

ระบบควบคุมและติดตามผลการทำงานของตู้อบผ่านอุปกรณ์ระยะไกล
Control and Monitoring System for Dryer Operation through Smart Device

นายธีรวุฒิ ทวีภัทรวงศ์ รหัส 53363515
นายนฤศรณ์ สมิตธิภิญโญ รหัส 53363546

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
ฉบับที่รับ..... 19 / พ.ค. ๕๕
เลขทะเบียน..... 1656186X
เลขเรียกหนังสือ..... 45.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๘ ๖๔๙ ๘

2556.

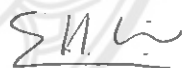
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556




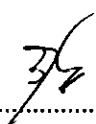
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ ระบบควบคุมและติดตามผลการดำเนินงานของผู้อบผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ
ผู้ดำเนินโครงการ นายธีรฤติ ทวีภัทรวงศ์ รหัส 53363515
นายนฤสรณ์ สมิตธิภิญโญ รหัส 53363546
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ เข้มมนต์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ เข้มมนต์)


.....กรรมการ
(ดร. พันธ์ นัดฤทธิ)


.....กรรมการ
(อาจารย์รัฐภูมิ วรรณศาสน์)

ชื่อหัวข้อโครงการ ระบบควบคุมและติดตามผลการทำงานของตู้อบผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ
ผู้ดำเนินโครงการ นายธีรวิทย์ ทวีภัทรวงศ์ รหัส 53363515
นายนฤศรณ์ สมิตธิภิญโญ รหัส 53363546
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุชาติ เข้มมนต์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบควบคุมและติดตามผลการทำงานของตู้อบผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ATmega2560) ซึ่งประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ได้รับจากตัวรับรู้ (SHT15)

จากการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นด้วยการควบคุมอุณหภูมิ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียสภายในตู้อบจำนวน 8 ชั่วโมง พบว่า มีความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยจากอุณหภูมิปรับตั้งเท่ากับ 0.6 องศาเซลเซียส และระบบยังสามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นทุกๆ 1 นาที ณ วันและเวลาที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Project title Control and Monitoring System for Dryer Operation through Smart Device
Name Mr.Theerawut Thaweephattharawong ID. 53363515
Mr. Narusorn Smittipinyo ID. 53363546
Project advisor Assistant Professor Suchart Yammen, Ph. D.
Major Computer Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2013

Abstract

This project proposes the development of control and monitoring systems, which performed via a smart device by using a microcontroller (ATmega2560). The microcontroller processes temperature and humidity data obtained from a SHT15 sensor.

From testing the developed system with controlling temperature ranged from 50 °C to 60 °C within a dryer for 8 hours, it is found that the average of the absolute error from setting the temperature is 0.6 °C, and the developed system can also store temperature and humidity data every one minute on specified date and time effectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน คณะผู้ดำเนินโครงการจึงขอถือโอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจสอบโครงการและเนื้อหาในรูปแบบปริญญานิพนธ์ให้งานออกมาดีที่สุดใน รวมถึงให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความรู้ในการทำโครงการ ผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ดร.พนัส นัถฤทธิ์ และ อาจารย์ รัฐภูมิ วรานุสาสน์ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงการที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงการนี้ ทำให้โครงการออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณวรัช พานา ซึ่งเป็นนิสิตปริญญาโทที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการทำโครงการนี้ โดยเป็นความรู้ที่นอกเหนือไปจากที่ได้เรียนมา อีกทั้งยังให้คำปรึกษา แนะนำต่างๆที่ได้เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำโครงการ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงการนี้ คณะผู้จัดทำโครงการจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลา 4 ปี ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงการนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

สุดท้ายนี้เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรัก ความเมตตา กรุณา และเป็นกำลังใจเสมอมา เป็นที่ปรึกษาในทุกๆเรื่อง ไม่ว่าจะในด้านความรู้ ด้านการทำงาน ด้านการใช้ชีวิต อีกทั้งยังสนับสนุนทางด้านการเงิน ความสำเร็จในครั้งนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าหากขาดความรัก ความห่วงใย และกำลังใจเหล่านี้ คณะผู้จัดทำโครงการจึงขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูง และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ด้วย

นายธีรวุฒิ ทวีภัทรวงศ์

นายนฤศรณ์ สมิทธิภิญโญ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	2
1.3 ขอบเขตของ โครงการงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจาก โครงการงาน	4
1.7 งบประมาณ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	6
2.1 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	6
2.1.1 โครงสร้างทั่วไป.....	7
2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR-ATmega.....	8
2.1.3 รูปแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256	9
2.1.4 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256	11
2.1.5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256.....	11
2.2 SHT15 ตัวรับรู้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	12
2.2.1 การสื่อสารข้อมูลของ SHT15.....	13
2.2.2 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....	14
2.2.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิ	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 การคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์.....	17
2.3 รีเลย์ (Relay).....	19
2.4 สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล.....	20
2.4.1 หน่วยความจำแอสดีการ์ด.....	20
2.4.2 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำแอสดีการ์ด.....	21
2.5 RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307.....	23
2.6 โมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module).....	25
2.7 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android).....	28
2.8 SL4A (Scripting Layer for Android).....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนิน โครงการงาน.....	31
3.1 ศึกษาข้อมูลและหลักการทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	31
3.2 ภาพรวมของระบบ.....	32
3.3 การพัฒนาด้านซอฟต์แวร์(Software).....	33
3.3.1 การป้อนจุดปรับตั้งของอุณหภูมิและเวลาในการอบให้กับตู้อบ.....	33
3.3.1.1 การรับค่าทางปุ่มกด.....	33
3.3.1.2 การรับค่าทางอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	35
3.3.2 การเขียน โปรแกรมคำนวณเวลานับถอยหลังของระบบ.....	37
3.3.3 การเขียน โปรแกรมสำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวรับรู้.....	38
3.3.4 การเขียน โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิของตู้อบ.....	38
3.3.5 การเขียน โปรแกรมแสดงสถานะของตู้อบ.....	40
3.3.5.1 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา Python.....	42
3.3.5.2 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา JavaScript.....	42
3.3.5.3 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา Html.....	43
3.3.6 การเขียน โปรแกรมในการบันทึกข้อมูลของระบบ.....	43
3.4 การพัฒนาในด้านของฮาร์ดแวร์.....	44
3.4.1 การออกแบบและสร้างวงจรใช้งาน.....	44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.1.1 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5VDC 2A	44
3.4.1.2 วงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น	45
3.4.1.3 วงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ(Bluetooth)	47
3.4.1.4 วงจรใช้งานบันทึกผลลงหน่วยความจำแบบ SD Card.....	49
3.4.1.5 วงจรจอแสดงผลแอลซีดีและปุ่มกดควบคุม	51
3.4.1.6 วงจรใช้งาน Realtime Clock	52
3.4.1.7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	53
3.4.1.8 การติดตั้งฟิวส์และสวิทช์เปิด-ปิดระบบ	58
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล.....	60
4.1 การทดสอบการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับระบบ	60
4.1.1 การทดสอบการตั้งค่าระบบผ่านทางปุ่มกด.....	61
4.1.2 การทดสอบการตั้งค่าระบบผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะ	63
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT 15	69
4.2.1 วิธีการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT 15.....	70
4.2.2 ผลการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT 15.....	71
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมตัวทำความร้อน	72
4.3.1 วิธีการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อน	73
4.3.2 ผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อน	74
4.4 การทดสอบในการบันทึกข้อมูล.....	105
4.5 การทดสอบการแสดงผลของโปรแกรมประยุกต์ (Application).....	106
4.5.1 วิธีการทดสอบความเร็วในการแสดงผล.....	106
4.5.2 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผล.....	107
4.5.3 วิธีการทดสอบระยะในการแสดงผล	122
4.5.4 ผลการทดสอบระยะในการแสดงผล	124
4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	124

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	126
5.1 สรุปผลการออกแบบและพัฒนาระบบ.....	126
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	127
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการต่อ.....	128
เอกสารอ้างอิง.....	129
ภาคผนวก ก คู่มือการกักตายนรีนวงจร.....	130
ภาคผนวก ข Schematic Arduino Mega 2560.....	136
ภาคผนวก ค รายละเอียด Pin Map Mega 2560 กับ ArduinoPin.....	139
ภาคผนวก ง รายละเอียดหัววัดอุณหภูมิและความชื้น SHT15.....	144
ภาคผนวก จ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล.....	156
ภาคผนวก ฉ แบบจำลองตู้อบ.....	176
ภาคผนวก ช การออกแบบแผ่น PCB.....	180
ภาคผนวก ซ การติดตั้งโปรแกรม SL4A.....	184
ภาคผนวก ฅ ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Arduino.....	189
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	202

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงแผนการดำเนิน โครงการ.....	3
2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256	10
2.2 ตำแหน่งขาของมอดูล SHT15.....	13
2.3 ข้อมูลคำสั่งสำหรับการทำงานต่างๆ.....	14
2.4 ตำแหน่งขาของมอดูล SHT15.....	15
2.5 ค่าเวลาที่มอดูล SHT15 ต้องใช้การประมวลผลข้อมูล.....	15
2.6 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิ d1	17
2.7 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิ d2	17
2.8 การกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้.....	18
2.9 รายละเอียดขาสัญญาณต่างๆเมื่อใช้การเชื่อมต่อในโหมด SPI MODE	21
2.10 ตำแหน่งขาไอซี DS 1307.....	24
2.11 เวอร์ชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	29
3.1 เงื่อนไขในการควบคุมอุณหภูมิ.....	39
3.2 รายละเอียดของข้อความที่ใช้ในการส่งไปยังอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	41
3.3 ตารางเส้นสัญญาณสื่อสารแบบ Serial Peripheral InterfaceSPI.....	49
3.4 ตารางแสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆกับพอร์ตของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์	54
3.5 อธิบายวงจรพอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560	57
3.6 ตารางอธิบายการติดตั้งฟิวส์และสวิตช์เปิด-ปิดระบบ.....	59
4.1 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 50 °C	71
4.2 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 55°C	73
4.3 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 60°C	77
4.4 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีใช้อุปกรณ์อัจฉริยะป้อนค่าจุดปรับตั้งให้กับระบบ แล้วแสดงผลทันที ครั้งที่ 1.....	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีใช้อุปกรณ์อัจฉริยะป้อนค่าจุดปรับตั้งให้กับระบบแล้ว แสดงผลทันที ครั้งที่ 2	84
4.6 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีใช้อุปกรณ์อัจฉริยะป้อนค่าจุดปรับตั้งให้กับระบบแล้ว แสดงผลทันที ครั้งที่ 3	87
4.7 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่มี การทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 1	91
4.8 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่มี การทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 2	91
4.9 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับ อุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่มี การทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 3	98
4.10 แสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการแสดงผล	101

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.2 การทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256.....	9
2.3 ขาของ SHT15	12
2.4 การส่งสัญญาณของ SHT15.....	13
2.5 รีเลย์.....	19
2.6 องค์ประกอบภายในของรีเลย์.....	20
2.7 หน่วยความจำเอสดีการ์ด.....	20
2.8 วงจรของมอดูลเอสดีการ์ด.....	22
2.9 มอดูลเอสดีการ์ด (SD Card Module).....	23
2.10 ตำแหน่งขาไอซี DS 1307.....	24
2.11 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C.....	25
2.12 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C	26
2.13 พอร์ตเชื่อมของมอดูลบลูทูธ (Bluetooth Module).....	27
2.14 ลักษณะของมอดูลบลูทูธ (Bluetooth Module).....	28
2.15 โปรแกรมประยุกต์ SL4A.....	30
3.1 Flowchart ภาพรวมของระบบ	32
3.2 Flowchart แสดงการรับค่าทางปุ่มกด.....	34
3.3 Flowchart แสดงการรับค่าจากอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	37
3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา.....	39
3.5 Flowchart แสดงการควบคุมตัวทำความร้อน.....	40
3.6 ผลการติดตั้งวงจรสำเร็จรูปแหล่งจ่ายไฟตรง 5VDC 2A.....	45
3.7 ลักษณะหวัคอุณหภูมิและความชื้นชนิด SHT15.....	45
3.8 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง SHT15 และไมโครคอนโทรลเลอร์.....	46
3.9 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานหวัคอุณหภูมิและความชื้น.....	46
3.10 ลักษณะของบลูทูธ โมดูล Bluetooth Serial Module (HC-06 Slave mode).....	47
3.11 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Bluetooth Serial Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	48
3.12 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ(Bluetooth).....	48

สารบัญรูป (ต่อ)

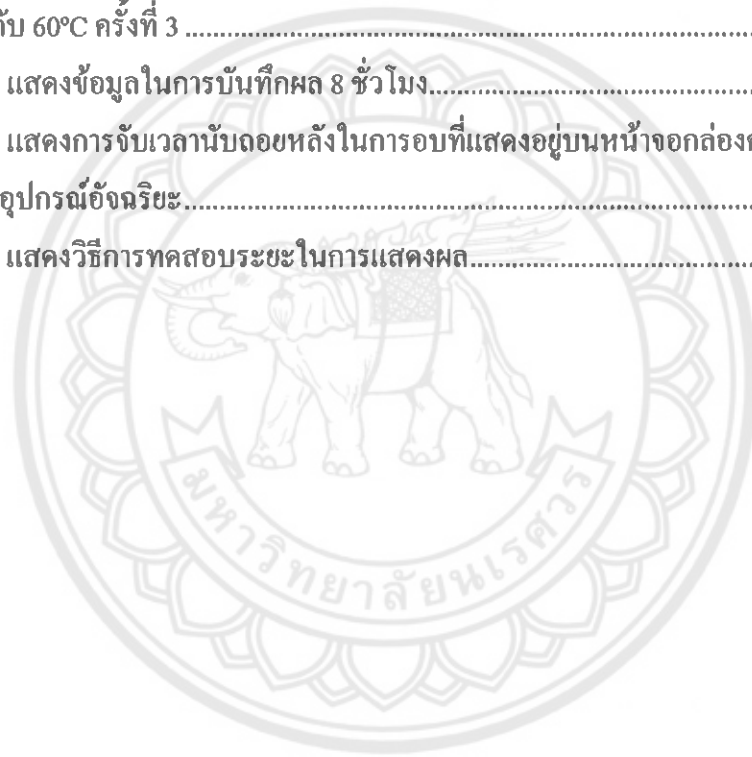
รูปที่	หน้า
3.14 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Micro SD Card กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	50
3.15 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานบันทึกผลลงหน่วยความจำแบบ SD Card.....	50
3.16 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผล (LCD)กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	51
3.17 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างปุ่มกดควบคุมกับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	51
3.18 ผลการติดตั้งวงจรจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid-Crystal Display LCD)และปุ่มกดควบคุม.....	51
3.19 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างReal Time Clock กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	52
3.20 ผลการติดตั้งวงจรการเชื่อมต่อ Real Time Clock.....	52
3.21 ผลการติดตั้งวงจรการเชื่อมต่อ Real Time Clock.....	53
3.22 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560.....	55
3.23 วงจรพอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560.....	56
3.24 พอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560.....	56
3.25 แสดงผลการติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 กับวงจรพอร์ตเชื่อมต่อ.....	58
3.26 ผลการติดตั้งฟิวส์และสวิตช์เปิด-ปิดระบบ.....	59
4.1 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอการเลือกวิธีการตั้งค่าระบบ.....	61
4.2 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการบันทึกข้อมูล ด้วยปุ่มกด.....	61
4.3 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะปรับค่าจุดปรับตั้ง ของอุณหภูมิด้วยปุ่มกด.....	62
4.4 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะตั้งเวลาของระบบด้วยปุ่มกด.....	62
4.5 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อทำการตั้งค่าด้วยปุ่มกดเรียบร้อยแล้ว.....	63
4.6 แสดงหน้าเข้าโปรแกรมประยุกต์ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	63
4.7 แสดงหน้าของการเปิดบลูทูธของโปรแกรมประยุกต์.....	64
4.8 แสดงการถามการเชื่อมต่อกับระบบของโปรแกรมประยุกต์.....	64
4.9 แสดงการถามการบันทึกข้อมูลของโปรแกรมประยุกต์.....	65
4.10 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการบันทึกข้อมูล จากอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	65
4.11 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการรับค่าจุดปรับตั้ง ของอุณหภูมิจากอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะกำหนดค่าจุดปรับตั้งให้กับระบบ	66
4.13 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อได้รับค่าจุดปรับตั้งจากอุปกรณ์อัจฉริยะ เรียบร้อยแล้ว.....	66
4.14 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการตั้งเวลาจาก อุปกรณ์อัจฉริยะ.....	67
4.15 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะตั้งเวลาในการอบให้กับระบบ.....	67
4.16 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อได้รับข้อมูลการตั้งเวลาจากอุปกรณ์อัจฉริยะ เรียบร้อยแล้ว.....	68
4.17 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะระบบกำลังทำการควบคุมอุณหภูมิหลังจากทำการตั้งค่า ระบบเสร็จสิ้นแล้ว.....	68
4.18 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะระบบได้รับการตั้งค่าจากอุปกรณ์อัจฉริยะ ครบถ้วนแล้ว.....	69
4.19 มิเตอร์วัดอุณหภูมิ Agilent รุ่น 34970A.....	70
4.20 แสดงหัววัด thermocouple แบบ Type K ขณะทำการทดลอง วัดค่าความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ SHT15.....	70
4.21 แสดงต้นแบบของระบบ	72
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 1	76
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 50°C ครั้งที่ 2	80
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 50°C ครั้งที่ 3	83
4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 55°C ครั้งที่ 1	87
4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 55°C ครั้งที่ 2	90
4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ เท่ากับ 55°C ครั้งที่ 3	94

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C ครั้งที่ 1	97
4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C ครั้งที่ 2	101
4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาฬิกาที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C ครั้งที่ 3	104
4.31 แสดงข้อมูลในการบันทึกผล 8 ชั่วโมง.....	105
4.32 แสดงการจับเวลานับถอยหลังในการอบที่แสดงอยู่บนหน้าจอกล่องควบคุมและอุปกรณ์อัจฉริยะ.....	106
4.33 แสดงวิธีการทดสอบระยะในการแสดงผล.....	123



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากทางผู้จัดทำโครงการได้เข้าร่วมเป็นนิสิตช่วยงานในโครงการเครื่องอบกล้วยน้ำว้าแบบควบคุมการกระจายอุณหภูมิโดยใช้พลังความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการศึกษาเกี่ยวกับระบบของตู้อบกล้วยนี้ ทางผู้จัดทำได้พบปัญหาว่าตู้อบอยู่ในช่วงของการทดสอบประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีการหาค่าของอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบที่เหมาะสมกับการอบผลิตภัณฑ์ทำให้ต้องมีการจดบันทึกผลข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องของตู้อบเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปการศึกษาเพื่อการปรับค่าต่างๆของตู้อบให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นซึ่งยังทำได้ไม่สะดวกเนื่องจากตู้อบไม่มีส่วนแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบ อีกทั้งผู้วิจัยยังต้องมาทำการจดบันทึกโดยใช้อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบเองเป็นระยะๆรวมถึงการจับเวลาในการอบ ผู้วิจัยก็ต้องทำการจับเวลาในการอบเอง

โครงการ ระบบควบคุมและติดตามผลการทำงานของตู้อบผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ(Control and monitoring system for dryer operation through smart device) เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาค้นแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและการติดตามผลให้กับตู้อบ โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการเพิ่มในส่วนการจับเวลาในการอบและส่วนแสดงผลตู้อบ รวมถึงมีการบันทึกผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการปรับตั้งระบบต่างๆของตู้อบ ให้เป็นไปตามความต้องการ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้และการติดตามผลของผู้วิจัยโดยทางผู้จัดทำโครงการได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบดังนี้คือ การกำหนดค่าจุดปรับตั้ง(set point)ของระบบ จะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ป้อนค่าทางปุ่มกดและป้อนค่าทางอุปกรณ์อัจฉริยะ ส่วนการควบคุมอุณหภูมิจะใช้วิธีการเปิดปิดตัวทำความร้อน(Heater) ในการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบเพื่อให้อุณหภูมิภายในตู้อบเข้าสู่ค่าจุดปรับตั้งที่ผู้ใช้ต้องการได้อย่างอัตโนมัติโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และจะบันทึกผลข้อมูลต่างๆของระบบ ลงเอสดีการ์ด เพื่อบันทึกข้อมูลจากนั้นจะทำการแสดงค่าของอุณหภูมิและความชื้นออกทางจอแสดงผลแอลซีดีรวมถึงยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามผลการทำงานของตู้อบได้ โดยจะแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของกราฟและมีการแสดงสถานะการทำงานของระบบผ่านทางหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาต้นแบบของระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแบบอัตโนมัติที่สามารถระบุค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบ และยังสามารถบันทึกผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในเอสดีการ์ดได้รวมทั้งพัฒนาต้นแบบของระบบติดตามและแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะหรือจอแอลซีดี

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ระบบเป็นต้นแบบของตู้อบที่ทำความร้อนด้วยตัวทำความร้อน(Heater)
2. ใช้การควบคุมแบบเปิดปิด ในการควบคุมตัวทำความร้อน
3. สามารถกำหนดค่าจุดปรับตั้ง(Set point)ของอุณหภูมิได้ในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นจะปล่อยให้แปรผันตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป
4. สามารถกำหนดเวลาในการอบได้ตั้งแต่ 1 นาที จนถึง 8 ชั่วโมงต่อ 1 รอบการอบ
5. ใช้ SD Card ที่จัดเก็บข้อมูลในระบบ FAT
6. โปรแกรมประยุกต์(Application)รองรับกับอุปกรณ์แท็บเล็ตที่มีมอดูลบลูทูธ ขนาดหน้าจอ 7 นิ้ว ในระบบปฏิบัติการ Android รุ่น 4.0 ขึ้นไป

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและพัฒนาระบบ
3. ทำการสร้างแบบจำลองระบบตู้อบ
4. วิเคราะห์ผลการทดลองการทำงานและสรุปผล
5. จัดทำรูปเล่มปริญาานิพนธ์

กิจกรรม	พ.ศ.2556								
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ทำการออกแบบวงจร สร้างระบบควบคุม และแสดงผล					■				
ทำการออกแบบแบบจำลองและสร้างแบบจำลอง						■	■		
ทำการทดสอบการทำงานของตัวทำความร้อนและแก้ไขข้อบกพร่องให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในแบบจำลองตู้อบให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้						■	■		
ทำการทดสอบการแสดงผลและบันทึกผลของระบบ							■	■	
วิเคราะห์และสรุปผล โครงงาน รวมทั้งจัดทำปฏิญานิพนธ์								■	■

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. เพิ่มความสะดวกให้กับผู้วิจัยในการติดตามผลการทำงานของตู้อบ
2. ได้ทราบถึงกระบวนการพัฒนาโปรแกรมในการสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยผ่านทางมอดูลบลูทูธ
3. เป็นต้นแบบระบบภายในตู้อบกล้วยให้กับอุตสาหกรรมการเกษตรสามารถเอาไปประยุกต์ใช้ เพราะเป็นระบบที่ทำให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงสถานะการทำงานของระบบตลอดระยะเวลาการอบและสามารถเก็บผลการทำงานของตู้อบได้อย่างอัตโนมัติ

1.7งบประมาณที่ต้องใช้

1. ค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	3,500	บาท
2. ค่าทำความร้อน	360	บาท
3. พัดลมหมุนเวียนอากาศ	2,000	บาท
4. แผ่นอะคริลิก	2,000	บาท
5. ค่าวัสดุอื่นๆ	500	บาท
6. ค่าเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (แปดพันหกร้อยแปดสิบบาทถ้วน)	<u>8,680</u>	บาท

หมายเหตุ : ได้รับการสนับสนุนงบประมาณทั้งหมดจากโครงการเครื่องอบกล้วยน้ำว้าแบบควบคุมการกระจายอุณหภูมิโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และก๊าซปิโตรเลียมเหลว



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

โครงการนี้เป็น การควบคุมอุณหภูมิของตู้อบ โดยการ ใช้ตัวรับรู้ SHT15 วัดอุณหภูมิและ ความชื้นภายในตู้อบ ซึ่งการทำงานของตัวรับรู้จะส่งสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลการเปิดปิดของตัวทำความร้อน(Heater) จากนั้นจะทำการแสดง ค่าอุณหภูมิและความชื้นรวมถึงสถานะการทำงานต่างๆออกที่จอแอลซีดี พร้อมทั้งแสดงค่าของอุณหภูมิ และความชื้นในรูปแบบของกราฟผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยมีโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา สคริป(SL4A)และยังมีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ ไมโครเอสดีการ์ดเพื่อบันทึกสถานะการทำงาน ของตู้อบ

2.1 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ [1]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับ ระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็น ส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือ ขบวนการต่างๆซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจรไฟฟ้ากลไก พีแอลซี (PLC) ไมโครคอนโทรลเลอร์อุปกรณ์ ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวเองมีขนาดเล็ก และสามารถเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเน้นความ สมบูรณ์ภายในตัวเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขได้

ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Convertor), วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulator) ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตที่จะใส่เข้าไปเพื่อ เพิ่มความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์และจุดประสงค์ในการใช้งานความแตกต่างของ ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอมพิวเตอร์คือ ไมโครคอมพิวเตอร์นั้นต้องการอุปกรณ์เชื่อมต่อ ภายนอก เช่น หน่วยความจำอินพุต/เอาต์พุต (I/O) ฯลฯ ส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีสมบูรณ์ภายใน ตัวซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

- CPU (Central Processing Unit)
- RAM (Random Access Memory)

- EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
- I/O (Input/Output) - Serial and Parallel
- Timers

2.1.1 โครงสร้างทั่วไป

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

ก. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit: CPU) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู ทำหน้าที่ประมวลผลชุดคำสั่งและการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ข. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม (RAM) ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (Erasable Electrically Read-Only Memory: EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

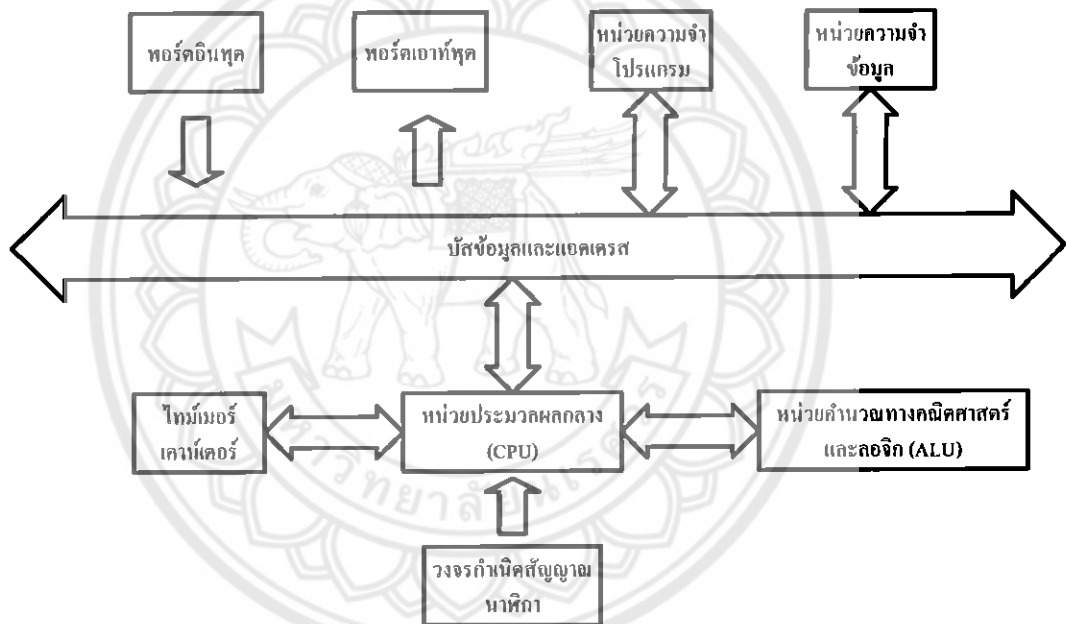
ค. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือพอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุตเพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

ง. ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus) ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

จ. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกานับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับกำหนด

จังหวัด หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวัดการทำงานก็จะสามารถทำได้ดีขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากลักษณะที่ถูกระบุขึ้นโดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต สามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลและเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

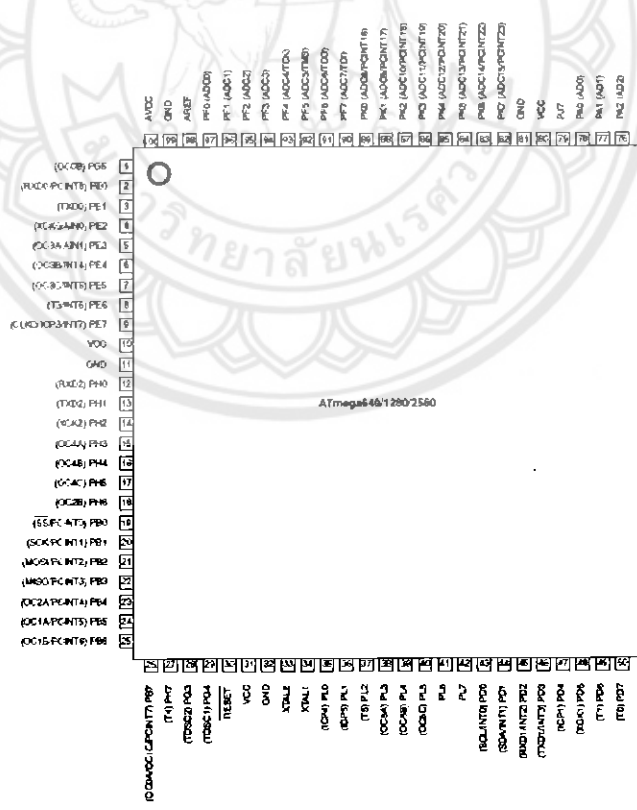
2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR-ATmega[2]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันของค่าย AVR ในตระกูล ATmega ที่นิยมใช้งานมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นเช่น หมายเลข ATmega8 ATmega16 ATmega32 ATmega64 และ ATmega128 ATmega256 เป็นต้น ในแต่ละโครงสร้างของแต่ละหมายเลขมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่คล้ายคลึงกัน อันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต จำนวนของความเร็วที่แตกต่างกันดังนั้นการเลือกไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งานจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้หรือความเหมาะสมของงาน สำหรับ

ในโครงการนี้ผู้ดำเนินโครงการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 เพราะต้องการวงจรที่ประมวลผลคำสั่งสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและแอนะล็อกที่ใช้เป็นอินพุต/เอาต์พุตหลายช่องสัญญาณ และใช้ส่วนเชื่อมต่อกับมอดูลเอสดีการ์ด (Module SD Card) 4 ช่องสัญญาณ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 นั้นมีจำนวนพอร์ตของอินพุตและเอาต์พุตรวมถึงจำนวนขา ความเร็วในการประมวลผลที่เหมาะสมกับการใช้งานในโครงการ มีความยืดหยุ่นมากสำหรับการนำมาทำโครงการชิ้นนี้ และยังสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่ต้องขยับอีกทั้งยังรองรับการเพิ่มเติมงานในอนาคต

2.1.3 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ATmega256 มีรูปแบบของสถาปัตยกรรมตามแบบของ AVR มีการออกแบบให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบตัวถังขาฝิ่ง 100 โดยมีลักษณะการจัดวางขาต่างๆไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256

รายละเอียดการทำงานของขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega256 มีแบบตัวถัง 100 ขา นั้นมีการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยการอ้างขา (Mapping) AVR เพื่อให้อ้างถึงขาในแบบ Arduino

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256

ขา	หน้าที่การทำงาน
VCC	เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 V
GND	สำหรับต่อลงกราวด์
XTAL1/XTAL2	ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาซึ่งโดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 16 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)
RST (Reset)	เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1
ALE/PROG (Address Latch Enable)	เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อแลตซ์ค่าแอดเดรสตำแหน่งข้อมูล (Address Bus, A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และเป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
PSEN (Program Store Enable)	เป็นขาสัญญาณสไตรบเมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยการส่งสัญญาณสไตรบนี้ 2 ครั้งใน 1 พัลส์สัญญาณนาฬิกา
(PA0-PA7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบ Open Drain ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ด้วย
(PB0-PB7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบ Open Drain ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ด้วย PB4- PB7 เป็น PWM และ PB1- PB3 เป็นการสื่อสารแบบซิงโครนัส MISO MOSI SCK
(PC0-PC7) (PL0-PL7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบดิจิทัล PL3-PL5 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอกแบบดิจิทัล PWM
(PD0-PD1)	มอดูล I ² C SDA SCL
(PE0-PE7) (PH0-PH7) (PG0-PG5)	PE0-PE1, PH0-PH1 รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม PE3-PE5, PH3-PH6, PG0-PG5 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอกแบบดิจิทัล PWM

(PF0-PF7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบดิจิตอลโดยมี ADC จำนวน 7 ช่อง
(PJ0-PJ1)	รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม
(PK0-PK7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบดิจิตอลโดยมี ADC จำนวน 7 ช่อง
P3.7/RD	สัญญาณในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

2.1.4 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256

ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 มีหน่วยความจำอยู่ 2 แบบที่ใช้เป็นที่เก็บข้อมูล คือ หน่วยความจำโปรแกรม (ROM) และหน่วยความจำข้อมูล (RAM) ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละหน่วยความจำดังต่อไปนี้

ก. หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) มีพื้นที่ไว้เพื่อเก็บ โปรแกรมข้อมูลที่ถูกเขียนขึ้นและไม่สามารถเขียนลงหน่วยความจำนี้ได้ขณะทำงาน แต่จะทำหน้าที่โดยการอ่านคำสั่งของโปรแกรม เพื่อไปควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงาน ตามลักษณะที่ถูกออกแบบโดยผู้เขียนโปรแกรม ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 มีขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 256 กิโลไบต์โดยแบ่งไว้สำหรับ Bootloader 8 กิโลไบต์

ข. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) มีหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆในขณะที่โปรแกรมทำงาน โดยทำการเรียกข้อมูลที่ต้องการของหน่วยความจำข้อมูลที่ต้องการมาใช้ หรือการนำข้อมูลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 นั้นจะจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

2.1.5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256

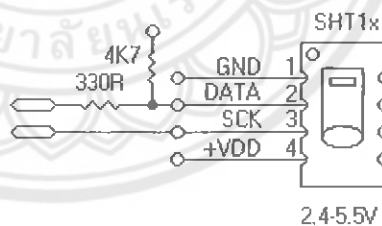
ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 มีความสามารถในการติดต่อแบบสองทิศทาง ดังนั้น ในการใช้งานพอร์ตต่างๆของ ATmega32 จำเป็นต้องเข้าใจการกำหนดลักษณะการทำงานให้กับพอร์ตของ ATmega32 ดังต่อไปนี้

ก. การกำหนดเป็นพอร์ตอินพุต การกำหนดลักษณะการทำงานเป็นพอร์ตอินพุตนั้น ต้องเริ่มจากการเขียนโปรแกรมเริ่มต้น โดยให้มีสภาวะลอจิก 1 เพื่อการทำงานของตัวเฟต (FET) ที่อยู่ภายใน

โครงสร้างของพอร์ตจะหยุดทำงานลง ดังนั้นสัญญาณของพอร์ตถูกเชื่อมต่อกับวงจร R-Pull Up ภายในโดยตรง ซึ่งมีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะลอจิก 1 สามารถรับลอจิก 0 จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย แต่สำหรับ Port ของ Arduino ซึ่งไม่มี R-Pull Up ทำให้เมื่อใช้งานควรต่อ R-Pull Up เพื่อทำหน้าที่เป็น External Pull Up ให้กับพอร์ต การให้พอร์ตทำงานเป็นพอร์ตอินพุตคือการรับสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาที่พอร์ต ซึ่งก็คือสัญญาณไฟฟาลอจิก 0 นั่นเอง

ข. การกำหนดเป็นพอร์ตเอาต์พุต โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega256 จะกำหนดให้พอร์ตทำงานเป็นพอร์ตเอาต์พุตอยู่แล้ว เช่น เมื่อกำหนดให้มีสถานะลอจิก 0 ให้ไปปรากฏที่พอร์ตนั้นๆ ฟลิปฟล็อปก็จะคงค่าลอจิก 0 ไว้และส่งลอจิก 1 ไปที่เฟต ทำให้เฟตทำงาน ส่งผลให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าต้องการเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 สามารถทำได้โดยกำหนดให้มีสถานะลอจิก 1 ปรากฏที่พอร์ตนั้นๆ ฟลิปฟล็อปจะส่งลอจิก 0 ไปขับเฟตทำให้เฟตหยุดทำงาน ส่งผลให้มีลอจิก 1 ไปยังตัวต้านทาน R-Pull Up ในการใช้งาน Port จะไม่มี R-Pull Up ดังนั้นเมื่อต้องการให้เอาต์พุตมีสถานะเป็นลอจิก 1 จำเป็นต้องต่อ R-Pull Up ให้ Port 0 เสมอ

2.2 SHT15 ตัวรับรู้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์[3]



รูปที่ 2.3 ขาของ SHT15

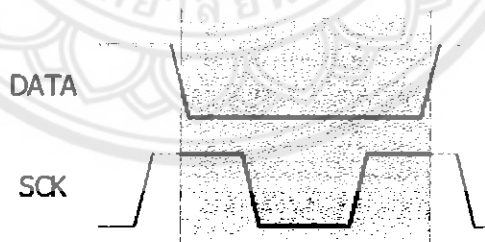
มอดูล SHT15 เป็นตัวรับรู้ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 124°C และความชื้น 0 ถึง 100 %RH โดยจะอธิบายตำแหน่งขาของแต่ละขาจากรูปที่ 2.3 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งขาของมอดูล SHT15

ขาที่	ชื่อขา	ความหมาย
1	GND	ใช้ต่อกราวด์
2	DATA	เป็นสายข้อมูล โดยขานี้จะต้องต่อกับ R pullup 4.7K-10K
3	SCK	สัญญาณนาฬิกาสำหรับ synchronize กัน ระหว่างตัวแม่ กับตัวรับรู้
4	+VDD	ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

2.2.1 การสื่อสารข้อมูลของ SHT15

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission Start หรือภาวะเริ่มส่งสัญญาณ นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 cycle ของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนั้น SHT15 จะทราบทันทีว่า ข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง



รูปที่ 2.4 การส่งสัญญาณของ SHT15

หลังจากสร้างเงื่อนไขในการส่งภาวะเริ่มส่งสัญญาณแล้ว สามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที โดยข้อมูลคำสั่งต่างๆ สำหรับการทำงานแสดงตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลคำสั่งสำหรับการทำงานต่างๆ

คำสั่ง	ข้อมูลคำสั่ง
สงวนไว้	0000x
อ่านค่าอุณหภูมิ (Measure Temperature)	00011
อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Measure Humidity)	00101
อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ (Read Status Register)	00111
สงวนไว้	0101x ถึง 1110x
รีเซ็ตการทำงาน (Soft Reset) ทำให้รีจิสเตอร์กำหนดสถานะกลับไปสู่ค่า default และต้องใช้เวลาในการทำงานอย่างน้อย 11 มิลลิวินาที จึงจะสามารถรับคำสั่งถัดไปได้	11110

2.2.2 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างสถานะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission Start แล้ว ตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 มอดูล SHT15 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 2.4

การอ่านข้อมูลจากมอดูล SHT15 ข้อมูลที่ส่งออกมาจากมอดูล SHT15 ประกอบด้วยข้อมูล 2 ไบต์และไบต์สำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดอีก 1 ไบต์ หรือ CRC Check โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อรับข้อมูล 1 ไบต์ จะต้องส่งสัญญาณรับรู้หรือ Acknowledge ออกมา 1 ลูก (กำหนดให้ขา DATA มีลอจิก "0") บิตนัยสำคัญสูงสุดของข้อมูลจะถูกส่งออกมาก่อน กรณีอ่านค่าแบบ 8 บิต ไบต์แรกจะไม่ถูกใช้งาน

การยกเลิกการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณรับรู้ หลังจากได้รับข้อมูลบิตสุดท้ายของ CRC แล้ว สำหรับกรณีที่ไมต้องการตรวจสอบ CRC การยกเลิกการเชื่อมต่อทำได้โดยการไม่ส่ง Acknowledge หลังจากรับข้อมูลในไบต์ที่ 2 แล้ว หลังจากนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน SHT15 จะเข้าสู่โหมดสลีปโดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 2.4 ค่าเวลาที่มอดูล SHT15 ต้องใช้การประมวลผลข้อมูล

ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล	เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ประมวลผล(±15%)
14 บิต	210 มิลลิวินาที
12 บิต	55 มิลลิวินาที
8 บิต	11 มิลลิวินาที

ตารางที่ 2.5 หน้าที่ของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ STATUS

บิต	การติดต่อ	รายละเอียด	ค่าเริ่มต้น
7	อ่านเท่านั้น	สแกนไว้ไม่ใช้งาน	0
6	อ่านเท่านั้น	ตรวจสอบไฟเลี้ยง “0” – ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงมากกว่า 2.47 V “1” – ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงน้อยกว่า 2.47 V	ไม่มีค่าเริ่มต้น ขึ้นอยู่กับค่าที่ได้ จากการตรวจวัด
5	อ่านเท่านั้น	สแกนไว้ไม่ใช้งาน	0
4	อ่านเท่านั้น	สแกนไว้ไม่ใช้งาน	0
3	อ่านเท่านั้น	ไม่ใช้งานบิตนี้ เนื่องจากเป็นบิตตรวจสอบชิป ของผู้ผลิต	0
2	อ่าน/เขียน	เปิดปิดตัวทำความร้อน “0” – เปิดตัวทำความร้อนภายในมอดูล “1” – ปิดตัวทำความร้อนภายในมอดูล	0
1	อ่าน/เขียน	การอ่านค่าการปรับแต่งความ แม่นยำจากหน่วยความจำ	0
0	อ่าน/เขียน	“0” – วัดค่าความชื้น 12 บิต, วัดอุณหภูมิ 14 บิต “1” – วัดค่าความชื้น 8 บิต, วัดอุณหภูมิ 12 บิต	0

สำหรับฟังก์ชันที่ต้องมีการปรับแต่งพิเศษ จะต้องมีการกำหนดผ่านรีจิสเตอร์ STATUS โดยรายละเอียดต่างๆของรีจิสเตอร์ STATUS จะแสดงในตารางที่ 2.5

2.2.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากมอดูล SHT15 ผู้พัฒนาสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 14 บิตหรือ 12 บิต โดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากมอดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา โดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตมอดูล SHT15 ดังนี้

$$\text{Temperature} = d1 + (d2 \times SO_r) \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

โดยที่ Temperature คือ ค่าอุณหภูมิจริง

$d1$ คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา V_{DD}

ของ SHT15 ดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2.6

$d2$ คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่

ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดได้ใน ตารางที่ 2.7

SO_r คือ ค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จาก โมดูล SHT15

ตัวอย่างการคำนวณ

อ่านข้อมูลดิบของค่าอุณหภูมิจากมอดูล SHT15 ได้เท่ากับ 7000 ใช้ไฟเลี้ยง 5V อ่านข้อมูลแบบ 14 บิต ค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ

$$-40 + (0.01 \times 7000) = 30 \text{ องศา}$$

ตารางที่ 2.6 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 (d1)

ไฟเลี้ยง	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 (d1)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย °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

ตารางที่ 2.7 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 (d2)

ความละเอียด	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 (d2)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย °F
14 บิต	0.01	0.018
12 บิต	0.04	0.072

2.2.4 การคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากมอดูล SHT15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 12 บิตหรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งต้นหลักโดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากมอดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตมอดูล SHT15 ดังนี้

$$RH_{True} = (T-25) \times (t1 + (t2 \times SO_{RH})) + RH_{linear} \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

$$RH_{linear} = c1 + (c2 \times SO_{RH}) + [c3 \times (SO_{RH})^2] \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

โดยที่ RH_{True} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการ 2.1

t1 และ t2 คือ ค่าคงที่ โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากมอดูล SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 2.11

c1, c2 และ c3 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากมอดูล SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 2.11

SO_{RH} คือ ค่าข้อมูลดิบของความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้จากมอดูล SHT15

ตัวอย่างการคำนวณ

ถ้าอ่านค่าข้อมูลดิบของความชื้นสัมพัทธ์จากมอดูล SHT15 ออกมาได้เท่ากับ 2353 โดยการอ่านค่าข้อมูล เป็นการอ่านค่าแบบ 12 บิต ดังนั้น เมื่อแทนค่าลงไปนในสมการ

$$RH_{\text{linear}} = -4 + (0.0405 \times 2353) + (-0.0000028 \times 2353^2) = 75.79\%$$

ตารางที่ 2.8 การกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้

ความละเอียด	ค่าคงที่	
	t1	t1
12 บิต	0.01	0.00008
8 บิต	0.01	0.00128

ความละเอียด	ค่าคงที่		
	c1	c2	c3
12 บิต	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 บิต	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

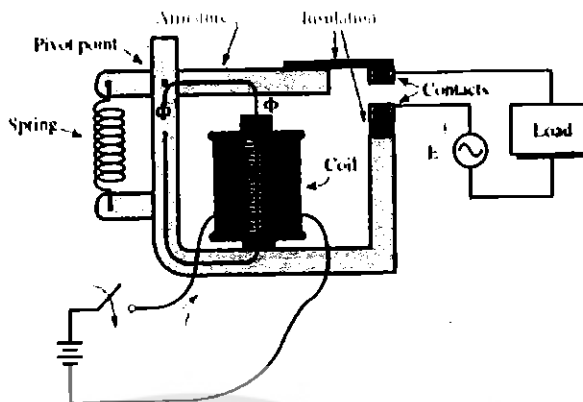
2.3 รีเลย์ (Relay)[4]

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทกให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมายและอุปกรณ์ที่นิยมนำมาทำเป็นสวิตช์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจำนวนหนึ่ง เพื่อนำไปควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆ ที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสหรือคอนแทกต์ของรีเลย์



รูปที่ 2.5 รีเลย์

หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ เพื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด (Coil) โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส (Contacts) การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เราสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ตามต้องการ



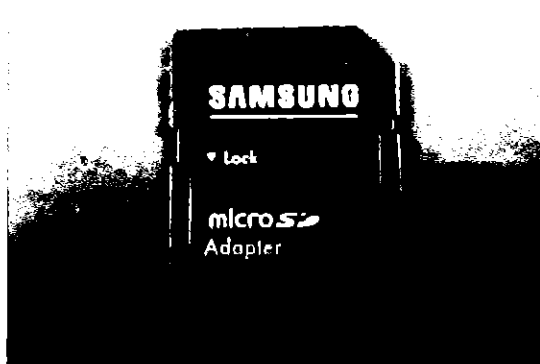
รูปที่ 2.6 องค์ประกอบภายในของรีเลย์

2.4 สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล[5]

สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล คือ สื่อหรืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลสามารถเอามาเก็บข้อมูลอะไรก็ได้ เหมือนกับแผ่นดิสก์ที่ใช้อยู่ทั่วไป สื่อบันทึกข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ

2.4.1 หน่วยความจำเอสดีการ์ด

เมื่อเปิดตัวมีความจุให้เลือกใช้ตั้งแต่ 16 เมกะไบต์ ถึงขนาด 32 กิกะไบต์ โดยที่หน่วยความจำเอสดีการ์ด (SD card) คือ สื่อจัดเก็บข้อมูลแบบหน่วยความจำแฟลชแนนด์ (Nand Flash Memory) ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากสื่อเก็บข้อมูลแบบหน่วยความจำเอ็มเอ็มซีการ์ด (MMC Card) เพื่อเป็นหน่วยเก็บข้อมูลขนาดกลางสำหรับกล้องถ่ายรูปดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกมากมาย ซึ่งมีคุณสมบัติคือ ราคาถูก เก็บข้อมูลได้มาก และมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หน่วยความจำเอสดีการ์ด

นอกจากนั้นหน่วยความจำเอสดีการ์ด จะมีตัวล็อกเพื่อป้องกันการเขียนทับข้อมูลส่วนการทำงานหน่วยความจำเอสดีการ์ด จะมีระบบการเข้ารหัสข้อมูล (Data Encryption) เพื่อป้องกันการคัดลอกข้อมูล ในปัจจุบันหน่วยความจำเอสดีการ์ดมีความจุหน่วยความจำมากถึง 32 กิกะไบต์ ซึ่งถือว่ามีความจุมากสำหรับเอสดีการ์ด หน่วยความจำเอสดีการ์ดมีความเร็วในการอ่านข้อมูลสูงสุดที่ 80 เมกะไบต์ต่อวินาที มีความเร็วในการเขียนข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 30 เมกะไบต์ต่อวินาทีหรือมีความเร็วประมาณเป็น 15 เท่าเมื่อเทียบกับหน่วยความจำเอ็มเอ็มซีการ์ด ความเร็วจริงในการทำงานจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ร่วมกันด้วย ในกรณีที่เป็นอุปกรณ์ใหม่ๆ ในปัจจุบันที่ผลิตออกมาเพื่อรองรับการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง สามารถใช้งาน เอสดีการ์ดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.4.2 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำเอสดีการ์ด

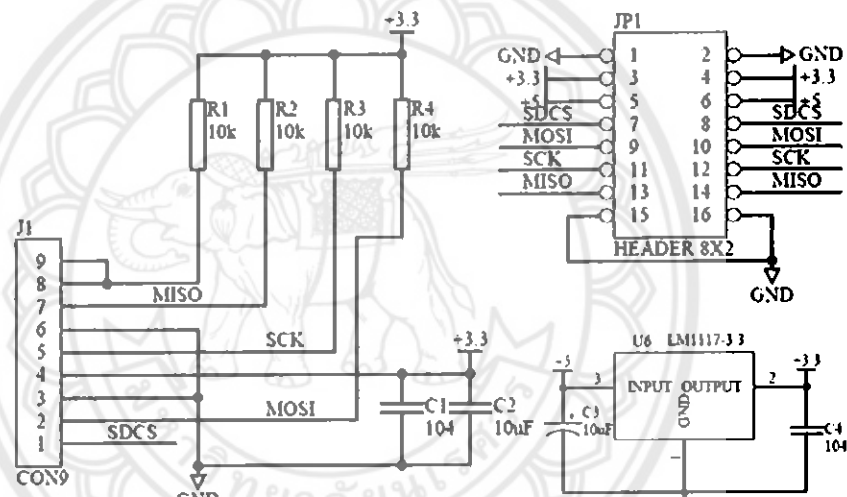
การเชื่อมต่อหน่วยความจำเอสดีการ์ด สามารถทำการเชื่อมต่อได้โดยการใช้ SPI โดยมีคุณสมบัติการเชื่อมต่อและการทำงานต่างๆ แบบ SPI นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกับมอดูลเอสดีการ์ดแบบ SPI ซึ่งมีช่องต่ออุปกรณ์ต่างๆ ทั้งสิ้น 7 ช่องเพื่อที่จะทำการสั่งการ การทำงานให้มีการอ่าน เขียน และควบคุมการทำงานต่างๆ ของชุดเอสดีการ์ด โดยมีการแสดงการทำงานของช่องต่ออุปกรณ์การทำงานของเขาต่างๆ ซึ่งมีการแสดงไว้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 รายละเอียดขาสัญญาณต่างๆเมื่อใช้การเชื่อมต่อในโหมด SPI MODE

ขา	ชื่อ	ทำหน้าที่
1	GND	ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 0 โวลต์
2	+5V	ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
3	SDCS	ขาตรวจสอบสถานะการ์ด
4	MOSI	ขานำข้อมูลออก
5	SCK	ขากำเนิดสัญญาณนาฬิกา
6	MISO	ขานำข้อมูลเข้า

การใช้งานของมอดูล SPI SD Card เชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลาง (MCU) กับการ์ดหน่วยความจำ โดยใช้การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำในโหมด SPI ใช้สัญญาณในการ

ติดต่อสื่อสาร 4 เส้นสัญญาณ โดยภายในแผงวงจรได้จัดให้มีวงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าสัญญาณลอจิก (74LCX245) พร้อมวงจรเรียงกระแสแรงดัน 3.3 โวลต์ต่อกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไว้ด้วย เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำแบบไมโครเอสดีการ์ดกับหน่วยประมวลผลกลางของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นระบบ 5 โวลต์ สำหรับชุดมอดูลเอสดีการ์ดนี้สามารถรับเอสดีการ์ดได้ทุกๆ ความจุทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนโปรแกรมสั่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อชี้ตำแหน่งความจุ และส่งสัญญาณควบคุมการทำงาน สำหรับชุดมอดูล เอสดีการ์ดชุดนี้สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง การต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 วงจรของมอดูลเอสดีการ์ด

ในการใช้งานมอดูลเอสดีการ์ดจำเป็นต้องรู้ และเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของมอดูล สำหรับในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายอุปกรณ์ต่างๆ ในมอดูลเอสดีการ์ด สามารถดูรูปประกอบได้ในรูปที่ 2.8 โดยมีคำอธิบายดังนี้

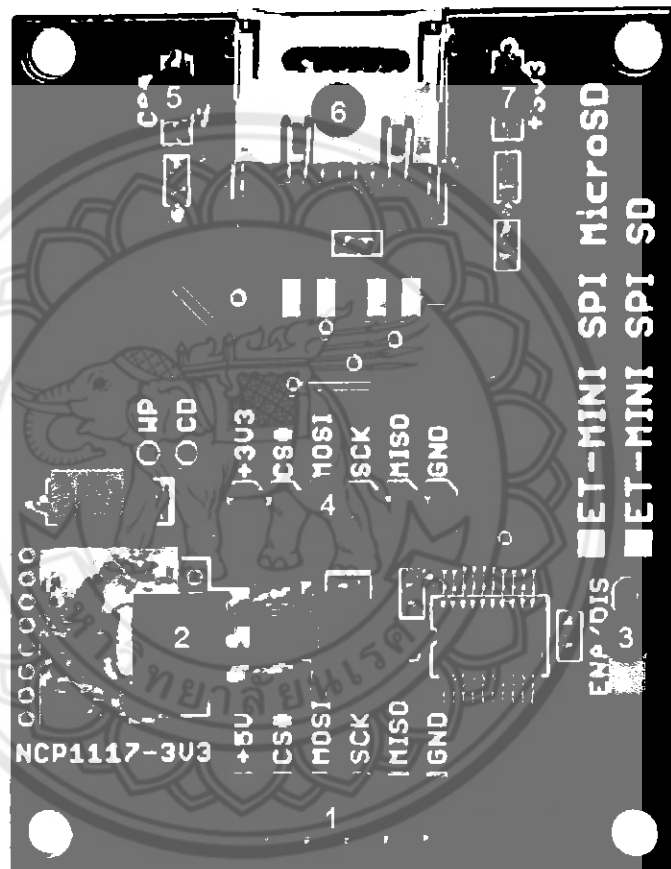
หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อสัญญาณติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำใช้กับ MCU ที่มีระดับลอจิก 5V

หมายเลข 2 คือ IC Regulate 3.3V/1A ใช้สำหรับแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายจาก 5V ให้เป็น 3.3V เพื่อจ่ายให้กับการ์ดหน่วยความจำและวงจรแปลงระดับสัญญาณ ลอจิก

หมายเลข 3 คือ Jumper สำหรับเลือกเปิดปิดการทำงานของวงจรแปลงระดับลอจิก โดยถ้าใช้กับ MCU ที่เป็น 5V ต้องเลือกเป็น Enable(ENA) และเชื่อมต่อสัญญาณที่ Connector หมายเลข 1 แต่ถ้าใช้กับวงจร MCU ที่เป็นระดับ ลอจิก 3.3V ต้องเลือกเป็น Disable(DIS) และเชื่อมต่อสัญญาณเข้าที่

Connector หมายเลข 4

- หมายเลข 4 คือ ขั้วต่อสัญญาณติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำใช้กับMCUที่มีระดับ โวลจิก 3.3V
- หมายเลข 5 คือ LED แสดงสถานะ(CS#) เมื่อมีการติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำ
- หมายเลข 6 คือ ขั้วต่อ Socket สำหรับ ใส่การ์ดหน่วยความจำ
- หมายเลข 7 คือ LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ(3.3V) ของการ์ดหน่วยความจำ

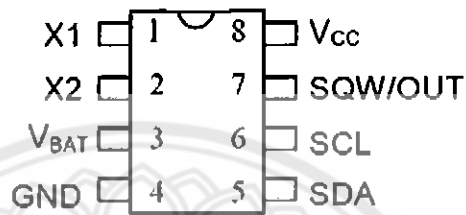


รูปที่ 2.9 มอดูลเอสดีการ์ด (SD Card Module)[6]

2.5 RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307 [7]

DS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถ

ทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตช์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 2.10 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งขาไอซี DS 1307

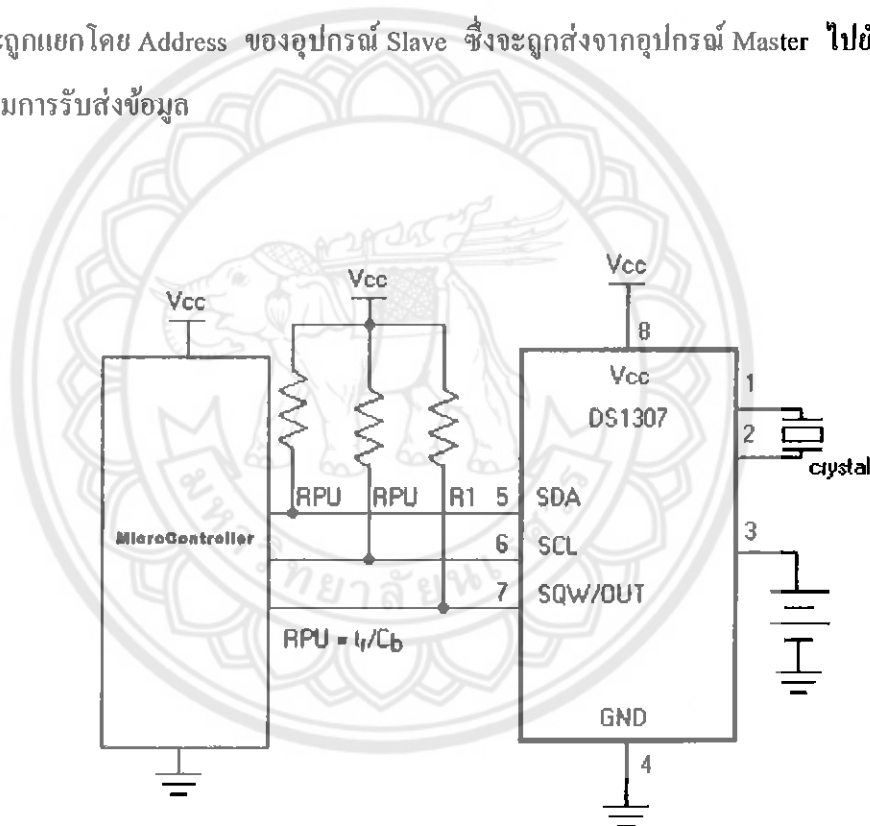
ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งขาไอซี DS 1307

ขาที่	ชื่อขา	ความหมาย
1	X1	ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC
2	X2	ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC
3	VBAT	ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย
4	GND	ใช้ต่อกราวด์
5	SDA	ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C
6	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C
7	SQW/OUT	ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave
8	VCC	ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

ระบบบัสข้อมูลแบบ I2C (Inter-IC Communication) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์ (Phillips) การรับส่งข้อมูลใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น คือสายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data line)

และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock line) มีการทำงานเป็นแบบ Master, Slave โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master (ไมโครคอนโทรลเลอร์) จะควบคุมการรับส่งข้อมูล และควบคุมสัญญาณนาฬิกาบน SCL ส่วนอุปกรณ์ Slave (DS1307) นั้นจะทำงานภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ Master

การต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส I2C นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทาน Pull up ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ในกรณีที่ต้องการต่อร่วมกับอุปกรณ์ Slave หลายตัว ก็ยังสามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์ Slave ขนานกันไป การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Master กับ Slave แต่ละตัวนั้น จะถูกแยกโดย Address ของอุปกรณ์ Slave ซึ่งจะถูกส่งจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave ก่อนเริ่มการรับส่งข้อมูล

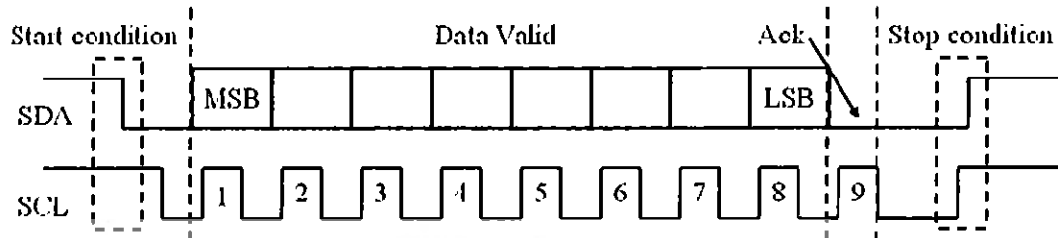


รูปที่ 2.11 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C

การรับส่งข้อมูลแบบ I2C นั้นมีข้อกำหนดอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ

1. การรับส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้นได้เมื่อบัสมีสถานะว่างเท่านั้น
2. ในช่วงที่ทำการรับส่งข้อมูลอยู่ สายสัญญาณ SDA ต้องไม่เปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL มี

สถานะเป็นลอจิก “1” ถ้า SDA มีการเปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL เป็นลอจิก “1” จะถือว่าเป็นสัญญาณ
ความคลุมการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 2.12 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C

สถานะของการรับส่งข้อมูลแบบ I2C สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 สถานะด้วยกันดังแสดงในรูป
ที่ 2.12 และมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานะว่าง (Bus not busy): สัญญาณ SDA และ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High
เริ่มส่งข้อมูล (Start data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก High เป็น Low ในขณะที่
SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
2. หยุดส่งข้อมูล (Stop data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก Low เป็น
High ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้
3. รับส่งข้อมูล (Data valid): มีการรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณ SDA โดยข้อมูลแต่ละบิตจะ
ถูกส่งในช่วงที่ SCL มีระดับเป็น High โดยในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็น High อยู่ นั้น SDA จะต้องไม่เกิด
การเปลี่ยนระดับสัญญาณ
4. SDA จะเปลี่ยนระดับของสัญญาณ ในช่วงที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น Low เท่านั้น ตาม
มาตรฐานการส่งข้อมูล แบบ I2C นี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 100 kHz ที่
โหมดการทำงานธรรมดา และ 400 kHz ที่โหมดการทำงานแบบเร็ว แต่สำหรับ DS1307 สามารถทำงาน
ได้ใน โหมดธรรมดาเท่านั้น
5. ตอบรับ (Acknowledge): เกิดขึ้นหลังจากที่มีการรับส่งข้อมูลครบแล้ว โดยอุปกรณ์ Master
ต้องสร้างสัญญาณ Clock บน SCL เพิ่มอีกถูก อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลจะดึงระดับสัญญาณบน SDA

ให้เป็น Low เพื่อให้ตัวส่งรับรู้ว่าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้ว

2.6 มอดูล Bluetooth (Bluetooth Module)[8]

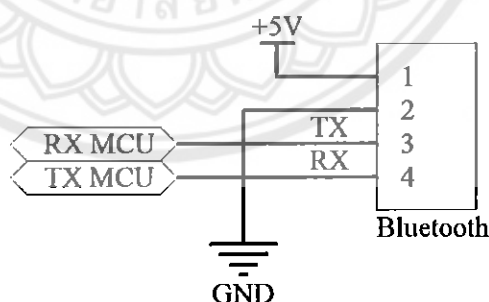
ระบบบลูทูธ Bluetooth เป็นระบบการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆแบบไร้สายแบบหนึ่ง ในระยะแรกนั้นจะนำมาใช้เป็นระบบ แอนด์พรีแบบไร้สายและนำมาส่งข้อมูล ระหว่างโทรศัพท์ด้วยกันเองหรือส่งระหว่าง โทรศัพท์มือถือ กับ คอมพิวเตอร์สำหรับโครงการนี้ใช้ มอดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) ที่ใช้งานสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communications) สามารถอธิบายขาได้ ตามวงจรในรูป 2.13

หมายเลข 1 คือ ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ +5V

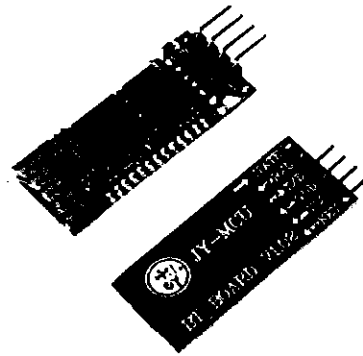
หมายเลข 2 คือ ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 0 โวลต์ GND

หมายเลข 3 คือ ขาส่งข้อมูล TX

หมายเลข 4 คือ ขารับข้อมูล RX



รูปที่ 2.13 พอร์ตเชื่อมของมอดูลบลูทูธ



รูปที่ 2.14 ลักษณะของมอดูลบลูทูธ (Bluetooth Module)

บลูทูธจะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz แต่จะแยกย่อยออกไปตามแต่ละประเทศอย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.4 ถึง 2.4835 GHz แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อวินาที ส่วนญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของบลูทูธจะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันรหัสก่อนเชื่อมต่อ และป้องกันการดักรับสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียกตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักรับหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำให้ยากขึ้น โดยหลักการของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กเนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลที่มีขนาดเล็กและใช้ขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนด คือ (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานที่ต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน ส่วนความสามารถการส่งถ่ายข้อมูลของบลูทูธจะอยู่ที่ 1 Mbps ถือว่าเพียงพอกับขนาดของไฟล์ทั่วไปหากขนาดไฟล์มีขนาดใหญ่ก็ต้องหันไปใช้ Wireless LAN ความสามารถของบลูทูธเมื่อเทียบกับ Wireless LAN ก็จะมีขนาดเล็กกว่าการติดตั้งง่ายกว่า และใช้พลังงานน้อยกว่าใช้พลังงานอยู่ที่ 0.1 วัตต์

2.7 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)[9]

Android OS คือระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ, แท็บเล็ต, คอมพิวเตอร์และเน็ตบุ๊ก ที่ทำงานบนลินุกซ์ เคอร์เนล เริ่มพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์ จากนั้นบริษัท

แอนดรอยด์ถูกซื้อ โดยกูเกิล(Google)และทางกูเกิลได้นำแอนดรอยด์ไปพัฒนาต่อ ส่วนด้านลิขสิทธิ์ของโค้ดแอนดรอยด์จะใช้ในลักษณะของซอฟต์แวร์เสรีหรือโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ทำให้นักพัฒนาสามารถแก้ไข คัดแปลงโค้ดแอนดรอยด์ได้อย่างอิสระ และที่สำคัญคือแจกฟรี สำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นที่รู้จักต่อสาธารณชนเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2550 และแอนดรอยด์เวอร์ชัน 1.0 ถูกปล่อยออกมาใช้งานอย่างเป็นทางการครั้งแรกเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2551

ปัจจุบันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ผู้ผลิตมือถือหลายเจ้าต่างพัฒนาและผลิตสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ออกมาวางจำหน่ายมากมาย ไม่ว่าจะเป็น Samsung, HTC, Motorola และ Sony เป็นต้น และทางกูเกิล(Google)ซึ่งเป็นผู้พัฒนาแอนดรอยด์ (Android)ก็ได้ผลิตสมาร์ตโฟนของตัวเองออกมาเช่นกัน เป็นสมาร์ตโฟนตระกูล Galaxy Nexus นั่นเอง

เวอร์ชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะใช้รหัสชื่อเวอร์ชันเป็นชื่อขนมหวาน โดยจะเรียงตามลำดับตัวอักษร

ตารางที่ 2.11เวอร์ชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

เวอร์ชัน	ชื่อเวอร์ชัน	เปิดตัว
1.0	Astro	28 กันยายน 2551
1.1	Bender	9 กุมภาพันธ์ 2552
1.5	Cupcake (คัพเค้ก)	30 เมษายน 2552
1.6	Donut (โดนัท)	15 สิงหาคม 2552
2.0/2.1	Eclair (เอแคลร์)	26 ตุลาคม 2552 (2.0) 12 มกราคม 2553 (2.1)
2.2	Froyo (โฟรชเชน โยเกิร์ต)	20 พฤษภาคม 2553
2.3	Gingerbread (ขนมปังจิง)	6 ธันวาคม 2553
3.0/3.1	Honeycomb (รังผึ้ง)	22 กุมภาพันธ์ 2554
4.0	Ice Cream Sandwich (ไอศกรีมแซนด์วิช)	19 ตุลาคม 2554
4.1	Jelly Bean (เจลลี่บีน)	28 มิถุนายน 2555

2.8 SL4A (Scripting Layer for Android)[10]

SL4A คือ ภาษาสคริปต์สำหรับ Android โดยทั่วไปการพัฒนาซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการ Android จะใช้ภาษา JAVA เพื่อพัฒนา ซึ่งสำหรับผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเกี่ยวกับ object oriented นั้นถือเป็นเรื่องที่ยากลำบากซับซ้อน แต่ผู้พัฒนาที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับ JAVA หรือ object oriented มีอีกทางเลือกหนึ่งคือ การพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้ภาษาสคริปต์ ซึ่งชุดพัฒนา SL4A(Scripting Layer For Android) สามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ SL4A จะรองรับภาษาสคริปต์หลายตัว Python, Perl, JRuby, Lua, BeanShell, JavaScript, Tcl, shell โดยจะเป็นภาษาแบบ Interpreter คำสั่งมีกยาวไม่เกิน 80 ตัวอักษร แต่ในโครงการนี้เลือกใช้ภาษาPython ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ทำงานร่วมกับ โปรแกรม Python for Android โดยมีสัญลักษณ์ของโปรแกรมตามรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โปรแกรมประยุกต์ SL4A

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

โครงการนี้มีการรับค่าจากทางผู้ใช้ได้สองทาง คือ ปุ่มกดและอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยในแต่ละส่วนต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆเพื่อนำมาประกอบกันเป็นชิ้นงานเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการ โดยอาศัยซอฟต์แวร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ ดังนั้นเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างสมบูรณ์ จึงได้ออกแบบในแต่ละส่วนดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลและหลักการทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในหัวข้อนี้เป็นขั้นตอนแรกสำหรับการศึกษาข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาตู้อบต้นแบบ โดยมีหัวข้อต่างๆที่ได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งทางผู้จัดทำเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR และได้กล่าวถึงคุณสมบัติไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.1 ของบทที่ 2

3.1.2 ศึกษาการทำงานของ SHT15 Module หรือตัวรับรู้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยการศึกษาการทำงาน การสื่อสารข้อมูล การอ่านและการคำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.2 ของบทที่ 2

3.1.3 ศึกษาการทำงานของวงจร Relay ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3 ของบทที่ 2

3.1.4 ศึกษาการทำงานของวงจรถูกัดบันทึกลับที่คิดจอตการเขียนข้อมูลลงเอสดีการ์ด การสื่อสารแบบ SPI โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.4 ของบทที่ 2

3.1.5 ศึกษาวงจร RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307 การเชื่อมต่อ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งาน โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.5 ของบทที่ 2

3.1.6 ศึกษาวงจร โมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) การเชื่อมต่อ การเขียนโปรแกรม ไลบรารี เพื่อใช้งาน โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.6 ของบทที่ 2

3.1.7 ศึกษาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) การเขียนโปรแกรมและไลบรารี เพื่อใช้งาน โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.7 ของบทที่ 2

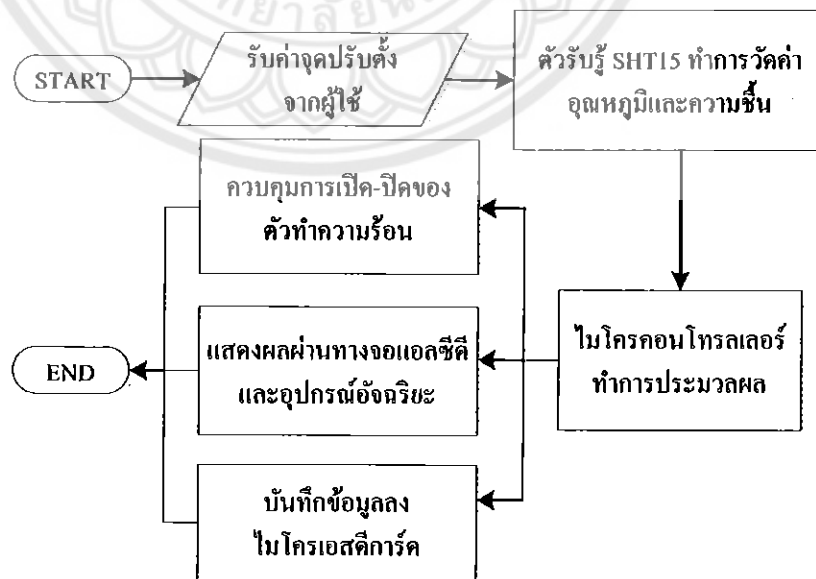
3.1.8 ศึกษาตัวแปลภาษาไพธอนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ผ่าน SL4A (Scripting Layer for Android) โดยรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.8 ของบทที่ 2

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆแล้วก็จะเป็นการออกแบบระบบโดยผู้ดำเนินโครงการจะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบโครงการโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ภาพรวมของระบบ จะเป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบแต่ละส่วน
2. การพัฒนาในด้านของซอฟต์แวร์ เป็นการอธิบายถึงการทำงานของโปรแกรมทั้งทางด้านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อัจฉริยะ
3. การพัฒนาในด้านของฮาร์ดแวร์ จะเป็นการอธิบายในส่วนของวงจรไฟฟ้าว่าใช้อุปกรณ์ใดในการทำระบบบ้าง

3.2 ภาพรวมของระบบ

ระบบจะเริ่มทำงานโดยการรอรับค่าจุดปรับตั้งจากผู้ใช้ เมื่อรับค่าจุดปรับตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบโดยใช้ตัวรับรู้ SHT15 จากนั้นจะส่งสัญญาณไปที่ ATmega256 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่บนบอร์ด Arduino MEGA 2560 ทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาจากตัวรับรู้ นำมาเปรียบเทียบกับค่าจุดปรับตั้งของผู้ใช้แล้วจึงทำการควบคุมการเปิดปิดของตัวทำความร้อน แล้วจึงแสดงผลออกมาผ่านทางหน้าจอแอลซีดีและอุปกรณ์อัจฉริยะ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Flowchart ภาพรวมของระบบ

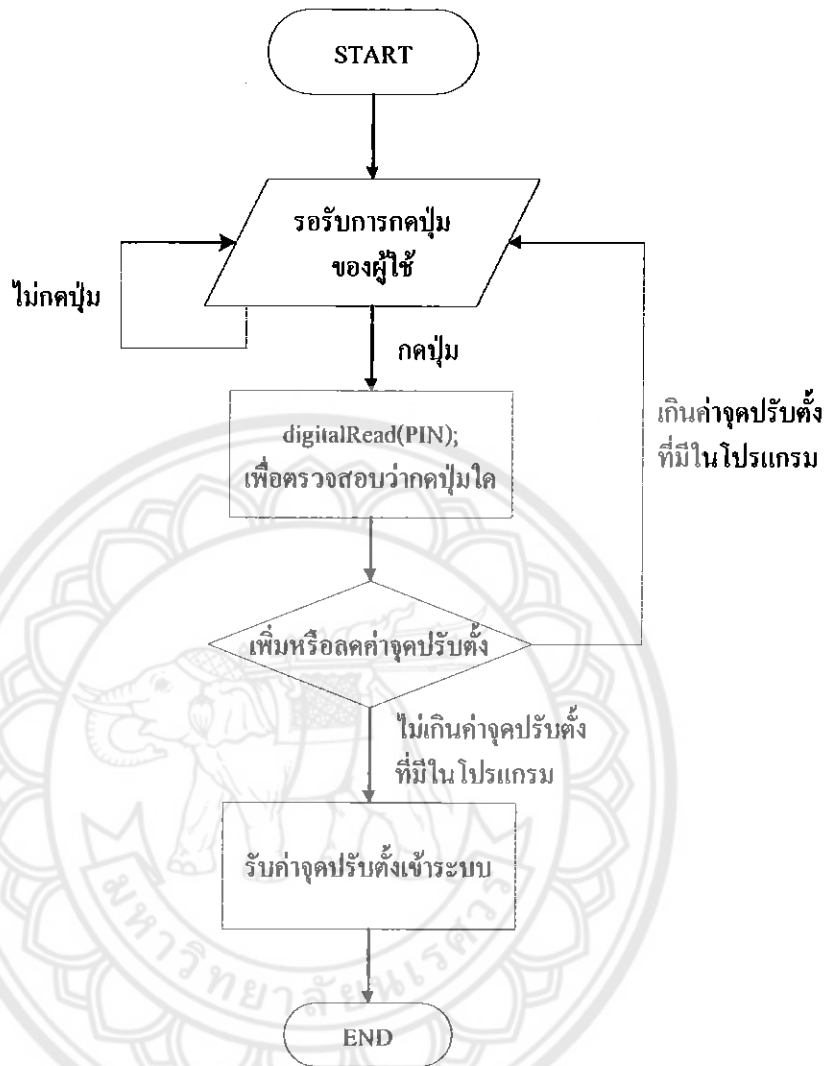
3.3 การพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ (Software)

ทางผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโปรแกรมโดยแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ภาษา C ในการพัฒนาโปรแกรมบนบอร์ด Arduino และในส่วนอุปกรณ์อัจฉริยะจะใช้ภาษา python ในการพัฒนาโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ SL4A ในการเปิดแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษา python โดยมีวิธีการติดตั้งตามภาคผนวก ข

3.3.1 การเขียนโปรแกรมสำหรับการป้อนจุดปรับตั้งของอุณหภูมิและเวลาในการอบให้กับตู้อบ

ผลการเขียนโปรแกรมสำหรับการป้อนจุดปรับตั้งของอุณหภูมิและเวลาในการอบให้กับตู้อบ โดยระบบจะถูกแบ่งโหมดในการรับค่าออกเป็นสองระบบ ซึ่งได้แก่

3.3.1.1 การรับค่าทางปุ่มกด เป็นการให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าสัญญาณดิจิทัลแล้วทำการเขียนโปรแกรมให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าสัญญาณจากขาดิจิทัล เพื่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่า ผู้ใช้ได้กำลังกดปุ่มใด โดยจะใช้ฟังก์ชัน “digitalRead(PIN)” ในการอ่านค่าสัญญาณดิจิทัล ที่ขาต่างๆของบอร์ดจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าจุดปรับตั้งที่รับมาจากผู้ใช้หากมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจุดปรับตั้งที่มีอยู่ในโปรแกรม ก็จะไม่สามารถกำหนดค่าจุดปรับตั้งนั้นได้ ดังแสดงใน Flowchart รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Flowchart แสดงการรับค่าทางปุ่มกด

แสดง Pseudo code ในการรับค่าทางปุ่มกดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ฟังก์ชัน

`digitalRead()`;

```
// read the state of the pushbutton value:
buttonAdd = digitalRead(buttonAddPin); // อ่านค่าสัญญาณดิจิทัล เพื่อรับรู้ถึงการ
                                         กดปุ่มบวก
buttonMinus = digitalRead(buttonMinusPin); // อ่านค่าสัญญาณดิจิทัล เพื่อรับรู้ถึงการ
                                         กดปุ่มลบ
buttonEnter = digitalRead(buttonEnterPin); // อ่านค่าสัญญาณดิจิทัล เพื่อรับรู้ถึงการ
                                         กดปุ่มตกลง
```

3.3.1.2 การรับค่าทางอุปกรณ์อัจฉริยะ

จะใช้การติดต่อระหว่างอุปกรณ์อัจฉริยะกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม ผ่านทางโมดูลบลูทูธ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่เป็นฝั่งรับรรับของข้อมูลที่ผ่านเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้ออกแบบระบบให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ามาตั้งค่าได้ทันที ทำให้ในการรับค่าจุดปรับตั้งอุณหภูมิของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องมีการตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์อัจฉริยะก่อนเป็นอันดับแรก เมื่ออุปกรณ์อัจฉริยะเชื่อมต่อเข้ามาจะมีการส่งตัวอักษร 1 ตัว เข้ามา ทำให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าอุปกรณ์อัจฉริยะได้มีการเชื่อมต่อเข้ามาแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะทำการส่งตัวอักษร 1 ตัว ในที่นี้คือตัวอักษร "a" ออกไปที่อุปกรณ์อัจฉริยะ เพื่อเป็นการบอกอุปกรณ์อัจฉริยะว่าได้มีการเชื่อมต่อเข้ามาแล้ว เช่น

```
if len(message) > 1: # ทำการตรวจสอบว่ามีข้อความส่งออกมาจากบอร์ด
                     ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไม่
    droid.makeToast ("System Working...,Entered Monitor Mode.")
    # แสดงข้อความออกทางหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะ
```

จากนั้นระบบจะทำการรอรับค่า จุดปรับตั้งของอุณหภูมิและตั้งเวลาในการอบตามลำดับ ต่อมาเป็นส่วนของอุปกรณ์อัจฉริยะ จะมีการตรวจสอบระบบเป็นอันดับแรกว่าได้มีการทำงานอยู่หรือไม่ ในที่นี้ใช้การตรวจสอบจากความยาวของข้อความ หากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มีการส่งข้อความออกมาเรื่อยๆ แสดงว่าในระบบได้มีการตั้งค่าต่างๆ ไว้แล้ว โปรแกรมก็จะทำการเปลี่ยนไปเป็นหน้ามอนิเตอร์โดยอัตโนมัติ แต่ถ้าหากยังไม่มีข้อความส่งออกมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์อัจฉริยะจะทำหน้าที่เป็นฝั่งส่ง ส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางบลูทูธ โดยจะใช้ฟังก์ชันในการสร้างรายการจุดปรับตั้ง คือ

```
droid.dialogSetSingleChoiceItems(); เช่น
items1 = [ "50" , "51" , "52" , "53" , "54" , "55" , "56" , "57" , "58" , "59" , "60" ]
# รายการของค่า set point ของอุณหภูมิ
droid.dialogSetSingleChoiceItems (items1)# ทำการสร้างรายการให้ผู้ใช้เลือก
```

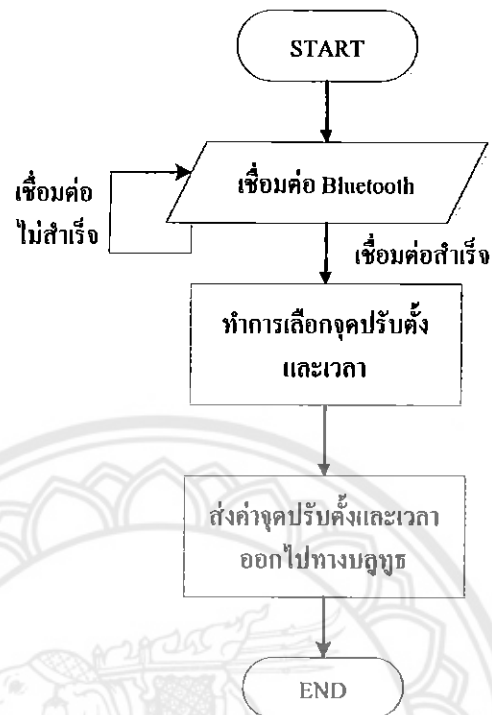
ส่วนการปรับตั้งเวลาจะใช้ฟังก์ชัน dialogCreateTimePicker (ชั่วโมงเริ่มต้น, นาทีเริ่มต้น, True หากเป็นนาฬิกา 24 ชั่วโมง/ False หากเป็นนาฬิกา 12 ชั่วโมง) เช่น กำหนดให้เวลาเริ่มต้นที่ 01:00 และเป็นนาฬิกาแบบ 24 ชั่วโมง

```
droid.dialogCreateTimePicker (01, 00, True)
droid.dialogShow ()
```

และจะส่งผ่านข้อมูลออกไปทางบลูทูธ โดยฟังก์ชัน bluetoothWrite(); เช่น

```
droid.bluetoothWrite( items1 [selected1.result [0]] ) # ส่งค่า set point ของ
อุณหภูมิที่ผู้ใช้เลือกออกไปทางบลูทูธ
```

โดยมี Flowchart ในการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Flowchart แสดงการรับค่าจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.2 การเขียนโปรแกรมคำนวณเวลานับถอยหลังของระบบ

เมื่อระบบได้ทำการตั้งเวลาจากผู้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงเวลาที่รับเข้ามาเป็นจำนวนชั่วโมงและนาที ให้กลายเป็นวินาทีทั้งหมด เช่น ระบบได้รับเวลามาเป็น 1:20 ก็จะแปลงได้เป็น $(1 \times 3600) + (20 \times 60) = 4,800$ วินาที จากนั้น โปรแกรมจะนำจำนวนวินาทีที่ได้ มาทำการคำนวณเวลานับถอยหลัง โดยเข้าฟังก์ชัน `countdownTimer` ที่ผู้จัดทำได้ทำการสร้างขึ้นมาเอง เช่น

```

void countdownTimer(unsigned long times) { //Convert second to countdown time.
    unsigned long calTime = times;
    CountDownhour = calTime / 3600;
    CountDownminute = (calTime / 60) - (CountDownhour * 60);
    CountDownsecond = calTime - ((CountDownhour * 3600) + (CountDownminute * 60));
}
  
```

โดยมีการทำงานคือ ฟังก์ชันจะทำการรับค่า times ซึ่งเป็นค่าวินาทีที่คำนวณออกมาได้ทั้งหมดในตอนแรก จากนั้นจะนำค่าวินาทีที่ได้มาคำนวณเป็นจำนวนชั่วโมง(CountDownhour) นาที(CountDownminute) และวินาที(CountDownsecond) เพื่อแสดงผลออกทางจอแสดงผลแอลซีดีและอุปกรณ์อัจฉริยะ

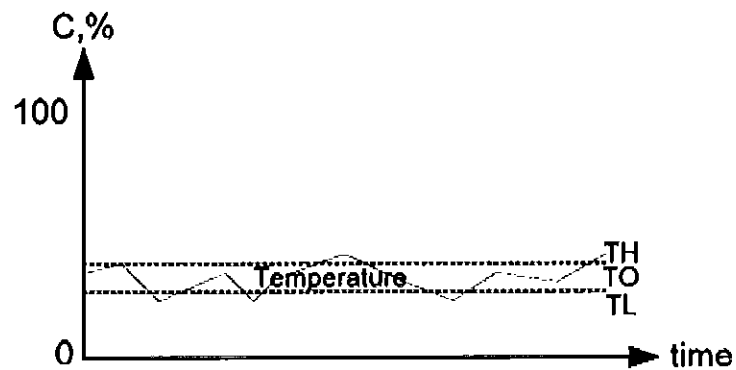
3.3.3 การเขียนโปรแกรมสำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวรับรู้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการคำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวรับรู้ SHT15 โดยการใช้ไลบรารี Sensirion ในการอ่านค่าจากขาดิจิตอล ซึ่งเป็นการอ่านแบบเข้าจังหวะสัญญาณ แสดง Pseudo code ในการคำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้นของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
sht.measTemp( & rawData); // sht.meas(TEMP, &rawData, BLOCK)
temperature = sht.calcTemp(rawData);
sht.measHumi( & rawData); // sht.meas(HUMI, &rawData, BLOCK)
humidity = sht.calcHumi(rawData, temperature);
```

3.3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิของตู้อบ

หลังจากที่ผู้ใช้ได้ทำการตั้งค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิและเวลาในการอบเรียบร้อยแล้ว ควบคุมอุณหภูมิของระบบ จะใช้อุปกรณ์ในการควบคุม คือ ตัวทำความร้อน (Heater) การทำงานจะเป็นการรับค่าอุณหภูมิจากตัวรับรู้(SHT15) จากนั้นจะนำข้อมูลมาประมวลผลเปรียบเทียบกับจุดปรับตั้ง (Set point) ที่ได้รับมาจากผู้ใช้และควบคุมในส่วนของการเปิดและปิดอุปกรณ์ โดยระบบได้มีการกำหนดช่วงของอุณหภูมิของระบบเอาไว้ เพื่อป้องกันการเปิดปิดบ่อยครั้งของตัวทำความร้อน ซึ่งช่วงของอุณหภูมิจะคำนวณได้โดยการนำค่าจุดปรับตั้งมา ± 1 ก็จะทำให้ได้ช่วงอุณหภูมิออกมา นอกจากนี้ระบบยังถูกออกแบบให้สามารถตั้งเวลาในการควบคุมได้อีกด้วย โดยมีความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 3.4

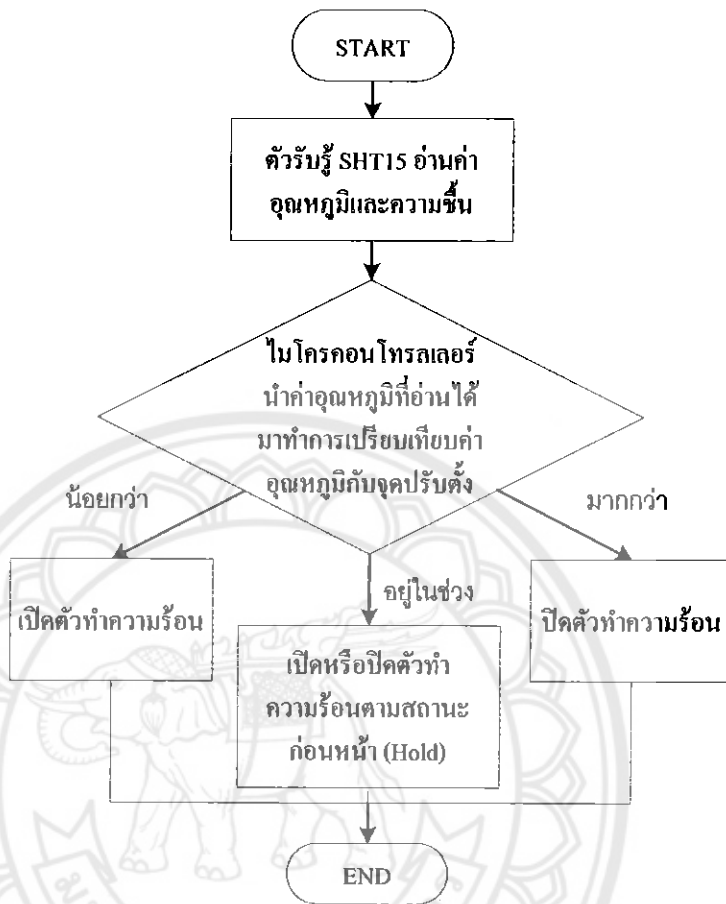


รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา[11]

โดยจะแบ่งเงื่อนไขในการทำงานทั้งหมดออกเป็น 5 กรณีตามตารางที่ 3.1 และมีการทำงานตาม Flowchart ในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขในการควบคุมอุณหภูมิ

เหตุการณ์	ตัวทำความร้อน(ปิด/เปิด)
อุณหภูมิ	
สูงกว่า	ปิด
อยู่ในช่วง (สถานะก่อนหน้าสูงกว่า)	ปิด
อยู่ในช่วง (สถานะก่อนหน้าต่ำกว่า)	เปิด
ต่ำกว่า	เปิด



รูปที่ 3.5 Flowchart แสดงการควบคุมตัวทำความร้อน

3.3.5 การเขียนโปรแกรมแสดงสถานะของตู้อบ

ในการแสดงสถานะของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ตรวจสอบค่าสถานะต่างๆ จากนั้นจะทำการส่งค่าสถานะออกมาเป็นข้อความยาวๆผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยมีมอดูลลูทซ์ทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายไปยังอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยมีการส่งข้อความดังนี้

SP_T	T	H	Status_T	Status_SD	Time	'\n'
------	---	---	----------	-----------	------	------

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของข้อความที่ใช้ในการส่งไปยังอุปกรณ์อัจฉริยะ

ชื่อ	ขนาด(byte)	ความหมาย
SP_T	2	ค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
T	5	ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากตัวรับรู้
H	5	ค่าความชื้นที่อ่านได้จากตัวรับรู้
Status_T	2	สถานะของอุปกรณ์ทำความร้อน '00' หมายถึง อุปกรณ์ไม่ทำงาน '01' หมายถึง อุปกรณ์ทำงาน
Status_SD	2	สถานะการบันทึกข้อมูล '00' หมายถึง ไม่บันทึก '01' หมายถึง บันทึก
Time	8	เวลาที่เหลือในการอบ
'\n'	-	ขึ้นบรรทัดใหม่ในข้อมูลแต่ละชุด

ส่วนโปรแกรมบนอุปกรณ์อัจฉริยะจะทำหน้าที่ในการแบ่งข้อความ จากนั้นจะทำการแปลความหมายของข้อความต่างๆ โดยจะใช้ภาษา Python , JavaScript และ Html ในการพัฒนาและใช้ภาษา Html ในการสร้างกราฟฟิกเพื่อแสดงผลเกี่ยวกับข้อความ

แสดง Pseudo code ของการเขียนโปรแกรมแสดงสถานะบนอุปกรณ์อัจฉริยะ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวแยกออกเป็น 3 ส่วนคือ

3.3.5.1 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา Python

สำหรับการรับข้อความจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการใช้ฟังก์ชัน bluetoothReadLine ในการอ่านข้อมูลที่รับมาจากมอดูลBluetooth เช่น

```
message = droid.bluetoothReadLine().result # ทำการอ่านข้อความที่รับมาผ่านทางบลูทูธ
ShowData = message# ทำการคัดลอกค่าข้อความเก็บไว้ในตัวแปร 'ShowData'
droid.eventPost('stdout', ShowData) # ส่งข้อความออกไปในรูปแบบของ event 'stdout'
```


3.3.5.2 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา JavaScript

ในการแบ่งข้อความจะใช้ฟังก์ชัน substring(); ซึ่งทำหน้าที่ในการนำข้อความในแต่ละช่วงออกมาจากข้อความยาวๆที่รับมาจากมอดูล Bluetooth เช่น

```
// การแปลข้อความ
droid.registerCallback('stdout', function(e) { // ทำการรอค่าจาก event 'stdout'
    var str = e.data; // ทำการคัดลอกข้อความจาก event มาเก็บไว้ในตัวแปร 'str'
    var SpTemp = str.substring(0,2); // ให้ค่า SpTemp คือ byte ที่ 1 ถึง 2
    var Temp = str.substring(2,7); // ให้ค่า Temp คือ byte ที่ 3 ถึง 7
    var Humid =str.substring(7,12); // ให้ค่า Humid คือ byte ที่ 8 ถึง 12
    var Heater = str.substring(12,14); // ให้ค่า Heater คือ byte ที่ 13 ถึง 14
    var Damper = str.substring(14,16); // ให้ค่า Damper คือ byte ที่ 14 ถึง 16
    var Time = str.substring(16); // ให้ค่า Time คือ byte ที่ 16 ถึง byte สุดท้าย
    yTemp = parseFloat(Temp);// แปลงค่า Temp ให้เป็นตัวเลขทศนิยม
    yHumid = parseFloat(Humid);// แปลงค่า Humid ให้เป็นตัวเลขทศนิยม
    inforTemp.push({x: xVal,y: yTemp});// ทำการเก็บค่าอุณหภูมิลงใน
    array'inforTemp'
    inforHumid.push({x: xVal,y: yHumid}); // ทำการเก็บค่าความชื้นลงใน
    array 'inforHumid'
}
```

จากนั้นจะใช้ไลบรารีCanvasJS ซึ่งเป็นสคริปต์ในการสร้างกราฟ โดยจะนำข้อความที่ถูกเก็บอยู่ในตัวแปรมาเป็นข้อมูลในการวาดกราฟ เช่น

```

var chartTemp = new CanvasJS.Chart("chartContainer1",{ // กำหนดองค์ประกอบของกราฟ

    title :{
        text: "Temperature Data"},// กำหนดชื่อกราฟ

    axisX: {
        title: "Time"},// กำหนดชื่อแกน X

    axisY: {
        title: "celsius "}, // กำหนดชื่อแกน Y

    data: [{ type: "line",
        dataPoints : inforTemp} ]}); // กำหนดข้อมูลที่จะนำไปแสดงในกราฟ

```

3.3.5.3 ส่วนที่พัฒนาด้วยภาษา Html

ในการแสดงผลข้อความต่างๆจะใช้วิธีการนำข้อความที่ถูกแปลความหมายเรียบร้อยไปแสดงยังพื้นที่ต่างๆเช่น

