bus architecture:

TABLE 4-1: TC1320 SERIAL BUS CONVENTIONS

Term	Explanation
Transmitter	The device sending data to the bus.
Receiver	The device receiving data from the bus.
Master	The device which controls the bus: initiating transfers (START), generating the clock, and terminating transfers (STOP).
Slave	The device addressed by the master.
START	A unique condition signaling the beginning of a transfer indicated by SDA falling (High - Low) while SCL is high.
STOP	A unique condition signaling the end of a transfer indicated by SDA rising (Low - High) while SCL is high.
ACK	A Receiver Acknowledges the receipt of each byte with this unique condition. The Receiver drives SDA low during SCL high of the ACK clock pulse. The Master provides the clock pulse for the ACK cycle.
Busy	Communication is not possible because the bus is in use.
Not Busy	When the bus is IDLE, both SDA and SCL will remain high.
Data Valid	The state of SDA must remain stable during the High period of SCL in order for a data bit to be considered valid. SDA only changes state while SCL is low during normal data transfers. (See START and STOP conditions.)

All transfers take place under control of a host, usually a CPU or microcontroller, acting as the Master, which provides the clock signal for all transfers. The TC1320 always operates as a Slave. The serial protocol is illustrated in Figure 3-1. All data transfers have two phases; all bytes are transferred MSB first. Accesses are initiated by a START condition (START), followed by a device address byte and one or more data bytes. The device address byte includes a Read/Write selection bit. Each access must be terminated by a STOP Condition (STOP). A convention called *Acknowledge* (ACK) confirms receipt of each byte. Note that SDA can change only during periods when SCL is LOW (SDA changes while SCL is HIGH is reserved for START and STOP Conditions).

4.1 START Condition (START)

The TC1320 continuously monitors the SDA and SCL lines for a START condition (a HIGH to LOW transition of SDA while SCL is HIGH), and will not respond until this condition is met.

4.2 Address Byte

Immediately following the START Condition, the host must transmit the address byte to the TC1320. The 7-bit SMBus address for the TC1320 is 1001000. The 7-bit address transmitted in the serial bit stream must match for the TC1320 to respond with an Acknowledge (indicating the TC1320 is on the bus and ready to accept data). The eighth bit in the Address Byte is a Read/Write bit. This bit is a 1 for a read operation, or 0 for a write operation. During the first phase of any transfer, this bit will be set = 0 to indicate that the command byte is being written.

4.3 Acknowledge (ACK)

Acknowledge (ACK) provides a positive handshake between the host and the TC1320. The host releases SDA after transmitting eight bits, then generates a ninth clock cycle to allow the TC1320 to pull the SDA line LOW to Acknowledge that it successfully received the previous eight bits of data or address.

4.4 Data Byte

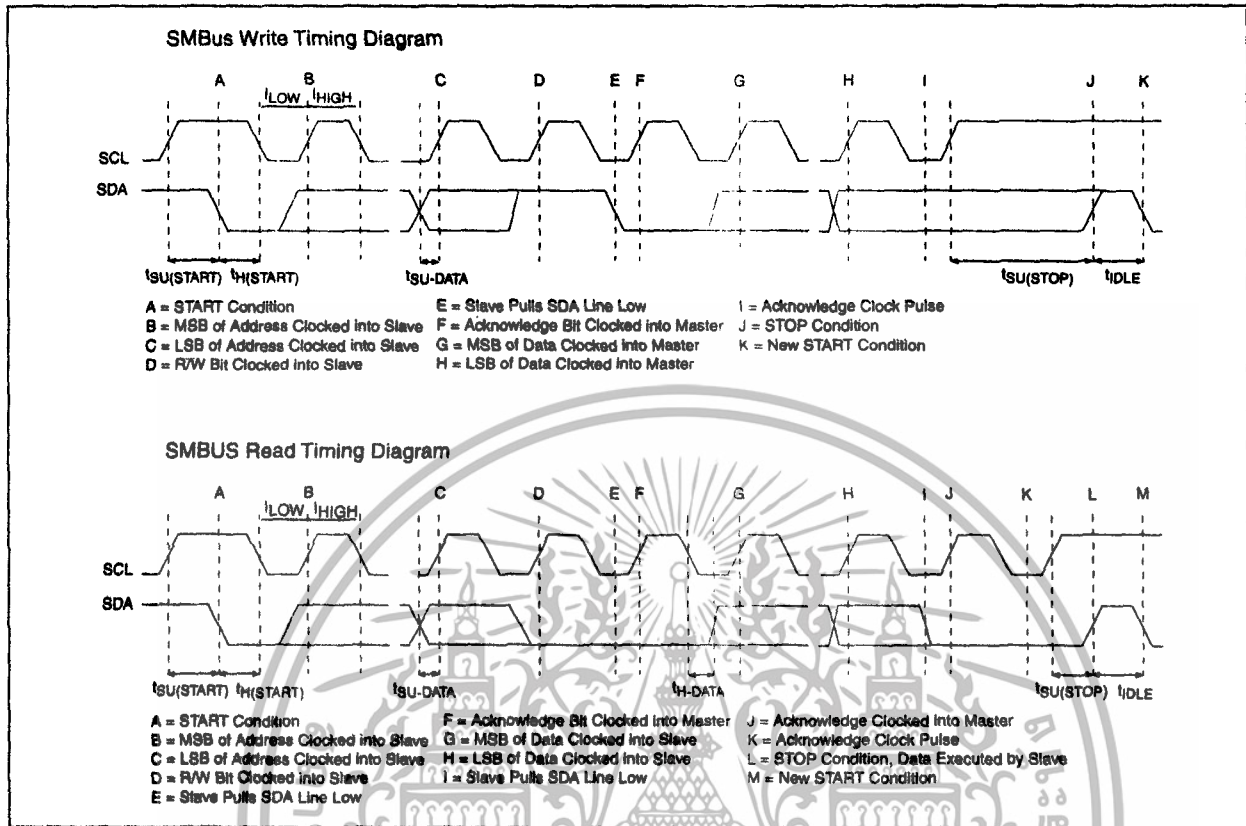
After a successful ACK of the address byte, the host must transmit the data byte to be written, or clock out the data to be read. (See the appropriate timing diagrams.) ACK will be generated after a successful write of a data byte into the TC1320.

