

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับห้องอบไม้



นาย สรกิจ เศรษฐชาตน์นัท

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

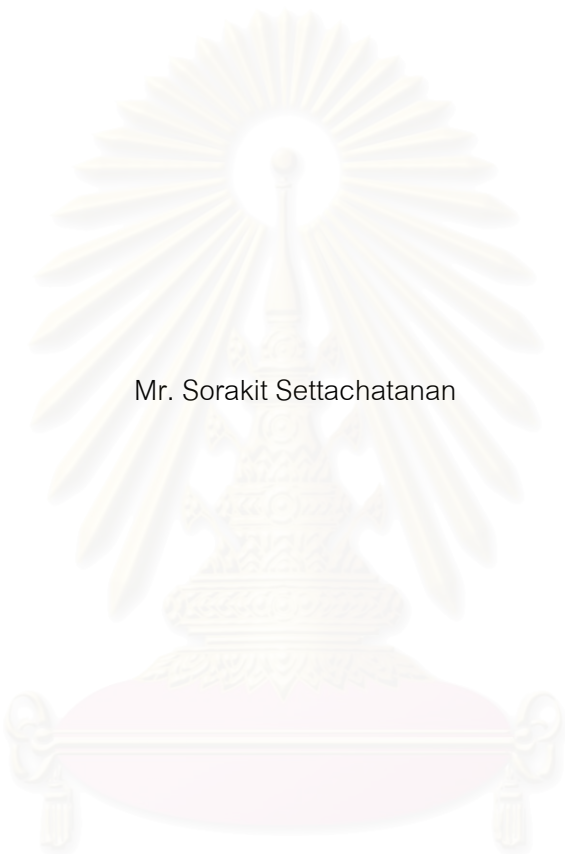
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1471-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF RELIABLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR WOOD DRYING ROOM

Mr. Sorakit Settachatanan



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1471-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับห้องอบไม้
โดย นาย สรภกิจ เศรษฐฐาตน์นันท
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ไชยະ แซ่มซ้อย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงพล กาญจนชูชัย)

สถาบันวิศวกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรกจิ เศรษฐชาตนันท์ : การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับห้องอบไม้.
(DEVELOPMENT OF RELIABLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR WOOD DRYING
ROOM) อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ, 135 หน้า. ISBN 974-53-1471-4

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบ สร้างและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับห้องอบไม้ ให้มีความน่าเชื่อถือ โดยใช้วิธีการสำรองแผงควบคุมอีกหนึ่งแผง ซึ่งทำหน้าที่เป็นแผงควบคุมสำรอง ทำงานขนานกับแผงควบคุมหลัก และสามารถทำงานแทนแผงควบคุมหลักได้ทันทีเมื่อวงจรตรวจสอบพบว่าแผงควบคุมหลักทำงานผิดพลาด ซึ่งเรียกหลักการนี้ว่า one-on-one redundancy ระบบสามารถควบคุมห้องอบไม้ได้ 8 ห้องโดยอิสระต่อกัน พนักงานควบคุมสามารถปรับเปลี่ยนค่าเป้าหมายของการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ได้แก่ ค่าเวลาในการอบไม้, ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ใช้ในการอบไม้แต่ละห้องได้ อีกทั้งยังสามารถดูข้อมูลการทำงานของห้องอบไม้แบบเวลาปัจจุบัน หรือแบบประวัติของข้อมูลในแต่ละห้องได้

การทดสอบหลักการ one-on-one redundancy และการทดสอบใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2547..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4470583521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING.

KEY WORD: WOOD DRYING ROOM / ONE-ON-ONE REDUNDANCE

SORAKIT SETTACHATANAN : DEVELOPMENT OF RELIABLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR WOOD DRYING ROOM. THESIS ADVISOR : SOMBOON CHONGCHAIKIT, D.Ing., 135 pp. ISBN 974-53-1471-4

This thesis describes the principle of design, manufacture and development of a reliable automatic control system for wood drying room, using the method of providing additional control panel board that works as the standby control board in parallel with the main control panel board. The standby control panel board is capable of taking over the control as soon as the main control panel board is out of order. This principle is called one-on-one redundance. The system is capable of controlling 8 wood drying rooms independently, it also enables the operator to set the control set-points such as the drying time, the temperature and relative humidity of the air in each room via personal computer. Besides, the record of present data and historical data of each room can be monitored.

The one-on-one redundance principle and the system were successfully tested in the laboratory and gave the satisfactory results as outlined in this thesis.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Electrical Engineering.....Student's signature.....

Field of study...Electrical Engineering.....Advisor's signature.....

Academic year2004.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดจนจัดหา ตำรา และการจัดลำดับความคิด จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ อ.ไชยะ เข้มช้อย และ ผศ.ดร.ทรงพล กาญจนชูชัย ที่ทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัท เอ็นเนอร์จีเพาเวอร์(ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสในการศึกษา เงินทุนบางส่วน และให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น เพื่อใช้ประกอบเป็นระบบควบคุม ขอขอบคุณ บริษัท พาราวิเนียร์ 2002 จำกัด ที่ให้คำปรึกษาแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับการอบไม้

ขอขอบคุณ คุณวิลาวัลย์ สอนดี คุณสมชบา สังกสิทธิเวชย์ คุณชนวรรณ เกตุดี และ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นิสิตในสังกัดห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมที่ให้ความช่วยเหลือในด้านคำปรึกษาและเป็นกำลังใจมาตลอด ขอขอบคุณ คุณอนันต์ แก่นตะเคียน ที่ได้ให้แนวคิดการออกแบบตัวควบคุม และพี่ๆประจำบริษัท เอ็นเนอร์จีเพาเวอร์ ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการประกอบตัวควบคุม

ท้ายนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา น้องๆทุกคนซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน ความรัก ความอบอุ่น และกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สรกิจ เศรษฐชาตนันท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเบื้องต้น.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่	
2. ห้างอบไม้.....	3
2.1 ลักษณะของห้างอบไม้.....	3
2.2 ระบบควบคุมห้างอบไม้ในปัจจุบัน.....	5
2.3 ปัญหาที่พบในระบบควบคุมห้างอบไม้ในปัจจุบัน.....	7
บทที่	
3. ทฤษฎีและแนวคิดในการออกแบบ.....	8
3.1 ลักษณะพื้นฐานของระบบควบคุมห้างอบไม้.....	8
3.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบ.....	9
3.3 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์.....	9
3.3.1 ตัวควบคุม.....	11
3.3.1.1 ส่วนแบ่งควบคุมหลักและแบ่งควบคุมสำรอง.....	12
3.3.1.2 ส่วนแบ่งผู้เลือก.....	12
3.3.1.2.1 วงจรเลือกแบ่งควบคุม.....	12
3.3.1.2.2 วงจรเลือกสัญญาณควบคุม.....	12

สารบัญ(ต่อ)

ซ

หน้า

3.3.1.2.3	วงจรถูกเลือกแผงขั้วรีเลย์.....	12
3.3.1.2.4	วงจรถูกแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485.....	13
3.3.1.3	ส่วนแผงขั้วรีเลย์.....	13
3.3.1.4	ส่วนแผงจ่ายไฟ.....	13
3.3.1.5	ส่วนแผงเชื่อมต่อ.....	13
3.3.2	อุปกรณ์วัด.....	13
3.3.3	อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น.....	13
3.3.4	ตัวพักข้อมูล.....	14
3.3.5	คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	14
3.4	แนวความคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์.....	14
3.4.1	โปรแกรมบนระบบควบคุม.....	14
3.4.1.1	โปรแกรมของตัวควบคุม.....	15
3.4.1.2	โปรแกรมของอุปกรณ์วัด.....	17
3.4.1.3	โปรแกรมของตัวพักข้อมูล.....	18
3.4.2	โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	19
3.4.2.1	ส่วนตั้งค่าเป้าหมาย.....	19
3.4.2.2	ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง.....	19
3.4.2.3	ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบประวัติข้อมูล.....	20
3.4.2.4	ส่วนตั้งค่าของตัวควบคุม.....	20
บทที่		
4.	ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่มีความน่าเชื่อถือ.....	21
4.1	ตัวควบคุม.....	21
4.1.1	ส่วนแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง.....	21
4.1.1.1	ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	22
4.1.1.2	วอตซ์ดีค.....	22
4.1.1.3	ส่วนแสดงผลการทำงาน.....	23
4.1.1.4	ส่วนของข้อมูล.....	23
4.1.1.4.1	สัญญาณควบคุม.....	23
4.1.1.4.2	ข้อมูลพอร์ตอนุกรม.....	23

4.1.1.4.3 สัญญาณยืนยันสถานะ.....	23
4.1.2 ส่วนแ่งผู้เลือก.....	24
4.1.2.1 วงจรเลือกแ่งควบคุม.....	24
4.1.2.2 วงจรเลือกสัญญาณควบคุม.....	26
4.1.2.2.1 ส่วนจัดการคำสั่งเลือก.....	27
4.1.2.2.2 ส่วนเลือกสัญญาณควบคุม.....	28
4.1.2.2.3 ส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม.....	29
4.1.2.3 วงจรเลือกแ่งรีเลย์.....	29
4.1.2.4 วงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485.....	30
4.1.3 ส่วนแ่งขับรีเลย์.....	31
4.1.3.1 ส่วนรับสัญญาณควบคุม.....	31
4.1.3.2 ส่วนคงค่าเอาท์พุต.....	31
4.1.3.3 ส่วนขับรีเลย์.....	31
4.1.4 ส่วนแ่งจ่ายไฟ.....	32
4.1.5 ส่วนแ่งเชื่อมต่อ.....	33
4.2 อุปกรณ์วัด.....	33
4.2.1 เซนเซอร์.....	34
4.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	34
4.2.3 วอตซ์ค็อก.....	34
4.2.4 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485.....	34
4.2.5 ส่วนแสดงผลการทำงาน.....	34
4.3 อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น.....	35
4.4 ตัวพักข้อมูล.....	35
4.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	36
4.4.2 วอตซ์ค็อก.....	36
4.4.3 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485.....	36
4.4.4 ส่วนเพิ่มพอร์ตอนุกรม.....	37
4.4.5 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS232.....	37
4.4.6 ส่วนแสดงผลการทำงาน.....	37

4.5 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	37
บทที่	
5. โปรแกรมระบบควบคุมห้องอบไม้ และส่วนแสดงผล.....	38
5.1 โพรโทคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง.....	38
5.1.1 ไบต์เริ่มต้นที่ 1 และไบต์เริ่มต้นที่ 2.....	39
5.1.2 ที่อยู่ผู้ส่ง และที่อยู่ผู้รับ.....	39
5.1.3 คำสั่งและข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 9.....	39
5.1.3.1 คำสั่งของตัวควบคุม.....	40
5.1.3.1.1 Config.....	40
5.1.3.1.2 Relay.....	41
5.1.3.1.3 SP (Set Point).....	42
5.1.3.1.4 VP (Variable Process).....	43
5.1.3.2 คำสั่งของอุปกรณ์วัด.....	44
5.1.3.2.1 VP.....	44
5.1.3.2.2 ST (Sampling Time)	44
5.1.3.3 คำสั่งของตัวพักข้อมูล.....	45
5.1.3.3.1 VP.....	45
5.1.4 Checksum.....	45
5.2 โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	46
5.2.1 โปรแกรมของตัวควบคุม.....	46
5.2.1.1 ส่วนโปรแกรมหลักของตัวควบคุม.....	47
5.2.1.1.1 Memory Check.....	47
5.2.1.1.2 Initial Condition.....	48
5.2.1.1.3 Output.....	49
5.2.1.1.4 TxDataStream.....	50
5.2.1.1.5 FunctionBBox.....	51
5.2.1.1.6 FunctionMBox.....	52
5.2.1.1.7 BaseTimeProcess.....	53
5.2.1.2 ส่วนอินเตอร์รัพท์.....	55

สารบัญ(ต่อ)

ฉ

หน้า

5.2.1.2.1 อินเทอร์เน็ตจากนาฬิกาภายใน.....	55
5.2.1.2.2 อินเทอร์เน็ตจากพอร์ตอนุกรม.....	56
5.2.2 โปรแกรมของอุปกรณ์วัด.....	57
5.2.2.1 ส่วนโปรแกรมหลักของอุปกรณ์วัด.....	58
5.2.2.1.1 Enable Rdtemp.....	58
5.2.2.1.2 Timeout Sensor.....	58
5.2.2.1.3 Function MCU.....	58
5.2.2.1.4 MBox Address.....	59
5.2.2.2 ส่วนอินเทอร์เน็ตของอุปกรณ์วัด.....	59
5.2.2.2.1 RdTemp.....	59
5.2.3 โปรแกรมของตัวพักข้อมูล.....	60
5.2.3.1 ส่วนโปรแกรมหลักของตัวพักข้อมูล.....	61
5.2.3.1.1 TxDataStream Max3100.....	61
5.2.3.1.2 Function MCU.....	62
5.2.3.1.3 Function Computer.....	62
5.2.3.2 ส่วนอินเทอร์เน็ตภายนอก(EX1).....	63
5.3 โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	64
5.3.1 ฟังก์ชันพนักงานควบคุม.....	64
5.3.1.1 ฟังก์ชันตั้งค่าเป้าหมาย.....	65
5.3.1.2 ฟังก์ชันแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน.....	66
5.3.1.3 ฟังก์ชันแสดงผลแบบประวัติข้อมูล.....	67
5.3.2 ฟังก์ชันวิศวกร.....	69
บทที่ 6 การสร้างระบบควบคุมห้องอบไม้ และการทดสอบ.....	72
6.1 การสร้างฮาร์ดแวร์.....	72
6.1.1 การทดลองฮาร์ดแวร์.....	72
6.1.2 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์.....	73
6.1.3 การประกอบวงจรและทดสอบ.....	78
6.2 การทดสอบ.....	80

สารบัญ(ต่อ)

ฉ

	หน้า
6.2.1 การทดสอบการทำงานเบื้องต้น.....	80
6.2.2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการ.....	82
6.3 ผลการทดสอบ.....	86
บทที่	
7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	87
7.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์.....	87
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	88
รายการอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก. รายละเอียดฮาร์ดแวร์.....	91
ภาคผนวก ข. ข้อมูลต่างๆของอุปกรณ์บางตัว.....	104
ข.1 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเซนเซอร์ดิจิตอล SHT11.....	105
ข.2 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับไอซีเพิ่มพอร์ตอนุกรม MAX3100.....	112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	135

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 ห้องอบไม้และอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้.....	4
รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบัน.....	5
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุม.....	6
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของระบบควบคุม.....	6
รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้.....	8
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบควบคุมในงานวิจัยนี้.....	10
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของตัวควบคุม.....	11
รูปที่ 3.4 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของตัวควบคุม.....	16
รูปที่ 3.5 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของอุปกรณ์วัด.....	17
รูปที่ 3.6 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของตัวพักข้อมูล.....	18
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	19
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงควบคุม.....	22
รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนกำเนิดสัญญาณยืนยันสถานะ.....	23
รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงผู้เลือก.....	24
รูปที่ 4.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรตรวจสอบการหายไปของพัลส์แบบคงค่าเอาท์พุท.....	25
รูปที่ 4.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรเลือกแผงควบคุม.....	26
รูปที่ 4.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของวงจรเลือกสัญญาณควบคุม.....	26
รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนจัดการคำสั่งเลือก.....	27
รูปที่ 4.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกสัญญาณควบคุม.....	28
รูปที่ 4.9 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม.....	29
รูปที่ 4.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรเลือกแผงรีเลย์.....	30
รูปที่ 4.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485.....	30
รูปที่ 4.12 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงขั้วรีเลย์.....	31
รูปที่ 4.13 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงจ่ายไฟ.....	32
รูปที่ 4.14 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของอุปกรณ์วัด.....	33
รูปที่ 4.15 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของตัวพักข้อมูล.....	36
รูปที่ 5.1 รายละเอียดโปรโตคอลที่ใช้ในระบบควบคุมของงานวิจัยนี้.....	38

บทที่	หน้า
รูปที่ 5.2 รายละเอียดคำสั่ง Config ของตัวควบคุม.....	40
รูปที่ 5.3 รายละเอียดคำสั่ง Relay ของตัวควบคุม.....	41
รูปที่ 5.4 รายละเอียดคำสั่ง SP ของตัวควบคุม.....	42
รูปที่ 5.5 รายละเอียดคำสั่ง VP ของตัวควบคุม.....	43
รูปที่ 5.6 รายละเอียดคำสั่ง VP ของอุปกรณ์วัด.....	44
รูปที่ 5.7 รายละเอียดคำสั่ง STของอุปกรณ์วัด.....	45
รูปที่ 5.8 คำสั่งVP ของตัวพักข้อมูล.....	45
รูปที่ 5.9 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลักโปรแกรมของตัวควบคุม.....	46
รูปที่ 5.10 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Memory Check.....	47
รูปที่ 5.11 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Initial Condition.....	48
รูปที่ 5.12 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน OutPort.....	49
รูปที่ 5.13 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน TxDataStream.....	50
รูปที่ 5.14 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน FunctionBBox.....	51
รูปที่ 5.15 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน FunctionMBox.....	52
รูปที่ 5.16 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน BaseTimeProcess.....	54
รูปที่ 5.17 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างอินเตอร์รัพท์จากนาฬิกาภายใน.....	55
รูปที่ 5.18 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างอินเตอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรม.....	56
รูปที่ 5.19 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างโปรแกรมของอุปกรณ์วัด.....	57
รูปที่ 5.20 โฟลวชาร์ตแสดงโครงสร้างโปรแกรมส่วน Function MCU.....	58
รูปที่ 5.21 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ RdTemp.....	59
รูปที่ 5.22 โฟลวชาร์ตแสดงโครงสร้างโปรแกรมของตัวพักข้อมูล.....	60
รูปที่ 5.23 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ TxDataStream Max3100.....	61
รูปที่ 5.24 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Function MCU.....	62
รูปที่ 5.25 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Function Computer.....	63
รูปที่ 5.26 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของอินเตอร์รัพท์ภายนอก(EX1).....	63
รูปที่ 5.27 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....	64
รูปที่ 5.28 หน้าจอหลักในส่วนตั้งค่าเป้าหมาย.....	65
รูปที่ 5.29 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน.....	66
รูปที่ 5.30 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลประวัติข้อมูลแบบตารางข้อมูล.....	67

บทที่	หน้า
รูปที่ 5.31 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลประวัติข้อมูลแบบกราฟ.....	68
รูปที่ 5.32 หน้าจอหลักในส่วนตั้งค่าของประวัติข้อมูล.....	68
รูปที่ 5.33 หน้าจอในส่วนใส่รหัสผ่าน.....	69
รูปที่ 5.34 หน้าจอในส่วนตั้งค่าของตัวควบคุม.....	70
รูปที่ 5.35 หน้าจอในส่วนตั้งค่าของอุปกรณ์วัด.....	70
รูปที่ 5.36 หน้าจอในส่วนตั้งค่าพอร์ตอนุกรม.....	71
รูปที่ 6.1 แผ่นวงจรพิมพ์ของแผงควบคุม (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	74
รูปที่ 6.2 แผ่นวงจรพิมพ์ของแผงผู้เลือก (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	74
รูปที่ 6.3 แผ่นวงจรพิมพ์ของแผงขั้วรีเลย์ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	75
รูปที่ 6.4 แผ่นวงจรพิมพ์ของแผงจ่ายไฟ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	75
รูปที่ 6.5 แผ่นวงจรพิมพ์ของแผงเชื่อมต่อ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	76
รูปที่ 6.6 แผ่นวงจรพิมพ์ของเซนเซอร์ดิจิทัล SHT11 (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	76
รูปที่ 6.7 แผ่นวงจรพิมพ์ของอุปกรณ์วัด (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	77
รูปที่ 6.8 แผ่นวงจรพิมพ์ของตัวพักข้อมูล (ที่ประกอบเสร็จแล้ว).....	77
รูปที่ 6.9 อุปกรณ์วัดที่ประกอบเสร็จแล้ว.....	78
รูปที่ 6.10 ตัวพักข้อมูลที่ประกอบเสร็จแล้ว.....	79
รูปที่ 6.11 ตัวควบคุมที่ประกอบเสร็จแล้ว.....	79
รูปที่ 6.12 สภาวะในขณะที่แผงควบคุมหลักทำงาน.....	80
รูปที่ 6.13 หลอดแอลอีดีที่แผงผู้เลือกบอกสถานะแผงควบคุมหลักทำงาน.....	81
รูปที่ 6.14 สภาวะในขณะที่แผงควบคุมหลักหยุดทำงาน.....	81
รูปที่ 6.15 หลอดแอลอีดีที่แผงผู้เลือกบอกสถานะแผงควบคุมสำรองทำงาน.....	81
รูปที่ 6.16 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 1 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย....	83
รูปที่ 6.17 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 2 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย ...	83
รูปที่ 6.18 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 3 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย....	84
รูปที่ 6.19 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 4 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย ...	84
รูปที่ 6.20 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 5 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย ...	85
รูปที่ 6.21 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 6 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย ...	85

บทที่	หน้า
รูปที่ ก.1 ภาพวงจรแฉงควบคุม.....	92
รูปที่ ก.2 ภาพวงจรแฉงผู้เลือก.....	93
รูปที่ ก.3 ภาพวงจรแฉงขั้วรีเลย์.....	94
รูปที่ ก.4 ภาพวงจรแฉงจ่ายไฟ.....	95
รูปที่ ก.5 ภาพวงจรอุปกรณ์วัด.....	96
รูปที่ ก.6 ภาพวงจรตัวพักข้อมูล.....	97
รูปที่ ก.7 ภาพลายวงจรของแฉงควบคุม(ไม่ใช่สเกลจริง).....	98
รูปที่ ก.8 ภาพลายวงจรของแฉงผู้เลือก(ไม่ใช่สเกลจริง).....	99
รูปที่ ก.9 ภาพลายวงจรของแฉงขั้วรีเลย์(ไม่ใช่สเกลจริง).....	100
รูปที่ ก.10 ภาพลายวงจรของแฉงจ่ายไฟ(ไม่ใช่สเกลจริง).....	101
รูปที่ ก.11 ภาพลายวงจรของอุปกรณ์วัด(ไม่ใช่สเกลจริง).....	102
รูปที่ ก.12 ภาพลายวงจรของตัวพักข้อมูล(ไม่ใช่สเกลจริง).....	103

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น [1]

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เครื่องครัวและของเล่นไม้ของประเทศไทยกำลังเจริญเติบโตและมีมูลค่าในการส่งออกแต่ละปีไม่ต่ำกว่า 3-4 หมื่นล้านบาท วัตถุดิบหลักคือไม้ยางพาราซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่มากในประเทศไทย กระบวนการที่จะทำให้วัตถุดิบไม้ยางพารามีคุณภาพดีคือการอบไม้ยางพารา เป็นไม้เนื้ออ่อนมีท่อน้ำเลี้ยงเป็นจำนวนมาก การหดตัวค่อนข้างสูง มีโปรตีนและน้ำตาลทำให้เกิดเชื้อรา ถ้าอบโดยใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้ไม่เกิดการบิดตัว มีรอยแตกของเนื้อไม้ และสีของไม้ที่ได้เป็นสีแดงซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ถ้าอบในอุณหภูมิต่ำจะแห้งช้าและไม้เปลี่ยนสี เกิดเชื้อราได้ง่าย อุณหภูมิที่ควรใช้ในการอบมีค่าประมาณ 95-100 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณร้อยละ 7-10 ใช้เวลาในการอบประมาณ 15 วัน ปัจจุบันเทคโนโลยีการอบไม้ยังไม่ได้มาตรฐานทำให้บางครั้งไม้ยางพาราที่ผ่านการอบมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร ปัญหาที่พบเห็นคือไม้ยางพาราหลังผ่านการอบมีความชื้นไม่คงที่ทั่วทั้งแผ่น ทำให้ผิวไม้ไม่ขาว มีการบิดตัว และโก่งงอง่าย การอบไม้ในประเทศไทย ใช้คนควบคุมโดยอาศัยประสบการณ์ และยังไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลในการอบแต่ละครั้งเพื่อนำมาวิเคราะห์พัฒนากระบวนการอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีมาตรฐาน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอระบบควบคุมห้องอบไม้ที่มีความน่าเชื่อถือสูงและมีการจัดเก็บข้อมูลการอบไม้ผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างระบบควบคุมห้องอบไม้ให้มีความน่าเชื่อถือ โดยออกแบบอิงตามความต้องการในการใช้งานจริงจากโรงอบไม้ที่ทำการศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาระบบควบคุมให้มีความน่าเชื่อถือ
2. พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบควบคุมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
3. พัฒนาโปรแกรมจัดเก็บ และแสดงผลข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
4. ทดลองระบบควบคุมที่ได้ออกแบบพัฒนาในห้องปฏิบัติการวิจัย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจกระบวนการทำงานของโรงอบไม้และความต้องการของผู้ใช้งาน
2. ออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์
3. ออกแบบโครงสร้างทางซอฟต์แวร์
4. ออกแบบรูปแบบโปรโตคอลเชื่อมโยง
5. สร้างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ตามที่ได้ออกแบบไว้
6. ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
7. พัฒนาโปรแกรมจัดเก็บข้อมูล แสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
8. ทดลองระบบควบคุมต้นแบบในห้องปฏิบัติการวิจัย
9. เขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของระบบควบคุมห้องอบไม้
2. ได้ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์กระบวนการอบไม้
3. สามารถนำเอาระบบควบคุมห้องอบไม้ที่พัฒนาขึ้นไปพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอบไม้ต่างๆ

บทที่ 2

ห้องอบไม้

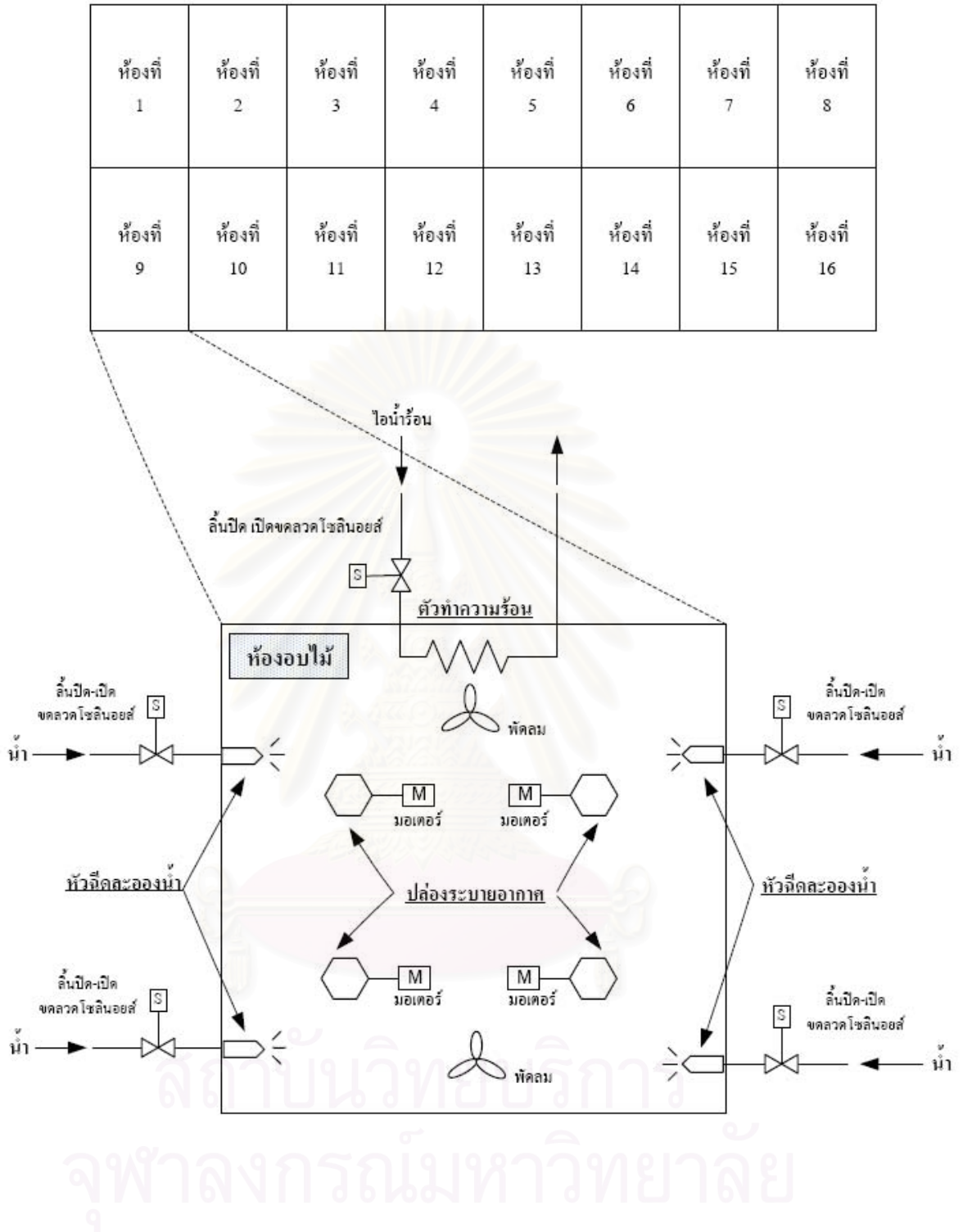
2.1 ลักษณะของห้องอบไม้

โรงอบไม้ที่ทำการศึกษา[1] ประกอบด้วยห้องอบไม้ 32 ห้องแบ่งออกเป็น 2 โรง โรงละ 16 ห้องแต่ละห้องมีลักษณะการทำงานและอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ดังแสดงในรูปที่ 2.1

หลักสำคัญในการอบไม้คือ การควบคุมการแห้งตัวของเนื้อไม้ให้มีความสม่ำเสมอทั้งบริเวณผิวและบริเวณภายในของเนื้อไม้ โดยมีตัวแปรโปรเซส (Process Variable) หลักที่สำคัญคือ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้ นอกจากนั้นอากาศภายในห้องอบไม้จะต้องหมุนเวียนเพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้มีค่าสม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้มีหลักการทำงานดังนี้

1. ควบคุมอุณหภูมิผ่านลิ้นปิด-เปิดขดลวดโซลินอยด์ (Solenoid Valve) ให้หยุดจ่าย-จ่าย ให้น้ำร้อนให้ตัวทำความร้อน (Heater) ที่ทำหน้าที่ลด-เพิ่มอุณหภูมิในห้องอบไม้
2. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยการปิด-เปิดปล่อย ระบายอากาศด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และหากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำเกินไปจะต้อง เพิ่มความชื้น โดยการเปิดลิ้นปิด-เปิดขดลวดโซลินอยด์ หัวฉีดละอองน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในห้องอบไม้จะสม่ำเสมอทั่วทั้งห้องต้องมีการ ทำให้อากาศหมุนเวียนภายในห้องอบไม้โดยผ่านพัดลม 2 ตัว

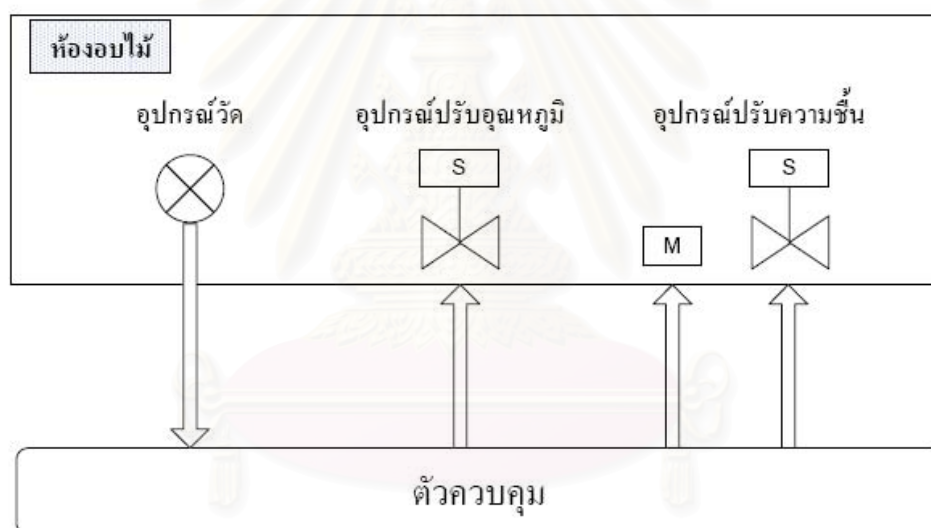


รูปที่ 2.1 ห้องอบไม้และอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้

2.2 ระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบัน

ระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบันมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดังนี้

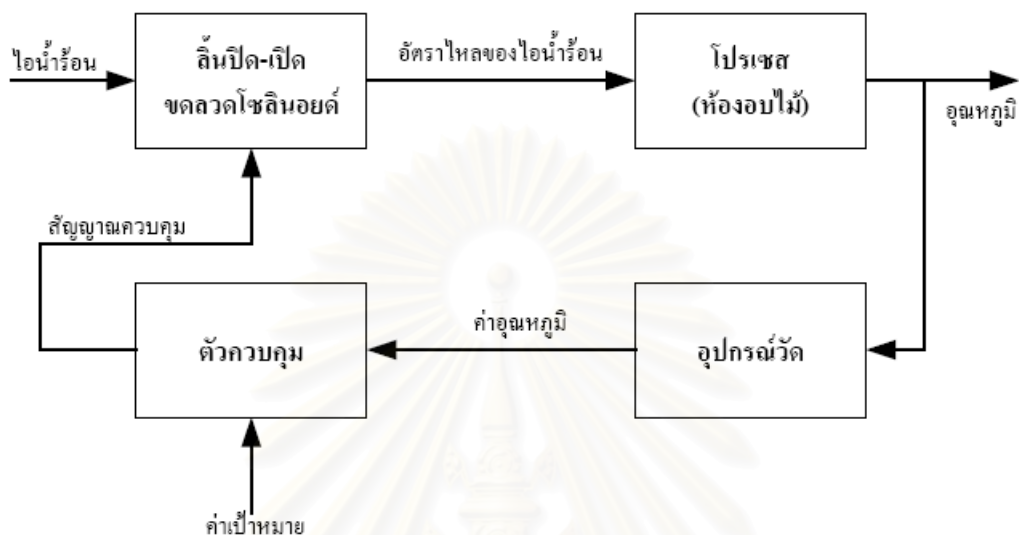
1. **อุปกรณ์วัด** ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้
2. **อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้** อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิใช้ ถังปิด-เปิดขดลวดโซลินอยด์ หุ่นจ่าย-จ่ายไอน้ำร้อน และ อุปกรณ์ปรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประกอบด้วยมอเตอร์ปิด-เปิดปล่องระบายอากาศและ ถังปิด-เปิดขดลวดโซลินอยด์ หัวฉีดละอองน้ำ
3. **ตัวควบคุม** ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์วัดและนำมาประมวลผลเพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในห้องอบไม้



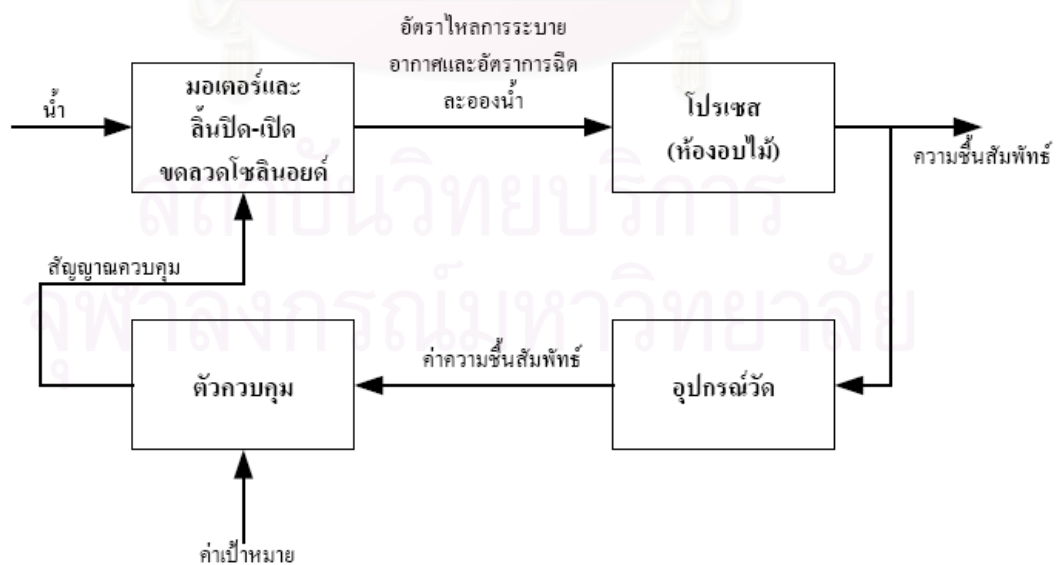
สถาบันวิทยบริการ
บริเวณหน้างาน
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 แสดงระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบัน

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้สามารถแสดงแยกเป็นส่วนๆ ได้ดังรูปที่ 2.3[2] และรูปที่ 2.4[2]



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุม



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของระบบควบคุม

2.3 ปัญหาที่พบในระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบัน

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ ถูกควบคุมผ่านตัวควบคุมที่ติดตั้งอยู่บริเวณห้องอบไม้ ส่วนเวลาที่ใช้อบไม้นั้นถูกควบคุมดูแลด้วยพนักงานควบคุมในระหว่างการอบไม้ พนักงานควบคุมต้องคอยดูแล ตรวจสอบและ จดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศของการอบไม้ ณ บริเวณหน้างานเพื่อให้ระบบทำงานอยู่ในสภาวะปกติ

ปัญหาที่พบคือ หากตัวควบคุมเกิดเสีย จะทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ได้ จำเป็นต้องหยุดการทำงาน นอกจากนั้นยังไม่มีการจัดเก็บข้อมูลในการอบไม้แต่ละครั้งเพื่อนำมาพัฒนากระบวนการอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจไม่มีมาตรฐาน

งานวิจัยนี้จะมุ่งพัฒนาระบบควบคุมห้องอบไม้แบบอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือโดยจะเน้นที่ตัวควบคุมเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของระบบ นอกจากนั้นยังได้นำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาต่อกับตัวควบคุมเพื่อจัดเก็บข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนากระบวนการอบไม้ให้ดีขึ้น โดยหากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเสีย ตัวควบคุมที่ออกแบบจะต้องสามารถควบคุมห้องอบไม้ต่อไปได้

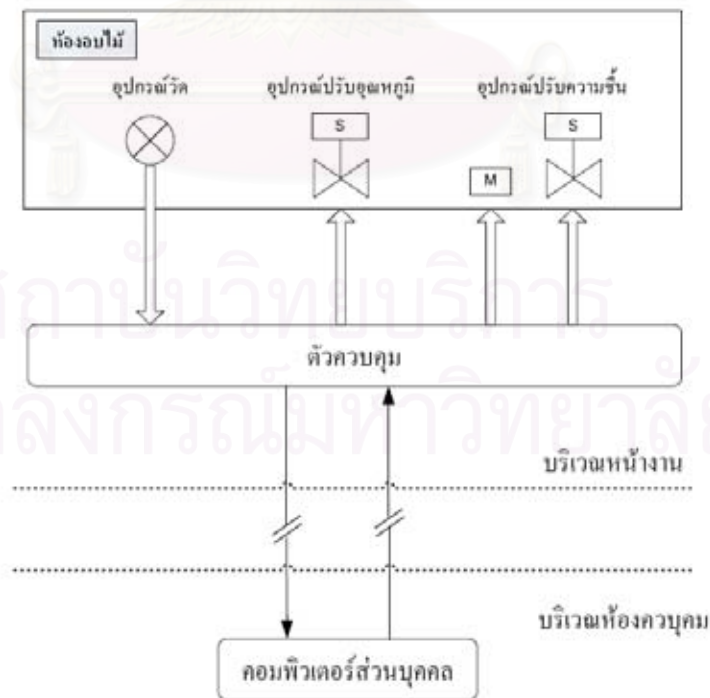
บทที่ 3

ทฤษฎีและแนวคิดในการออกแบบ

การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงคุณสมบัติของระบบที่เหมาะสมตามความต้องการของโรงอบไม้ที่ทำการศึกษา ซึ่งหลักการออกแบบได้แบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ได้แก่ การออกแบบระบบรวม การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ โดยบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างคร่าวๆ ในการทำงานของส่วนต่างๆ ส่วนรายละเอียดการทำงานนั้นจะกล่าวถึงในบทต่อไป

3.1 ลักษณะพื้นฐานของระบบควบคุมห้องอบไม้

ในงานวิจัยนี้ มุ่งออกแบบและพัฒนาตัวควบคุมห้องอบไม้ให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูงขึ้น และนำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาใช้จัดเก็บและแสดงผลข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ เพื่อนำมาวิเคราะห์พัฒนาการอบให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้

3.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบ

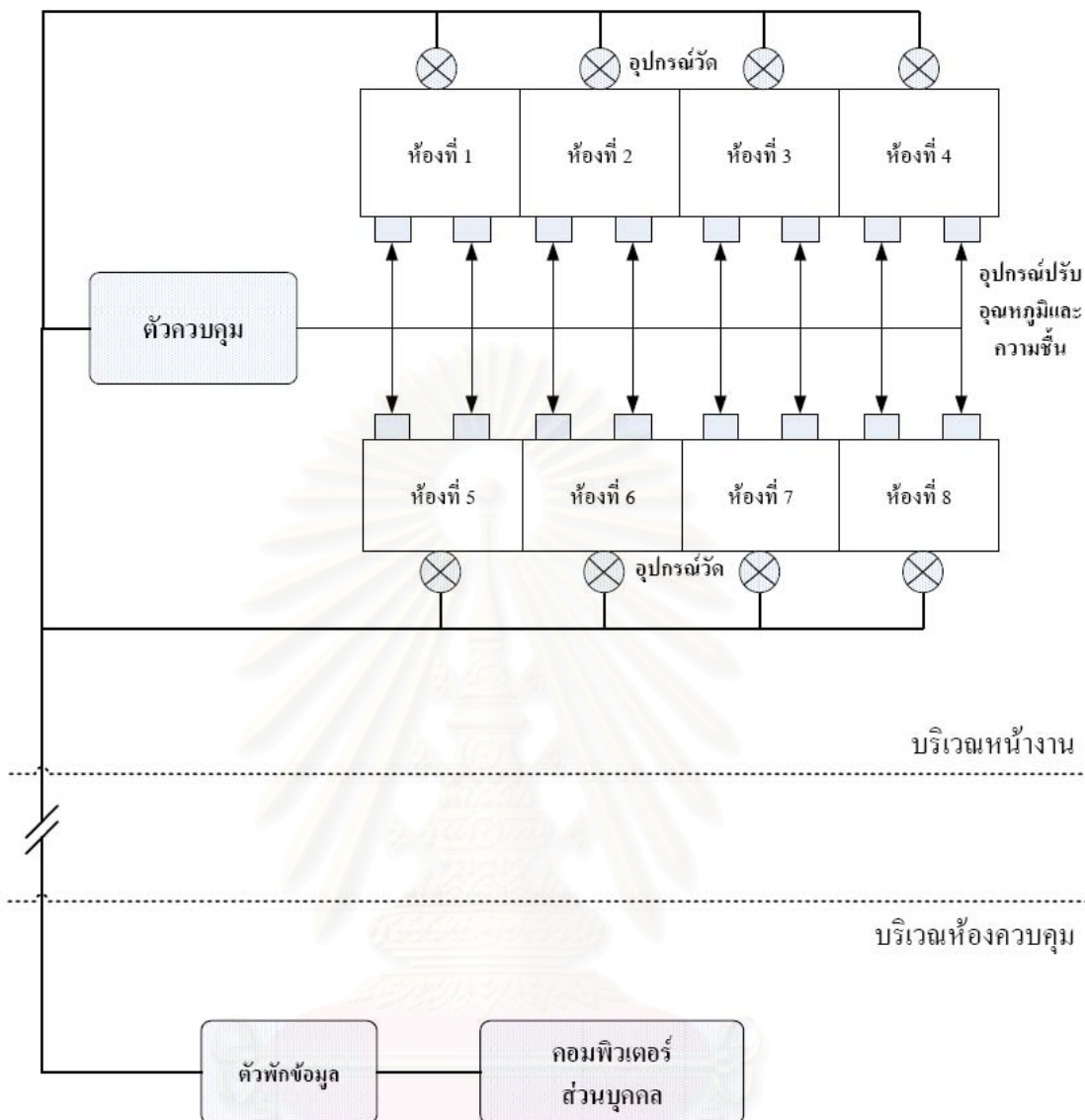
การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับห้องอบไม้ ของงานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการออกแบบดังนี้

1. ออกแบบจำนวนอินพุตและเอาต์พุตให้เพียงพอที่จะใช้ควบคุมการทำงานของห้องอบไม้ได้ 8 ห้องเป็นอย่างน้อย
2. ออกแบบตัวควบคุมให้มีความน่าเชื่อถือ
3. ออกแบบวงจรป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ควบคุมตัวแปร โพรเซส ที่อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดของเอาต์พุตเมื่อเริ่มต้นระบบ
4. ออกแบบส่วนต่าง ๆ เป็นส่วนย่อยแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Module) เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบบำรุง และถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ในกรณีที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบควบคุมเสียหายจะได้ไม่กระทบกระเทือนถึงส่วนอื่น
5. โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ทำหน้าที่ติดต่อกับพนักงานควบคุมและวิศวกรจะต้องง่ายต่อการใช้งาน

3.3 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์

ในงานวิจัยนี้ได้พยายามออกแบบการทำงานของระบบควบคุมออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา โครงสร้างระบบควบคุมของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนหลักทั้งหมด 5 ส่วนได้แก่ ตัวควบคุม, อุปกรณ์วัด, อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น, ตัวพักข้อมูล และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังแสดงในรูปที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

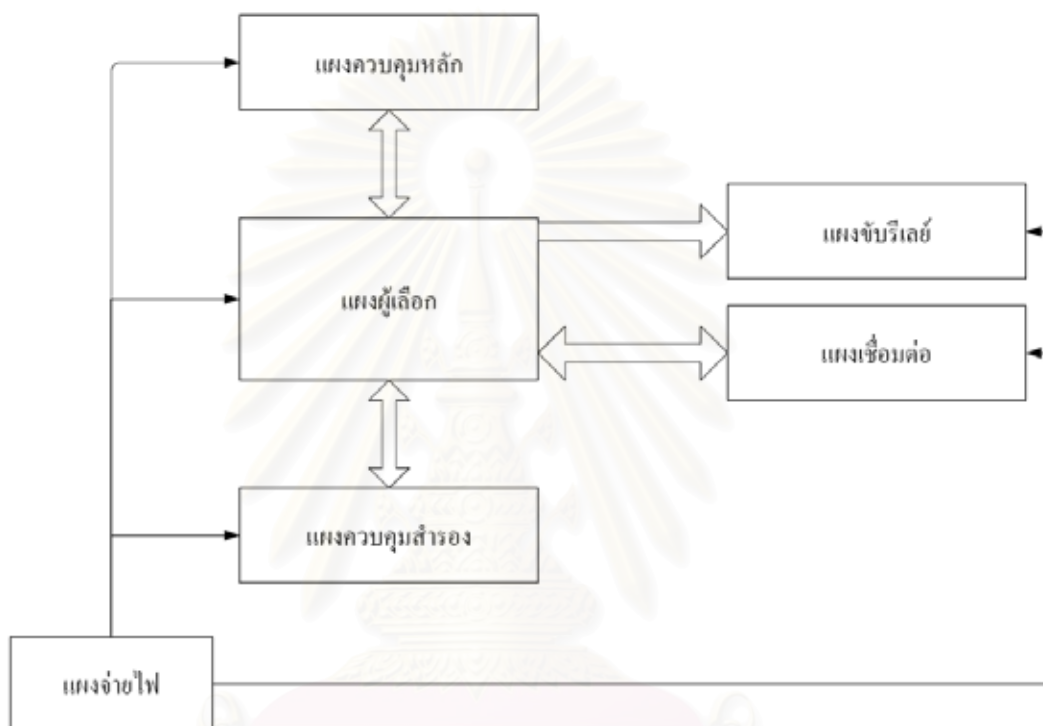


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบควบคุมในงานวิจัยนี้

หลักการการทำงานของระบบควบคุมในงานวิจัยนี้ เริ่มจากตัวควบคุมที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงานของห้องอบไม้ จะรับค่าเป้าหมายจากการตั้งค่าผ่านทางคอมพิวเตอร์ และ รับข้อมูลอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ผ่านทางอุปกรณ์วัด จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลออกเป็นสัญญาณนำไปควบคุมอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามค่าเป้าหมายที่ต้องการ จากนั้นตัวควบคุมจะส่งข้อมูลต่างๆ ไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3.3.1 ตัวควบคุม

มีหน้าที่ควบคุมระบบการทำงานของห้องอบไม้ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง,มีประสิทธิภาพ และ มีความน่าเชื่อถือ ในงานวิจัยนี้ออกแบบตัวควบคุมออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนแผงควบคุมหลัก, แผงควบคุมสำรอง, ส่วนแผงผู้เลือก, ส่วนแผงขั้วรีเลย์, ส่วนแผงจ่ายไฟ และส่วนแผงเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของตัวควบคุม

การออกแบบตัวควบคุมให้มีความน่าเชื่อถือจะอาศัยแผงควบคุมสองแผงซึ่งเหมือนกันทุกประการ แผงหนึ่งทำหน้าที่ควบคุมเรียกว่าแผงควบคุมหลัก ส่วนแผงควบคุมอีกแผงหนึ่งจะทำหน้าที่คอยทำงานแทนแผงควบคุมหลักโดยอัตโนมัติเมื่อแผงควบคุมหลักเสียเรียกแผงควบคุมนี้ว่าแผงควบคุมสำรอง ขณะเริ่มเปิดเครื่อง แผงควบคุมหลักจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปควบคุม และแผงควบคุมสำรองจะทำงานไปพร้อมๆ กับแผงควบคุมหลักเพียงแต่สัญญาณควบคุมจะยังไม่ถูกส่งออกไปควบคุม โดยแผงผู้เลือกจะทำหน้าที่เลือกสัญญาณส่งออกไปควบคุม กรณีที่แผงควบคุมหลักเสียจะมีสัญญาณแจ้งสถานะให้แผงผู้เลือกทราบเพื่อทำการสับสวิทช์เลือกสัญญาณควบคุมจากแผงควบคุมสำรองไปควบคุมแทน หลักการทำงานที่ได้กล่าวมานี้เรียกว่า One-on-one Redundance[3]

3.3.1.1 ส่วนแผนกควบคุมหลักและแผนกควบคุมสำรอง

แผนกควบคุมหลักและแผนกควบคุมสำรองมีวงจรภายในและหน้าที่ทำงานเหมือนกันทุกประการ มีหน้าที่หลักในการควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้โดยประมวลผลจากค่าเป้าหมายที่ตั้งผ่านทางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล กับ ข้อมูลที่รับจากอุปกรณ์วัด ออกเป็นสัญญาณควบคุมไปยังแผงขั้วรีเลย์นำไปควบคุมอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องอบไม้ นอกจากนั้นยังมีหน้าที่ส่งข้อมูลต่างๆผ่านทางแผงเชื่อมต่อ ไปยังตัวพักข้อมูลเพื่อแสดงผลไปยังคอมพิวเตอร์ด้วย ส่วนแผนกควบคุมที่ออกแบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252[4] ของบริษัท ATMEL

3.3.1.2 ส่วนแผงผู้เลือก

หน้าที่หลักคือเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ระบบควบคุมห้องอบไม้ ในงานวิจัยนี้ออกแบบวงจรของแผงผู้เลือกออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ วงจรเลือกแผงควบคุม ,วงจรเลือกสัญญาณควบคุม ,วงจรเลือกแผงขั้วรีเลย์ และวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485

3.3.1.2.1 วงจรเลือกแผงควบคุม

มีหน้าที่หลักคือตรวจสอบการทำงานของแผงควบคุมหลัก หากแผงควบคุมหลักทำงานผิดพลาด วงจรเลือกแผงควบคุมจะส่งคำสั่งเลือกไปยังวงจรเลือกสัญญาณควบคุม ให้รับสัญญาณควบคุมจากแผงควบคุมสำรองแทน

3.3.1.2.2 วงจรเลือกสัญญาณควบคุม

มีหน้าที่หลักคือรับคำสั่งเลือกจากวงจรเลือกแผงควบคุม เพื่อเลือกสัญญาณควบคุมที่มาจากแผงควบคุมหลักหรือแผงควบคุมสำรอง เพื่อส่งไปยังส่วนแผงขั้วรีเลย์และวงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 ต่อไป

3.3.1.2.3 วงจรเลือกแผงขั้วรีเลย์

เนื่องจากพอร์ตใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีจำนวนจำกัด ดังนั้นแผงขั้วรีเลย์ทั้ง 8 แผงจึงใช้สัญญาณควบคุมเดียวกัน และวงจรเลือกแผงรีเลย์มีหน้าที่เลือกแผงขั้วรีเลย์ให้สอดคล้องกับสัญญาณควบคุมเพื่อทำให้เอาท์พุทที่ได้มีความถูกต้อง

3.3.1.2.4 วงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485

เนื่องจากระบบควบคุมในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องมีการสื่อสารระยะไกล จึงต้องมีวงจรแปลงแรงดันจากพอร์ตอนุกรมที่ใช้สื่อสารให้เป็นตามมาตรฐาน RS485 เพื่อให้สามารถสื่อสารได้ในระยะทางไกลได้

3.3.1.3 ส่วนแผงขั้วรีเลย์

มีหน้าที่ในการแปลงสัญญาณควบคุมที่มาจากส่วนวงจรเลือกสัญญาณควบคุม ให้เป็นไฟฟ้าที่แรงดัน 220 โวลต์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องอบไม้

3.3.1.4 ส่วนแผงจ่ายไฟ

มีหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 12 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์และ 12 โวลต์ เพื่อจ่ายให้แก่ตัวควบคุม นอกจากนี้ยังมีวงจรหน่วงเวลาจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ ไปยังแผงขั้วรีเลย์เพื่อป้องกันความผิดพลาดของเอาต์พุตเมื่อเริ่มต้นระบบ

3.3.1.5 ส่วนแผงเชื่อมต่อ

มีหน้าที่เชื่อมต่อสายภายในระบบควบคุมกับตัวควบคุมเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้

3.3.2 อุปกรณ์วัด

มีหน้าที่วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้จากอุปกรณ์วัด และส่งข้อมูลที่วัดได้ ไปยังตัวควบคุมเพื่อทำการประมวลผล โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252 นอกจากนั้นเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เซนเซอร์ดิจิตอลเบอร์ SHT11[5] ของบริษัท SENSIRION

3.3.3 อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น

มีหน้าที่แปลงสัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุมให้สามารถขับกระแสได้สูงขึ้น เพื่อสามารถนำไปขับมอเตอร์และขดลวดโซลินอยด์ได้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ แม็กเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

3.3.4 ตัวพักข้อมูล

ตัวพักข้อมูลมีพอร์ตอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร 2 พอร์ต โดยพอร์ตหนึ่งติดต่อกับระบบควบคุม อีกพอร์ตติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม ตัวพักข้อมูลมีหน้าที่หลักสำคัญ 2 ประการคือ

1. เชื่อมต่อข้อมูลสื่อสารระหว่างตัวควบคุมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้าด้วยกัน
2. เก็บข้อมูลสำคัญของตัวควบคุมเพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถอ่าน

ข้อมูลจากตัวพักข้อมูลไปแสดงผลได้ทันที

ตัวพักข้อมูลที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252

3.3.5 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ทำหน้าที่จัดเก็บบันทึกข้อมูลที่ได้จากการอบไม้ลงในฐานข้อมูล แสดงผลข้อมูลผ่านทางหน้าจอ และตั้งค่าเป้าหมายของอุณหภูมิและความชื้น โดยพนักงานควบคุมผ่านทางปุ่มกด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ตั้งค่าตัวควบคุมโดยวิศวกรผ่านทางปุ่มกดอีกด้วย

3.4 แนวความคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์

ในงานวิจัยนี้ซอฟต์แวร์ในระบบควบคุมควรมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี และสามารถทำความเข้าใจ และเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ง่าย โปรแกรมที่ออกแบบประกอบด้วยส่วนหลัก 2 ส่วน คือ โปรแกรมของระบบควบคุม และ โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3.4.1 โปรแกรมบนระบบควบคุม

โปรแกรมของระบบควบคุมห้อยอบไม้ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน เนื่องจาก ตัวควบคุม, อุปกรณ์วัดและตัวพักข้อมูลมีไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ภายใน และไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวต้องมีการโปรแกรม ดังนั้นจึงแบ่งโปรแกรมของระบบควบคุมได้เป็น โปรแกรมของตัวควบคุม, โปรแกรมของอุปกรณ์วัด และโปรแกรมของตัวพักข้อมูล

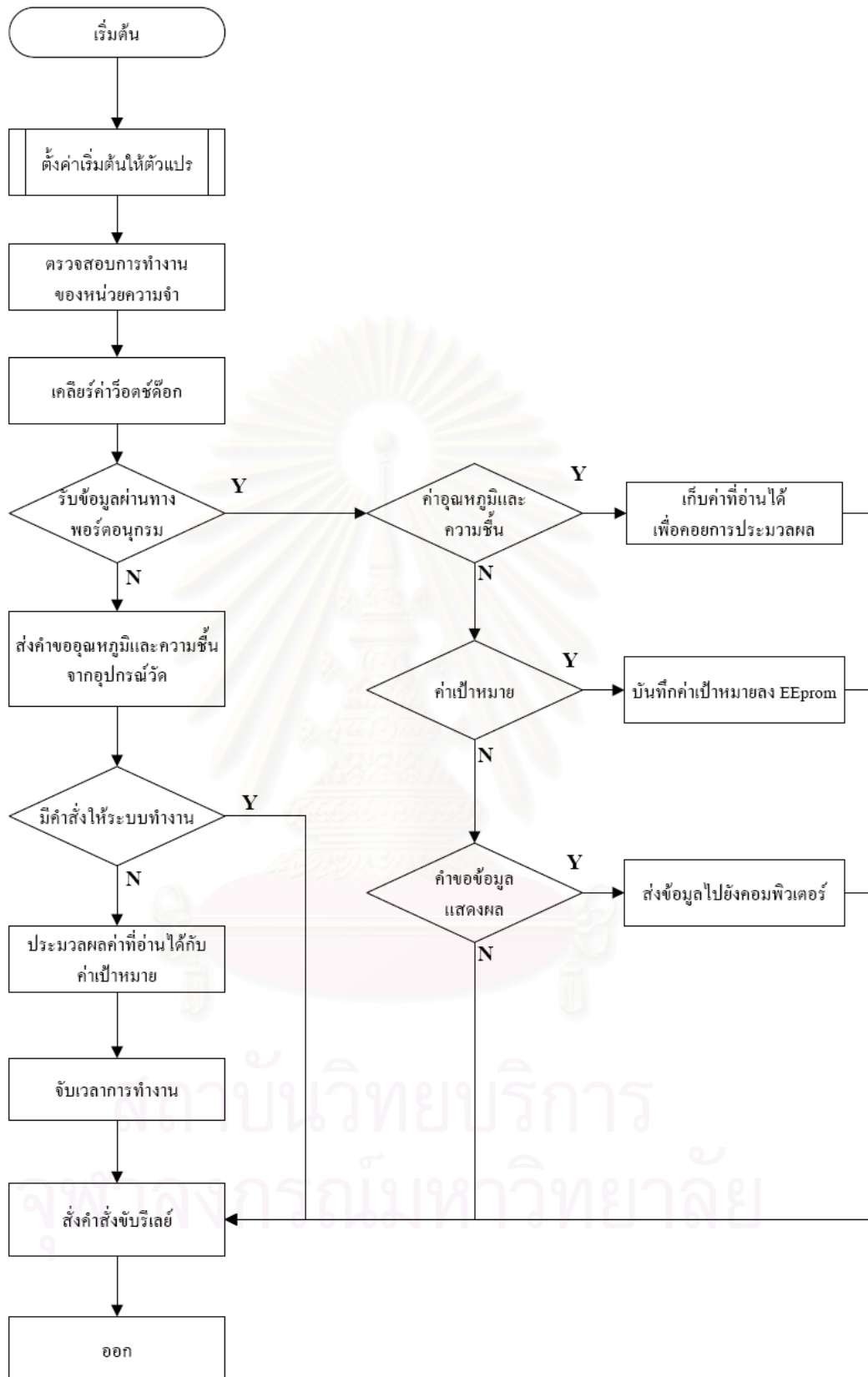
3.4.1.1 โปรแกรมของตัวควบคุม

โปรแกรมของตัวควบคุมมีส่วนสำคัญต่อการทำงานของระบบควบคุมหึ่งอบไม้ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้ตัวควบคุมสามารถทำงานควบคุมระบบได้ ในกรณีคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเสีย และ ออกแบบให้โปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการปรับช่วงเวลาทำงานการทำงานในบางส่วนของโปรแกรม โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมบนตัวควบคุมควรมีความสามารถในการทำงานดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

1. ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นในระบบผ่านพอร์ตอนุกรมได้
2. สามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติได้
3. สามารถบันทึกข้อมูลสำคัญลงบนหน่วยความจำได้
4. สามารถปรับค่าเวลาในการส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัดได้
5. สามารถปรับค่าเวลาในการประมวลผล ค่าเป้าหมายกับค่าที่อ่านได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

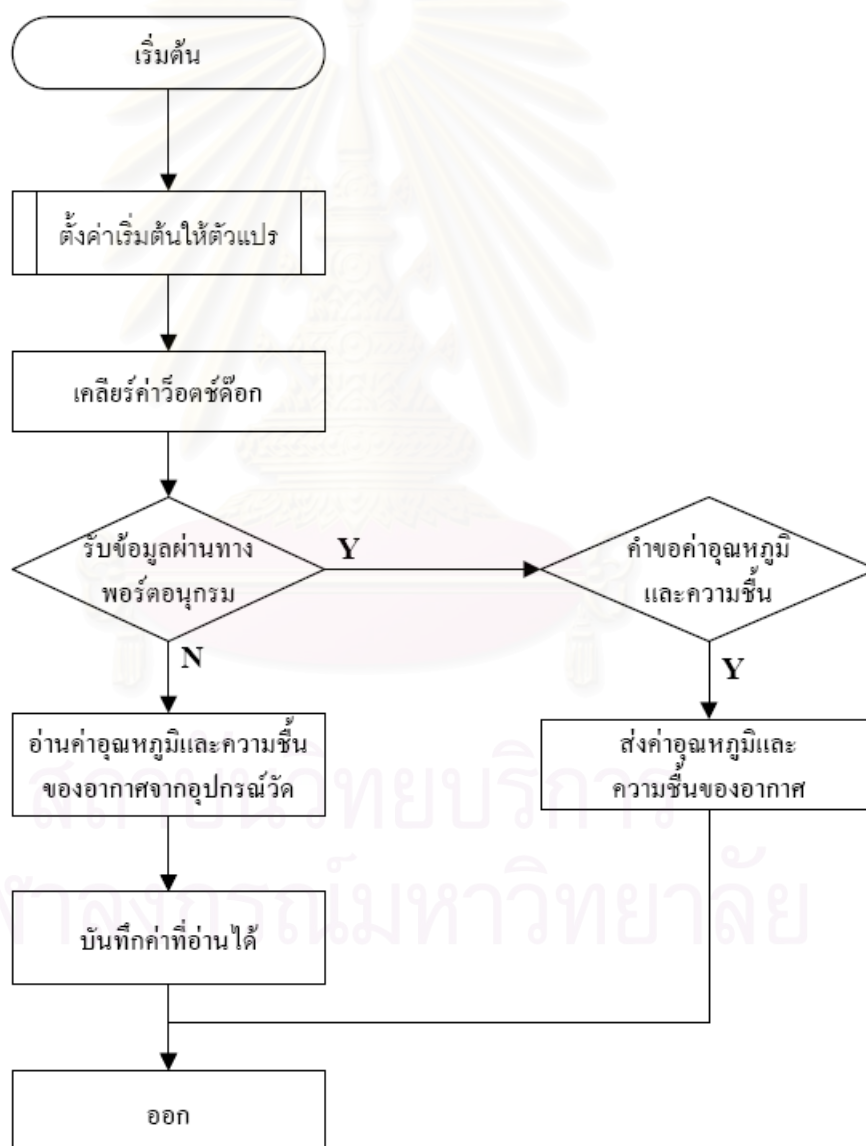


รูปที่ 3.4 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของตัวควบคุม

3.4.1.2 โปรแกรมของอุปกรณ์วัด

โปรแกรมของอุปกรณ์วัดมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.5 และควรมีความสามารถในการทำงานดังนี้

1. ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นบนระบบผ่านพอร์ตอนุกรมได้
2. สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัดได้
3. สามารถแสดงสถานะของอุปกรณ์วัด เช่น ทำงานปกติ หรือ ไม่สามารถอ่านค่าจากอุปกรณ์ได้
4. สามารถปรับค่าเวลาในการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้

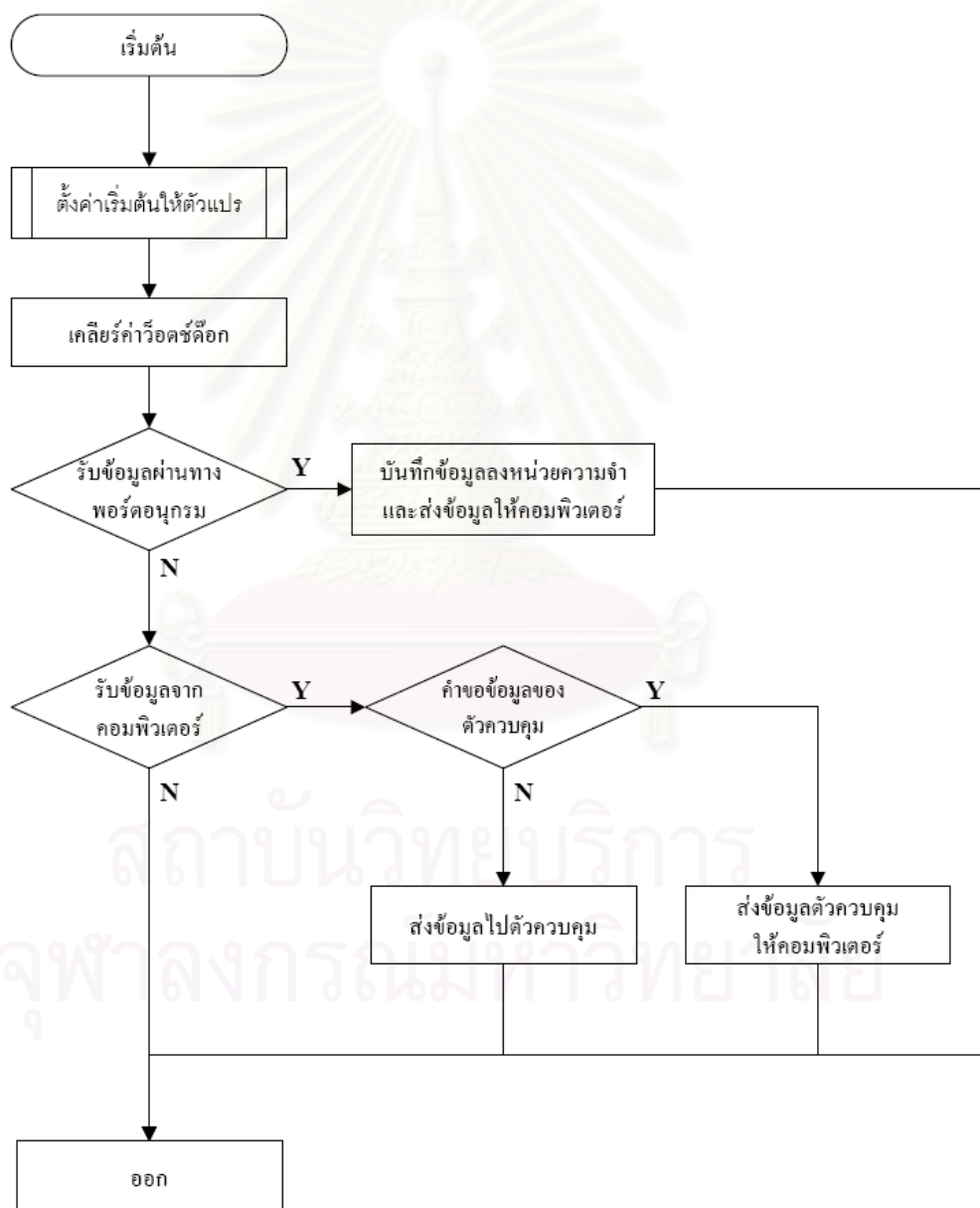


รูปที่ 3.5 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของอุปกรณ์วัด

3.4.1.3 โปรแกรมของตัวพักข้อมูล

โปรแกรมของตัวพักข้อมูลมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.6 และควรมีความสามารถในการทำงานดังนี้

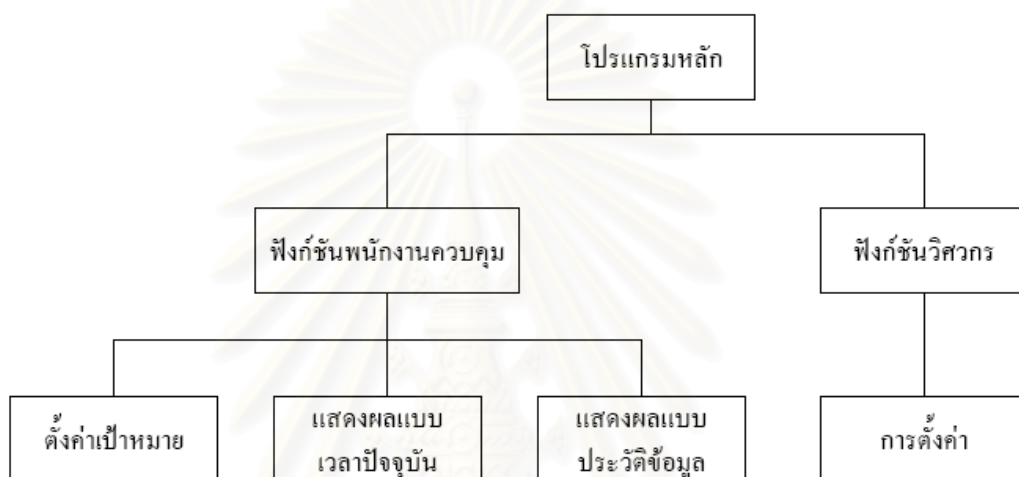
1. ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นบนระบบควบคุมผ่านพอร์ตอนุกรมได้
2. รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านพอร์ตอนุกรมอีกพอร์ตหนึ่งได้
3. อ่านข้อมูลจากไอซีนาฬิกาได้



รูปที่ 3.6 โครงสร้างการทำงานโปรแกรมหลักของตัวพักข้อมูล

3.4.2 โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

โปรแกรมของคอมพิวเตอร์แบ่งการทำงานออกเป็นฟังก์ชันพนักงานควบคุมและฟังก์ชันวิศวกร ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ส่วนตั้งค่าเป้าหมาย , ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบเวลาปัจจุบัน , ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบประวัติข้อมูล และส่วนตั้งค่าของตัวควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3.4.2.1 ส่วนตั้งค่าเป้าหมาย

ทำหน้าที่ติดต่อกับพนักงานควบคุมเพื่อตั้งค่าเป้าหมายของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้

3.4.2.2 ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบเวลาปัจจุบัน

ทำหน้าที่แสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ และอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นในขณะนั้น ให้แก่พนักงานควบคุมเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และดูแลความเรียบร้อยของระบบควบคุม

3.4.2.3 ส่วนแสดงผลข้อมูลแบบประวัติข้อมูล

ทำหน้าที่แสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ในอดีตให้แก่พนักงานควบคุม เพื่อใช้ในการตรวจสอบระบบ และ ใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงเพื่อใช้พัฒนาการอบไม้ครั้งต่อไปได้

3.4.2.4 ส่วนตั้งค่าของตัวควบคุม

ทำหน้าที่ให้วิศวกรดูแลระบบควบคุมสามารถปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ได้ดังนี้

1. สามารถตั้งค่าเวลาให้ตัวควบคุมส่งค่าขอค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัดได้
2. สามารถตั้งค่าเวลาให้ตัวควบคุมประมวลผล ค่าเป้าหมายกับค่าที่อ่านได้
3. สามารถตั้งค่าเวลาให้อุปกรณ์วัดอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่มีความน่าเชื่อถือ

บทนี้จะกล่าวถึงฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมห้องอบไม้ที่ออกแบบ และสร้างในงานวิจัยนี้ โดยจะกล่าวถึงลักษณะ โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และการทำงานของระบบ

ระบบควบคุมห้องอบไม้ในปัจจุบันประกอบด้วยตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่ต่างๆรวมอยู่ใน โมดูลเดียวกันซึ่งยากต่อการบำรุงรักษาและปรับปรุงแก้ไข และเมื่อตัวควบคุมเสีย ทำให้ไม่สามารถ ทำงานต่อไปได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบให้มีส่วนที่ทำหน้าที่ต่างๆแยกย่อยออกเป็น โมดูล และเพิ่มแผงควบคุมสำรองอีกตัวหนึ่งทำงานขนานกับแผงควบคุมหลักและจะเข้าทำงานแทนโดย อัตโนมัติทันทีหากแผงควบคุมหลักเสีย เพื่อให้ตัวควบคุมสามารถทำงานต่อไปได้ และเพิ่มความ น่าเชื่อถือแก่ระบบควบคุมห้องอบไม้ โดยระบบควบคุมห้องอบไม้มีส่วนประกอบใหญ่ 5 ส่วนคือ ตัวควบคุม, อุปกรณ์วัด , อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น, ตัวพักข้อมูล และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

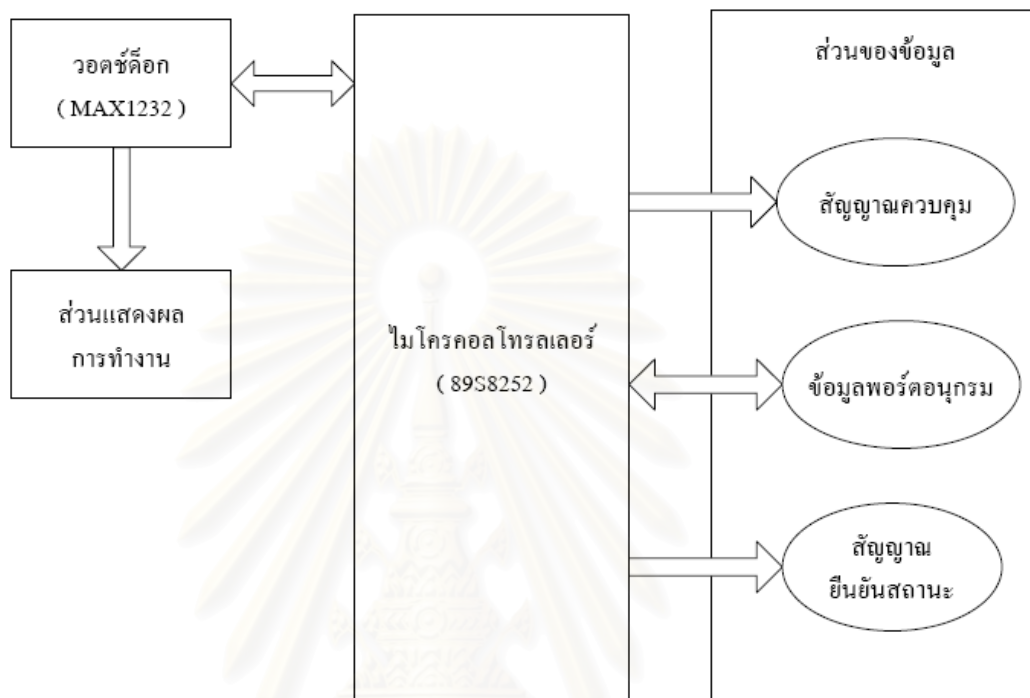
4.1 ตัวควบคุม

ตัวควบคุมถูกออกแบบและแบ่งส่วนการทำงานต่างๆออกเป็น โมดูลเหมือนลักษณะ โครงสร้างของระบบเพื่อจุดประสงค์เดียวกันคือ ง่ายต่อการบำรุงรักษา, ปรับปรุงและแก้ไขตัวควบคุมถูก ออกแบบให้มีความน่าเชื่อถือและมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่บริเวณห้องอบไม้ได้ดี ซึ่งตัว ควบคุมมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ ส่วนแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง , ส่วนแผงผู้ เลือก , ส่วนแผงขับรีเลย์ , ส่วนแผงจ่ายไฟ , ส่วนแผงเชื่อมต่อ

4.1.1 ส่วนแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง

ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่สุดของตัวควบคุม จำเป็นต้องมีความน่าเชื่อถือในการทำงาน ใน งานวิจัยนี้ได้นำแผงควบคุมอีกแผงหนึ่งทำหน้าที่เป็นแผงควบคุมสำรอง ซึ่งจะเข้าทำงานแทนโดย อัตโนมัติในกรณีที่แผงควบคุมหลักทำงานผิดพลาด นอกจากนั้นยังมีวอตช์ด็อก(Watch Dog)ที่คอย ตรวจสอบการทำงานของแผงควบคุมทั้งสองแผงตลอดเวลาเพื่อเพิ่มเสถียรภาพ และความน่าเชื่อถือ ของตัวควบคุม โครงสร้างของแผงควบคุมมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์, วอตช์ด็อก, ส่วนแสดงผลการทำงาน, ส่วนของข้อมูล

แผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรองนั้นมีส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และมีหน้าที่การทำงานเหมือนกันทุกประการ สามารถแสดงโครงสร้างของแผงควบคุมเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงควบคุม

4.1.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252[4] ของบริษัท ATMEL มาทำหน้าที่ควบคุมระบบและประมวลผล โดยมีเหตุผลคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ 89S8252 มีวงจรวอตซ์ดีค็อกทำให้เพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของตัวควบคุม นอกจากนั้นยังมีราคาถูก โปรแกรมและตำราที่ใช้พัฒนาหาได้ง่ายในท้องตลาด

4.1.1.2 วอตซ์ดีค็อก ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อีกชั้นหนึ่งจากวอตซ์ดีค็อกภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของตัวควบคุม หลักการทำงานคือภายในเวลาช่วงหนึ่งหากไม่มีสัญญาณรีเซ็ตจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถือว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดความผิดพลาดในการทำงานและจะส่งสัญญาณรีเซ็ตกลับไปรีเซ็ตฮาร์ดแวร์ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กลับมาทำงานได้อีกครั้ง หากยังคงเกิดความผิดพลาดซ้ำอีกแสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เสีย ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ MAX1232[6]

ของบริษัท ดาลัสเซมิคอนดักเตอร์ เพราะมีความสะดวกและหลากหลายในการตั้งเวลาใช้งาน ไอซีมีเสถียรภาพดีและหาซื้อได้ง่าย

4.1.1.3 ส่วนแสดงผลการทำงาน ของแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรองนั้นได้นำหลอดแอลอีดี (LED) มาใช้ต่อพ่วงกับสัญญาณรีเซ็ตจากไอซี MAX1232 โดยสามารถแบ่งสถานะการทำงานของแผงควบคุมโดยสังเกตจากหลอดแอลอีดีได้ 3 แบบ ดังนี้

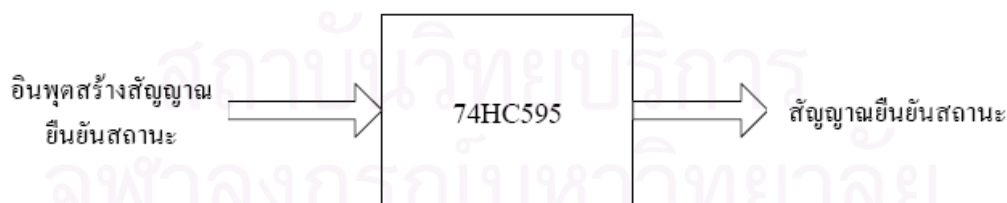
1. แผงควบคุมทำงานปกติ หลอดแอลอีดีสว่างไม่กระพริบ
2. แผงควบคุมเสีย หลอดแอลอีดีสว่างกระพริบ
3. ระบบจ่ายไฟทำงานผิดปกติ หลอดแอลอีดีไม่สว่าง

4.1.1.4 ส่วนของข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลได้ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

4.1.1.4.1 สัญญาณควบคุม ประกอบด้วยสัญญาณ 2 ชนิด คือ สัญญาณเอาท์พุท และสัญญาณคงค่า มีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ที่แผงขับรีเลย์

4.1.1.4.2 ข้อมูลพอร์ตอนุกรม การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในระบบควบคุมของงานวิจัยนี้ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม (UART) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ความเร็วในการติดต่อสื่อสารอยู่ที่ 19200 บิตต่อวินาที

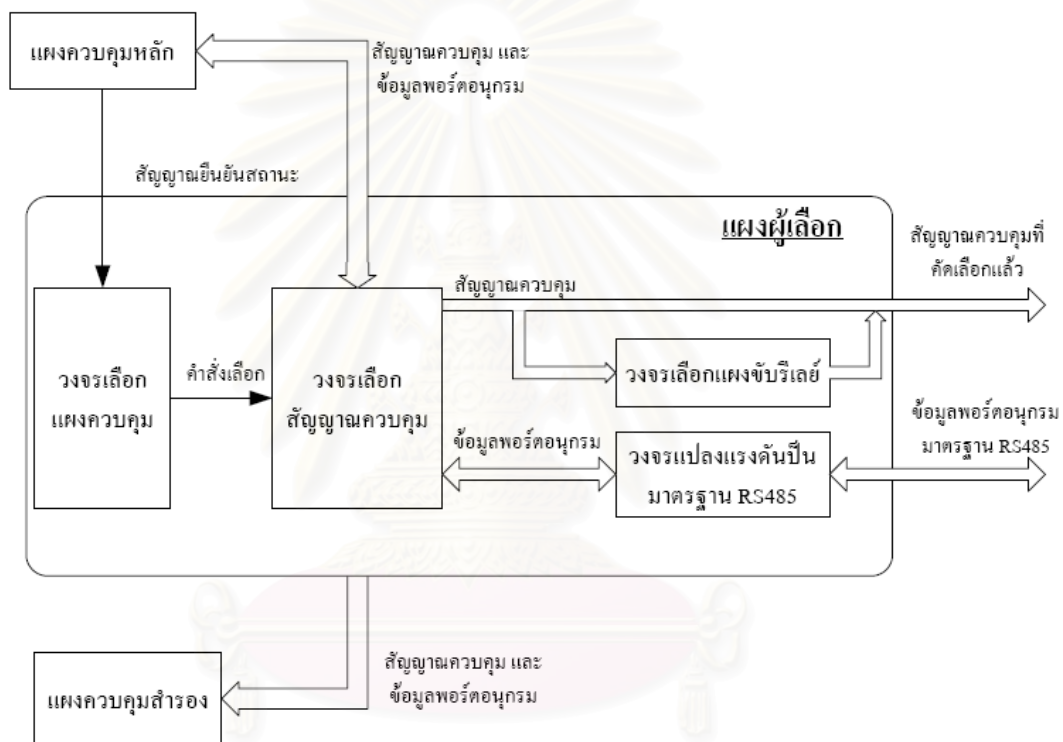
4.1.1.4.3 สัญญาณยืนยันสถานะ มีลักษณะการทำงานเป็นพัลส์ส่งไปยังแผงผู้เลือกเพื่อแสดงว่าแผงควบคุมหลักยังทำงานเป็นปกติโดยสัญญาณยืนยันสถานะได้ผ่านการเข้ารหัสแบบง่ายโดยใช้ไอซี 74HC595 สามารถแสดงส่วนกำเนิดสัญญาณยืนยันสถานะเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนกำเนิดสัญญาณยืนยันสถานะ

4.1.2 ส่วนแผงผู้เลือก

ส่วนแผงผู้เลือกเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของตัวควบคุม ซึ่งทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกสัญญาณควบคุมการทำงานระหว่างแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง แผงผู้เลือกประกอบด้วยวงจรหลัก 4 ส่วนคือ วงจรเลือกแผงควบคุม , วงจรเลือกสัญญาณควบคุม , วงจรเลือกเฟรีลีย์ และวงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของแผงผู้เลือกเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.3



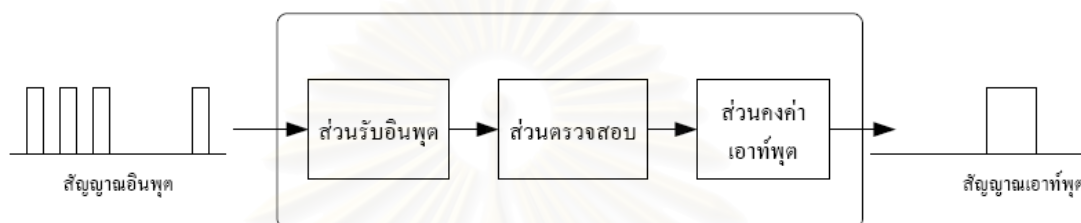
รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงผู้เลือก

4.1.2.1 วงจรเลือกแผงควบคุม

ทำหน้าที่นำสัญญาณยืนยันสถานะที่รับมาจากแผงควบคุมหลักมาใช้ตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงาน หลักการตรวจสอบคือถ้าวงจรเลือกแผงควบคุมไม่ได้รับสัญญาณยืนยันสถานะในช่วงระยะเวลาหนึ่ง วงจรเลือกแผงควบคุมจะถือว่าแผงควบคุมหลักทำงานผิดพลาดและจะโอนการควบคุมระบบให้แก่แผงควบคุมสำรอง

ในงานวิจัยนี้กำหนดให้สัญญาณยืนยันสถานะมีลักษณะการทำงานเป็นพัลส์มีคาบเวลาได้ไม่เกิน 3 วินาที ซึ่งหมายความว่า หากวงจรเลือกแผงควบคุมไม่ได้รับสัญญาณยืนยันสถานะจากแผงควบคุมหลักเป็นเวลา 3 วินาที จะถือว่าวงจรเลือกแผงควบคุมทำงานผิดพลาด

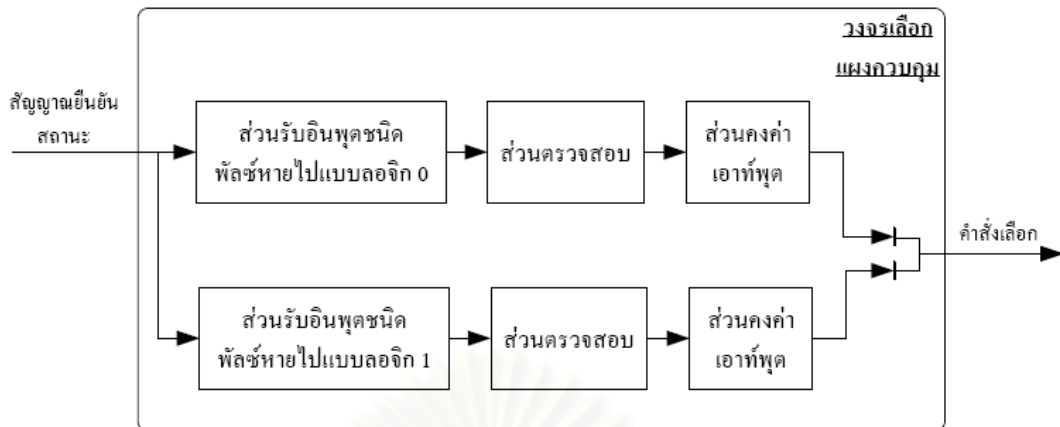
วงจรที่นำมาใช้ตรวจสอบสัญญาณยืนยันสถานะนี้คือวงจรตรวจสอบการหายไปของพัลส์แบบคงค่าเอาต์พุต (Missing Pulse Detector with Steady Output)[7] สามารถแสดงโครงสร้างการทำงานของวงจรเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรตรวจสอบการหายไปของพัลส์แบบคงค่าเอาต์พุต

วงจรตรวจสอบการหายไปของพัลส์แบบคงค่าเอาต์พุตมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือส่วนรับอินพุต, ส่วนตรวจสอบ และส่วนคงค่าเอาต์พุต โดยส่วนรับอินพุตมีหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุตให้มีขนาดที่แน่นอน 2 ขนาดคือ ลอจิก 0 หรือ ลอจิก 1 เพื่อส่งไปยังส่วนตรวจสอบซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวกำหนดคาบเวลา 3 วินาทีเพื่อใช้ในการตรวจสอบการหายไปของพัลส์ ในภาวะปกติสัญญาณอินพุตเป็นพัลส์ที่มีคาบเวลาไม่เกิน 3 วินาที ส่วนตรวจสอบจะส่งค่า ลอจิก 0 ไปยังส่วนคงค่าเอาต์พุต ที่ทำหน้าที่ไม่ให้สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงเร็วจนเกินไป เพื่อป้องกันการออกแบบวงจรเลือกสัญญาณควบคุมซึ่งจะเสนอในหัวข้อถัดไป

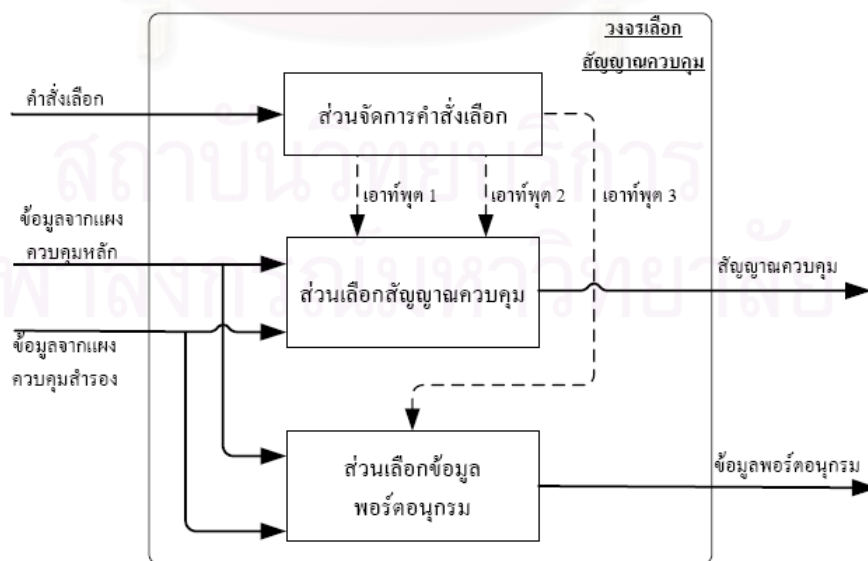
การหายไปของพัลส์แบ่งได้ 2 กรณีคือ กรณีพัลส์หายไปโดยสัญญาณอินพุตคงอยู่ที่ลอจิก 0 และ กรณีพัลส์หายไปโดยสัญญาณอินพุตคงอยู่ที่ลอจิก 1 ดังนั้นวงจรเลือกแผงควบคุมในงานวิจัยนี้จึงมีวงจรตรวจสอบสัญญาณการหายไปของพัลส์ครอบคลุมทั้ง 2 กรณี ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของวงจรเลือกแผงควบคุมเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรถัดเลือกแผงควบคุม

4.1.2.2 วงจรถัดเลือกสัญญาณควบคุม

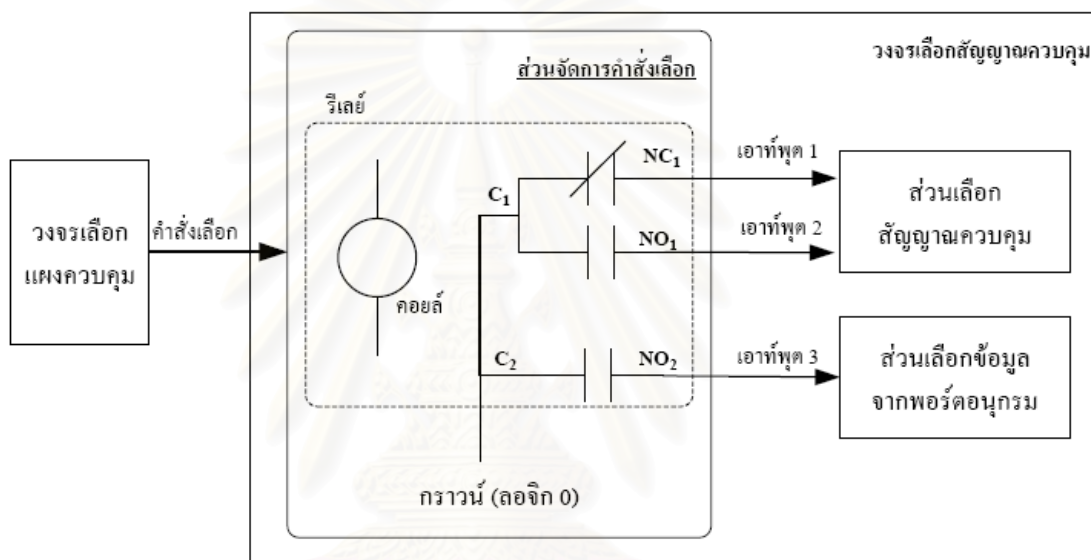
ทำหน้าที่รับคำสั่งเลือกจากวงจรถัดเลือกแผงควบคุม แล้วนำมาตัดสินใจเลือกข้อมูลระหว่างแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง โดยข้อมูลที่รับจากแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรองแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สัญญาณควบคุมและข้อมูลพอร์ตอนุกรม วงจรถัดเลือกสัญญาณควบคุมมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนจัดการคำสั่งเลือก, ส่วนเลือกสัญญาณควบคุม และส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของวงจรถัดเลือกสัญญาณควบคุมเป็นบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของวงจรถัดเลือกสัญญาณควบคุม

4.1.2.2.1 ส่วนจัดการคำสั่งเลือก

ส่วนจัดการคำสั่งเลือกทำหน้าที่รับคำสั่งเลือกจากวงจรเลือกแผงควบคุมนำมาผ่านกระบวนการเพื่อส่งเอาต์พุตที่ได้ไปยังส่วนเลือกสัญญาณควบคุมและส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม และที่สำคัญเอาต์พุต 1 และเอาต์พุต 2 ที่ผ่านกระบวนการจัดการคำสั่งเลือก ต้องมีสถานะของลอจิกที่ตรงข้ามกัน ดังนั้นจึงได้เลือกใช้รีเลย์เป็นอุปกรณ์ในการกำหนดค่าเอาต์พุต เพราะรีเลย์ให้เอาต์พุตแค่สถานะเดียวคือ NC หรือ NO ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของส่วนจัดการคำสั่งเลือกเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนจัดการคำสั่งเลือก

คำสั่งเลือกจากวงจรเลือกแผงควบคุมนำมาเข้าคอยล์ของรีเลย์ซึ่งเป็นรีเลย์ชนิดมีหน้าสัมผัสใช้งานอยู่ 2 ชุด

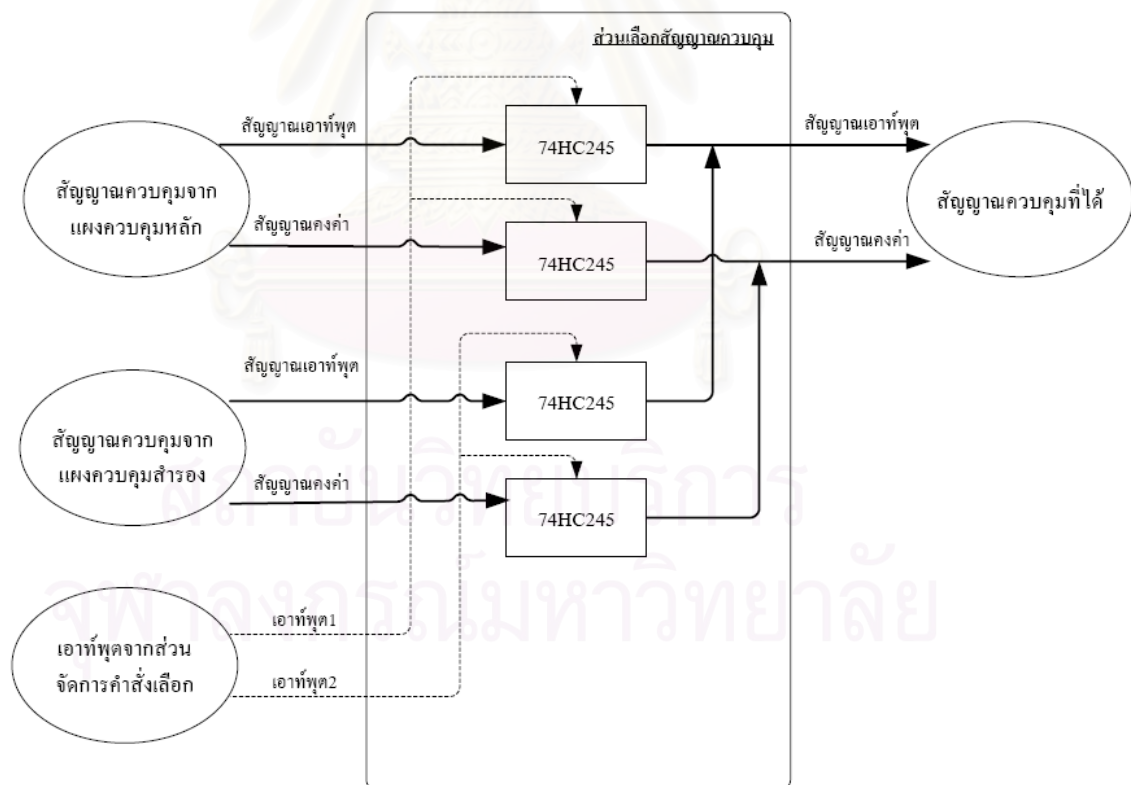
1. ขาคอมมอนชุดที่หนึ่ง (C_1) ต่อเข้ากราวด์ของวงจร, ขาปกติปิด (NC_1) เป็นขาเอาต์พุต 1 และขาปกติเปิด (NO_1) เป็นขาเอาต์พุต 2 ส่งไปยังส่วนเลือกสัญญาณควบคุม
2. ขาคอมมอนชุดที่สอง (C_2) ต่อเข้ากราวด์ของวงจรส่วนขาปกติเปิด (NO_2) เป็นขาเอาต์พุต 3 ส่งไปยังส่วนเลือกพอร์ตอนุกรม