```

document.getElementById('ชื่อ label ที่ต้องการให้ข้อความไปแสดง').innerHTML
= 'ข้อความที่จะแสดง';

```

3.3.6 การเขียนโปรแกรมในการบันทึกข้อมูลของระบบ

ในการบันทึกข้อมูลของระบบ เป็นการบันทึกสถานะการทำงานต่างๆของระบบ โดยจะใช้มอดูลเอสดีการ์ด ในการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยจะมีการบันทึกข้อมูลในทุกๆ 1 นาที ซึ่งมีการเรียงลำดับข้อมูลที่บันทึกในแต่ละบรรทัด ดังนี้

วัน/เดือน/ปี	เวลา	อุณหภูมิ	ความชื้น	สถานะการทำงานของตัวทำความร้อน
--------------	------	----------	----------	-------------------------------

หมายเหตุ : ใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที เนื่องจากอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ จึงไม่จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลทุกวินาที

3.4 การพัฒนาในด้านของฮาร์ดแวร์

3.4.1 การออกแบบและสร้างวงจรใช้งาน

จากการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกออกแบบให้มีวงจรเพื่อใช้งานโดยใช้ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นบอร์ดสำเร็จรูปโดยวงจรจะเป็นวงจรพอร์ทเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดกับตัวอุปกรณ์ภายนอก เช่น หัววัดอุณหภูมิและความชื้น บลูทูธ โดยมีวงจรที่ต่อใช้งานด้วยกัน 3 ส่วนที่สามารถแยกออกจากกันได้และเชื่อมต่อการทำงานโดยใช้สายเพื่อความสะดวกในการถอดประกอบและเคลื่อนย้าย โดยจำเป็นต้องมีวัสดุอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

- 1) วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5VDC 2A
- 2) วงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น
- 3) วงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ (Bluetooth)
- 4) วงจรใช้งานบันทึกผลลงหน่วยความจำแบบ SD Card
- 5) วงจรแสดงผลแอลซีดี (Liquid-Crystal Display LCD) และปุ่มกดควบคุม
- 6) วงจรใช้งาน Realtime Clock
- 7) วงจรใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

3.4.1.1 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5VDC 2A

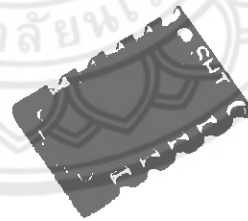
วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นวงจรแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรงซึ่งเลือกใช้วงจรสำเร็จรูปที่มีขนาดแรงดันที่ 5 โวลต์เพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรใช้งานบันทึกผล SD Card วงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น วงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ จอแอลซีดี ฯลฯ โดยมีการติดตั้งวงจร ดังแสดงในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 ผลการติดตั้งวงจรสำเร็จรูปแหล่งจ่ายไฟตรง 5VDC 2A

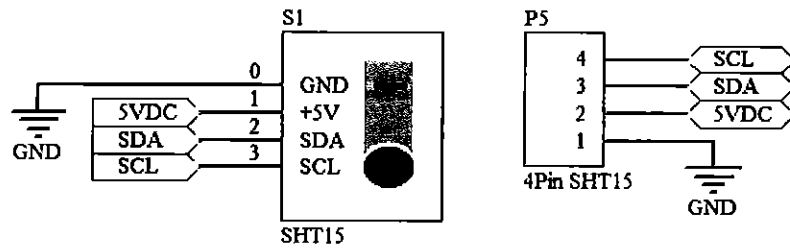
3.4.1.2 วงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น

วงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น ในการออกแบบระบบทางผู้จัดทำได้เลือกใช้หัววัดอุณหภูมิและความชื้น SHT15 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Sensor) ที่ทำหน้าที่ ส่งค่าของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในตู้อบ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560



รูปที่ 3.7 ลักษณะหัววัดอุณหภูมิและความชื้นชนิด SHT15[3]

จากรูป 3.7 เป็นการแสดงลักษณะของหัววัดและความชื้นชนิด SHT15 โดยหัววัดชนิด SHT มีอยู่หลายรุ่นด้วยกันเช่น SHT10,SHT11,SHT15 แต่ละรุ่นก็จะมีคุณสมบัติและความสามารถที่แตกต่างกันออกไปบ้าง แต่โดยรวมแล้ว การทำงานจะมีลักษณะคล้ายกัน

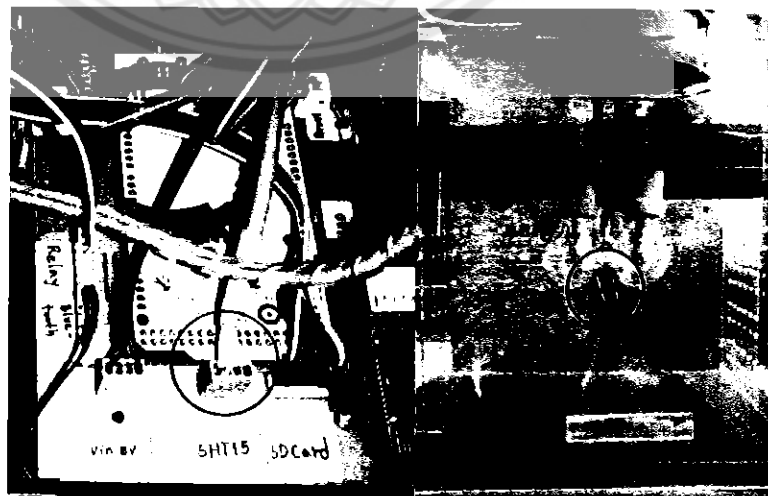


รูปที่ 3.8 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง SHT15 และไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูป 3.8 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างหัววัดอุณหภูมิและความชื้น SHT15 และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในโมดูลหัววัด SHT15 จะมีขาใช้งานอยู่ 4 ขาดังนี้

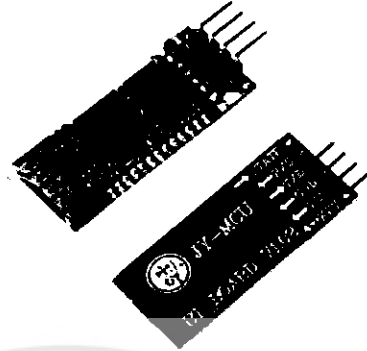
1. ขาสัญญาณนาฬิกา(SCK)
ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล
2. ขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล(Data)
เป็นขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูลในการใช้งาน
3. ขาไฟเลี้ยง 5 โวลต์ (+5V)
เป็นขาไฟฟ้าแรงดัน 5 โวลต์เพื่อเป็นขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
4. ขากราวด์(GND)
เป็นขาแรงดันไฟ 0 โวลต์

ผลการติดตั้งวงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้นดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานหัววัดอุณหภูมิและความชื้น

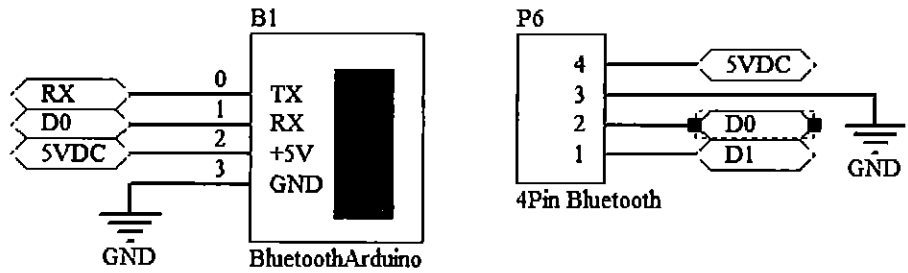
3.4.1.3 วงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ(Bluetooth)



รูปที่ 3.10 ลักษณะของบลูทูธ โมดูล Bluetooth Serial Module (HC-06 Slave mode)[8]

การสื่อสารผ่าน Bluetooth คือการสื่อสารแบบอนุกรมแบบหนึ่ง โดยการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ โดยมีระยะได้ไม่เกิน 10 เมตร ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและการมีสิ่งกีดขวางระหว่างตัวรับและตัวส่ง เป็นอุปกรณ์บลูทูธที่ใช้โปรไฟล์พอร์ตอนุกรม (Serial port profile : SPP) ในการติดต่อเพื่อใช้งาน จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้สื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบไร้สายผ่านคลื่นวิทยุระบบบลูทูธ ในการออกแบบวงจรการทำงานของระบบได้เลือกใช้ Bluetooth Serial Module (HC-06 Slave mode) ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งมีคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

- ความไวในการทำงาน -80dBm
- กำลังส่งสูงสุด +4dBm
- เป็นอุปกรณ์ที่เข้ากันได้ตามมาตรฐานบลูทูธ V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) ถ่ายทอดข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 3 เมกะบิตต่อวินาที
- ความถี่ใช้งาน 2.4GHz
- เป็นอุปกรณ์บลูทูธที่ทำงานในโหมดสเลฟและใช้โปรไฟล์พอร์ตอนุกรม (SPP)
- ระยะทำการสูงสุด 10 เมตร
- อัตราบอดตั้งแต่ต้น 9,600 บิตต่อวินาที โดยใช้รูปแบบข้อมูล 8 บิต, บิตหยุด 1 บิต
- รหัสสำหรับการจับคู่ได้ ตั้งแต่ 0000 ถึง 9999 (4 หลัก) ค่าตั้งต้นคือ 1234
- ไฟเลี้ยง +3.3 ถึง +5.5V
- มีวงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรือ UART ในตัว
- มีสายอากาศติดตั้งภายในตัว



รูปที่ 3.11 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Bluetooth Serial Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูป 3.11 เป็นวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Bluetooth Serial Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้พอร์ต Digital ของบอร์ด Arduino Mega2560(D0 D1)ในการกำหนดเป็น ขา TX RX ตามลำดับ



รูปที่ 3.12 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานการสื่อสารผ่านบลูทูธ(Bluetooth)

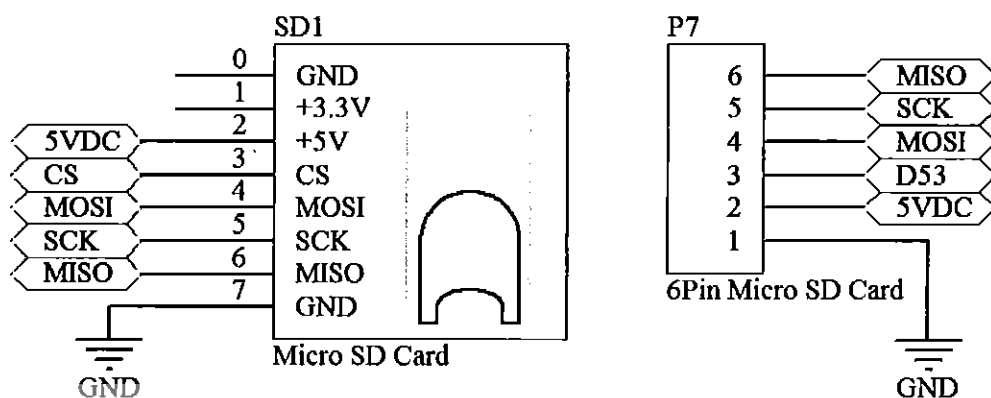
3.4.1.4 วงจรใช้งานบันทึกผลลงหน่วยความจำแบบ SD Card

ในการออกแบบวงจรจะเลือกใช้เอสดีการ์ด (SD Card) ที่เป็นการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI หรือ Serial Peripheral Interface เป็นวิธีการสื่อสารรูปแบบหนึ่ง ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ SPI ทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น MASTER ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น SLAVE และส่งข้อมูลในโหมด Full-duplex นั้นหมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่าง MASTER และ SLAVE ได้อย่างต่อเนื่อง ในการสื่อสารแบบ SPI นี้ ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัว ว่าข้อมูลที่ส่งหากันต้องอยู่ในรูปแบบหรือ format แบบไหน เป็นการศึกษา protocol การสื่อสารกันเอง โดยพื้นฐานการทำงาน SPI ต้องการสายสัญญาณ 4 เส้น บางครั้งเรียกว่าบัสอนุกรม "four wire" เส้นสัญญาณทั้ง 4 เส้น ได้แก่ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางเส้นสัญญาณสื่อสารแบบ Serial Peripheral Interface SPI

ขา	ชื่อเต็ม	คำอธิบาย
SCK	Serial Clock	เอาต์พุตจาก Master
MOSI/SIMO	Master Output, Slave Input	เอาต์พุตจาก Master
MISO/SOMI	Master Input, Slave Output	เอาต์พุตจาก Slave
SS	Slave Select	เอาต์พุตจาก Master (Active Low)

ตัวที่เป็นมาสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการสื่อสารทั้งหมด โดยควบคุมการสื่อสารตามสัญญาณนาฬิกา ตัวมาสเตอร์จะเป็นตัวที่ตัดสินใจ รับ หรือ ส่งข้อมูล ภายในการสื่อสาร จะเป็นการสื่อสารแบบ full duplex ในการนำส่งข้อมูล จะใช้ สัญญาณเส้น SS หรือ Slave select ในกรณีที่เรามีตัว slave มากกว่า 1 ตัว โดยการทำให้เส้น SS มีระดับสัญญาณเป็น Low เมื่อต้องการติดต่อกับ Slave ตัวใด จากรูปด้านล่างหากเราต้องการติดต่อสื่อสารกับ Slave ตัวใด ก็เพียงทำให้สัญญาณ SS ของ Slave ตัวนั้น มีระดับสัญญาณเป็น Low



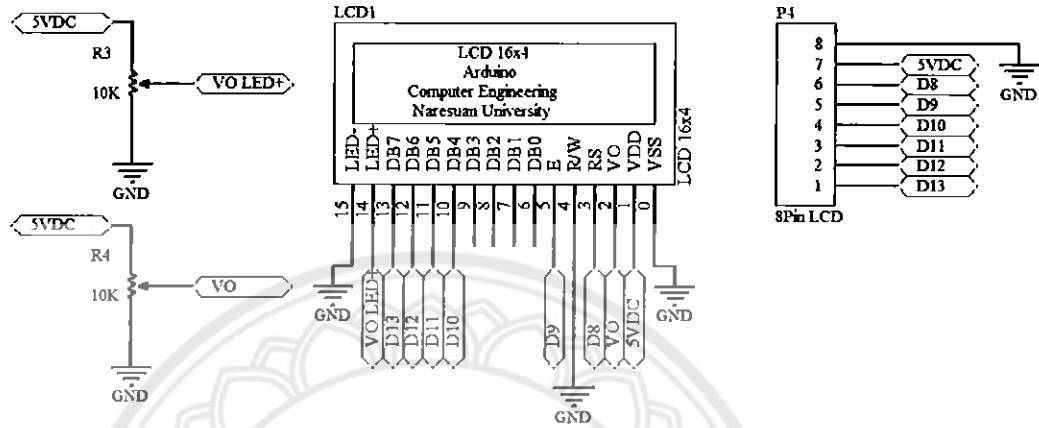
รูปที่ 3.14 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Micro SD Card กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูป 3.14 เป็นวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Micro SD Card(ET-MIMI SPI) กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 โดยใช้พอร์ตSPI ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาดีจิตอล (D50 D51 D52 D53)

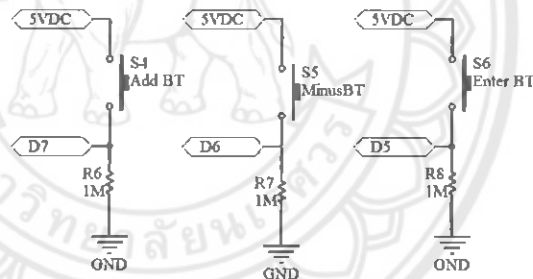


รูปที่ 3.15 ผลการติดตั้งวงจรใช้งานบันทึกผลลงหน่วยความจำแบบ SD Card

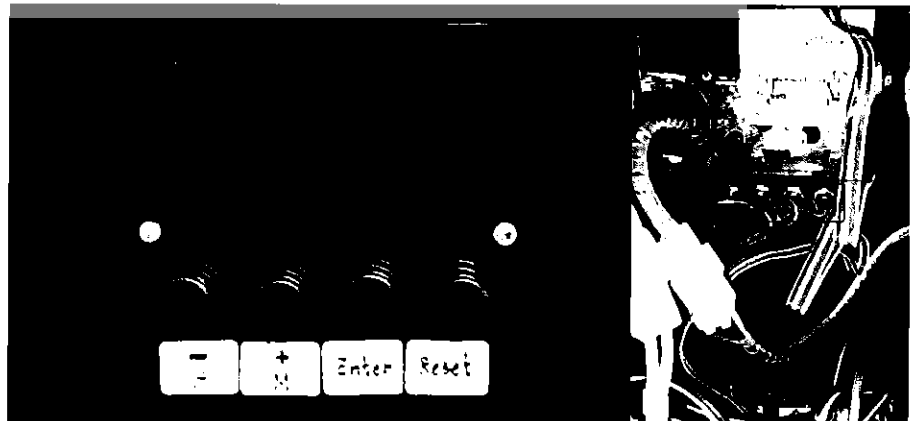
3.4.1.5 วงจรจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid-Crystal Display) และปุ่มกดควบคุม



รูปที่ 3.16 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผล (LCD) กับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.17 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างปุ่มกดควบคุมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

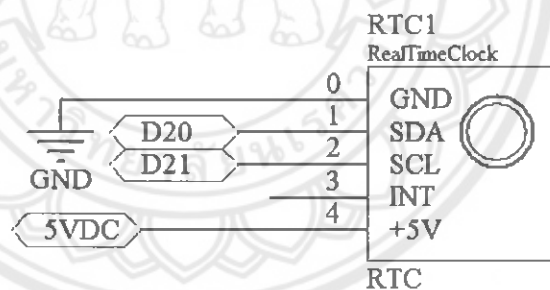


รูปที่ 3.18 ผลการติดตั้งวงจรจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid-Crystal Display LCD) และปุ่มกดควบคุม

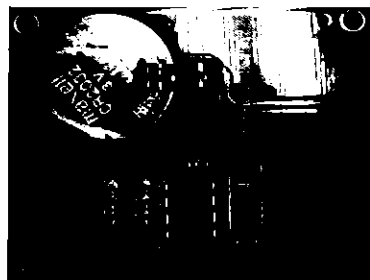
ในส่วนแสดงผลและการใช้งานโปรแกรม ประกอบไปด้วยจอแสดงผล (LCD) และ ปุ่มกดสำหรับใช้งานโปรแกรม ดังรูป 3.17 และรูป 3.18 โดยจอแสดงผลแอลซีดี (LCD) ขนาด 4 บรรทัด บรรทัดละ 16 ตัวอักษร สามารถแสดงค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ค่าค่าปรับตั้งอุณหภูมิ, เวลา และ โหมดการทำงาน โดยทำงานร่วมกับปุ่มกดในการใช้งานโหมดทำงานต่างๆ โดยการโปรแกรมลง ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 โดยจอแสดงผลแอลซีดี (LCD) จะเชื่อมต่อพอร์ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ขาดิจิตอลของบอร์ด (D8 D9 D10 D11 D12 D13) และจะใช้ตัวต้านทานปรับค่า ได้ขนาด 10 กิโลโอห์ม 2 ตัวต่อเพื่อปรับระดับความสว่างของไฟแบ็คไลท์ของจอและความเข้มของจอ

3.4.1.6 วงจรใช้งาน Real-time Clock

เนื่องจากระบบมีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำแบบ SD Card ดังนั้นจึงต้องอาศัย วงจรใช้งาน Real-time Clock เพื่อเป็นวงจรช่วยสร้างสัญญาณนาฬิกาแบบภายนอกเพื่อให้ทราบข้อมูล ทางเวลาจริงก่อนที่จะบันทึกลงหน่วยความจำแบบ SD Card โดยการต่อใช้งานจะให้ไฟเลี้ยงที่ 5 โวลต์ และต่อเข้ากับพอร์ต SCL SDA ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับส่งค่าสัญญาณนาฬิกา ดังวงจร ในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง Real Time Clock กับไมโครคอนโทรลเลอร์[7]



รูปที่ 3.20 ผลการติดตั้งวงจรการเชื่อมต่อ Real Time Clock



รูปที่ 3.21 ผลการติดตั้งวงจรการเชื่อมต่อ Real Time Clock

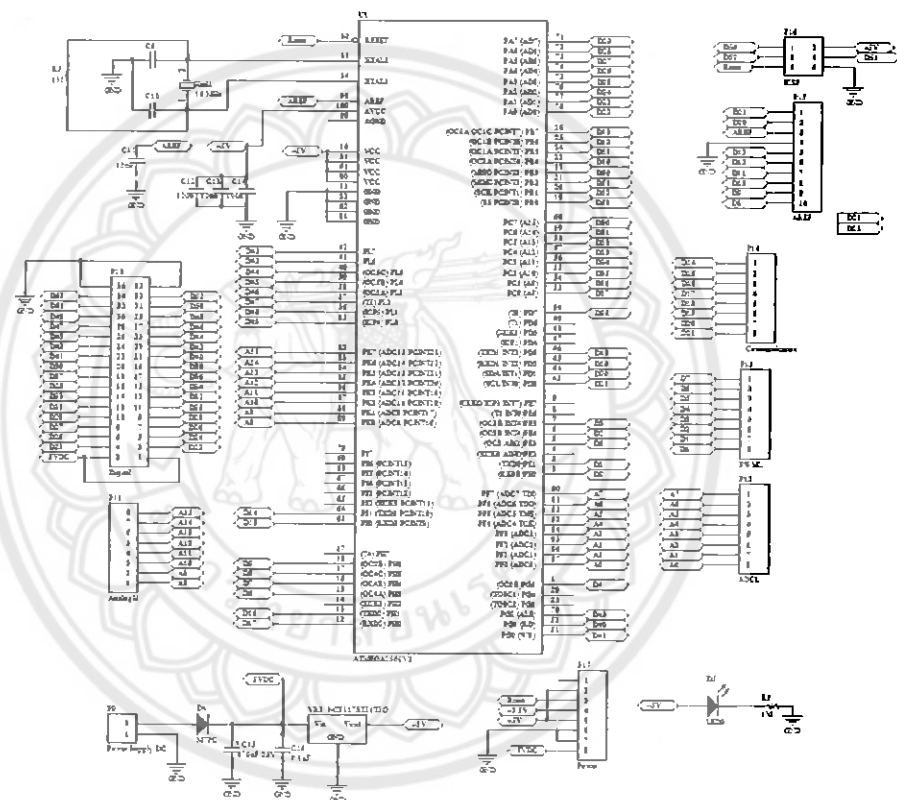
3.4.1.7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ในการออกแบบวงจรของระบบได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้วงจรใช้งานตระกูล AVR ที่ถูกพัฒนาโดย Arduino โดยพัฒนาด้วยภาษาซีแบบ Arduino โดยพัฒนาบนเครื่องมือที่ชื่อว่า Arduino IDE วงจรต่างๆของระบบล้วนมีการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งนั้น เพื่อต้องการสั่งงานและควบคุม โดย Arduino Mega 2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในระดับดีมากไม่ว่าจะด้านความเร็วในการประมวลผล พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตที่มากมาย และโมดูลต่างๆ บนตัวชิพไม่ว่าจะเป็น Analog to Digital Converter (ADC) Digital to Analog Converter (DAC) Inter-Integraed Circuit (I²C) Serial Communication Pulse-Width Modulation (PWM) Real Time Clock (RTC) ฯลฯ จะมีวงจรที่พัฒนาดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 จากการออกแบบจะใช้พอร์ตอินพุตเอาต์พุต ดังตารางที่ 3.2 และวงจรพอร์ตเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 รายละเอียดการเชื่อมต่องานแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆกับพอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

Pin ATMega2560	Pin Arduino	หน้าที่	เชื่อมอุปกรณ์
Reset	Reset	เริ่มระบบใหม่	ปุ่มรีเซต
+5V	+5V	จ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลต์ให้อุปกรณ์	อุปกรณ์ภายนอกทั้งหมด
Gnd	Gnd	จ่ายไฟเลี้ยง 0 โวลต์ให้อุปกรณ์	อุปกรณ์ภายนอกทั้งหมด
PE0 (RXD0/PCINT8)	D0 (RX0)	เป็นขารับข้อมูลในการสื่อสาร	บลูทูธ
PE1 (TXD0)	D1 (TX0)	เป็นขาส่งข้อมูลในการสื่อสาร	บลูทูธ
PE4 (OC3B/INT4)	D2	เป็นขารับข้อมูลในการสื่อสาร	RTC
PE5 (OC3C/INT5)	D3	เป็นขาส่งข้อมูลในการสื่อสาร	RTC
PE3 (OC3A/AIN1)	D5	Digital Input	ปุ่ม Enter
PH3 (OC4A)	D6	Digital Input	ปุ่ม Minus
PH4 (OC4B)	D7	Digital Input	ปุ่ม Add
PH5 (OC4C)	D8	Control bus	LCD
PH6 (OC2B)	D9	Control bus	LCD
PB4 (OC2A/PCINT4)	D10	Address bus	LCD
PB5 (OC1A/PCINT5)	D11	Address bus	LCD
PB6 (OC1B/PCINT6)	D12	Address bus	LCD
PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	D13	Address bus	LCD
PJ1 (TXD3/PCINT10)	D14	Digital Output	Relay
PJ0 (RXD3/PCINT9)	D15	Digital Output	Relay
PH1 (TXD2)	D16	Digital Output	Relay
PH0 (RXD2)	D17	Digital Output	Relay
PD2 (RXDI/INT2)	D19	Digital Output	Chip Select
PC0 (A8)	D37	เป็นขารับข้อมูลในการสื่อสาร	SHT 15
PG1 (RD)	D40	เป็นขาส่งข้อมูลในการสื่อสาร	SHT 15
PL1 (ICP5)	D48	Digital Output	Servo
PB3 (MISO/PCINT3)	D50	เป็นขารับส่งข้อมูล	SD Card

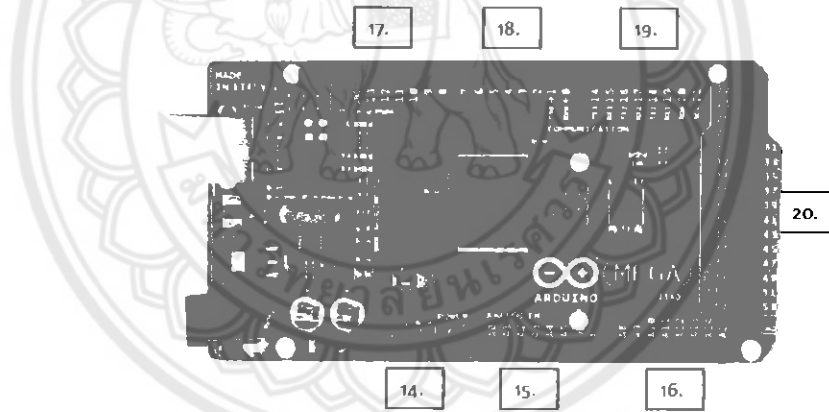
Pin ATMega2560	Pin Arduino	หน้าที่	เชื่อมต่ออุปกรณ์
PB2 (MOSI/PCINT2)	D51	เป็นขารับส่งข้อมูล	SD Card
PB1 (SCK/PCINT1)	D52	กำหนดสัญญาณนาฬิกา	SD Card
PB0 (SS/PCINT0)	D53	Digital Output	SD Card



รูปที่ 3.22 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560



รูปที่ 3.23 วงจรพอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560



รูปที่ 3.24 พอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560[12]

ตารางที่ 3.5 อธิบายวงจรพอร์ตเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

หมายเลข	การเชื่อมต่อ
1	LCD 16x4
2	ปุ่ม add
3	ปุ่ม Minus
4	ปุ่ม Enter
5	Relay 4 Channel
6	บลูทูธ
7	Vin
8	SHT15
9	SD Card
10	LED
11	ปุ่ม Reset
12	RealTime Clock 1
13	Socket Power Arduino Board
14	Socket Analog1 Arduino Board
15	Socket Analog2 Arduino Board
16	Board Socket PWM1 Arduino Board
17	Socket PWM2 Arduino Board
18	Board Socket Communication Arduino Board
19	Socket Digital Arduino Board



รูปที่ 3.25 แสดงผลการติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 กับวงจรพอร์ตเชื่อมต่อ

3.4.1.8 การติดตั้งฟิวส์และสวิตช์เปิด-ปิดระบบ

จากรูปที่ 3.26 หมายเลข 1 เป็นช่องเสียบสายไฟ สำหรับนำไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าระบบ ต่อมาจะเป็นการติดตั้งฟิวส์ (Fuse) ขนาด 5 แอมแปร์ ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลผ่านเข้าวงจรเกินไม่เกิน 5 แอมแปร์ เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆที่จะเกิดขึ้นกับวงจร และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆพร้อมทั้งยังส่งผลให้สามารถป้องกันกระแสไฟฟ้าที่เกินจากแหล่งจ่ายภายนอกเข้าสู่วงจรใช้งานได้ ดังแสดงไว้ในหมายเลข 2 ส่วนหมายเลข 3 จะเป็นการติดตั้งสวิตช์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปิดปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่อุปกรณ์ และวงจรการทำงานต่างๆของระบบสามารถทนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 0 ถึง 250 โวลต์ กระแส 5 แอมแปร์ เมื่อได้ติดตั้งสวิตช์เปิดปิดแล้ว การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ภายหลังสวิตช์เปิดปิดเป็นไปได้ง่าย ก่อนการต่อสวิตช์เปิดปิด ได้ทำการต่อไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์เข้าผ่านฟิวส์ก่อนจะมาถึงสวิตช์เปิดปิดระบบก่อนที่จะเข้าอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.26 ผลการติดตั้งพิวส์และสวิตช์เปิด-ปิดระบบ

ตารางที่ 3.6 ตารางอธิบายการติดตั้งพิวส์และสวิตช์เปิด-ปิดระบบ

หมายเลข	อุปกรณ์
1	สาย Power ทนแรงดันได้ 300 โวลต์ทนความร้อนได้ 105 °C
2	พิวส์ขนาด 3 แอมแปร์
3	สวิตช์เปิด-ปิด ทนแรงดันได้ 250 โวลต์ และทนกระแสได้ 5 แอมแปร์

ในขั้นตอนของการออกแบบลายวงจรจะใช้โปรแกรม Labcenter Electronics เพื่อทำการกำหนดขนาดของแผ่นทองแดง, ออกแบบวงจรและทำการพิมพ์ลายวงจร(PCB) ของอุปกรณ์ โดยจะได้ลายวงจรของระบบ ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

หลังจากที่ได้มีการออกแบบและสร้างระบบในบทที่ 3 แล้ว ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงการทดสอบระบบกับตู้ต้นแบบที่มีขนาดตามภาคผนวก จ โดยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 ส่วน คือ

1. การทดสอบการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับระบบ
2. การทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT15
3. การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมตัวทำความร้อน
4. การทดสอบการแสดงผลของ โปรแกรมประยุกต์(Application)
5. การทดสอบในการบันทึกข้อมูล
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ซึ่งในแต่ละส่วนจะอธิบายในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับระบบ

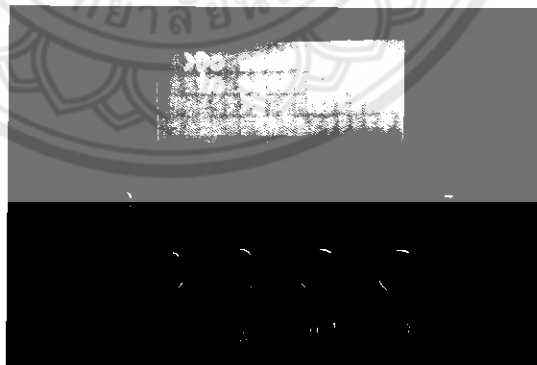
เมื่อเริ่มเปิดสวิตช์ระบบจะมีการแสดงผลผ่านจอแสดงผลแอลซีดี ที่กล่องควบคุมเพื่อถามความต้องการของผู้ใช้งานว่าต้องการตั้งค่าระบบด้วยวิธีใดระหว่างปุ่มกดที่กล่องควบคุมหรืออุปกรณ์อัจฉริยะ(Smart Device) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งในหัวข้อนี้จะเป็นแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณีคือการตั้งค่าระบบผ่านทางปุ่มกดและการตั้งค่าระบบผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะเพื่อเป็นการทดสอบว่าระบบมีปัญหาหรือข้อบกพร่องในการตั้งค่าในส่วนต่างๆหรือไม่



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอการเลือกวิธีการตั้งค่าระบบ

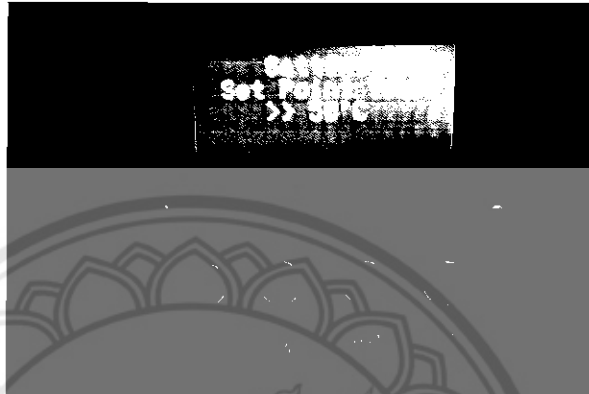
4.1.1 การทดสอบการตั้งค่าระบบผ่านทางปุ่มกด

กรณีเลือกการควบคุมผ่านปุ่มกดบนกล่องควบคุม สามารถทำได้โดยการให้ผู้ใช้กดปุ่ม “Enter” เพื่อใช้งานการควบคุมและตั้งค่าจุดปรับตั้งผ่านปุ่มกดบนกล่องควบคุมดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อเลือกการตั้งค่าจุดปรับตั้งผ่านปุ่มกดแล้วระบบจะถามว่าจะบันทึกข้อมูลหรือไม่ถ้าต้องการบันทึกข้อมูลให้กดปุ่มลบค่า(-) สังเกตว่าเคอร์เซอร์จะมาอยู่ตรงตัวอักษร “Y” ถ้าหากผู้ใช้ไม่ต้องการให้บันทึกข้อมูลก็ให้กดที่ปุ่มเพิ่มค่า(+) สังเกตเคอร์เซอร์จะมาปรากฏอยู่ที่ตัวอักษร “N” จากนั้นกดปุ่ม Enter อีกครั้งเพื่อไปสู่ขั้นตอนถัดไปดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการบันทึกข้อมูล
ด้วยปุ่มกด

จากนั้นระบบจะแสดงผลข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ตั้งค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิ ถ้าผู้ใช้ต้องการตั้งค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิก้สามารถกดปุ่มเพิ่มค่าลดค่าจนกว่าจะได้จุดปรับตั้งตามความต้องการแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.3



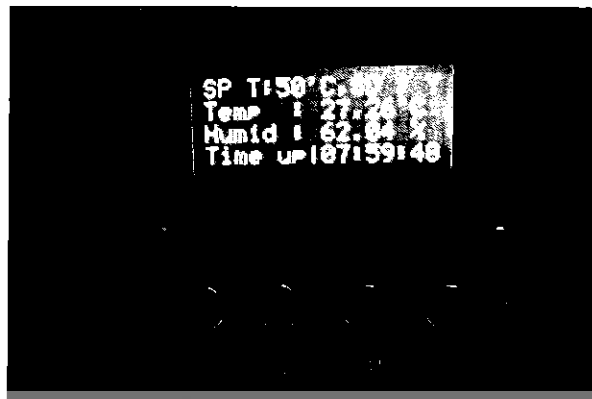
รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะปรับค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิด้วยปุ่มกด

ขั้นตอนถัดไปทำการตั้งค่าจุดปรับตั้งของเวลา โดยสามารถเพิ่มค่าลดค่าด้วยปุ่ม H(Hour) และ M (minutes) โดยค่าปรับตั้งของเวลาที่สามารถปรับตั้งได้จะอยู่ในช่วง 1 นาที ถึง 8 ชม. เมื่อได้ตั้งค่าเวลาตามความต้องการของผู้ใช้แล้วกดปุ่ม “Enter” เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะตั้งเวลาของระบบด้วยปุ่มกด

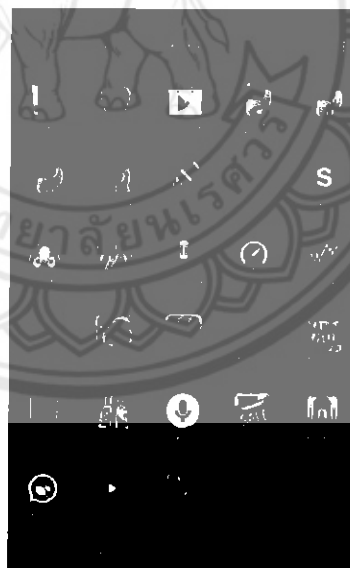
เมื่อตั้งค่าจุดปรับตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วทั้งอุณหภูมิและเวลาแล้วระบบจะแสดงผลลัพธ์ที่ได้ปรับตั้งไปดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อทำการตั้งค่าด้วยปุ่มกดเรียบร้อยแล้ว

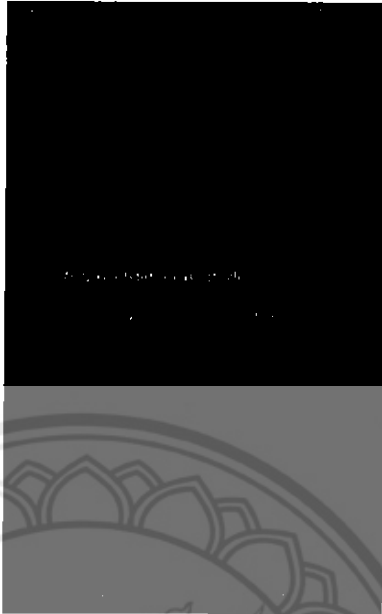
4.1.2 การทดสอบการตั้งค่าระบบผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะ

กรณีเลือกการควบคุมผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Device) อันดับแรกต้องทำการเปิดโปรแกรมประยุกต์ดังรูปที่ 4.6 เพื่อเป็นการเริ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบ



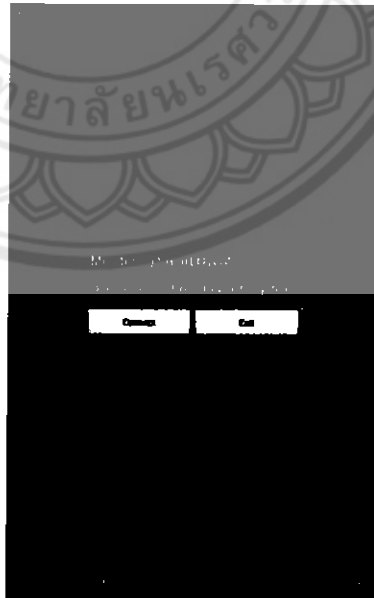
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าเข้าสู่โปรแกรมประยุกต์ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมประยุกต์หากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเปิดบลูทูธไว้ โปรแกรมจะมีการถามอนุญาตการเปิดบลูทูธ หากต้องการเชื่อมต่อกับระบบให้กดปุ่ม “Allow” ดังแสดงในรูปที่ 4.7



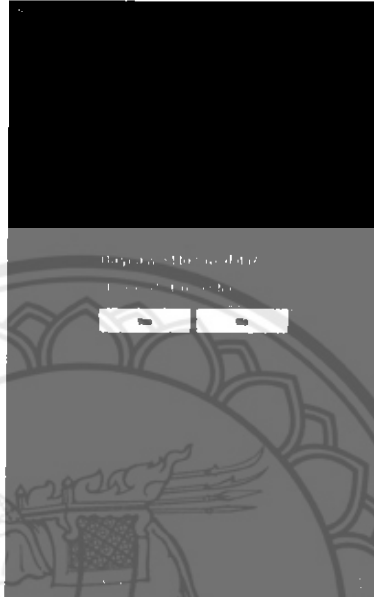
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าขอการเปิดบลูทูธของ โปรแกรมประยุกต์

จากนั้นโปรแกรมประยุกต์จะถามว่าจะเชื่อมต่อกับระบบหรือไม่ หากต้องการเชื่อมต่อให้กดปุ่ม “Connect” ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการถามการเชื่อมต่อกับระบบของ โปรแกรมประยุกต์

จากนั้นระบบจะถามว่าจะบันทึกข้อมูลลงเอสดีการ์ด(SD Card) หรือไม่ถ้าต้องการบันทึกให้กดปุ่ม Yes ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10

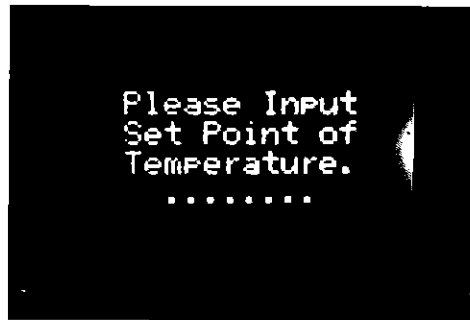


รูปที่ 4.9 แสดงการถามการบันทึกข้อมูลของโปรแกรมประยุกต์

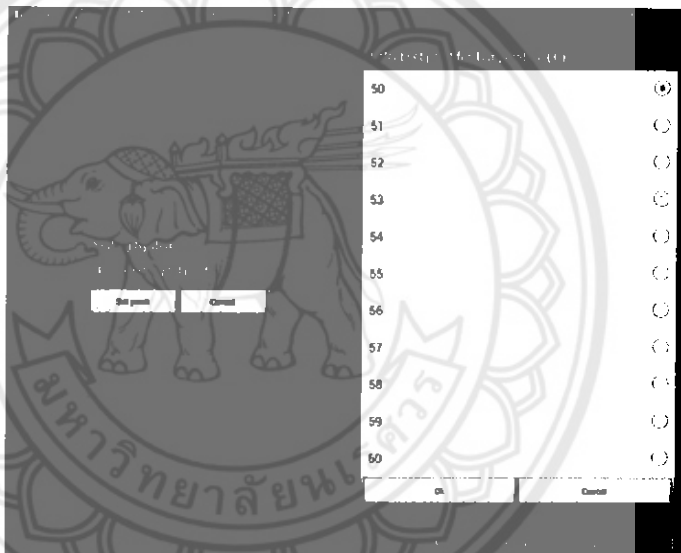


รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการบันทึกข้อมูล
จากอุปกรณ์อัจฉริยะ

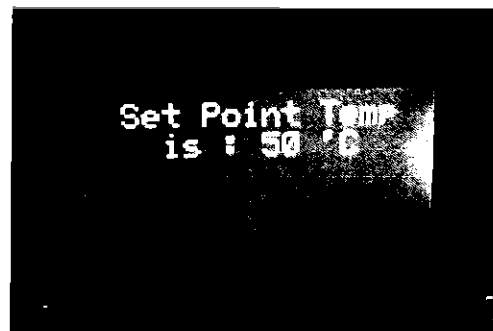
และเมื่อจบขั้นตอนของการเชื่อมต่อบลูทูธแล้วระบบจะให้กำหนดค่าปรับตั้งของอุณหภูมิที่ต้องการ โดยค่าของจุดปรับตั้งอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 50 – 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.11, 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการรับค่าจุดปรับตั้ง
ของอุณหภูมิจากอุปกรณ์อัจฉริยะ



รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะกำหนดค่าจุดปรับตั้งให้กับระบบ

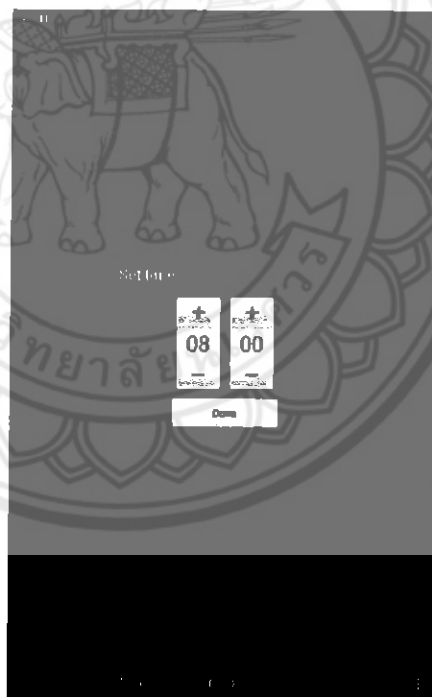


รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อได้รับค่าจุดปรับตั้งจากอุปกรณ์อัจฉริยะ
เรียบร้อยแล้ว

ต่อมาระบบจะให้ใส่ค่าปรับตั้งของเวลาที่ต้องการดำเนินระบบ โดยค่าเวลาจะมีช่วงอยู่ที่ 1 นาที จนถึง 8 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะรอรับคำสั่งในการตั้งเวลาจาก
อุปกรณ์อัจฉริยะ

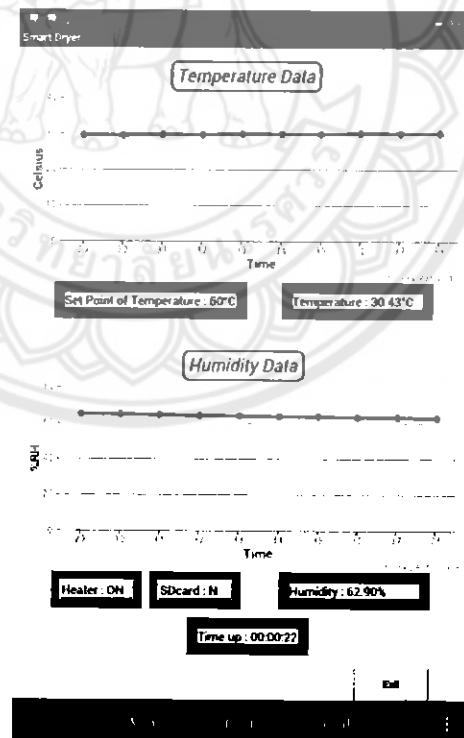


รูปที่ 4.15 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะตั้งเวลาในการอบให้กับระบบ



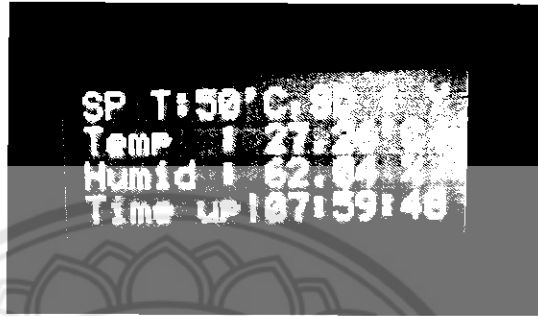
รูปที่ 4.16 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมเมื่อได้รับข้อมูลการตั้งเวลาจากอุปกรณ์อัจฉริยะเรียบร้อยแล้ว

เมื่อทำการตั้งค่าจุดปรับตั้งทั้งอุณหภูมิและเวลาเรียบร้อยแล้ว หน้าจอแสดงผลของอุปกรณ์อัจฉริยะจะมีการแสดงอุณหภูมิและความชื้นออกมาในรูปแบบกราฟเส้น เวลาที่เหลือในการอบและมีการบอกข้อมูลต่างๆที่ได้มีการตั้งค่าอยู่ในระบบแล้ว ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะขณะระบบกำลังทำการควบคุมอุณหภูมิหลังจากทำการตั้งค่าระบบเสร็จสิ้นแล้ว

ส่วนกล่องควบคุมจะแสดงผลออกทางจอแสดงผลแอลซีดี โดยจะสังเกตได้ว่าจอแสดงผลแอลซีดีจะเปลี่ยนแปลงไปตามการปรับตั้งและควบคุมผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ(Smart Device) ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงหน้าจอแสดงผลของกล่องควบคุมขณะระบบได้รับการตั้งค่าจากอุปกรณ์อัจฉริยะครบถ้วนแล้ว

หมายเหตุ : หากต้องการตั้งค่าระบบใหม่สามารถทำได้โดยการกดที่ปุ่ม “Reset”

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT15

เนื่องจากระบบควบคุมนี้ได้มีการนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากตัวรับรู้ SHT15 มาเป็นข้อมูลในการประมวลผลการเปิดปิดของตัวทำความร้อน จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบความคลาดเคลื่อนการวัดอุณหภูมิของตัวรับรู้ เพื่อให้ทราบว่าตัวรับรู้มีความแม่นยำในการอ่านค่าอุณหภูมิมากน้อยเพียงใด

4.2.1 วิธีการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT15



รูปที่ 4.19 มิเตอร์วัดอุณหภูมิ Agilent รุ่น 34970A

การทดสอบจะใช้มิเตอร์วัดอุณหภูมิ Agilent รุ่น 34970A ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นมิเตอร์วัดอุณหภูมิโดยใช้หัววัด thermocouple แบบ Type K ในการอ่านค่าอุณหภูมิภายในตู้อบไปพร้อมกับตัวรับรู้ SHT15 ซึ่งเป็นตัวรับรู้ที่ทำหน้าที่วัดค่าอุณหภูมิให้กับระบบควบคุม เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ โดยจะทำการทดลองกับอุณหภูมิห้องปกติ ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.20 แสดงหัววัด thermocouple แบบ Type K ขณะทำการทดลองวัดค่าความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ SHT15

4.2.2 ผลการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT15

4.2.2.1 ตารางแสดงผลการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรู้ SHT15

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบที่
อ่านได้จากมิเตอร์และตัวรับรู้ SHT15 และค่าความ
คลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ SHT15

วินาทีที่	อุณหภูมิที่อ่านได้(°C)		ค่าความ คลาดเคลื่อน สัมบูรณ์(°C)
	มิเตอร์	ตัวรับรู้	
1	24.6	25.1	0.5
2	24.7	25.1	0.4
3	24.7	25.1	0.4
4	24.7	25.1	0.4
5	24.7	25.1	0.4
6	24.7	25.1	0.4
7	24.7	25.1	0.4
8	24.7	25.1	0.4
9	24.7	25.1	0.4
10	24.7	25.2	0.5
11	24.7	25.2	0.5
12	24.8	25.2	0.4
13	24.7	25.2	0.5
14	24.8	25.2	0.4
15	24.8	25.4	0.6
16	24.8	25.4	0.6
17	24.8	25.3	0.5
18	24.8	25.3	0.5

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบที่
อ่านได้จากมิเตอร์และตัวรับรู้ SHT15 และค่าความ
คลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ SHT15(ต่อ)

19	24.8	25.4	0.6
20	24.8	25.3	0.5
21	24.8	25.2	0.4
22	24.8	25.3	0.5
23	24.8	25.3	0.5
24	24.8	25.3	0.5
25	25	25.2	0.2
26	24.9	25.2	0.3
27	24.8	25.1	0.3
28	24.8	25.3	0.5
29	24.8	25.3	0.5
30	24.8	25.2	0.4
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			0.447

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมตัวทำความร้อน



รูปที่ 4.21 แสดงต้นแบบของระบบ

4.3.1 วิธีการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อน

ในการทดลองประสิทธิภาพในการควบคุมตัวทำความร้อนซึ่งจะใช้หลอดไส้ขนาด 100W จำนวน 3 หลอด ในการทำความร้อนให้กับตู้อบ ดังรูปที่ 4.21 โดยจะทำการทดลองโดยการตั้งค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิให้แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะแบ่งการตั้งค่าจุดปรับตั้งอุณหภูมิออกเป็น 3 ช่วง คือ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียสเพื่อให้ครอบคลุมกับจุดปรับตั้งทั้งหมดที่สามารถปรับตั้งได้โดยจะใช้เวลาในการทดลองในแต่ละค่าจุดปรับตั้งที่เท่ากันคือ 1 ชั่วโมง และจะบันทึกค่าของอุณหภูมิภายในตู้อบทุก 1 นาที จากนั้นจะทำการสังเกตอุณหภูมิภายในตู้อบว่าเป็นไปตามจุดปรับตั้งที่ตั้งค่ามาหรือไม่โดยจะเริ่มวิเคราะห์ตั้งแต่ตอนที่ตัวทำความร้อนเริ่มมีการปิดการทำงาน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิได้ขึ้นสูงถึงจุดปรับตั้งแล้วและเป็นการเริ่มการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3.2 ผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อน

4.3.2.1 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ 50 °C ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 1

นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของตัวทำความร้อน	ค่าความคลาดเคลื่อน (°C)
เริ่มต้น	32.92	เปิด	-
1	35.90	เปิด	-
2	38.32	เปิด	-
3	40.36	เปิด	-
4	42.24	เปิด	-
5	43.96	เปิด	-
6	45.52	เปิด	-

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

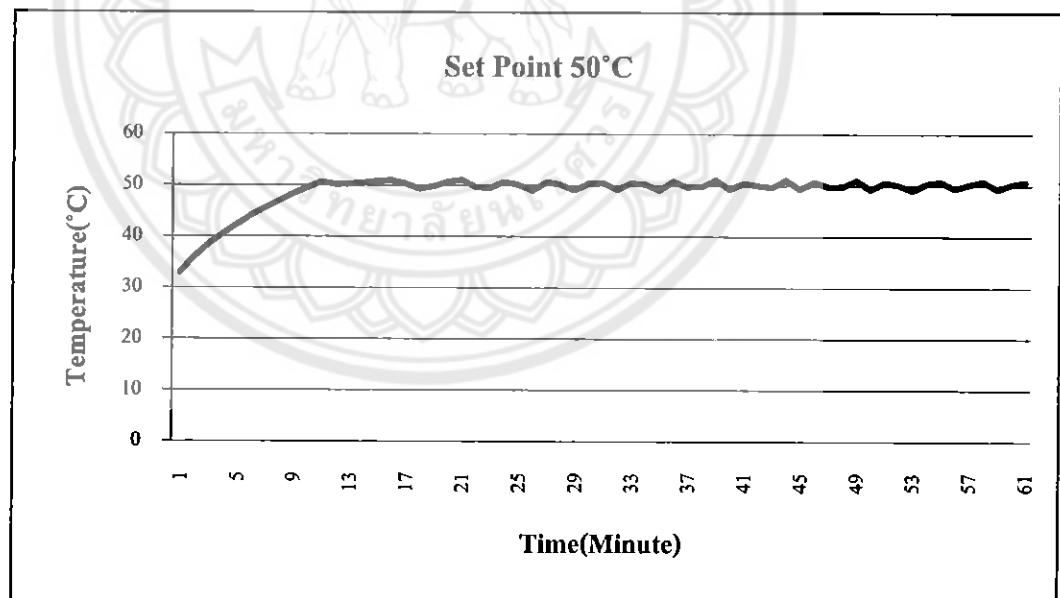
7	46.90	เปิด	-
8	48.28	เปิด	-
9	49.47	เปิด	-
10	50.57	ปิด	0.57
11	50.09	ปิด	0.09
12	50.17	ปิด	0.17
13	50.42	ปิด	0.42
14	50.73	ปิด	0.73
15	50.93	ปิด	0.93
16	50.26	ปิด	0.26
17	49.29	ปิด	0.71
18	49.74	เปิด	0.26
19	50.60	เปิด	0.60
20	51.00	ปิด	1.00
21	49.54	ปิด	0.46
22	49.46	เปิด	0.54
23	50.64	เปิด	0.64
24	50.07	ปิด	0.07
25	48.98	เปิด	1.02
26	50.58	เปิด	0.58
27	50.13	ปิด	0.13
28	49.05	ปิด	0.95
29	50.34	เปิด	0.34

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

30	50.49	ปิด	0.49
31	49.12	ปิด	0.88
32	50.42	เปิด	0.42
33	50.26	ปิด	0.26
34	49.05	เปิด	0.95
35	50.75	เปิด	0.75
36	49.68	ปิด	0.32
37	49.73	เปิด	0.27
38	51.03	ปิด	1.03
39	49.28	ปิด	0.72
40	50.44	เปิด	0.44
41	49.94	ปิด	0.06
42	49.64	เปิด	0.36
43	51.03	ปิด	1.03
44	49.25	ปิด	0.75
45	50.64	เปิด	0.64
46	49.66	ปิด	0.34
47	49.82	เปิด	0.18
48	50.98	ปิด	0.98
49	49.20	ปิด	0.80
50	50.52	เปิด	0.52
51	50.07	ปิด	0.07
52	49.03	ปิด	0.97
53	50.37	เปิด	0.37

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

54	50.74	ปิด	0.74
55	49.38	ปิด	0.62
56	50.16	เปิด	0.16
57	50.87	ปิด	0.87
58	49.24	ปิด	0.76
59	50.26	เปิด	0.26
60	50.69	ปิด	0.69
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.547



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
เท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 1

4.3.2.2 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของ
อุณหภูมิ 50 °C ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 2

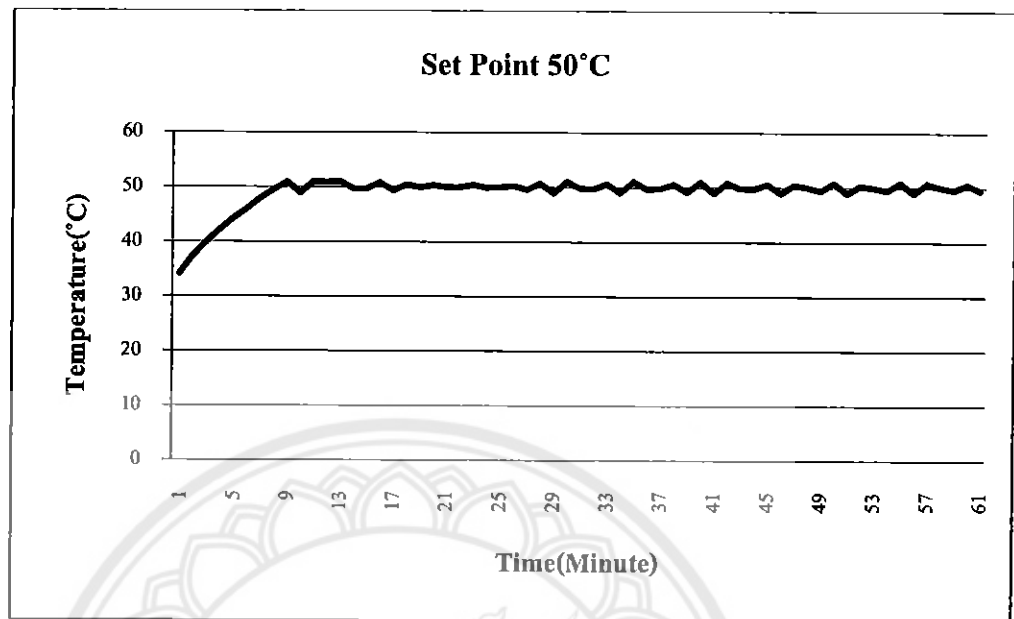
นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของ ตัวทำความร้อน	ความคลาด เคลื่อน(°C)
เริ่มต้น	34.13	เปิด	-
1	37.37	เปิด	-
2	39.88	เปิด	-
3	42.19	เปิด	-
4	44.24	เปิด	-
5	45.97	เปิด	-
6	47.96	เปิด	-
7	49.47	เปิด	-
8	50.89	เปิด	-
9	48.93	เปิด	-
10	50.95	เปิด	-
11	50.86	เปิด	-
12	51.01	ปิด	1.01
13	49.71	ปิด	0.29
14	49.70	เปิด	0.30
15	50.77	เปิด	0.77
16	49.35	ปิด	0.65
17	50.47	เปิด	0.47
18	49.93	ปิด	0.07

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

19	50.34	เปิด	0.34
20	49.97	ปิด	0.03
21	50.01	เปิด	0.01
22	50.41	ปิด	0.41
23	49.89	เปิด	0.11
24	49.97	ปิด	0.03
25	50.21	เปิด	0.21
26	49.58	ปิด	0.42
27	50.67	เปิด	0.67
28	48.95	เปิด	1.05
29	51.00	ปิด	1.00
30	49.83	เปิด	0.17
31	49.69	ปิด	0.31
32	50.64	เปิด	0.64
33	49.02	ปิด	0.98
34	51.07	ปิด	1.07
35	49.65	เปิด	0.35
36	49.84	ปิด	0.16
37	50.53	เปิด	0.53
38	49.14	ปิด	0.86
39	50.98	เปิด	0.98
40	48.95	เปิด	1.05
41	50.83	ปิด	0.83

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

42	49.82	เปิด	0.18
43	49.76	ปิด	0.24
44	50.61	เปิด	0.61
45	48.97	เปิด	1.03
46	50.45	ปิด	0.45
47	50.03	เปิด	0.03
48	49.39	ปิด	0.61
49	50.87	เปิด	0.87
50	48.91	เปิด	1.09
51	50.32	ปิด	0.32
52	49.97	เปิด	0.03
53	49.46	ปิด	0.54
54	50.89	เปิด	0.89
55	48.95	เปิด	1.05
56	50.80	ปิด	0.80
57	50.07	เปิด	0.07
58	49.59	ปิด	0.41
59	50.53	เปิด	0.53
60	49.50	ปิด	0.50
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.539



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 2

4.3.2.3 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ 50 °C ครั้งที่ 3

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 3

นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของตัวทำความร้อน	ความคลาดเคลื่อน (°C)
เริ่มต้น	38.40	เปิด	-
1	42.02	เปิด	-
2	44.48	เปิด	-
3	46.65	เปิด	-
4	48.35	เปิด	-
5	49.89	เปิด	-

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 3(ต่อ)

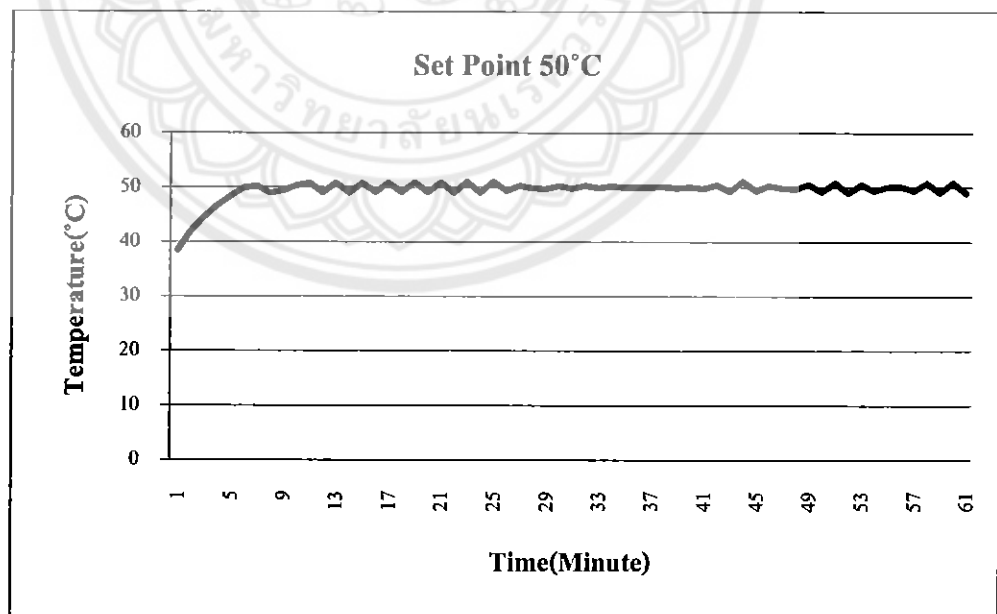
6	50.24	เปิด	-
7	48.96	เปิด	-
8	49.36	เปิด	-
9	50.33	เปิด	-
10	50.78	ปิด	0.78
11	49.04	เปิด	0.96
12	50.79	เปิด	0.79
13	49.03	ปิด	0.97
14	50.72	เปิด	0.72
15	49.13	ปิด	0.87
16	50.78	เปิด	0.78
17	49.06	ปิด	0.94
18	50.84	เปิด	0.84
19	49.09	ปิด	0.91
20	50.82	เปิด	0.82
21	48.97	เปิด	1.03
22	51.03	ปิด	1.03
23	49.03	เปิด	0.97
24	50.99	ปิด	0.99
25	49.34	เปิด	0.66
26	50.26	ปิด	0.26
27	49.83	เปิด	0.17
28	49.71	ปิด	0.29

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 3(ต่อ)

29	50.28	เปิด	0.28
30	49.75	ปิด	0.25
31	50.34	เปิด	0.34
32	49.87	ปิด	0.13
33	50.20	เปิด	0.20
34	50.01	ปิด	0.01
35	50.07	เปิด	0.07
36	50.02	ปิด	0.02
37	50.10	เปิด	0.10
38	49.85	ปิด	0.15
39	50.05	เปิด	0.05
40	49.74	ปิด	0.26
41	50.43	เปิด	0.43
42	49.24	ปิด	0.76
43	51.07	ปิด	1.07
44	49.38	เปิด	0.62
45	50.31	ปิด	0.31
46	49.82	เปิด	0.18
47	49.70	ปิด	0.30
48	50.56	เปิด	0.56
49	49.16	ปิด	0.84
50	50.87	เปิด	0.87
51	48.97	เปิด	1.03

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 50 °C
ครั้งที่ 3(ต่อ)

52	50.52	ปิด	0.52
53	49.35	เปิด	0.65
54	50.12	ปิด	0.12
55	50.14	เปิด	0.14
56	49.42	ปิด	0.58
57	50.76	เปิด	0.76
58	49.10	ปิด	0.90
59	50.85	เปิด	0.85
60	48.95	เปิด	1.05
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.563



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
เท่ากับ 50 °C ครั้งที่ 3

4.3.2.4 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของ
อุณหภูมิ 55 °C

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 1

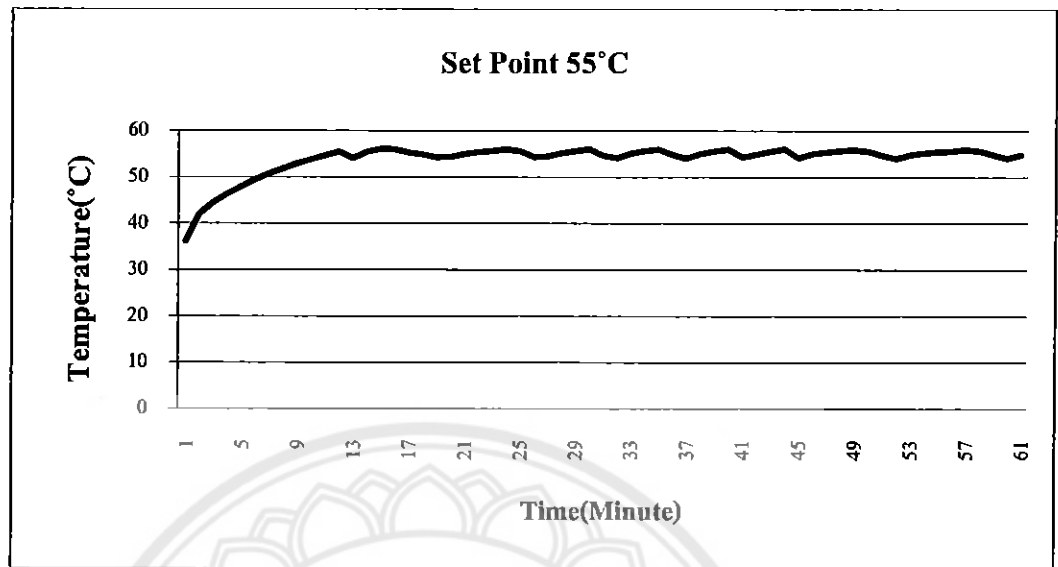
นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของ ตัวทำความร้อน	ค่าความ คลาดเคลื่อน(°C)
เริ่มต้น	36.13	เปิด	-
1	42.05	เปิด	-
2	44.49	เปิด	-
3	46.34	เปิด	-
4	47.89	เปิด	-
5	49.40	เปิด	-
6	50.68	เปิด	-
7	51.77	เปิด	-
8	52.84	เปิด	-
9	53.76	เปิด	-
10	54.59	เปิด	-
11	55.42	เปิด	-
12	53.98	เปิด	-
13	55.42	ปิด	0.42
14	55.99	ปิด	0.99
15	55.93	ปิด	0.93
16	55.21	ปิด	0.21
17	54.83	ปิด	0.17
18	54.18	ปิด	0.82

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

19	54.34	เปิด	0.66
20	54.95	เปิด	0.05
21	55.35	เปิด	0.35
22	55.62	เปิด	0.62
23	55.92	เปิด	0.92
24	55.56	ปิด	0.56
25	54.30	ปิด	0.70
26	54.47	เปิด	0.53
27	55.17	เปิด	0.17
28	55.59	เปิด	0.59
29	56.01	ปิด	1.01
30	54.58	ปิด	0.42
31	54.16	เปิด	0.84
32	55.06	เปิด	0.06
33	55.65	เปิด	0.65
34	55.97	เปิด	0.97
35	54.79	ปิด	0.21
36	54.00	ปิด	1.00
37	54.99	เปิด	0.01
38	55.57	เปิด	0.57
39	55.96	ปิด	0.96
40	54.27	ปิด	0.73
41	54.87	เปิด	0.13

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

42	55.51	เปิด	0.51
43	56.02	ปิด	1.02
44	54.13	ปิด	0.87
45	55.04	เปิด	0.04
46	55.36	เปิด	0.36
47	55.67	เปิด	0.67
48	55.89	เปิด	0.89
49	55.57	ปิด	0.57
50	54.65	ปิด	0.35
51	53.99	เปิด	1.01
52	54.81	เปิด	0.19
53	55.21	เปิด	0.21
54	55.46	เปิด	0.46
55	55.60	เปิด	0.60
56	55.98	เปิด	0.98
57	55.59	ปิด	0.59
58	54.80	ปิด	0.20
59	54.09	เปิด	0.91
60	54.81	เปิด	0.19