4.5 STOP Condition (STOP)

Communications must be terminated by a STOP condition (a LOW to HIGH transition of SDA while SCL is HIGH). The STOP Condition must be communicated by the transmitter to the TC1320. Refer to Figure 4-1, Timing Diagrams for serial bus timing.

TC1320

FIGURE 4-1: TIMING DIAGRAMS



4.6 Register Set and Programmer's Model

TABLE 4-2: TC1320 COMMAND SET (SMBus READ_BYTE AND WRITE_BYTE)

Command Byte Description		
Command	Code	Function
RWD	00h	Read/Write Data (DATA)
RWCR	01h	Read/Write Configuration (CONFIG)

TABLE 4-3: CONFIGURATION REGISTER (CONFIG), 8-BIT, READ/WRITE

Configuration Register (CONFIG)							
D[7]	D[6]	D[5]	D[4]	D[3]	D[2]	D[1]	D[0]
Reserved							SHDN
Bit	POR	Function	Type	Operation			
D[0]	0	Standby Switch	Read/Write	1 = Standby 0 = Normal			
D[7]-D[1]	0	Reserved; Always returns Zero when Read	N/A	N/A			

TABLE 4-4: DATA REGISTER (DATA), 8-BIT, READ/WRITE

Data Register (DATA)							
D[7]	D[6]	D[5]	D[4]	D[3]	D[2]	D[1]	D[0]
MSB	X	X	X	X	X	X	LSB

The DAC output voltage is a function of reference voltage and the binary value of the contents of the Data register. The transfer function is given by the expression:

EQUATION 4-1:

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left[\frac{DATA}{256} \right]$$

4.7 Register Set Summary

The TC1320's register set is summarized in Table 4-5 below. All registers are 8-bits wide.

TABLE 4-5: TC1320 REGISTER SET SUMMARY

Name	Description	POR State	Read	Write
Data	Data Register	0000 0000b	X	X
Config	CONFIG Register	0000 0000b	X	X



TC1320

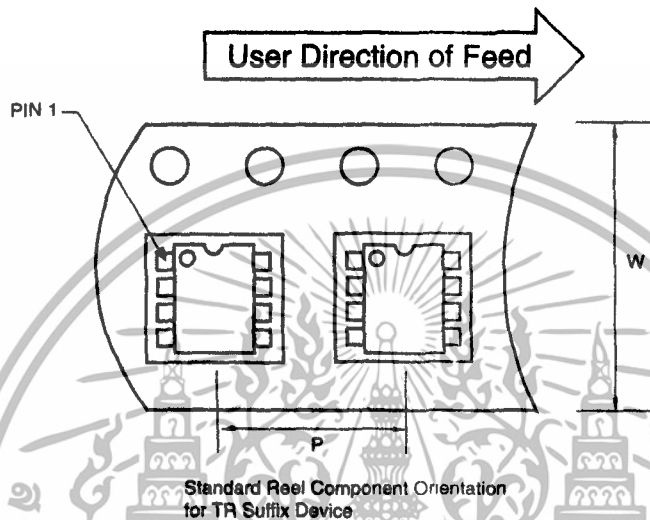
5.0 PACKAGING INFORMATION

5.1 Package Marking Information

Package marking data not available at this time.