ในสถานะปกติที่แผงควบคุมหลักทำการควบคุมระบบ วงจรเลือกแผงควบคุมส่งคำสั่งเลือก ลอจิก 0 มายังส่วนจัดการคำสั่งเลือก ซึ่งหมายความว่า เอาต์พุต 1 จะเป็นลอจิก 0 และเอาต์พุต 2 เป็นลอจิก 1 ในส่วนเอาต์พุต 3 จะเป็นลอจิก 1

4.1.2.2.2 ส่วนเลือกสัญญาณควบคุม

ใช้ไอซีเบอร์ 74HC245 ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมจากแผงควบคุมหลัก และแผงควบคุมสำรอง โดยนำสัญญาณเอาต์พุตที่รับจากส่วนจัดการคำสั่งเลือกมาใช้ตัดสินใจเลือกสัญญาณควบคุม หลักการทำงานของไอซี 74HC245 คือยอมให้ข้อมูลทางอินพุตผ่านออกทางเอาต์พุตของไอซีได้ต้องมีสัญญาณควบคุมการไหลผ่านของข้อมูลเป็นลอจิก 0

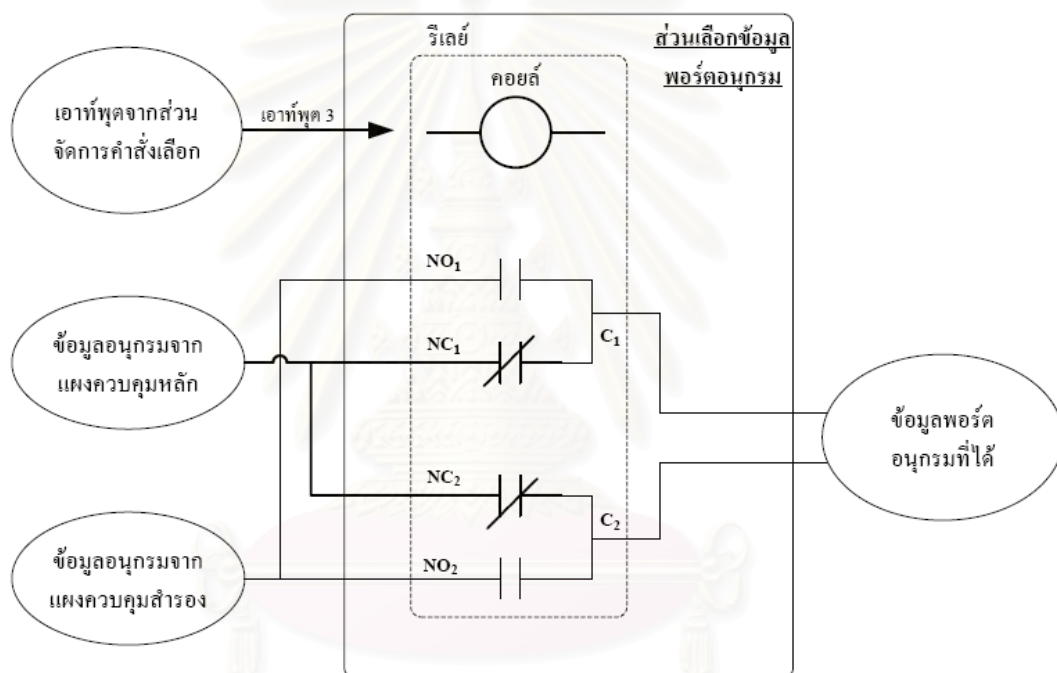
ในภาวะปกติที่แผงควบคุมหลักทำการควบคุมระบบนั้นเอาต์พุต 1 จะส่งลอจิก 0 และเอาต์พุต 2 จะส่งลอจิก 1 มายังไอซี 74HC245 ที่ส่วนเลือกสัญญาณควบคุม ดังนั้นสัญญาณควบคุมที่ได้ จะเป็นสัญญาณควบคุมที่มาจากแผงควบคุมหลัก โดยสามารถแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกสัญญาณควบคุมเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกสัญญาณควบคุม

4.1.2.2.3 ส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม

เนื่องจากส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรมเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบควบคุมห้องอบไม้ที่ต้องการความถูกต้องของข้อมูล ดังนั้นจึงเลือกใช้รีเลย์ซึ่งมีคุณสมบัติให้สถานะของเอาต์พุตเพียงสถานะเดียว โดยตัดสินใจเลือกข้อมูลอนุกรมระหว่างแผงควบคุมหลักและแผงควบคุมสำรอง จากคำสั่งเอาต์พุต 3 ที่ได้จากส่วนจัดการคำสั่งเลือก ในสภาวะปกติที่แผงควบคุมหลักทำการควบคุมระบบ เอาต์พุต 3 จะมีค่าเป็นลอจิก 0 ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรมเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.9

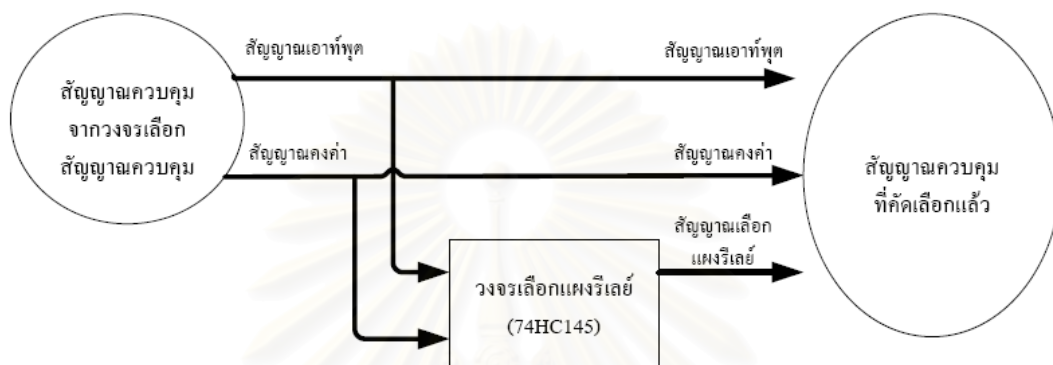


รูปที่ 4.9 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของส่วนเลือกข้อมูลพอร์ตอนุกรม

4.1.2.3 วงจรเลือกแผงรีเลย์

เนื่องจากแผงรีเลย์ทั้ง 8 แผงใช้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากแผงผู้เลือกร่วมกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีสัญญาณเลือกแผงรีเลย์เพื่อใช้แยกแยะสัญญาณควบคุมที่มายังแผงรีเลย์แต่ละแผง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ 74HC14 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณเลือกแผงรีเลย์ เนื่องจากให้สถานะเอาต์พุตที่แน่นอนเพียงสถานะเดียว

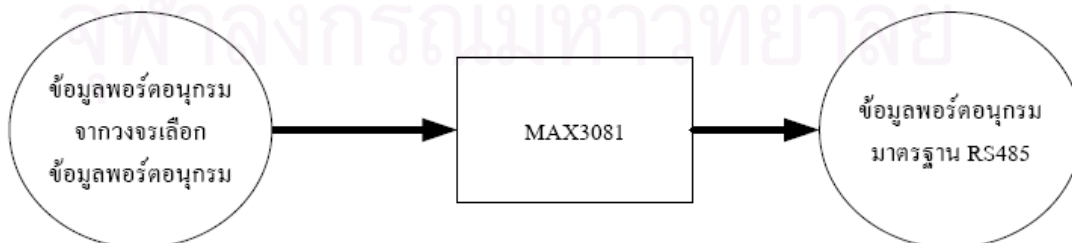
เมื่อเลือกไอซีได้แล้วจากนั้นจึงนำบางส่วนของสัญญาณเอาต์พุต, สัญญาณคงค่ามาใช้ในวงจรเลือกแผลงรีเลย์ จากนั้นจึงนำสัญญาณทั้งหมดนำมาจัดเป็นหมวดหมู่เป็นสัญญาณที่คัดเลือกแล้วเพื่อส่งไปยังแผงขั้วรีเลย์แต่ละแผงต่อไป ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของวงจรเลือกแผลงรีเลย์เป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของวงจรเลือกแผลงรีเลย์

4.1.2.4 วงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485

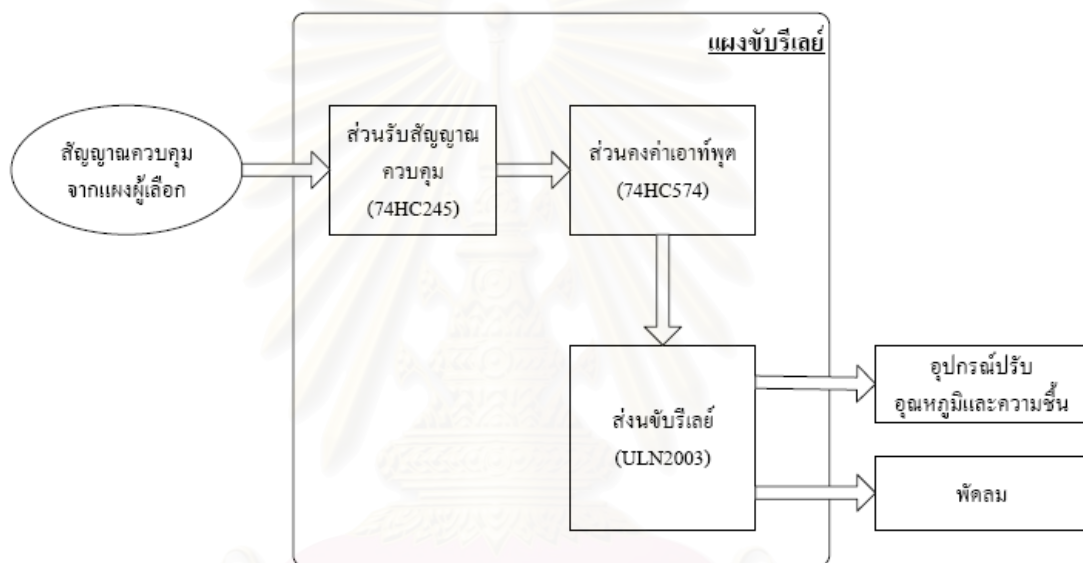
เนื่องจากระบบควบคุมในงานวิจัยนี้ได้แบ่งย่อยออกเป็นส่วนต่างๆ อุปกรณ์แต่ละตัวในระบบอยู่ห่างกันและใช้วิธีติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ ดังนั้นจึงได้เลือกใช้การสื่อสารพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS485 โดยใช้ไอซีเบอร์ MAX3081[8] ของบริษัทลัสเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งสามารถติดต่อกันได้ในระยะทาง 1000 เมตร ซึ่งสามารถแสดงวงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 เป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485

4.1.3 ส่วนแผงขั้วรีเลย์

ในงานวิจัยนี้มีแผงขั้วรีเลย์ทั้งหมด 8 แผง แต่ละแผงควบคุมการทำงานของห้องอบไม้แต่ละห้อง โดยมีอุปกรณ์ที่ควบคุม คือ อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น, พัดลม 2 ตัวที่ทำหน้าที่หมุนเวียนอากาศภายในห้องอบไม้ แผงขั้วรีเลย์มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนรับสัญญาณควบคุม, ส่วนคงค่าเอาต์พุต และส่วนขั้วรีเลย์ สามารถแสดงโครงสร้างของแผงขั้วรีเลย์ได้เป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 บล็อกไดอะแกรมแสดง โครงสร้างของแผงขั้วรีเลย์

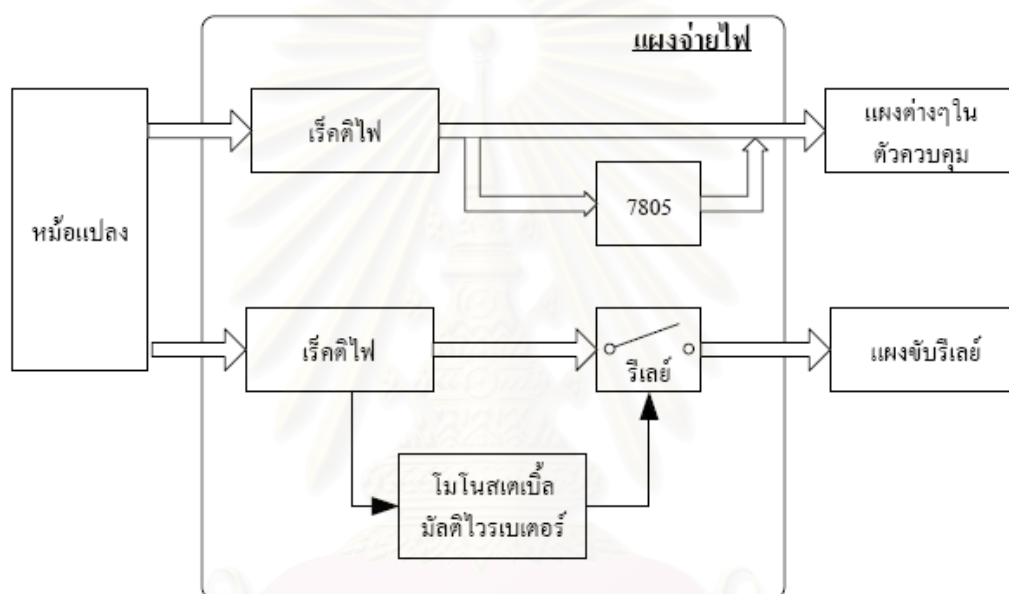
4.1.3.1 ส่วนรับสัญญาณควบคุม ใช้ไอซีเบอร์ 74HC245 ทำหน้าที่เป็นตัวผ่านสัญญาณควบคุมไปยังส่วนคงค่าเอาต์พุตหากสัญญาณเลือกแผงรีเลย์ตรงกับตำแหน่งของแผงขั้วรีเลย์นั้น

4.1.3.2 ส่วนคงค่าเอาต์พุต ใช้ไอซีเบอร์ 74HC574 นำสัญญาณเอาต์พุตและสัญญาณคงค่า มาใช้คงค่าสถานะของเอาต์พุตและส่งต่อไปยังส่วนขั้วรีเลย์

4.1.3.3 ส่วนขั้วรีเลย์ ใช้ไอซีเบอร์ ULN2003 เพื่อเพิ่มกระแสในการขั้วรีเลย์ให้ทำงานควบคุมพัดลม และอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น

4.1.4 ส่วนแบ่งจ่ายไฟ

ทำหน้าที่ รับแรงดันไฟสลับจากหม้อแปลงแรงดันซึ่งมีอยู่ 2 ขด ขดแรกนำมาผ่าน วงจรเร็คตีไฟ (Rectify) แปลงแรงดันให้เป็นไฟตรงขนาด 12 โวลท์ จากนั้นนำมาผ่านไอซี 7805 เพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟตรงขนาด 5 โวลท์ จ่ายไปยังแผงต่างๆในตัวควบคุม ขดที่สองนำมาผ่าน วงจรเร็คตีไฟ แปลงแรงดันให้เป็นแรงดันไฟตรงขนาด 12 โวลท์ จ่ายไปยังแผงขับรีเลย์เพื่อใช้ขับ รีเลย์โดยเฉพาะ และสามารถแสดงโครงสร้างของแผงจ่ายไฟเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของแผงจ่ายไฟ

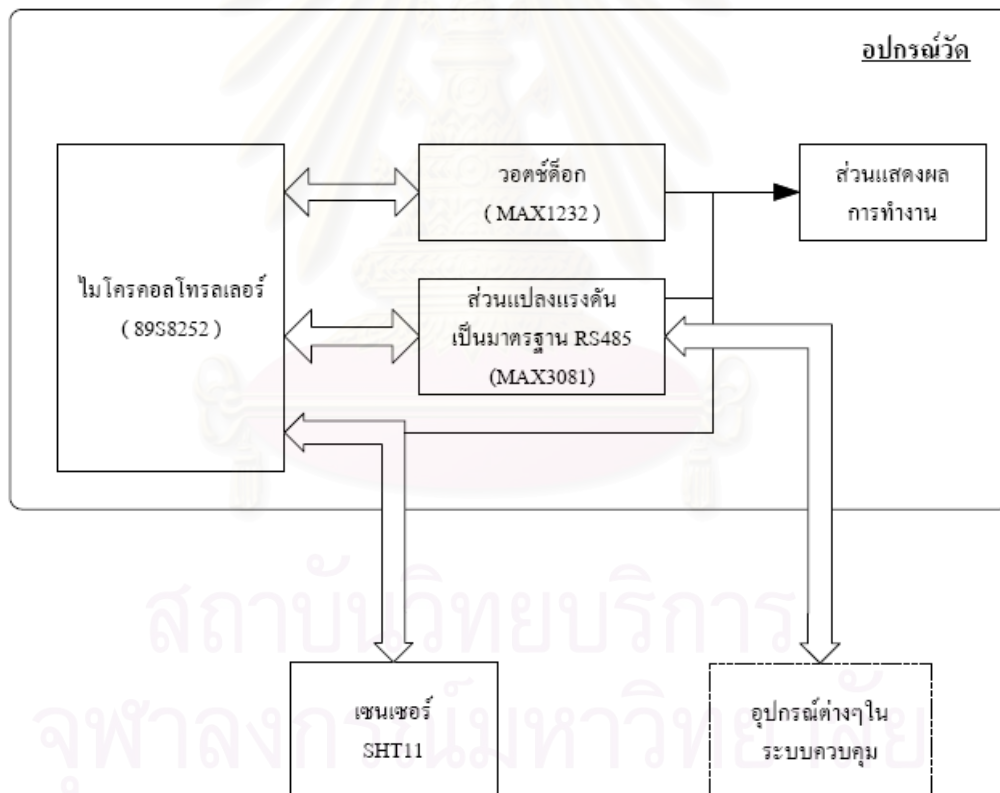
เนื่องจากตัวควบคุมต้องการเอาท์พุตจากแผงขับรีเลย์ที่มีสถานะแน่นอนเมื่อ เริ่มต้นระบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มวงจรหน่วงเวลาจ่ายแรงดันไฟตรง 12 โวลท์ที่จ่ายไปยังแผง ขับรีเลย์เพื่อป้องกันความผิดพลาดของเอาท์พุตจากรีเลย์ในขณะที่เริ่มต้นระบบ โดยวงจรที่นำมาใช้ เป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ (Monostable Multivibrator)[9] ซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่อป้อนพัลส์ไปยังอินพุตของวงจร ตัววงจรจะตอบสนองการทำงานที่ขอบขาขึ้นของพัลส์และจะ ให้ค่าเอาท์พุตออกมาเป็นพัลส์ที่คาบเวลาหนึ่งตามที่กำหนดไว้ในวงจร จากนั้นนำหลักการทำงาน ของวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้โดยตัวควบคุมจะกำเนิดพัลส์ ขอบขาขึ้นเมื่อเริ่มต้นระบบป้อนไปยังส่วนอินพุตของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ และ เอาท์พุตที่ได้นำไปสั่งรีเลย์ให้ทำงานเพื่อป้อนแรงดันไฟตรง 12 โวลท์ไปยังแผงขับรีเลย์ต่อไป

4.1.5 ส่วนแผงเชื่อมต่อ

ในส่วนแผงเชื่อมต่อ ไม่มีอุปกรณ์ใดเป็นพิเศษ มีปลั๊กโทรศัพท์ที่ใช้เป็นตัวเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นในระบบควบคุมเท่านั้น

4.2 อุปกรณ์วัด

เป็นอุปกรณ์สำคัญบนระบบควบคุมห้องอบไม้ ซึ่งมีหน้าที่วัดตัวแปรโปรเซสคืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบไม้ จากนั้นจะส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปยังตัวควบคุมผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS485 อุปกรณ์วัดมีส่วนประกอบหลักอยู่ 5 ส่วน คือ เซนเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, วอตซ์ค็อก, ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 และส่วนแสดงผลการทำงาน ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของอุปกรณ์วัดเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของอุปกรณ์วัด

4.2.1 เซนเซอร์ เลือกใช้เซนเซอร์ดิจิตอลเบอร์ SHT11[5] โดยมีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -55 ถึง 123.8 องศาเซลเซียส และช่วงการวัดของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 % ซึ่งครอบคลุมในช่วงการใช้งานของงานวิจัยนี้

4.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์วัดในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252 มาใช้ทำหน้าที่ควบคุมระบบและประมวลผล เหมือนกับตัวควบคุมเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรมของอุปกรณ์วัด

4.2.3 วอตซ์ด็อก ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกชั้นหนึ่งจากวอตซ์ด็อกภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์วัด เลือกใช้ไอซีเบอร์ MAX1232 ของบริษัทดาต้าสემิคอนดักเตอร์ เช่นเดียวกับตัวควบคุมเพื่อความสะดวกในการจัดซื้ออุปกรณ์

4.2.4 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 ใช้ไอซี MAX3081 ของบริษัทดาต้าสემิคอนดักเตอร์เช่นเดียวกับตัวควบคุม เพื่อความสะดวกในการจัดซื้ออุปกรณ์ และความเข้ากันได้ของระบบ

4.2.5 ส่วนแสดงผลการทำงาน ของอุปกรณ์วัดได้นำหลอดแอลอีดี (LED) มาใช้ต่อพ่วงกับสัญญาณรีเซ็ตจากไอซี MAX1232 โดยสามารถแบ่งสถานะการทำงานเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. อุปกรณ์วัดทำงานปกติ หลอดแอลอีดีสว่างไม่กระพริบ
2. อุปกรณ์วัดเสีย หลอดแอลอีดีสว่างกระพริบ
3. ระบบจ่ายไฟทำงานผิดปกติ หลอดแอลอีดีไม่สว่าง

นอกจากนั้นยังต่อพ่วงข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม และสัญญาณจากเซนเซอร์นำมาผ่านบัฟเฟอร์เบอร์ HEF40106 แล้วจึงนำไปแสดงผลการทำงานที่หลอดแอลอีดีด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น

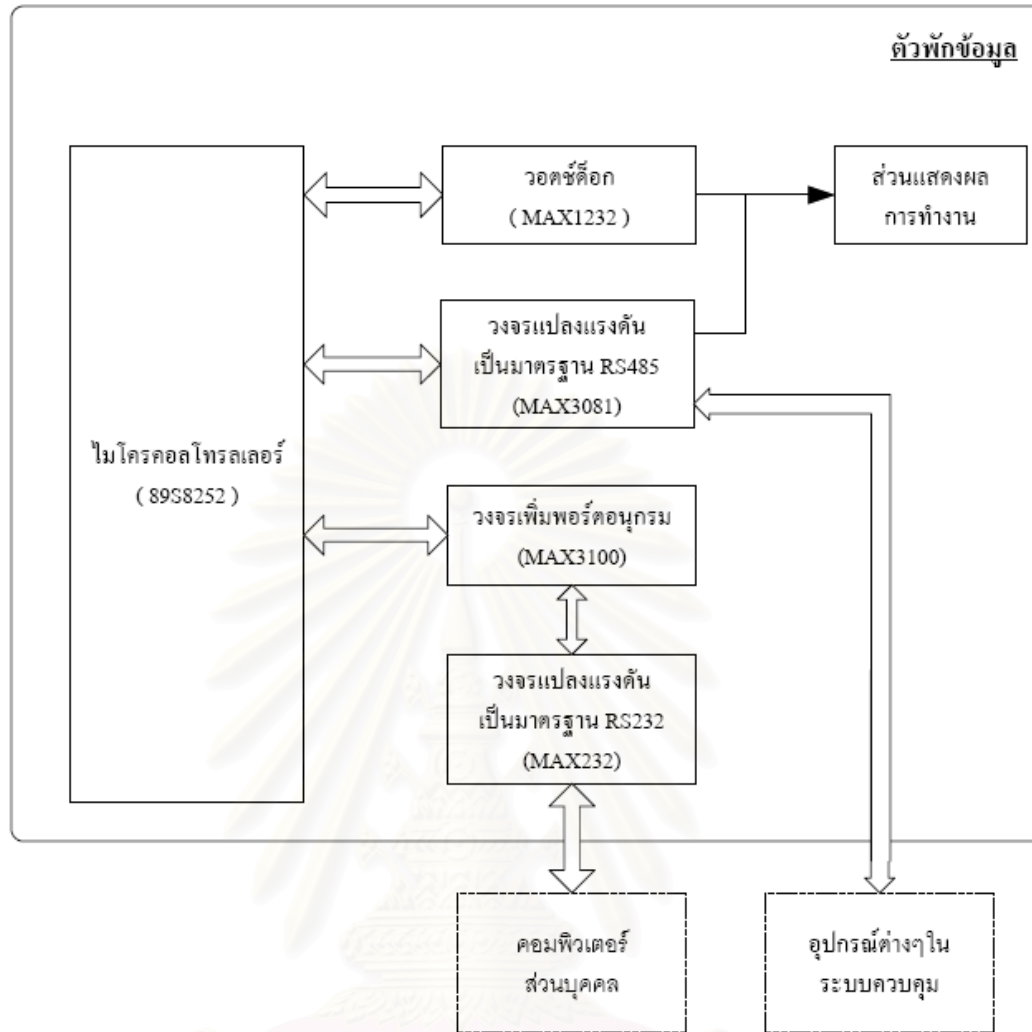
ในงานวิจัยนี้กำหนดชื่อให้แก่อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมห้องอบไม้เพื่อความเข้าใจตรงกัน มีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิ เรียกว่า ตัวทำความร้อน(Heater)
2. อุปกรณ์เพิ่มความชื้น เรียกว่า หัวฉีดละอองน้ำ(Spray)
3. อุปกรณ์ลดความชื้น เรียกว่า ช่องระบายอากาศ (Exhaust)
4. พัดลม 2 ตัวที่ใช้หมุนเวียนอากาศภายในห้อง เรียกว่า พัดลมเอ(Fan A) และพัดลมบี (FanB)

4.4 ตัวพักข้อมูล

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมการติดต่อสื่อสารระหว่างตัวควบคุมและคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้าด้วยกัน เนื่องจากโรงอบไม้ที่ทำการศึกษ[1] มีห้องอบไม้อยู่ 32 ห้อง และในงานวิจัยนี้ ตัวควบคุม 1ตัวสามารถควบคุมการอบไม้ได้ 8 ห้อง ดังนั้นตัวควบคุมต้องมีทั้งหมด 4 ตัวจึงสามารถควบคุมห้องอบไม้ได้ทั้งหมด การติดต่อสื่อสารข้อมูลของตัวควบคุมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนั้นจำเป็นต้องมีตัวพักข้อมูลเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมของระบบควบคุมห้องอบไม้ คือข้อมูลต่างๆของตัวควบคุมจะถูกส่งมาเก็บไว้ที่ตัวพักข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านจากตัวพักข้อมูลได้ทันทีไม่ต้องรอกระบวนการเพื่อจะอ่านข้อมูลจากตัวควบคุม

ตัวพักข้อมูลมีพอร์ตอนุกรมอยู่ 2 พอร์ต พอร์ตหนึ่งใช้ติดต่อกับระบบควบคุม อีกพอร์ตใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ตัวพักข้อมูลมีส่วนประกอบอยู่ 6 ส่วนคือไมโครคอนโทรลเลอร์, วอตช์ดีออก, ส่วนแปลงแรงดันสื่อสารเป็นมาตรฐาน RS485, ส่วนเพิ่มพอร์ตอนุกรม, ส่วนแปลงแรงดันสื่อสารเป็นมาตรฐาน RS232 และส่วนแสดงผลการทำงาน สามารถแสดงโครงสร้างของตัวพักข้อมูลเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของตัวพักข้อมูล

4.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวพักข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252 มาใช้ทำหน้าที่ควบคุมระบบและตัวประมวลผลเหมือนกับตัวควบคุมและอุปกรณ์วัดเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรมควบคุม

4.4.2 วอตซ์ดีค็อก ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกชั้นหนึ่งจากวอตซ์ดีค็อกภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ ตัวพักข้อมูลในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ MAX1232 ของบริษัทดาต้าสემิคอนดักเตอร์ เช่นเดียวกับตัวควบคุมและอุปกรณ์วัดเพื่อความสะดวกในการจัดซื้ออุปกรณ์

4.4.3 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS485 ใช้ไอซี MAX3081 เช่นเดียวกับตัวควบคุมและอุปกรณ์วัดเพื่อความสะดวกในการจัดซื้ออุปกรณ์ และความเข้ากันได้ของระบบ

4.4.4 ส่วนเพิ่มพอร์ตอนุกรม ใช้ไอซีเบอร์ MAX3100[10] ของบริษัทคาลัสเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อเพิ่มพอร์ตอนุกรมให้กับตัวพักข้อมูล เหตุผลที่เลือกใช้เพราะความสะดวกในการใช้งาน และง่ายในการออกแบบฮาร์ดแวร์

4.4.5 ส่วนแปลงแรงดันเป็นมาตรฐาน RS232 ใช้ไอซีเบอร์ MAX232[11] ของบริษัทคาลัสเซมิคอนดักเตอร์ แปลงแรงดันสื่อสารเป็นมาตรฐาน RS232 ให้สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เหตุผลที่เลือกเพราะความสะดวกในการใช้งาน ราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

4.4.6 ส่วนแสดงผลการทำงาน ของอุปกรณ์วัดได้นำหลอดแอลอีดี (LED) มาใช้ต่อพ่วงกับสัญญาณรีเซ็ตจากไอซี MAX1232 โดยสามารถแบ่งสถานะการทำงานของแผงควบคุมเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. ตัวพักข้อมูลทำงานปกติ หลอดแอลอีดีสว่างไม่กระพริบ
2. ตัวพักข้อมูลเสีย หลอดแอลอีดีสว่างกระพริบ
3. ระบบจ่ายไฟทำงานผิดปกติ หลอดแอลอีดีไม่สว่าง

นอกจากนั้นยังต่อพ่วงข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรมในส่วนติดต่อกับระบบควบคุม นำมาผ่านบัฟเฟอร์เบอร์ HEF40106 ไปแสดงผลการทำงานที่หลอดแอลอีดีด้วย

4.5 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

นำมาใช้จัดเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อจุดประสงค์ในการแสดงผลและส่งค่าเป้าหมายไปยังตัวควบคุมเพื่อตั้งค่าการทำงาน ซึ่งเพิ่มความรวดเร็ว ความสะดวกและง่ายต่อการตรวจสอบระบบควบคุมให้แก่พนักงานควบคุมระบบ

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่นำมาใช้ในระบบควบคุมห้องอบไม้ควรมีคุณสมบัติอย่างต่ำดังนี้ ความเร็วซีพียู 1 GHz , หน่วยความจำ(Ram) 128 MB, มีพอร์ตอนุกรม(Com Port) 1 พอร์ต, ซีดีรอม , ฮาร์ดดิสก์(Harddisk) 10 GB ,OS ระบบปฏิบัติการ Window ME หรือสูงกว่า

โดยซอฟต์แวร์พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ในระบบควบคุมคือ Delphi 5.0 หรือเวอร์ชันสูงกว่าได้ และระบบฐานข้อมูลที่ใช้เป็นแบบ Paradox7

บทที่ 5

โปรแกรมระบบควบคุมห้องอบไม้ และส่วนแสดงผล

โปรแกรมระบบควบคุมห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้เป็น โปรแกรมที่มีลักษณะ โครงสร้างการทำงานที่ง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไข สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยสามารถแบ่งการพัฒนาโปรแกรมออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การพัฒนาโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และ การพัฒนาโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ประเภทใช้ข้อมูลสื่อสารที่มีโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ในการเชื่อมโยงให้เหมือนกัน ในบทนี้จะกล่าวถึง โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง, โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

5.1 โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง

เนื่องจากระบบควบคุมห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทางพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS485 ดังนั้นจึงได้กำหนดโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารให้ชัดเจนเสียก่อน โดยโปรโตคอลที่ใช้ในระบบควบคุมห้องอบไม้ของงานวิจัยนี้มีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 รายละเอียดโปรโตคอลที่ใช้ในระบบควบคุมของงานวิจัยนี้

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 1 ครั้งประกอบด้วยข้อมูล 15 ไบต์ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละไบต์ได้แก่ ไบต์เริ่มต้น 1, ไบต์เริ่มต้น 2, ที่อยู่ผู้ส่ง, ที่อยู่ผู้รับ, คำสั่ง, ข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 9 และ Checksum ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

5.1.1 ไบต์เริ่มต้นที่ 1 และไบต์เริ่มต้นที่ 2

กำหนดให้มีค่า 55 (ฐาน16) และค่า AA (ฐาน16) ตามลำดับ ทำหน้าที่เป็นไบต์เริ่มต้นการสื่อสาร

5.1.2 ที่อยู่ผู้ส่ง และที่อยู่ผู้รับ

ใช้เป็นตัวบ่งบอกในข้อมูลว่า อุปกรณ์ตัวใดส่ง และอุปกรณ์ตัวใดรับ เพื่อสามารถนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ และได้กำหนดที่อยู่ของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 1
- ตัวพักข้อมูล	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 2
- ตัวควบคุม	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 10
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 1	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 11
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 2	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 12
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 3	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 13
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 4	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 14
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 5	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 15
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 6	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 16
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 7	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 17
- อุปกรณ์วัดของห้องอบที่ 8	กำหนดให้ค่าที่อยู่เป็น 18

5.1.3 คำสั่งและข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 9

ในส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญของโปรโตคอล โดยคำสั่งมีหน้าที่บ่งบอกความต้องการของข้อมูลที่ส่งโดยทำงานสัมพันธ์กับข้อมูลที่ 1 ถึง ข้อมูลที่ 9 และสามารถแบ่งคำสั่งออกเป็น 3 ส่วนคือ คำสั่งของตัวควบคุม, คำสั่งของอุปกรณ์วัด และคำสั่งของตัวพักข้อมูล

5.1.3.1 คำสั่งของตัวควบคุม มีทั้งหมด 4 คำสั่งดังนี้

5.1.3.1.1 Config เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าเวลาในการทำงาน ส่วนต่างๆ ภายในตัวควบคุม ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 4 มีรายละเอียดคำสั่งของ Relay คือ

- ถ้าเป็นการเขียนข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 4 ให้กำหนดค่าคำสั่ง Config เป็น 40
- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 4 ให้กำหนดค่าคำสั่ง Config เป็น 41

โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.2

Config	Control	StRdVP	WaitVP	StCP
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4

รูปที่ 5.2 รายละเอียดคำสั่ง Config ของตัวควบคุม

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูลที่ 4 ของคำสั่ง Config มีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

- Control เป็นตัวแปรที่ใช้ปิด-เปิดการทำงานในส่วนต่างดังนี้
 - ตั้งค่าบิตที่ 0 ให้เป็น 1 เพื่อเปิดการทำงานให้ตัวควบคุมอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากอุปกรณ์วัด
 - ตั้งค่าบิตที่ 1 ให้เป็น 1 เพื่อเปิดการประมวลผลอุณหภูมิและความชื้นที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัด กับ ค่าเป้าหมาย
- StRdVP (Sampling Time for Read Variable Process)
 - เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บค่าเวลาที่กำหนดให้อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัด มีหน่วยเป็นวินาที
- WaitVP (Waiting for Read Variable Process)
 - เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บค่าเวลาที่กำหนดการหน่วงเวลาอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดตัวต่อไป มีหน่วยเป็นวินาที
- StCP (Sampling Time for Compare)
 - เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บค่าเวลาที่กำหนดการประมวลผลระหว่างค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดกับค่าเป้าหมาย

5.1.3.1.2 Relay เป็นคำสั่งที่ใช้ในการบำรุงตรวจสอบตัวควบคุม โดยทำหน้าที่ควบคุมรีเลย์โดยตรงและทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 มีรายละเอียดของคำสั่ง Relay คือ

- ถ้าเป็นการเขียนข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 8 ให้กำหนดค่าคำสั่ง Relay เป็น 42
- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 8 ให้กำหนดค่าคำสั่ง Relay เป็น 43

โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.3

Relay	Relay1	Relay2	Relay3	Relay4	Relay5	Relay6	Relay7	Relay8
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ข้อมูล 6	ข้อมูล 7	ข้อมูล 8

รูปที่ 5.3 รายละเอียดคำสั่ง Relay ของตัวควบคุม

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูลที่ 8 ของคำสั่ง Relay มีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

- Relay1 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 1
- Relay2 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 2
- Relay3 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 3
- Relay4 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 4
- Relay5 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 5
- Relay6 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 6
- Relay7 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 7
- Relay8 เป็นตัวแปรควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมดในแผงขั้วรีเลย์ ห้องที่ 8

5.1.3.1.3 SP (Set Point) เป็นคำสั่งที่ใช้ตั้งค่าเป้าหมายในการทำงาน ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 มีรายละเอียดของคำสั่ง SP คือ

- ถ้าเป็นการเขียนข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 8 ให้กำหนดค่าคำสั่งเป็น 44
- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 ให้กำหนดค่าคำสั่งเป็น 45

โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.4

SP	Room	Temp	Humi	Work_hr	Work_min	Fan_hr	Fan_min	Process
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ข้อมูล 6	ข้อมูล 7	ข้อมูล 8

รูปที่ 5.4 รายละเอียดคำสั่ง SP ของตัวควบคุม

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูลที่ 8 ของคำสั่ง SP มีรายละเอียดของดังนี้

- Room เป็นตัวแปรกำหนดห้องอบไม้ที่ต้องการตั้งค่าเป้าหมาย
- Temp เป็นตัวแปรเก็บค่าอุณหภูมิเป้าหมาย
- Humi เป็นตัวแปรเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป้าหมาย
- Work_hr เป็นตัวแปรเก็บเวลาเป้าหมายในการอบไม้ มีหน่วยเป็น ชั่วโมง
- Work_min เป็นตัวแปรเก็บเวลาเป้าหมายในการอบไม้ มีหน่วยเป็น นาที
- Fan_hr เป็นตัวแปรเก็บเวลาเป้าหมายของพัดลม มีหน่วยเป็น ชั่วโมง
- Fan_min เป็นตัวแปรเก็บเวลาเป้าหมายทำงานของพัดลมมีหน่วยเป็น นาที
- Process เป็นตัวแปรกำหนดสถานะในการทำงานของห้องอบไม้ ที่ทำการตั้งค่าเป้าหมาย โดย Process โดยแบ่งเป็น 3 สถานะ คือ เริ่มทำงาน, หยุดการทำงานชั่วคราว และ หยุดทำงาน

5.1.3.1.4 VP (Variable Process) เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าการทำงานของโปรเซสเพียงอย่างเดียวเท่านั้นซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 มีรายละเอียดของคำสั่ง VP คือ

- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 ให้กำหนดค่าคำสั่ง VP เป็น 21 โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.5

VP	Room	Temp	Humi	Work_hr	Work_min	Fan_hr	Fan_min	Process
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ข้อมูล 6	ข้อมูล 7	ข้อมูล 8

รูปที่ 5.5 รายละเอียดคำสั่ง VP ของตัวควบคุม

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูลที่ 8 ของคำสั่ง VP มีรายละเอียดของดังนี้

- Room เป็นตัวแปรใช้กำหนดห้องอบไม้มที่ต้องการอ่านค่า
- Temp เป็นตัวแปรเก็บค่าอุณหภูมิของห้องอบไม้มที่ต้องการอ่านค่า
- Humi เป็นตัวแปรเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศของห้องอบไม้มที่ต้องการอ่านค่า
- Work_hr เป็นตัวแปรเก็บค่าเวลาทำงานที่ใช้ในการอบไม้ม มีหน่วยเป็นชั่วโมง
- Work_min เป็นตัวแปรเก็บค่าเวลาทำงานที่ใช้ในการอบไม้มมีหน่วยเป็นนาที
- Fan_hr เป็นตัวแปรเก็บค่าเวลาทำงานของพัดลมมีหน่วยเป็นชั่วโมง
- Fan_min เป็นตัวแปรเก็บค่าเวลาทำงานของพัดลมมีหน่วยเป็นนาที
- Process อ่านตัวแปรเก็บค่าสถานะการทำงานของห้องอบไม้มที่ต้องการอ่านค่า

5.1.3.2 คำสั่งของอุปกรณ์วัด มีทั้งหมด 2 คำสั่งดังนี้

5.1.3.2.1 VP เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าการทำงานของโปรเซสเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 3 มีรายละเอียดของคำสั่ง VP คือ

- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 3 ให้กำหนดค่าคำสั่ง VP เป็น 21 ซึ่งเหมือนกับค่า VP ของตัวควบคุม แต่โปรแกรมสามารถแยกแยะคำสั่ง โดยนำที่อยู่ผู้ส่งและที่อยู่ผู้รับมาตรวจสอบอีกชั้นหนึ่ง สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.6

VP	Temp	Humi	Status
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3

รูปที่ 5.6 รายละเอียดคำสั่ง VP ของอุปกรณ์วัด

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูลที่ 3 ของคำสั่ง VP มีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

- Temp เป็นตัวแปรเก็บค่าอุณหภูมิของห้องอบไม้ที่ต้องการอ่านค่า
- Humi เป็นตัวแปรเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศของห้องอบไม้ที่ต้องการอ่านค่า
- Status เป็นตัวแปรบ่งบอกสถานะของเซนเซอร์ดิจิตอลมี 2 สถานะคือ อ่านค่าจากเซนเซอร์ได้ และ อ่านค่าจากเซนเซอร์ไม่ได้

5.1.3.2.2 ST (Sampling Time) เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดค่าเวลาในการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัด ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 มีรายละเอียดของคำสั่ง ST คือ

- ถ้าเป็นการเขียนข้อมูล 1 ให้กำหนดค่าคำสั่ง ST เป็น 22
 - ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ให้กำหนดค่าคำสั่ง ST เป็น 23
- โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.7

<u>ST</u>	Sampling
คำสั่ง	ข้อมูล 1

รูปที่ 5.7 รายละเอียดคำสั่ง ST ของอุปกรณ์วัด

Sampling เป็นตัวแปรเก็บค่าเวลาที่กำหนดให้อุปกรณ์วัดทำหน้าที่อ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หน่วยเป็นวินาที

5.1.3.3 คำสั่งของตัวพักข้อมูล มีทั้งหมด 1 คำสั่งดังนี้

5.1.3.3.1 VP เป็นคำสั่งที่ใช้เก็บค่าข้อมูลที่รับจากตัวควบคุม ซึ่งทำงานสัมพันธ์กับข้อมูล 1 ถึงข้อมูล 8 มีรายละเอียดของคำสั่ง VP คือ

- ถ้าเป็นการเขียนข้อมูล 1 ให้กำหนดค่าคำสั่ง VP เป็น 20
- ถ้าเป็นการอ่านข้อมูล 1 ให้กำหนดค่าคำสั่ง VP เป็น 21

โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.8

VP	Room	Temp	Humi	Work_hr	Work_min	Fan_hr	Fan_min	Process
คำสั่ง	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ข้อมูล 6	ข้อมูล 7	ข้อมูล 8

รูปที่ 5.8 คำสั่ง VP ของตัวพักข้อมูล

ข้อมูล 1 ถึง ข้อมูล 8 เป็นข้อมูลที่รับมาจากตัวควบคุมเพื่อเก็บค่าไว้ที่ตัวพักข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถนำเอาข้อมูลนี้ไปแสดงผลได้ทันที

5.1.4 Checksum

เป็นไบต์ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งไป โดยนำผลรวมของข้อมูลแต่ละไบต์มาบวกกันยกเว้นไบต์เริ่มต้นและส่งค่า Checksum รวมกับข้อมูลที่ส่งไป จากนั้นในส่วนของผู้รับจึงนำข้อมูลที่ได้มาบวกกันและเปรียบเทียบกับไบต์ Checksum ถ้าตรงกันถือว่าข้อมูลที่ส่งไปมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้งานได้ โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

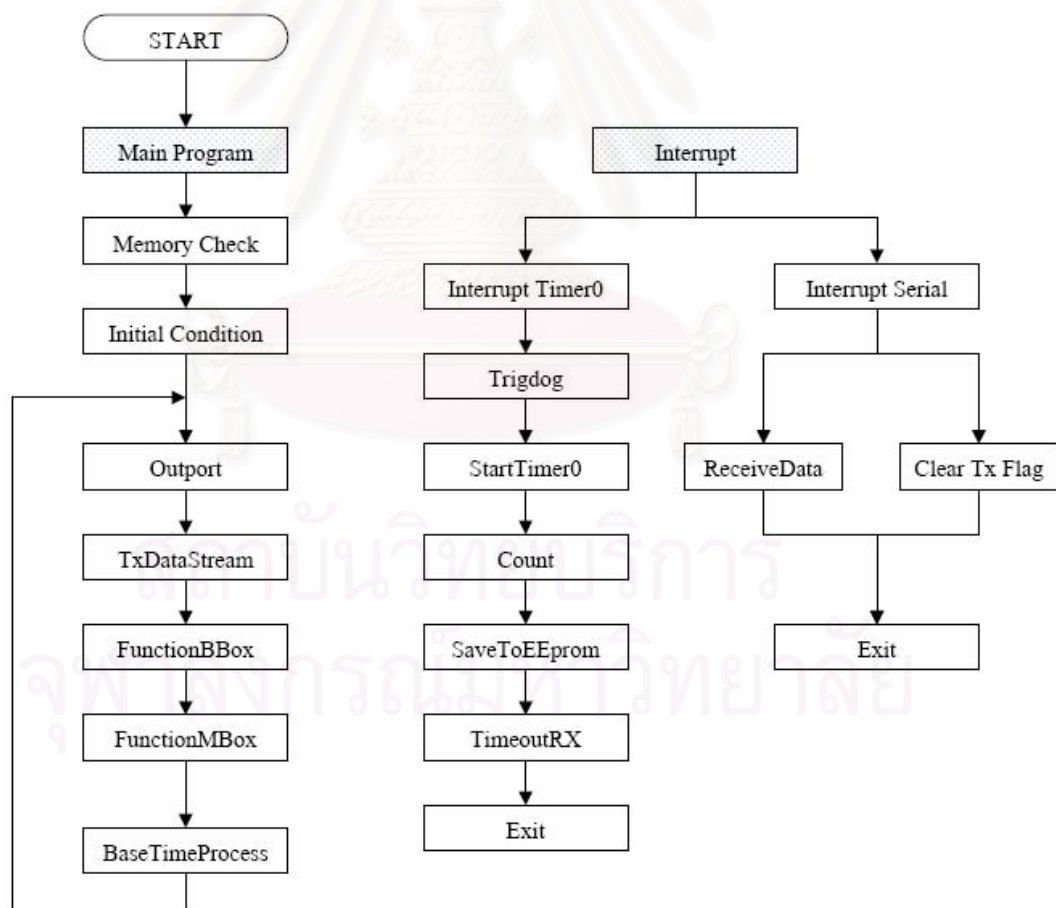
$$\text{Checksum} = \text{ที่อยู่ผู้ส่ง} + \text{ที่อยู่ผู้รับ} + \text{คำสั่ง} + \text{ข้อมูล 1} + \dots + \text{ข้อมูล 9}$$

5.2 โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89S8252 โดยเลือกใช้ซอฟต์แวร์พัฒนาของ Keil51 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ภาษาซี เนื่องจากเป็นภาษาที่ใกล้เคียงภาษามนุษย์ ทำเข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการแก้ไขพัฒนา ซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ โปรแกรมของตัวควบคุม, โปรแกรมของอุปกรณ์วัด และโปรแกรมของตัวพักข้อมูล

5.2.1 โปรแกรมของตัวควบคุม

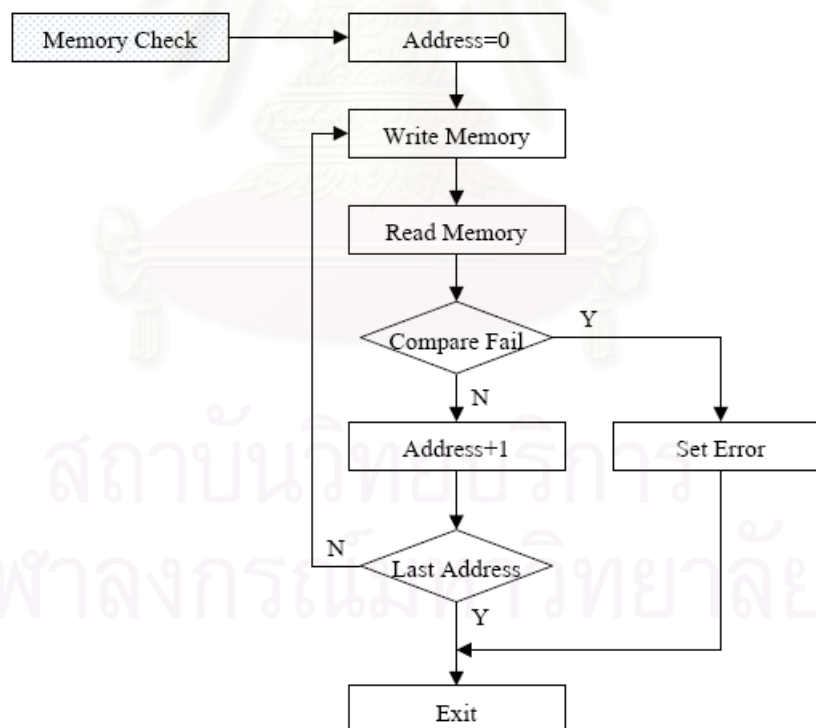
โปรแกรมของตัวควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program) และ ส่วนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Program) ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลักโปรแกรมของตัวควบคุมได้ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลักโปรแกรมของตัวควบคุม

5.2.1.1 ส่วนโปรแกรมหลักของตัวควบคุม (Main Program) ส่วนนี้เป็น ส่วนของโปรแกรมที่ไม่จำเป็นต้องมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์(Events)ในทันที สามารถหยุดการทำงานไว้ก่อนได้ ซึ่งประกอบส่วนต่างๆ 7 ส่วนได้แก่ Memory Check, Initial Condition, Output, TxDataStream, FunctionBBox, FunctionMBox และ BaseTimeProcess ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

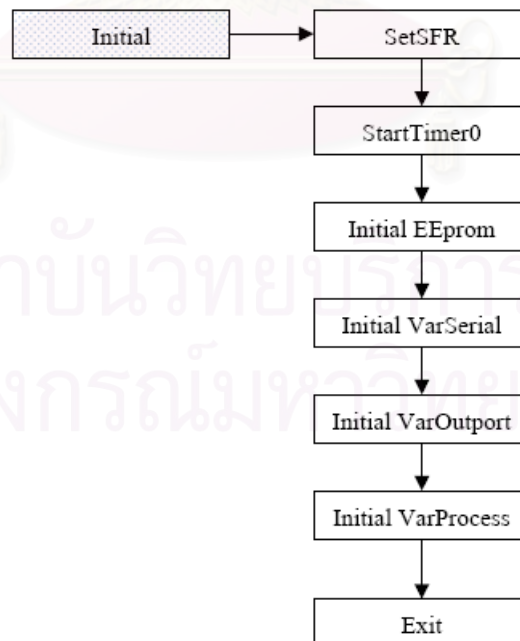
5.2.1.1.1 Memory Check เป็นส่วนตรวจสอบหน่วยความจำ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ของตัวควบคุม หลักการทำงานของ Memory Check คือ เขียนค่าลงในหน่วยความจำ และอ่านค่าจากหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งแอดเดรส(Address)นั้น โดยเริ่มตั้งแต่แอดเดรสแรก ถึง แอดเดรสสุดท้ายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252 ซึ่งมีทั้งหมด 256 ไบต์ หากสามารถอ่านค่าได้ตรงตามค่าที่เขียนลงไปทั้งหมดก็ถือว่าเป็นการทดสอบ โดยค่าที่เขียนลงไปหน่วยความจำให้เขียนค่า 1 ก่อน และเขียนค่า 0 ตามลำดับ ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงโครงสร้างส่วน Memory Check ได้ดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Memory Check

5.2.1.1.2 Initial Condition เป็นส่วนตั้งค่าเริ่มต้นตัวแปรต่างๆในโปรแกรม ของตัวควบคุม ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Initial Condition ได้ดังรูปที่ 5.11 และมีการทำงานในแต่ละส่วนดังนี้

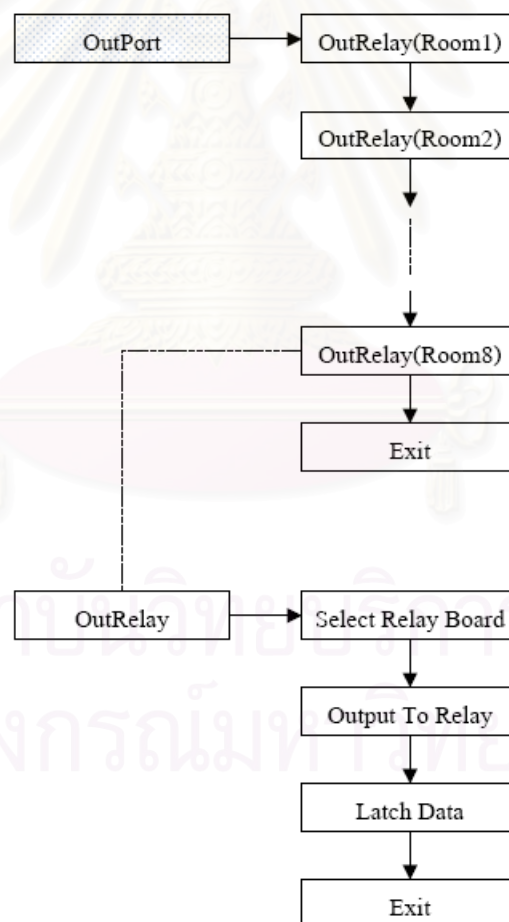
- SetSFR ทำหน้าที่กำหนดค่ารีจิสเตอร์พิเศษภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตั้งค่าให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบ
- StartTimer0 ทำหน้าที่กำหนดค่ารีจิสเตอร์ในส่วนเกี่ยวข้องกับ Timer0 เพื่อกำหนดสัญญาณอินเตอร์รัพท์
- Initial EEprom ทำหน้าที่อ่านค่าจากภายในหน่วยความจำแบบถาวร(EEprom)ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
- Initial VarSerial ทำหน้าที่ตั้งค่าตัวแปรเริ่มต้นในส่วนของอินเตอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรม
- Initial VarOutput ทำหน้าที่ตั้งค่าตัวแปรเริ่มต้นในส่วนกำหนดเอาต์พุตไปยังแผงขั้วรีเลย์
- Initial VarProcess ทำหน้าที่ตั้งค่าตัวแปรเริ่มต้นในส่วนการทำงานของโปรเซส



รูปที่ 5.11 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Initial Condition

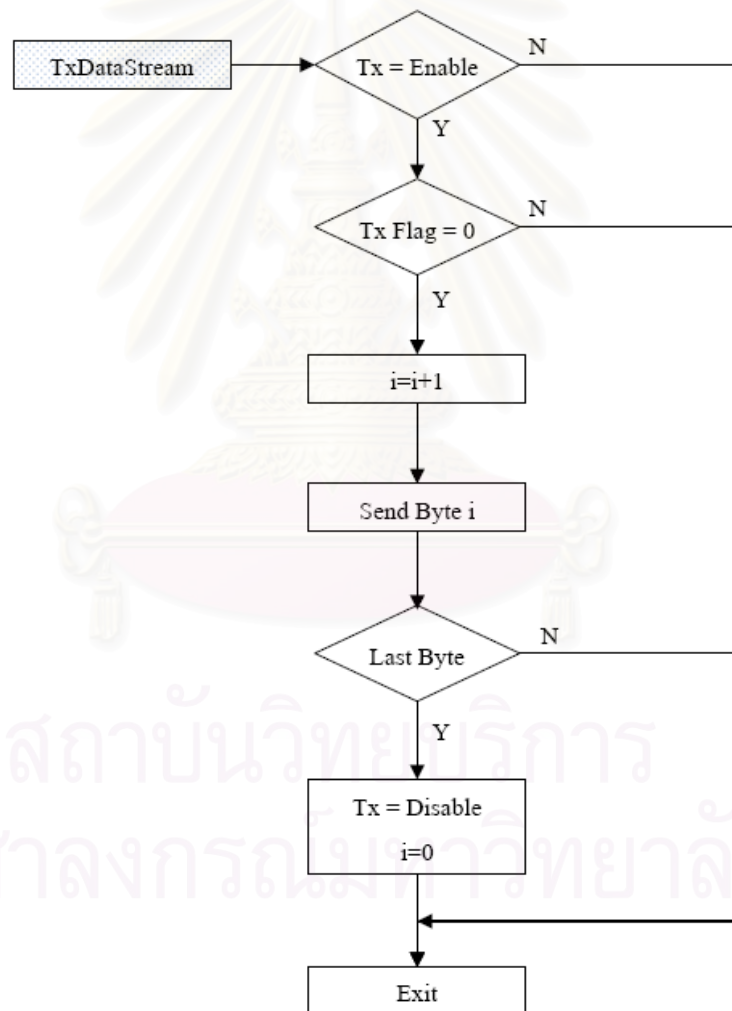
5.2.1.1.3 Output ทำหน้าที่ส่งค่าเอาต์พุตออกไปยังแผงขั้วรีเลย์ที่ 1 [OutRelay(Room1)]ถึง แผงขั้วรีเลย์ที่ 8 [OutRelay(Room8)] ตามลำดับ โดยใช้ส่วนโปรแกรมย่อยเดียวกันคือ OutRelay ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน Output ได้ดังรูปที่ 5.12 และมีการทำงานในส่วนโปรแกรมย่อย OutRelay ดังนี้

- Select Relay Board ทำหน้าที่เลือกแผงขั้วรีเลย์ที่ต้องการส่งค่าเอาต์พุตออก
- Output To Relay ทำหน้าที่ส่งค่าเอาต์พุตของสัญญาณควบคุมออกไปยังแผงขั้วรีเลย์
- Latch Data ทำหน้าที่เป็นสัญญาณให้แผงขั้วรีเลย์คงค่าสถานะของเอาต์พุตนั้นไว้



รูปที่ 5.12 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน OutPort

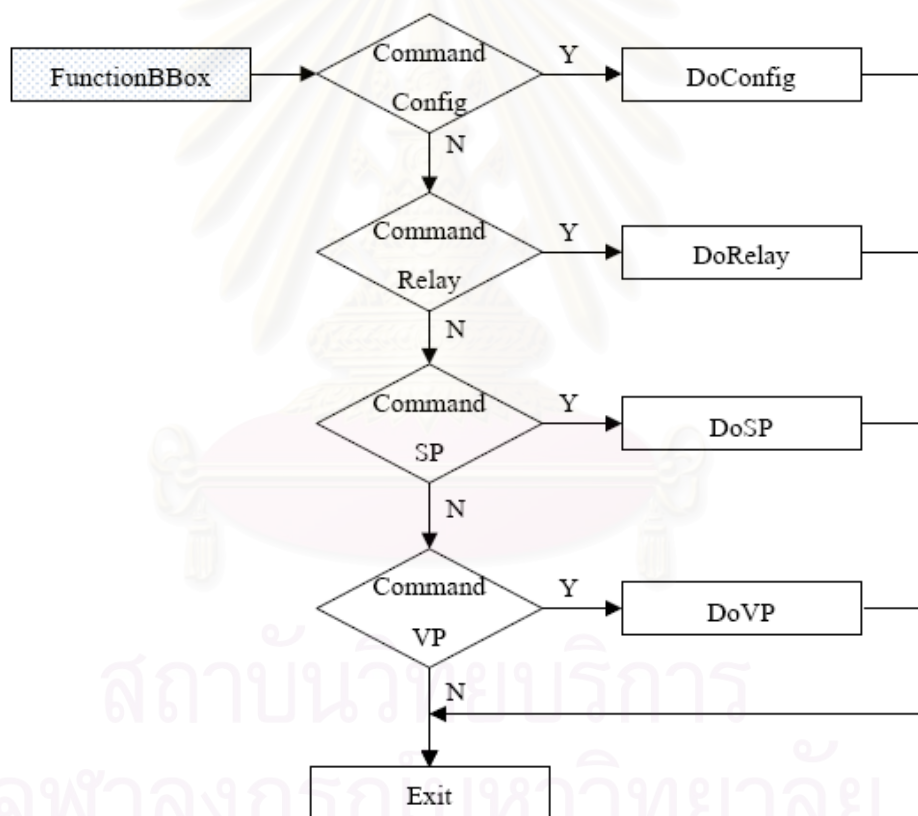
5.2.1.1.4 TxDataStream โปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูล 15 ไบต์ซึ่งเป็นโปรโตคอลในการสื่อสารของงานวิจัยนี้ออกทางพอร์ตอนุกรมเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ในระบบควบคุมห้องอบไม้ หลักการทำงานคือถ้า Tx เปิดการทำงานจะส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรมทีละไบต์ เริ่มจากไบต์ที่ 1 จนถึงไบต์สุดท้าย จากนั้นจะตั้งค่า Tx ปิดการทำงานเพื่อไม่ต้องส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกรอบ โดยการส่งในแต่ละไบต์นั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะเซตให้ Tx Flag เป็น 1 และจะรอจนส่งข้อมูลออกไปจนครบ 1 ไบต์แล้ว Tx Flag จะถูกเซตเป็น 0 โดยผ่านทางอินเตอร์รัพท์พอร์ตอนุกรมซึ่งจะกล่าวในเนื้อหาต่อไป โดยสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน TxDataStream ได้ดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน TxDataStream

5.2.1.1.5 FunctionBBox ส่วนของโปรแกรมนี้ทำหน้าที่รับคำสั่งที่ได้มาจากตัวפקข้อมูล(ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล) แล้วทำตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ที่หัวข้อ “โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง” ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน FunctionBBox ได้ดังรูปที่ 5.14 และมีรายละเอียดของคำสั่งดังนี้

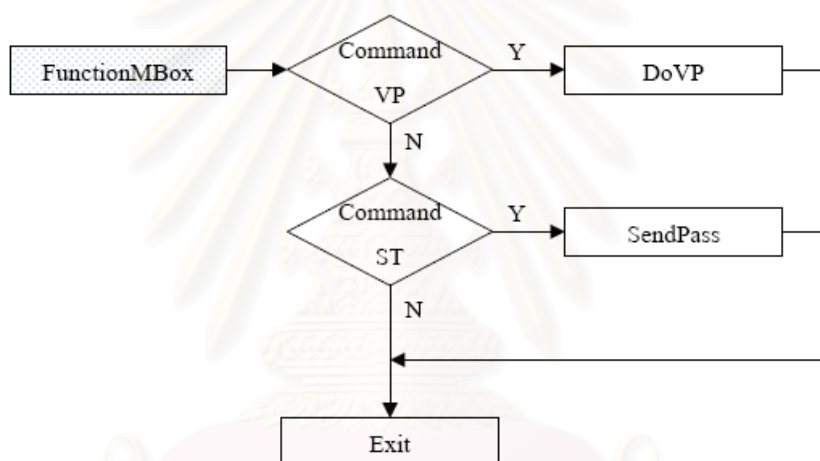
- DoConfig ทำหน้าที่อ่าน/เขียนข้อมูลของคำสั่ง Config
- DoRelay ทำหน้าที่อ่าน/เขียนข้อมูลของคำสั่ง Relay
- DoSP ทำหน้าที่อ่าน/เขียนข้อมูลของคำสั่ง SP
- DoVP ทำหน้าที่อ่าน/เขียนข้อมูลของคำสั่ง VP



รูปที่ 5.14 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน FunctionBBox

5.2.1.1.6 FunctionMBox ส่วนของโปรแกรมนี้ทำหน้าที่รับคำสั่งที่ได้มาจากอุปกรณ์วัด แล้วทำตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ที่หัวข้อ “โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง” ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน FunctionMBox ได้ดังรูปที่ 5.15 และมีรายละเอียดของคำสั่งดังนี้

- DoVP ทำหน้าที่รับข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากอุปกรณ์วัด
- SendPass ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลที่รับออกไปยังพอร์ตอนุกรม

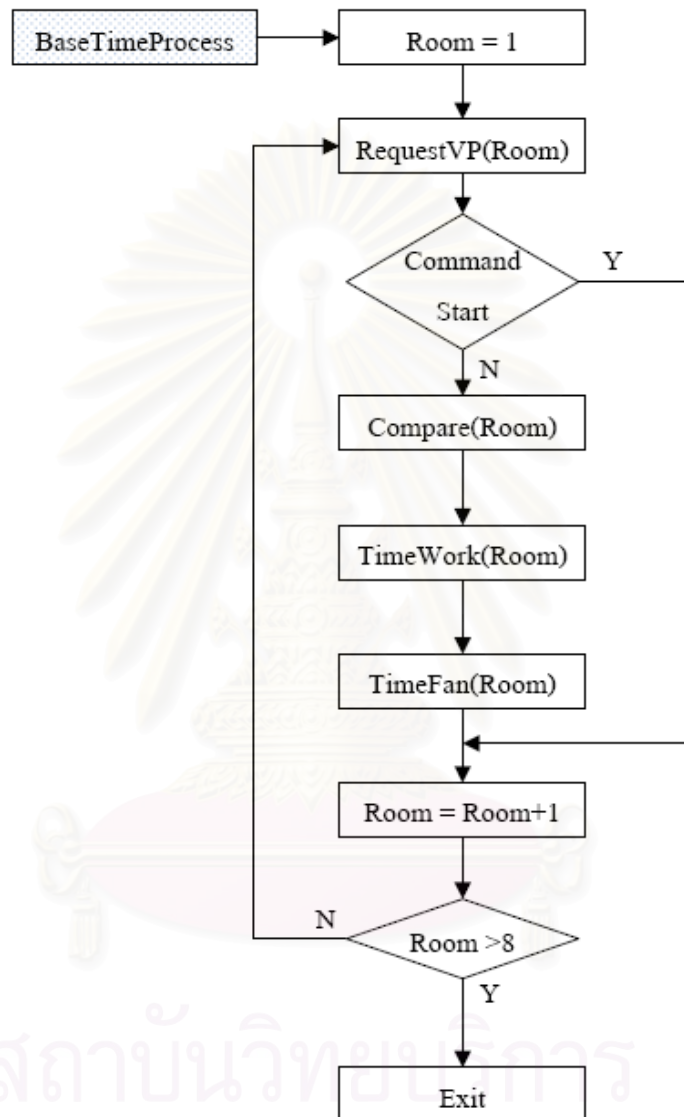


รูปที่ 5.15 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน FunctionMBox

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.1.7 BaseTimeProcess ส่วนของโปรแกรมนี้ทำหน้าที่นำคำสั่งที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาใช้ควบคุมระบบ โดยนำข้อมูลมาตรวจสอบการทำงานที่ละห้อง จนครบ 8 ห้อง ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน BaseTimeProcess ได้ดังรูปที่ 5.16 และมีรายละเอียดดังนี้

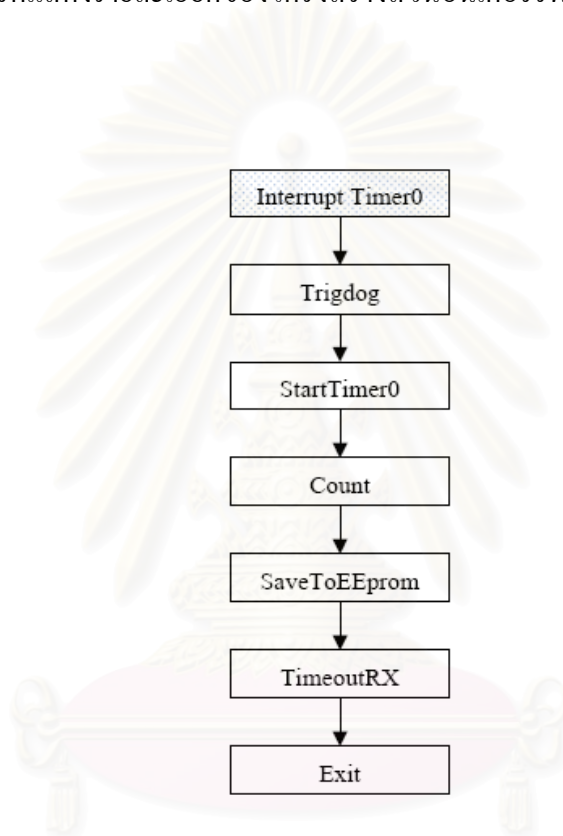
- RequestVP ทำหน้าที่ส่งคำขอค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศไปยังอุปกรณ์วัดของห้องอบที่ Room
- Command Start เป็นคำสั่งเริ่มต้นการทำงานของห้อง Room ที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- Compare(Room) ทำการประมวลผลระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้ กับค่าเป้าหมาย ณ ห้อง Room
- TimeWork(Room) ทำการจับเวลาในการอบ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเวลาเป้าหมายที่ได้ตั้งค่าจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หากถึงเวลาเป้าหมายแล้วก็จะสั่งให้ระบบหยุดการทำงานที่ห้อง Room โดยอัตโนมัติ
- TimeFan(Room) ทำการจับเวลาทำงานของพัดลม โดยเมื่อจับถึงเวลาพัดลมเป้าหมายพัดลมทั้ง 2 ตัวจะสลับกันทำงาน และก่อนที่จะสลับกันทำงานต้องหยุดการทำงานของพัดลมทั้ง 2 ตัวเป็นเวลา 5 นาที[1]



รูปที่ 5.16 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างส่วน BaseTimeProcess

5.2.1.2 ส่วนโปรแกรมอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Program) ในส่วนนี้เป็นส่วนของโปรแกรมที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์โดยทันที โดยอินเทอร์รัพท์ในงานวิจัยนี้เกิดจาก 2 เหตุการณ์คือ อินเทอร์รัพท์จากนาฬิกาภายใน(Timer0) และ อินเทอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรม(Serial)

5.2.1.2.1 อินเทอร์รัพท์จากนาฬิกาภายใน(Timer0) ทำหน้าที่กำหนดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ทุกๆ 10 มิลลิวินาที เพื่อใช้เป็นฐานเวลาของโปรแกรม ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วนอินเทอร์รัพท์จากนาฬิกาภายในได้ดังรูปที่ 5.17



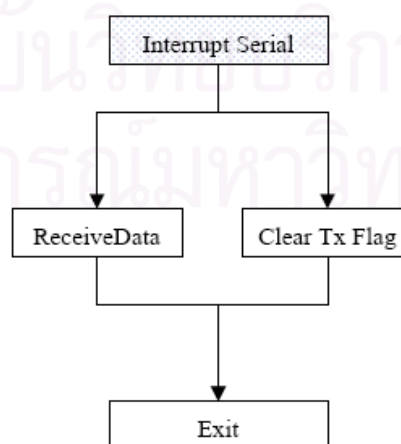
รูปที่ 5.17 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างอินเทอร์รัพท์จากนาฬิกาภายใน

- Trigdog ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังวอตช์ดีออกภายใน และวอตช์ดีออกภายนอกเพื่อยืนยันสถานะการทำงานปกติ
- Start Timer0 ทำหน้าที่กำหนดสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากนาฬิกาภายในเพื่อทำให้ยังคงทำงานในส่วนของโปรแกรมนี้
- Count ทำหน้าที่กำหนดฐานเวลาต่างๆ ได้แก่ ฐานเวลา 500 มิลลิวินาที, 1 วินาที, 5 วินาที เพื่อให้ส่วนของโปรแกรมต่างๆได้นำไปใช้เพื่อกำหนดค่าเวลาที่แน่นอน

- SaveToEEProm เนื่องจากหน่วยความจำถาวรภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 89S8252 ต้องการหน่วงเวลาหลังจากเขียนค่าลงในหน่วยความจำเป็นเวลาอย่างน้อย 10 มิลลิวินาที
- TimeoutRx ทำหน้าที่ตรวจสอบการรับข้อมูลซึ่งถ้าขาดหายไปเกินกว่า 5 มิลลิวินาทีจะตั้งค่าตัวแปรเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่

5.2.1.2.2 อินเทอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรม(Serial) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมจากอุปกรณ์ในระบบควบคุมห้องอบไม้และเคลียร์ค่าแฟล็กในการส่งข้อมูล (TxFlag) เพื่ออนุญาตให้สามารถส่งข้อมูลต่อไปได้ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียด ของโครงสร้างส่วนอินเทอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรมได้ดังรูปที่ 5.18 และมีรายละเอียดดังนี้

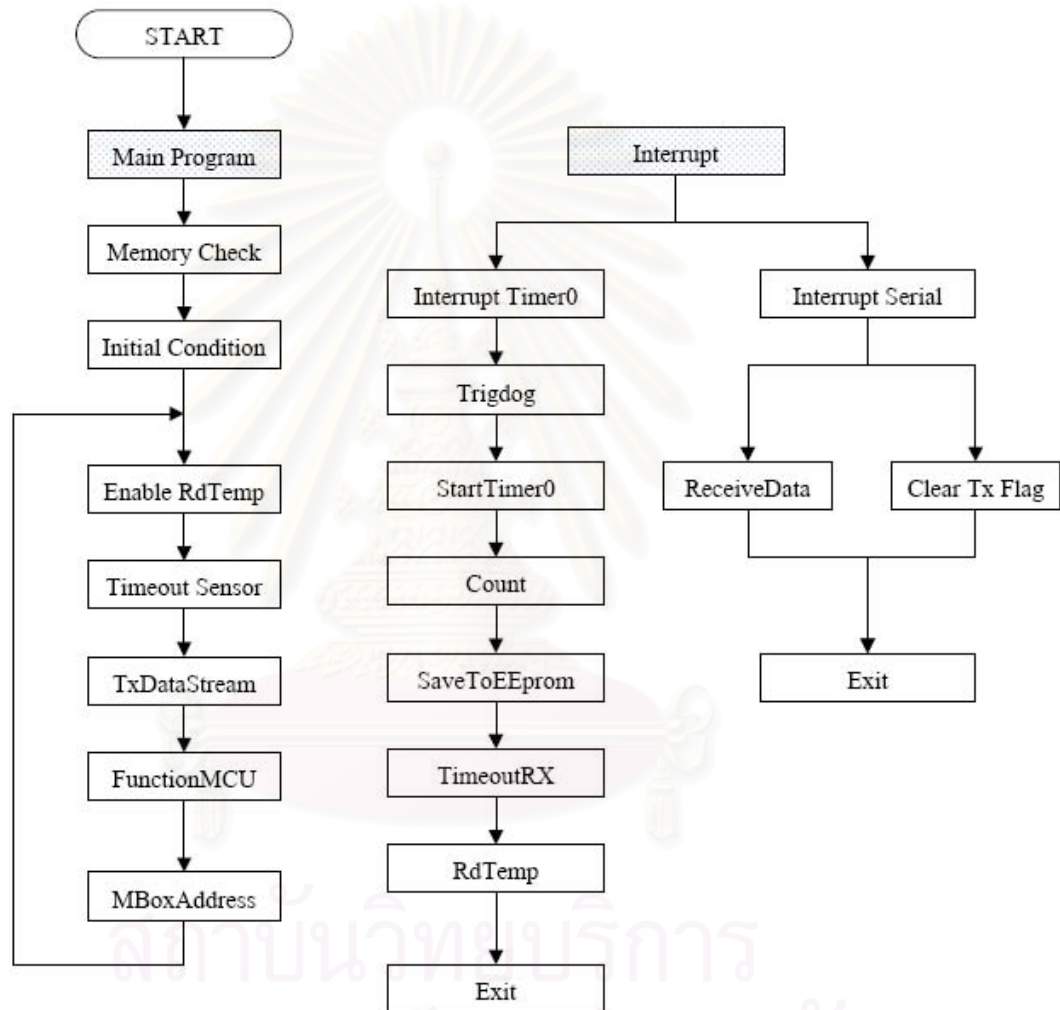
- ReceiveData ทำหน้าที่รับข้อมูลพอร์ตอนุกรมจากอุปกรณ์ในระบบควบคุมห้องอบไม้จนครบทั้ง 15 ไบต์ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่รับมาได้ด้วย Checksum หากตรงกันจึงสามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้งานได้
- Clear Tx Flag ทำหน้าที่เคลียร์แฟล็กในการส่งข้อมูล เพื่อบังคับให้ส่วนย่อยของโปรแกรมสามารถส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมได้



รูปที่ 5.18 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างอินเทอร์รัพท์จากพอร์ตอนุกรม

5.2.2 โปรแกรมของอุปกรณ์วัด

โปรแกรมของอุปกรณ์วัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนเหมือนตัวควบคุมคือ ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program) และ ส่วนโปรแกรมอินเทอร์รัพท์(Interrupt Program) ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลักโปรแกรมของอุปกรณ์วัดได้ดังรูปที่ 5.19



5.19 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียด โครงสร้าง โปรแกรมของอุปกรณ์วัด

การทำงานของโปรแกรมส่วนใหญ่ในอุปกรณ์วัดจะเหมือนตัวควบคุม ทั้งนี้ทั้งนั้น เพราะง่ายต่อการตรวจสอบ เปลี่ยนแปลงและแก้ไข เพื่อจุดประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรม โดยจะกล่าวเฉพาะจุดที่แตกต่างกันเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

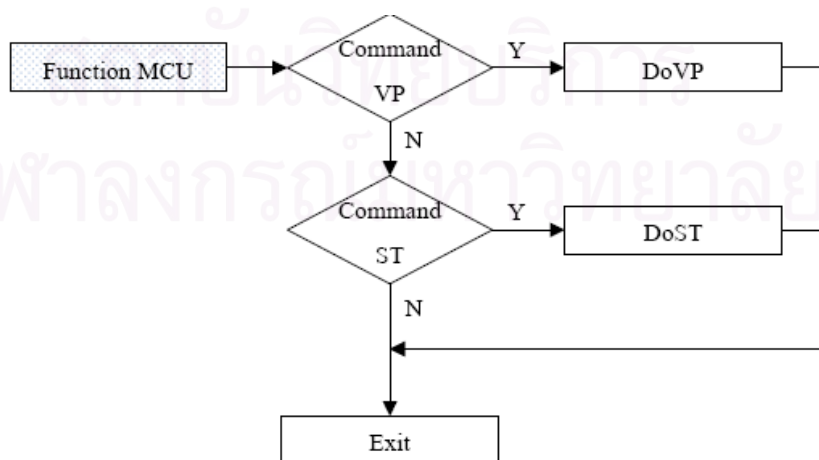
5.2.2.1 ส่วนโปรแกรมหลักของอุปกรณ์วัด

5.2.2.1.1 Enable Rdttemp ส่วนของโปรแกรมนี้นำหน้าที่จับเวลาเพื่อรอการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากเซนเซอร์ตามค่าที่ตั้งมาจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มีหน่วยเป็นวินาที

5.2.2.1.2 Timeout Sensor ส่วนของโปรแกรมนี้นำหน้าที่ตรวจสอบการอ่านค่าจากเซนเซอร์ดิจิทัลซึ่งถ้าไม่สามารถอ่านค่าจากเซนเซอร์ดิจิทัลได้ภายใน 5 วินาทีจะถือว่าการอ่านค่าจากเซนเซอร์ดิจิทัลผิดพลาดอันเนื่องจากสาเหตุใดก็ตาม จากนั้นจะเซตบิตความผิดพลาด(Error)เพื่อรอไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์

5.2.2.1.3 Function MCU ส่วนของโปรแกรมนี้นำหน้าที่รับคำสั่งผ่านมาจากตัวควบคุม แล้วทำตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ที่หัวข้อ “โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง” ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน FunctionMCU ได้ดังรูปที่ 5.20และมีรายละเอียดของคำสั่งดังนี้

- DoVP ทำหน้าที่ส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อ่านได้จากเซนเซอร์ดิจิทัลผ่านทางพอร์ตอนุกรม
- DoST ทำหน้าที่อ่าน/เขียน ค่าเวลาที่ใช้กำหนดการอ่านค่าจากเซนเซอร์ดิจิทัล



รูปที่ 5.20 โฟลวชาร์ตแสดงโครงสร้างโปรแกรมส่วน Function MCU

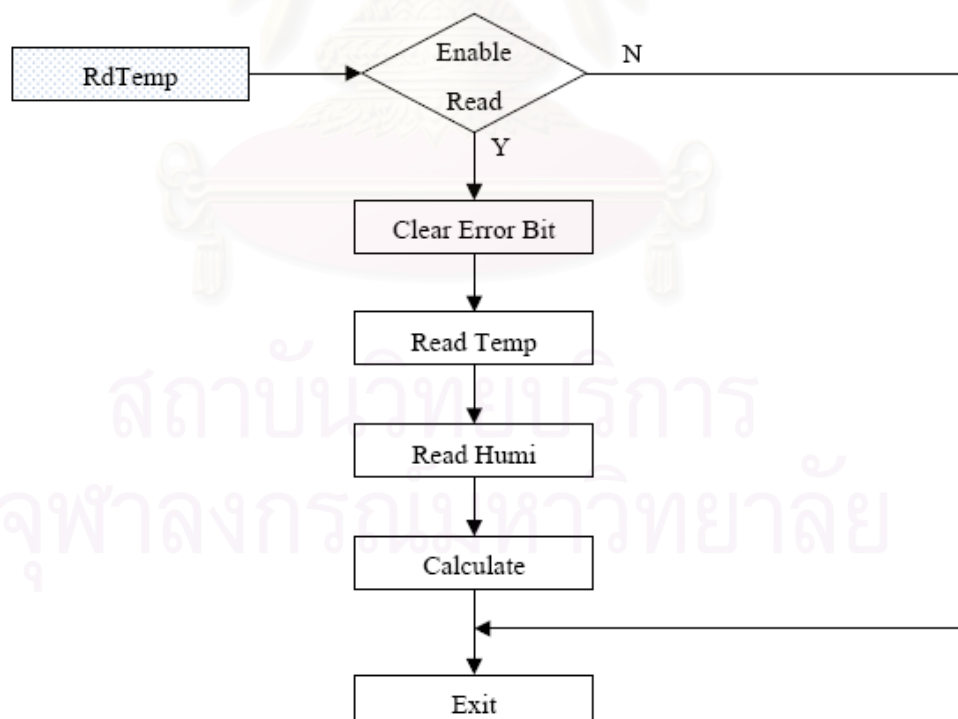
5.2.2.1.4 MBox Address ส่วนของโปรแกรมนี้ทำหน้าที่

กำหนดที่อยู่(Address)ให้แก่อุปกรณ์วัดโดยอ้างอิงจากฮาร์ดแวร์ เนื่องจากอุปกรณ์วัดทั้ง 8 ตัวมีโครงสร้างลักษณะทางฮาร์ดแวร์เหมือนกันทุกประการยกเว้นส่วนตั้งค่าที่อยู่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ โดยอ่านค่าจากพอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์และนำมาเข้าสมการดังนี้

$$\text{ที่อยู่อุปกรณ์วัด} = 18 - \text{ค่าที่อ่านได้จากพอร์ต 2}$$

5.2.2.2 ส่วนอินเตอร์รัพของอุปกรณ์วัด จะแตกต่างจากตัวควบคุมในส่วนของ RdTemp ที่อยู่ในส่วนของอินเตอร์รัพที่จากนาฬิกาภายใน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.2.2.2.1 RdTemp เป็นส่วนของโปรแกรมในอุปกรณ์วัดที่ทำหน้าที่อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากเซนเซอร์ดิจิตอล SHT11 หลักการทำงานของโปรแกรมคือ อ่านค่าอุณหภูมิ(Read Temp)และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ(Read Humi)เป็นค่าตัวเลข 14 บิต หลังจากนั้นต้องนำมาผ่านการคำนวณ(Calculate)จึงได้ออกเป็นค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ RdTemp ได้ดังรูปที่ 5.21

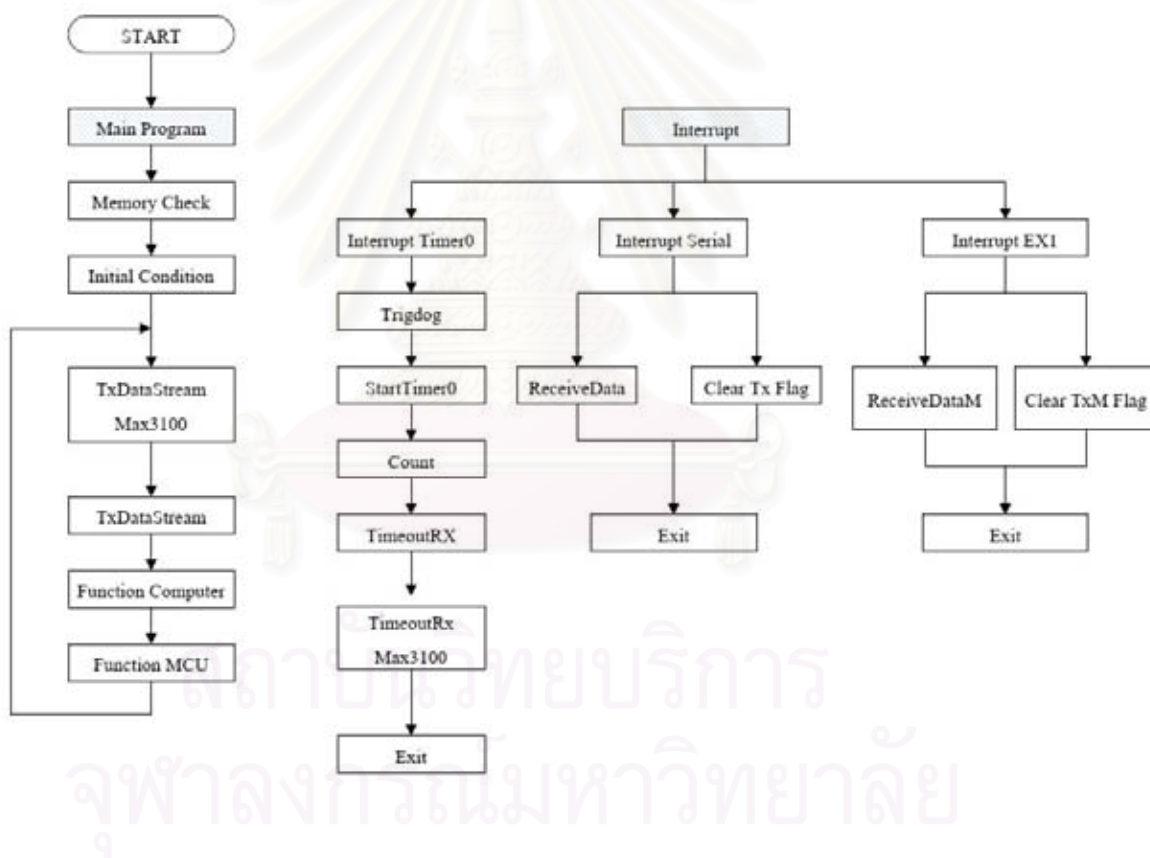


รูปที่ 5.21 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ RdTemp

5.2.3 โปรแกรมของตัวพักข้อมูล

โปรแกรมของตัวพักข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนเหมือนตัวควบคุมคือ ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program) และ ส่วนโปรแกรมอินเทอร์รัพท์(Interrupt Program) ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างหลักโปรแกรมของอุปกรณ์วัดได้ดังรูปที่ 5.22

เนื่องจากภายในตัวพักข้อมูลมีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต ดังนั้นโปรแกรมของตัวพักข้อมูลจึงต้องเพิ่มส่วนอินเทอร์รัพท์จากภายนอก(EX1) เพื่อใช้ติดต่อข้อมูลอนุกรมจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

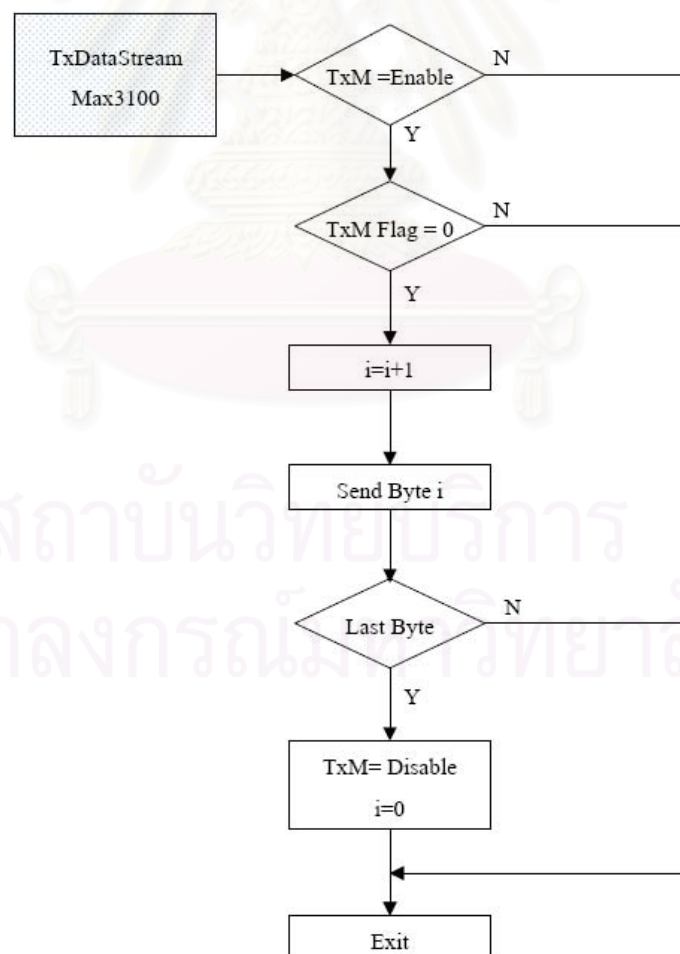


รูปที่ 5.22 แสดงโฟลวชาร์ตแสดงโครงสร้างโปรแกรมของตัวพักข้อมูล

การทำงานของโปรแกรมส่วนใหญ่ในตัวพักข้อมูลจะเหมือนตัวควบคุมและอุปกรณ์วัด ทั้งนี้ทั้งนั้นเพราะง่ายต่อการตรวจสอบ เปลี่ยนแปลงและแก้ไข เพื่อจุดประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรม โดยจะกล่าวเฉพาะจุดที่แตกต่างกันเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.2.3.1 ส่วนโปรแกรมหลักของตัวพักข้อมูล

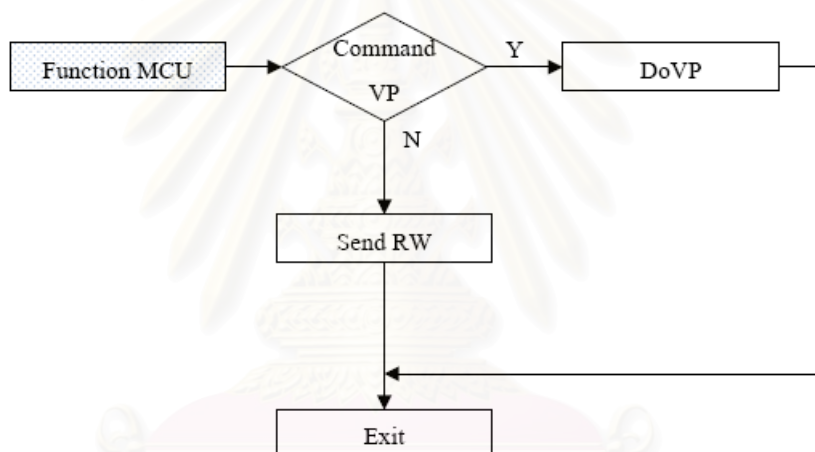
5.2.3.1.1 TxDataStream Max3100 โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 15 ไบต์ซึ่งเป็นโปรโตคอลในการสื่อสารของงานวิจัยนี้ออกทางพอร์ตอนุกรมเพื่อสื่อสารไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับส่วนของโปรแกรม TxDataStream ทุกประการ หลักการทำงานคือถ้า TxM เปิดการทำงานจะส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรมทีละไบต์ เริ่มจากไบต์ที่ 1 จนถึงไบต์สุดท้าย จากนั้นจะตั้งค่า TxM จะปิดการทำงานเพื่อไม่ต้องส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกรอบ โดยการส่งในแต่ละไบต์นั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะเซตให้ TxM Flag เป็น 1 และรอจนส่งข้อมูลออกไปจนครบ 1 ไบต์แล้ว TxM Flag จะเซตเป็น 0 โดยผ่านทางอินเตอร์รัพท์ภายนอก(EX1)โดยสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน TxDataStream Max3100 ได้ดังรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ TxDataStream Max3100

5.2.3.1.2 Function MCU ส่วนของโปรแกรมนี้นำหน้าที่รับคำสั่งจากตัวควบคุม แล้วทำตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ที่หัวข้อ “โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมโยง” ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน FunctionMCU ได้ดังรูปที่ 5.24 และมีรายละเอียดของคำสั่งดังนี้

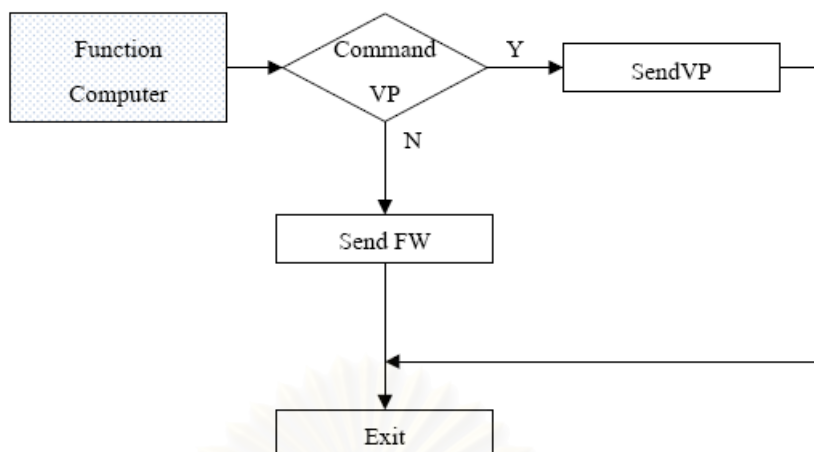
- DoVP ทำหน้าที่เก็บค่าข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ได้รับจากตัวควบคุมเพื่อรอให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถอ่านข้อมูลไปแสดงผลได้ทันที
- SendRW ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลที่ได้รับจากตัวควบคุมผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล



รูปที่ 5.24 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Function MCU

5.2.3.1.3 Function Computer โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ผ่านไปยังอุปกรณ์ต่างๆในระบบควบคุมห้องอบไม้ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างส่วน FunctionMCU ได้ดังรูปที่ 5.25 และมีรายละเอียดของคำสั่งดังนี้

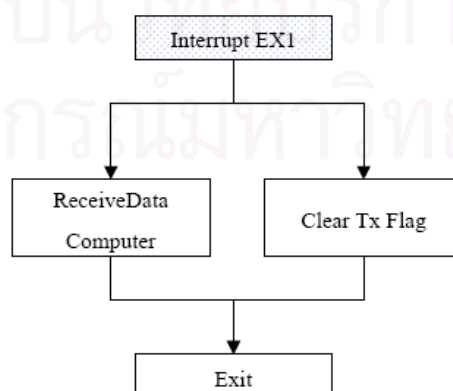
- SendVP ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากตัวควบคุมส่งไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- SendFW ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปยังตัวควบคุม



รูปที่ 5.25 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Function Computer

5.2.3.2 ส่วนอินเตอร์รัพภายนอก(EX1) เป็นส่วนของโปรแกรมที่ตอบสนองการทำงานรับส่งข้อมูลพอร์ตอนุกรมจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทันที ซึ่งสามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดของโครงสร้างได้ดังรูปที่ 5.26 และมีรายละเอียดดังนี้

- ReceiveDataM ทำหน้าที่รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจนครบทั้ง 15 ไบต์ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่รับมาได้ด้วย Checksum หากตรงกันจึงสามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้งานได้
- Clear TxM Flag ทำหน้าที่เคลียร์แฟล็กในการส่งข้อมูลเพื่ออนุญาตให้สามารถส่งข้อมูลต่อไปได้

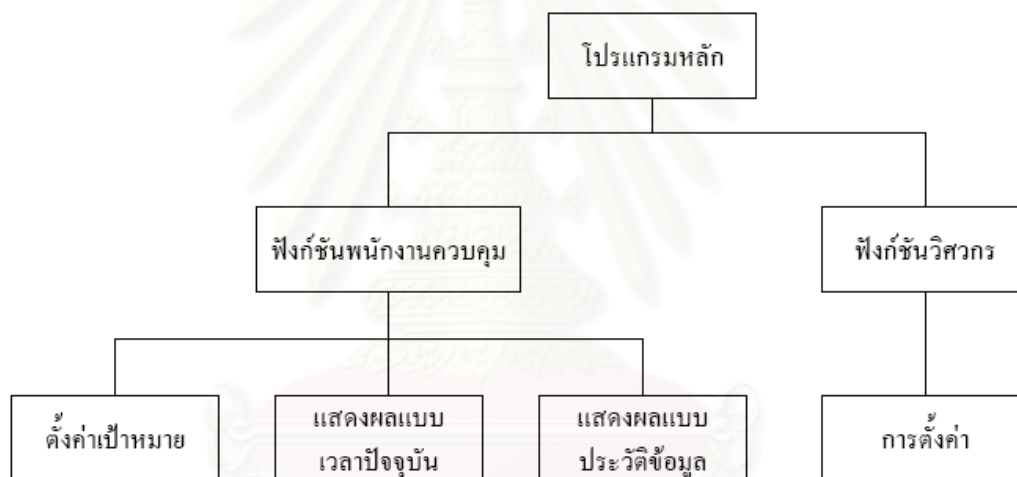


รูปที่ 5.26 โฟลวชาร์ตแสดงรายละเอียดโครงสร้างของอินเตอร์รัพภายนอก(EX1)