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.568



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C ครั้งที่ 1

4.3.2.4 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ 55 °C

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C ครั้งที่ 2

นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของตัวทำความร้อน	ความคลาดเคลื่อน (°C)
เริ่มต้น	39.50	เปิด	-
1	43.17	เปิด	-
2	45.59	เปิด	-
3	47.64	เปิด	-
4	49.34	เปิด	-

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

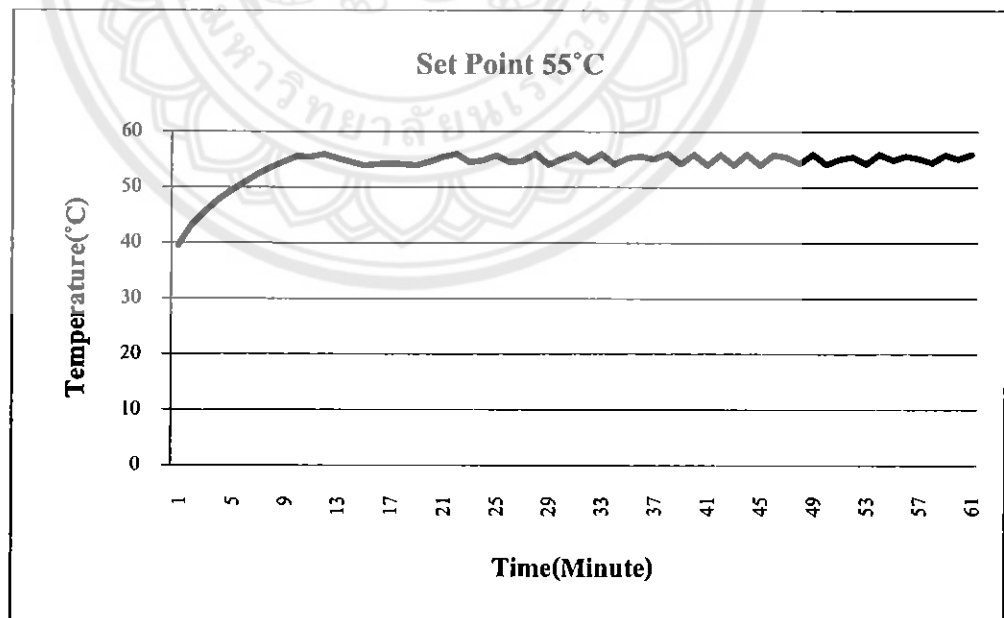
5	50.89	เปิด	-
6	52.27	เปิด	-
7	53.50	เปิด	-
8	54.61	เปิด	-
9	55.55	เปิด	-
10	55.44	เปิด	-
11	55.85	เปิด	-
12	55.13	เปิด	-
13	54.55	เปิด	-
14	53.84	เปิด	-
15	54.07	ปิด	0.93
16	54.19	ปิด	0.81
17	54.09	ปิด	0.91
18	53.89	เปิด	1.11
19	54.59	เปิด	0.41
20	55.45	เปิด	0.45
21	55.93	เปิด	0.93
22	54.47	ปิด	0.53
23	54.81	เปิด	0.19
24	55.71	เปิด	0.71
25	54.50	ปิด	0.50
26	54.76	เปิด	0.24
27	55.97	เปิด	0.97

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

28	54.11	ปิด	0.89
29	55.10	เปิด	0.10
30	56.00	ปิด	1.00
31	54.57	เปิด	0.43
32	55.97	เปิด	0.97
33	54.13	ปิด	0.87
34	55.23	เปิด	0.23
35	55.54	ปิด	0.54
36	55.01	เปิด	0.01
37	56.04	ปิด	1.04
38	54.20	เปิด	0.80
39	55.85	เปิด	0.85
40	53.98	เปิด	1.02
41	55.80	เปิด	0.80
42	53.97	เปิด	1.03
43	55.87	เปิด	0.87
44	53.95	เปิด	1.05
45	55.79	ปิด	0.79
46	55.36	เปิด	0.36
47	54.32	ปิด	0.68
48	55.86	เปิด	0.86
49	54.08	เปิด	0.92
50	55.05	ปิด	0.05
51	55.40	เปิด	0.40

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

52	54.21	ปิด	0.79
53	55.93	เปิด	0.93
54	54.89	เปิด	0.11
55	55.57	ปิด	0.57
56	55.17	เปิด	0.17
57	54.41	ปิด	0.59
58	55.75	เปิด	0.75
59	55.11	เปิด	0.11
60	55.94	ปิด	0.94
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.663



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
เท่ากับ 55°C ครั้งที่ 2

4.3.2.5 ตารางและกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของ
อุณหภูมิ 55 °C

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 3

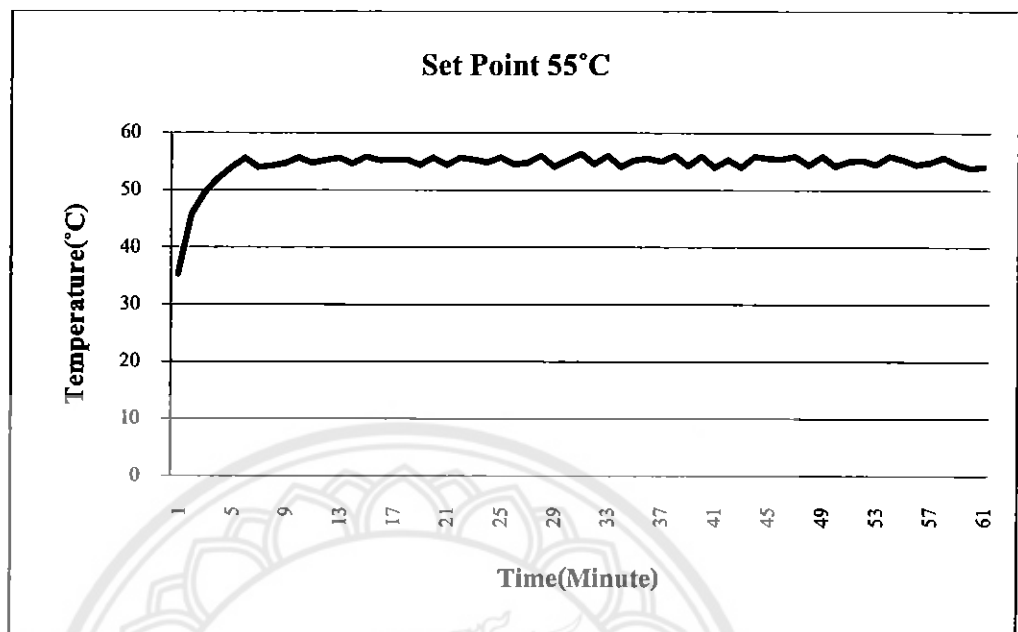
นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของ ตัวทำความร้อน	ความคลาด เคลื่อน(°C)
เริ่มต้น	35.33	เปิด	-
1	45.73	เปิด	-
2	49.61	เปิด	-
3	52.04	เปิด	-
4	53.94	เปิด	-
5	55.53	เปิด	-
6	53.93	เปิด	-
7	54.25	เปิด	-
8	54.64	เปิด	-
9	55.66	เปิด	-
10	54.74	เปิด	-
11	55.19	เปิด	-
12	55.59	เปิด	-
13	54.63	เปิด	-
14	55.8	ปิด	0.80
15	55.21	เปิด	0.21
16	55.28	เปิด	0.28
17	55.33	ปิด	0.33
18	54.41	เปิด	0.59

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 3(ต่อ)

19	55.62	ปิด	0.62
20	54.41	เปิด	0.59
21	55.63	ปิด	0.63
22	55.34	เปิด	0.34
23	54.81	ปิด	0.19
24	55.71	เปิด	0.71
25	54.49	ปิด	0.51
26	54.76	เปิด	0.24
27	55.97	ปิด	0.97
28	54.11	เปิด	0.89
29	55.23	ปิด	0.23
30	56.35	ปิด	1.35
31	54.57	เปิด	0.43
32	55.97	เปิด	0.97
33	54.13	ปิด	0.87
34	55.23	ปิด	0.23
35	55.54	เปิด	0.54
36	55.01	ปิด	0.01
37	56.04	เปิด	1.04
38	54.2	เปิด	0.80
39	55.85	เปิด	0.85
40	53.98	เปิด	1.02
41	55.24	เปิด	0.24

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C
ครั้งที่ 3(ต่อ)

42	53.97	เปิด	1.03
43	55.87	ปิด	0.87
44	55.53	ปิด	0.53
45	55.44	เปิด	0.44
46	55.85	ปิด	0.85
47	54.32	ปิด	0.68
48	55.86	เปิด	0.86
49	54.18	เปิด	0.82
50	55.05	เปิด	0.05
51	55.21	ปิด	0.21
52	54.42	ปิด	0.58
53	55.93	เปิด	0.93
54	55.32	ปิด	0.32
55	54.43	เปิด	0.57
56	54.81	เปิด	0.19
57	55.71	ปิด	0.71
58	54.55	ปิด	0.45
59	53.84	เปิด	1.16
60	54.07	เปิด	0.93
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.594



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 55°C ครั้งที่ 3

4.3.2.5 ตารางแสดงผลการทดลองการควบคุมตัวทำความร้อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ 60°C

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า

ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C

ครั้งที่ 1

นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของตัวทำความร้อน	ค่าความคลาดเคลื่อน (°C)
เริ่มต้น	35.12	เปิด	-
1	38.58	เปิด	-
2	41.29	เปิด	-
3	43.56	เปิด	-
4	45.76	เปิด	-
5	47.70	เปิด	-
6	49.42	เปิด	-

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

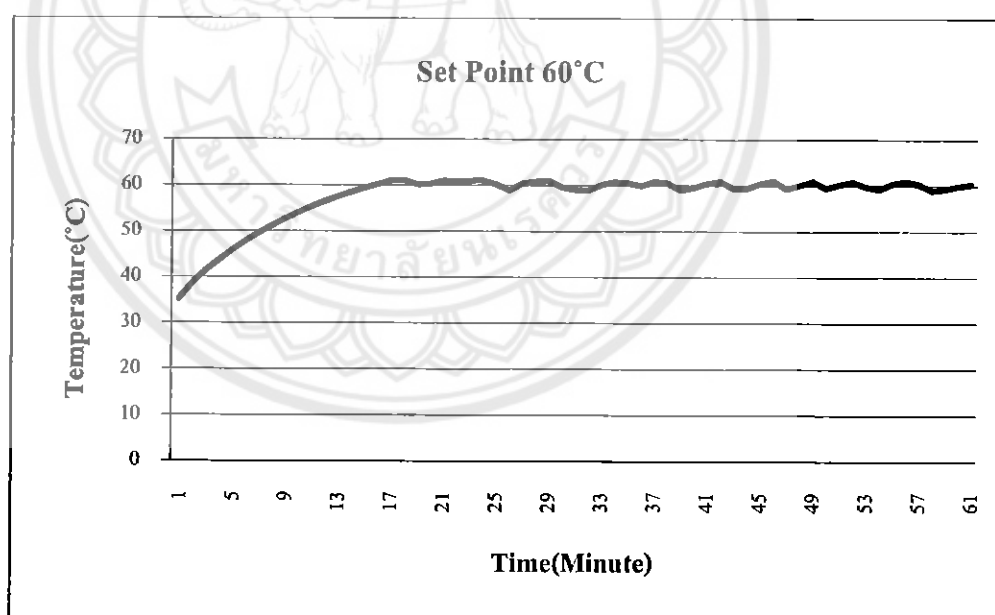
7	51.07	เปิด	-
8	52.56	เปิด	-
9	54.00	เปิด	-
10	55.25	เปิด	-
11	56.39	เปิด	-
12	57.44	เปิด	-
13	58.42	เปิด	-
14	59.33	เปิด	-
15	60.10	เปิด	-
16	60.91	เปิด	-
17	61.01	ปิด	1.01
18	60.14	เปิด	0.14
19	60.20	ปิด	0.20
20	60.97	เปิด	0.97
21	60.79	เปิด	0.79
22	60.91	เปิด	0.91
23	60.99	เปิด	0.99
24	60.23	ปิด	0.23
25	58.88	เปิด	1.12
26	60.36	เปิด	0.36
27	60.80	เปิด	0.80
28	60.97	ปิด	0.97
29	59.53	ปิด	0.47

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

30	58.98	เปิด	1.02
31	58.90	เปิด	1.10
32	60.07	เปิด	0.07
33	60.74	เปิด	0.74
34	60.46	ปิด	0.46
35	59.83	เปิด	0.17
36	60.80	เปิด	0.80
37	60.49	ปิด	0.49
38	58.90	เปิด	1.10
39	59.53	เปิด	0.47
40	60.40	เปิด	0.40
41	60.87	ปิด	0.87
42	59.27	ปิด	0.73
43	59.29	เปิด	0.71
44	60.37	เปิด	0.37
45	61.01	ปิด	1.01
46	59.28	ปิด	0.72
47	60.09	เปิด	0.09
48	60.89	เปิด	0.89
49	59.42	ปิด	0.58
50	60.13	เปิด	0.13
51	60.80	เปิด	0.80
52	59.75	ปิด	0.25
53	59.16	เปิด	0.84

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 1(ต่อ)

54	60.41	เปิด	0.41
55	60.95	เปิด	0.95
56	60.32	ปิด	0.32
57	58.91	เปิด	1.09
58	59.27	เปิด	0.73
59	59.87	เปิด	0.13
60	60.29	เปิด	0.29
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.629



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
เท่ากับ 60°C ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 2

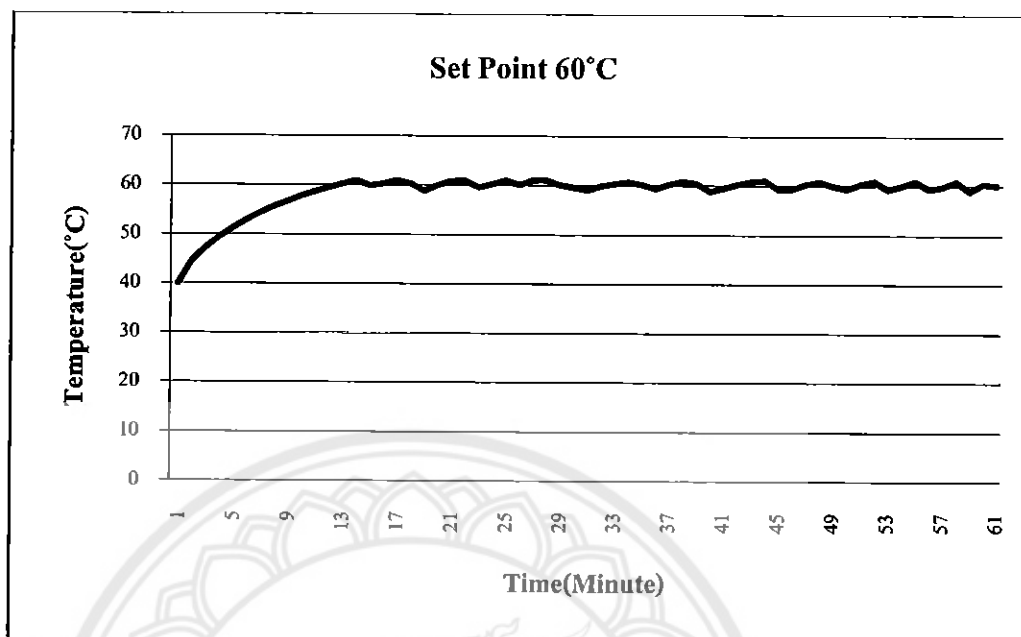
นาฬิกาที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของ ตัวทำความร้อน	ความคลาด เคลื่อน(°C)
เริ่มต้น	39.90	เปิด	-
1	44.43	เปิด	-
2	47.16	เปิด	-
3	49.35	เปิด	-
4	51.26	เปิด	-
5	52.85	เปิด	-
6	54.29	เปิด	-
7	55.62	เปิด	-
8	56.65	เปิด	-
9	57.76	เปิด	-
10	58.61	เปิด	-
11	59.44	เปิด	-
12	60.24	เปิด	-
13	60.92	เปิด	-
14	59.91	ปิด	0.09
15	60.25	เปิด	0.25
16	60.98	เปิด	0.98
17	60.26	เปิด	0.26
18	58.81	เปิด	1.19
19	59.99	ปิด	0.01
20	60.88	ปิด	0.88

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

21	60.91	เปิด	0.91
22	59.57	เปิด	0.43
23	60.20	เปิด	0.20
24	60.96	เปิด	0.96
25	60.07	เปิด	0.07
26	60.97	เปิด	0.97
27	61.01	ปิด	1.01
28	60.07	ปิด	0.07
29	59.59	ปิด	0.41
30	59.04	เปิด	0.96
31	59.87	เปิด	0.13
32	60.35	เปิด	0.35
33	60.75	เปิด	0.75
34	60.20	ปิด	0.20
35	59.31	เปิด	0.69
36	60.25	เปิด	0.25
37	60.86	เปิด	0.86
38	60.48	ปิด	0.48
39	58.85	เปิด	1.15
40	59.55	เปิด	0.45
41	60.26	เปิด	0.26
42	60.83	เปิด	0.83
43	61.04	ปิด	1.04

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่า
ความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C
ครั้งที่ 2(ต่อ)

44	59.28	ปิด	0.72
45	59.41	เปิด	0.59
46	60.33	เปิด	0.33
47	60.87	เปิด	0.87
48	59.96	ปิด	0.04
49	59.41	เปิด	0.59
50	60.41	เปิด	0.41
51	60.99	เปิด	0.99
52	59.25	ปิด	0.75
53	60.02	เปิด	0.02
54	60.95	เปิด	0.95
55	59.37	ปิด	0.63
56	59.83	เปิด	0.17
57	60.91	เปิด	0.91
58	58.97	เปิด	1.03
59	60.48	เปิด	0.48
60	60.18	ปิด	0.18
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.570



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ 60°C ครั้งที่ 3

นาทีที่	อุณหภูมิ (°C)	การทำงานของตัวทำความร้อน	ความคลาดเคลื่อน (°C)
เริ่มต้น	30.88	เปิด	-
1	42.09	เปิด	-
2	46.30	เปิด	-
3	49.05	เปิด	-
4	51.07	เปิด	-
5	52.82	เปิด	-

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ
และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ
60°Cครั้งที่ 3(ต่อ)

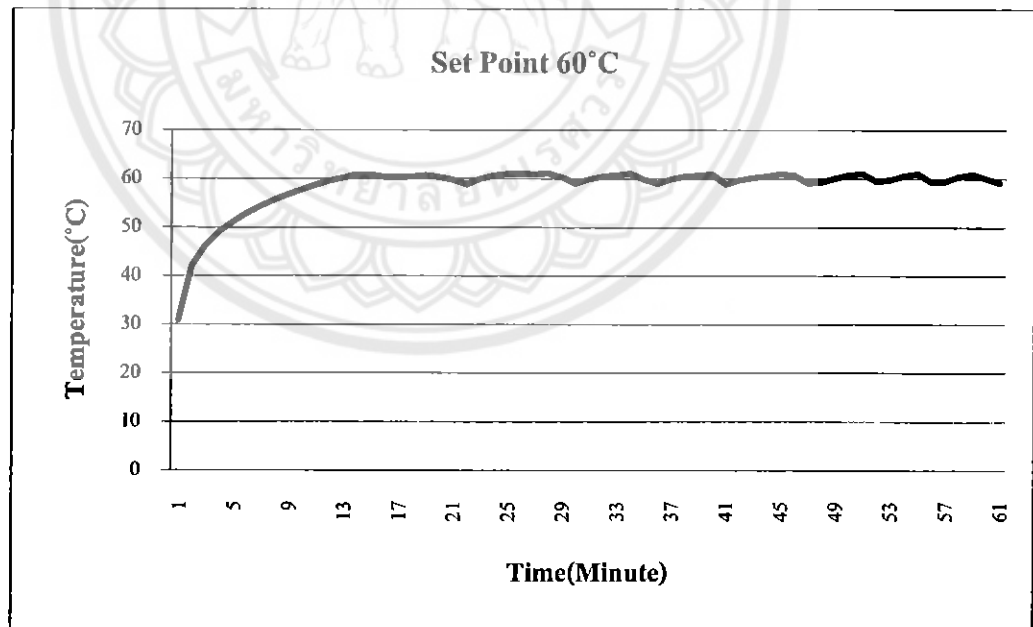
6	54.29	เปิด	-
7	55.61	เปิด	-
8	56.67	เปิด	-
9	57.70	เปิด	-
10	58.64	เปิด	-
11	59.47	เปิด	-
12	60.14	เปิด	-
13	60.83	เปิด	-
14	60.85	เปิด	-
15	60.35	ปิด	0.35
16	60.25	เปิด	0.25
17	60.38	ปิด	0.38
18	60.71	เปิด	0.71
19	60.32	เปิด	0.32
20	59.73	เปิด	0.27
21	58.81	เปิด	1.19
22	59.97	ปิด	0.03
23	60.67	ปิด	0.67
24	60.95	เปิด	0.95
25	60.96	เปิด	0.96
26	60.93	เปิด	0.93
27	61.03	ปิด	1.03
28	60.24	ปิด	0.24

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ
และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ
60°Cครั้งที่ 3(ต่อ)

29	58.98	เปิด	1.02
30	59.87	เปิด	0.13
31	60.47	เปิด	0.47
32	60.73	เปิด	0.73
33	61.00	ปิด	1.00
34	59.81	ปิด	0.19
35	58.99	เปิด	1.01
36	59.87	เปิด	0.13
37	60.43	เปิด	0.43
38	60.67	เปิด	0.67
39	60.92	ปิด	0.92
40	58.88	เปิด	1.12
41	59.66	เปิด	0.34
42	60.22	เปิด	0.22
43	60.49	เปิด	0.49
44	60.97	เปิด	0.97
45	60.69	ปิด	0.69
46	59.03	ปิด	0.97
47	59.33	เปิด	0.67
48	60.12	เปิด	0.12
49	60.79	เปิด	0.79
50	61.01	ปิด	1.01
51	59.47	ปิด	0.53
52	59.75	เปิด	0.25

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองอุณหภูมิภายในตู้อบ
และค่าความคลาดเคลื่อนที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิเท่ากับ
60°C ครั้งที่ 3(ต่อ)

53	60.57	เปิด	0.57
54	61.02	ปิด	1.02
55	59.27	ปิด	0.73
56	59.42	เปิด	0.58
57	60.43	เปิด	0.43
58	60.93	เปิด	0.93
59	59.99	ปิด	0.01
60	59.13	เปิด	0.87
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย(°C)			0.623



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา ณ นาทีที่ 0 ถึง 60 ที่จุดปรับตั้งของอุณหภูมิ
เท่ากับ 60°C ครั้งที่ 3

4.4 การทดสอบในการบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลจะทดสอบโดยการตั้งเวลาอบของระบบ ไปที่เวลาสูงสุด ซึ่งสามารถตั้งได้สูงสุดที่ 8 ชั่วโมง จากนั้นจะนำเอสดีการ์ดออกมาจากกล่องวงจรเพื่อดูข้อมูลในเอสดีการ์ดว่ามีการบันทึกที่ขาดหายไปหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 4.31 และภาคผนวก ง

BhourDataLog.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help
11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47 °C Humid : 67.19 % Heater : 1
11/23/2013	16:39:19	Temp	:	26.64 °C Humid : 66.68 % Heater : 1
11/23/2013	16:40:20	Temp	:	26.66 °C Humid : 66.71 % Heater : 1
11/23/2013	16:41:19	Temp	:	26.67 °C Humid : 66.71 % Heater : 1
11/23/2013	16:42:20	Temp	:	26.69 °C Humid : 66.72 % Heater : 1
11/23/2013	16:43:19	Temp	:	26.70 °C Humid : 66.69 % Heater : 1
11/23/2013	16:44:20	Temp	:	26.71 °C Humid : 66.66 % Heater : 1
11/23/2013	16:45:19	Temp	:	26.72 °C Humid : 66.66 % Heater : 1
11/23/2013	16:46:19	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.63 % Heater : 1
11/23/2013	16:47:19	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.63 % Heater : 1
11/23/2013	16:48:19	Temp	:	26.74 °C Humid : 66.63 % Heater : 1
11/23/2013	16:49:20	Temp	:	26.75 °C Humid : 66.64 % Heater : 1
11/23/2013	16:50:19	Temp	:	26.72 °C Humid : 66.60 % Heater : 1
11/23/2013	16:51:20	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.60 % Heater : 1
11/23/2013	16:52:19	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.57 % Heater : 1
11/23/2013	16:53:20	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.57 % Heater : 1
11/23/2013	16:54:19	Temp	:	26.74 °C Humid : 66.57 % Heater : 1
11/23/2013	16:55:20	Temp	:	26.75 °C Humid : 66.58 % Heater : 1
11/23/2013	16:56:19	Temp	:	26.74 °C Humid : 66.57 % Heater : 1
11/23/2013	16:57:20	Temp	:	26.73 °C Humid : 66.57 % Heater : 1
11/23/2013	16:58:19	Temp	:	26.76 °C Humid : 66.58 % Heater : 1
11/23/2013	16:59:19	Temp	:	26.75 °C Humid : 66.58 % Heater : 1

รูปที่ 4.31 แสดงข้อมูลในการบันทึกผล 8 ชั่วโมง

4.5 การทดสอบการแสดงผลของโปรแกรมประยุกต์ (Application)

หลังจากทำการทดสอบการควบคุมตัวทำความร้อนเรียบร้อยแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับความเร็วในการแสดงผลและระยะของการแสดงผลของอุปกรณ์อัจฉริยะ ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อัจฉริยะผ่านมอดูลบลูทูธ

4.5.1 วิธีการทดสอบความเร็วในการแสดงผล

การทดสอบความเร็วในการแสดงผล จะทำโดยการสังเกตหน้าจอแอลซีดีที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน้าจอของอุปกรณ์อัจฉริยะพร้อมกัน จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบว่า ณ เวลาเดียวกันนั้น ทั้งสองหน้าจอจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่เท่ากันและพร้อมกันหรือไม่ ซึ่งจะเปรียบเทียบจากส่วนแสดงผลการจับเวลานับถอยหลังในการอบที่แสดงอยู่บนหน้าจอทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 4.32 ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการสังเกตทั้งหมด 60 ครั้ง หรือ 60 วินาที โดยจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานกับกรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้ว



รูปที่ 4.32 แสดงการจับเวลานับถอยหลังในการอบที่แสดงอยู่บนหน้าจอกล่องควบคุม และอุปกรณ์อัจฉริยะ

4.5.2 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผล

4.5.2.1 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลกรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงาน

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของเวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 1

เวลา (วินาที)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	00:00:59	0
1	00:00:58	00:00:58	0
2	00:00:57	00:00:57	0
3	00:00:56	00:00:56	0
4	00:00:55	00:00:55	0
5	00:00:54	00:00:54	0
6	00:00:53	00:00:53	0
7	00:00:52	00:00:52	0
8	00:00:51	00:00:51	0
9	00:00:50	00:00:50	0
10	00:00:49	00:00:49	0
11	00:00:48	00:00:48	0
12	00:00:47	00:00:47	0
13	00:00:46	00:00:46	0
14	00:00:45	00:00:45	0
15	00:00:44	00:00:44	0
16	00:00:43	00:00:43	0
17	00:00:42	00:00:42	0
18	00:00:41	00:00:41	0
19	00:00:40	00:00:40	0

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 1(ต่อ)

20	00:00:39	00:00:39	0
21	00:00:38	00:00:38	0
22	00:00:37	00:00:37	0
23	00:00:36	00:00:36	0
24	00:00:35	00:00:35	0
25	00:00:34	00:00:34	0
26	00:00:33	00:00:33	0
27	00:00:32	00:00:32	0
28	00:00:31	00:00:31	0
29	00:00:30	00:00:30	0
30	00:00:29	00:00:29	0
31	00:00:28	00:00:28	0
32	00:00:27	00:00:27	0
33	00:00:26	00:00:26	0
34	00:00:25	00:00:25	0
35	00:00:24	00:00:24	0
36	00:00:23	00:00:23	0
37	00:00:22	00:00:22	0
38	00:00:21	00:00:21	0
39	00:00:20	00:00:20	0
40	00:00:19	00:00:19	0
41	00:00:18	00:00:18	0
42	00:00:17	00:00:17	0
43	00:00:16	00:00:16	0
44	00:00:15	00:00:15	0
45	00:00:14	00:00:14	0

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 1(ต่อ)

46	00:00:13	00:00:13	0
47	00:00:12	00:00:12	0
48	00:00:11	00:00:11	0
49	00:00:10	00:00:10	0
50	00:00:9	00:00:9	0
51	00:00:8	00:00:8	0
52	00:00:7	00:00:7	0
53	00:00:6	00:00:6	0
54	00:00:5	00:00:5	0
55	00:00:4	00:00:4	0
56	00:00:3	00:00:3	0
57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 2

เวลา (วินาทีที่)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์ อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	00:00:59	0
1	00:00:58	00:00:58	0
2	00:00:57	00:00:57	0
3	00:00:56	00:00:56	0

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 2(ต่อ)

4	00:00:55	00:00:55	0
5	00:00:54	00:00:54	0
6	00:00:53	00:00:53	0
7	00:00:52	00:00:52	0
8	00:00:51	00:00:51	0
9	00:00:50	00:00:50	0
10	00:00:49	00:00:49	0
11	00:00:48	00:00:48	0
12	00:00:47	00:00:47	0
13	00:00:46	00:00:46	0
14	00:00:45	00:00:45	0
15	00:00:44	00:00:44	0
16	00:00:43	00:00:43	0
17	00:00:42	00:00:42	0
18	00:00:41	00:00:41	0
19	00:00:40	00:00:40	0
20	00:00:39	00:00:39	0
21	00:00:38	00:00:38	0
22	00:00:37	00:00:37	0
23	00:00:36	00:00:36	0
24	00:00:35	00:00:35	0
25	00:00:34	00:00:34	0
26	00:00:33	00:00:33	0
27	00:00:32	00:00:32	0
28	00:00:31	00:00:31	0
29	00:00:30	00:00:30	0

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 2(ต่อ)

30	00:00:29	00:00:29	0
31	00:00:28	00:00:28	0
32	00:00:27	00:00:27	0
33	00:00:26	00:00:26	0
34	00:00:25	00:00:25	0
35	00:00:24	00:00:24	0
36	00:00:23	00:00:23	0
37	00:00:22	00:00:22	0
38	00:00:21	00:00:21	0
39	00:00:20	00:00:20	0
40	00:00:19	00:00:19	0
41	00:00:18	00:00:18	0
42	00:00:17	00:00:17	0
43	00:00:16	00:00:16	0
44	00:00:15	00:00:15	0
45	00:00:14	00:00:14	0
46	00:00:13	00:00:13	0
47	00:00:12	00:00:12	0
48	00:00:11	00:00:11	0
49	00:00:10	00:00:10	0
50	00:00:9	00:00:9	0
51	00:00:8	00:00:8	0
52	00:00:7	00:00:7	0
53	00:00:6	00:00:6	0
54	00:00:5	00:00:5	0
55	00:00:4	00:00:4	0
56	00:00:3	00:00:3	0

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 2 (ต่อ)

57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 3

เวลา (วินาที)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์ อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	00:00:59	0
1	00:00:58	00:00:58	0
2	00:00:57	00:00:57	0
3	00:00:56	00:00:56	0
4	00:00:55	00:00:55	0
5	00:00:54	00:00:54	0
6	00:00:53	00:00:53	0
7	00:00:52	00:00:52	0
8	00:00:51	00:00:51	0
9	00:00:50	00:00:50	0
10	00:00:49	00:00:49	0
11	00:00:48	00:00:48	0
12	00:00:47	00:00:47	0
13	00:00:46	00:00:46	0
14	00:00:45	00:00:45	0
15	00:00:44	00:00:44	0

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 3(ต่อ)

16	00:00:43	00:00:43	0
17	00:00:42	00:00:42	0
18	00:00:41	00:00:41	0
19	00:00:40	00:00:40	0
20	00:00:39	00:00:39	0
21	00:00:38	00:00:38	0
22	00:00:37	00:00:37	0
23	00:00:36	00:00:36	0
24	00:00:35	00:00:35	0
25	00:00:34	00:00:34	0
26	00:00:33	00:00:33	0
27	00:00:32	00:00:32	0
28	00:00:31	00:00:31	0
29	00:00:30	00:00:30	0
30	00:00:29	00:00:29	0
31	00:00:28	00:00:28	0
32	00:00:27	00:00:27	0
33	00:00:26	00:00:26	0
34	00:00:25	00:00:25	0
35	00:00:24	00:00:24	0
36	00:00:23	00:00:23	0
37	00:00:22	00:00:22	0
38	00:00:21	00:00:21	0
39	00:00:20	00:00:20	0
40	00:00:19	00:00:19	0
41	00:00:18	00:00:18	0

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงานครั้งที่ 3(ต่อ)

42	00:00:17	00:00:17	0
43	00:00:16	00:00:16	0
44	00:00:15	00:00:15	0
45	00:00:14	00:00:14	0
46	00:00:13	00:00:13	0
47	00:00:12	00:00:12	0
48	00:00:11	00:00:11	0
49	00:00:10	00:00:10	0
50	00:00:9	00:00:9	0
51	00:00:8	00:00:8	0
52	00:00:7	00:00:7	0
53	00:00:6	00:00:6	0
54	00:00:5	00:00:5	0
55	00:00:4	00:00:4	0
56	00:00:3	00:00:3	0
57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

4.5.2.2 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลกรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้า
กับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้ว

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ยังมีระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 1

เวลา (วินาที)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์ อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	-	-
1	00:00:58	-	-
2	00:00:57	00:00:59	2
3	00:00:56	00:00:58	2
4	00:00:55	00:00:57	2
5	00:00:54	00:00:56	2
6	00:00:53	00:00:55	2
7	00:00:52	00:00:54	2
8	00:00:51	00:00:53	2
9	00:00:50	00:00:52	2
10	00:00:49	00:00:51	2
11	00:00:48	00:00:50	2
12	00:00:47	00:00:49	2
13	00:00:46	00:00:48	2
14	00:00:45	00:00:47	2
15	00:00:44	00:00:46	2
16	00:00:43	00:00:45	2
17	00:00:42	00:00:44	2
18	00:00:41	00:00:43	2
19	00:00:40	00:00:42	2
20	00:00:39	00:00:41	2
21	00:00:38	00:00:40	2
22	00:00:37	00:00:39	2
23	00:00:36	00:00:38	2

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อังฤษะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อังฤษะเข้ากับระบบขณะทีระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 1(ต่อ)

24	00:00:35	00:00:37	2
25	00:00:34	00:00:36	2
26	00:00:33	00:00:35	2
27	00:00:32	00:00:34	2
28	00:00:31	00:00:33	2
29	00:00:30	00:00:32	2
30	00:00:29	00:00:31	2
31	00:00:28	00:00:30	2
32	00:00:27	00:00:29	2
33	00:00:26	00:00:28	2
34	00:00:25	00:00:27	2
35	00:00:24	00:00:26	2
36	00:00:23	00:00:25	2
37	00:00:22	00:00:24	2
38	00:00:21	00:00:23	2
39	00:00:20	00:00:22	2
40	00:00:19	00:00:21	2
41	00:00:18	00:00:20	2
42	00:00:17	00:00:19	2
43	00:00:16	00:00:18	2
44	00:00:15	00:00:17	2
45	00:00:14	00:00:16	2
46	00:00:13	00:00:15	2
47	00:00:12	00:00:14	2
48	00:00:11	00:00:13	2
49	00:00:10	00:00:12	2

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 1 (ต่อ)

50	00:00:9	00:00:11	2
51	00:00:8	00:00:10	2
52	00:00:7	00:00:9	2
53	00:00:6	00:00:7	1
54	00:00:5	00:00:5	0
55	00:00:4	00:00:4	0
56	00:00:3	00:00:3	0
57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 2

เวลา (วินาที)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์ อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	-	-
1	00:00:58	-	-
2	00:00:57	00:00:59	2
3	00:00:56	00:00:58	2
4	00:00:55	00:00:57	2
5	00:00:54	00:00:56	2
6	00:00:53	00:00:55	2
7	00:00:52	00:00:54	2
8	00:00:51	00:00:53	2

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 2(ต่อ)

9	00:00:50	00:00:52	2
10	00:00:49	00:00:51	2
11	00:00:48	00:00:50	2
12	00:00:47	00:00:49	2
13	00:00:46	00:00:48	2
14	00:00:45	00:00:47	2
15	00:00:44	00:00:46	2
16	00:00:43	00:00:45	2
17	00:00:42	00:00:44	2
18	00:00:41	00:00:43	2
19	00:00:40	00:00:42	2
20	00:00:39	00:00:41	2
21	00:00:38	00:00:40	2
22	00:00:37	00:00:39	2
23	00:00:36	00:00:38	2
24	00:00:35	00:00:37	2
25	00:00:34	00:00:36	2
26	00:00:33	00:00:35	2
27	00:00:32	00:00:34	2
28	00:00:31	00:00:33	2
29	00:00:30	00:00:32	2
30	00:00:29	00:00:31	2
31	00:00:28	00:00:30	2
32	00:00:27	00:00:29	2
33	00:00:26	00:00:28	2
34	00:00:25	00:00:27	2

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 2(ต่อ)

35	00:00:24	00:00:26	2
36	00:00:23	00:00:25	2
37	00:00:22	00:00:24	2
38	00:00:21	00:00:23	2
39	00:00:20	00:00:22	2
40	00:00:19	00:00:21	2
41	00:00:18	00:00:19	1
42	00:00:17	00:00:18	1
43	00:00:16	00:00:17	1
44	00:00:15	00:00:16	1
45	00:00:14	00:00:15	1
46	00:00:13	00:00:14	1
47	00:00:12	00:00:13	1
48	00:00:11	00:00:12	1
49	00:00:10	00:00:11	1
50	00:00:9	00:00:10	1
51	00:00:8	00:00:8	0
52	00:00:7	00:00:7	0
53	00:00:6	00:00:6	0
54	00:00:5	00:00:5	0
55	00:00:4	00:00:4	0
56	00:00:3	00:00:3	0
57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 3

เวลา (วินาทีที่)	เวลาบนหน้าจอแอลซีดี	เวลาบนหน้าจออุปกรณ์ อัจฉริยะ	ผลต่างของเวลา (วินาที)
เริ่มต้น	00:00:59	-	-
1	00:00:58	-	-
2	00:00:57	-	-
3	00:00:56	00:00:59	3
4	00:00:55	00:00:58	3
5	00:00:54	00:00:57	3
6	00:00:53	00:00:56	3
7	00:00:52	00:00:55	3
8	00:00:51	00:00:54	3
9	00:00:50	00:00:53	3
10	00:00:49	00:00:52	3
11	00:00:48	00:00:51	3
12	00:00:47	00:00:49	2
13	00:00:46	00:00:48	2
14	00:00:45	00:00:47	2
15	00:00:44	00:00:46	2
16	00:00:43	00:00:45	2
17	00:00:42	00:00:44	2
18	00:00:41	00:00:43	2
19	00:00:40	00:00:42	2
20	00:00:39	00:00:41	2
21	00:00:38	00:00:40	2
22	00:00:37	00:00:39	2
23	00:00:36	00:00:38	2

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
 เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
 อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 3(ต่อ)

24	00:00:35	00:00:37	2
25	00:00:34	00:00:36	2
26	00:00:33	00:00:35	2
27	00:00:32	00:00:34	2
28	00:00:31	00:00:33	2
29	00:00:30	00:00:32	2
30	00:00:29	00:00:31	2
31	00:00:28	00:00:30	2
32	00:00:27	00:00:29	2
33	00:00:26	00:00:28	2
34	00:00:25	00:00:27	2
35	00:00:24	00:00:26	2
36	00:00:23	00:00:25	2
37	00:00:22	00:00:24	2
38	00:00:21	00:00:23	2
39	00:00:20	00:00:22	2
40	00:00:19	00:00:21	2
41	00:00:18	00:00:20	2
42	00:00:17	00:00:19	2
43	00:00:16	00:00:18	2
44	00:00:15	00:00:17	2
45	00:00:14	00:00:16	2
46	00:00:13	00:00:15	2
47	00:00:12	00:00:14	2
48	00:00:11	00:00:13	2
49	00:00:10	00:00:12	2

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลและผลต่างของ
เวลาในการแสดงผลของระบบกับอุปกรณ์อัจฉริยะ กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์
อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้วครั้งที่ 3(ต่อ)

50	00:00:9	00:00:11	2
51	00:00:8	00:00:10	2
52	00:00:7	00:00:9	2
53	00:00:6	00:00:8	2
54	00:00:5	00:00:7	2
55	00:00:4	00:00:5	1
56	00:00:3	00:00:4	1
57	00:00:2	00:00:2	0
58	00:00:1	00:00:1	0
59	00:00:0	00:00:0	0

4.5.3 วิธีการทดสอบระยะในการแสดงผล

เพื่อเป็นการตรวจสอบระยะทางการแสดงผลของอุปกรณ์อัจฉริยะ ทางผู้จัดทำจึงมีวิธีการ
ทดสอบโดยการให้อุปกรณ์อัจฉริยะค่อยๆออกห่างจากกล่องวงจรออกมาเรื่อยๆ โดยจะให้ผู้ทดสอบทำ
การถืออุปกรณ์อัจฉริยะไว้และถอยห่างกล่องควบคุมออกมาทีละ 50 เซนติเมตร จากนั้นทำการสังเกต
หน้าจอแสดงผลของอุปกรณ์อัจฉริยะว่า ได้รับข้อมูลมาครบถ้วนและถูกต้องหรือไม่ดังแสดงใน
รูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 แสดงวิธีการทดสอบระยะในการแสดงผล

4.5.4 ผลการทดสอบระยะในการแสดงผล

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบระยะในการแสดงผล

ระยะห่าง (ซม.)	การแสดงผล		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
50	ปกติ	ปกติ	ปกติ
100	ปกติ	ปกติ	ปกติ
150	ปกติ	ปกติ	ปกติ
200	ปกติ	ปกติ	ปกติ
250	ปกติ	ปกติ	ปกติ
300	ปกติ	ปกติ	ปกติ
350	ปกติ	ปกติ	ปกติ
400	ปกติ	ปกติ	ปกติ
450	ปกติ	ปกติ	ปกติ
500	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบระยะในการแสดงผล(ต่อ)

550	ปกติ	ปกติ	ปกติ
600	ปกติ	ปกติ	ปกติ
650	ปกติ	ปกติ	ปกติ
700	ปกติ	ปกติ	ปกติ
750	ปกติ	ปกติ	ปกติ
800	ปกติ	ปกติ	ปกติ
850	ปกติ	ปกติ	ปกติ
900	ปกติ	ปกติ	ปกติ
950	ปกติ	ปกติ	ปกติ
1000	ปกติ	ปกติ	ปกติ
1050	ปกติ	ปกติ	ปกติ
1100	หยุดการแสดงผล	ปกติ	หยุดการแสดงผล
1150	หยุดการแสดงผล	หยุดการแสดงผล	หยุดการแสดงผล
1200	หยุดการแสดงผล	หยุดการแสดงผล	หยุดการแสดงผล

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพตัวรับรบกวน SHT15 ในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่ได้รับจากตัวรับรบกวนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ได้รับจากไมเตอร์ทุกครั้งที่มีข้อมูลทุกๆ 1 นาที โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดจากไมเตอร์วัดอุณหภูมิ Agilent รุ่น 34970A

จากผลการทดสอบการควบคุมตัวทำความร้อนในตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 จะเห็นว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการคำนวณความคลาดเคลื่อนโดยการนำค่าความคลาดเคลื่อนจากแต่ละผลการทดลองจำนวน 44 ค่า ซึ่งเท่ากับจำนวนค่าของอุณหภูมิที่น้อยที่สุด(เพื่อให้ได้จำนวนในการคำนวณที่เท่ากัน)โดยเมื่อคำนวณจะได้ความ

กลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 0.6 องศาเซลเซียส โดยเวลาที่ใช้ในการทำอุณหภูมิเริ่มต้น จากอุณหภูมิห้องจนถึงจุดปรับตั้ง 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เท่ากับ 11, 14 และ 15 นาที ตามลำดับ

จากผลการทดสอบการแสดงผลของโปรแกรมประยุกต์ในส่วนของการทดสอบความเร็วในการแสดงผล กรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบก่อนที่ระบบจะมีการทำงาน ตารางที่ 4.5.2.1 จะไม่มีความหน่วงของการแสดงผล เนื่องจากในช่วงแรกระบบยังไม่มีการทำงาน ทำให้ไม่มีการส่งข้อมูลออกมาจากระบบ โปรแกรมประยุกต์จึงสามารถรับข้อมูลที่จะเข้ามาและแสดงผลได้ทัน ส่วนกรณีเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้ากับระบบขณะที่ระบบมีการทำงานอยู่แล้ว ตารางที่ 4.5.2.2 จะมีความหน่วงของการแสดงผลในช่วงแรก 40 วินาที และในนาทีต่อมาไม่มีการหน่วงของการแสดงผล เนื่องจากระบบได้มีการทำงานอยู่ จึงมีข้อมูลถูกส่งออกมาจากระบบเรื่อยๆ ทำให้เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้าไป โปรแกรมประยุกต์จะทำการรับข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากระบบทันทีและจะรับข้อมูลเข้ามาเก็บไว้เรื่อยๆ แต่ด้วยข้อจำกัดของ โปรแกรมประยุกต์ ที่ต้องใช้เวลาในการเตรียมการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟิกจึงทำให้ช่วงแรกเกิดการหน่วงของการแสดงผลและเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อยๆ โปรแกรมประยุกต์จะทำการเร่งการแสดงผลจนสามารถแสดงผลได้ทันกับข้อมูลที่ส่งเข้ามา ดังผลการทดลองตาม ตารางที่ 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 และ 4.17 ต่อมาในส่วนของการแสดงผลสามารถสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้โปรแกรมประยุกต์ดูการทำงานของระบบคือต้องอยู่ห่างจากกล่องควบคุมอยู่ที่ 10 เมตร โปรแกรมประยุกต์จึงจะสามารถรับข้อมูลที่ส่งออกมาจากระบบได้อย่างไม่มีปัญหา ดังตารางที่ 4.1

จากผลการทดสอบการบันทึกข้อมูลที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ทั้งหมด 8 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกทุกๆ 1 นาที ซึ่งจะต้องมีข้อมูลทั้งหมด 481 ข้อมูล (รวมขณะเริ่มระบบ) ระบบสามารถทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ดังภาคผนวก ง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการระบบควบคุมและติดตามผลการทำงานของตู้อบผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ(Control and monitoring system for dryer operation through smart device) นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบของระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแบบอัตโนมัติที่สามารถระบุค่าจุดปรับตั้งของอุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบ และยังสามารถบันทึกผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในเอสดีการ์ด ได้รวมทั้งพัฒนาต้นแบบของระบบติดตามและแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านทางอุปกรณ์อัจฉริยะหรือจอแอลซีดีซึ่งหลังจากที่ได้ดำเนินการทดสอบระบบในบทที่ 4 แล้ว ในบทนี้ผู้จัดทำจะอธิบายถึงประเด็นปัญหา ค่าความคลาดเคลื่อนของการควบคุม การออกแบบแบบจำลองและชี้แจงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนา แก้ไข และปรับปรุงต่อไป

5.1 สรุปผลการออกแบบและพัฒนาระบบ

จากผลการทดลองในบทที่ 4 สามารถแยกสรุปได้เป็นสองส่วนดังนี้

ก. ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถรับค่าจุดปรับตั้งและจับเวลาในการอบได้อย่างถูกต้องในการควบคุมอุณหภูมิจะใช้ตัวรับรู้ SHT15 ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบที่มีความแม่นยำสูงและนำค่าอุณหภูมิที่ได้มาคำนวณเพื่อทำการเปิดปิดตัวทำความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ มีความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิโดยรวมเท่ากับ ± 0.6 องศาเซลเซียส และยังสามารถบันทึกข้อมูลในการอบได้อย่างถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์ รวมถึงยังสามารถแสดงผลผ่านทางหน้าจอแสดงผลแอลซีดีได้ตลอดระยะเวลาการอบ

ข. ส่วนโปรแกรมประยุกต์ สามารถส่งค่าการตั้งค่าต่างๆจากผู้ใช้ไปยังกล่องควบคุมได้อย่างถูกต้องและแสดงผลการทำงานของระบบออกมาได้อย่างรวดเร็ว แต่ในบางกรณีที่ทำกรเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้าไประหว่างที่ระบบมีการทำงานอยู่ โปรแกรมประยุกต์จะมีความหน่วงในการแสดงผลล่าช้าไป 2 วินาที ในช่วงแรกๆที่ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะเข้าไปอันเนื่องมาจากการ

แสดงผลทางด้านกราฟิกของโปรแกรมประยุกต์ไม่สามารถประมวลผลได้ทัน ส่วนในอนาคตต่อมา โปรแกรมประยุกต์จะสามารถแสดงผลได้ทันกับข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากระบบและสามารถแสดงผลได้โดยไม่มีปัญหาใดๆหากอุปกรณ์อัจฉริยะอยู่ในระยะที่สัญญาณบลูทูธส่งถึง

ผลสรุปการวิเคราะห์โครงการงานชิ้นนี้ สามารถสรุปได้ว่า ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงแสดงผลและบันทึกผลข้อมูล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของ โปรแกรมประยุกต์ได้ออกแบบ เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการติดตามผลการทำงานของระบบ อาจมีปัญหาคงความล่าช้าในการแสดงผลไปบ้าง แต่ไม่ได้ทำให้การแสดงผลข้อมูลที่ออกมาจากระบบผิดพลาดไปแต่อย่างใด

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะในการแก้ไข

ปัญหาที่ 1 ระบบยังมีความคลาดเคลื่อนในการควบคุมอุณหภูมิกว่าคือมีการแกว่งของอุณหภูมิ ภายในตู้อบ และยังพบว่าเมื่อตั้งค่าจุดประตั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็จะต้องใช้เวลาในการทำอุณหภูมิให้เท่ากับค่าจุดปรับตั้ง สูงขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ได้การควบคุมอุณหภูมิที่ดีขึ้น ควรใช้วิธีการควบคุมแบบอื่นที่มีการเก็บค่าความผิดพลาดแล้วนำไปคำนวณเพื่อการควบคุม เช่น PID, Fuzzy เป็นต้น โดยต้องทำการเปลี่ยนรีเลย์แบบธรรมดา ให้เป็นรีเลย์แบบ solid state

ปัญหาที่ 2 โปรแกรมประยุกต์มีความล่าช้าในการแสดงผลไปบ้าง อันเกิดจากการประมวลผลทางด้านกราฟิกที่ไม่ทันกับข้อมูลที่รับเข้ามา

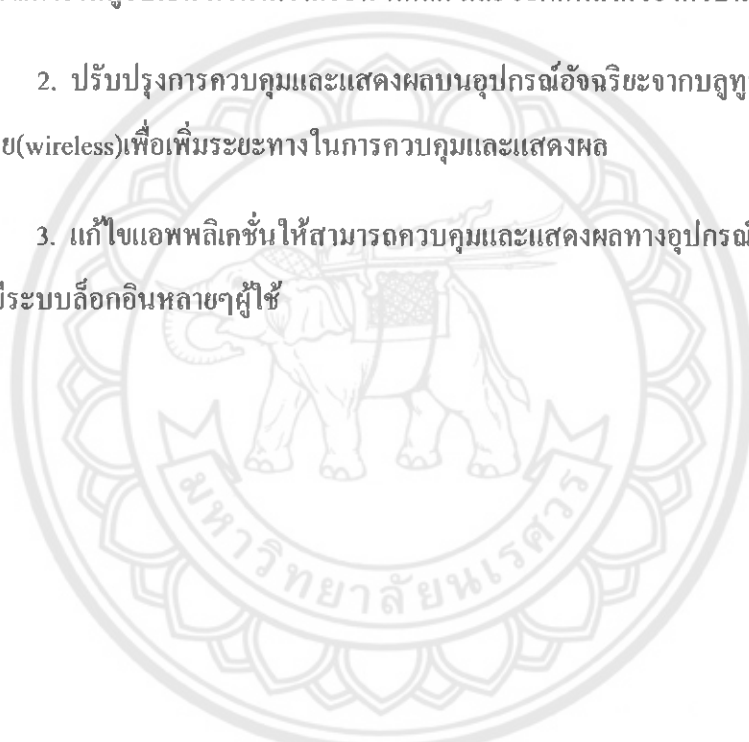
ข้อเสนอแนะ ควรปรับปรุง โปรแกรมประยุกต์ให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น ลดการแสดงผลในช่วงการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะกับระบบ โดยในที่นี้คือข้อความแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะกับระบบในช่วงแรก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้โปรแกรมประยุกต์แสดงผลล่าช้าได้

ปัญหาที่ 3 ความร้อนภายในตู้อบจำลองลดลงอย่างรวดเร็ว โดยจากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่ามีการเปิดปิดของตัวทำความร้อนที่บ่อยครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียความร้อนภายในตู้อบจำลอง

ข้อเสนอแนะ อาจเปลี่ยนวัสดุในการทำตู้อบจำลองจากอะคริลิกให้เป็นวัสดุชนิดอื่นที่มีการสูญเสียความร้อนที่น้อยลง เช่น เหล็ก, อะลูมิเนียม, สังกะสี เป็นต้น ซึ่งจะทำให้จำนวนครั้งในการเปิดตู้ทำความร้อนลดลงและส่งผลให้เป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการทำความร้อนให้กับตู้อบ

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการต่อ

1. มีระบบแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เกี่ยวกับเวลาในการอบและเหตุขัดข้องของตัวอุปกรณ์ภายในตู้อบเช่น ตัวทำความร้อน พัดลม และข้อผิดพลาดของตัวบันทึกข้อมูลเอสดีการ์ด
2. ปรับปรุงการควบคุมและแสดงผลบนอุปกรณ์อัจฉริยะจากบลูทูธ(Bluetooth)เป็นเครือข่ายไร้สาย(wireless)เพื่อเพิ่มระยะทางในการควบคุมและแสดงผล
3. แก้ไขแอปพลิเคชันให้สามารถควบคุมและแสดงผลทางอุปกรณ์อัจฉริยะให้ได้หลายเครื่องและมีระบบล็อกอินหลายๆผู้ใช้



เอกสารอ้างอิง

- [1] Wikipedia. ไมโครคอนโทรลเลอร์. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์.
- [2] ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก bsd.nstru.ac.th/~dscience/download/110202102451.doc.
- [3] INEX. SHT-11 โมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2556, จาก www.inex.co.th/store/manual/sht11.pdf.