5.2 Taping Forms

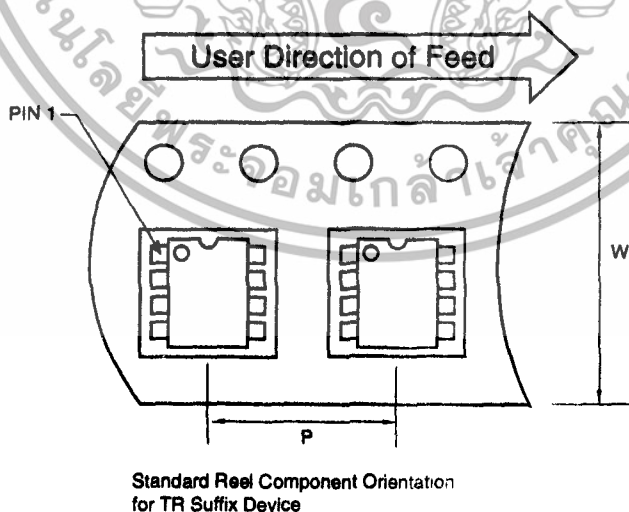
Component Taping Orientation for 8-Pin MSOP Devices



Carrier Tape, Number of Components Per Reel and Reel Size

Package	Carrier Width (W)	Pitch (P)	Part Per Full Reel	Reel Size
8-Pin MSOP	12 mm	8 mm	2500	13 in

Component Taping Orientation for 8-Pin SOIC (Narrow) Devices

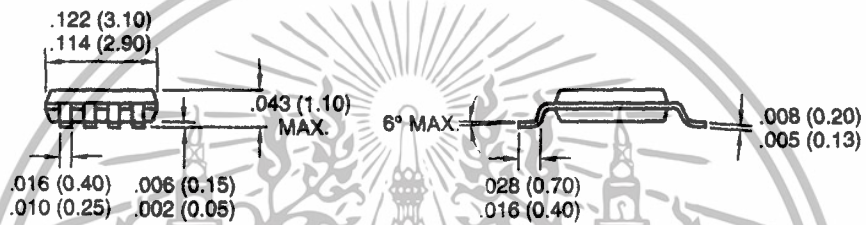
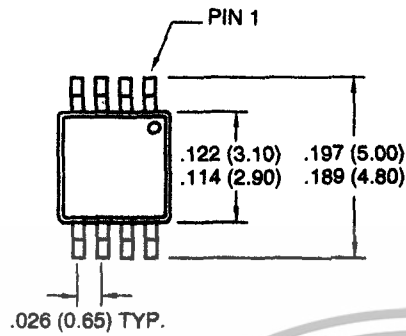


Carrier Tape, Number of Components Per Reel and Reel Size

Package	Carrier Width (W)	Pitch (P)	Part Per Full Reel	Reel Size
8-Pin SOIC (N)	12 mm	8 mm	2500	13 in

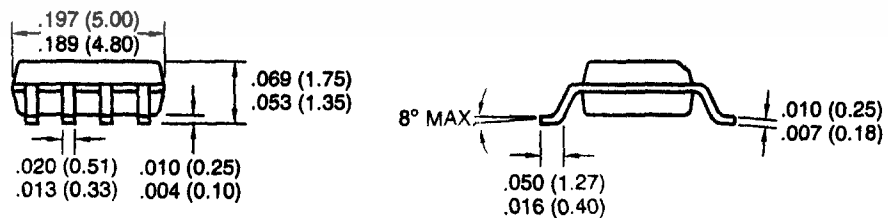
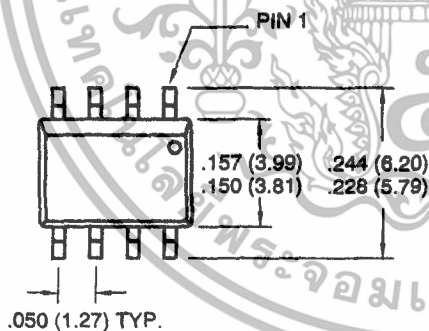
5.3 Package Dimensions

8-Pin MSOP



Dimensions: inches (mm)

8-Pin SOIC



Dimensions: inches (mm)

SALES AND SUPPORT

Data Sheets

Products supported by a preliminary Data Sheet may have an errata sheet describing minor operational differences and recommended workarounds. To determine if an errata sheet exists for a particular device, please contact one of the following:

1. Your local Microchip sales office
2. The Microchip Corporate Literature Center U.S. FAX: (480) 792-7277
3. The Microchip Worldwide Site (www.microchip.com)

Please specify which device, revision of silicon and Data Sheet (include Literature #) you are using.

New Customer Notification System

Register on our web site (www.microchip.com/cn) to receive the most current information on our products.



Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks


The Microchip name and logo, the Microchip logo, FilterLab, KEELoc, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

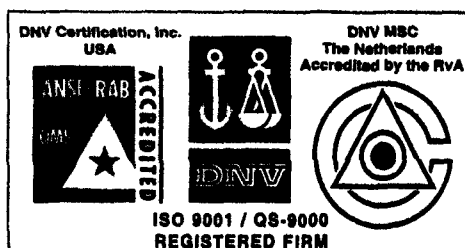
dsPIC, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, MXDEV, PICC, PICDEM, PICDEM.net, rfPIC, Select Mode and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2002, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoc® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.