5.3 โปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

การพัฒนาโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในงานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์พัฒนาของ Delphi เวอร์ชัน 5.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาปาสคาล(Pascal) เหตุผลที่เลือกใช้เพราะ เป็นโปรแกรมที่มีลักษณะโครงสร้างแบบออบเจ็กต์(Object) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมและ ผู้เขียนมีความรู้ทาง Delphi มาก่อนทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้ง่าย

จากบทที่ 3 ได้กล่าวถึงส่วนประกอบโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันพนักงานควบคุม และ ฟังก์ชันวิศวกร ดังแสดงในรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

5.3.1 ฟังก์ชันพนักงานควบคุม

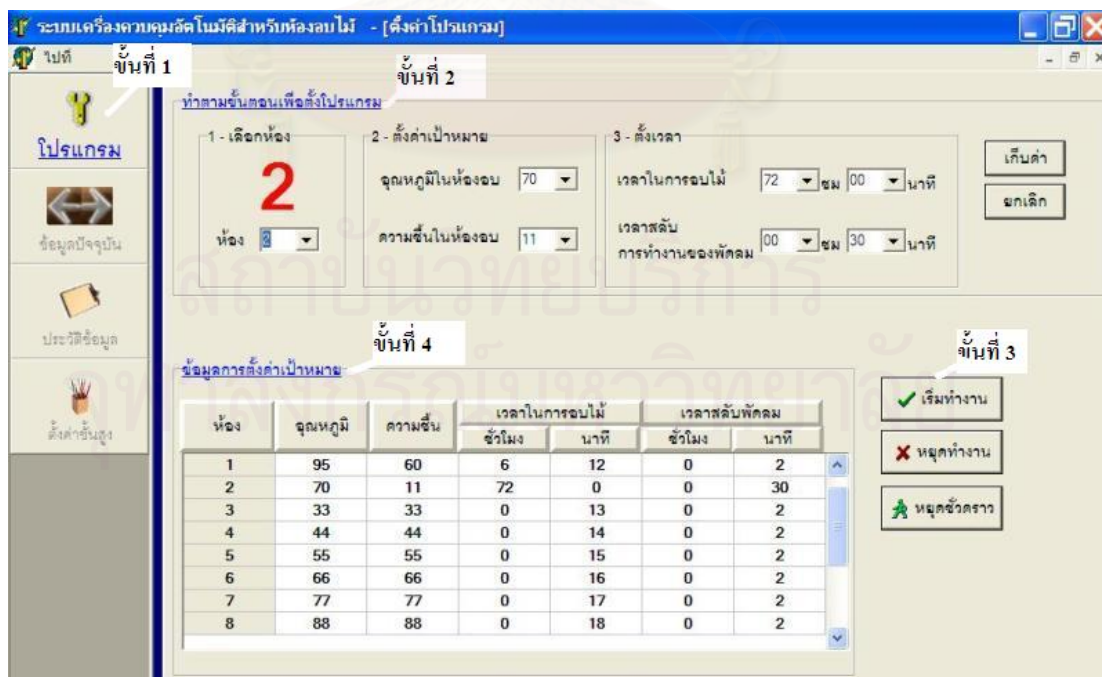
โปรแกรมในส่วนนี้มีหน้าที่ติดต่อกับพนักงานควบคุมเพื่อทำการกำหนดค่าเป้าหมายที่ใช้ในการอบไม้ และแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมห้องอบไม้ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในแบบเวลาปัจจุบันและแบบประวัติข้อมูล

5.3.1.1 ฟังก์ชันตั้งค่าเป้าหมาย

โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่ให้พนักงานควบคุมสามารถตั้งค่าเป้าหมายของห้องอบไม้แต่ละห้องผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 5.28

วิธีการตั้งค่าเป้าหมายสามารถทำตามขั้นตอนดังนี้

1. กดปุ่ม **โปรแกรม** เพื่อเข้าสู่หน้าจอตั้งค่าเป้าหมาย
2. ไปยังหัวข้อ “ทำตามขั้นตอนเพื่อตั้งโปรแกรม”
 - 2.1 หัวข้อที่ 1 ให้เลือกห้องที่ต้องการตั้งค่าเป้าหมาย
 - 2.2 หัวข้อที่ 2 ให้เลือกอุณหภูมิและความชื้นเป้าหมาย
 - 2.3 หัวข้อที่ 3 ให้เลือกเวลาอบและเวลาพักลมที่ต้องการ
 - 2.4 จากนั้นให้กดปุ่ม **เก็บค่า** เพื่อทำการบันทึกข้อมูล หรือ **ยกเลิก** เพื่อไม่ต้องการบันทึกข้อมูล
3. เมื่อตั้งค่าในหัวข้อที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว
 - 3.1 กดปุ่ม **เริ่มทำงาน** เพื่อให้ห้องอบไม้ที่ทำการตั้งค่าเป้าหมายเริ่มทำงานควบคุมระบบแบบอัตโนมัติ
 - 3.2 กดปุ่ม **หยุดชั่วคราว** เพื่อหยุดการทำงานแบบชั่วคราว
 - 3.3 กดปุ่ม **หยุดทำงาน** เพื่อหยุดการทำงานควบคุม
4. หัวข้อ “ข้อมูลการตั้งค่า” ทำหน้าที่แสดงผลการตั้งค่าของห้องอบไม้



รูปที่ 5.28 หน้าจอหลักในส่วนตั้งค่าเป้าหมาย

5.3.1.2 ฟังก์ชันแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน

โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, เวลาอบ, เวลาพัก และอุปกรณ์ของแผงขั้วเบรียได้แก่ ตัวทำความร้อน(Heater), หัวฉีดละอองน้ำ(Spray), ช่องระบายอากาศ(Exhaust) และพัดลม(Fan) บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.29 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กดปุ่ม **ข้อมูลปัจจุบัน** เพื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน
2. ดูข้อมูลแสดงผล
 - 2.1 กดหัวข้อ “ห้อง1-4” เพื่อดูข้อมูลของห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 4
 - 2.2 กดหัวข้อ “ห้อง5-8” เพื่อดูข้อมูลของห้องที่ 5 ถึงห้องที่ 8
3. กดหัวข้อ “ตั้งค่า” เพื่อตั้งค่าเวลาในการปรับปรุงข้อมูลโดยอัตโนมัติ
4. กดปุ่ม **ปรับปรุงข้อมูล** เพื่อทำการปรับปรุงข้อมูล

ถ้าห้องใดไม่ได้ทำงานควบคุมระบบ แแถบสีของห้องจะเป็นสีเทาถ้าหากห้องใดทำงานควบคุมระบบอยู่ แถบสีของห้องนั้นจะเป็นสีน้ำเงินเข้ม โดยสามารถดูค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในแถวที่ 2 หัวข้อ ค่าที่ตั้งไว้ และสามารถดูค่าที่อ่านได้ ในแถวที่ 3 หัวข้อ ค่าที่วัดได้

ห้อง 1-4	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพัก	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								
ห้อง 2-4 START	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพัก	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้	70 °C	11 %	72 ชม 0 นาที	0 ชม 30 นาที				
ค่าที่วัดได้	35°C	55 %	0 ชม 10 นาที	0 ชม 10 นาที	ON	OFF	ON	A
ห้อง 3-4	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพัก	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								
ห้อง 4-4	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพัก	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								

รูปที่ 5.29 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลแบบเวลาปัจจุบัน

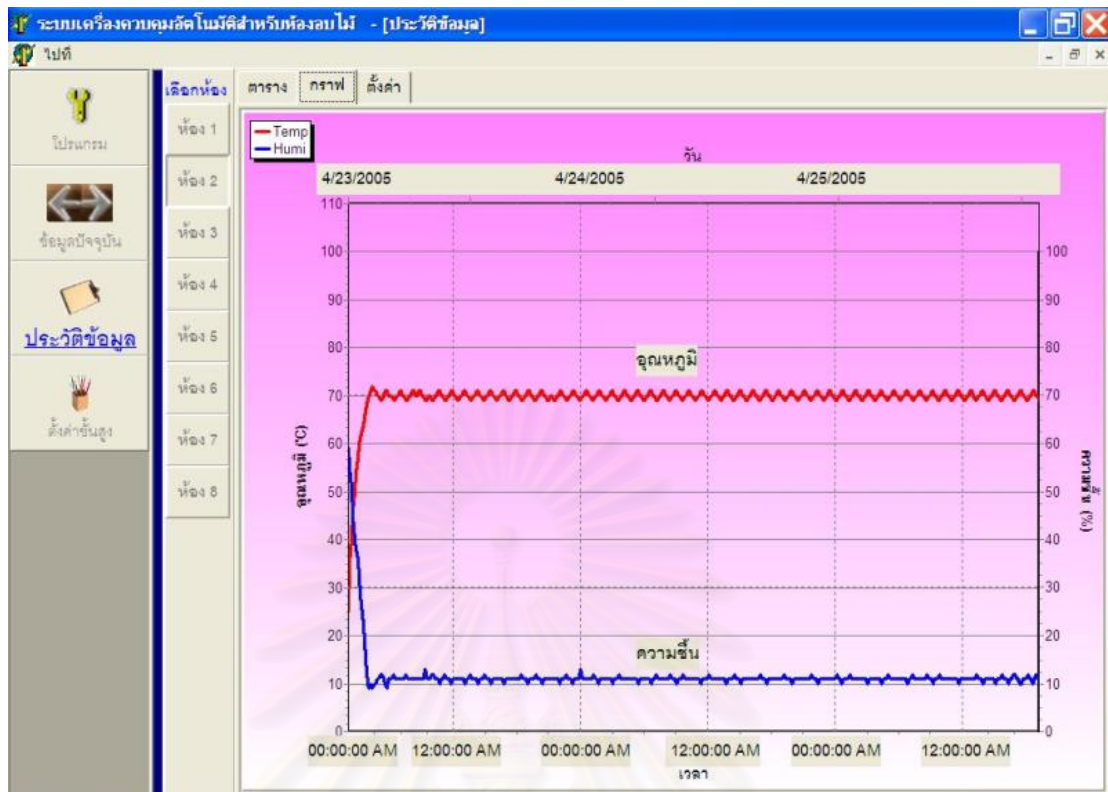
5.3.1.2 ฟังก์ชันแสดงผลแบบประวัติข้อมูล

โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่แสดงผลของข้อมูลในอดีตซึ่งสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ในส่วนนี้นำมาวิเคราะห์เพื่อให้การอบไม่มีมาตรฐาน มีรายละเอียดดังนี้

1. กดปุ่ม **ประวัติข้อมูล** เพื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงผลแบบประวัติข้อมูล
2. ในหัวข้อ **“เลือกห้อง”** ให้กดปุ่มหนึ่งปุ่มใดระหว่าง **ห้อง 1** ถึง **ห้อง 8** เพื่อเลือกห้องที่ต้องการดูประวัติข้อมูล
3. เลือกหัวข้อ **“ตาราง”** เพื่อดูการแสดงผลข้อมูลแบบตารางของประวัติข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5.30
4. เลือกหัวข้อ **“กราฟ”** เพื่อดูการแสดงผลข้อมูลแบบกราฟของประวัติข้อมูล สามารถเลือกข้อมูลที่จะแสดงได้โดยเลือกที่ Check Box ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นดังแสดงในรูปที่ 5.31
5. เลือกหัวข้อ **“ตั้งค่า”** เพื่อปรับค่าเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลโดยสามารถปรับค่าเวลาได้ 8 ห้อง ดังแสดงในรูปที่ 5.32

ห้อง	ลำดับที่	วัน	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)
ห้อง 1	1	4/23/2005	00:00:00 AM	25	59
ห้อง 2	2	4/23/2005	00:10:00 AM	35	55
ห้อง 3	3	4/23/2005	00:20:00 AM	40	51
ห้อง 4	4	4/23/2005	00:30:00 AM	46	45
ห้อง 5	5	4/23/2005	00:40:00 AM	50	40
ห้อง 6	6	4/23/2005	00:50:00 AM	54	38
ห้อง 7	7	4/23/2005	01:00:00 AM	57	36
ห้อง 8	8	4/23/2005	01:10:00 AM	60	32
ห้อง 9	9	4/23/2005	01:20:00 AM	62	26
ห้อง 10	10	4/23/2005	01:30:00 AM	63	25
ห้อง 11	11	4/23/2005	01:40:00 AM	65	19
ห้อง 12	12	4/23/2005	01:50:00 AM	67	15
ห้อง 13	13	4/23/2005	02:00:00 AM	69	10
ห้อง 14	14	4/23/2005	02:10:00 AM	70	9
ห้อง 15	15	4/23/2005	02:20:00 AM	71	10
ห้อง 16	16	4/23/2005	02:30:00 AM	72	9
ห้อง 17	17	4/23/2005	02:40:00 AM	71	10
ห้อง 18	18	4/23/2005	02:50:00 AM	71	10
ห้อง 19	19	4/23/2005	03:00:00 AM	70	11
ห้อง 20	20	4/23/2005	03:10:00 AM	70	11
ห้อง 21	21	4/23/2005	03:20:00 AM	69	11
ห้อง 22	22	4/23/2005	03:30:00 AM	69	11
ห้อง 23	23	4/23/2005	03:40:00 AM	70	11
ห้อง 24	24	4/23/2005	03:50:00 AM	71	11
ห้อง 25	25	4/23/2005	04:00:00 AM	71	11
ห้อง 26	26	4/23/2005	04:10:00 AM	70	11

รูปที่ 5.30 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลประวัติข้อมูลแบบตารางข้อมูล



รูปที่ 5.31 หน้าจอหลักในส่วนแสดงผลประวัติข้อมูลแบบกราฟ

ระบบเครื่องควบคุมอัตโนมัติสำหรับห้องอบไม้ - [ประวัติข้อมูล]

ไปติ

เลือกห้อง: ห้อง 1, ห้อง 2, ห้อง 3, ห้อง 4, ห้อง 5, ห้อง 6, ห้อง 7, ห้อง 8

กรุณาใส่ Password

ผ่าน

ตั้งเวลานับที่กข้อมูล

เลือกห้อง: 8

เลือกเวลา: 30 นาที

บันทึก

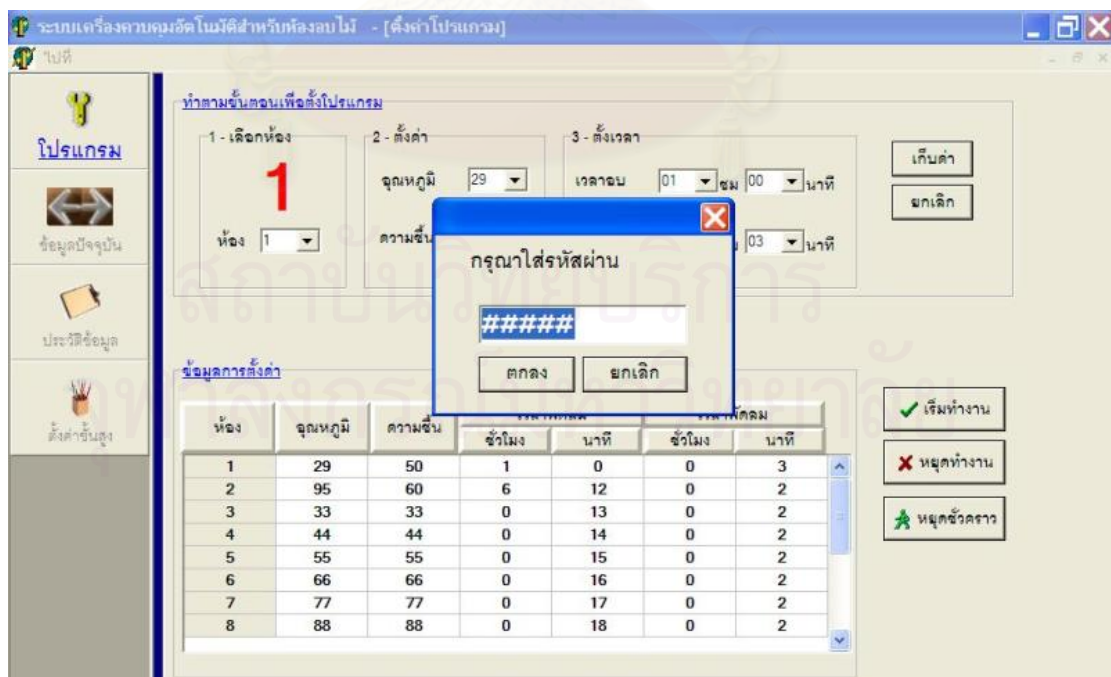
ห้อง	ค่าเวลานับที่กข้อมูล
1	15
2	0
3	15
4	20
5	30
6	30
7	30
8	30

รูปที่ 5.32 หน้าจอหลักในส่วนตั้งค่าของประวัติข้อมูล

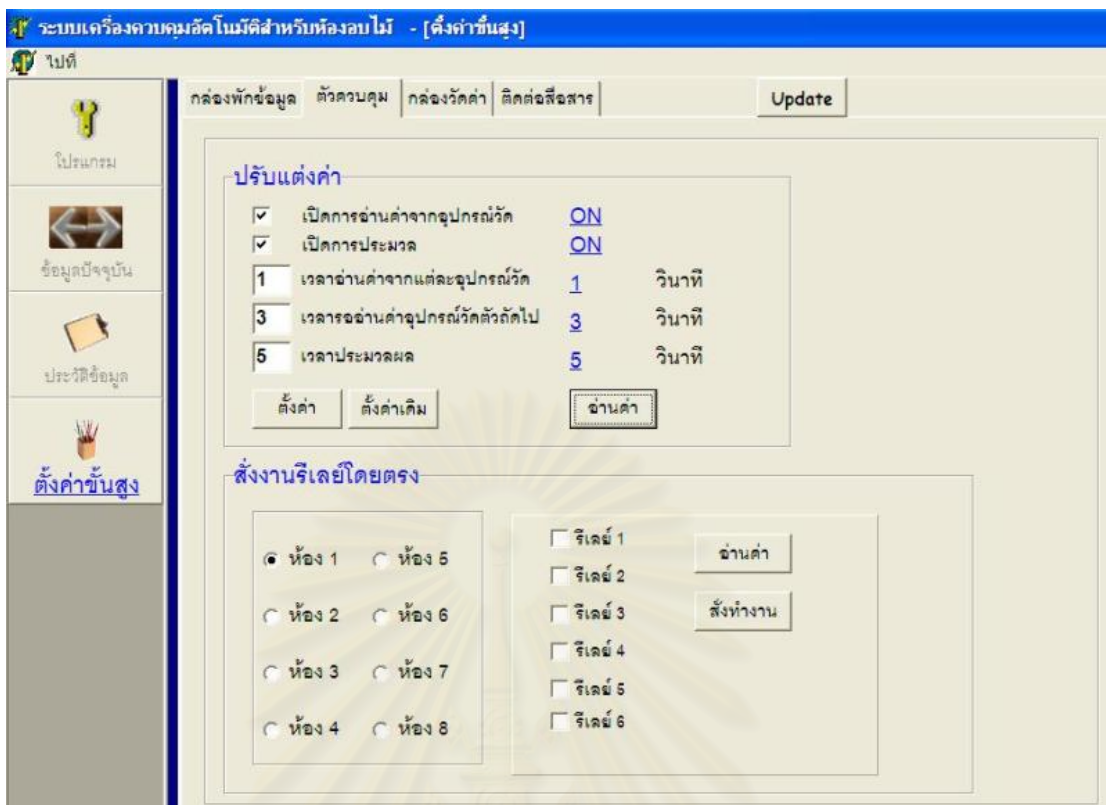
5.3.2 ฟังก์ชันวิศวกร

โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่ตั้งค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุม ดังนั้นจึงต้องให้วิศวกรผู้ควบคุมระบบเป็นผู้ตั้งค่า ขั้นตอนการตั้งค่าของฟังก์ชันวิศวกรมีรายละเอียดดังนี้

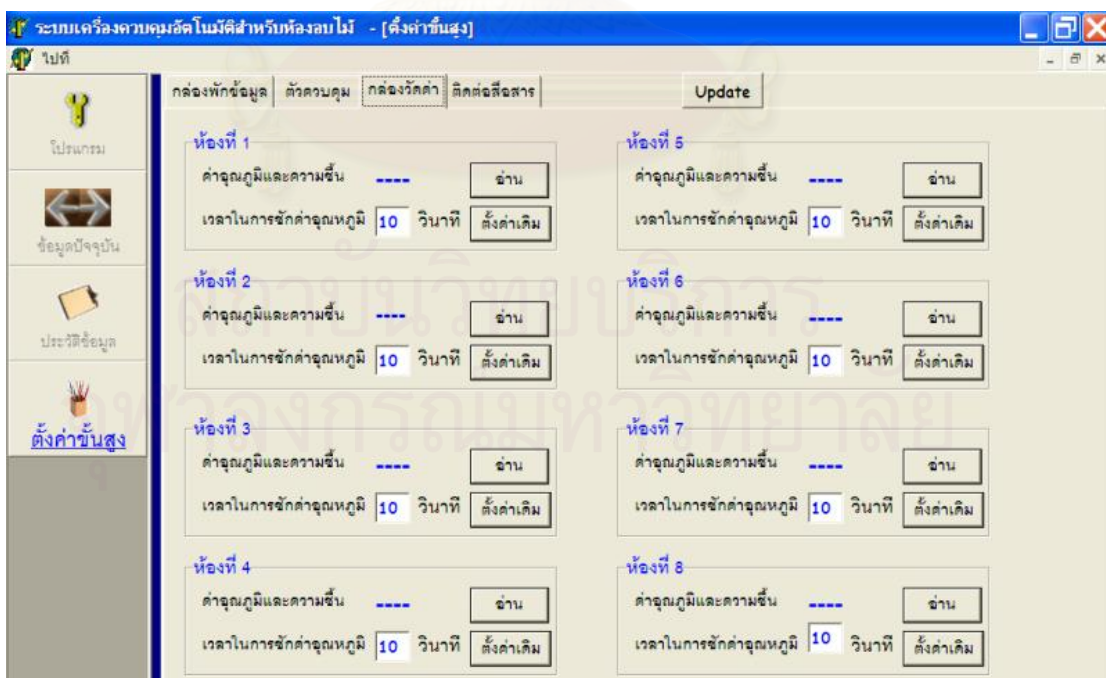
1. กดปุ่ม ตั้งค่าขั้นสูง
2. ก่อนเข้าหน้าจอตั้งค่าขั้นสูงต้องทำการใส่รหัสผ่าน(Password)ก่อนจึงสามารถเข้าไปทำการตั้งค่าต่างๆได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.33
3. เมื่อใส่รหัสผ่านแล้วจากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอตั้งค่าขั้นสูง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ
 - 3.1 ตั้งค่าของตัวควบคุม เลือกหัวข้อ “ตัวควบคุม” เพื่อไปยังหน้าจอตั้งค่าของตัวควบคุมซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนปรับแต่งค่า และ ส่วนสั่งรีเลย์ โดยตรงซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.34
 - 3.2 ตั้งค่าอุปกรณ์วัด เลือกหัวข้อ “อุปกรณ์วัด” เพื่อไปยังหน้าจอตั้งค่าของอุปกรณ์วัดซึ่งสามารถดูข้อมูลจากอุปกรณ์โดยตรงและตั้งค่าเวลาในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.35
 - 3.3 ตั้งค่าพอร์ตอนุกรม เลือกหัวข้อ “ติดต่อสื่อสาร” เพื่อไปยังหน้าจอการตั้งค่าของพอร์ตอนุกรมซึ่งสามารถตั้งค่าคอมพอร์ต(ComPort) ที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมไปยังตัวพักข้อมูล ดังแสดงได้ดังรูปที่ 5.36



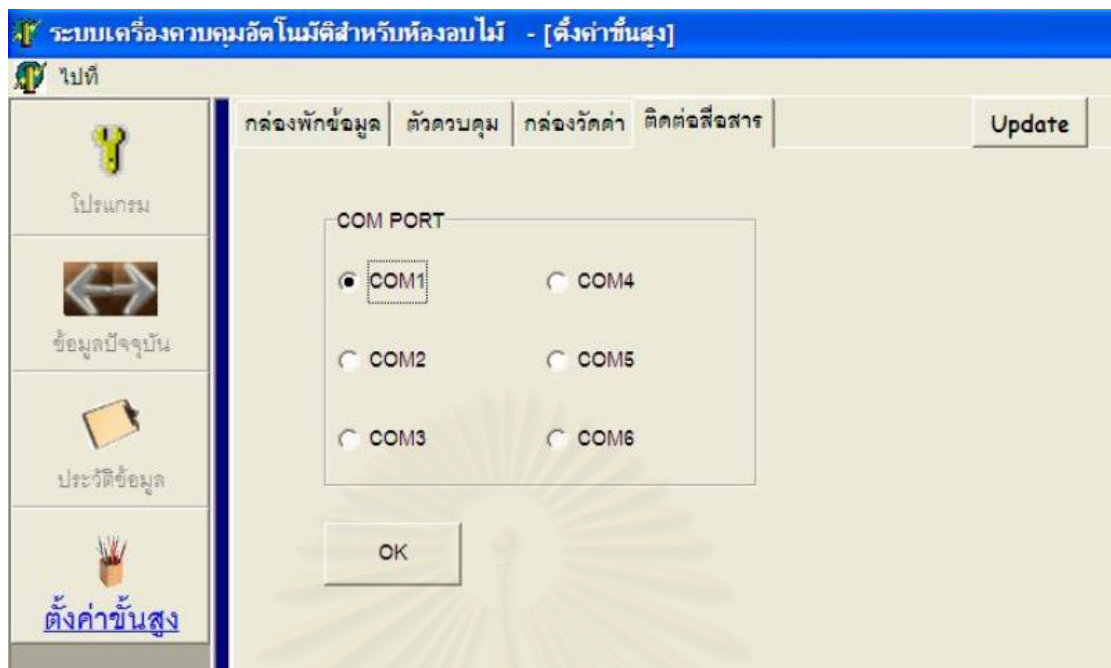
รูปที่ 5.33 หน้าจอในส่วนใส่รหัสผ่าน



รูปที่ 5.34 หน้าจอในส่วนตั้งค่าของตัวควบคุม



รูปที่ 5.35 หน้าจอในส่วนตั้งค่าของอุปกรณ์วัด



รูปที่ 5.36 หน้าจอในส่วนตั้งค่าพอร์ตอนุกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การสร้างระบบควบคุมห้องอบไม้ และการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการสร้างระบบควบคุมห้องอบไม้ตามที่ได้ออกแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ไว้ ณ บทที่ 4 และการทดสอบระบบควบคุมห้องอบไม้เมื่อสร้างเสร็จ

6.1 การสร้างฮาร์ดแวร์

การสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมห้องอบไม้ เริ่มจากการศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างของห้องอบไม้ ตำแหน่งที่จะนำไปติดตั้ง และวิธีการติดตั้ง จากโรงอบไม้ที่ทำการศึกษา แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง ดูแลและบำรุงรักษา จากการสอบถาม พบปัญหาเรื่องระยะทางของสายเซนเซอร์จากตัวควบคุมไปยังห้องอบไม้นั้นมีระยะทางไกลเป็นผลทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ในงานวิจัยนี้จึงได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยเพิ่มอุปกรณ์วัดให้ทำหน้าที่อ่านค่าจากเซนเซอร์ และเดินสายจากอุปกรณ์วัดเข้ากับตัวควบคุมโดยใช้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS485 แทน ซึ่งอุปกรณ์วัดจะวางอยู่ในตำแหน่งใกล้ๆกับห้องอบไม้

ระบบควบคุมห้องอบไม้ในงานวิจัยนี้มีฮาร์ดแวร์ส่วนที่สร้างขึ้นเอง 3 ส่วนดังนี้คือ ตัวควบคุม, อุปกรณ์วัด และตัวพักข้อมูล โดยทั้ง 3 ส่วนจะมีขั้นตอนการสร้างฮาร์ดแวร์เหมือนกัน คือ การทดลองฮาร์ดแวร์, การออกแบบวงจรพิมพ์, การประกอบวงจร และ การทดสอบ

6.1.1 การทดลองฮาร์ดแวร์

เมื่อออกแบบวงจรแล้วควรนำไปทดลองว่าใช้งานได้จริงโดยทดลองบนบอร์ดทดลอง(Proto Board) เพื่อง่ายต่อการแก้ไขและพัฒนา จากนั้นเมื่อปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องเสร็จสิ้นแล้วจึงนำไปสร้างแผ่นวงจรจริง ที่สำคัญคือ ต้องออกแบบการเชื่อมต่อระหว่างส่วนย่อยให้ถูกต้อง เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการประกอบเข้าด้วยกัน

6.1.2 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์

เมื่อทดลองทุกส่วนของวงจบบนบอร์ดทดลองจนทำงานถูกต้องแล้วจึงนำวงจรเหล่านั้นมาทำการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ การออกแบบต้องคำนึงถึงความทนทานต่อสภาพการใช้งาน และสัญญาณรบกวนที่สามารถเข้ามาในระบบ เพราะบริเวณที่จะนำไปใช้งานมีสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูงมาก

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์นี้ใช้ซอฟต์แวร์ PROTEL 99SE ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ WINDOWS ช่วยในการออกแบบซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการออกแบบ และสามารถออกแบบและแก้ไขวงจรที่มีความสลับซับซ้อนได้สะดวกรวดเร็ว โดยการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์นั้นจะเริ่มต้นจากการเขียนไดอะแกรมแผนผังไฟฟ้า(Schematic Diagram) ของวงจรให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงค่อยนำผลที่ได้มาเขียนเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรที่ออกแบบ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ และลายวงจรที่ออกแบบ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมเป็นหลัก ดังนั้นในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์จึงต้องคำนึงถึงการป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้ามาในระบบซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ระบบทำงานผิดพลาดได้ การเขียนแผ่นวงจรพิมพ์แต่ละแผ่นควรมีหลักในการเขียนดังนี้

1. กราวด์ของวงจรควรมีขนาดและพื้นที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2. เนื้อที่ว่างที่ไม่ได้เดินลายวงจร ให้ใส่เป็นกราวด์ของวงจร
3. ใส่ C เซรามิก ค่า 0.1 uF ไว้ใกล้ขาไฟเลี้ยงของไอซีทุกตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
4. คริสตอลที่ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรวางไว้ใกล้ขาออสซิลเลเตอร์ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เมื่อออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์บนคอมพิวเตอร์เสร็จแล้ว ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องต่างๆก่อนนำไปทำแผ่นวงจรพิมพ์ เช่น ความถูกต้องของลายวงจรที่เดินไปยังอุปกรณ์ต่างๆที่ออกแบบ, ขนาดของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ตรงกับที่ออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ และไม่มีลายวงจรใดลัดวงจรถึงกัน เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดและล่าช้าในการทำงาน

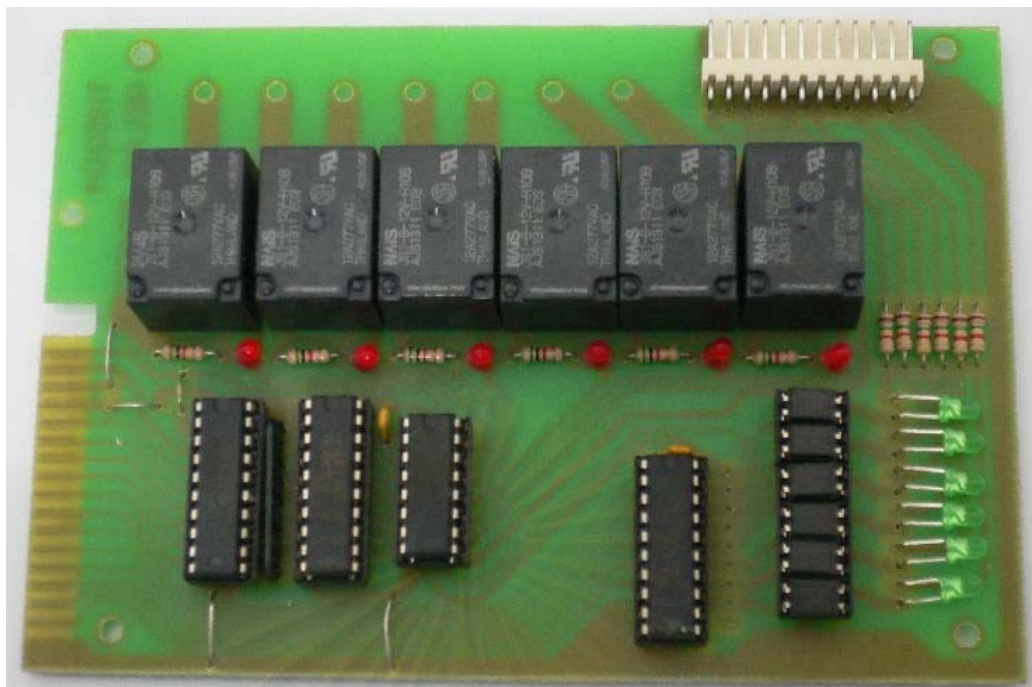
แผ่นวงจรพิมพ์ในแต่ละส่วนย่อยของระบบควบคุมห้อยอบไม้ที่ออกแบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1 ถึง 6.8



รูปที่ 6.1 แผงวงจรพิมพ์ของแผงควบคุม (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



รูปที่ 6.2 แผงวงจรพิมพ์ของแผงผู้เลือก (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



รูปที่ 6.3 แผงวงจรพิมพ์ของแผงขับรีเลย์ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



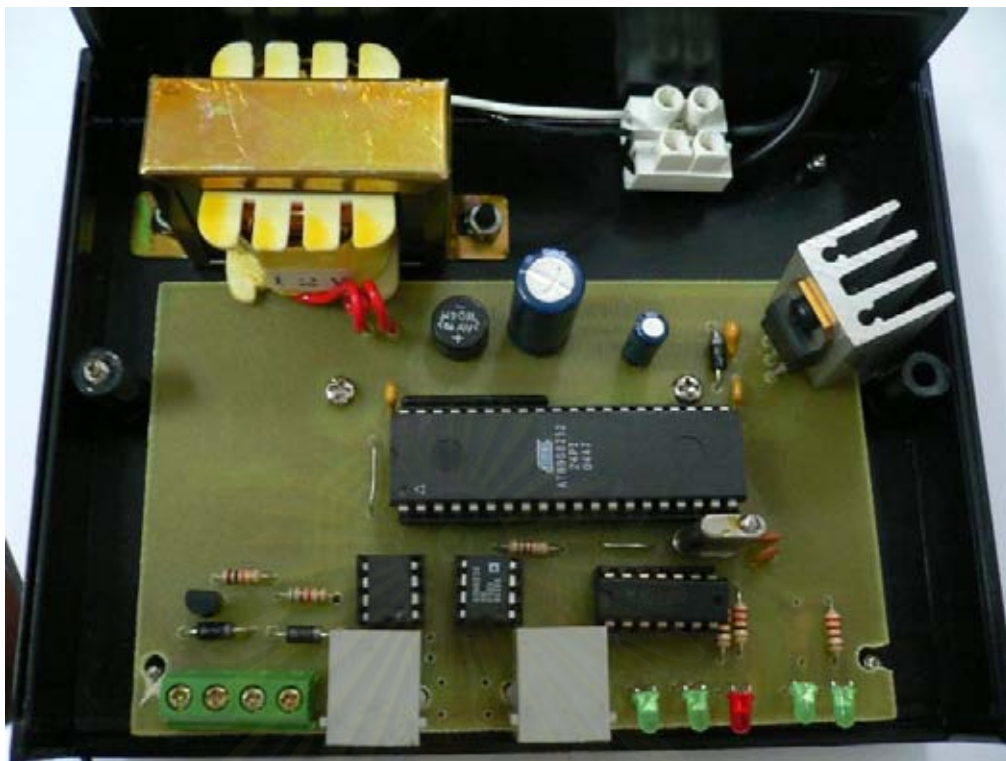
รูปที่ 6.4 แผงวงจรพิมพ์ของแผงจ่ายไฟ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



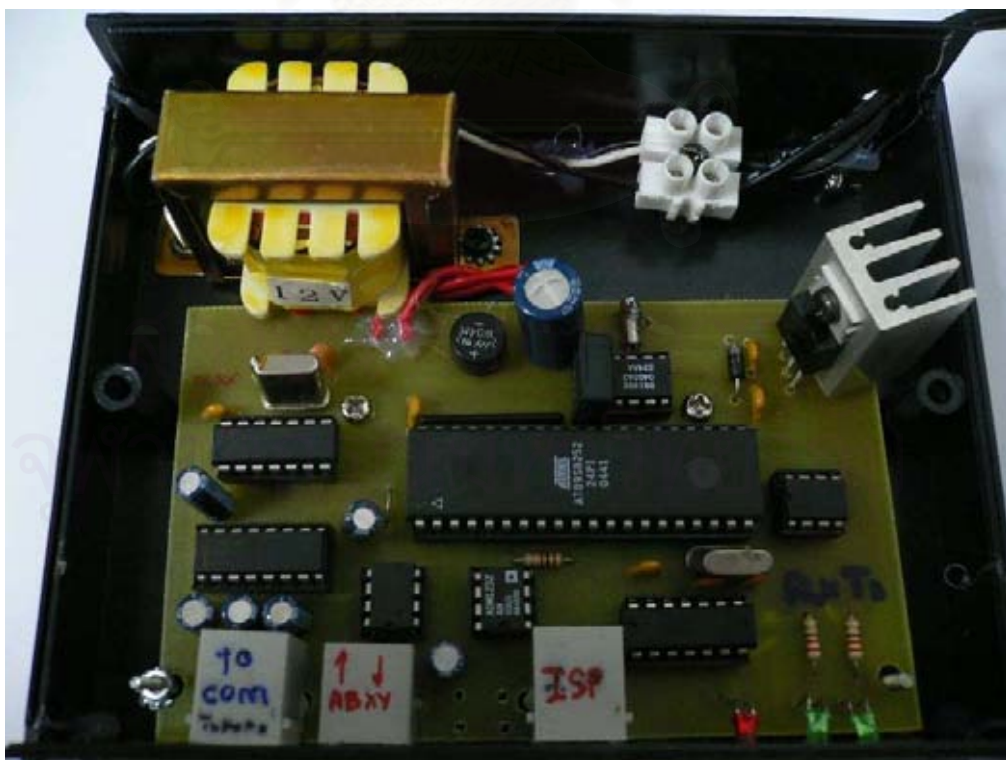
รูปที่ 6.5 แผงวงจรพิมพ์ของแผงเชื่อมต่อ (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



รูปที่ 6.6 แผงวงจรพิมพ์ของเซนเซอร์ดิจิทัล SHT11 (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



รูปที่ 6.7 แผงวงจรพิมพ์ของอุปกรณ์วัด (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)



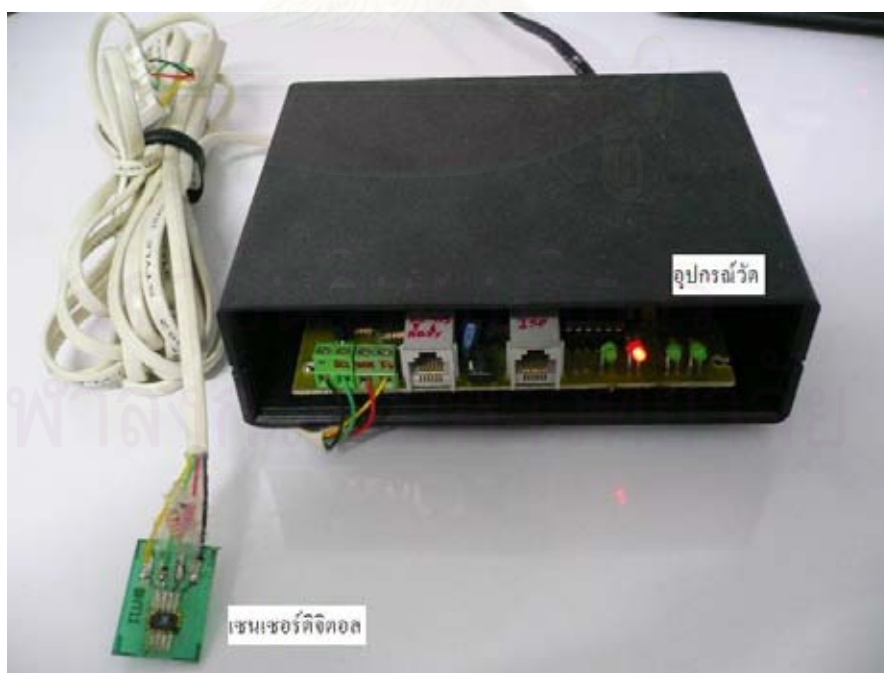
รูปที่ 6.8 แผงวงจรพิมพ์ของตัวพักข้อมูล (ที่ประกอบเสร็จแล้ว)

6.1.3 การประกอบวงจรและทดสอบ

เมื่อได้แผ่นวงจรพิมพ์และพร้อมที่จะประกอบวงจรแล้ว ก่อนที่จะลงมือประกอบวงจรควรตรวจสอบลายวงจรว่ามีลายวงจรใดลัดวงจรถึงกันหรือขาดโดยไม่ได้ตั้งใจอยู่ หากพบให้ทำการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนจึงประกอบอุปกรณ์ลงไป อุปกรณ์ที่นำมาใช้ควรเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ และการประกอบอุปกรณ์ที่เป็นไอซีควรใช้อุปกรณ์ฐานรอง (Socket) เพื่อป้องกันความร้อนจากการบัดกรีทำความเสียหายให้แก่ไอซี และสามารถถอดเปลี่ยนไอซีได้ง่าย การบัดกรีในแต่ละอุปกรณ์ควรบัดกรีให้ตะกั่วซึมเข้าอุปกรณ์ให้ทั่วถึง

เมื่อประกอบแผ่นวงจรเสร็จแล้วให้ทำการทดสอบการลัดวงจรถึงกันในส่วนที่มีโอกาสลัดวงจรถึงกันสูงเช่นในส่วนของปลั๊กโทรศัพท์ และส่วนของขาอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้กัน จากนั้น จึงทดลองโดยจ่ายไฟเลี้ยงเข้าสู่ระบบแล้วใช้อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าเช่น ลอจิกโพรบ (Logic Probe), ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) วัดผลในส่วนต่างๆของวงจรว่าทำงานถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ ถ้าพบปัญหาก็ให้หาทางแก้ไขโดยตรวจสอบความผิดพลาดของแผ่นวงจรพิมพ์อีกครั้งในตำแหน่งผิดพลาดนั้นๆ หรือทดลองเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่จนกว่าจะทำงานถูกต้อง

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นวงจรแต่ละแผ่นที่ประกอบเสร็จแล้ว จึงนำมาประกอบเข้ากันเป็นระบบ และบรรจุแผ่นวงจรพิมพ์ลงในตัวควบคุม, อุปกรณ์วัด และตัวพักข้อมูล เพื่อนำไปทดสอบการทำงานต่อไป ลักษณะของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบควบคุมห้องอบไม้สามารถแสดงในรูปที่ 6.9 ถึง รูปที่ 6.11



รูปที่ 6.9 อุปกรณ์วัดที่ประกอบเสร็จแล้ว



รูปที่ 6.10 ตัวพักข้อมูลที่ประกอบเสร็จแล้ว



รูปที่ 6.11 ตัวควบคุมที่ประกอบเสร็จแล้ว

6.2 การทดสอบ

ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่สร้างและพัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นสามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการทดสอบการทำงานเบื้องต้น และการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย

6.2.1 การทดสอบการทำงานเบื้องต้น

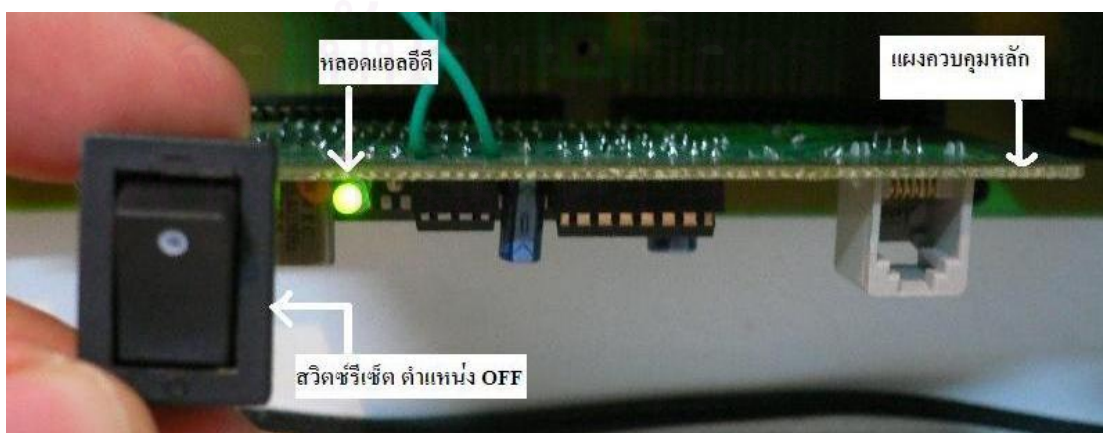
ในส่วนการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบควบคุมห้องอบไม้ที่สร้างและพัฒนาขึ้น โดยสามารถแบ่งการทดสอบสำคัญออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบการทำงานแบบ One-on-one Redundance

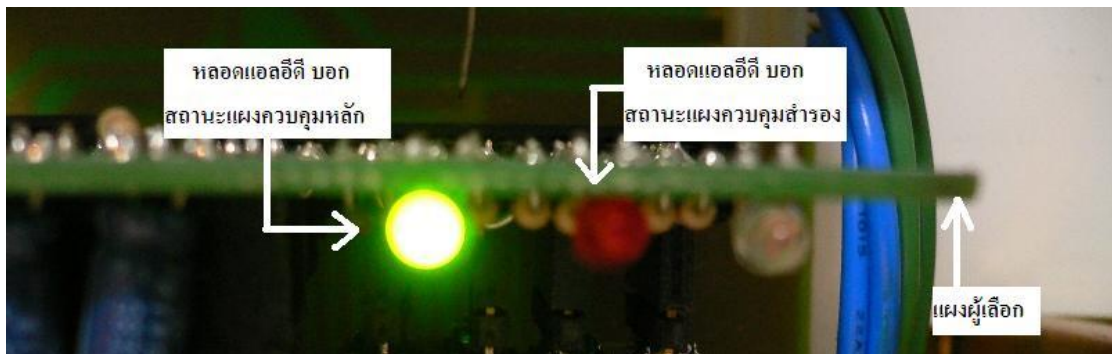
1.1 ในสภาวะปกติที่แผงควบคุมหลักทำงาน หลอดแอลอีดีจะสว่างดังแสดงได้รูปที่ 6.12 และ ที่แผงผู้เลือก หลอดแอลอีดีบอกสถานะแผงควบคุมหลักจะสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 6.13

1.2 จำลองให้แผงควบคุมหลักเสียโดยวิธีกดสวิทช์รีเซ็ตไปที่ตำแหน่ง ON ไปยังแผงควบคุมหลักให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงาน โดยสังเกตว่าหลอดแอลอีดีของแผงควบคุมหลักไม่สว่างดังแสดงในรูปที่ 6.14

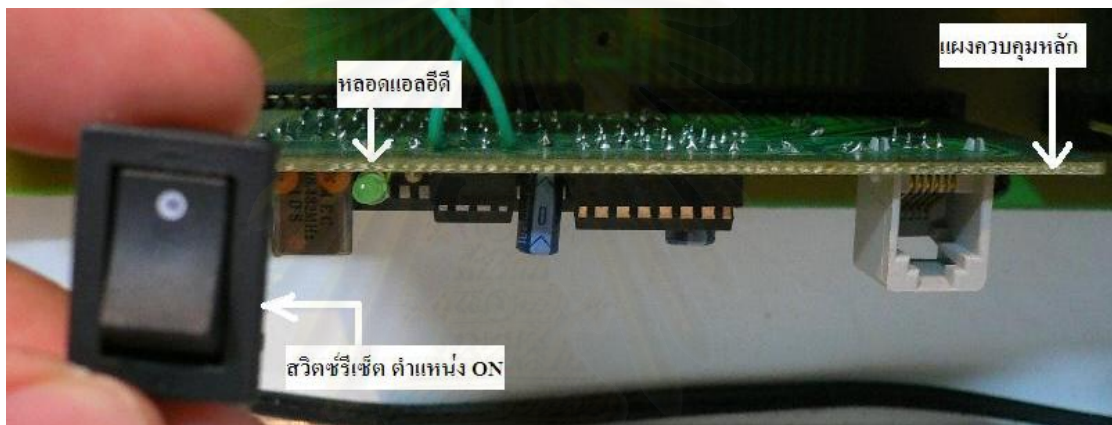
1.3 สังเกตที่แผงผู้เลือกต้องทำหน้าที่โอนการทำงานให้แผงควบคุมสำรองควบคุมระบบแทนได้โดยสังเกตจากหลอดแอลอีดีบอกการทำงานของแผงควบคุมสำรองสว่างดังแสดงในรูปที่ 6.15