- [4] รีเลย์. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html.
- [5] สื่อบันทึกข้อมูล Digital. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก www.bcoms.net/hardware/digital.asp.
- [6] ETTTeam. ET-MINI-SPI-SD. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก <http://ett.co.th/prod2012/interface2/ET-MINI-SPI-SD.pdf>.
- [7] การใช้งาน RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.mind-tek.net/ds1307.php>.
- [8] การทำงานของ Bluetooth. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2556, จาก <http://pirun.kps.ku.ac.th/~b4928024/Bluetooth4.html>.
- [9] สายทิพย์ พัทตร์ใส. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น. (2555). เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 371 (หน้า 77-84).
- [10] SL4A ภาษาสคริปต์สำหรับ Android. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.pasolutionz.com/article-12-SL4A+ภาษาสคริปต์สำหรับ+Android.html>
- [11] ชีรยศ เวียงทองและประยูร จวงจันทร์. (2555). ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด. ใน บทความวิจัยปริญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2555 (หน้า 3). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- [12] Arduino Mega 2560. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2556, จาก arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560



ภาคผนวก ก

คู่มือการกัศลายปรีนวงจร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

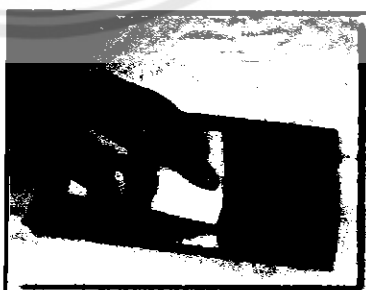
คู่มือการกัดลายปรินทิงด้วย Dry film

1. เมื่อทำการออกแบบลายวงจรเสร็จให้ตัดแผ่นทองแดงตามขนาดที่ต้องการและพอดีกับวงจรที่ได้ออกแบบไว้ ควรจะให้เหลือขอบไว้ประมาณ 1 เซนติเมตร
2. เมื่อตัดแผ่นทองแดงเสร็จนำแผ่นใสที่ได้พิมพ์ลายวงจรไว้แล้วไปตัดให้ขนาดพอดีกับแผ่นทองแดงที่เตรียมไว้
3. เมื่อได้แผ่นทองแดงและแผ่นใสที่ตัดแล้วให้ทำการตัด dry film ให้ได้ขนาดเท่าแผ่นใสและแผ่นทองแดง



รูปที่ ก.1 วัสดุและตัด dry film

4. นำแผ่นทองแดงไปล้างน้ำให้สะอาดโดยใช้น้ำยาล้างจานหรือสารล้างต่างๆขัดแผ่นทองแดงให้สะอาด โดยฟองน้ำล้างแสดงในรูปที่ และไม่ควรจะสัมผัสแผ่นทองแดงเพราะจะทำให้ผิวของแผ่นทองแดงมันจากนั้นเช็ดให้แห้งด้วยทิชชู



รูปที่ ก.2 ทำความสะอาดแผ่นทองแดง

5. และเมื่อล้างเตรียมพร้อมแล้วจะต้องนำ Dry film มาติดที่แผ่นทองแดงที่เตรียมไว้โดยการติดให้พรมน้ำลงแผ่นทองแดงก่อนเพื่อการไล่อากาศที่ง่ายและจะไม่ทำให้เสีย Dry film หากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างติด



รูปที่ ก.3 ติด Dry Film บนแผ่นทองแดง

6. เมื่อติด Dry film แล้วจะมีฟองอากาศเล็กๆ ให้เอาทิชชูร์คั่นออกแล้วทำให้ไม่มีฟองอากาศหากมีให้ใช้เข็มเล็กๆจิ้มออกแล้วนำไปรีดด้วยเตารีดที่อุณหภูมิอุ่นๆพอประมาณ โดยรีด 1 นาที พัก 1 นาที รีดพอให้ Dry film ติดแผ่นทองแดง
7. เมื่อรีดเสร็จให้นำแผ่นใสที่พิมพ์ลายวงจรไว้แล้วไปติดติดบน Dry film โดยใช้เทปใสติดขอบของแผ่นใสเพื่อไม่ให้เคลื่อนจากนั้นให้เอาไปฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง ดังแสดงในรูปที่ ก.4 หึ่งไว้ประมาณ 30 วินาที โดย Dry film จะทำปฏิกิริยาในที่ที่มีแสงสว่างและจะทำเร็วขึ้นเมื่อเจอแสงสีฟ้าหรือสีม่วง



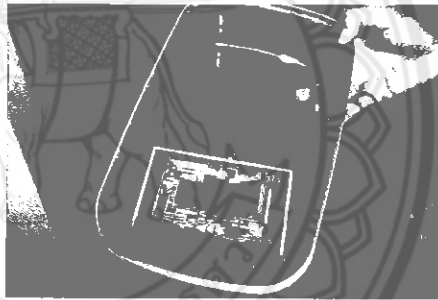
รูปที่ ก.4 เครื่องฉายแสงแผ่น Dry Film

8. เมื่อฉายแสงเสร็จให้รับนำแผ่นทองแดงมาลอกแผ่นใสบน Dry Film ออกแล้วให้นำไปแช่ในในน้ำยาล้าง Dry Film (Developer) ซึ่งเป็นเบส โดยใช้ฟองน้ำค่อยๆถูเศษฟิล์มออกระวังอย่าให้น้ำหนักมากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ ก.5 และรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.5 และ รูปที่ ก.6 ล้าง Dry Film ด้วย ผง Developer

9. เมื่อเศษฟิล์มออกเกือบหมดแล้วจะได้ลายนวจรที่ต้องการให้เอาไปแช่ในกรดกำถปรีนซึ่งเป็นกรดและเขย่าให้กรดทำปฏิกิริยาเร็วขึ้นและเพื่อไม่ให้เศษทองแดงไปติดในส่วนที่เราต้องการจนกระทั่งปรากฏลายนวจรที่เราต้องการชัดเจนแล้วดังแสดงในรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 แช่แผ่นวงจรลงในกรดกำถปรีน

10. เมื่อได้เฉพาะส่วนลายนวจรที่เราต้องการแล้วให้นำแผ่นทองแดงที่กัดแล้วไปล้างน้ำเปล่าก่อนแล้วจากนั้นนำไปล้าง Dry Film ออกด้วยทินเนอร์และขัดให้สะอาดด้วยแปรงลวด ดังแสดงในรูปที่ ก.8, ก.9 และ ก.10



รูปที่ ก.8 ล้างแผ่นวงจรด้วยน้ำเปล่า

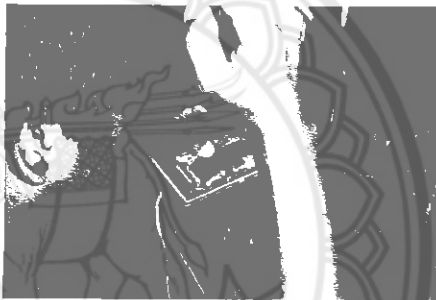


รูปที่ ก.9 ล้าง Dry Film ด้วยทินเนอร์



รูปที่ ก.10 ขั้ดลายวงจรรด้วยแปรงลวด

11. เมื่อได้วงจรแล้วก็นำไปเจาะรูอุปกรณ์ด้วยสว่าน ดังแสดงในรูปที่ ก.11



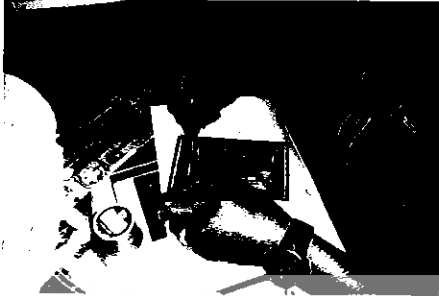
รูปที่ ก.11 เจาะแผ่นวงจรรด้วยสว่าน

12. เมื่อเจาะรูเสร็จก็นำวงจรมาตรวจสอบว่ามีความผิดพลาดหรือไม่ ไม่ว่าจะเป็นลายวงจรขาดหรือการขีดของวงจรเนื่องจากการออกแบบที่ผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 ตรวจสอบความถูกต้องและความผิดพลาดของวงจร

13. ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อเจาะเสร็จก็นำมาบดกรูปรณ์ลงบอร์ด



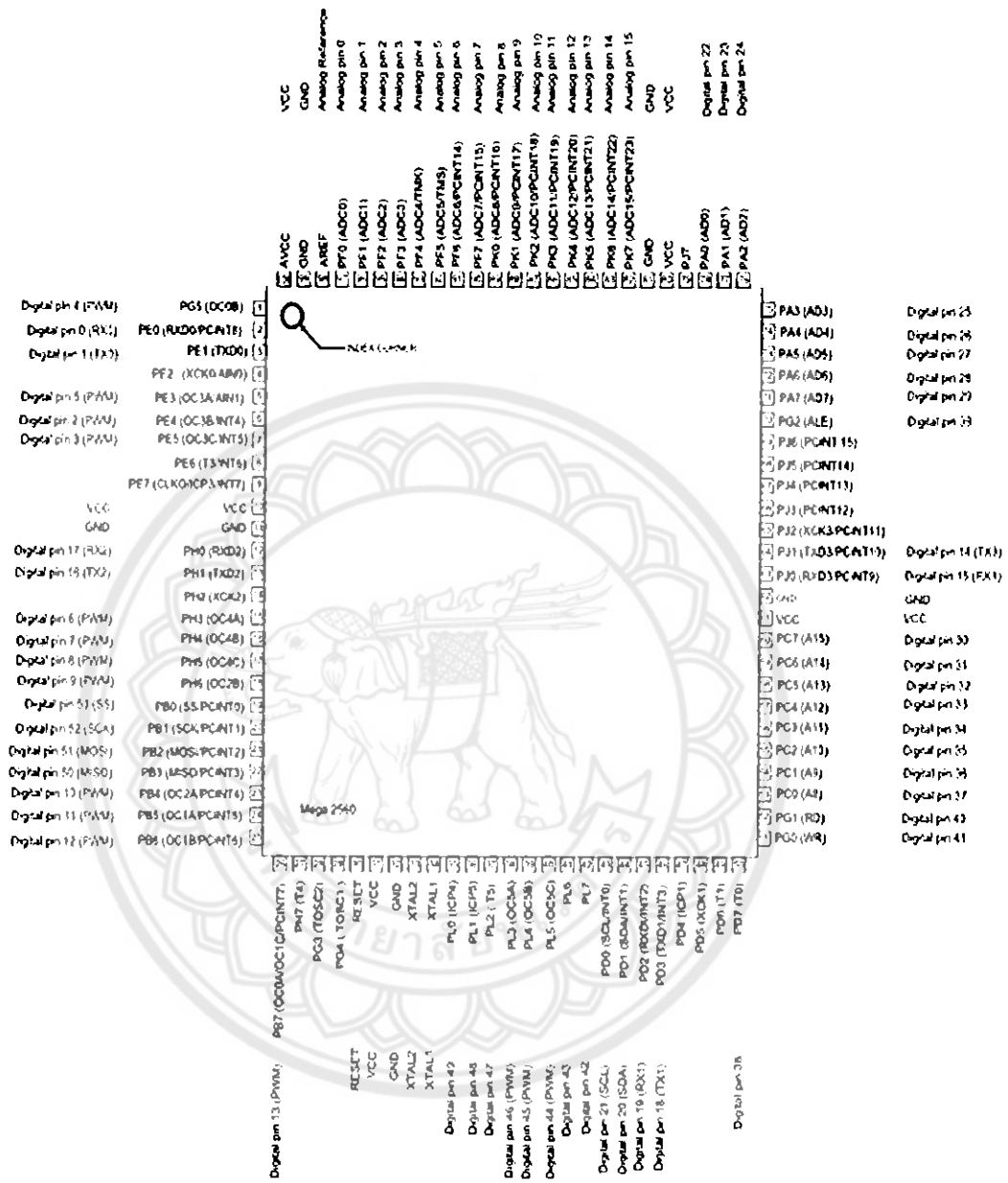
รูปที่ ก.13 บดกรูปรณ์และลงอุปกรณ์

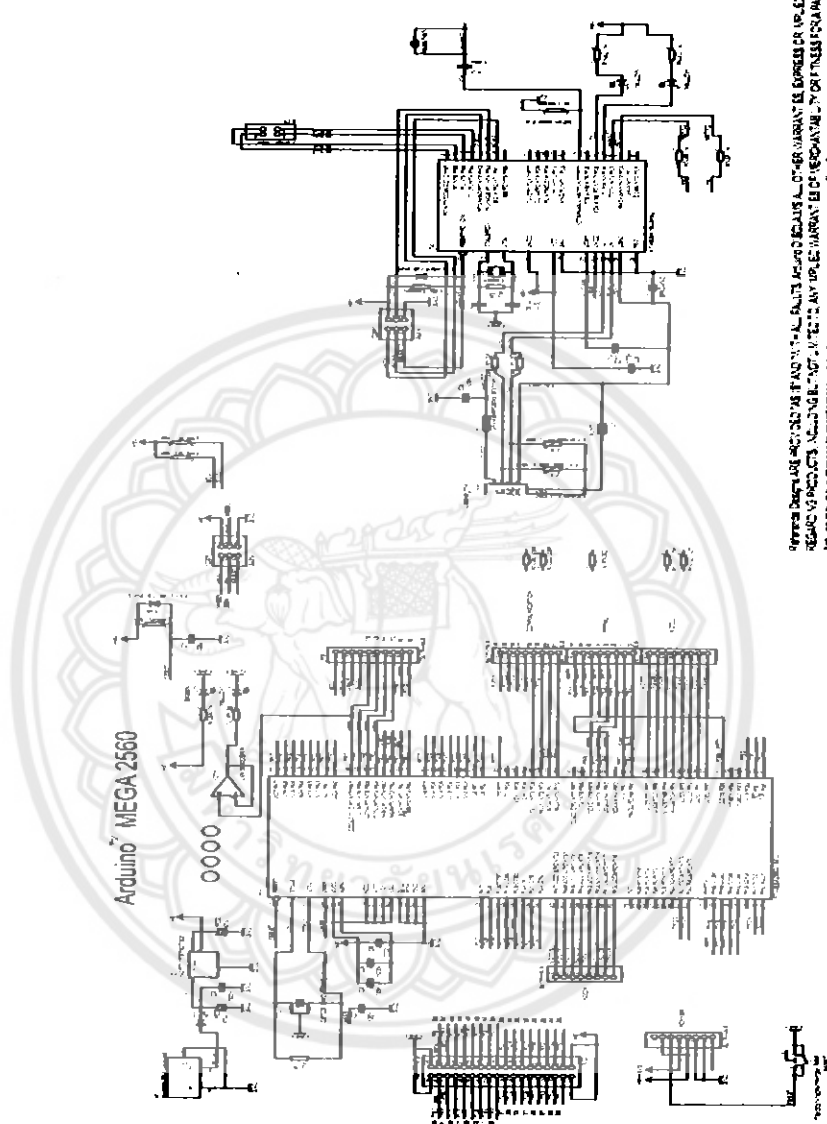




ภาคผนวก ข

Schematic Arduino Mega 2560





REMARKS: The circuit is designed to control the motor speed using a PWM signal. The motor speed is controlled by the duty cycle of the PWM signal. The duty cycle is controlled by the 555 timer, which is connected to the Arduino MEGA 2560. The 741 op-amp is used to amplify the PWM signal. The 74LS14 Schmitt trigger is used to invert the PWM signal. The motor is connected to the output of the 741 op-amp.

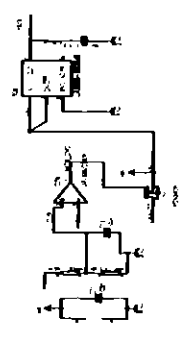


FIGURE 4.10: MOTOR CONTROL CIRCUIT



ภาคผนวก ค

รายละเอียด Pin Map Mega 2560 กับ ArduinoPin

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLK0/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	

29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33

58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11

87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC



ภาคผนวก ง

รายละเอียดหัวข้อคุณภูมิและความซึ้น SHT15

มหาวิทยาลัยนเรศวร

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

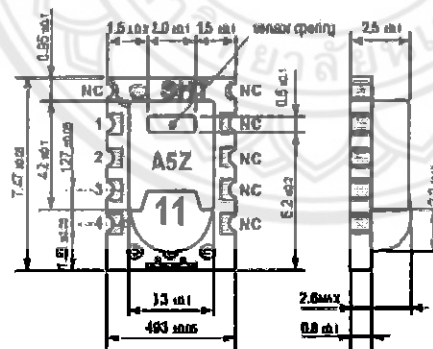


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:VCC, 4:VDD.

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides a humidity and a temperature sensor the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application of the sensor there is an evaluation kit EK-12 available including sensor, hard and software to interface with a computer.

For more sophisticated and demanding measurements a multi port evaluation kit EK-13 is available which allows for parallel application of up to 20 sensors.

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Replacement		fully interchangeable			
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time ³ ±(83%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		<0.5		%RH/yr

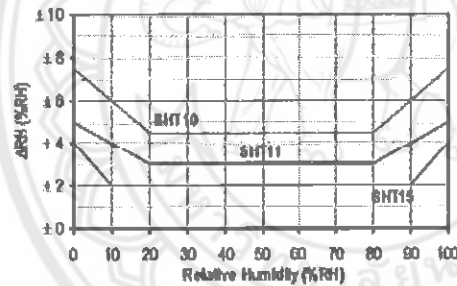


Figure 2: Maximal RH-accuracy at 25°C per sensor type.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Replacement		fully interchangeable			
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ³ ±(83%)			5		s
Long term drift ⁴			<0.04		°C/yr

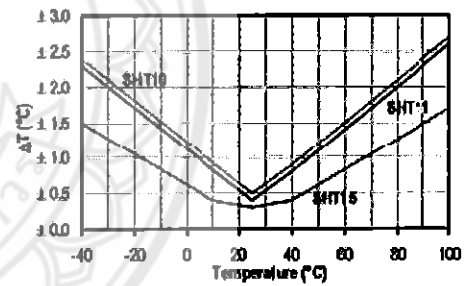


Figure 3: Maximal T-accuracy per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption ⁵	sleep		2	5	µW
	measuring		3		mW
	average		150		µW
Communication	digital 2-wire I ² C/SMB, see Communication				
Storage	10 – 60°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

¹ The default measurement resolution of is 1/16 for temperature and 1/256 for humidity. It can be reduced to 1/256bit by command to status register.
² Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 33%. Values exclude hysteresis and non linearity.
³ Time for reaching 83% of step function, valid at 25°C and 1m/s airflow.

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100097-04

⁴ Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 13 (Users Guide).
⁵ Value for VDD=5.5V at 25°C, average value at one 1/256 measurement per second.
⁶ Response time depends on wet capacity of and humid resistance to sensor substrate.

Users Guide SHT1x

1 Application Information

1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range, especially at humidity >80%RH, may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4. "Reconditioning Procedure" to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

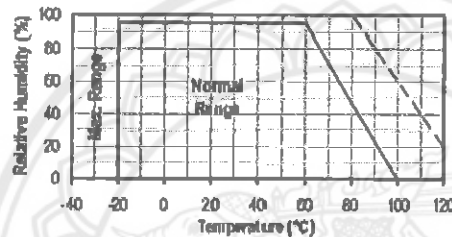


Figure 4: Operating Conditions

1.2 Soldering Instructions

For soldering SHT1x standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to IPC/JEDEC J-STD-020C with peak temperatures at 260°C during up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

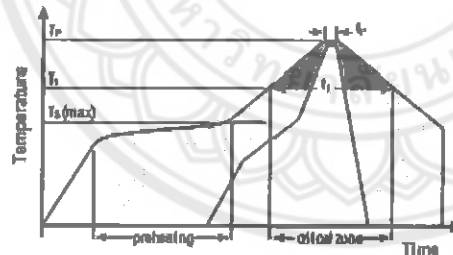


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard. $T_r < 200^\circ\text{C}$ and $t_1 < 40\text{sec}$ for Pb-free assembly, $T_1 < 220^\circ\text{C}$ and $t_1 < 150\text{sec}$. Ramp-up/down speeds shall be $< 5^\circ\text{C}/\text{sec}$.

For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to $T_r < 233^\circ\text{C}$ during $t_1 < 60\text{sec}$ and ramp-up/down speeds shall be limited to $10^\circ\text{C}/\text{sec}$. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C .

¹ $233^\circ\text{C} = 451^\circ\text{F}$, $200^\circ\text{C} = 500^\circ\text{F}$, $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$

IMPORTANT: After soldering the devices should be stored at $>75\%RH$ for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use "no-clean" solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases the soldering pads shall be sealed to prevent loose contacts or short cuts.

For the design of the SHT1x footprint it is recommended to use dimensions according to Figure 7. Sensor pads are coated with $35\mu\text{m Cu}$, $5\mu\text{m Ni}$ and $0.1\mu\text{m Au}$.

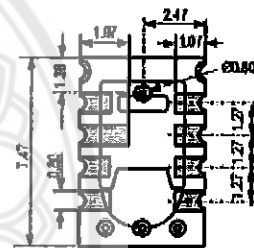


Figure 6: Pin side electrodes of sensor, view from top side.

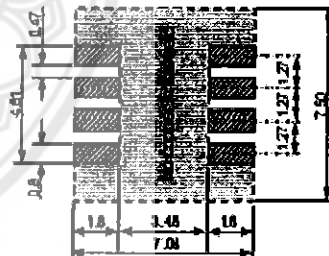


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at following conditions: Temperature shall be in the range of $10^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$ ($0 - 125^\circ\text{C}$ for limited time) and humidity at $20 - 60\%RH$ (sensors that are not stored in ESD bags).

For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of PE-HD¹.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
 Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h²

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or traps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).



Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slit milled into PCB to minimize heat transfer.

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

¹ For example, 32l anti-static bag, product "1910" with zipper.

² 70%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 10% – 100°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 – SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

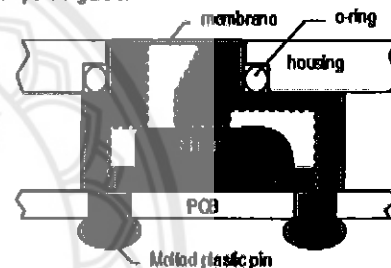


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

1.8 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: Any 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. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.9 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 and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used.

Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

1.10 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 ±100mA with $T_{amb} = 80^{\circ}\text{C}$ according to JEDEC78A. See Application Note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment	NC
1	GND	Ground	1
2	DATA	Serial Data, bidirectional	2
3	SCK	Serial Clock, input only	3
4	VDD	Source Voltage	4
NC	NC	Must be left unconnected	

Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I2C protocol, however, the sensor can be connected to an I2C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

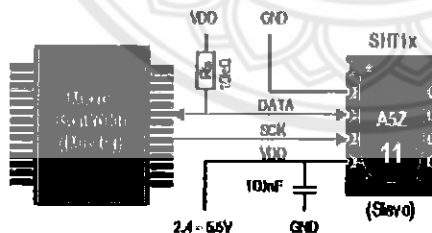


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R_p and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK DATA may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{su} and T_{ho} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T_v after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10kΩ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristics of the sensor.

2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level, input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise. For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

Parameter	Conditions	min.	typ.	max.	Units
Power supply DC ¹⁰		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.65	1	mA
	average ¹¹	2	28		µA
	sleep		0.3	1.5	µA
Low level output voltage	$I_L < 4 \text{ mA}$	0		250	mV
High level output voltage	$R_p < 25 \text{ k}\Omega$	90%		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 current	on		4	mA
	Tri-state (off)		10	20	µA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_p stands for pull up resistor, while I_L is low level output current.

¹⁰ Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

¹¹ Minimum value with one measurement of 8 bit accuracy without OVF reset per second, typical value with one measurement of 12bit accuracy per second.

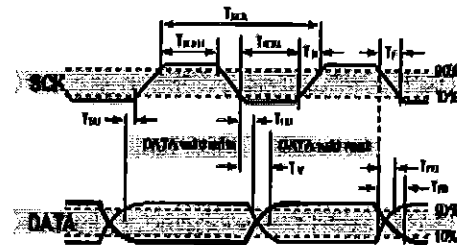


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Both valid times refer to the last SCK toggle.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units	
F _{SCK}	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5	MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1	MHz
T _{ackL}	SCK low time		100		ns	
T _r /T _f	SCK rise/fall time		1	200	ns	
T _{du}	DATA setup time	OL = 4pF	3.5	10	20	ns
		OL = 100pF	30	40	200	ns
T _{dv}	DATA valid time		200	250	ns	
T _{dh}	DATA hold time		10	15	ns	

* $T_{m, f} = T_{r, f} \cdot (F_{SCK})^{1.5} - T_{DH} - T_{DU}$
 ** T_{dv} is determined by the RC time constant of DATA line
 *** T_{dv} and T_{dh} depend on external pull up resistor (R_u) and total bus line capacitance (C_{bus}) at DATA line
 **** T_{dh} < T_v - max(T_m, T_f)

Table 3: SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entries are displayed in Figure 11.

3 Communication with Sensor

3.1 Start up Sensor

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slew rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 1 ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

3.2 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 – see Figure 12.

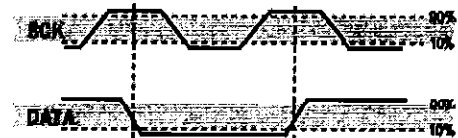


Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x 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 Relative 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 4: SHT1x list of commands

3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command (0000101' for relative humidity, '0000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low 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 at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller 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 measurement and communication are completed.

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

3.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. 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 13: Connection Reset Sequence

3.5 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned.

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

Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end of battery notice or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of those features. A more detailed description is available in the Application Note "Status Register".

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figures 16 and 17 – the assignment of the bits is displayed in Table 5.



Figure 14: Status Register Write



Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figures 16 and 17.



Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, LSB = Last Significant Bit.

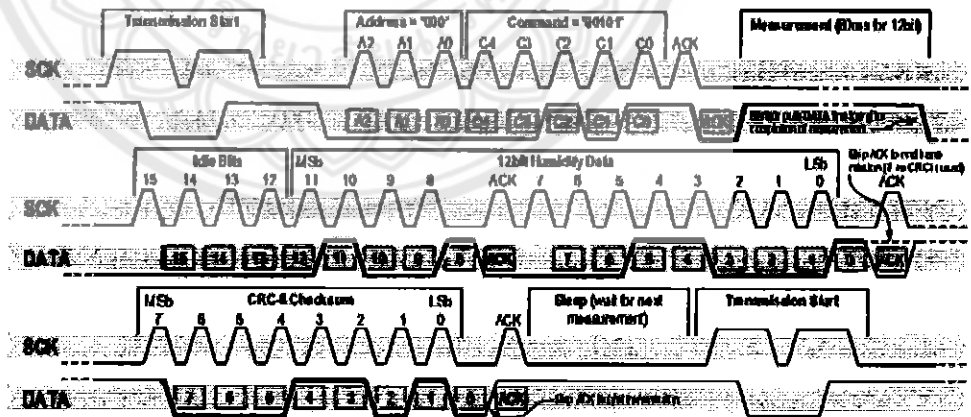


Figure 17: Example RH measurement sequence for value "000'000'0011'0001" = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

Datasheet SHT1x

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 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 loaded
0	R/W	1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution 0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH / 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

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.

End of Battery function detects and notifies VDD voltages below 2.47 V. Accuracy is ±0.05 V.

Heater: An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by 5 - 10°C¹² beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 6V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases at the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

4 Conversion of Signal Output

4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout (SO_{RH}) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{true} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \text{ (%RH)}$$

¹² Corresponds to 8 - 10°F

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-2.0468	0.0387	-1.5855E-6
8 bit	-2.0468	0.6872	-4.0845E-4

Table 6: Optimized V4 humidity conversion coefficients

The values given in Table 6 are newly introduced and provide optimized accuracy for V4 sensors along the full measurement range. The parameter set c₁, which has been proposed in earlier datasheets, which was optimized for V3 sensors, still applies to V4 sensors and is given in Table 7 for reference.

SO _{RH}	c ₁ [*]	c ₂ [*]	c ₃ [*]
12 bit	-4.0000	0.0405	-2.8000E-6
8 bit	-4.0000	0.8480	-7.2000E-4

Table 7: V3 humidity conversion coefficients, which also apply to V4.

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%RH¹³. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

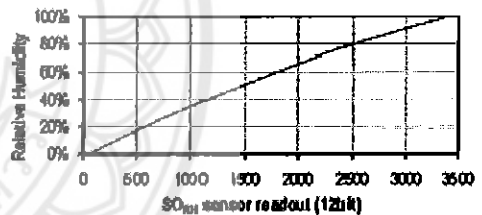


Figure 18: Conversion from SO_{RH} to relative humidity

4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the humidity signal requires a temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to 0.12%RH/°C @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 8.

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

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

Table 8: Temperature compensation coefficients¹⁴

¹³ If wetted excessively (during condensation of water on a moist surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.

¹⁴ Coefficients apply both to V3 as well as to V4 sensors.

4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert digital readout (SO₁) to temperature value, with coefficients given in Table 9:

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_1$$

VDD	d ₁ (°C)	d ₁ (°F)	SO ₁	d ₂ (°C)	d ₂ (°F)
5V	-40.1	-402	141h	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	121h	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-38.5			
3V	-39.6	-38.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

Table 8: Temperature conversion coefficients¹⁵.

4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

For dew point (T_d) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 - 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 10:

$$T_d(RH, T) = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}}$$

Temperature Range	T _n (°C)	m
Above water, 0 - 60°C	243.12	17.82
Above ice, -40 - 0°C	272.62	22.46

Table 10: Parameters for dew point (T_d) calculation.

Please note that "ln(...)" denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For more information on dew point calculation see Application Note "Dew point calculation".

5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. F qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 2 test conditions listed in Table 11¹⁶. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results ¹⁷
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JEDEC22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD Immunity	MIL-STD-883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with T _{amb} = 80°C, acc. JEDEC 17	Qualified

Table 11: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated temperature and humidity Test, THU = Temperature humidity unbiased

6 Packaging

6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant - it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

¹⁵ Temperature coefficients have slightly been adjusted compared to datasheet SHT1x version 3.0.1. Coefficients apply to V_{DD} as well as V_{SENSE}.

¹⁶ Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

¹⁷ According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

Datasheet SHT1x



Device size is 7.47 x 4.83 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch), see Figure 1, weight is 100 mg.

6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap (for reference: V3 sensors were labeled with numeric codes) – see "ASZ" on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and testing. No information can be derived from the code directly, respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

Labels on the reels are displayed in Figures 19 and 20, they both give traceability information.



Figure 19: First label on reel: XX = Sensor Type (11 for SHT11), 04 = Chip Version (V4), Y = last digit of year, RRRR = number of sensors on reel, TTTT = Traceability Code.

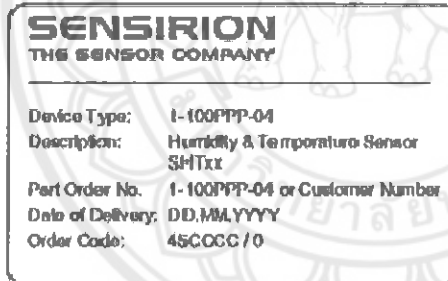


Figure 20: Second label on reel For Device Type and Part Order Number please refer to Table 12, Delivery Date (also Date Code) is date of packaging of sensors (DD = day, MM = month, YYYY = year), CCCC = Sensirion order number.

6.3 Shipping Package

SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs, 400pcs and 2000pcs – for details see Figure 21 and Table 12. Reels are individually labeled with barcode and human readable labels.

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100088-04
	Tape & Reel	2000	1-100424-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

Table 12: Packaging types per sensor type

Dimensions of packaging tape is given in Figure 21. All tapes have a minimum of 480mm empty leader tape (first pockets of the tape) and a minimum of 300mm empty trailer tape (last pockets of the tape).

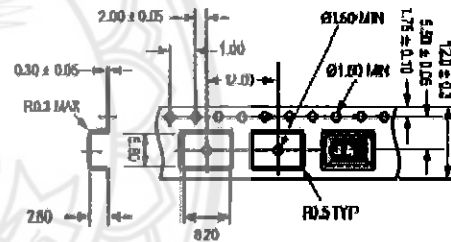


Figure 21: Tape configuration and unit orientation within tape, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). The leader tape is at the right side of the figure while the trailer tape is to the left (direction of unreefing).

Datasheet SHT1x

SENSIRION
 THE SENSOR COMPANY

Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
March 2007	3.0	1 - 10	Data sheet valid for SHT1x-V4 and SHT1x-V3
August 2007	3.01	1 - 10	Electrical characteristics added, measurement time corrected
July 2008	4.0	1 - 11	New release, rework of datasheet
September 2008	4.1	3, 4	Adjustment of normal operating range and recommendation for ambient temp

Important Notices

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. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors 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 SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

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 customary and statutory ESD precautions when handling this product.

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

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DISCLAIMED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

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

Copyright © 2007, SENSIRION.
 OMSens® is a trademark of Sensirion
 All rights reserved

Headquarter and Sales Offices

Headquarter
 SENSIRION AG
 Leubachstr. 60
 CH 8712 Stäbli 711
 Switzerland

Phone: +41 (0)41 308 40 00
 Fax: +41 (0)41 308 40 30
info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office USA:
 SENSIRION Inc.
 2801 Townsgate Rd., Suite 2-10
 Westlake Village, CA 91361
 USA

Phone: 805 498 4900
 Fax: 805 498 0487
michael.lenz@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office Korea:
 SENSIRION KOREA Co. Ltd.
 #1114 Anyang Construction Tower (H),
 1112-1, Bilsan-dong, Anyang city
 Gyeonggi Province
 South Korea

Phone: 011 410 9925-77
 Fax: 011 410 9927
info@sensirion.co.kr
<http://www.sensirion.co.kr>

Sales Office Japan:
 SENSIRION JAPAN Co. Ltd.
 Postal Code 108-0074
 Shinjuku Station Bldg 2F,
 4-23-6, Yamanote, Bunkyo-ku
 Tokyo, Japan

Phone: 03 3444 4940
 Fax: 03 3444 4933
info@sensirion.co.jp
<http://www.sensirion.co.jp>

Find your local representative at: <http://www.sensirion.com/eps>



ภาคผนวก จ

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:39:19	Temp	:	26.64	'C Humid	:	66.68	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:40:20	Temp	:	26.66	'C Humid	:	66.71	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:41:19	Temp	:	26.67	'C Humid	:	66.71	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:42:20	Temp	:	26.69	'C Humid	:	66.72	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:43:19	Temp	:	26.70	'C Humid	:	66.69	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:44:20	Temp	:	26.71	'C Humid	:	66.66	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:45:19	Temp	:	26.72	'C Humid	:	66.66	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:46:19	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.63	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:47:19	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.63	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:48:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.63	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:49:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:50:19	Temp	:	26.72	'C Humid	:	66.60	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:51:20	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.60	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:52:19	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:53:20	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:54:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:55:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:56:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:57:20	Temp	:	26.73	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:58:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	16:59:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:00:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:01:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:02:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:03:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:04:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:05:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:06:20	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:07:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.57	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:08:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:09:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:10:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:11:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:12:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:13:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:14:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:15:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.58	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:16:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:17:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:18:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:19:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:20:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:21:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:22:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.63	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:23:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:24:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:25:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:26:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:27:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:28:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.61	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:29:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:30:19	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:31:19	Temp	:	26.74	'C Humid	:	66.63	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:32:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:33:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:34:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:35:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:36:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:37:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:38:20	Temp	:	26.75	'C Humid	:	66.64	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:39:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:40:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:41:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:42:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:43:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:44:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.67	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:45:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:46:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:47:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:48:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:49:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:50:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:51:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:52:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:53:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:54:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:55:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.71	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:56:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:57:20	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:58:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	17:59:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:00:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:01:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:02:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.70	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:03:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:04:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:05:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.74	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:06:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:07:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:08:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.77	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:09:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.73	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:10:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:11:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:12:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:13:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:14:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:15:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:16:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:17:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:18:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:19:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:20:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:21:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.76	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:22:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.80	