MICROCHIP

WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277
Technical Support: 480-792-7627
Web Address: <http://www.microchip.com>

Rocky Mountain

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7966 Fax: 480-792-7456

Atlanta

500 Sugar Mill Road, Suite 200B
Atlanta, GA 30350
Tel: 770-640-0034 Fax: 770-640-0307

Boston

2 Lan Drive, Suite 120
Westford, MA 01886
Tel: 978-692-3848 Fax: 978-692-3821

Chicago

333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075

Dallas

4570 Westgrove Drive, Suite 160
Addison, TX 75001
Tel: 972-816-7423 Fax: 972-816-2924

Detroit

Tri-Atria Office Building
32255 Northwestern Highway, Suite 190
Farmington Hills, MI 48334
Tel: 248-538-2250 Fax: 248-538-2260

Kokomo

2767 S. Albright Road
Kokomo, Indiana 46902
Tel: 765-864-8360 Fax: 765-864-8367

Los Angeles

18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 949-263-1888 Fax: 949-263-1338

New York

150 Motor Parkway, Suite 202
Hauppauge, NY 11788
Tel: 631-273-5305 Fax: 631-273-5335

San Jose

Microchip Technology Inc.
2107 North First Street, Suite 590
San Jose, CA 95131
Tel: 408-436-7950 Fax: 408-436-7955

Toronto

6285 Northam Drive, Suite 108
Mississauga, Ontario L4V 1X5, Canada
Tel: 905-673-0699 Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Australia

Microchip Technology Australia Pty Ltd
Suite 22, 41 Rawson Street
Epping 1212, NSW
Australia
Tel: 61-2-9868-6733 Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Beijing Liaison Office
Unit 915
Bei Hai Wan Tai Bldg.
No. 6 Chaoyangmen Beidajie
Beijing, 100027, No. China
Tel: 86-10-85282100 Fax: 86-10-85282104

China - Chengdu

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Chengdu Liaison Office
Rm. 2401, 24th Floor,
Ming Xing Financial Tower
No. 88 TIDU Street
Chengdu 610016, China
Tel: 86-28-6766200 Fax: 86-28-6766599

China - Fuzhou

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Fuzhou Liaison Office
Unit 28F, World Trade Plaza
No. 71 Wusi Road
Fuzhou 350001, China
Tel: 86-591-7503506 Fax: 86-591-7503521

China - Shanghai

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd.
Room 701, Bldg. B
Far East International Plaza
No. 317 Xian Xia Road
Shanghai, 200051
Tel: 86-21-6275-6700 Fax: 86-21-6275-5060

China - Shenzhen

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Shenzhen Liaison Office
Rm. 1315, 13/F, Shenzhen Kerry Centre,
Renminnan Lu
Shenzhen 518001, China
Tel: 86-755-2350361 Fax: 86-755-2366086

Hong Kong

Microchip Technology Hongkong Ltd
Unit 901-6, Tower 2, Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2401-1200 Fax: 852-2401-3431

India

Microchip Technology Inc.
India Liaison Office
Divyaree Chambers
1 Floor, Wing A (A3/A4)
No. 11, O'Shaughnessy Road
Bangalore, 560 025, India
Tel: 91-80-2290061 Fax: 91-80-2290062

Japan

Microchip Technology Japan K.K.
Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa, 222-0033, Japan
Tel: 81-45-471-6166 Fax: 81-45-471-6122

Korea

Microchip Technology Korea
168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea 135-882
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5934

Singapore

Microchip Technology Singapore Pte Ltd.
200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore, 188980
Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850

Taiwan

Microchip Technology Taiwan
11F-3, No. 207
Tung Hua North Road
Taipei, 105, Taiwan
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

EUROPE

Denmark

Microchip Technology Nordic ApS
Regus Business Centre
Lautrup hof 1-3
Ballerup DK-2750 Denmark
Tel: 45 4420 9895 Fax: 45 4420 9910

France

Microchip Technology SARL
Parc d'Activite du Moulin de Massy
43 Rue du Saule Trapu
Batiment A - 1er Etage
91300 Massy, France
Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany

Microchip Technology GmbH
Gustav-Heinemann Ring 125
D-81739 Munich, Germany
Tel: 49-89-627-144 0 Fax: 49-89-627-144-44

Italy

Microchip Technology SRL
Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Taurus 1 V. Le Colleoni 1
20041 Agrate Brianza
Milan, Italy
Tel: 39-039-65791-1 Fax: 39-039-6899883

United Kingdom

Arizona Microchip Technology Ltd.
505 Eskdale Road
Winnersh Triangle
Wokingham
Berkshire, England RG41 5TU
Tel: 44 118 921 5869 Fax: 44-118 921-5820

03/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า





ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <16f877.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#define clock_sp 4000000
#use delay(clock=4000000)
```

```
//SHT15
#define DATA PIN_C5
#define SCK PIN_C6
#define noACK 0
#define ACK 1
```

```
//LCD
#define rs PIN_C7
#define en PIN_D4
#define BL PIN_D5
#byte port_b = 0x06
//TC1320_1
#define SDA2 PIN_C0
#define SCL2 PIN_C1
//TC1320_2
#define SDA3 PIN_C2
#define SCL3 PIN_C3
//Output
#define heat1 PIN_D1
#define out2 PIN_D2
#define out1 PIN_D3
//Keypad
#define C1 PIN_E1
#define C2 PIN_E2
#define C3 PIN_A5
#define C4 PIN_E0
#define R1 PIN_A2
#define R2 PIN_A1
#define R3 PIN_A4
#define R4 PIN_A3
```