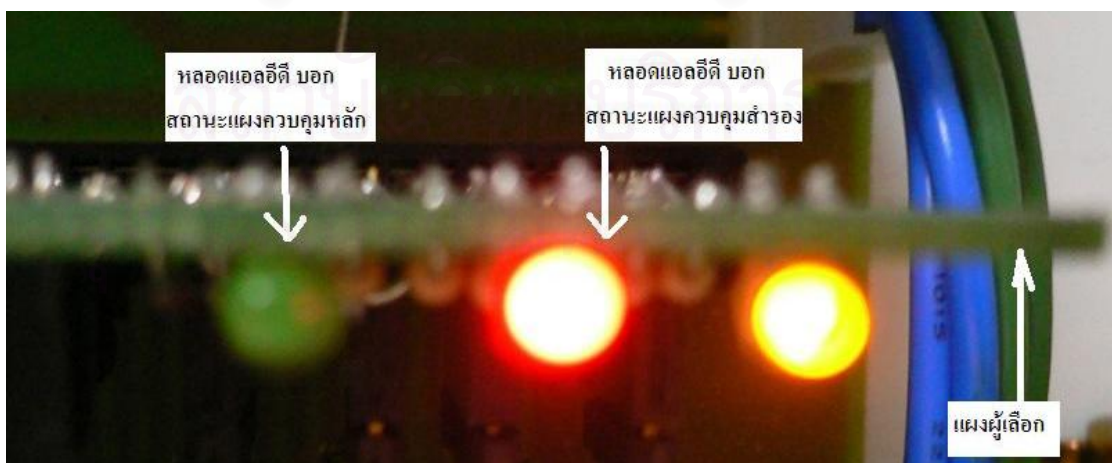
รูปที่ 6.12 สภาวะในขณะที่แผงควบคุมหลักทำงาน



รูปที่ 6.13 หลอดแอลอีดีที่แผงผู้เลือกบอกลสถานะแผงควบคุมหลักทำงาน



รูปที่ 6.14 สภาวะในขณะที่แผงควบคุมหลักหยุดทำงาน



รูปที่ 6.15 หลอดแอลอีดีที่แผงผู้เลือกบอกลสถานะแผงควบคุมสำรองทำงาน

2. ทดสอบโดยเริ่มต้นจ่ายไฟให้แก่ตัวควบคุม และสังเกตเอาท์พุทที่ได้จากแผงขั้วรีเลย์ ว่ามีความแน่นอนในการทำงาน
3. ทดสอบนำตัวควบคุม, อุปกรณ์วัด และตัวพักข้อมูล มาต่อพ่วงเป็นระบบ และสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกัน โดยรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS485 ได้
4. ทดสอบอุปกรณ์วัดที่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศผ่านทางเซนเซอร์ดิจิตอลได้
5. ทดสอบตัวควบคุมให้ส่งค่าออกไปยังอุปกรณ์วัดแต่ละตัว แล้วรอรับค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศจากอุปกรณ์วัดได้
6. ทดสอบตัวพักข้อมูลให้สามารถรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้ และสามารถรับส่งข้อมูลกับตัวควบคุมได้
7. ทดสอบตัวควบคุมให้ส่งข้อมูลอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยผ่านตัวพักข้อมูลได้

6.2.2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการ

มีจุดประสงค์หลักเพื่อจำลองการทำงานขณะใช้งานจริง โดยการทดสอบในส่วนนี้เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบควบคุมห้องอบไม้ที่สร้างและพัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการวิจัยโดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบการตั้งค่าเป้าหมาย เวลาที่ใช้ในการอบ 72 ชั่วโมง เวลาสลับการทำงานของพัดลม 30 นาทีและสั่งเริ่มต้นการทำงานจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปยังตัวควบคุมเพื่อทำการควบคุมการทำงานของห้องอบไม้แต่ละห้องแบบอัตโนมัติได้
2. ทดสอบการแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิ, ความชื้น และอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้น แบบเวลาปัจจุบันของห้องอบไม้ที่ได้สั่งเริ่มต้นการทำงาน ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้
3. ทดสอบการแสดงผลประวัติข้อมูลแบบตารางในช่วงการทดสอบตอนต้น
4. ทดสอบการแสดงผลประวัติข้อมูลแบบตารางในช่วงการทดสอบตอนปลาย
5. ทดสอบการแสดงผลประวัติข้อมูลแบบกราฟ
6. ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทำงาน เพื่อดูความถูกต้องในการทำงาน

การทดสอบทั้งฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังรูปที่เป็น 6.16 ถึง 6.21 ตามลำดับดังนี้

ทำตามขั้นตอนเพื่อตั้งโปรแกรม

1 - เลือกห้อง: ห้อง 2

2 - ตั้งค่าเป้าหมาย: อุณหภูมิในห้องอบ 70, ความชื้นในห้องอบ 11

3 - ตั้งเวลา: เวลาในการอบไม้ 72 ชม 00 นาที, เวลาสลับการทำงานของพัดลม 00 ชม 30 นาที

ปุ่ม: เก็บค่า, ยกเลิก

ข้อมูลการตั้งค่าเป้าหมาย

ห้อง	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาในการอบไม้		เวลาสลับพัดลม	
			ชั่วโมง	นาที	ชั่วโมง	นาที
1	95	60	6	12	0	2
2	70	11	72	0	0	30
3	33	33	0	13	0	2
4	44	44	0	14	0	2
5	55	55	0	15	0	2
6	66	66	0	16	0	2
7	77	77	0	17	0	2
8	88	88	0	18	0	2

ปุ่ม: เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, หยุดชั่วคราว

รูปที่ 6.16 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 1 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย

ปุ่ม: กำลังปรับปรุง

ห้อง 1-4	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพักลม	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								
ห้อง 2-== START	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพักลม	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้	70 °C	11 %	72 ชม 0 นาที	0 ชม 30 นาที				
ค่าที่วัดได้	35°C	55 %	0 ชม 10 นาที	0 ชม 10 นาที	ON	OFF	ON	A
ห้อง 3-==	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพักลม	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								
ห้อง 4-==	อุณหภูมิ	ความชื้น	เวลาทำงาน	เวลาพักลม	Heater	Spray	Exhaust	Fan
ค่าที่ตั้งไว้								
ค่าที่วัดได้								

รูปที่ 6.17 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 2 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย

ระบบเครื่องควบคุมอัตโนมัติสำหรับห้องอบไม้ - [ประวัติข้อมูล]

ไปที

เลือกห้อง ตาราง กราฟ ตั้งค่า

ห้อง	ลำดับที่	วัน	เวลา	อุณหภูมิ (°c)	ความชื้น (%)
ห้อง 1	1	4/23/2005	00:00:00 AM	25	59
ห้อง 2	2	4/23/2005	00:10:00 AM	35	55
ห้อง 3	3	4/23/2005	00:20:00 AM	40	51
ห้อง 4	4	4/23/2005	00:30:00 AM	46	45
ห้อง 5	5	4/23/2005	00:40:00 AM	50	40
ห้อง 6	6	4/23/2005	00:50:00 AM	54	38
ห้อง 7	7	4/23/2005	01:00:00 AM	57	36
ห้อง 8	8	4/23/2005	01:10:00 AM	60	32
ห้อง 9	9	4/23/2005	01:20:00 AM	62	26
ห้อง 10	10	4/23/2005	01:30:00 AM	63	25
ห้อง 11	11	4/23/2005	01:40:00 AM	65	19
ห้อง 12	12	4/23/2005	01:50:00 AM	67	15
ห้อง 13	13	4/23/2005	02:00:00 AM	69	10
ห้อง 14	14	4/23/2005	02:10:00 AM	70	9
ห้อง 15	15	4/23/2005	02:20:00 AM	71	10
ห้อง 16	16	4/23/2005	02:30:00 AM	72	9
ห้อง 17	17	4/23/2005	02:40:00 AM	71	10
ห้อง 18	18	4/23/2005	02:50:00 AM	71	10
ห้อง 19	19	4/23/2005	03:00:00 AM	70	11
ห้อง 20	20	4/23/2005	03:10:00 AM	70	11
ห้อง 21	21	4/23/2005	03:20:00 AM	69	11
ห้อง 22	22	4/23/2005	03:30:00 AM	69	11
ห้อง 23	23	4/23/2005	03:40:00 AM	70	11
ห้อง 24	24	4/23/2005	03:50:00 AM	71	11
ห้อง 25	25	4/23/2005	04:00:00 AM	71	11
ห้อง 26	26	4/23/2005	04:10:00 AM	70	11

รูปที่ 6.18 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 3 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย

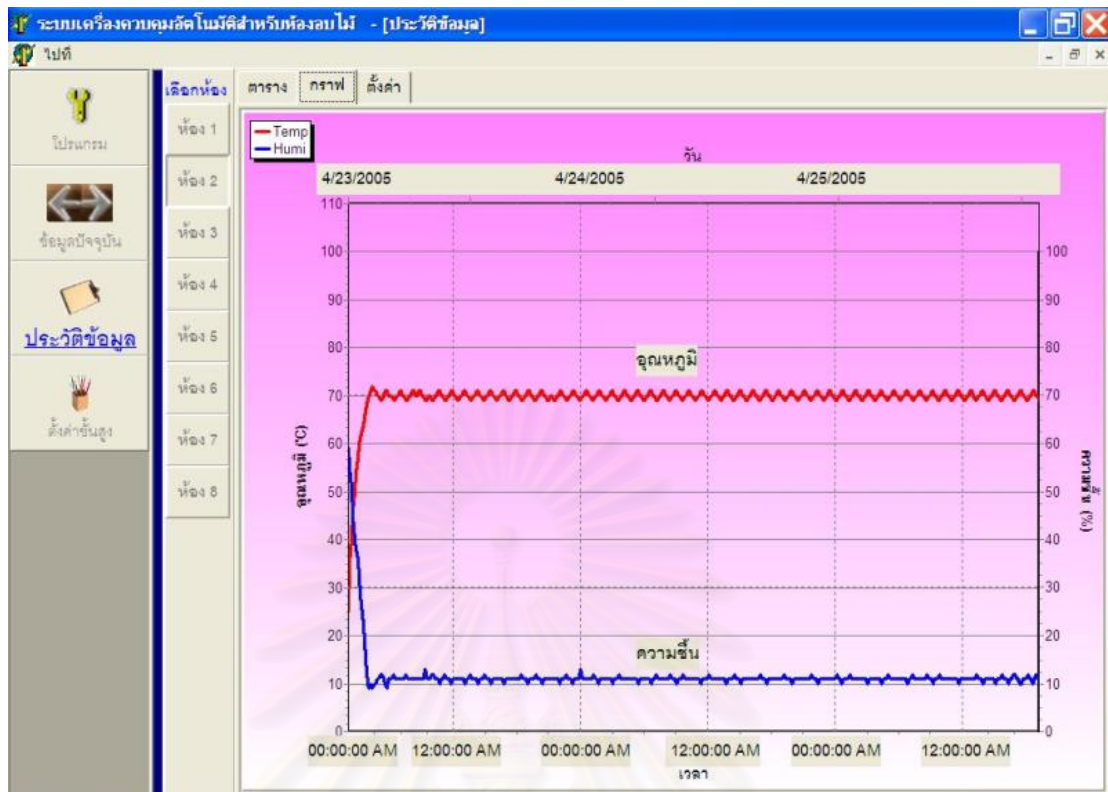
ระบบเครื่องควบคุมอัตโนมัติสำหรับห้องอบไม้ - [ประวัติข้อมูล]

ไปที

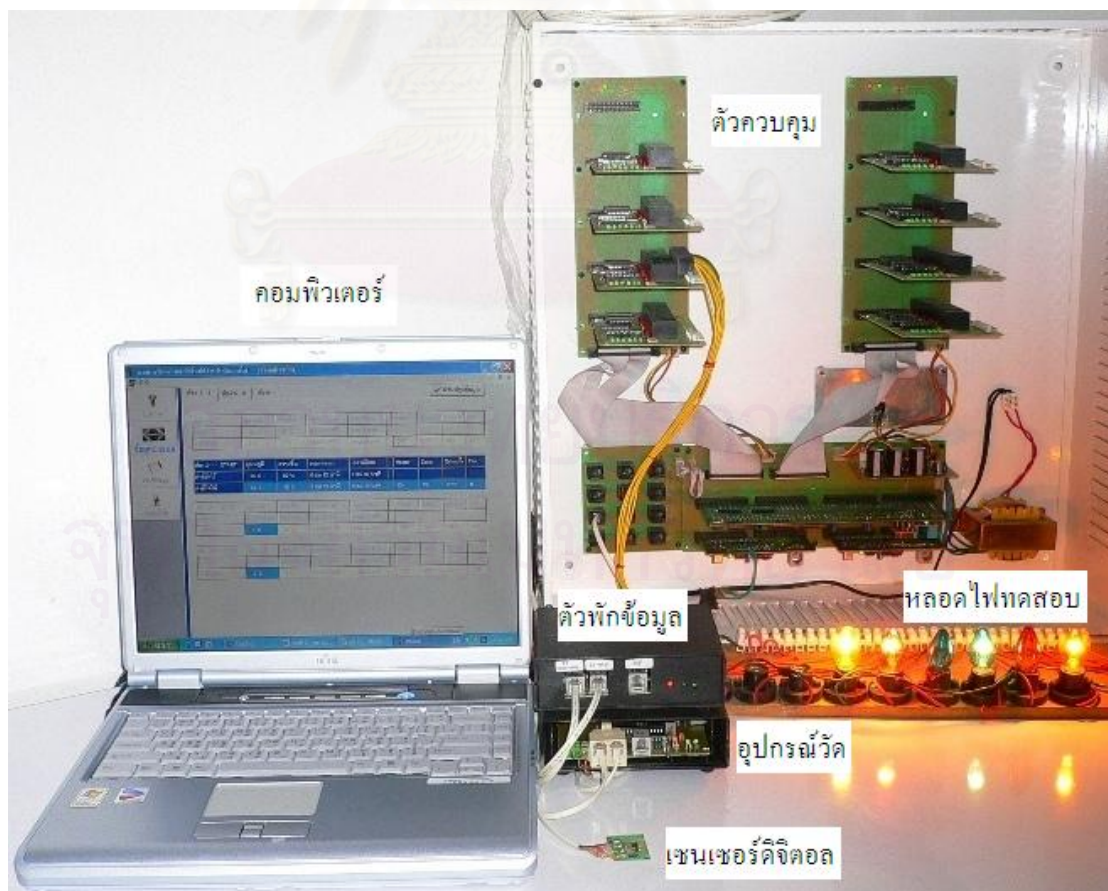
เลือกห้อง ตาราง กราฟ ตั้งค่า

ห้อง	ลำดับที่	วัน	เวลา	อุณหภูมิ (°c)	ความชื้น (%)
ห้อง 1	407	4/25/2005	7:40:00 PM	70	11
ห้อง 2	408	4/25/2005	7:50:00 PM	69	11
ห้อง 3	409	4/25/2005	8:00:00 PM	69	13
ห้อง 4	410	4/25/2005	8:10:00 PM	70	11
ห้อง 5	411	4/25/2005	8:20:00 PM	70	11
ห้อง 6	412	4/25/2005	8:30:00 PM	71	11
ห้อง 7	413	4/25/2005	8:40:00 PM	71	10
ห้อง 8	414	4/25/2005	8:50:00 PM	70	11
ห้อง 9	415	4/25/2005	9:00:00 PM	70	11
ห้อง 10	416	4/25/2005	9:10:00 PM	69	13
ห้อง 11	417	4/25/2005	9:20:00 PM	69	15
ห้อง 12	418	4/25/2005	9:30:00 PM	70	11
ห้อง 13	419	4/25/2005	9:40:00 PM	70	11
ห้อง 14	420	4/25/2005	9:50:00 PM	71	10
ห้อง 15	421	4/25/2005	10:00:00 PM	71	10
ห้อง 16	422	4/25/2005	10:10:00 PM	70	11
ห้อง 17	423	4/25/2005	10:20:00 PM	70	11
ห้อง 18	424	4/25/2005	10:30:00 PM	69	11
ห้อง 19	425	4/25/2005	10:40:00 PM	69	13
ห้อง 20	426	4/25/2005	10:50:00 PM	70	11
ห้อง 21	427	4/25/2005	11:00:00 PM	70	11
ห้อง 22	428	4/25/2005	11:10:00 PM	71	10
ห้อง 23	429	4/25/2005	11:20:00 PM	71	11
ห้อง 24	430	4/25/2005	11:30:00 PM	70	14
ห้อง 25	431	4/25/2005	11:40:00 PM	70	11
ห้อง 26	432	4/25/2005	11:50:00 PM	69	15

รูปที่ 6.19 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 4 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย



รูปที่ 6.20 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 5 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย



รูปที่ 6.21 ภาพแสดงขั้นตอนที่ 6 ของการทดสอบฟังก์ชันการทำงานในห้องปฏิบัติการวิจัย

6.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการวิจัยปรากฏว่า สามารถใช้งานได้ดี และทำงานตามลักษณะที่ออกแบบไว้ทุกประการ เมื่อทำการจำลองการอบในห้องอบที่ 2 โดยขั้นแรกตั้งค่าเป้าหมาย, ตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการอบ และสั่งให้ห้องอบที่ 2 เริ่มต้นการทำงาน จากนั้นนำเครื่องเป่าลมร้อนมาเป่าที่เซนเซอร์ของอุปกรณ์วัด อุณหภูมิและความชื้นของอากาศจะแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ในส่วนแสดงผลแบบเวลาปัจจุบันได้ นอกจากนั้นเมื่อค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ได้จากเซนเซอร์ถึงค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ อุปกรณ์ปรับอุณหภูมิและความชื้นก็จะทำงานสอดคล้องกับที่โปรแกรมไว้ในตัวควบคุม และจะแสดงผลไปที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ในส่วนแสดงผลข้อมูลแบบเวลาปัจจุบันได้อีกด้วย ในระหว่างการอบนั้นสามารถดูข้อมูลในส่วนแสดงผลข้อมูลแบบประวัติข้อมูลได้ และเมื่อตัวควบคุมทำงานถึงเวลาที่ตั้งไว้ก็สามารถหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ และสามารถแสดงผลไปยังหน้าจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์คือ พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับห้องอบไม้ให้มีความน่าเชื่อถือ และ นำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลต่างๆ นอกจากนั้นยังมีโครงสร้างของฮาร์ดแวร์เป็นส่วนย่อยๆแยกจากกัน ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ผลการทดสอบเครื่องเป็นที่น่าพอใจ

ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่ออกแบบ พัฒนาและสร้างขึ้นมีลักษณะคุณสมบัติดังนี้

1. ระบบควบคุมมีความน่าเชื่อถือซึ่งใช้หลักการ One-on-one Redundance ที่อยู่ในตัวควบคุม โดยนำแผงควบคุมอีกแผงหนึ่งมาสำรองการทำงานของแผงควบคุมเดิม ทำหน้าที่ขนานกันไป และแผงควบคุมสำรองจะเข้าทำงานแทนทันทีเมื่อแผงผู้เลือกตรวจสอบพบว่าแผงควบคุมหลักทำงานผิดพลาด นอกจากนั้นวงจรภายในทุกๆส่วนของระบบควบคุมถูกออกแบบโดยคำนึงถึงเสถียรภาพ โดยเฉพาะแผงควบคุมที่อยู่ในตัวควบคุมนั้นเป็นส่วนสำคัญที่สุดแต่ละแผงควบคุมยังมีวอตซ์ด็อก 2 ชั้นคือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และบนแผงควบคุมทำให้ระบบมีความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือสูงขึ้น และจากการทดลองที่จำลองให้แผงควบคุมหลักเสีย แผงผู้เลือกสามารถโอนการทำงานให้แผงควบคุมสำรองควบคุมระบบแทน ทำให้ระบบควบคุมห้องอบไม้ยังคงสามารถทำงานต่อไปโดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานแต่อย่างใด
2. โครงสร้างเป็นส่วนย่อย แยกจากกันทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมบำรุง
3. พนักงานควบคุมสามารถดูแลแก้ไขโปรแกรมควบคุมในบางส่วนเองได้โดยไม่ต้องอาศัยช่างที่ชำนาญ และสามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องอบไม้แบบเวลาปัจจุบัน หรือ แบบประวัติข้อมูล ทำให้ง่ายต่อการดูแลความเรียบร้อยในการทำงานของระบบควบคุม และง่ายต่อการนำข้อมูลที่ได้ออกไปใช้วิเคราะห์ พัฒนาการอบไม้ให้มีมาตรฐานได้

7.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบควบคุมห้องอบไม้ที่สร้างขึ้นชิ้นนี้สามารถทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมการทำงานภายในห้องปฏิบัติการวิจัย เพียงแต่ลักษณะภายนอกและการประกอบในบางส่วนอาจจะยังไม่เรียบร้อยสวยงาม และ ยังไม่ได้นำไปติดตั้งที่หน้างานจริงทำให้ไม่รู้ถึงปัญหาจริงที่เกิดขึ้น

ดังนั้นในอนาคตควรนำระบบควบคุมห้องอบไม้ที่ได้พัฒนาชิ้นนี้ นำไปติดตั้งที่หน้างานจริงเพื่อรู้ถึงปัญหาแล้วนำมาแก้ไข เพื่อนำระบบควบคุมห้องอบไม้ที่มีความน่าเชื่อถือของงานวิจัยนี้ได้ใช้เป็นประโยชน์ต่อวงการการอบไม้ของประเทศไทยต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. ประธานกรรมการ บริษัท พาราวิเนียร์ 2002 จำกัด. สัมภาษณ์, 3 กุมภาพันธ์ 2546.
2. Douglas M.Considise (Editor in Chief). Process Instruments And Control Handbook. (n.p.): McGraw-Hill Inc. (1985).
3. Michael P.Lukas. Distributed Control Systems. (n.p.): Van Nostrand Reinhold Company Inc. (1986).
4. 89S8252 Specification[Online]. Available from: <http://www.atmel.com> [5/12/2004]
5. SHT11 Specification[Online]. Available from: <http://www.maxim-ic.com> [5/12/2004]
6. MAX1232 Specification[Online]. Available from: <http://www.maxim-ic.com> [5/12/2004]
7. Rob Paisley. Missing Pulse Detector Circuit[Online]. Available from: <http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/LM555.html#22> [10/11/2004]
8. MAX3081 Specification[Online]. Available from: <http://www.maxim-ic.com> [5/12/2004]
9. นาย สมชาย ทองคำ. การใช้งาน Monostable multivibrator. สถานที่ผลิต: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2003. แหล่งที่มา: <http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer/default.htm> [5/10/2004]
10. MAX3100 Specification[Online]. Available from: <http://www.maxim-ic.com> [5/12/2004]
11. MAX232 Specification[Online]. Available from: <http://www.maxim-ic.com> [5/12/2004]



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

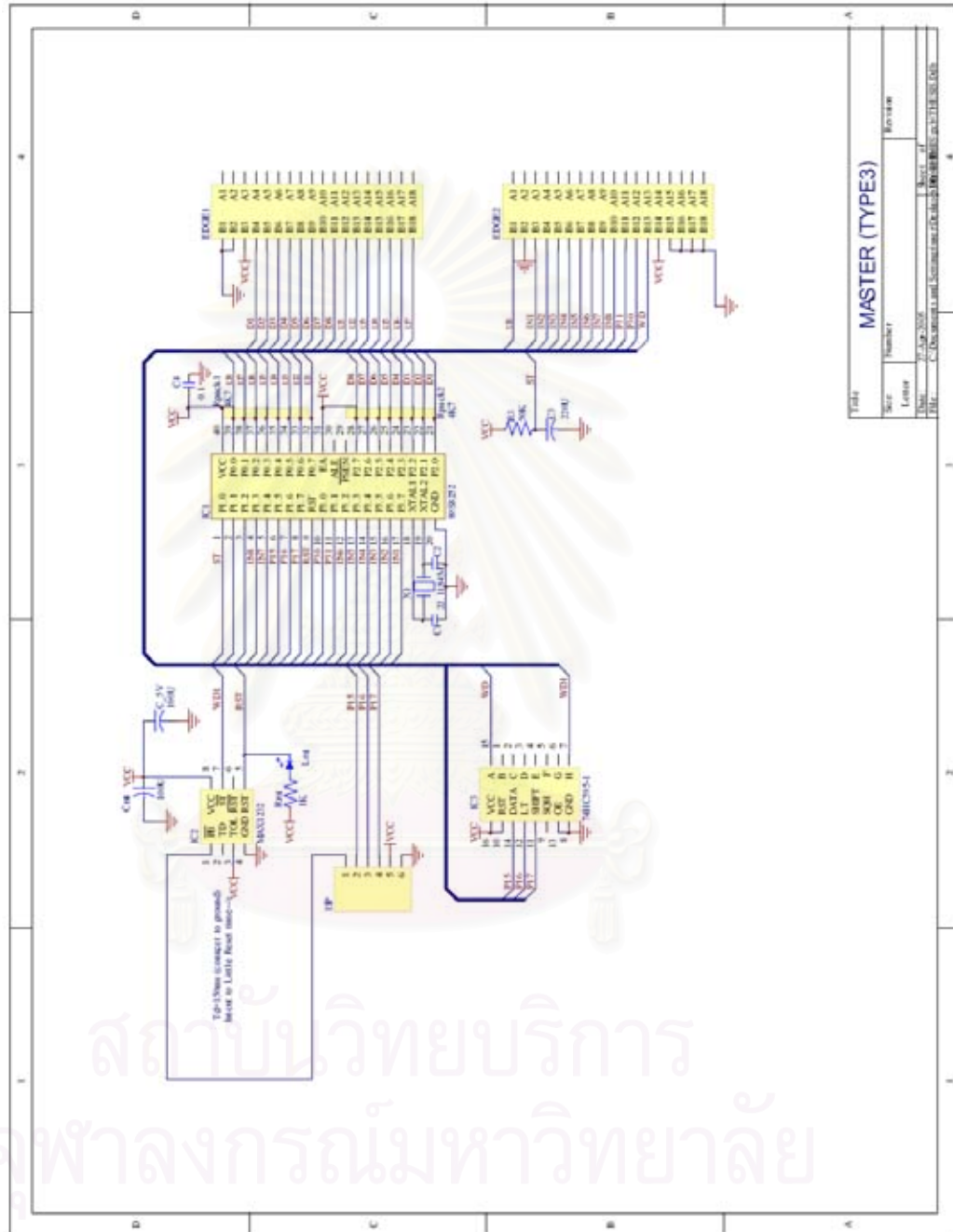
ภาคผนวก ก

รายละเอียดฮาร์ดแวร์

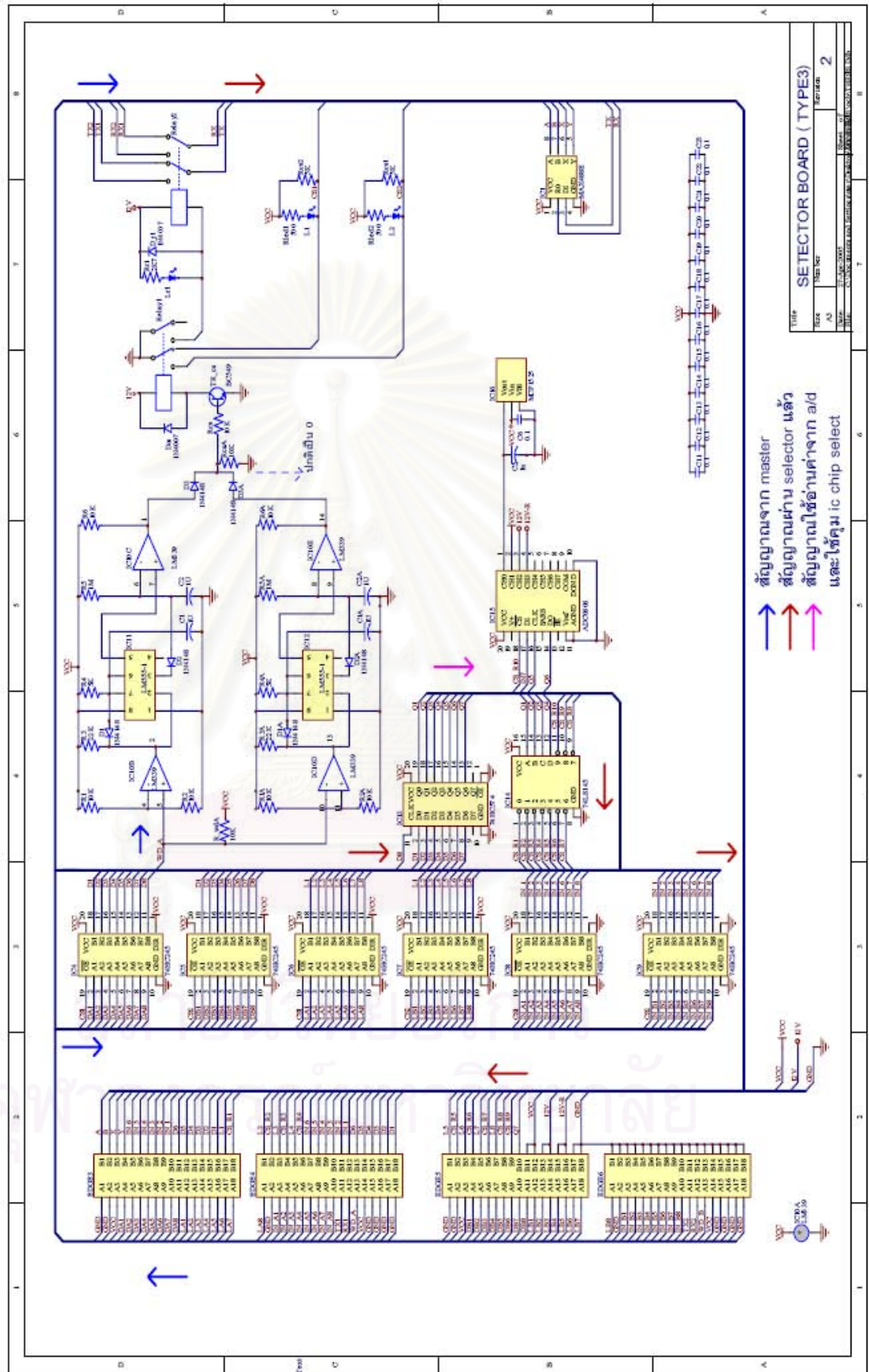
วงจรของระบบควบคุมห้องอบไม้ที่ออกแบบ สามารถแสดงในรูปแบบที่ ก.1 ถึง ก.12 โดยแบ่งเป็นวงจรต่างๆ ดังนี้

วงจรแผงควบคุม	แสดงในรูปแบบที่ ก.1
วงจรแผงผู้เลือก	แสดงในรูปแบบที่ ก.2
วงจรแผงขั้วรีเลย์	แสดงในรูปแบบที่ ก.3
วงจรแผงจ่ายไฟ	แสดงในรูปแบบที่ ก.4
วงจรอุปกรณ์วัด	แสดงในรูปแบบที่ ก.5
วงจรตัวพักข้อมูล	แสดงในรูปแบบที่ ก.6
ลายวงจรของแผงควบคุม(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.7
ลายวงจรของแผงผู้เลือก(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.8
ลายวงจรของแผงขั้วรีเลย์(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.9
ลายวงจรของแผงจ่ายไฟ(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.10
ลายวงจรของอุปกรณ์วัด(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.11
ลายวงจรของตัวพักข้อมูล(ไม่ใช่สเกลจริง)	แสดงในรูปแบบที่ ก.12

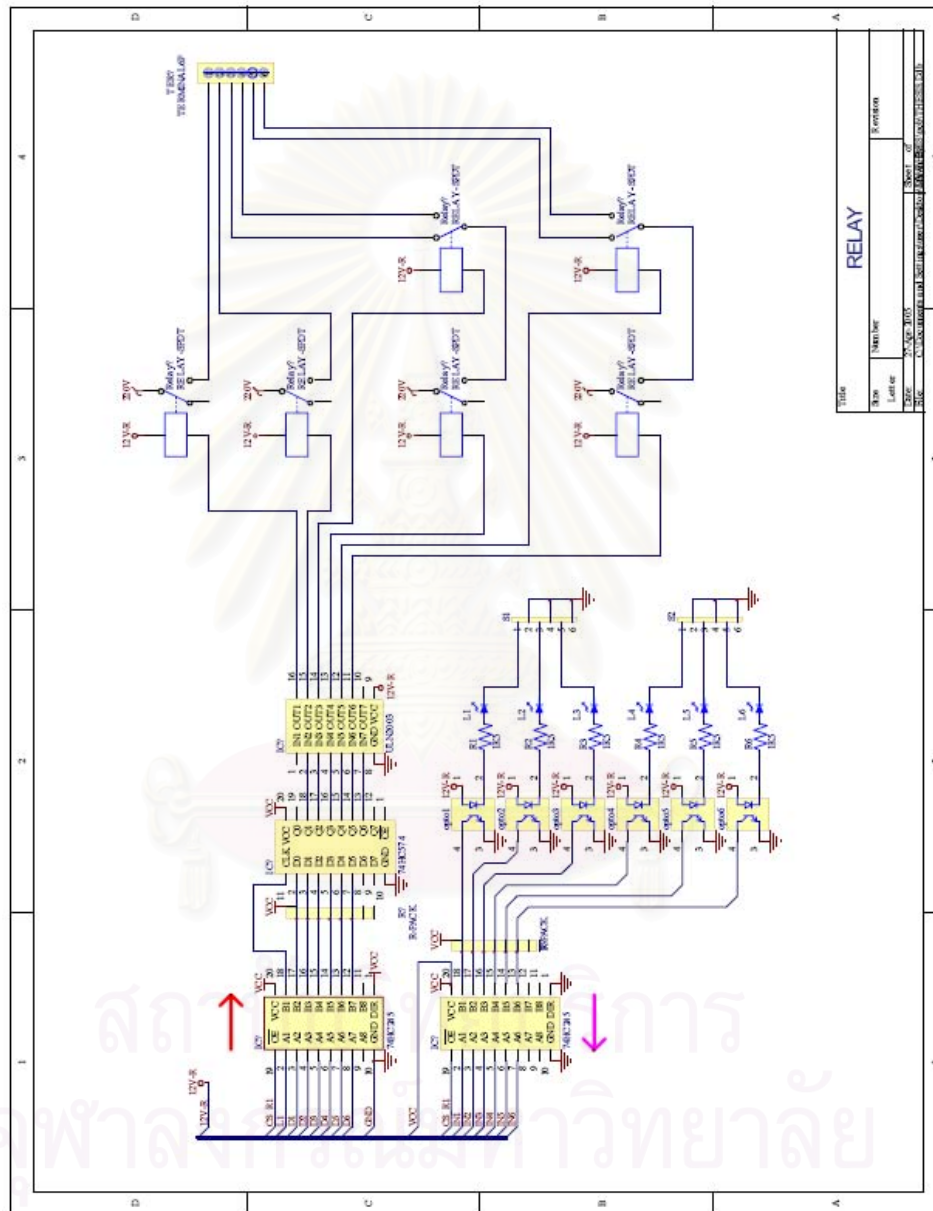
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



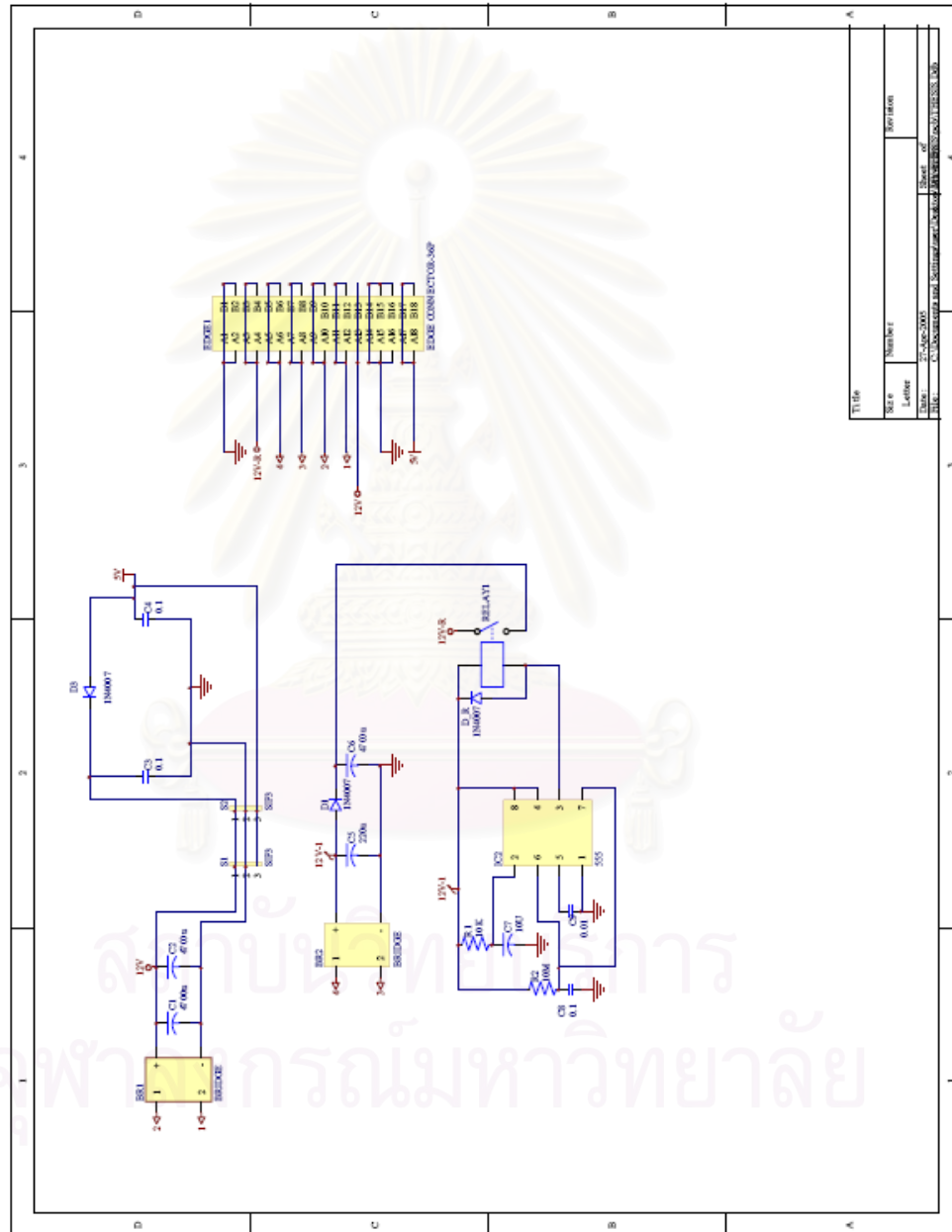
รูปที่ ก.1 ภาพวงจรแผงควบคุม



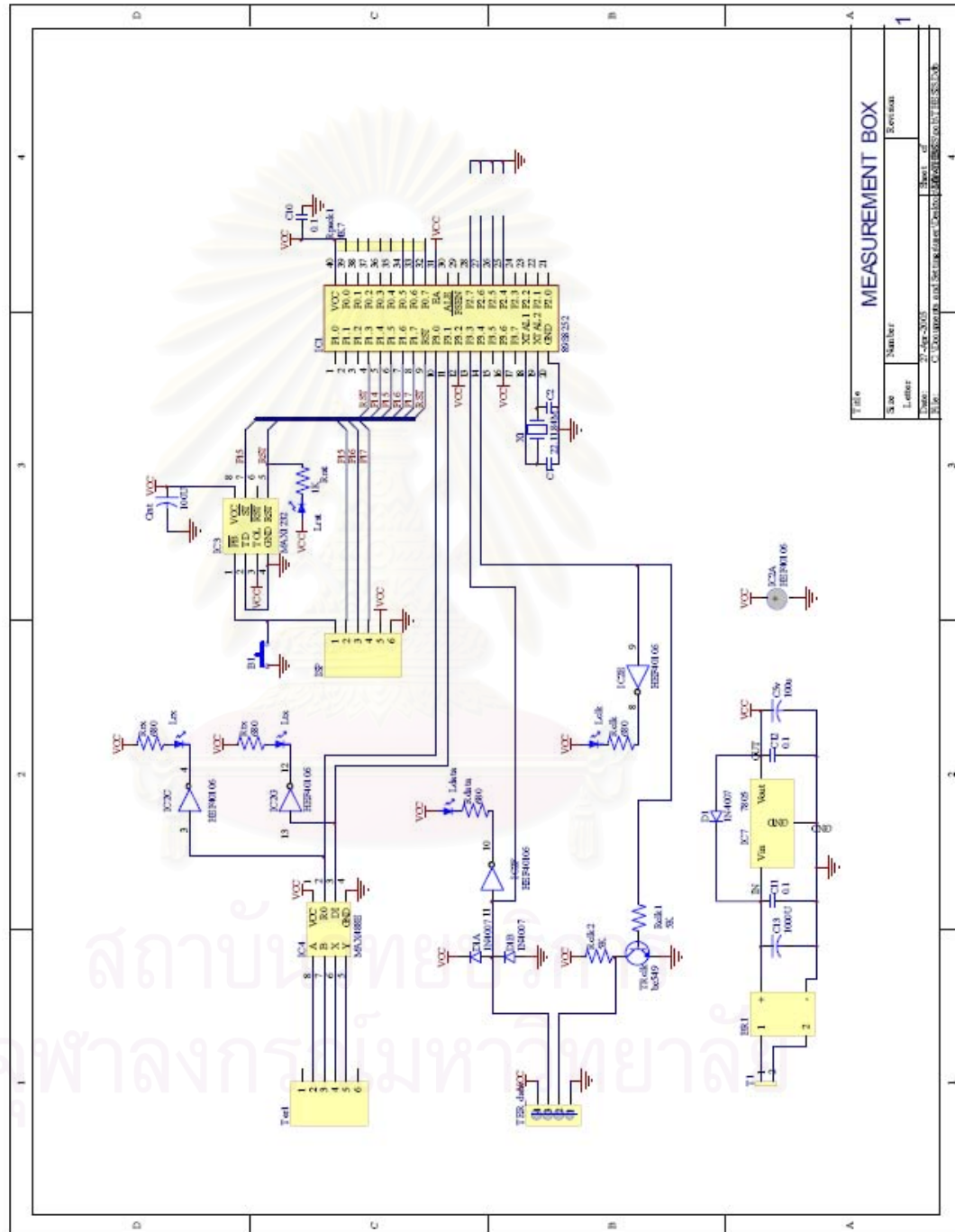
รูปที่ ก.2 ภาพวงจรแผงผู้ถือ



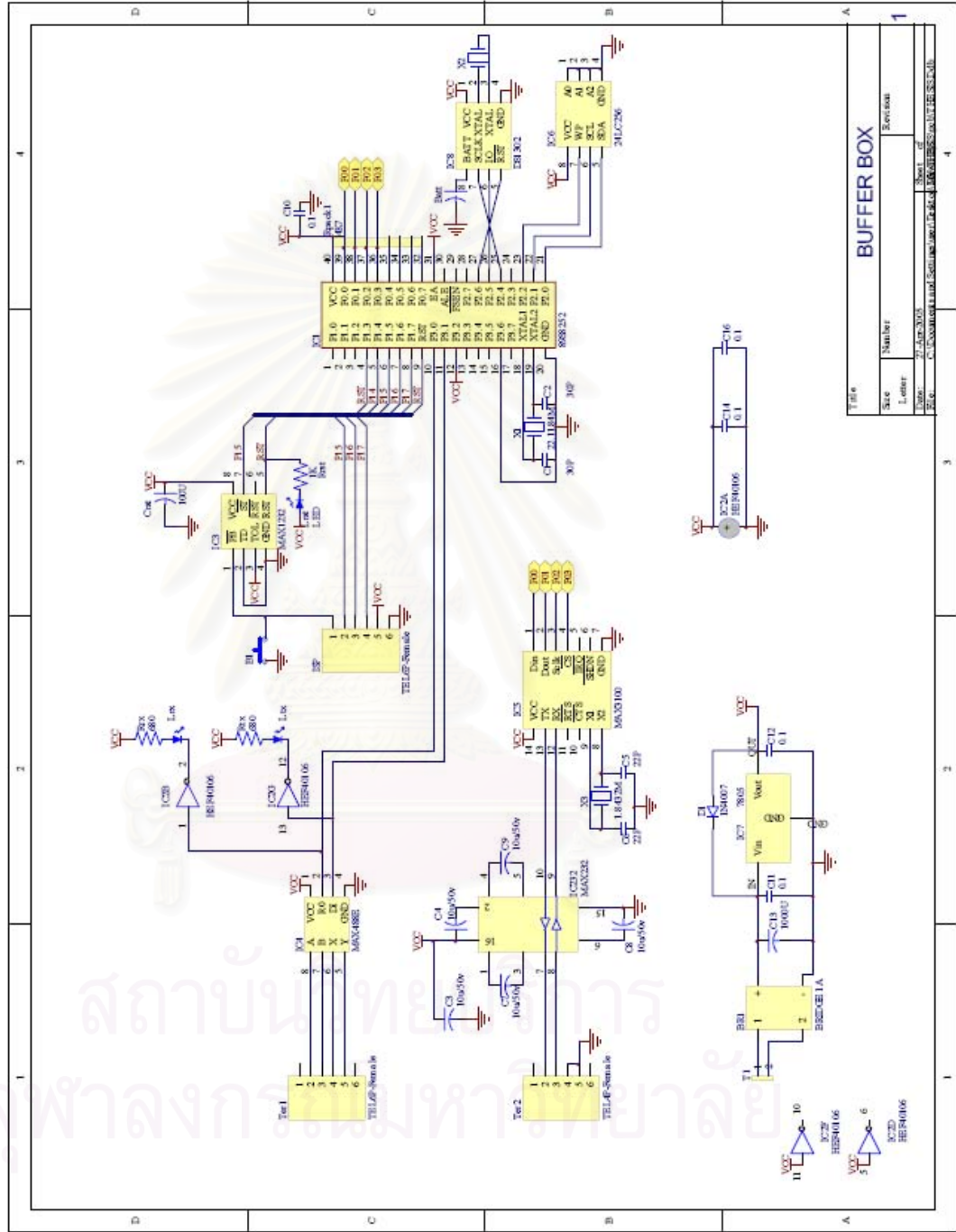
รูปที่ ก.3 ภาพวงจรแผงขั้วรีเลย์



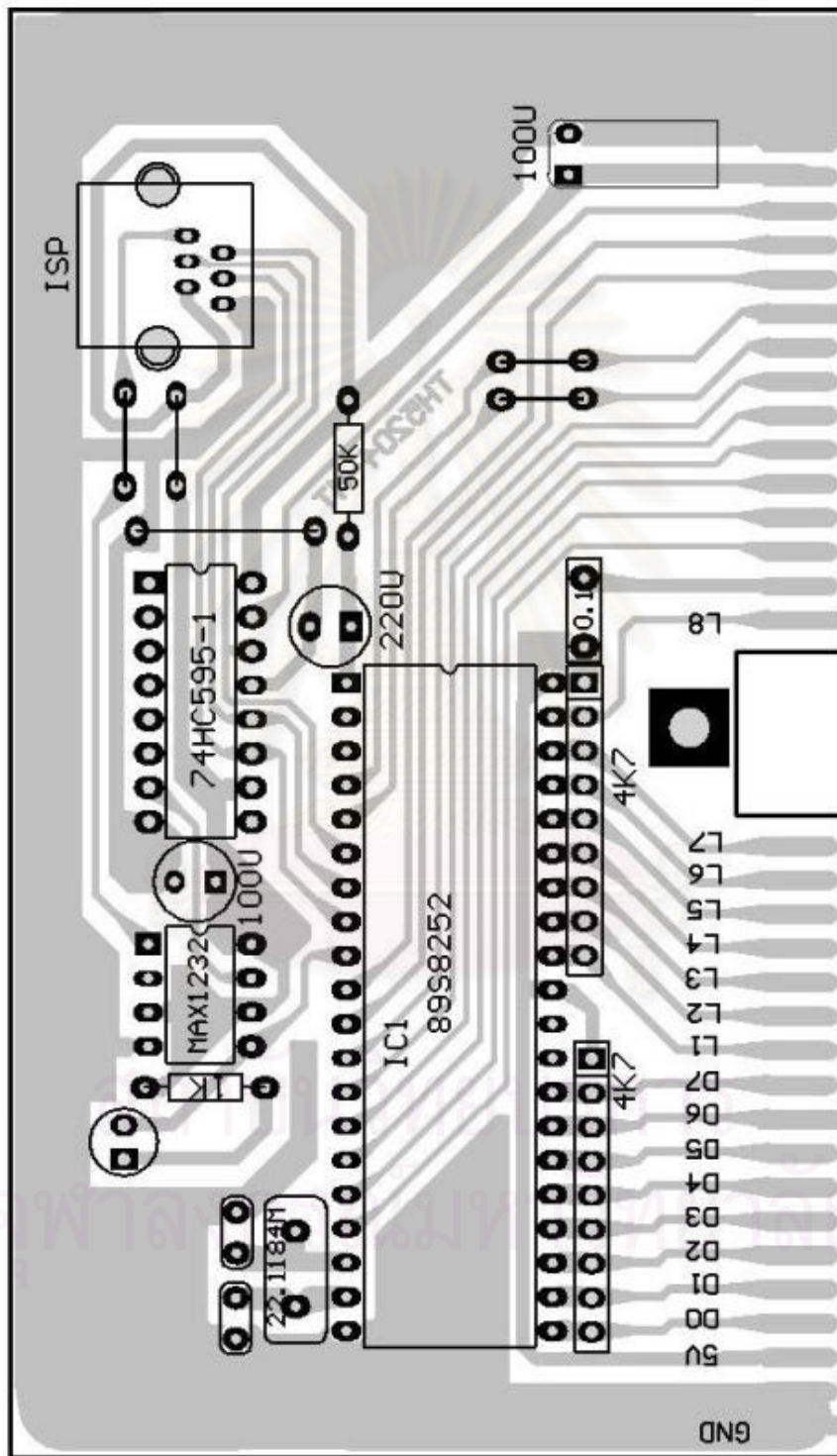
รูปที่ ก.4 ภาพวงจรแผงจ่ายไฟ



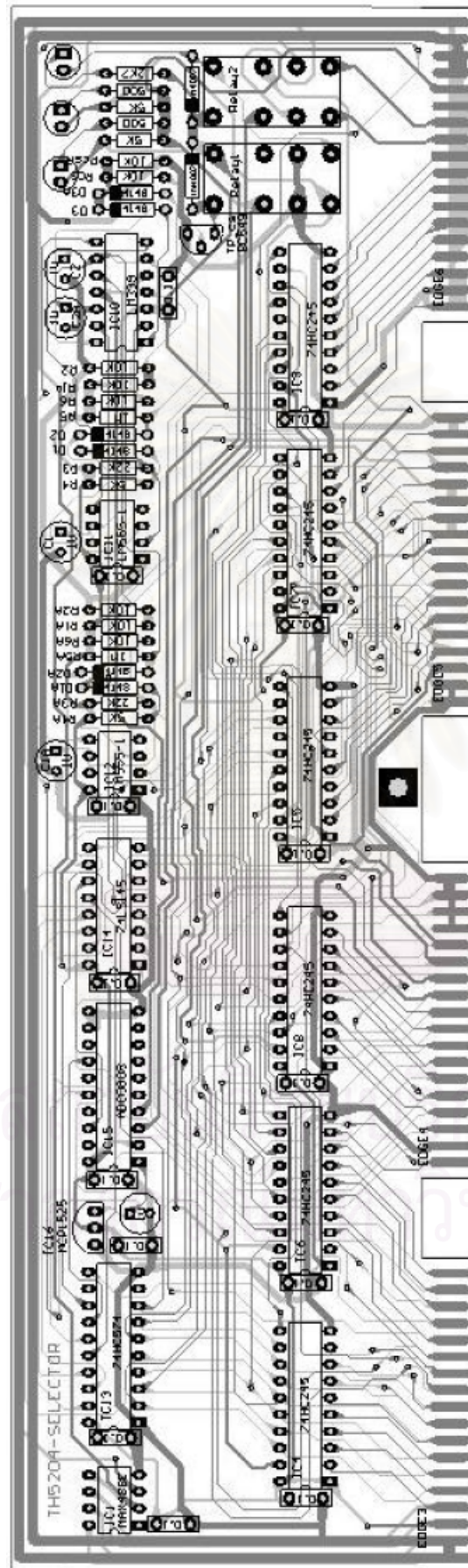
รูปที่ ก.5 ภาพวงจรอุปกรณ์วัด



รูปที่ 6.6 ภาพวงจรตัวพักข้อมูล

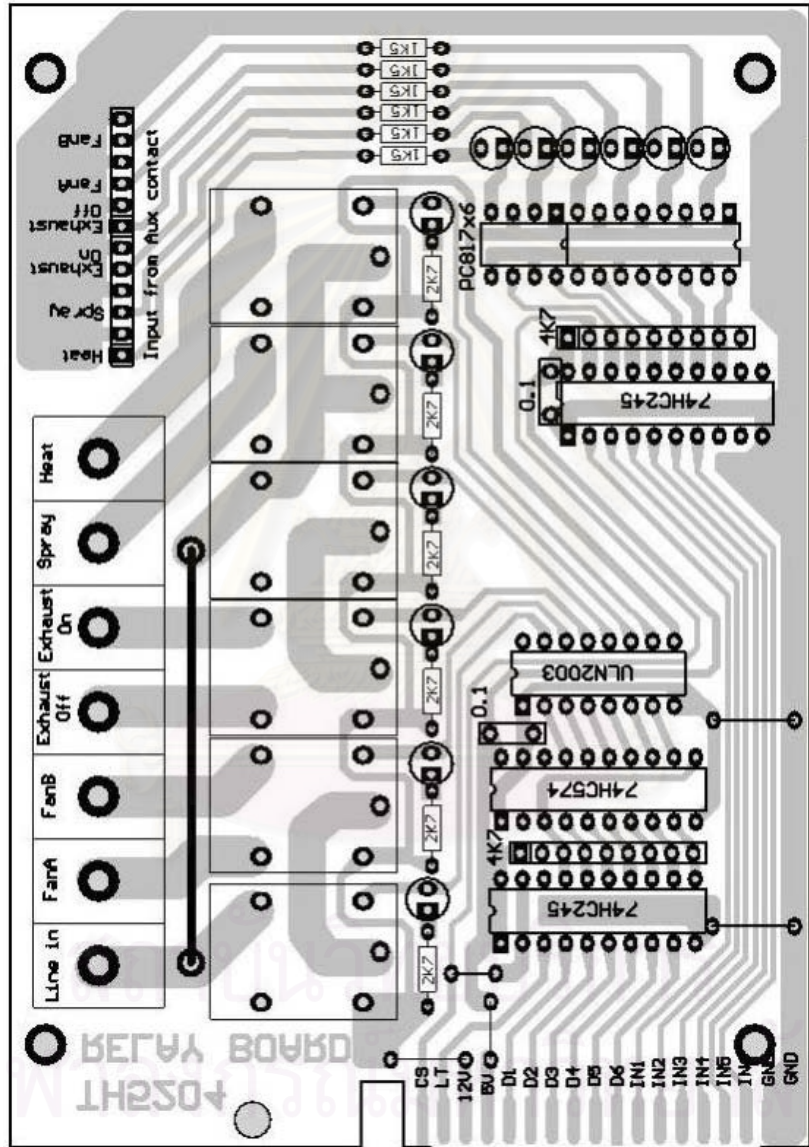


รูปที่ ก.7 ภาพถ่ายวงจรของแผงควบคุม(ไม่ใช่สเกลจริง)