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:23:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:24:20	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:25:19	Temp	:	26.76	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:26:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:27:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:28:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:29:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:30:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.80	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:31:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.83	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:32:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:33:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.79	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:34:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.80	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:35:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.83	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:36:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:37:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:38:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:39:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:40:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:41:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:42:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:43:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:44:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.82	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:45:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:46:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:47:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:48:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:49:19	Temp	:	26.77	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:50:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:51:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:52:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.83	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:53:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:54:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:55:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.86	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:56:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:57:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:58:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	18:59:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.85	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:00:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:01:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:02:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:03:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:04:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.88	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:05:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.88	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:06:19	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.88	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:07:20	Temp	:	26.78	'C Humid	:	66.88	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:08:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:09:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:10:19	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:11:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:12:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:13:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	66.89	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:14:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:15:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:16:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:17:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:18:20	Temp	:	26.79	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:19:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:20:20	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:21:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:22:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:23:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:24:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:25:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:26:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	66.92	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:27:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:28:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:29:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:30:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:31:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:32:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:33:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:34:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:35:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:36:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:37:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:38:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:39:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:40:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	66.99	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:41:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	66.99	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:42:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.95	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:43:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:44:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:45:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:46:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:47:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:48:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:49:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:50:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:51:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:52:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:53:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.02	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:54:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	66.99	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:55:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:56:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:57:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:58:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	19:59:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:00:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	66.98	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:01:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:02:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:03:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:04:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:05:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:06:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.02	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:07:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.02	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:08:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:09:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.01	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:10:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:11:19	Temp	:	26.80	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:12:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:13:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:14:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:15:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:16:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:17:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.05	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:18:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:19:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:20:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.08	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:21:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.05	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:22:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:23:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.04	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:24:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:25:19	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:26:20	Temp	:	26.81	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:27:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.08	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:28:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:29:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.05	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:30:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:31:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:32:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.08	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:33:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:34:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.08	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:35:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:36:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:37:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:38:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:39:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.07	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:40:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:41:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:42:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:43:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:44:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:45:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:46:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:47:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:48:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:49:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:50:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:51:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:52:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:53:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:54:19	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.10	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:55:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:56:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:57:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.11	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:58:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	20:59:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:00:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:01:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:02:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:03:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:04:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:05:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.13	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:06:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:07:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:08:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.14	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:09:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:10:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:11:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:12:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:13:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:14:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:15:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:16:20	Temp	:	26.82	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:17:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:18:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.16	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:19:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:20:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:21:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:22:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:23:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:24:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:25:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:26:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:27:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:28:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:29:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:30:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:31:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:32:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.17	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:33:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:34:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:35:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:36:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:37:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:38:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:39:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:40:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:41:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:42:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:43:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:44:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:45:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:46:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:47:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.20	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:48:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:49:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:50:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:51:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:52:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:53:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:54:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:55:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:56:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:57:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.23	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:58:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	21:59:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:00:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:01:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:02:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:03:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:04:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:05:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:06:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:07:20	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:08:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:09:20	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:10:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:11:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:12:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:13:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:14:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:15:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.26	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:16:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:17:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:18:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:19:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:20:20	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:21:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:22:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:23:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:24:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:25:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:26:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:27:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:28:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:29:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:30:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:31:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.29	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:32:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:33:20	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.33	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:34:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:35:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:36:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:37:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:38:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:39:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:40:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:41:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:42:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:43:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:44:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:45:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.36	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:46:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:47:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:48:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:49:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:50:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:51:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:52:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:53:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:54:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.32	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:55:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:56:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:57:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:58:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.36	%	Heater	:	1
11/23/2013	22:59:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.36	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:00:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:01:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:02:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:03:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:04:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.35	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:05:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:06:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:07:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:08:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1

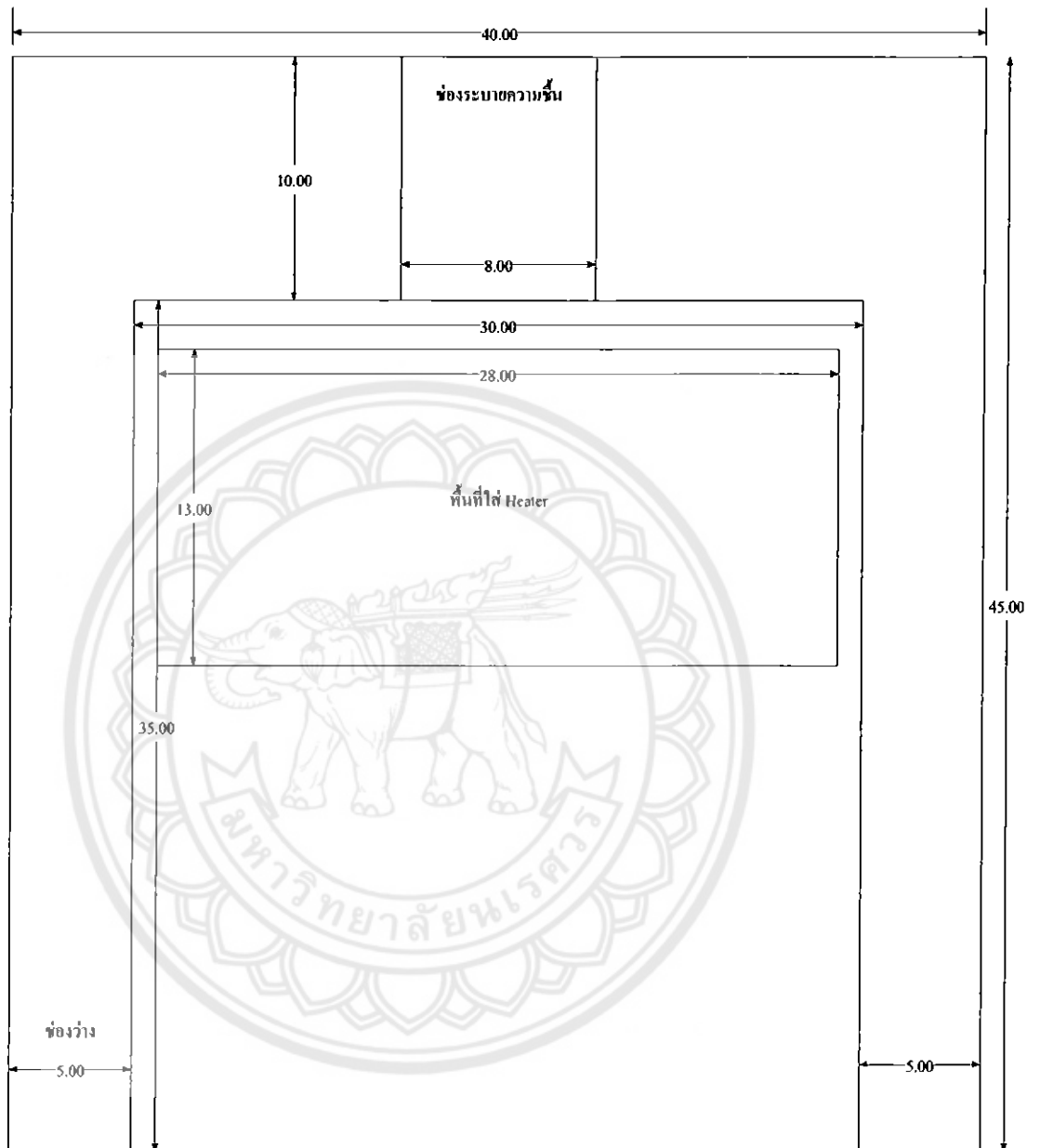
11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:09:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:10:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:11:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:12:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:13:20	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.39	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:14:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:15:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:16:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:17:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:18:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:19:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:20:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:21:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.38	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:22:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:23:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.45	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:24:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:25:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:26:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:27:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:28:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:29:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:30:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:31:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:32:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:33:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:34:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:35:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.41	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:36:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:37:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:38:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:39:20	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.45	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:40:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:41:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:42:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:43:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:44:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:45:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:46:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:47:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:48:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:49:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:50:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:51:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.45	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:52:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.48	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:53:19	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:54:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:55:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:56:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:57:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.44	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:58:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/23/2013	23:59:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:00:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1

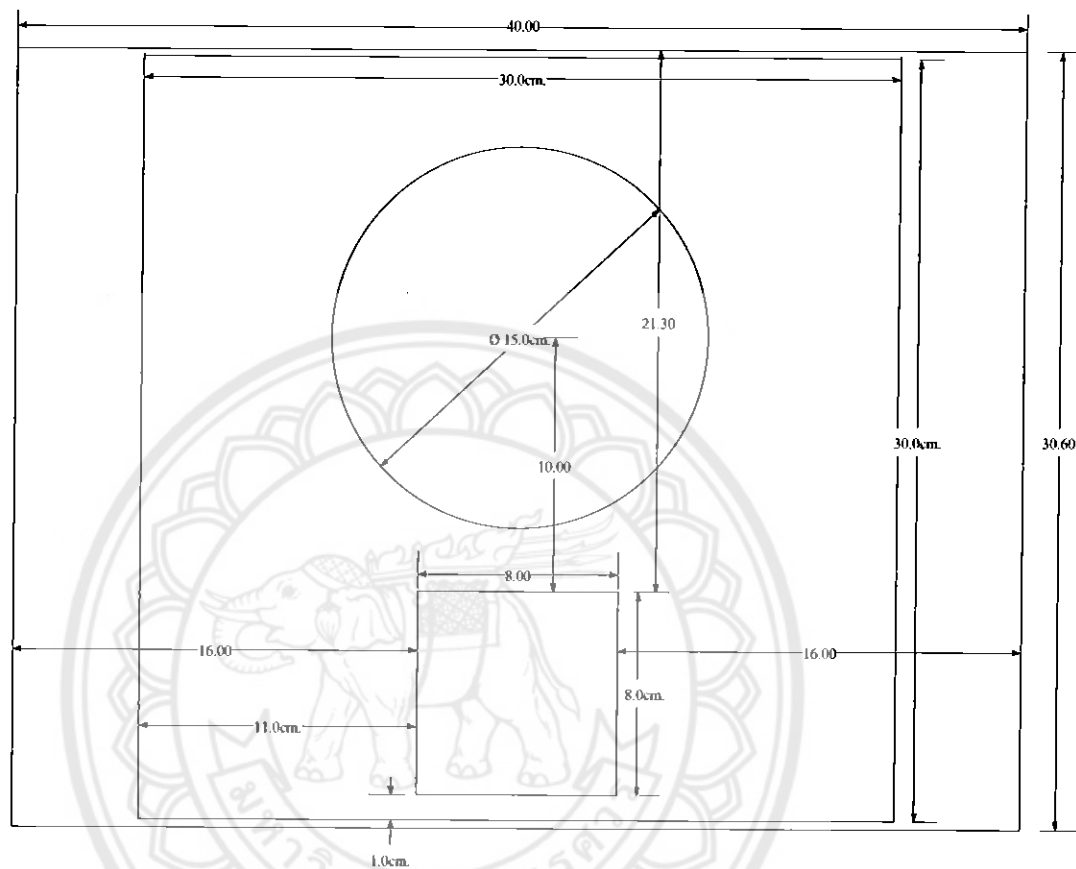
11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:01:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:02:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:03:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:04:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:05:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:06:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:07:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:08:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.47	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:09:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:10:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:11:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:12:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:13:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:14:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:15:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:16:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:17:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:18:19	Temp	:	26.88	'C Humid	:	67.51	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:19:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:20:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:21:20	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:22:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:23:20	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:24:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:25:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:26:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.50	%	Heater	:	1

11/23/2013	16:38:20	Temp	:	26.47	'C Humid	:	67.19	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:27:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:28:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:29:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:30:19	Temp	:	26.85	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:31:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:32:20	Temp	:	26.87	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:33:19	Temp	:	26.86	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:34:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:35:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:36:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.53	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:37:19	Temp	:	26.83	'C Humid	:	67.56	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:38:20	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.56	%	Heater	:	1
11/24/2013	0:39:19	Temp	:	26.84	'C Humid	:	67.56	%	Heater	:	1

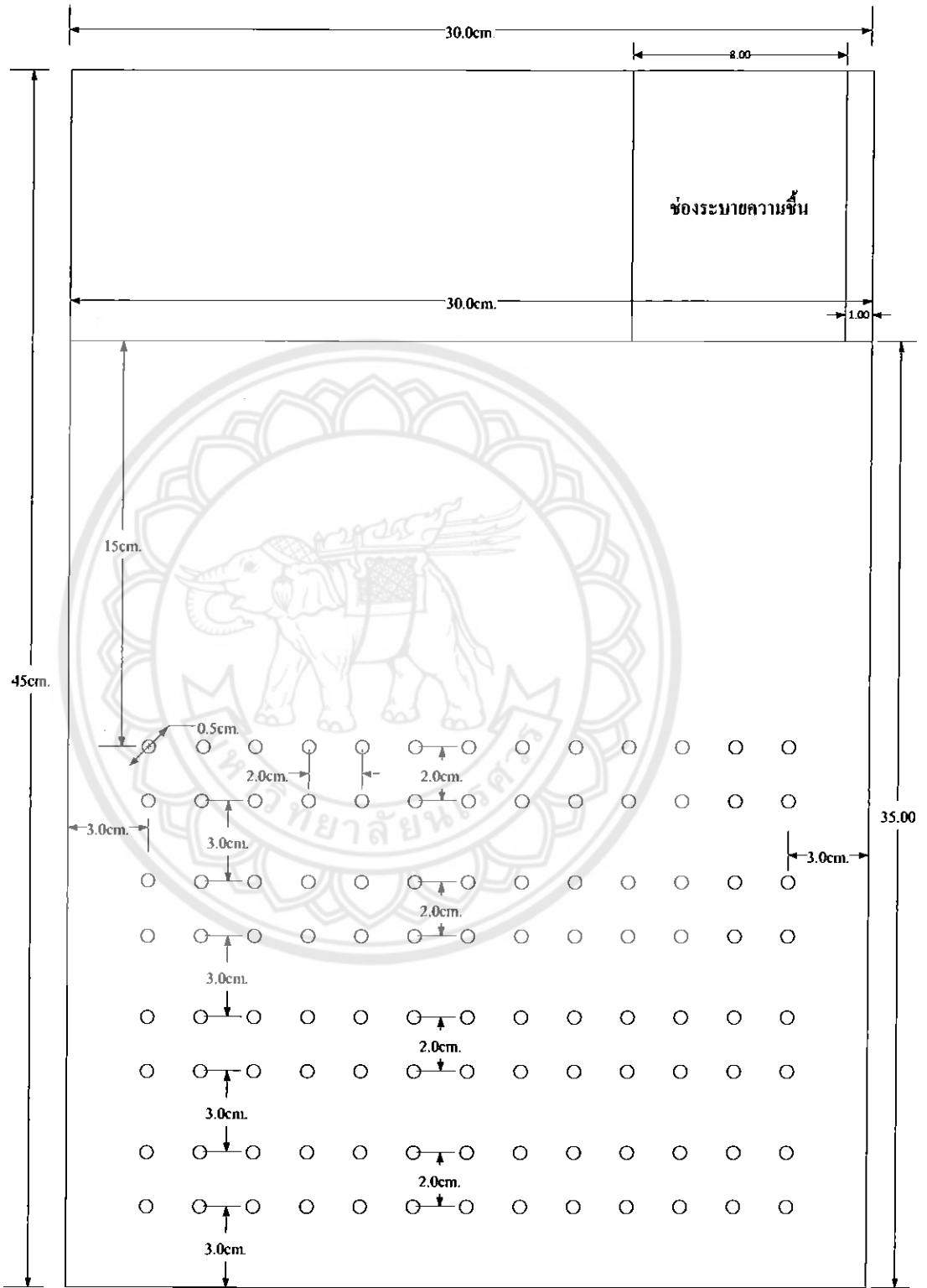




รูปที่ ๓.๑ แสดงด้านหน้าของแบบจำลอง

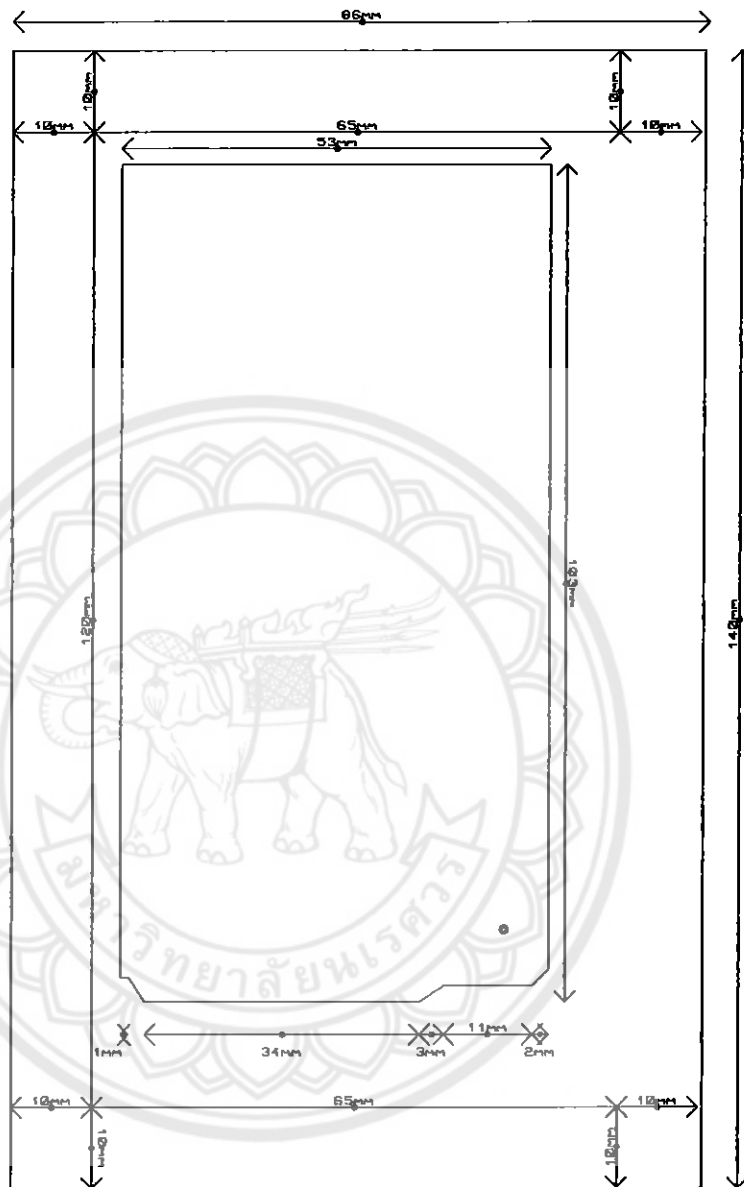


รูปที่ ๓.๒ แสดงด้านบนของแบบจำลอง

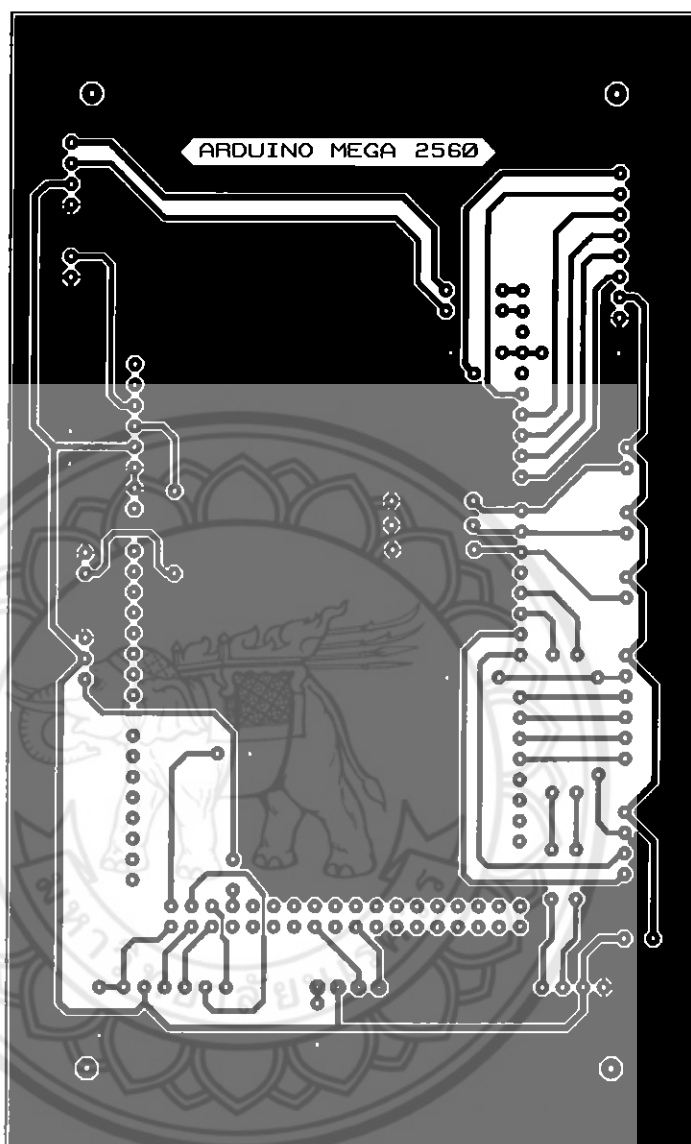


รูปที่ น.3 แสดงด้านซ้ายของแบบจำลอง





รูปที่ ช.1 ขนาดของลายวงจร(PCB)



รูปที่ ๓.3 ถายวงจร (PCB)



ภาคผนวก ซ

การติดตั้งโปรแกรม SL4A

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1. การลง python บนระบบปฏิบัติการ Android ต้องมีการต่อ Internet ให้กับมือถือ, Computer หรือ Notebook ที่กำลังใช้งานอยู่เพื่อให้ Simulator สามารถเชื่อมต่อกับ Internet ได้เช่นเดียวกัน เริ่มจากเปิด Browser จากแอปพลิเคชันของโปรแกรม เพื่อทำการเข้าไปยัง “code.google.com/p/android-scripting” หรือสามารถ พิมพ์ค้นหาจาก google ที่อยู่บนหน้าจอได้ โดยใช้คำค้น SL4A ก็จะปรากฏหน้าเว็บดังรูปที่ ข.1



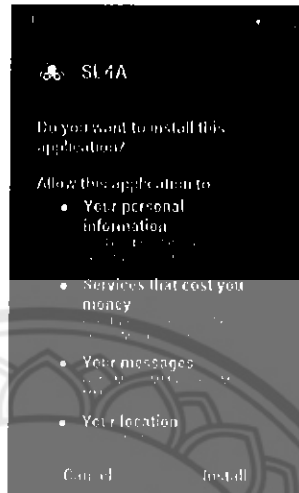
รูปที่ ข.1 แสดงเว็บไซต์สำหรับโหลดโปรแกรม SL4A

เมื่อทำการดาวน์โหลดเสร็จสิ้นแล้ว สามารถคลิกดูรายการและกดที่รายการเพื่อ Install ดังรูปที่ ข.2



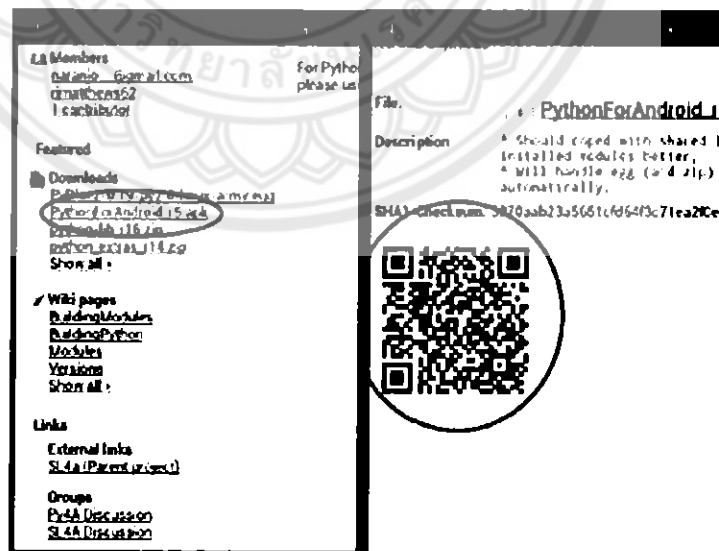
รูปที่ ข.2 แสดงรายการดาวน์โหลดบนมือถือ

จากนั้นคลิกที่ปุ่ม install เพื่อติดตั้ง โปรแกรม



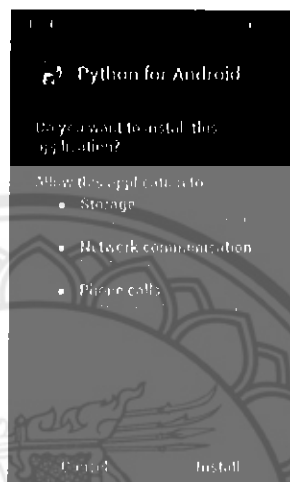
รูปที่ ซ.3 ปุ่ม install โปรแกรม SL4A

2. โปรแกรมต่อไปคือ Python for Android ซึ่งสามารถ Search ได้จาก Browser หรือจะเข้าไปที่เว็บไซต์ <http://code.google.com/p/python-for-android/> ให้สังเกตที่เมนูด้านซ้าย แล้วกดที่ QR code เพื่อ Download ได้เลย ดังรูปที่ ซ.4



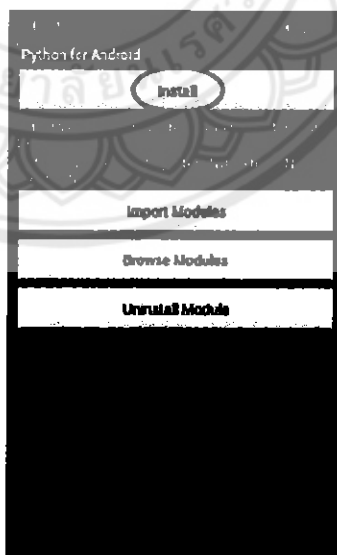
รูปที่ ซ.4 แสดงลิงค์สำหรับดาวน์โหลด Python for Android

3. ขั้นต่อไปให้ทำลักษณะเดิมคือกลับไปสู่หน้าหลัก>>กดที่เมนู>>เข้าไปที่โฟลเดอร์ Downloads>>PythonForAndroid_r5.apk เพื่อทำการ Install (ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามเวอร์ชัน)



รูปที่ ๗.5 ปุ่ม install โปรแกรม PythonForAndroid

เมื่อทำการเปิดโปรแกรม จะปรากฏดังรูปที่ ๗.6 จากนั้นคลิกปุ่ม Install



รูปที่ ๗.6 แสดงโปรแกรม PythonForAndroid

4. หลังจากการ Install เสร็จให้กลับไปหน้าจอหลัก จากนั้นเลือกที่เมนู ก็จะปรากฏ โปรแกรม Python For Android ขึ้นมาใหม่ ให้คลิกเข้าไปที่ SL4A ในวงกลมสีเขียว ดังรูปที่ ข.7 เพื่อเริ่มใช้งาน



รูปที่ ข.6 แสดงรูปแอปพลิเคชัน PythonForAndroid และ SL4A

หน้าจอก็จะปรากฏผลดังรูป ถือว่าเป็นอันเสร็จสิ้นการลงโปรแกรม Python on Android สามารถเริ่มเขียนโปรแกรมและลองทำการรันผลดูได้เลยโดยการคลิกรูปในวงกลมสีแดง ดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 แสดงผลการเปิดโปรแกรม SL4A



ภาคผนวก ฅ

ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Arduino

1. เข้าเว็บไซต์ <http://arduino.cc/> และเข้าไปที่เมนู Download เลือก Windows Installer หรือ Windows(ZIP file)



Arduino IDE

Arduino 1.0.5

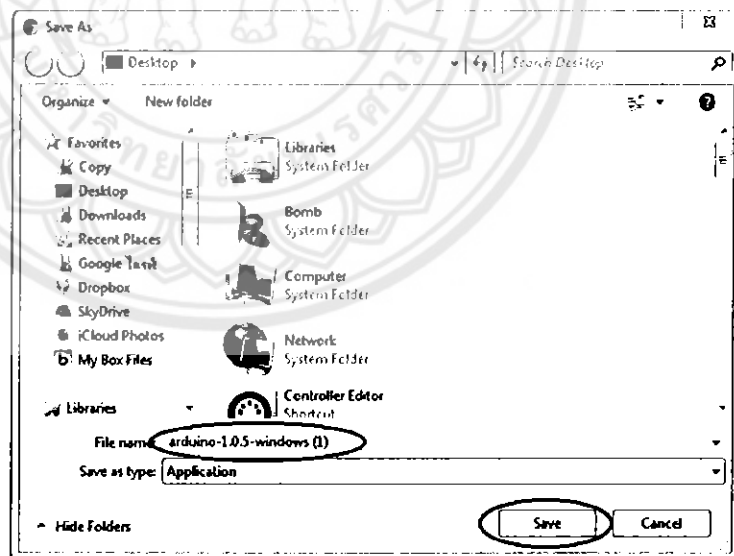
Download
 Arduino 1.0.5 (release notes), hosted by Google Code

- Windows Installer, Windows (ZIP file)
- Mac OS X
- Linux (2 bit, 64 bit)
- Source

Next steps
 Getting Started
 Reference
 Environment
 Examples
 Contributions
 FAQ

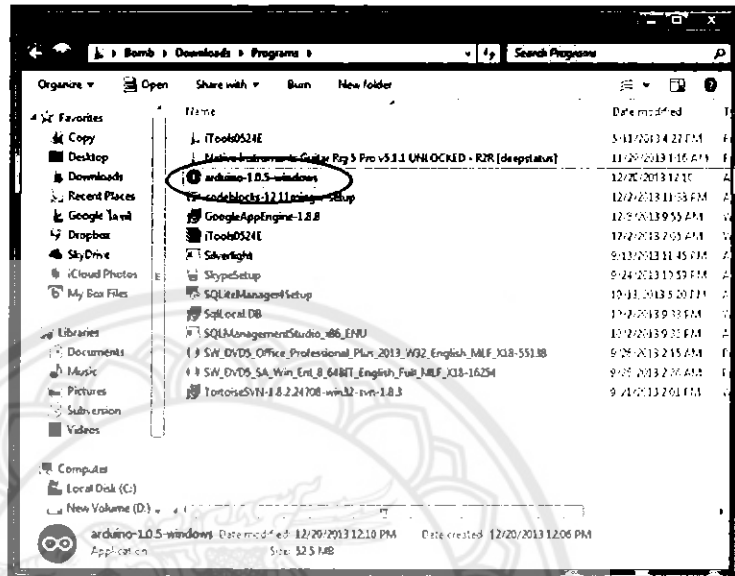
รูปที่ ๑.1 เว็บไซต์ดาวน์โหลดโปรแกรม arduino

2. เลือกที่จะเก็บไฟล์ไว้ในไดเรกทอรีที่เราต้องการจะจัดเก็บ



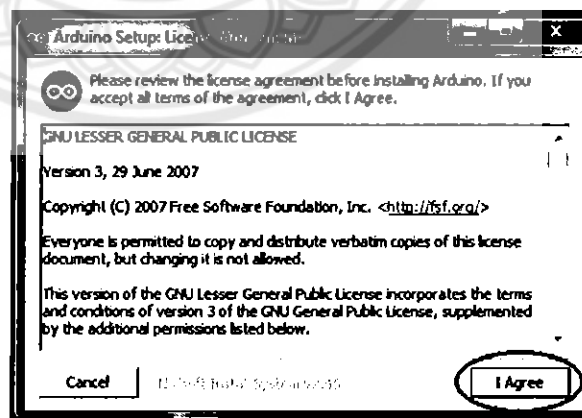
รูปที่ ๑.2 แสดงไดเรกทอรีที่จะเก็บไฟล์ดาวน์โหลด

3. จะได้ไฟล์ arduino-1.0.5-windows.exe ให้ดับเบิลคลิกเพื่อทำการติดตั้ง



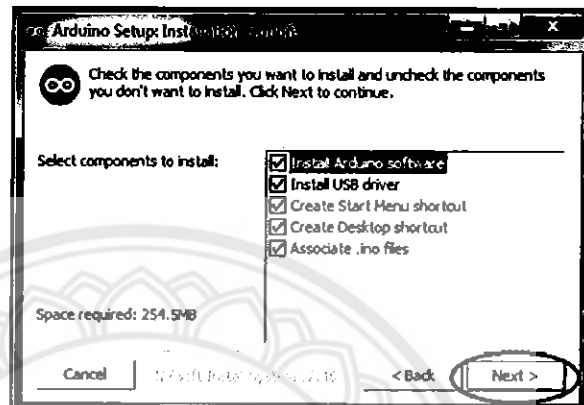
รูปที่ ๓.3 แสดง โปรแกรมที่ดาวน์โหลดเสร็จแล้ว

4. เลือก I Agree เพื่อยอมรับข้อตกลงในการติดตั้ง



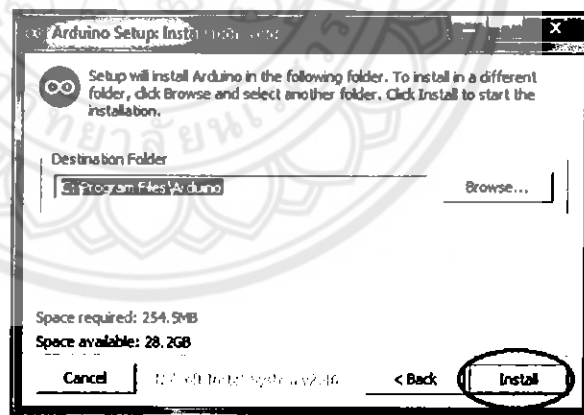
รูปที่ ๓.4 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

5. เลือก next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป



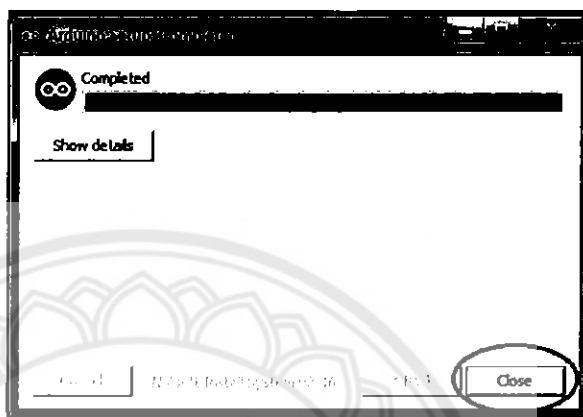
รูปที่ ๓.๕ ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

6. คลิก Install เพื่อเริ่มขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม



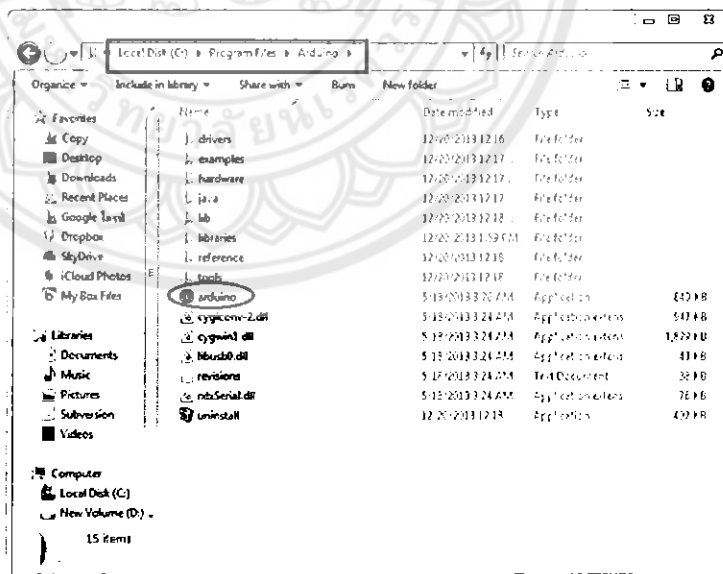
รูปที่ ๓.๖ ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

7. รอโปรแกรมติดตั้ง หากเสร็จแล้วให้กด Close เพื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการติดตั้งโปรแกรม



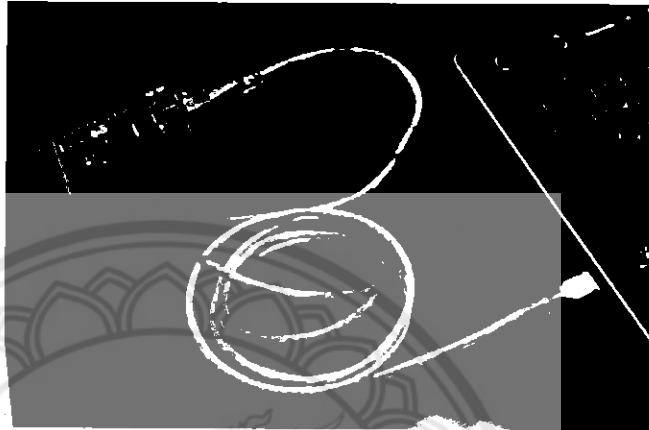
รูปที่ ๗.7 จบขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

8. เข้าโปรแกรมโดยไปที่ไดเรกทอรี C:\Program Files\Arduino



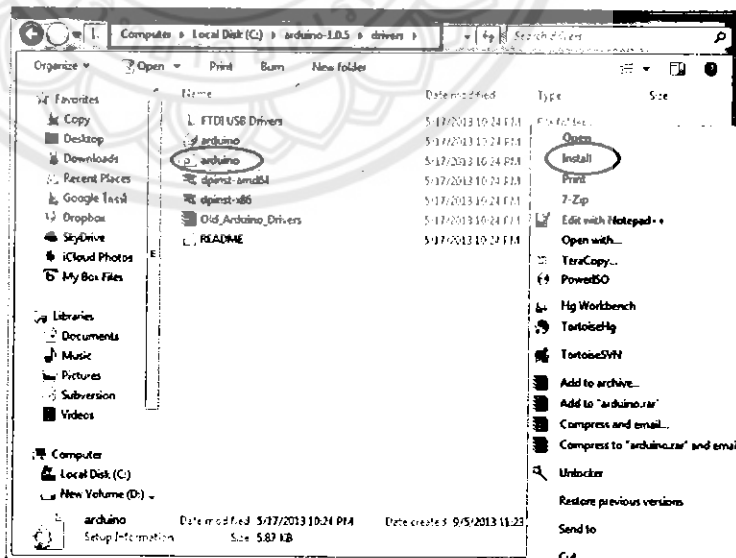
รูปที่ ๗.8 แสดงไดเรกทอรีที่ติดตั้งโปรแกรม

9. นำบอร์ด Arduino มาต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้สาย USB



รูปที่ ๘.9 การเชื่อมต่อบอร์ดกับคอมพิวเตอร์

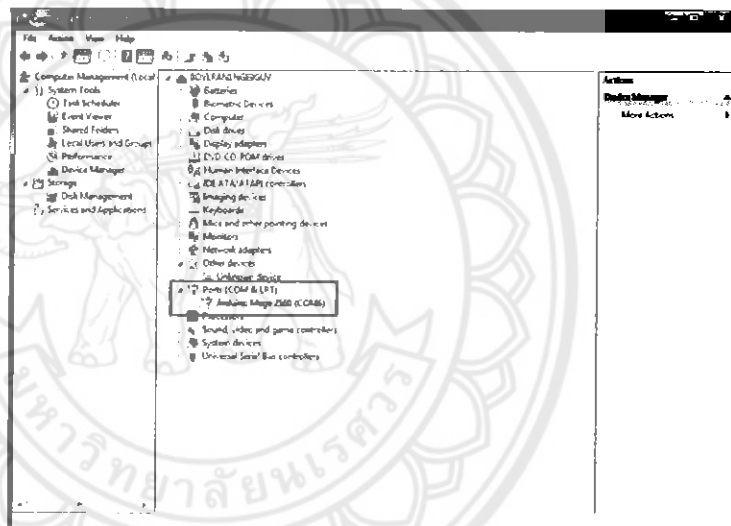
10. - กรณี windows 7 ติดตั้ง Driver โดยเข้าไปที่ไดเรกทอรี C:\Program Files\Arduino\drivers จากนั้นคลิกขวาที่ไฟล์ arduino เลือก install



รูปที่ ๘.10 การติดตั้ง Driver Arduino

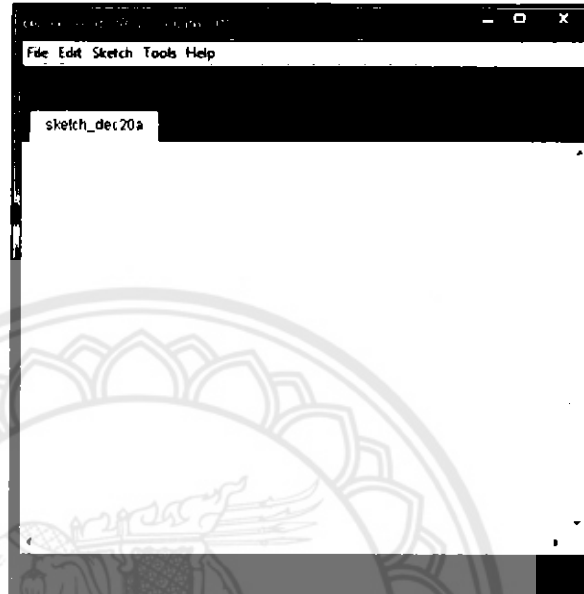
- กรณี Windows NT จะต้อง find หาไดรเวอร์ โดยคลิกขวาที่ My Computer -> Manage เลือกที่ USB Device คลิกขวา เลือก Update Driver -> Install แบบ Advance -> เลือกแบบ Include this location in the search แล้วเลือกไปที่ไดเรกทอรี C:\Program Files\Arduino\drivers จากนั้นคลิก Next เพื่อไปขั้นตอนถัดไป

11. เมื่อลงไดรเวอร์เสร็จสิ้นจะสังเกตเห็นว่าจะขึ้นที่กลุ่มของ Port(COM&LPT)



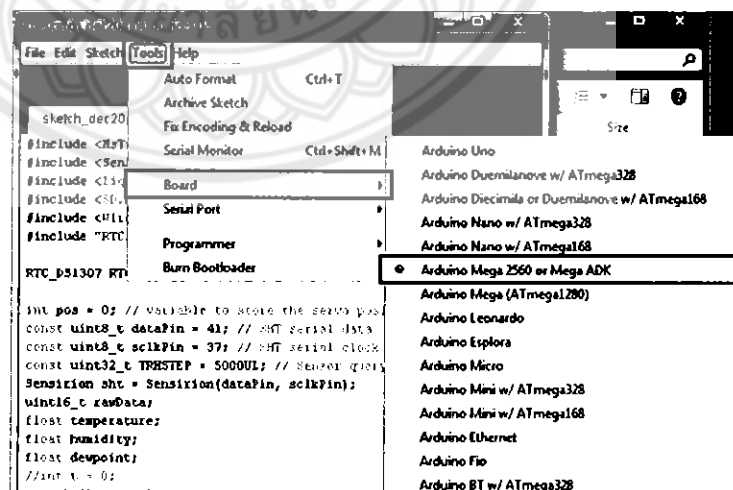
รูปที่ ๑๑.11 การติดตั้ง Driver Arduino สำเร็จ

12. เข้าสู่โปรแกรมโดยการดับเบิลคลิกไอคอน Arduino ที่หน้า Desktop



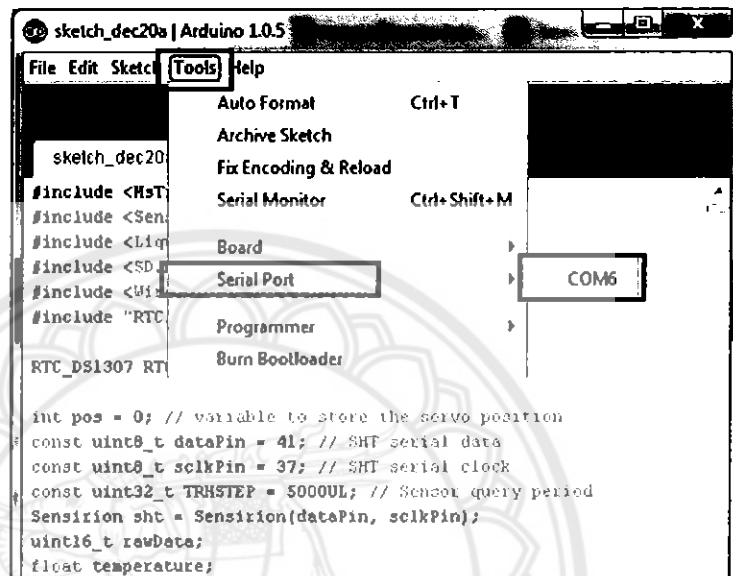
รูปที่ ๑.12 หน้าจอโปรแกรม Arduino

13. ตั้งค่า บอร์ดรุ่นที่ใช้งานเข้าไปที่ Tools -> Board -> Arduino Mega 2560 or Mega ADK



รูปที่ ๑.13 การตั้งค่ารุ่นของบอร์ดใช้งาน

14. เลือกพอร์ตการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ด tools -> Serial Port ->เลือกพอร์ตให้ตรงกับขั้นตอนการติดตั้ง



รูปที่ ๑๓.14 การตั้งค่าพอร์ตในการเชื่อมต่อ

15. เริ่มต้นเขียน โปรแกรม โดยการศึกษารายละเอียด ข้อกำหนด ไวยากรณ์ภาษาและศึกษาตัวอย่าง
ได้ที่เว็บไซต์ <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

```

sketch_dec20a $
#include <Timer2.h>
#include <Sht1x.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

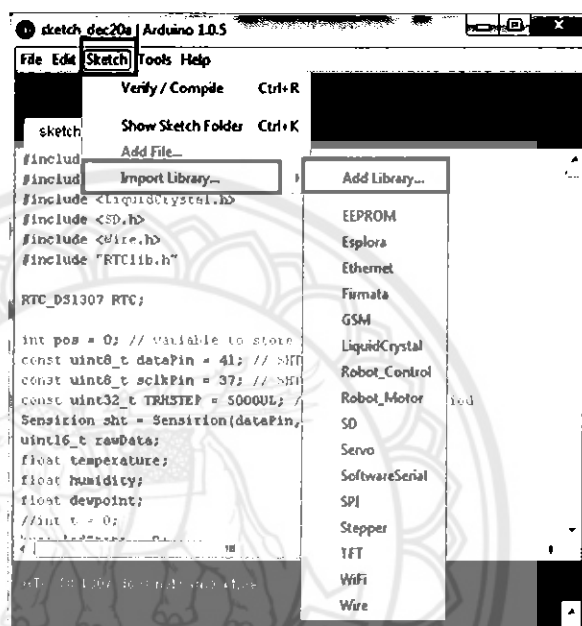
RTC_DS1307 RTC;

int pos = 0; // variable to store the servo position
const uint8_t dataPin = 41; // SHT serial data
const uint8_t sclPin = 37; // SHT serial clock
const uint32_t TRNSTEP = 5000UL; // Servo query period
Sht1x sht = Sht1x(dataPin, sclPin);
uint16_t rawData;
float temperature;
float humidity;
float dewpoint;
//int t = 0;

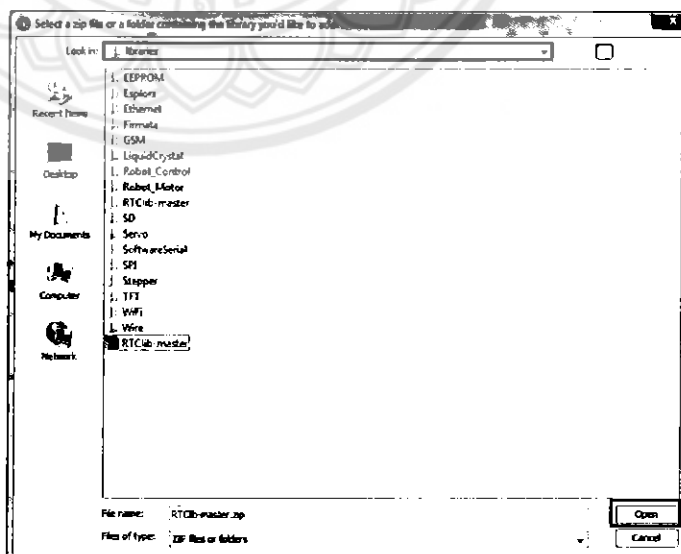
```

รูปที่ ๑.15 การตั้งค่ารุ่นของบอร์ดใช้งาน

16. การเพิ่มไลบรารี ให้คลิกที่ Sketch -> Import Library -> Add Library จากนั้นให้เลือกไดเรกทอรีที่เก็บไลบรารีไว้โดยเมื่อดาวน์โหลดไลบรารีจากเว็บไซต์ <https://github.com/adafruit/RTClib> มาแล้วจะต้องนำไปไว้ในไดเรกทอรี C:\Program Files\Arduino\libraries

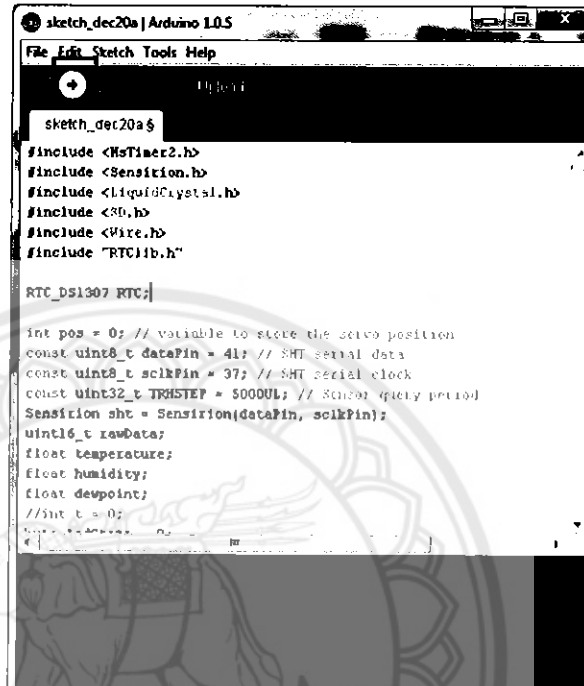


รูปที่ ๑๖.16 การเพิ่มไลบรารีของตัวอุปกรณ์



รูปที่ ๑๖.17 ไดเรกทอรีของไลบรารี

17. เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็เฟลชโปรแกรมลงในบอร์ดโดยการกดที่ upload



```
sketch_dec20a | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
sketch_dec20a $
#include <MsTimer2.h>
#include <Sensirion.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS1307 RTC;

int pos = 0; // variable to store the servo position
const uint8_t dataPin = 41; // SHT serial data
const uint8_t sclkPin = 37; // SHT serial clock
const uint32_t TRMSTEP = 5000UL; // Sensor query period
Sensirion sht = Sensirion(dataPin, sclkPin);
uint16_t rawData;
float temperature;
float humidity;
float dewpoint;
//int t = 0;
```

รูปที่ ๑.18 การเฟลชโปรแกรมลงบอร์ด