```
#include <SHT15.c>
#include <TC1320.c>
#include <TC1320_1.c>
```

```
char str[20];
```

```
int16 msec1=0,msec2=0;
int8 Buf_hum,Buf_temp;
int8 set_temp,set_hum;
```

```
int1 F_key;
char key1;
short F_heat1=0;
short F_cpl;
```

```
void delay1(int8 time);
```

```
#INT_TIMER1
```

```
void IntTMR1_isr(void)
```

```
{ F_cpl=~F_cpl;
if(msec1>0)msec1--;
if(msec2>0)msec2--;
//if(F_fan2==1){time_1++;}if(time_1>=8){time_1=0;c_time++;}
```

```

    if((F_heat1==1)&&(F_cpl==1)){output_low(heat1);}
    if((F_heat1==1)&&(F_cpl==0)){output_high(heat1);}
}
/*****/

```

```

/*****/

```

```

//lcd routine

```

```

void delay1(int8 time)

```

```

{
    while(time!=0){delay_us(1); time--;}
}

```

```

//-----

```

```

void lcd_command(char xx)

```

```

{
    //rs=0;
    output_low(rs);
    set_tris_b(0x00);
    port_b=xx ;
    //en=1;
    output_high(en);
    delay1(50);
    //en=0;
    output_low(en);
    delay1(100) ;
}

```

```

//-----

```

```

void clear_lcd()

```

```

{
    lcd_command(0x01) ;
}

```

```

//-----

```

```

void movc(char x,y)

```

```

{
    if(x<0x0F)
    {
        if(y==1) lcd_command(0x80 + x) ;
        else lcd_command(0xC0 + x) ;
    }
}

```

```

//-----

```

```

void init_lcd()

```

```

{
    lcd_command(0x038) ;
    lcd_command(0x010) ;
    clear_lcd() ;
    lcd_command(0x06) ;
    lcd_command(0x0C) ; //displayon cur_off
    movc(0,1);
}

```

```

//-----

```

```

void lcdout(char pos,char com)//lcd char 1

```

```

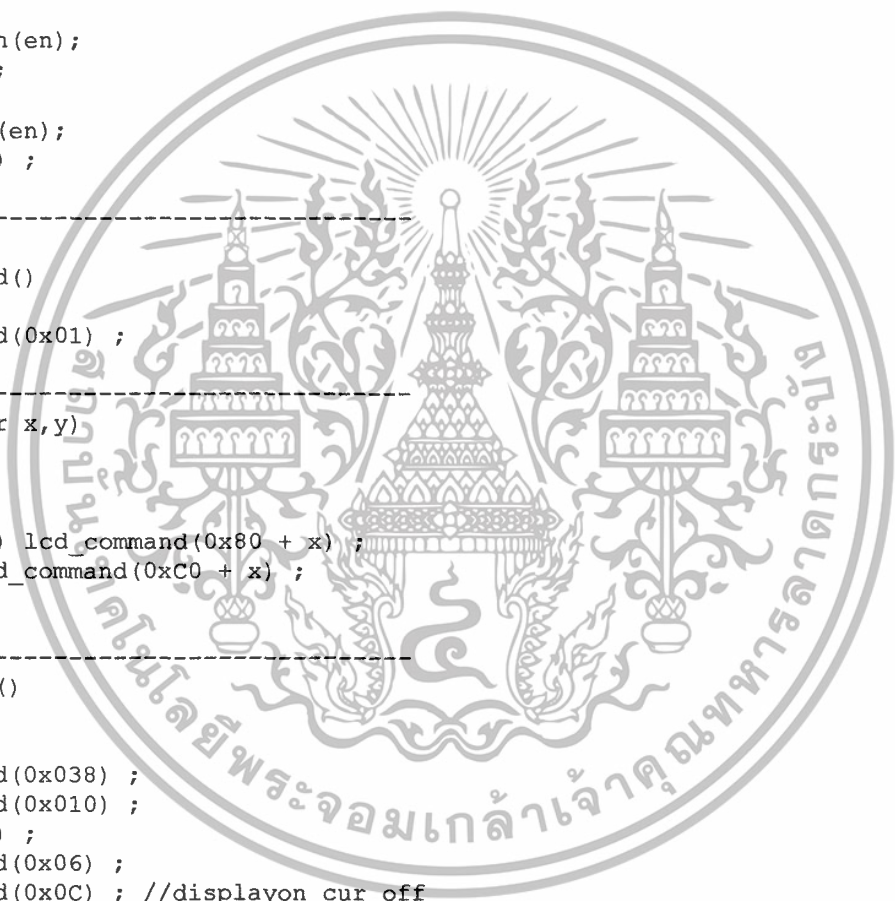
{
    lcd_command(pos);
    //rs=1;
    output_high(rs);
    set_tris_b(0x00);
    port_b=com ;
    //en=1;
    output_high(en);
    delay1(10);
    //en=0;
    output_low(en);
    delay1(100);
}

```