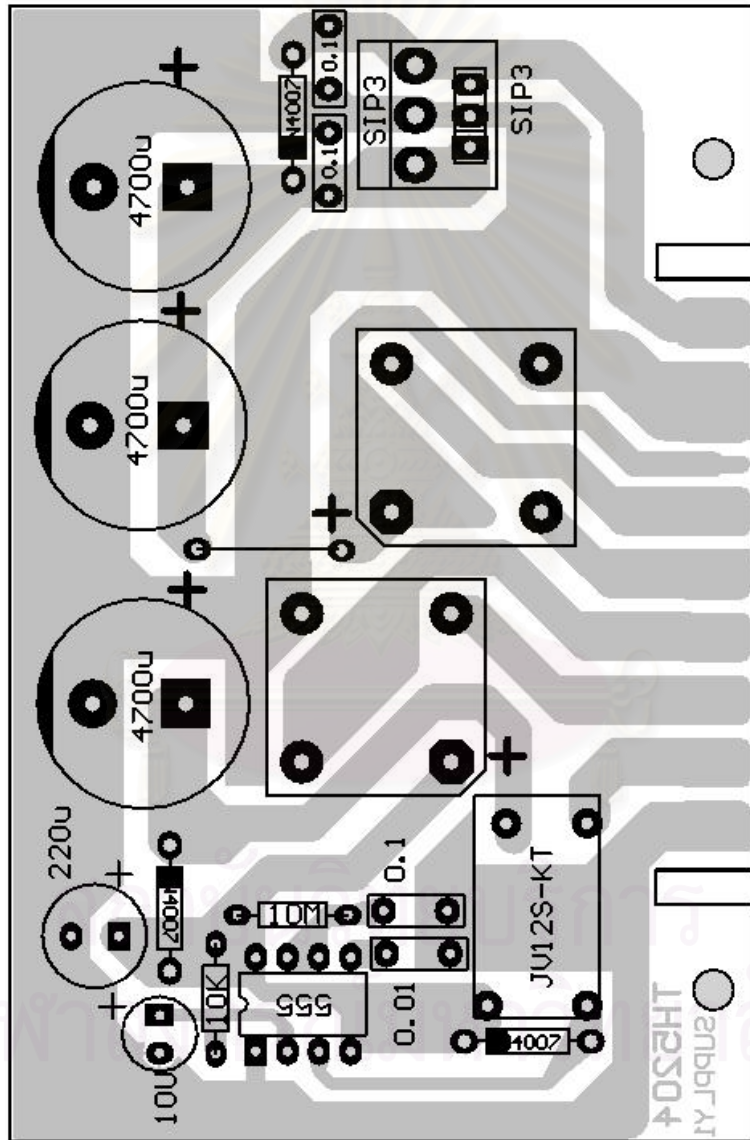


รูปที่ ก.8 ภาพลายวงจรของแผงผู้เลือก(ไม่ใช่สเกลจริง)

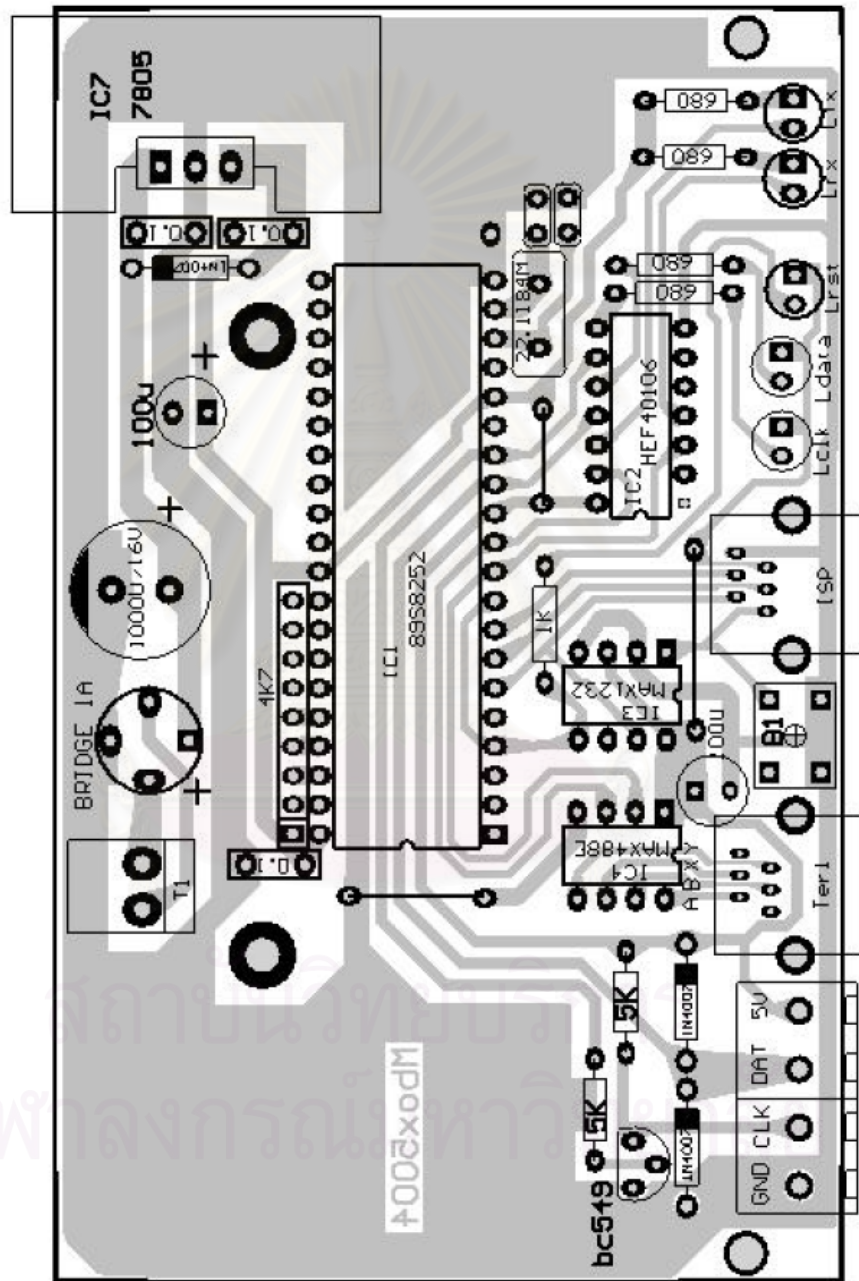
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



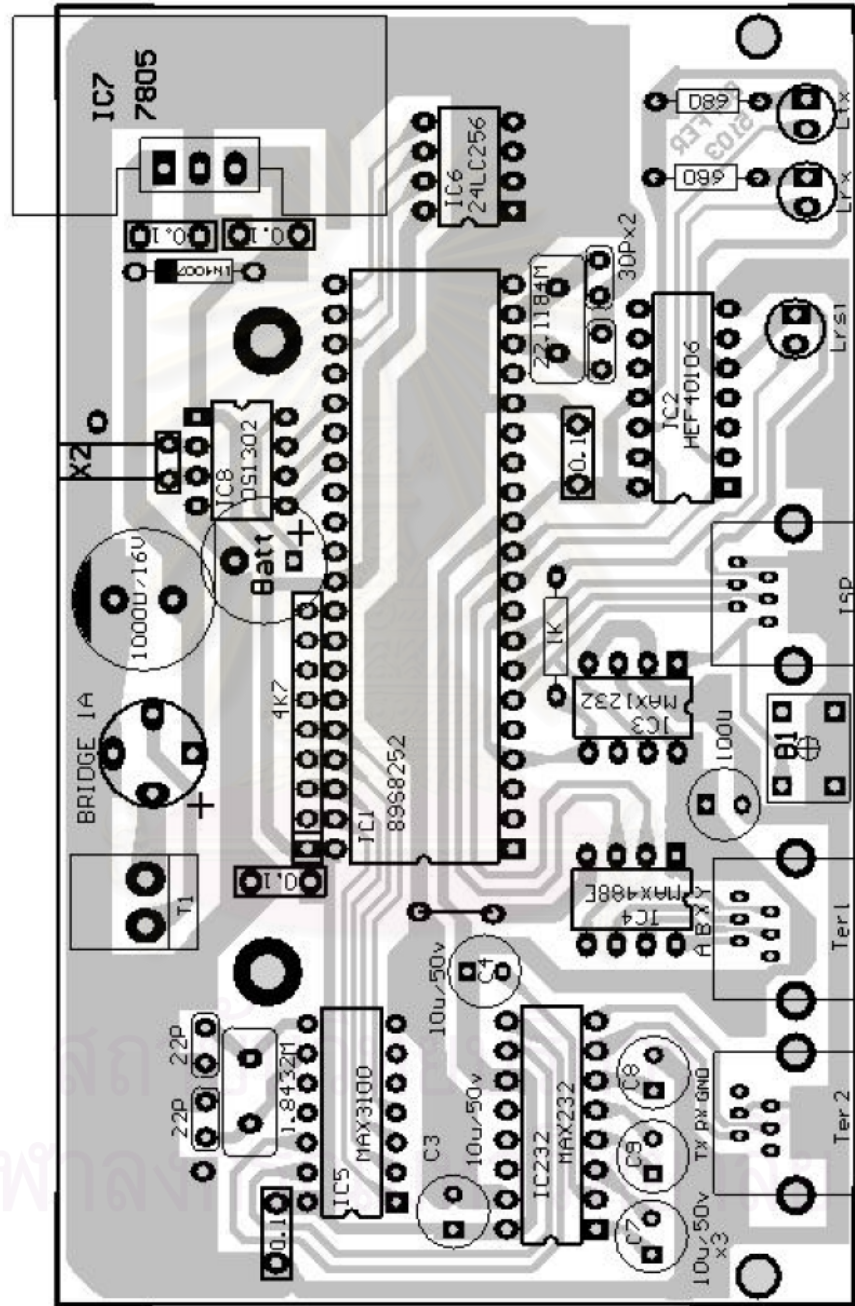
รูปที่ ก.9 ภาพลายวงจรของแผงขับรีเลย์(ไม่ใช้สเกลจริง)



รูปที่ ก.10 ภาพลายวงจรของแผงจ่ายไฟ(ไมโครสเตกจริง)



รูปที่ ก.11 ภาพลายวงจรของอุปกรณ์วัด(ไม่ใช้สเกลจริง)



รูปที่ ก.12 ภาพลายวงจรของตัวพักข้อมูล(ไม่ใช้สเกลจริง)

ภาคผนวก ข

ข้อมูลต่างๆของอุปกรณ์พิเศษบางตัว

- ข.1 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเซนเซอร์ดิจิตอล SHT11
- ข.2 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับไอซีเพิ่มพอร์ตอนุกรม MAX3100



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

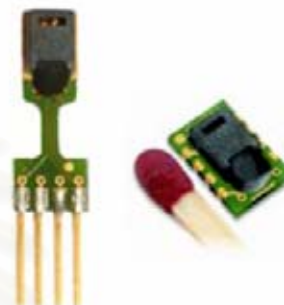
ข.1 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเซนเซอร์ดิจิตอล SHT11

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature
Sensmitter

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

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



Preliminary Information June 2002

SHT1x Product Summary

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

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

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

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

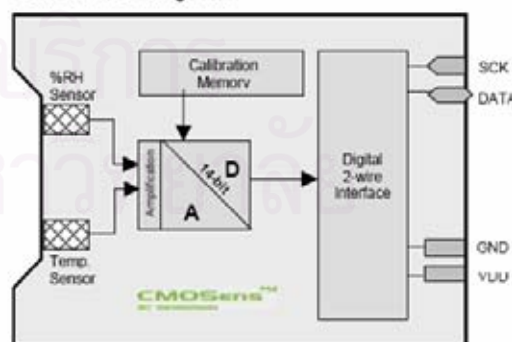
Applications

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

Ordering information

Part Number	Humidity accuracy	Temperature accuracy	Package	
SHT11	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	SMT	
SHT15	±2.0%RH	±0.5°C	SMT	
SHT71	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	4-pin single-in-line	Available Q3 2002
SHT75	±2.0%RH	±0.5°C	4-pin single-in-line	Available Q3 2002

Schematic Diagram



1 Sensor Performance Specifications⁽¹⁾

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

Table 1 Sensor Performance Specifications

1.1 Converting the digital output to physical values

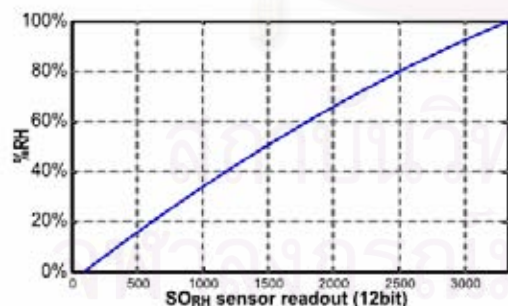
1.1.1 Humidity

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

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

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

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



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

⁽²⁾ Not including non-linearity

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

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

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

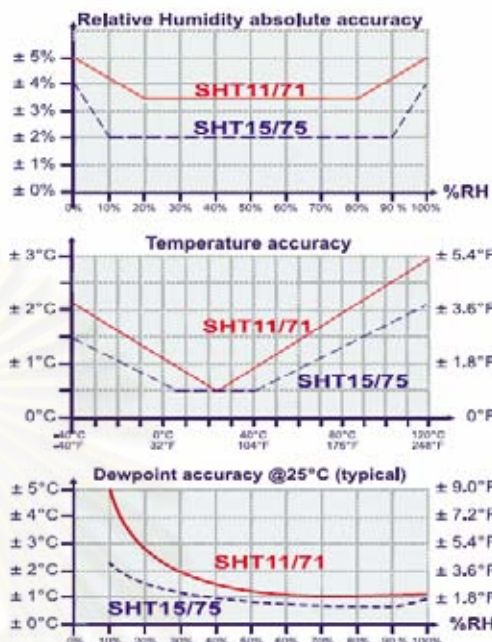


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

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

$$RH_{temp} = (T_{ic} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

with $t_1 = 0.01$; $t_2 = 0.00008$ for 12bit SO_{RH} ; $t_2 = 0.00128$ for 8bit SO_{RH} .
This equals $-0.12\%RH / ^\circ C$ @ 50%RH

1.1.2 Temperature

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

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

This equals a voltage dependency of $-0.2^\circ C/V$ @ 25°C

1.1.3 Dewpoint

See application note "Dewpoint calculation" for more information.

2 Serial Interface

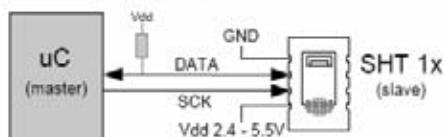


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

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

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

See Table 5 for a detailed IO characteristics.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

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

2.2.2 Serial data (DATA)

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

2.2.3 Command sequence

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

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



Figure 3 "Transmission Start" sequence

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

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

2.2.4 Connection reset sequence

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

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

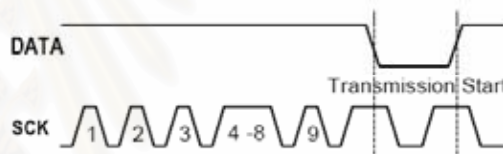
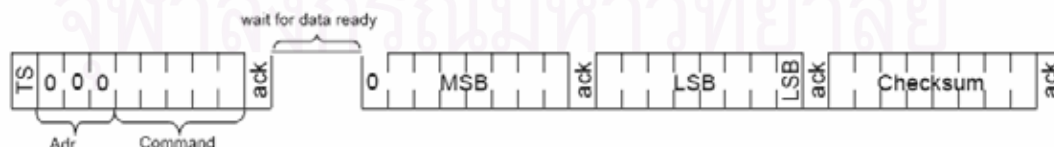


Figure 4 Connection reset sequence

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

Table 2 SHT1x/SHT7x list of commands



2.2.5 Measurement sequence (T and RH)

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

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

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

2.2.6 CRC-8 Checksum Calculation

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

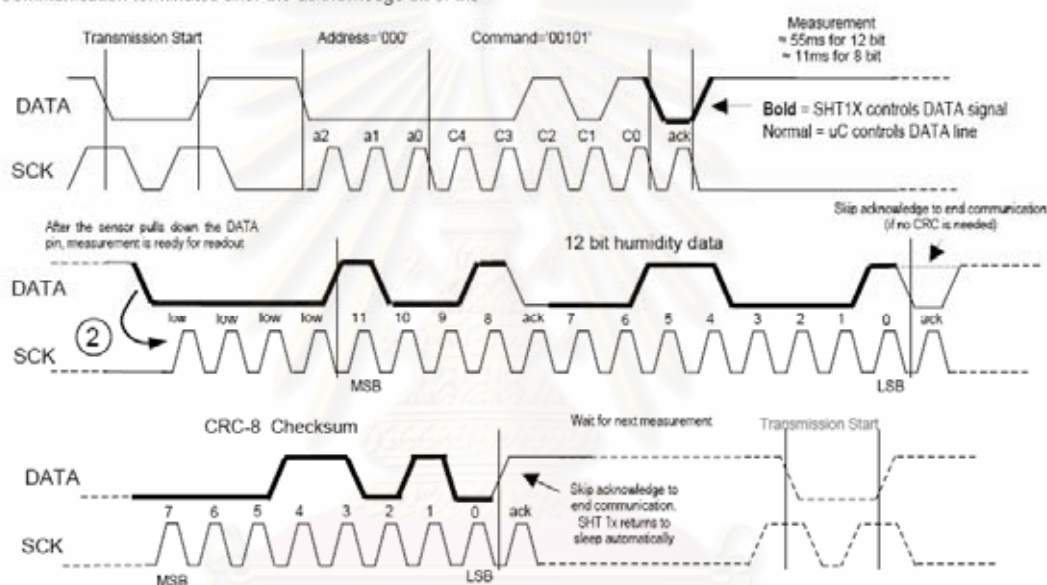


Figure 5 Example RH measurement sequence for value '0000'1001'0011'0001' = 2353 = 75.79%RH

2.3 Status Register

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

2.3.1 Measurement resolution

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

2.3.2 End of Battery

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

2.3.3 Heater

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

Applications:

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

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

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

3 Specifications SHT1x/SHT7x

3.1 Absolute Maximum Ratings

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

3.2 Operating Conditions

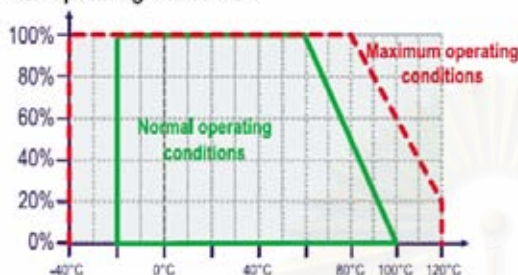


Figure 6 Recommended operating conditions

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

To accelerate this process we recommend the following reconditioning procedure:

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

Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

3.3 Special Conditions

Extensive tests were performed in various environments.

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

Table 3 Qualification tests

Please contact SENSIRION for additional qualification information.

3.4 Electrical Specifications⁽¹⁾

3.4.1 ESD (Electrostatic Discharge)

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

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

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

3.4.2 DC Characteristics

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

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

Table 4 SHT1x/SHT7x DC Characteristics

3.4.3 I/O Characteristics

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

Table 5 SHT1x/SHT7x I/O Signals Characteristics

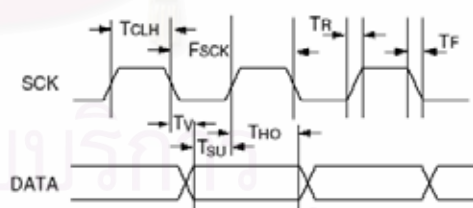


Figure 7 Timing Diagram

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

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

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

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

4 Physical Dimensions and Mounting Information

4.1 SHT1x (surface mountable)

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

Table 6 SHT1x Pin Description

4.1.1 Package type

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

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



Figure 8 SHT1x Mounting example

4.1.2 Soldering Information

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

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

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

4.1.3 Delivery Conditions

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

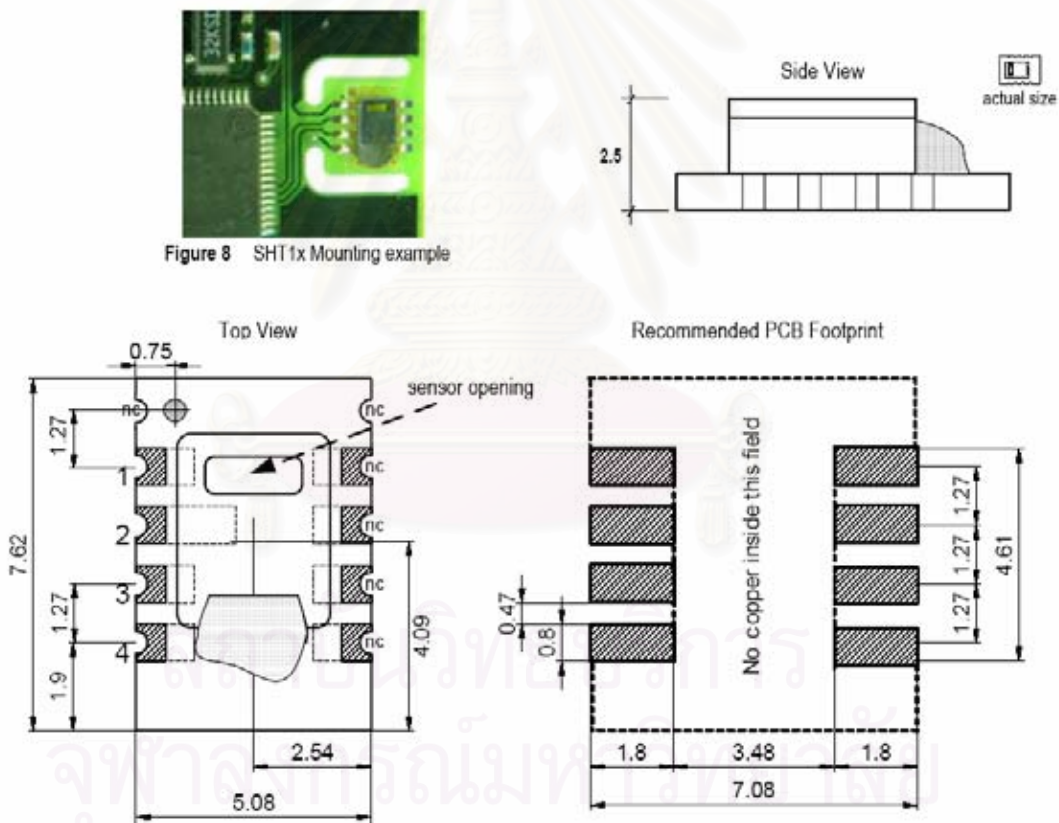


Figure 9 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm

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

SHT7x are available starting Q3 2002

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

Table 7 SHT7x Pin Description

4.2.1 Package type

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

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

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

Weight 168mg, Weight of sensor head 73mg

All pins are gold plated to avoid corrosion.

Pins mate with most 1.27mm (0.05") sockets

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

4.2.2 Soldering Information (Preliminary)

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

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

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

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

4.2.3 Delivery Conditions

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

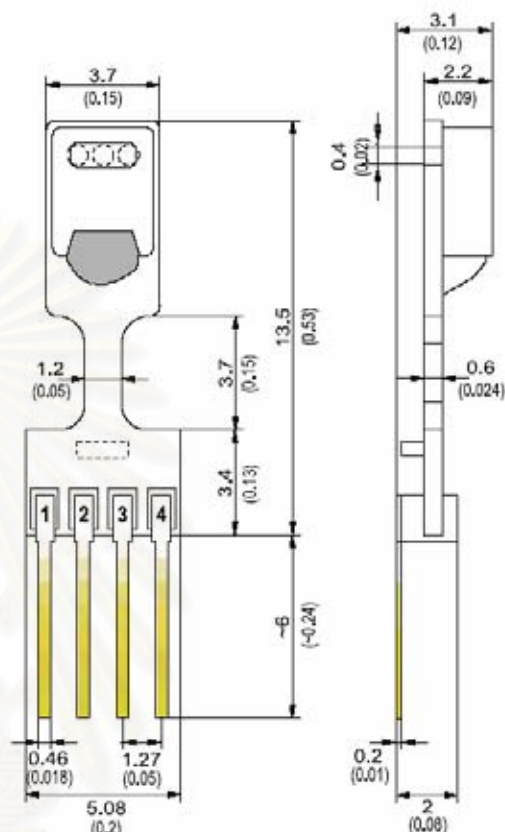


Figure 10 SHT7x dimensions in mm (inch), preliminary

4.3 Other Packages

Other packaging options may be available on request.

4.4 Production date

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

4.5 Mounting Recommendations

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

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

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

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

4.6 Wiring considerations and signal integrity

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

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

ข.2 ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับไอซีเพิ่มพอร์ทอนุกรม MAX3100

19-1259; Rev 0; 7/97

MAXIM

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

General Description

The MAX3100 universal asynchronous receiver transmitter (UART) is the first UART specifically optimized for small microcontroller-based systems. Using an SPI™/Microwire™ interface for communication with the host microcontroller (μC), the MAX3100 comes in a compact 16-pin QSOP. The asynchronous I/O is suitable for use in RS-232, RS-485, IR, and opto-isolated data links. IR-link communication is easy with the MAX3100's infrared data association (IrDA) timing mode.

The MAX3100 includes a crystal oscillator and a baud-rate generator with software-programmable divider ratios for all common baud rates from 300 baud to 230k baud. A software- or hardware-invoked shutdown lowers quiescent current to 10μA, while allowing the MAX3100 to detect receiver activity.

An 8-word-deep first-in/first-out (FIFO) buffer minimizes processor overhead. This device also includes a flexible interrupt with four maskable sources, including address recognition on 9-bit networks. Two hardware-handshaking control lines are included (one input and one output).

The MAX3100 is available in 14-pin plastic DIP and small, 16-pin QSOP packages in the commercial and extended temperature ranges.

Applications

- Hand-Held Instruments
- Intelligent Instrumentation
- UART in SPI Systems
- Small Networks in HVAC or Building Control
- Isolated RS-232/RS-485: Directly Drives Opto-Couplers
- Low-Cost IR Data Links for Computers/Peripherals

Features

- † 16-Pin QSOP Package (8-pin SO footprint):
Smallest UART Available
- † Full-Featured UART:
 - IrDA SIR Timing Compatible
 - 8-Word FIFO Minimizes Processor Overhead at High Data Rates
 - Up to 230k Baud with a 3.6864MHz Crystal
 - 9-Bit Address-Recognition Interrupt
 - Receive Activity Interrupt in Shutdown
- † SPI/Microwire-Compatible μC Interface
- † Lowest Power:
 - 150μA Operating Current at 3.3V
 - 10μA in Shutdown with Receive Interrupt
- † +2.7V to +5.5V Supply Voltage in Operating Mode
- † Schmitt-Trigger Inputs for Opto-Couplers
- † TX and RTS Outputs Sink 25mA for Opto-Couplers

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX3100CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX3100CEE	0°C to +70°C	16 QSOP
MAX3100EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX3100EEE	-40°C to +85°C	16 QSOP

Typical Operating Circuit appears at end of data sheet.

Pin Configurations



SPI is a trademark of Motorola, Inc. Microwire is a trademark of National Semiconductor Corp.

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC} to GND	+6V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
Input Voltage to GND (CS, SHDN, X1, CTS, RX, DIN, SCLK)	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
Output Voltage to GND (DOUT, RTS, TX, X2)	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	QSOP (derate 8.30mW/°C above +70°C)	667mW
I _{RO}	-0.3V to 6V	Operating Temperature Ranges	
TX, RTS Output Current	100mA	MAX3100C	0°C to +70°C
X2, DOUT, I _{RO} Short-Circuit Duration (to V _{CC} or GND)	Indefinite	MAX3100E	-40°C to +85°C
		Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
		Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +2.7V to +5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are measured at 9600 baud at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LOGIC INPUTS (DIN, SCLK, CS, SHDN, CTS, RX)						
Input High Voltage	V _{IH}		0.7 x V _{CC}			V
Input Low Voltage	V _{IL}				0.3 x V _{CC}	V
Input Hysteresis	V _{HYST}	V _{CC} = 3.3V		0.05 x V _{CC}		V
Input Leakage	I _L				±1	μA
Input Capacitance	C _{IN}			5		pF
OSCILLATOR INPUT (X1)						
Input High Voltage	V _{IH}		0.7 x V _{CC}	V _{CC} / 2		V
Input Low Voltage	V _{IL}		V _{CC} / 2	0.2 x V _{CC}		V
Input Current	I _{IN}	V _{X1} = 0V and 5.5V				μA
				Active mode	25	
				Shutdown mode	2	
Input Capacitance	C _{IN}	V _{X1} = 0V and 5.5V		5		pF
OUTPUTS (DOUT, TX, RTS)						
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 5mA	V _{CC} - 0.5			V
		I _{SOURCE} = 25μA, TX only	V _{CC} - 0.5			
Output Low Voltage	V _{OL}	TX, RTS: I _{SINK} = 25mA			0.9	V
		DOUT, TX, RTS: I _{SINK} = 4mA			0.4	
Output Leakage	I _{LK}	DOUT only, CS = V _{CC}			±1	μA
Output Capacitance	C _{OUT}			5		pF
I_{RO} OUTPUT (Open Drain)						
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 4mA			0.4	V
Output Leakage	I _{LK}	V _{IRO} = 5.5V			±1	μA
Output Capacitance	C _{OUT}			5		pF
POWER REQUIREMENTS						
V _{CC} Supply Current in Normal Mode	I _{CC}	With 1.8432MHz crystal; all other logic inputs are at 0V or V _{CC}	V _{CC} = 5V	0.27	1	mA
			V _{CC} = 3.3V	0.15	0.4	
V _{CC} Supply Current in Shutdown	I _{CC}	SHDN bit = 1 or SHEN = 0; logic inputs are at 0V or V _{CC}			10	μA
Supply Voltage	V _{CC}			2.7	5.5	V

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +2.7V to +5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AC TIMING (Figure 1)						
\overline{CS} Low to DOUT Valid	t _{DV}	C _{LOAD} = 100pF			100	ns
\overline{CS} High to DOUT Tri-State	t _{TR}	C _{LOAD} = 100pF, R _{CS} = 10kΩ			100	ns
\overline{CS} to SCLK Setup Time	t _{CS}		100			ns
\overline{CS} to SCLK Hold Time	t _{CSH}		0			ns
SCLK Fall to DOUT Valid	t _{DO}	C _{LOAD} = 100pF			100	ns
DIN to SCLK Setup Time	t _{DS}		100			ns
DIN to SCLK Hold Time	t _{DH}		0			ns
SCLK Period	t _{CP}		238			ns
SCLK High Time	t _{CH}		100			ns
SCLK Low Time	t _{CL}		100			ns
SCLK Rising Edge to \overline{CS} Falling	t _{CS0}	(Note 1)	100			ns
\overline{CS} Rising Edge to SCLK Rising	t _{CS1}	(Note 1)	200			ns
\overline{CS} High Pulse Width	t _{CSW}		200			ns
Output Rise Time	t _r	TX, RTS, DOUT; C _{LOAD} = 100pF		10		ns
Output Fall Time	t _f	TX, RTS, DOUT, IRC; C _{LOAD} = 100pF		10		ns

Note 1: t_{CS0} and t_{CS1} specify the minimum separation between SCLK rising edges used to write to other devices on the SPI bus and the \overline{CS} used to select the MAX3100. A separation greater than t_{CS0} and t_{CS1} ensures that the SCLK edge is ignored.

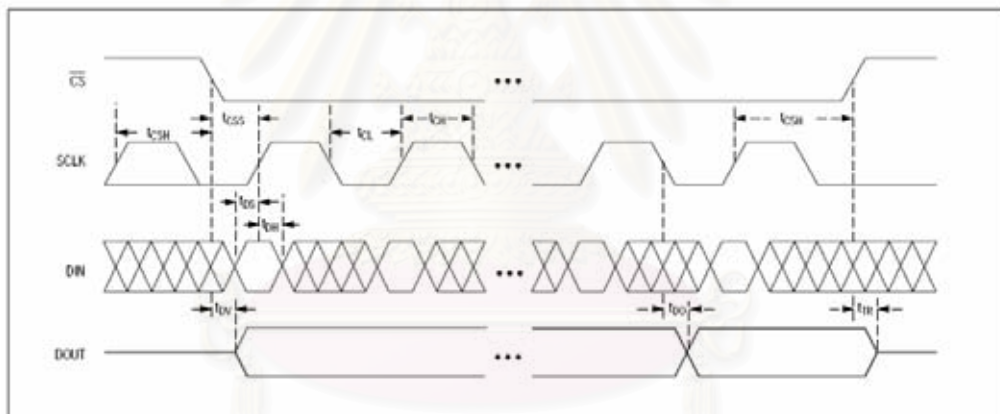
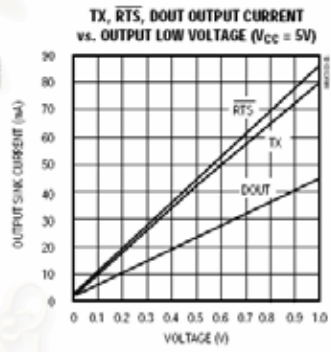
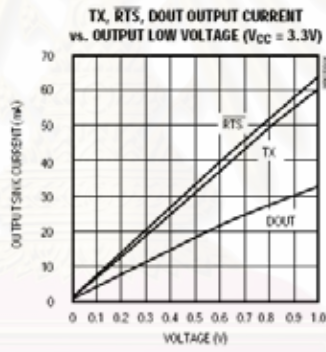
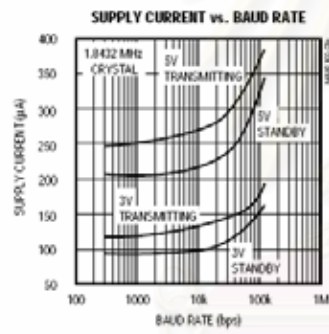
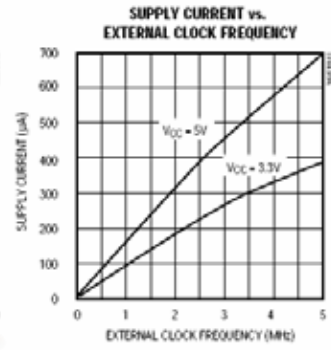
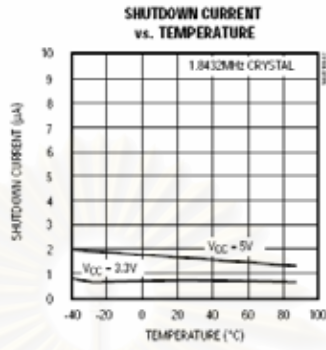
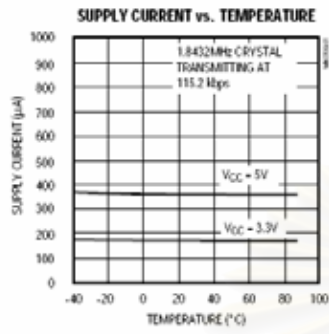


Figure 1. Detailed Serial-Interface Timing

**SPI/Microwire-Compatible
UART in QSOP-16**

Typical Operating Characteristics

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

Pin Description

MAX3100

PIN		NAME	FUNCTION
QSOP	DIP		
1	1	DIN	SPI/Microwire Serial-Data Input. Schmitt-trigger input.
2	2	DOUT	SPI/Microwire Serial-Data Output. High impedance when CS is high.
3	3	SCLK	SPI/Microwire Serial-Clock Input. Schmitt-trigger input.
4	4	$\overline{\text{CS}}$	Active-Low Chip-Select Input. DOUT goes high impedance when CS is high. IRQ, TX, and RTS are always active. Schmitt-trigger input.
6	5	$\overline{\text{IRQ}}$	Active-Low Interrupt Output. Open-drain interrupt output to microprocessor.
7	6	$\overline{\text{SHDN}}$	Hardware-Shutdown Input. When shut down (SHDN = 0), the oscillator turns off immediately without waiting for the current transmission to end, reducing supply current to just leakage currents.
8	7	GND	Ground
9	8	X2	Crystal Connection. Leave X2 unconnected for external clock. See <i>Crystal-Oscillator Operation—X1, X2 Connection</i> section.
10	9	X1	Crystal Connection. X1 also serves as an external clock input. See <i>Crystal-Oscillator Operation—X1, X2 Connection</i> section.
11	10	$\overline{\text{CTS}}$	General-Purpose Active-Low Input. Read via the CTS register bit; often used for RS-232 clear-to-send input (Table 1).
13	11	RTS	General-Purpose Active-Low Output. Controlled by the RTS register bit. Often used for RS-232 request-to-send output or RS-485 driver enable.
14	12	RX	Asynchronous Serial-Data (receiver) Input. The serial information received from the modem or RS-232/RS-485 receiver. A transition on RX while in shutdown generates an interrupt (Table 5).
15	13	TX	Asynchronous Serial-Data (transmitter) Output
16	14	Vcc	Positive Supply Pin (2.7V to 5.5V)
5, 12	—	N.C.	No Connection. Not internally connected.

Detailed Description

The MAX3100 universal asynchronous receiver transmitter (UART) interfaces the SPI/Microwire-compatible, synchronous serial data from a microprocessor (μP) to asynchronous, serial-data communication ports (RS-232, RS-485, IrDA). Figure 2 shows the MAX3100 functional diagram.

The MAX3100 combines a simple UART and a baud-rate generator with an SPI interface and an interrupt generator. Configure the UART by writing a 16-bit word to a write-configuration register, which contains the baud rate, data-word length, parity enable, and enable of the 8-word receive first-in/first-out (FIFO). The write configuration selects between normal UART timing and IrDA timing, controls shutdown, and contains 4 interrupt mask bits.

Transmit data by writing a 16-bit word to a write-data register, where the last 7 or 8 bits are actual data to be transmitted. Also included is the state of the transmitted parity bit (if enabled). This register controls the state of

the RTS output pin. Received words generate an interrupt if the receive-bit interrupt is enabled.

Read data from a 16-bit register that holds the oldest data from the receive FIFO, the received parity data, and the logic level at the CTS input pin. This register also contains a bit that is the framing error in normal operation and a receive-activity indicator in shutdown.

The baud-rate generator determines the rate at which the transmitter and receiver operate. Bits B0 to B3 in the write-configuration register determine the baud-rate divisor (BRD), which divides down the X1 oscillator frequency. The baud clock is 16 times the data rate (baud rate).

The transmitter section accepts SPI/Microwire data, formats it, and transmits it in asynchronous serial format from the TX output. Data is loaded into the transmit-buffer register from the SPI/Microwire interface. The MAX3100 adds start and stop bits to the data and clocks the data out at the selected baud rate (Table 7).

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

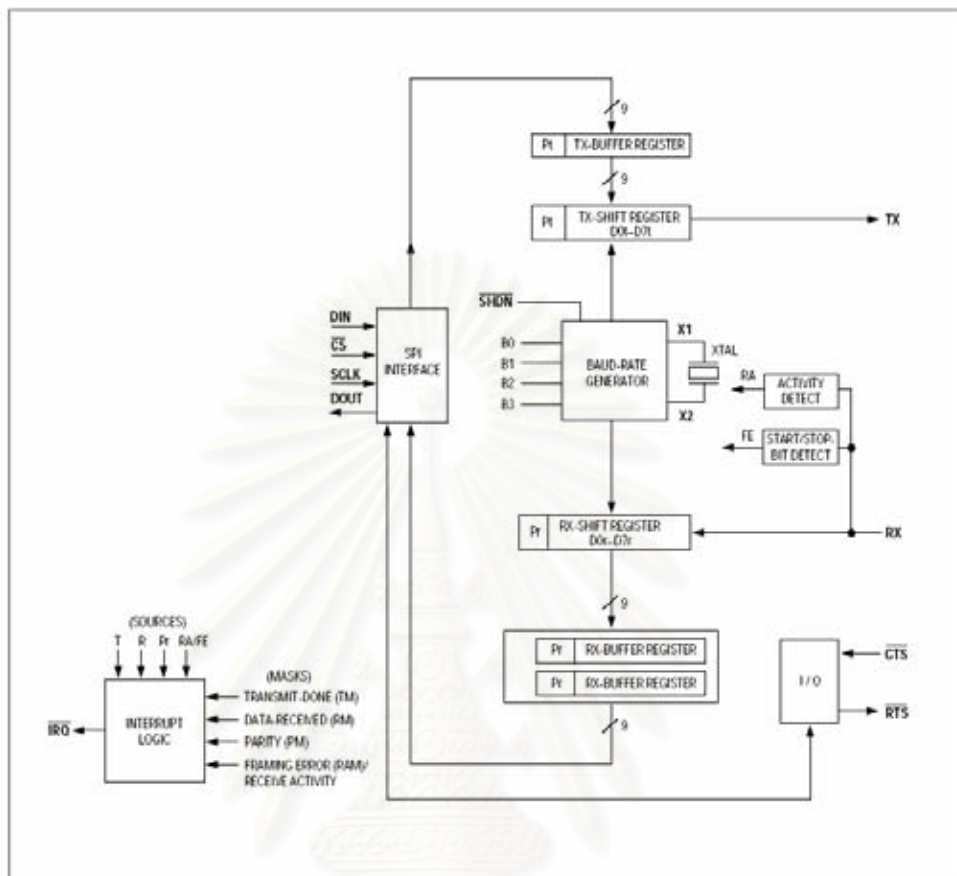


Figure 2. Functional Diagram

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

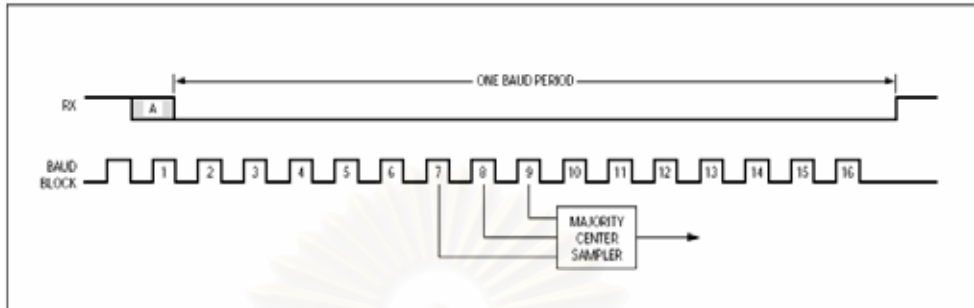


Figure 3. Start-Bit Timing

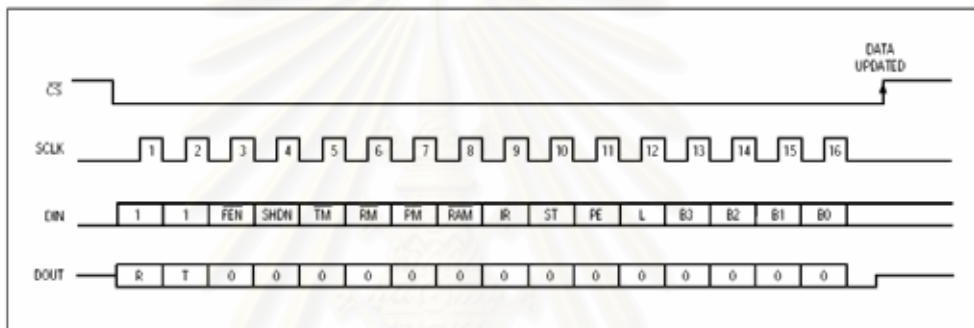


Figure 4. SPI Interface (Write Configuration)

The receiver section receives data in serial form. The MAX3100 detects a start bit on a high-to-low RX transition (Figure 3). An internal clock samples data at 16 times the data rate. The start bit can occur as much as one clock cycle before it is detected, as indicated by the shaded portion. The state of the start bit is defined as the majority of the 7th, 8th, and 9th sample of the internal 16x baud clock. Subsequent bits are also majority sampled. Receive data is stored in an 8-word FIFO. The FIFO is cleared if it overflows.