```

//-----

```



ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void lcdline(char com)
{
    //rs=1;
    output_high(rs);
    set_tris_b(0x00);
    port_b=com ;
    //en=1;
    output_high(en);
    delay1(10);
    //en=0;
    output_low(en);
    delay1(100);
}
//-----
void lcdtext(char pos) //lcd string
{
    char i=0;
    lcd_command(pos);
    while(str[i]!='\0'){lcdline(str[i]);i++;}
}
void show_LCD()
{
    output_low(BL);
    strcpy(str, " Humidity and Temp");
    lcdtext(0x80);
    strcpy(str, "Humi=   % HSet=   %");
    lcdtext(0x94);

    //Buf_hum=100;
    lcdout(0x99, Buf_hum/100+'0');
    lcdout(0x9a, (Buf_hum%100)/10+'0');
    lcdout(0x9b, (Buf_hum%10)+'0');

    //set_hum=89;
    lcdout(0xA4, set_hum/100+'0');
    lcdout(0xa5, (set_hum%100)/10+'0');
    lcdout(0xa6, (set_hum%10)+'0');

    strcpy(str, "Temp=   C TSet=   C");
    lcdtext(0xD4);

    //Buf_temp=125;
    //measure_temp();
    lcdout(0xD9, Buf_temp/100+'0');
    lcdout(0xDA, (Buf_temp%100)/10+'0');
    lcdout(0xDB, (Buf_temp%10)+'0');

    //set_temp=123;
    lcdout(0xE4, set_temp/100+'0');
    lcdout(0xE5, (set_temp%100)/10+'0');
    lcdout(0xE6, (set_temp%10)+'0');
    //delay_ms(10);
}
void chk_key()
{
    output_low(R4);
    if(input(C1)==false){key1='A';F_key=1;}
    if(input(C2)==false){key1='3';F_key=1;}
    if(input(C3)==false){key1='2';F_key=1;}
    if(input(C4)==false){key1='1';F_key=1;}
    output_high(R4);
    output_low(R3);
    if(input(C1)==false){key1='B';F_key=1;}
    if(input(C2)==false){key1='6';F_key=1;}
    if(input(C3)==false){key1='5';F_key=1;}
    if(input(C4)==false){key1='4';F_key=1;}
    output_high(R3);
    output_low(R2);
    if(input(C1)==false){key1='C';F_key=1;}

```



การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (input (C2)==false) {key1='9';F_key=1;}
if (input (C3)==false) {key1='8';F_key=1;}
if (input (C4)==false) {key1='7';F_key=1;}
output_high (R2);
output_low (R1);
if (input (C1)==false) {key1='D';F_key=1;}
if (input (C2)==false) {key1='#';F_key=1;}
if (input (C3)==false) {key1='0';F_key=1;}
if (input (C4)==false) {key1='*';F_key=1;}
output_high (R1);
if (F_key==1) {delay_ms (300);}
}

void set_menu1()
{ char i_count=0;
  char num1,num2,num3;
  if (key1=='A')
  {F_key=0;clear_lcd();output_high (heat1);
   while (true)
   {chk_key();
    strcpy (str," Humidity Setup");
    lcdtext (0x80);
    strcpy (str,"Humidity Value=  %");
    lcdtext (0x94);
    strcpy (str," Key number (10-100%");
    lcdtext (0xD4);

    //set_hum=0;
    lcdout (0xA4,set_hum/100+'0');
    lcdout (0xA5,(set_hum%100)/10+'0');
    lcdout (0xA6,(set_hum%10)+'0');
    if (key1=='F') {break;}
    while (true)
    {F_key=0;
     chk_key();
     if ((F_key==1) && (key1!='A') && (key1!='B') && (key1!='C') && (key1!='D') && (key1!='*') && (key1!='#'))
     {
      if (i_count==1) {lcdout (0xA4,key1);num1=key1-'0';}
      if (i_count==2) {lcdout (0xA5,key1);num2=key1-'0';}
      if (i_count==3) {lcdout (0xA6,key1);num3=key1-'0';i_count=0;}
     }
     if (key1=='#') {key1='F';F_key=0;clear_lcd();break;}

     if (key1=='*') {F_key=0;i_count=0;set_hum=0;
      lcdout (0xA4,'0');
      lcdout (0xA5,'0');
      lcdout (0xA6,'0');
     }

     if (key1=='D')
     {F_key=0;set_hum=(num1*100)+(num2*10)+(num3);

     if ((set_hum>=10) && (set_hum<=100))
     {clear_lcd();
      strcpy (str," Humidity Setup");
      lcdtext (0x80);
      strcpy (str,"[--Success Value--]");
      lcdtext (0x94);
      delay_ms (2000);key1='F';break;
     }
     if ((set_hum<10) || (set_hum>100))
     {clear_lcd();
      strcpy (str," Humidity Setup");
      lcdtext (0x80);
      strcpy (str,"[--Invalid Value--]");
      lcdtext (0x94);

```



```

void run_pro()
{
  int1 F_bit1=0;
  int1 F_bit2=0;
  if (Buf_temp==(set_temp-1)) {F_heat1=1;output_high(out1);}
  else if (Buf_temp<set_temp) {output_low(heat1);F_heat1=0;}
  if (Buf_temp>=set_temp) {output_high(heat1);F_heat1=0;output_low(out1);}

  if (Buf_hum<set_hum) {output_high(out2);}
  if (Buf_hum>=set_hum) {output_low(out2);}

  if ((Buf_hum<(set_hum+10)) && (Buf_hum>=(set_hum+7))) {set_DAC2(192);F_bit2=1;}
  if ((Buf_hum<(set_hum+7)) && (Buf_hum>=(set_hum+4))) {set_DAC2(128);F_bit2=1;}
  if ((Buf_hum<(set_hum+4)) && (Buf_hum>=(set_hum+2))) {set_DAC2(66);F_bit2=1;}
  if (Buf_hum>set_hum) {set_DAC2(0);F_bit2=0;}
  if ((Buf_hum<=set_hum) && (F_bit2==0)) {set_DAC2(255);}

  if ((Buf_temp>=(set_temp-10)) && (Buf_temp<=(set_temp-7))) {set_DAC1(66);F_bit1=1;}
  if ((Buf_temp>(set_temp-7)) && (Buf_temp<=(set_temp-4))) {set_DAC1(128);F_bit1=1;}
  if ((Buf_temp>(set_temp-4)) && (Buf_temp<=(set_temp-2))) {set_DAC1(192);F_bit1=1;}
  if (Buf_temp>set_temp) {set_DAC1(255);F_bit1=0;}
  if ((Buf_temp<=set_temp) && (F_bit1==0)) {set_DAC1(0);}

}

void readHumi()
{
  float fRh_lin;
  float fRh_true;
  float fTemp_true;
  float fDewpoint;

  //long lValue_lin;
  long lValue_rh;
  long lValue_temp;
  // delay >11ms before next command
  delay_ms(12);

  // start transmission
  sht1x_xmission_start();

  // measure temperature
  sht1x_command_mode(MEASURE_TEMP);
  lValue_temp = sht1x_read_data();
  //printf("\nValue_temp: %lu ", lValue_temp);

  fTemp_true = (D1+(D2*lValue_temp));

  // delay 11ms before next command
  delay_ms(12);

  // start transmission
  sht1x_xmission_start();

  // measure linear
  sht1x_command_mode(MEASURE_HUMI);
  lValue_rh = sht1x_read_data();
  //printf("\nValue_lin: %lu ", lValue_lin);

  fRh_lin = (C11+(C12*lValue_rh)+(C13*lValue_rh*lValue_rh));
  fRh_true = (((fTemp_true-25)*(T1+(T2*lValue_rh)))+fRh_lin);
  fDewpoint=sht1x_calc_dewpoint(fRh_true,fTemp_true);
  Buf_hum=fRh_true*1;
  Buf_temp=(fTemp_true-3)*1;
  // printf(lcd_putc, "%2.1f rH%2.1f%% dp%2.1f ", fTemp_true, fRh_true, fDewpoint);
}

```

```

void main()
{

enable_interrupts(GLOBAL);      // enable interrupt global
enable_interrupts(INT_TIMER1);  // enable interrupt timer1

setup_timer_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_1); // setup timer1 50ms

sht1x_connection_reset() ;
delay_ms(6) ;
output_low(out1);
output_low(out2);

output_low(rs);
output_low(en);

delay_ms(500);
init_lcd();
delay_ms(500);
IC1_Init();
IC2_Init();
set_DAC1(0);
set_DAC2(0);
delay_ms(2) ;

/*
while(TRUE)
{
F_fan2=1;
if(c_time==1){set_DAC1(192);}
if(c_time==2){set_DAC1(129);}
if(c_time==3){set_DAC1(66);}
if(c_time==4){set_DAC1(0);}
}
*/
if(set_temp>125){set_temp=50;}
if((set_hum>100)||(set_hum<100)){set_hum=50;}
while(TRUE)
{

show_LCD() ;
chk_key();
set_menu1();
set_menu2();
readHumi();
run_pro();

}

}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// SHT1x address=000 is currently supported
// SHT1x command code
//adr command r/w
#define STATUS_REG_W 0x06 //000 0011 0
#define STATUS_REG_R 0x07 //000 0011 1
#define MEASURE_TEMP 0x03 //000 0001 1
#define MEASURE_HUMI 0x05 //000 0010 1
#define RESET 0x1E //000 1111 0

// constant use for SHT1x Humidity Measurement
#define C11 -4.0
#define C12 0.0405
#define C13 -0.0000028

// constant use for SHT1x Temperature Measurement
#define D1 -40.0
#define D2 0.01

// constant use for SHT1x True Humidity Measurement
#define T1 0.01
#define T2 0.00008
```

```
// SHT1x Transmission Start Sequence
```

```
void sht1x_xmission_start()
{
output_high(DATA) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_high(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_low(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;
delay_us(2) ;
delay_us(2) ;
output_high(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_high(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;
}

```

```
// SHT1x Connection Reset Sequence
```

```
void sht1x_connection_reset()
{
int i;

output_high(DATA) ;

for (i=0; i<9; i++)
{
output_high(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;
}
sht1x_xmission_start() ;
}

```

```
// SHT1x Address & Command Mode with address=000 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
```

```
void sht1x_command_mode(int iMode)
{
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
int i;

```

```

for (i=128; i>0; i/=2)
{
if (i & iMode) output_high(DATA) ;
else output_low(DATA) ;

delay_us(2) ;
output_high(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
}

output_float(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_high(SCK) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;

// delay >11ms for 8-bit measurement
// delay >55ms for 12-bit measurement
// delay >210ms for 14-bit measurement
// before data read from SHT1x
delay_ms(250) ;
}

// SHT1x Soft Reset
// resets the interface, clears the status register to default values
// wait minimum 11ms before next command
void sht1x_soft_reset()
{
sht1x_connection_reset() ;
sht1x_command_mode(RESET) ;
}

// read data from SHT1x and store
long sht1x_read_data()
{
int i;
long lTmp;
long lVal1=0;
long lVal2=0;
long lValue;

// get MSB from SHT1x
for (i=0; i<8; i++)
{
lVal1<<=1;
output_high(SCK) ;
lTmp = input(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;

if (lTmp) lVal1|=1;
}

// acknowledge routine
output_high(SCK) ;
output_low(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_float(DATA) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;

// get LSB from SHT1x
for (i=0; i<8; i++)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หากกรณีใดๆที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lVal2<=1;
output_high(SCK) ;
lTmp = input(DATA) ;
delay_us(2) ;
output_low(SCK) ;
delay_us(2) ;

if (lTmp) lVal2|=1;
}

lValue = make16(lVal1,lVal2) ;
return(lValue) ;
}

// calculate dewpoint
float sht1x_calc_dewpoint(float fRh,float fTemp){
float fDewpoint,fLogEW;
fLogEW = (log10(fRh)-2)/0.4343 + (17.62*fTemp)/(243.12+fTemp) ;
fDewpoint = 243.12*fLogEW/(17.62-fLogEW) ; // this is the dew point in Celsius
return(fDewpoint) ;
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void IC1_Tx_Byte(int8 byte1) {
    int8 i ;
    for(i=0;i<8;i++) {
        if ((byte1 & 0x80)==0x80) output_high(SDA2) ;
        else output_low(SDA2) ;
        output_high(SCL2) ;delay_us(10) ;
        output_low(SCL2) ; delay_us(10) ;
        byte1=byte1<<1 ;
    }
}

void set_DAC1(int8 dataset1)
{
    output_low(SDA2) ; delay_us(10) ;
    output_low(SCL2) ; delay_us(10) ;
    output_high(SDA2) ;delay_us(10) ;

    IC1_Tx_Byte(0x90);
    output_high(SDA2) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL2) ;delay_us(10) ;

    output_low(SCL2) ; delay_us(10) ;
    IC1_Tx_Byte(0x00);
    output_high(SDA2) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL2) ;delay_us(10) ;

    output_low(SCL2) ; delay_us(10) ;
    IC1_Tx_Byte(dataset1);
    output_high(SDA2) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL2) ;delay_us(10) ;

    output_low(SDA2) ;    delay_us(10) ;
    output_high(SCL2) ;    delay_us(10) ;
    output_high(SDA2) ;    delay_us(10) ;
}
/*
int8 IC1_Rx_Byte() {
    int8 i,byte1=0x00 ;

    for(i=0;i<8;i++) {
        output_high(SCL2) ;
        delay_us(10) ;
        byte1= input(SDA2) ;
        output_low(SCL2) ;
        delay_us(10) ;
    }

    return byte1 ;
}
*/
void IC1_Init() {
    output_high(SCL2) ;
    output_high(SDA2) ;
}
// IC1_Init();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void IC2_Tx_Byte(int8 bytel) {
    int8 i ;
    for(i=0;i<8;i++) {
        if ((bytel & 0x80)==0x80) output_high(SDA3) ;
        else output_low(SDA3) ;
        output_high(SCL3) ;delay_us(10) ;
        output_low(SCL3) ; delay_us(10) ;
        bytel=bytel<<1 ;
    }
}

void set_DAC2(int8 dataset1)
{
    output_low(SDA3) ; delay_us(10) ;
    output_low(SCL3) ; delay_us(10) ;
    output_high(SDA3) ;delay_us(10) ;

    IC2_Tx_Byte(0x90);
    output_high(SDA3) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL3) ;delay_us(10) ;

    output_low(SCL3) ; delay_us(10) ;
    IC2_Tx_Byte(0x00);
    output_high(SDA3) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL3) ;delay_us(10) ;

    output_low(SCL3) ; delay_us(10) ;
    IC2_Tx_Byte(dataset1);
    output_high(SDA3) ;delay_us(10) ;
    output_high(SCL3) ;delay_us(10) ;

    output_low(SDA3) ;    delay_us(10) ;
    output_high(SCL3) ;    delay_us(10) ;
    output_high(SDA3) ;    delay_us(10) ;
}
/*
int8 IC2_Rx_Byte() {
    int8 i,bytel=0x00 ;

    for(i=0;i<8;i++) {
        output_high(SCL3) ;
        delay_us(10) ;
        bytel= input(SDA3) ;
        output_low(SCL3) ;
        delay_us(10) ;
    }

    return bytel ;
}
*/
void IC2_Init() {
    output_high(SCL3) ;
    output_high(SDA3) ;
}
// IC2_Init();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้