The on-board oscillator can use a 1.8432MHz or 3.6864MHz crystal, or it can be driven at X1 with a 45% to 55% duty-cycle square wave.

SPI Interface

The bit streams for DIN and DOUT consist of 16 bits, with bits assigned as shown in the *MAX3100 Operations* section. DOUT transitions on SCLK's falling edge, and DIN is latched on SCLK's rising edge (Figure 4). Most operations, such as the clearing of internal registers, are executed only on CS's rising edge. The DIN stream is monitored for its first two bits to tell the UART the type of data transfer being executed (Write Config, Read Config, Write Data, Read Data).

Only 16-bit words are expected. If CS goes high in the middle of a transmission (any time before the 16th bit), the sequence is aborted (i.e., data does not get written to individual registers). Every time CS goes low, a new 16-bit stream is expected. An example of a write configuration is shown in Figure 4.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100 Operations

Write Operations

Table 1 shows write-configuration data. A 16-bit SPI/Microwire write configuration clears the receive FIFO and the R, T, RA/FE, D0r-D7r, D0t-D7t, Pr, and Pt registers. RTS and CTS remain unchanged. The new configuration is valid on \overline{CS} 's rising edge if the transmit buffer is empty (T = 1) and transmission is over. If the latest transmission has not been completed, the registers are updated when the transmission is over (T = 0).

The write-configuration bits (\overline{FEN} , SHDNi, IR, ST, PE, L, B3-B0) take effect after the current transmission is over. The mask bits (TM, RM, PM, RAM) take effect immediately after the 16th clock's rising edge at SCLK.

Read Operations

Table 2 shows read-configuration data. This register reads back the last configuration written to the

MAX3100. The device enters test mode if bit 0 = 1. In this mode, if $\overline{CS} = 0$, the RTS pin acts as the 16x clock generator's output. This may be useful for direct baud-rate generation (in this mode, TX and RX are in digital loopback).

Normally, the write-data register loads the TX-buffer register. To change the RTS pin's state without writing data, set the TE bit. Setting the TE bit high inhibits the write command (Table 3).

Reading data clears the R bit and interrupt \overline{IRQ} (Table 4).

Register Functions

Table 5 shows read/write operation and power-on reset state (POR), and describes each bit used in programming the MAX3100. Figure 5 shows parity and word-length control.

Table 1. Write Configuration (D15, D14 = 1, 1)

BIT	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DIN	1	1	\overline{FEN}	SHDNi	TM	RM	PM	RAM	IR	ST	PE	L	B3	B2	B1	B0
DOUT	R	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2. Read Configuration (D15, D14 = 0, 1)

BIT	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DIN	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TEST
DOUT	R	T	\overline{FEN}	SHDN _o	TM	RM	PM	RAM	IR	ST	PE	L	B3	B2	B1	B0

Table 3. Write Data (D15, D14 = 1, 0)

BIT	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DIN	1	0	0	0	0	TE	RTS	Pt	D7t	D6t	D5t	D4t	D3t	D2t	D1t	D0t
DOUT	R	T	0	0	0	RA/FE	CTS	Pr	D7r	D6r	D5r	D4r	D3r	D2r	D1r	D0r

Table 4. Read Data (D15, D14 = 0, 0)

BIT	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOUT	R	T	0	0	0	RA/FE	CTS	Pr	D7r	D6r	D5r	D4r	D3r	D2r	D1r	D0r

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

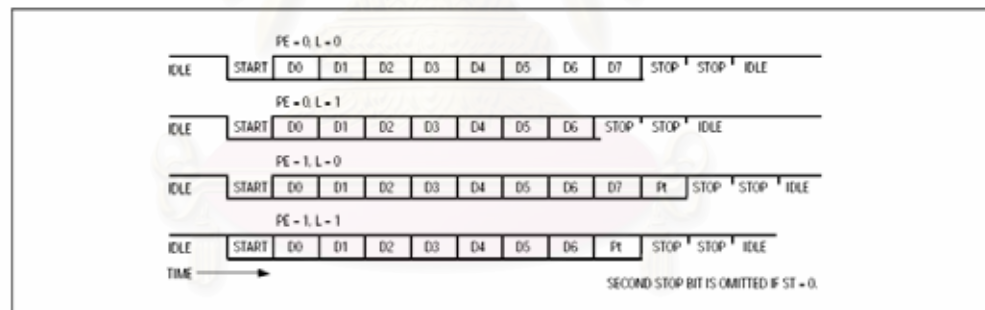
MAX3100
Table 5. Bit Descriptions

BIT NAME	READ/ WRITE	POR STATE	DESCRIPTION
B0-B3	w	0000	Baud-Rate Divisor Select Bits. Sets the baud clock's value (Table 6).
B0-B3	r	0000	Baud-Rate Divisor Select Bits. Reads the 4-bit baud clock value assigned to these registers.
CTS	r	No change	Clear-to-Send-Input. Records the state of the CTS pin (CTS bit = 0 implies CTS pin = logic high).
D0t-D7t	w	X	Transmit-Buffer Register. Eight data bits written into the transmit-buffer register. D7t is ignored when L = 1.
D0r-D7r	r	00000000	Eight data bits read from the receive FIFO or the receive register. These will be all 0s when the receive FIFO or the receive registers are empty. When L = 1, D7r is always 0.
FEN	w	0	FIFO Enable. Enables the receive FIFO when FEN = 0. When FEN = 1, FIFO is disabled.
FEN	r	0	FIFO-Enable Readback. FEN's state is read.
IR	w	0	Enables the IrDA timing mode when IR = 1.
IR	r	0	Reads the value of the IR bit.
L	w	0	Bit for setting the word length of the transmitted or received data. L = 0 results in 8-bit words (9-bit words if PE = 1); see Figure 5. L = 1 results in 7-bit words (8-bit words if PE = 1).
L	r	0	Reads the value of the L bit.
Pt	w	X	Transmit-Parity Bit. This bit is treated as an extra bit that will be transmitted if PE = 1. To be useful in 9-bit networks, the MAX3100 does not calculate parity. If PE = 0, then this bit (Pt) is ignored in transmit mode (see the <i>Nine-Bit Networks</i> section).
Pr	r	X	Receive-Parity Bit. This bit is the extra bit received if PE = 1. Therefore, PE = 1 results in 9-bit transmissions (L = 0). If PE = 0, then Pr is set to 0. Pr is stored in the FIFO with the receive data (see the <i>Nine-Bit Networks</i> section).
PE	w	0	Parity-Enable Bit. Appends the Pt bit to the transmitted data when PE = 1, and sends the Pt bit as written. No parity bit is transmitted when PE = 0. With PE = 1, an extra bit is expected to be received. This data is put into the Pr register. Pr = 0 when PE = 0. The MAX3100 does not calculate parity.
PE	r	0	Reads the value of the Parity-Enable bit.
PM	w	0	Mask for Pr bit. $\overline{\text{IRQ}}$ is asserted if PM = 1 and Pr = 1 (Table 6).
PM	r	0	Reads the value of the PM bit (Table 6).
R	r	0	Receive Bit or FIFO Not Empty Flag. R = 1 means new data is available to be read from the receive register or FIFO.
RM	w	0	Mask for R bit. $\overline{\text{IRQ}}$ is asserted if RM = 1 and R = 1 (Table 6).
RM	r	0	Reads the value of the RM bit (Table 6).
RAM	w	0	Mask for RA/FE bit. $\overline{\text{IRQ}}$ is asserted if RAM = 1 and RA/FE = 1 (Table 6).
RAM	r	0	Reads the value of the RAM bit (Table 6).
RTS	w	0	Request-to-Send Bit. Controls the state of the RTS output. This bit is reset on power-up (RTS bit = 0 sets the RTS pin = logic high).

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100
Table 5. Bit Descriptions (continued)

BIT NAME	READ/ WRITE	POR STATE	DESCRIPTION
RA/FE	r	0	Receiver-Activity/Framing-Error Bit. In shutdown mode, this is the RA bit. In normal operation, this is the FE bit. In shutdown mode, a transition on RX sets RA = 1. In normal mode, a framing error sets FE = 1. A framing error occurs if a zero is received when the first stop bit is expected. FE is set when a framing error occurs, and cleared upon receipt of the next properly framed character independent of the FIFO being enabled. When the device wakes up, it is likely that a framing error will occur. This error can be cleared with a write configuration. The FE bit is not cleared on a Read Data operation. When an FE is encountered, the UART resets itself to the state where it is looking for a start bit.
SHDNI	w	0	Software-Shutdown Bit. Enter software shutdown with a write configuration where SHDNI = 1. Software shutdown takes effect after \overline{CS} goes high, and causes the oscillator to stop as soon as the transmitter becomes idle. Software shutdown also clears R, T, RA/FE, D0r-D7r, D0t-D7t, Pr, Pt, and all data in the receive FIFO. RTS and CTS can be read and updated while in shutdown. Exit software shutdown with a write configuration where SHDNI = 0. The oscillator restarts typically within 50ms of \overline{CS} going high. RTS and CTS are unaffected. Refer to the <i>Pin Description</i> for hardware shutdown (SHDN input).
SHDNo	r	0	Shutdown Read-Back Bit. The read-configuration register outputs SHDNo = 1 when the UART is in shutdown. Note that this bit is not sent until the current byte in the transmitter is sent (T = 1). This tells the processor when it may shut down the RS-232 driver. This bit is also set immediately when the device is shut down through the \overline{SHDN} pin.
ST	w	0	Transmit-Stop Bit. One stop bit will be transmitted when ST = 0. Two stop bits will be transmitted when ST = 1. The receiver only requires one stop bit.
ST	r	0	Reads the value of the ST bit.
T	r	1	Transmit-Buffer-Empty Flag. T = 1 means that the transmit buffer is empty and ready to accept another data word.
\overline{TE}	w	0	Transmit-Enable Bit. If \overline{TE} = 1, then only the RTS pin will be updated on \overline{CS} 's rising edge. The contents of \overline{RTS} , Pt, and D0t-D7t transmit on \overline{CS} 's rising edge when \overline{TE} = 0.
TM	w	0	Mask for T bit. IRQ is asserted if TM = 1 and T = 1 (Table 6).
TM	r	0	Reads the value of the TM bit (Table 6).


Figure 5. Parity and Word-Length Control

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

Interrupt Sources and Masks

A Read Data operation clears the interrupt \overline{IRQ} . Table 6 gives the details for each interrupt source. Figure 6

shows the functional diagram for the interrupt sources and mask blocks.

Table 6. Interrupt Sources and Masks—Bit Descriptions

BIT NAME	MASK BIT	MEANING WHEN SET	DESCRIPTION
Pr	\overline{PM}	Received parity bit = 1	The Pr bit reflects the value in the word currently in the receive-buffer register (oldest data available). The Pr bit is set when parity is enabled (PE = 1) and the received parity bit is 1. The Pr bit is cleared either when parity is not enabled (PE = 0), or when parity is enabled and the received bit is 0. An interrupt is issued based on the oldest Pr value in the receiver FIFO. The oldest Pr value is the next value that will be read by a Read Data operation.
R	\overline{RM}	Data available	The R bit is set when new data is available to be read from the receive register/ FIFO. FIFO is cleared when all data has been read. An interrupt is asserted as long as R = 1 and \overline{RM} = 1.
RA/FE	\overline{RAM}	Transition on RX when in shutdown; framing error when not in shutdown	This is the RA (RX-transition) bit in shutdown, and the FE (framing-error) bit in operating mode. RA is set if there has been a transition on RX since entering shutdown. RA is cleared when the MAX3100 exits shutdown. \overline{IRQ} is asserted when RA is set and \overline{RAM} = 1. FE is determined solely by the currently received data, and is not stored in FIFO. The FE bit is set if a zero is received when the first stop bit is expected. FE is cleared upon receipt of the next properly framed character. \overline{IRQ} is asserted when FE is set and \overline{RAM} = 1.
T	\overline{TM}	Transmit buffer is empty	The T bit is set when the transmit buffer is ready to accept data. \overline{IRQ} is asserted low if \overline{TM} = 1 and the transmit buffer becomes empty. This source is cleared on CS's rising edge during a Read Data operation. Although the interrupt is cleared, T may be polled to determine transmit-buffer status.

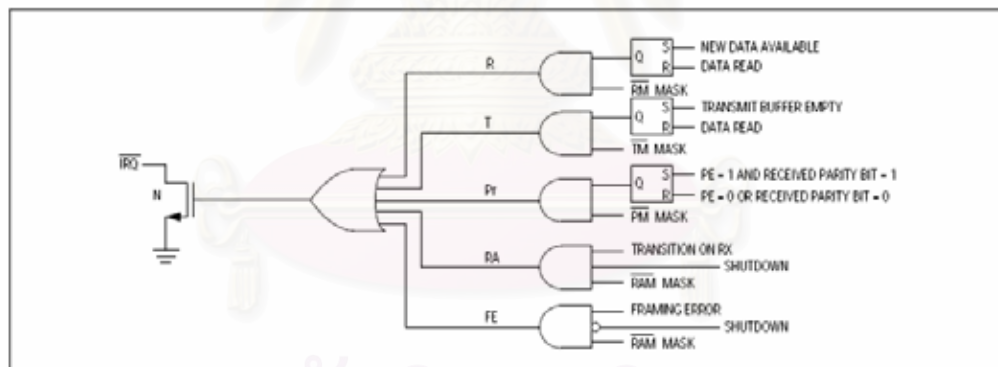


Figure 6. Interrupt Sources and Masks Functional Diagram

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

Table 7. Baud-Rate Selection Table*

BAUD B3 B2 B1 B0	DIVISION RATIO	BAUD RATE (fosc = 1.8432MHz)	BAUD RATE (fosc = 3.6864MHz)
0 0 0 0**	1	115.2k**	230.4k**
0 0 0 1	2	57.6k	115.2k
0 0 1 0	4	28.8k	57.6k
0 0 1 1	8	14.4k	28.8k
0 1 0 0	16	7200	14.4k
0 1 0 1	32	3600	7200
0 1 1 0	64	1800	3600
0 1 1 1	128	900	1800
1 0 0 0	3	38.4k	76.8k
1 0 0 1	6	19.2k	38.4k
1 0 1 0	12	9600	19.2k
1 0 1 1	24	4800	9600
1 1 0 0	48	2400	4800
1 1 0 1	96	1200	2400
1 1 1 0	192	600	1200
1 1 1 1	384	300	600

*Standard baud rates shown in bold

**Default baud rate

Clock-Oscillator Baud Rates

Bits B0–B3 of the write-configuration register determine the baud rate. Table 7 shows baud-rate divisors for given input codes, as well as the given baud rate for 1.8432MHz and 3.6864MHz crystals. Note that the baud rate = crystal frequency / 16x division ratio.

Shutdown Mode

In shutdown, the oscillator turns off to reduce power dissipation ($I_{CC} < 10\mu A$). The MAX3100 enters shutdown in one of two ways: by a software command (SHDNi bit = 1) or by a hardware command (\overline{SHDN} = logic low). The hardware shutdown is effective immediately and will immediately terminate any transmission in progress. The software shutdown, requested by setting SHDNi bit = 1, is entered upon completing the transmission of the data in both the transmit register and the transmit-buffer register. The SHDN0 bit is set when the MAX3100 enters shutdown (either hardware or software). The microcontroller (μC) can monitor the SHDN0 bit to determine when all data has been transmitted, and shut down any external circuitry (such as RS-232 transceivers) at that time.

Shutdown clears the receive FIFO, R, A, RA/FE, D0r–D7r, Pr, and Pt registers and sets the T bit high. Configuration bits (RM, TM, PM, RAM, IR, ST, PE, L, B0-3, and RTS) can be modified when SHDN0 = 1 and CTS can also be read. Even though RA is reset upon entering shutdown, it will go high when any transitions are detected on the RX pin. This allows the UART to monitor activity on the receiver when in shutdown.

The command to power up (SHDNi = 0) turns on the oscillator when \overline{CS} goes high if \overline{SHDN} pin = logic high, with a start-up time of about 25ms. This is done through a write configuration, which clears all registers but RTS and CTS. Since the crystal oscillator typically requires 25ms to start, the first received characters will be garbled, and a framing error may occur.

Applications Information

Driving Opto-Couplers

Figure 7 shows the MAX3100 in an isolated serial interface. The MAX3100 Schmitt-trigger inputs are driven directly by opto-coupler outputs. Isolated power is provided by the MAX845 transformer driver and linear regulator shown. A significant feature of this application is that the opto-coupler's skew does not affect the asynchronous serial output's timing. Only the set-up and hold times of the SPI interface need to be met.

Figure 8 shows a bidirectional opto-isolated interface using only two opto-isolators. Over 81% power savings is realized using IrDA mode due to its 3/16-wide baud periods.

Crystal-Oscillator Operation— X1, X2 Connection

The MAX3100 includes a crystal oscillator for baud-rate generation. For standard baud rates, use a 1.8432MHz or 3.6864MHz crystal. The 1.8432MHz crystal results in lower operating current; however, the 3.6864MHz crystal may be more readily available in surface mount.

Ceramic resonators are low-cost alternatives to crystals and operate similarly, though the "Q" and accuracy are lower. Some ceramic resonators are available with integral load capacitors, which can further reduce cost. The tradeoff between crystals and ceramic resonators is in initial frequency accuracy and temperature drift. The total error in the baud-rate generator should be kept below 1% for reliable operation with other systems. This is accomplished easily with a crystal, and in most cases can be achieved with ceramic resonators. Table 8 lists the different types of crystals and resonators and their suppliers.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

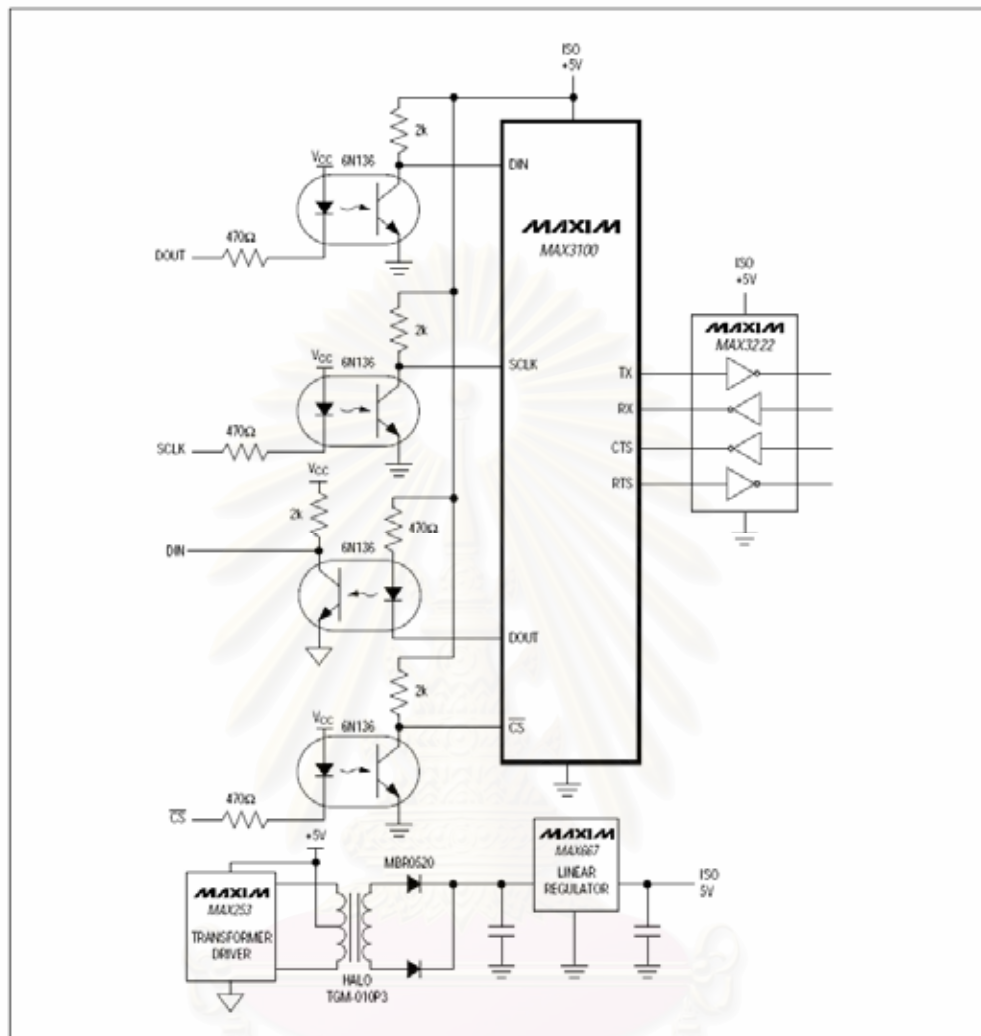


Figure 7. Driving Optocouplers

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

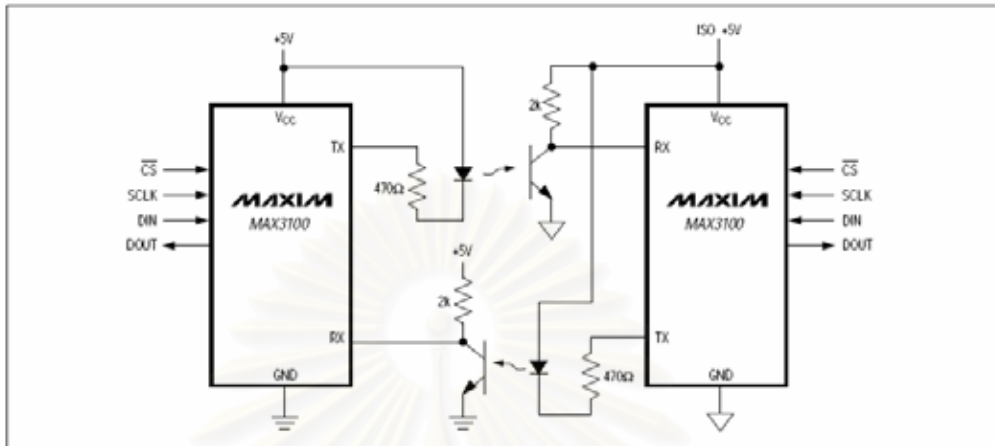


Figure 8. Bidirectional Opto-Isolated Interface

Table 8. Component and Supplier List

DESCRIPTION	FREQUENCY (MHz)	TYPICAL C1, C2 (pF)	SUPPLIER	PART NUMBER	PHONE NUMBER
Through-Hole Crystal (HC-49/U)	1.8432	25	ECS International, Inc.	ECS-18-13-1	(913) 782-7787
Through-Hole Resonator	1.8432	47	Murata North America	CSA1.84MG	(800) 831-9172
Through-Hole Crystal (HC-49/US)	3.6864	33	ECS International, Inc.	ECS-36-18-4	(913) 782-7787
SMT Crystal	3.6864	39	ECS International, Inc.	ECS-36-20-5P	(913) 782-7787
SMT Resonator	3.6864	None (integral)	AVX/Kyocera	PBRC-3.68B	(803) 448-9411

This oscillator supports parallel-resonant mode crystals and ceramic resonators, or can be driven from an external clock source. Internally, the oscillator consists of an inverting amplifier with its input, X1, tied to its output, X2, by a bias network that self-biases the inverter at approximately $V_{CC} / 2$. The external feedback circuit, usually a crystal, from X2 to X1 provides 180° of phase shift, causing the circuit to oscillate. As shown in the standard application circuit, the crystal or resonator is connected between X1 and X2, with the load capacitance for the crystal being the series combination of C1 and C2. For example, a 1.8432MHz crystal with a spec-

ified load capacitance of 11pF would use capacitors of 22pF on either side of the crystal to ground. Series-resonant mode crystals have a slight frequency error, typically oscillating 0.03% higher than specified series-resonant frequency, when operated in parallel mode.

It is **very important** to keep crystal, resonator, and load-capacitor leads and traces as short and direct as possible. The X1 and X2 trace lengths and ground tracks should be tight, with no other intervening traces. This helps minimize parasitic capacitance and noise pickup in the oscillator, and reduces EMI. Minimize capacitive loading on X2 to minimize supply current.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

The MAX3100 X1 input can be driven directly by an external CMOS clock source. The trip level is approximately equal to $V_{CC} / 2$. No connection should be made to X2 in this mode. If a TTL or non-CMOS clock source is used, AC couple with a 10nF capacitor to X1. The peak-to-peak swing on the input should be at least 2V for reliable operation.

9-Bit Networks

The MAX3100 supports a common multidrop communication technique referred to as 9-bit mode. In this mode, the parity bit is set to indicate a message that contains a header with a destination address. The MAX3100 parity mask can be set to generate interrupts for this condition. Operating a network in this mode reduces the processing overhead of all nodes by enabling the slave controllers to ignore most message traffic. This can relieve the remote processor to handle more useful tasks.

In 9-bit mode, the MAX3100 is set up with 8 bits plus parity. The parity bit in all normal messages is clear, but is set in an address-type message. The MAX3100 parity-interrupt mask is enabled to generate an interrupt on high parity. When the master sends an address message with the parity bit set, all MAX3100 nodes issue an interrupt. All nodes then retrieve the received byte to compare to their assigned address. Once addressed, the node continues to process each received byte. If the node was not addressed, it ignores all message traffic until a new address is sent out by the master.

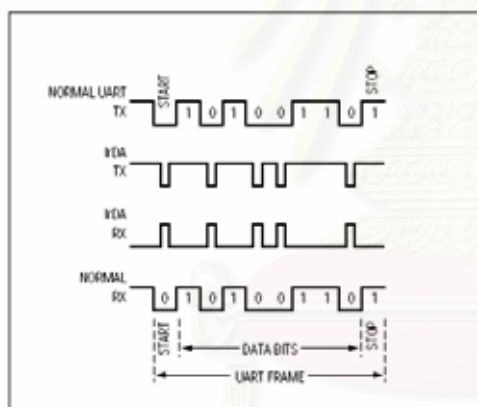


Figure 9. IrDA Timing

The parity/9th-bit interrupt is controlled only by the data in the receive register, and is not affected by data in the FIFO, so the most effective use of the parity/9th-bit interrupt is with FIFO disabled. With the FIFO disabled, received nonaddress words can be ignored and not even read from the UART.

SIR IrDA Mode

The MAX3100's IrDA mode can be used to communicate with other IrDA SIR-compatible devices, or to reduce power consumption in opto-isolated applications.

In IrDA mode, a bit period is shortened to 3/16 of a baud period (1.6 μ s at 115,200 baud) (Figure 9). A data zero is transmitted as a pulse of light (TX pin = logic low, RX pin = logic high).

In receive mode, the RX signal's sampling is done halfway into the transmission of a high level. The sampling is done once, instead of three times, as in normal mode. The MAX3100 ignores pulses shorter than approximately 1/16 of the baud period. The IrDA device that is communicating with the MAX3100 must be set to transmit pulses at 3/16 of the baud period. For compatibility with other IrDA devices, set the format to 8-bit data, one stop, no parity.

IrDA Module

The MAX3100 was optimized for direct optocoupler drive, whereas IrDA modules contain inverting buffers. Invert the RX and TX outputs as shown in Figure 10.

8051 Example: IrDA to RS-232 Converter

Figure 10 shows the MAX3100 with an 8051 μ C. This circuit receives IrDA data and outputs standard RS-232 data. Although the 8051 contains an internal UART, it does not support IrDA or high-speed communications. The MAX3100 can easily interface to the 8051 to support these high-performance communications modes. The 8051 does not have an SPI interface, so communication with the MAX3100 is accomplished with port pins and a short software routine (Figure 12a).

The software routine polls the \overline{TRQ} output to see if data is available from the MAX3100 UART. It then shifts the data out, using the 8051 port pins, and transmits it out the RS-232 side through the MAX3221 driver. The 8051 simultaneously monitors its internal UART for incoming communications from the RS-232 side, and transmits this data out the IrDA side through the MAX3100. The low-level routine (UTLK) is the core routine that sends and receives data over the port pins to simulate an SPI port on the 8051. This technique is useful for any 8051-based MAX3100 port-pin-interfaced application.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

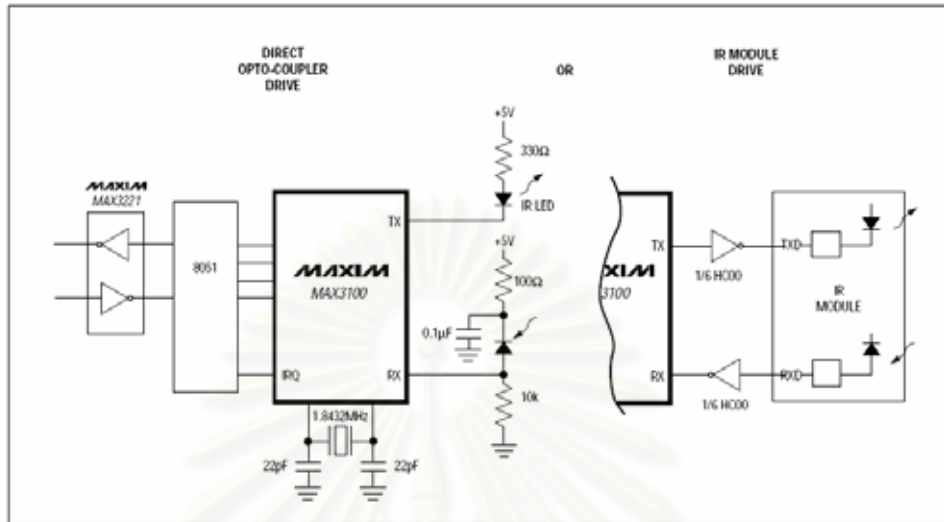


Figure 10. Bidirectional RS-232 IrDA Using an 8051

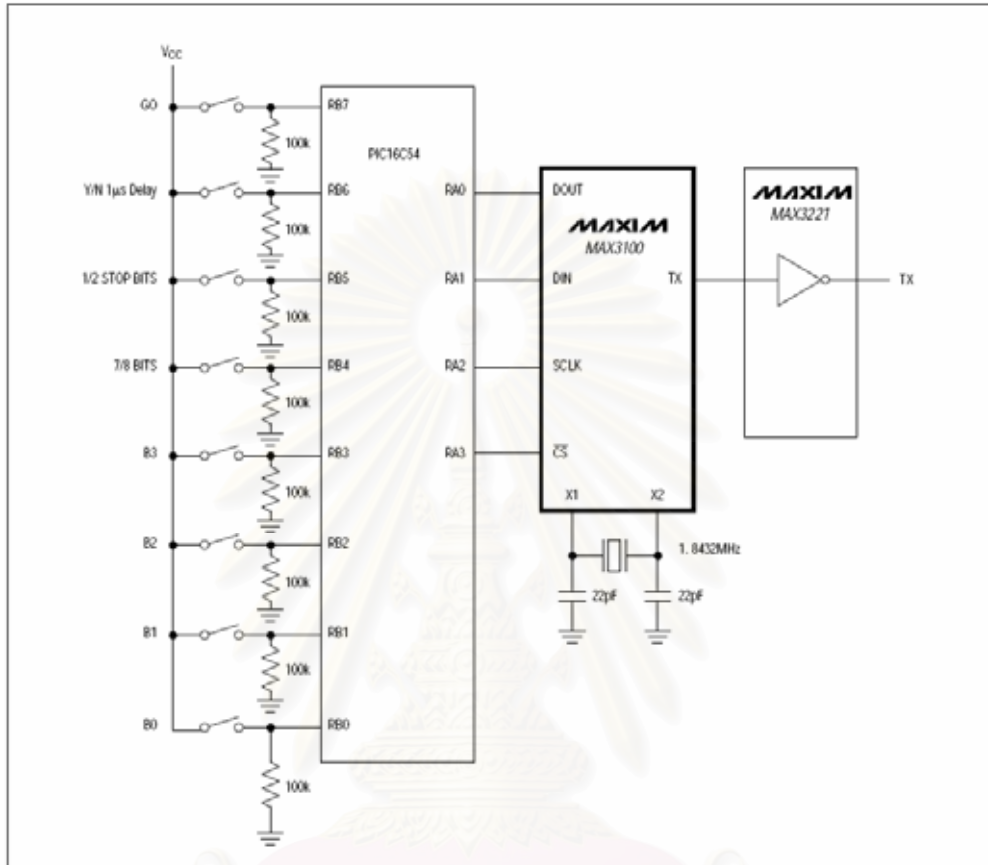
Interface to PIC Processor ("Quick Brown Fox" Generator)

Figure 11 illustrates the use of the MAX3100 with the PIC[®]. This circuit is a "Quick Brown Fox" generator that repeatedly transmits "THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG" (covering the entire alphabet) over an RS-232 link with adjustable baud rate, word length, and delay. Although a software-based UART could be implemented on the PIC, features like accurate variable baud rates, high baud rates, and simple protocol selection would be difficult to implement reliably. The 16C54 in the example is the most basic of the PICs. Thus, it is possible to implement the example on any member of the PIC family.

The software routine (Figure 12) begins by reading the DIP switch on port RB. The switch data includes 4 bits for the baud rate, 1 bit for number of stop bits, 1 bit for a word length of 7 or 8 bits, and 1 bit for delay between messages. The PIC reads the switch only at initialization (reset), and programs the parameters into the MAX3100. It then begins sending the message repeatedly. If the delay bit is set, it inserts a 1sec delay between transmissions. As in the 8051 example, the main routine is called UTLK, and can be used in any PIC-based, port-pin-interfaced application.

PIC is a registered trademark of Microchip Corporation.

SPI/Microwire-Compatible UART in QSO-P-16



MAX3100

Figure 11. Quick Brown Fox Generator

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

MAX3100 Synchronous-to-Asynchronous SPI UART at a Glance

Table 9. Synchronous Data Input Format (DIN pin from microprocessor, SPI MOSI)

Operation	Bit Number															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Write Config	1	1	$\overline{\text{FEN}}$	SHDNi	$\overline{\text{TM}}$	$\overline{\text{RM}}$	$\overline{\text{PM}}$	$\overline{\text{RAM}}$	IR (IrDA)	ST	PE	L	B3	B2	B1	B0
Read Config	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TEST
Write Data	1	0	0	0	0	$\overline{\text{TE}}$	RTS	Pt	D7t	D6t	D5t	D4t	D3t	D2t	D1t	D0t
Read Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 10. Synchronous Data Output Format (DOUT pin to microprocessor, SPI MISO)

Operation	Bit Number															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Write Config	R	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Read Config	R	T	$\overline{\text{FEN}}$	SHDN _o	$\overline{\text{TM}}$	$\overline{\text{RM}}$	$\overline{\text{PM}}$	$\overline{\text{RAM}}$	IR (IrDA)	ST	PE	L	B3	B2	B1	B0
Write Data	R	T	0	0	0	RA/FE	CTS	Pr	D7r	D6r	D5r	D4r	D3r	D2r	D1r	D0r
Read Data	R	T	0	0	0	RA/FE	CTS	Pr	D7r	D6r	D5r	D4r	D3r	D2r	D1r	D0r

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

Table 11. Bit Definitions*

Register	Bit Name	Bit Set (1)	Bit Clear (0)
Config	\overline{FEN}	Disable FIFO buffer	Enable FIFO buffer
Config	\overline{SHDN}	Shutdown	Operate
Config	\overline{TM}	Enable transmit-done interrupt	Disable transmit-done interrupt
Config	\overline{RM}	Enable data-received interrupt	Disable data-received interrupt
Config	\overline{PM}	Enable parity interrupt	Disable parity interrupt
Config	\overline{RAM}	Enable framing-error interrupt	Disable framing-error interrupt
Config	IR	Enable IrDA timing mode	Standard timing
Config	ST	Two stop bits	One stop bit
Config	PE	Parity enabled	Parity disabled

Register	Bit Name	Bit Set (1)	Bit Clear (0)
Config	L	Word length = 7 bits	Word length = 8 bits
Write Data	\overline{TE}	Inhibit TX output	Enable normal operation
Write Data	RTS	Drive \overline{RTS} output pin low	Drive \overline{RTS} output pin high
Write Data	Pt	Transmit parity = 1	Transmit parity = 0
Read Data	RA/FE	Data overrun or framing error	Normal
Read Data	CTS	\overline{CTS} input pin is low	\overline{CTS} input pin is high
All	R	Data has been received	Data buffer is empty
All	T	Transmit buffer is empty	UART is busy transmitting

*Default setting is clear

Table 12. Field Definitions

Register	Field Name	Meaning
Config	B3-B0	Baud-rate divisor
Write Data	D7i-D0i	Transmit data
Read Data	Pr	Received parity bit
Read Data	D7r-D0r	Received data

Table 13. 1.8432MHz Baud Rates

B3...B0	BRD	Baud	B3...B0	BRD	Baud
0 0 0 0	1	115.2k	1 0 0 0	3	38.4k
0 0 0 1	2	56k	1 0 0 1	6	19.2k
0 0 1 0	4	28k	1 0 1 0	12	9600
0 0 1 1	8	14k	1 0 1 1	24	4800
0 1 0 0	16	7200	1 1 0 0	48	2400
0 1 0 1	32	3600	1 1 0 1	96	1200
0 1 1 0	64	1800	1 1 1 0	192	600
0 1 1 1	128	900	1 1 1 1	384	300

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

```

;IRDA CODE FOR MAX-3100 UART- 8051 based
;*****
; CONSTANTS
PCON EQU 87H
;SPORT PIN DEFINITIONS- BIT BANGING IF
DOUP BIT P1.0      ;data out (from uart)
DIN BIT P1.1      ;data in (from UART)
SCLK BIT P1.2     ;serial clock
CS BIT P1.3      ;chip select- act low
IRQ BIT P3.2     ;(irq polled in this code)
;RAM LOCATIONS
TX1 EQU 108      ;transmit regs
TX2 EQU 118      ;
RX1 EQU 128      ;receive regs
RX2 EQU 138      ;
;*****
ORG 0H
BEGIN: MOV SP,#70H      ;initialize stack
CLR SCLK              ;clear sclk - normally low
;initialize 8051 internal uart
MOV TH0D,#250H       ;tl baud
MOV TH1,#253        ;reload value baud 9600/atal 5.5M
MOV SC0H,#50H       ;uart- rx, tx and rx
MOV PC0H,#80H       ;double baud rate bit
MOV TC0H,#40H       ;start baud timer
;initialize max3100 uart- irda mode at 9600 baud
MOV TX1,#024H       ;high byte of config- R ints
MOV TX2,#0C0AH      ;9600 baud irda mode and two stops
CALL UTLK           ;send to uart- write config
;***** MAIN ROUTINE LOOP *****
LOOP: JNB IRQ,URCV   ;data avail from 3100 uart?
MRCV: JNC RI,RCV51  ;check for 8051 rev- tx out irda
;hang here forever
;byte recieved from 3100 uart- get it and send out 8051 uart
URCV: MOV TX1,#0    ;read data
MOV TX2,#0          ;read data
CALL UTLK           ;send to 8051 uart- get data to rx
MOV A,RX2           ;get data to acc
MOV SRUF,A          ;send out on RS-232 side 9600 baud
JMP LOOP           ;back to top
;byte recieved from 8051 uart- get it and send out 3100 uart
RCV51: MOV A,SRUF   ;data from 8051 uart
MOV TX1,#80H       ;tx data
MOV TX2,A          ;data to irda
CALL UTLK          ;send to uart- send data out IRDA
JMP LOOP           ;back to top
;*****
;SUBROUTINES
; UTLK- talk to uart- main routine
; send 16 bits from TX1 TX2 and rev 16 to RX1 RX2
UTLK: CLR CS       ;activate cs
MOV A,TX1          ;get high byte
CALL BYTB         ;send out
MOV A,RX1,A        ;get received 1
MOV A,TX2          ;get high byte
CALL BYTB         ;send out
MOV A,RX2,A        ;get received 2
SETB CS           ;set CS high
RET               ;DONE
;*****
; BYTB- shift out 8 in 8 bits with spi clocking- from and to acc
BYTB: MOV R4,#8    ;8 bits to send
SETB DIN          ;make sure din is input
BSLP RLC A        ;get msb of acc to carry
MOV C,DIN         ;put out on pin
SETB SCLK         ;clock high- clock
MOV C,DIN         ;get data after clk high
CLR SCLK         ;clock low
MOV ACC.0,C       ;put in lsb of a
DJNE R4,BSLP     ;loop til 8 bits
RET              ;done
; end of code
END

```

Figure 12a. 8051 IRDA/RS-232 Code

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

MAX3100

```

; MAX-3100 UART WITH PIC "QUICK BROWN FOX GENERATOR CODE"
;*****
DEVICE PIC16C54,XT_OSC,WDI_OFF,PROTECT_OFF
;RAM LOCATIONS
TX1 EQU 10H ;data to uart byte 1
TX2 EQU 11H ;data to uart byte 2
RX1 EQU 12H ;data from uart byte 1
RX2 EQU 13H ;data from uart byte 2

LPCNT EQU 14H ;loop counter
SHFTO EQU 15H ;shift out temp variable
SHFTI EQU 16H ;shift in temp variable
DLVAL EQU 17H ;delay value
TEMP EQU 18H ;temp variable
GP1 EQU 19H ;temp variable
GP2 EQU 1AH ;temp variable
CHPTR EQU 1BH ;character pointer

; constants/literals
Cy EQU 0 ;carry bit
Zr EQU 2 ;zero bit

; i/o equates
;uart connected to pic on port RA
DOUT EQU 0 ;data out (to uart)
DIN EQU 1 ;data in (from uart)
SCLK EQU 2 ;serial clock
CS EQU 3 ;chip select- act low
;Configuration dip switch connected to RB
; RB0 to RB3 are baud rate B0-B3
; RB4 is 7 or 8 data bits
; RB5 is 1/2 stop bits
; RB6 is speed of sending about 100cps or 2.5 cps
; RB7 is run/stop
; note configuration bits are only read on reset
;*****
;subroutine area- pic must have these in low memory
;
;UART SERIAL (SPI) support routines
;send 16 bits from tx1 and tx2, receive 16 to rx1 and rx2
UTLK BCF RA,CS ;activate cs
MOVWF TX1,0 ;get tx1 to w
CALL BYTS ;send byte 1, recieve byte 1
MOVWF RX1 ;stash byte 1
MOVWF TX2,0 ;get tx2 to w
CALL BYTS ;send byte 1, recieve byte 1
MOVWF RX2 ;stash byte 1
BSF RA,CS ;activate cs
RETLW 0 ;all done

;LOCAL SUB FOR SHIFTING IN/OUT 8 BITS- CORE OF SPI SUPPORT
; BYTS- shift out/in 8 bits w/spi- from and to w, temp shfti,shfto
BYTS MOVWF SHFTO ;put in shift out
MOVLW 8 ;load loop counter
MOVWF LPCNT ;stash it
BBLP RLF SHFTO,1 ;get high bit to send
BCF RA,DOUT ;preclear dout
BTFSC STATUS,CY ;if in low then skip
BSF RA,DOUT ;set dout
BSF RA,SCLK ;clock high- clock out/get input
BCF STATUS,CY ;preclear carry
BTFSC RA,DIN ;if in low then skip
BSF STATUS,CY ;set carry
RLF SHFTI,1 ;rotate into place- shfti
BCF RA,SCLK ;clock low
DECFSZ LPCNT,1 ;do loop counter
GOTO BBLP ;loop til 8
MOVF SHFTI,0 ;put shfto to w- result
RETLW 0
;end spi serial support

```

Figure 12b. MAX3100 Using PIC μ C

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

```

.delay routine- counts down dlval (loaded at init)
DELAY MOVF DLVAL,0      ;load delay
DLY2X MOVWF GP2        ;put it in
DLLP2 CLRF GP1         ;use gp1 to count off ticks
DLEP1 DECFSZ GP1,1     ;dec gp1 value til 10 ms
GOTO DLLP1             ;just loop
DECFSZ GP2,1          ;dec gp2 value
GOTO DLLP2             ;do another 10 ms til gp2=0
RETLW 0                ;return

;this "subroutine" returns literal of pc+chptr
;this is the only way to pull out rom literals on the pic...
QBF MOVF CHPTR,W       ;GET IN W
ADDWF PC               ;JUMP TO TABLE

;QUICK BROWN FOX MESSAGE
RETLW "THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG"
The above sentence needs a single line for a single letter or space ie. RETLW
RETLW 0DH              ;carriage return
RETLW 0AH              ;line feed
RETLW 0H               ;end of message

;*****
;MAIN ROUTINE-
START MOVLW 0FFH        ;all of rb is input- dip switch
TRIS RB                ;set it
MOVLW 08               ;init port a with cs high only
MOVWF RA               ;output to port register
MOVLW 02H              ;ra is output except din
TRIS RA                ;set it- now has
MOVLW 08H              ;no wdt- rtcc from clock
OPTION                 ;put in option register

;read switches and bit twiddle to configure uart- tx2 (1s byte)
MOVF RB,0              ;get port b to w
ANDLW 1FH              ;and for 1 and b0-b3
MOVWF TX2              ;stash in tx2
BSF TX2,6              ;preset the stop bit bit
BTFSZ RB,5             ;check the switch
BCF TX2,6              ;clear if set
MOVLW 5                ;preload short delay-
BTFSZ RB,6             ;check the switch
MOVLW 250              ;overload long delay-
MOVWF DLVAL            ;stash in delay value
MOVLW 0C0H             ;upper byte of config
MOVWF TX1              ;stash to tx1
CALL UTLK              ;send to uart- configured
;uart is now configured as set on dip switch

;***** MAIN LOOP *****
;go must stay high for run- else stop and reset string ptr
HOLD MOVLW 0           ;clear pointer with offset 1
MOVWF CHPTR            ;load pointer
HANG BTFSZ RB,7        ;wait high
JMP HOLD              ;go to reinit and hold
CALL QBF              ;get character to w
ANDLW 0FFH            ;check for end of message (zero)
BTFSZ STATUS,Zr      ;bail
GOTO HOLD             ;bail to reinit pointer
MOVWF TX2             ;load data to tx2
MOVLW 080H            ;write data
MOVWF TX1             ;put in place
CALL UTLK             ;send it
INCF CHPTR,1         ;next character
CALL DELAY            ;delay
JMP HANG              ;loop

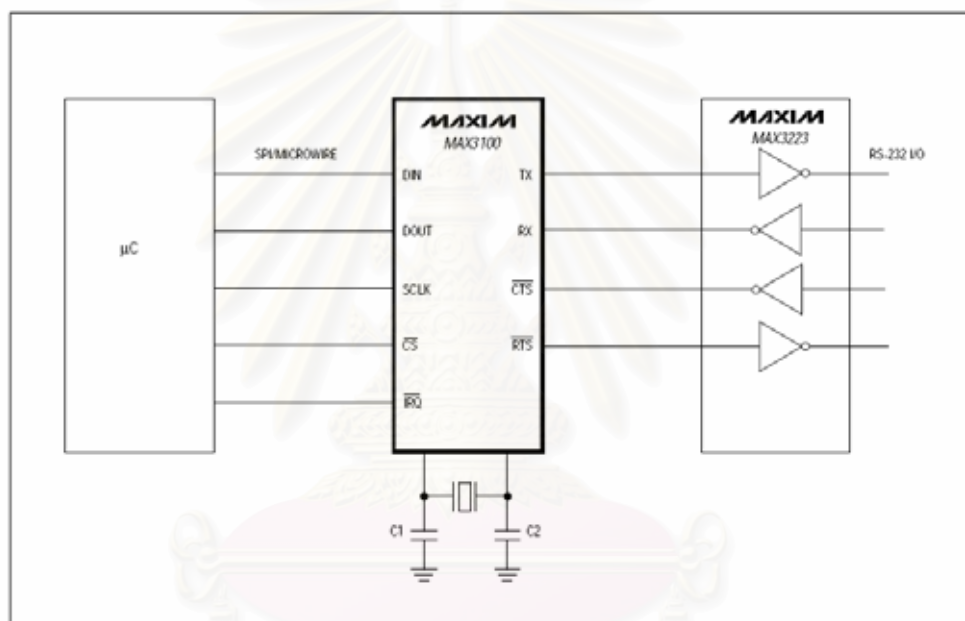
;*****
; VECTORS- start
ORG 1FFH              ;reset vector
GOTO START
END

```

Figure 12b. MAX3100 Using PIC μ C (continued)

SPI/Microwire-Compatible UART in QSOP-16

Typical Operating Circuit



MAX3100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สรกิจ เศรษฐชาตน์นันท์ เกิดเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2521 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีพ.ศ. 2542 และเข้าทำงานที่บริษัท เอ็นเนอร์จีเฟเวอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรออกแบบและวิจัย ควบคู่กับการศึกษาต่อใน สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า(วัดคุมทางอุตสาหกรรม) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย