สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาด

SMART ICE MAKER MACHINE CONTROLLER

นายจาตุรนต์ มีเพียร
นายทวีชัย ม่วงรัก
นายธเนศ ดีจุฑามณี

วพ.
ว2970
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72234
วัน,เดือน,ปี.....12 ส.ค. 2550

b.....11765422
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMART ICE MAKER MACHINE CONTROLLER

JATOORON MEPEIN

THAWEECHAI MUANGRUK

THANATE DEEJUTHAMANEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาด			
	SMART ICE MAKER MACHINE CONTROLLER			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจาตุรนต์	มีเพียร	รหัสนักศึกษา	46010106
	นายทวีชัย	ม่วงรัก	รหัสนักศึกษา	46010254
	นายชเนศ	ดีจุฑามณี	รหัสนักศึกษา	46010294
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศกรรมการวัดคุม			
ปีการศึกษา	2549			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.เชื้อ นกอยู่	
ผศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**อุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาด**			
	SMART ICE MAKER MACHINE CONTROLLER			
นักศึกษาผู้จัดทำ	**นายจาตุรนต์**	**มีเพียร**	**รหัสนักศึกษา**	**46010106**
	นายทวีชัย	**ม่วงรัก**	**รหัสนักศึกษา**	**46010254**
	นายธเนศ	**ดีจุฑามณี**	**รหัสนักศึกษา**	**46010294**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**ผศ.เชื้อ**	**นกอยู่**		
	ผศ.ทรงชัย	**วีระทวีมาศ**		
ปีการศึกษา	2549			

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ จัดทำขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือเพื่อศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการและกรรมวิธีในการผลิตน้ำแข็งโดยจะเน้นผลของค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ที่จะมีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำแข็ง และนำผลกระทบของอุณหภูมิ และความชื้นมาใช้ในการตัดสินใจปล่อยน้ำแข็ง ออกจากแบบน้ำแข็ง เพื่อในการใช้พลังงานที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำแข็งในแต่ละรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Smart Ice Maker Machine Controller
Authors	Mr.Jatooron Mepein
	Mr.Thaweechai Muangruk
	Mr.Thanate Deejuthamanee
Thesis Advisor	Asst.Prof. Chuae Noypracha
	Asst.Prof. Songchai Weerataweemhard
Year	2006

ABSTRACT

This paper has a main objective which is to study the process of ice maker machine and to study especially the result of temperature, moisture in the atmosphere which has an effect on the process of ice maker machine. Them, we use this result in decision process for launching the ice from the ice- mold in order to use energy properly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาความกรุณาจากอาจารย์เชื้อ นกอยู่ และอาจารย์ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่ได้ให้คำแนะนำมาโดยตลอด อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในกาทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ โรงน้ำแข็ง ส.สหมิตร โรงน้ำแข็งลาดกระบัง และ คุณมณชาย สาลีนาค ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องทำน้ำแข็งและสถานที่ทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจเสมอมาและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ คุณความดีที่พึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ อีกทั้ง ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....3

2.1.1 การอัด (Compression).....4

2.1.2 การควบแน่น (Condensation).....4

2.1.3 การลดความดัน หรือการบีบ (Throttling).....4

2.1.4 การระเหย (Evaporation).....4

2.2 อุปกรณ์ในระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ.....4

2.2.1 .คอมเพรสเซอร์ (Compressor).....4

2.2.1.1 คอมเพรสเซอร์แบบปิด.....5

2.2.1.2 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อน ออกมาภายนอก.....5

2.2.1.3 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนด้วย การดูดความเย็น.....5

2.2.1.4 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเปิดหรือแบบขับเคลื่อนภายนอก.....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ....6
2.2.1.6 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่....6
2.2.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser)....6
2.2.2.1 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ....7
2.2.2.2 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ....7
2.2.2.3 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย....9
2.2.3 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator)....9
2.2.3.1 อีแวปปอเรเตอร์แบบท่อ....10
2.2.3.2 อีแวปปอเรเตอร์แบบแผ่น....10
2.2.3.3 อีแวปปอเรเตอร์แบบครีบ....11
2.2.3.4 อีแวปปอเรเตอร์แบบหลุม....11
2.3 การละลายน้ำแข็งโดยน้ำ....11

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์....13

3.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51....13
3.2 ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์....13
3.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต....16
3.3.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต....18
3.3.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต....18
3.4 การจัดหน่วยความจำ....18
3.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม(Program memory)....18
3.4.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)....19
3.5 ไทม์เมอร์....22
3.5.1 ตัวกำหนดเวลาและตัวนับ (Timer/Counter)....22
3.5.1.1 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)....22
3.5.1.2 รีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control)....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 อุปกรณ์ตรวจจับ.....26

4.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820.....26

4.1.1 คุณสมบัติของ DS1820.....26

4.1.2 วิธีการวัดอุณหภูมิ.....27

4.1.3 64-บิตเลเซอร์รอม (Lasered ROM).....29

4.1.4 ระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย (1-Wire Serial Bus).....29

4.1.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย.....30

4.1.4.2 รูปแบบการติดต่อสื่อสาร.....31

4.1.4.3 คุณสมบัติของไทม์สล็อต.....32

4.1.4.4 ไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบสนอง.....33

4.1.4.5 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการเขียนข้อมูล ของ อุปกรณ์สเลฟ.....33

4.1.2.6 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการอ่านข้อมูล ของอุปกรณ์สเลฟ.....34

4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SHT15).....35

4.2.1 คุณสมบัติของ SHT15.....36

4.2.2 ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของ SHT15.....36

4.2.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT15.....37

4.2.3.1 การส่งคำสั่ง (Sending a Command).....37

4.2.3.2 รีเซตการเชื่อมต่อ (Connection reset sequence).....38

4.2.3.3 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....38

4.2.3.4 การคำนวณค่าอุณหภูมิ.....38

4.2.3.5 คำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์.....39

บทที่ 5 การออกแบบ.....41

5.1 การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง.....41

5.2 การเชื่อมต่อของ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....41

5.2.1 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....42
5.2.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ DS1820.....42
5.2.4 โฟลวชาร์ตแสดงขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820.....44
5.3 การเชื่อมต่อของ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....45
5.4 วงจรการติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 DS1820 และ SHT15.....46
5.5 การออกแบบโปรแกรม.....47

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....64
6.1 การทดลองที่ 1 การหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และอุณหภูมิ ของน้ำที่มีผลต่อลักษณะก้อนน้ำแข็งโดยให้เวลาคงที่.....64
6.2 การทดลองที่ 2 การตั้งเวลาควบคุมการทำงาน.....67

บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....70
7.1 สรุปผลการทดลอง.....70
7.2 ข้อเสนอแนะ.....70

บรรณานุกรม.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 แสดงรายละเอียดของขา DS1820.....26

4.2 แสดงตัวอย่างอุณหภูมิที่วัดได้.....29

4.3 แสดงรายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับการควบคุมการทำงานของ SHT15.....37

4.4 แสดงค่าเวลาที่ SHT15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล.....38

4.5 แสดงการกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิเพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้.....39

4.6 แสดงการกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้.....40

6.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.....66

6.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงการทำงานของการทำความเย็นแบบอัดไอ....3

2.2 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบปิด....5

2.3 แสดงคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ....7

2.4 แสดงคอนเดนเซอร์แบบท่อคู่....8

2.5 แสดงคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ....8

2.6 แสดงคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ....8

2.7 แสดงคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย....9

2.8 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบท่อ....10

2.9 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบแผ่น....10

2.10 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบครีบ....11

2.11 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบหลุม....11

3.1 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์....15

3.2 แสดงBlok Diagram AT89C51AC2....16

3.3 แสดงวงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์....17

3.4 แสดงวงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์....17

3.5 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน....19

3.6 แสดงหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง....20

3.7 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน....21

3.8 แสดงรีจิสเตอร์ PSW....22

3.9 แสดงรีจิสเตอร์ TMOD....23

3.10 แสดงตำแหน่งของ Timer/Counter Control....24

4.1 แสดงตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820....26

4.2 แสดงโครงสร้างภายในของ DS1820....27

4.3 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพด....28

4.4 แสดงรูปแบบข้อมูลของอุณหภูมิ....28

4.5 แสดงการเรียงลำดับของ ROM Code....29

4.6 แสดงการเชื่อมต่อบนระบบบัสหนึ่งสาย....30

4.7 แสดงไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 แสดงไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ...34

4.9 แสดงไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ...35

4.10 แสดงตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SHT15).....35

4.11 แสดงBlock Diagram ของ SHT15.....36

4.12 แสดงการติดต่อสัญญาณของ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....36

4.13 แสดงรูปแบบสัญญาณของภาวะเริ่มส่งสัญญาณ.....37

4.14 แสดงรูปแบบสัญญาณของการรีเซตการเชื่อมต่อ.....38

5.1 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง.....41

5.2 โฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยการรีเซต.....43

5.3 แสดงโฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยรอการตอบรับจาก DS1820.....43

5.4 แสดงโฟลวชาร์ตขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820.....44

5.5 แสดงโฟลวชาร์ตขั้นตอนการติดต่อกับ SHT15.....45

5.6 แสดงการต่อวงจร.....46

6.1 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่สมบูรณ์.....65

6.2 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่ไม่เต็ม.....65

6.3 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่เต็มเกินไป.....65

6.4 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะก้อนน้ำแข็ง.....66

6.5 แสดงการตู้ควบคุมของเครื่องทำน้ำแข็งที่ใช้ในปัจจุบัน.....68

6.6 แสดงการติดตั้งเครื่องควบคุมกับตู้ควบคุมของเครื่องทำน้ำแข็ง.....68

6.7 แสดงการติดตั้ง DS1820 วัดค่าอุณหภูมิของน้ำ.....69

6.8 แสดงการติดตั้ง SHT15 วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก.....69

6.9 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดออกมาได้.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เนื่องจาก สภาวะอากาศของโลกปัจจุบันมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นในการดำรงชีวิตของคนเรา จึงมีการสรรหาสิ่งอำนวยความสะดวก ที่จะมาช่วยบรรเทาความร้อนจากอากาศ ที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ จึงได้มีการคิดค้นกรรมวิธีต่าง ๆ ที่จะช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศลง โดยมีน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นอีกอย่างหนึ่ง ในการดำรงชีวิตของคนเรา ซึ่งเราต้องใช้เป็นประจำอยู่ทุกวัน เราจึงอาศัยน้ำมาเป็นตัวช่วยดับความร้อน โดยการลดอุณหภูมิของน้ำให้เป็นน้ำแข็ง ซึ่งปัจจุบันน้ำแข็งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนเรามากไม่ว่าจะเป็นการบริโภคในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการทำอุตสาหกรรมประมง จึงทำให้เกิดธุรกิจการผลิตน้ำแข็งขายเพิ่มมากขึ้น

ปริญญานิพนธ์เรื่องอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาดนี้ จึงได้ใช้อุปกรณ์หาซื้อได้ตามท้องตลาดมาประกอบกันโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 เป็นตัวควบคุมการทำงาน และใช้ตัวตรวจจับอุณหภูมิ เบอร์ DS1820 เป็นตัววัดอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องทำน้ำแข็ง และตัวตรวจจับ SHT15 ซึ่งเป็นตัววัดความชื้นสัมพันธ์และอุณหภูมิ รอบ ๆ เครื่องทำน้ำแข็ง แล้วแสดงผลการอ่านบนจอ LCD ซึ่งภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมในการคอนโทรลคือ ภาษาซี

ซึ่งในปัจจุบันเครื่องทำน้ำแข็งใน หนึ่งรอบการทำงานจะใช้วิธีการตั้งเวลาที่ตายตัวและคงที่ ซึ่งจะทำให้น้ำแข็ง ในแต่ละรอบการทำงานไม่ได้รูปตามต้องการ หรือ รูปร่างคงที่ และอาจจะใช้เวลาในหนึ่งรอบการทำงานมากไปหรือน้อยไปจึงเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงได้ทำการแอพพลิเคชั่นโปรแกรมในการช่วยเก็บข้อมูลอุณหภูมิลงในเครื่อง แล้วประมวลผลข้อมูลออกมาในการตั้งเวลาเครื่องทำน้ำแข็งจะให้ใน 1 รอบการทำงานใช้เวลากี่นาที จึงจะได้น้ำแข็งออกมาให้ได้รูปร่างที่สวยงามตามต้องการและประหยัดพลังงาน

จุดเด่นของปริญญานิพนธ์นี้คือ การติดต่อสื่อสารระหว่างตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 ที่ใช้สายเพียงเส้นเดียว ในการควบคุมการอ่านอุณหภูมิของตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 และการติดต่อสื่อสารระหว่าง SHT15 ซึ่งเป็นตัวอ่านค่าความชื้นสัมพันธ์ และอุณหภูมิภายในตัวเดียวกันโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- เพื่อศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์
- เพื่อศึกษาการใช้งานตัวตรวจจับอุณหภูมิเบอร์ DS1820
- เพื่อศึกษาการใช้งานโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องทำน้ำแข็ง
- เพื่อศึกษาการใช้แอพพลิเคชั่นโปรแกรมในการติดต่อระหว่างฮาร์ดแวร์และประมวลผล
- เพื่อประยุกต์ใช้งานระหว่างโปรแกรมแอพพลิเคชั่นและฮาร์ดแวร์ภายนอก
- เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจวัด เพื่อควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง
- เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่เรียนมาใช้ให้เกิดเป็นผลสำเร็จ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 ควบคุมการทำงานของวงจรต่าง ๆ ได้
- ใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- เขียนโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ DS1820 ออกมาแสดงผลจอ LCD ตามที่ต้องการ
- เขียนโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ SHT15 ออกมาแสดงผลจอ LCD ตามที่ต้องการ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

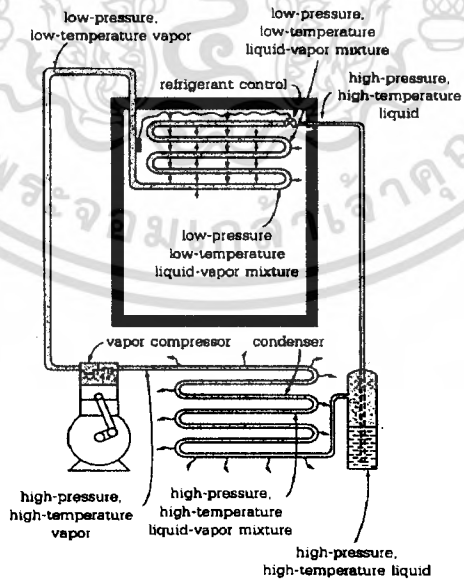
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาการทำงานและควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2
- ศึกษาการทำงานของเครื่องทำน้ำแข็ง
- ศึกษาการทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิเบอร์ DS1820
- ศึกษาการทำงานของโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ SHT15
- ศึกษาการออกแบบตัวควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง
- เขียนโปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ DS1820 และ SHT15
- เก็บค่าข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทำน้ำแข็งในหนึ่งรอบการทำงาน
- นำค่าข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพื่อควบคุมการทำน้ำแข็งในหนึ่งรอบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

จากรูปที่ 2.1 การทำงานจะเริ่มต้นที่ คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหยเข้าทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ และอัดออกให้มีความดันสูงขึ้น และส่งออกทางด้านส่งของคอมเพรสเซอร์เข้าคอนเดนเซอร์ น้ำยาภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงนี้ เมื่อผ่านคอนเดนเซอร์จะถูกระบายความร้อนออกจนถึงจุดควบแน่น น้ำยาจะเปลี่ยนสถานะ จากไอเป็นของเหลวตกลงด้านล่างของคอนเดนเซอร์และถูกส่งไปเข้ารีซีฟเวอร์ น้ำยาในสภาพที่เป็นของเหลวในรีซีฟเวอร์จะถูกส่งผ่านลิ้นลดความดันทำให้น้ำยาเกิดการขยายตัว ความดันจะลดลงจนน้ำยาไม่สามารถคงสภาพเดิม (ของเหลว) จึงเปลี่ยนเป็นไอ การเปลี่ยนสถานะของน้ำยาจากของเหลวเป็นไอขณะออกจากลิ้นลดความดันและตลอดช่วงที่ผ่านเครื่องระเหยนี้ จะทำให้เกิดความเย็นขึ้นเนื่องจากของเหลวจะดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆไปใช้เป็นความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้บริเวณรอบ ๆ เครื่องระเหยเกิดความเย็นขึ้น เมื่อน้ำยาผ่านเครื่องระเหยจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอหมด และถูกคอมเพรสเซอร์ดูดและอัดให้มีความดันสูงขึ้นและถูกส่งไปใช้งานในวงจร หมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไป โดยน้ำยาจะไม่สูญหาย จึงไม่จำเป็นต้องเติมน้ำยาเพิ่มเข้าไปในระบบอีก ถ้าไม่มีจุดที่น้ำยารั่วออกมาได้ ซึ่งการทำงานแบ่งออกเป็นดั้งนี้



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของการทำความเย็นแบบอัดไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การอัด (Compression)

เป็นผลจากพลังงานทางกลจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทำให้ความดันด้านที่ต่ำ ถูกเพิ่มให้สูงขึ้น และอุณหภูมิซึ่งแปรผันตรงกับความดัน ก็จะเปลี่ยนไปด้วยจุดประสงค์ของการเพิ่มแรงดัน ก็เพื่อให้จุดเดือดสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิรอบตัว เมื่อสารทำความเย็นเข้าสู่คอนเดนเซอร์ การควบแน่นก็จะเกิดขึ้นได้ง่าย

2.1.2 การควบแน่น (Condensation)

เป็นการอาศัยตัวกลาง เช่น อากาศ น้ำหรือทั้งสองอย่างรวมกัน ดึงความร้อนออกจากไอสารทำความเย็นภายในคอนเดนเซอร์เพื่อให้เกิดการควบแน่น นั่นก็คือ อุณหภูมิของตัวกลางต่ำกว่าจุดอิ่มตัวของไอสารทำความเย็น จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น กระบวนการนี้จะทำให้ปริมาณความร้อน หรือ Enthalpy ของสารทำความเย็นลดลง สถานะเปลี่ยนจากไออิ่มตัว (Saturate Vapor) เป็นของเหลวอิ่มตัว (Saturate Liquid) ภายใต้ความดันที่คงที่

2.1.3 การลดความดัน หรือการบีบ (Throttling)

เป็นผลจากการลดความดันลงอย่างทันที ของมิเตอร์ริ่งดีไวซ์ เพื่อให้จุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิโหลด ความร้อนจากโหลดจึงจะถูกถ่ายเทไปเพื่อระเหยสารทำความเย็น แต่สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว สำหรับดึงความร้อนจากโหลดจะเหลือเพียง 75-80% ของจำนวนที่ผ่านมิเตอร์ริ่งดีไวซ์เท่านั้นส่วนที่เหลือจะระเหยเป็น Flash Gas ไปก่อน

2.1.4 การระเหย (Evaporation)

ผลจากอุณหภูมิระเหยของสารทำความเย็นจะต่ำกว่าอุณหภูมิของโหลด ความร้อนจะถูกดึงสารระเหยทำความเย็น กระบวนการนี้จะทำให้ปริมาณความร้อน หรือ Enthalpy ของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น และระเหยจากของเหลวอิ่มตัวเป็นไออิ่มตัว

2.2 อุปกรณ์ในระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

2.2.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์มีหน้าที่ดูดไอสารทำความเย็นความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ แล้วเพิ่มความดันให้สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะแปรผันตามไปด้วย โดยแรงจากการดูดอัดก็เป็นผลให้เกิดการไหลเวียนภายในระบบของสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ ซึ่งแบ่งเป็นชนิดต่างๆตามลักษณะการเพิ่มความดันของไอสารทำความเย็นได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 คอมเพรสเซอร์แบบปิด

เครื่องคอมเพรสเซอร์แบบปิด (Hermetic Compressor) ชนิดนี้ จะบรรจุอยู่ภายในโครงแผ่นเหล็กที่เชื่อมปิดสนิทและไม่สามารถที่จะทำการซ่อมแซมในบริเวณที่ใช้งานตามปกติได้ คอมเพรสเซอร์ประเภทนี้จะติดตั้งและประกอบเข้าไปในบริเวณที่ต้องการใช้งาน สารทำความเย็นที่เป็นก๊าซไหลย้อนกลับจากระบบครั้งแรกจะไหลในโครงแผ่นเหล็กที่หุ้มเครื่องคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะถูกกักเก็บไว้ และทำให้มอเตอร์เย็นลง และหากส่วนที่ถูกกักเก็บสารทำความเย็นในคอมเพรสเซอร์มีความร้อนสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง วิธีการระบายความร้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์วิธีนี้เรียกว่า การระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น

รูปที่ 2.2 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบปิด

2.2.1.2 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนออกมาภายนอก

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนออกมาภายนอก (Semi-Hermetic Compressor) เป็นเครื่องที่มีโครงฝาครอบภายนอกสามารถทำการบำรุงรักษาและซ่อมแซมบางส่วนของตัวเครื่องในบริเวณที่มีการใช้งานได้ สำหรับมอเตอร์ถึงแม้จะประกอบอยู่ภายในคอมเพรสเซอร์ แต่ก็ต้องทำการระบายความร้อนโดยการระบายความร้อนผ่านออกมาทางพื้นผิวภายนอกเครื่อง ด้วยอากาศหรือน้ำ สารทำความเย็นที่เป็นก๊าซจะไหลผ่านท่อโดยตรง เข้าไปในถังบรรจุเพื่อทำการอัดและจ่ายออก จึงมีผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยลง และทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.2.1.3 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดแบบระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิดระบายความร้อนด้วยการดูดความเย็น (Suction Cooled Semi-Hermetic Compressor) เป็นเครื่องขนาดใหญ่ แต่จะมีบริเวณพื้นผิวไม่เพียงพอต่อการระบายความร้อนของมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ สารทำความเย็นในส่วนที่เป็นก๊าซไม่ต้องใช้การระบายความร้อนของมอเตอร์ จึงทำให้ลดประสิทธิภาพของกระบวนการอัดลง แต่ถ้ามีระดับความดันของไอระเหยสูงขึ้นจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพในส่วนนี้อาจนำไปชดเชยกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์ เพื่อให้การระบายความร้อนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเปิดหรือแบบขับเคลื่อนภายนอก

คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งเปิดหรือแบบขับเคลื่อนภายนอก (Open or External Drive Compressor) จะติดตั้งมอเตอร์ไว้ภายนอกตัวเครื่อง ส่วนระบบการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะขับเคลื่อนด้วยเพลา ส่งความดันอากาศที่อัดแน่นผ่านออกมาทางตัวเครื่อง ในช่วงขณะที่เครื่องทำการอัดอากาศ ป้องกันไม่ให้อากาศรั่วไหลเข้าไปในระบบ โดยปกติของเครื่องคอมเพรสเซอร์ จะใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า จากการที่คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้มีกลไกที่ใช้การขับเคลื่อนอยู่ภายนอก จึงไม่มีความร้อนเกิดขึ้นจากส่วนที่จะส่งให้กับสารทำความเย็นที่เป็นก๊าซ แต่จะมีความร้อนสูญเสียที่จะเกิดจากการเสียดสีของเพลาเพิ่มขึ้น

2.2.1.5 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) การทำงานจะคล้ายกับลูกสูบของเครื่องยนต์ คือจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนลง ความดันภายในกระบอกสูบจะลดลงเรื่อยๆจนต่ำกว่าความดันของระบบด้านต่ำ วาล์วดูดจะเปิดรับไอสารทำความเย็นเข้ามา และเมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้น ปริมาตรของสารทำความเย็นจะถูกอัดให้ลดลง แต่ความดันจะสูงขึ้นจนกระทั่งมากกว่าความดันของระบบด้านสูงวาล์วอัดจึงเปิดส่งสารทำความเย็นออกไป

2.2.1.6 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่

คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) ถือเป็นแบบที่ใช้กันมานานในอุตสาหกรรมทำความเย็น ซึ่งคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ จะใช้หลักการดูดไอสารทำความเย็นเข้ามาในช่องว่าง แล้วบีบให้ปริมาตรลดลงเพื่อเพิ่มความดันเช่นเดียวกับลูกสูบ โครงสร้างภายในกระบอกสูบจะมีทรงกระบอกเยื้องศูนย์ ในขณะที่หมุนไปขอบจะแนบกับกระบอกสูบ ซึ่งเป็นส่วนที่รีดไอสารทำความเย็นไปยังท่ออัด

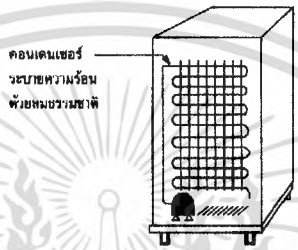
2.2.2 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อน ออกจากสารทำความเย็นให้กับตัวกลาง ซึ่งอาจจะเป็นอากาศ น้ำ หรือทั้งสองอย่างรวมกัน โดยความร้อนส่วนใหญ่ที่ถ่ายเทออกมาจะเป็นความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลายเป็นของเหลว และตลอดกระบวนการแรงดันระบบจะคงที่ ซึ่งชนิดของคอนเดนเซอร์จะแบ่งกว้างๆ ตามตัวกลางระบบความร้อนได้ 3 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศมีทั้งชนิดที่ใช้ลมธรรมชาติ และชนิดที่ใช้พัดลมช่วยถ่ายเทความร้อน คอนเดนเซอร์จะต้องมีครีบโลหะ (Fin) เพื่อการเพิ่มพื้นที่ สัมผัสกับตัวกลางถ่ายเทความร้อน ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยลมธรรมชาติ โดยท่อโลหะจะถูกขดในแนวระนาบ และมีครีบเป็นเหล็กเส้นเล็ก ๆ วางพาดตลอดแนว ชนิดที่ใช้พัดลมระบายความร้อนนั้น พัดลมจะช่วยเพิ่มความเร็วของอากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์ ขดท่อจะมีหลายแถว ครีบของคอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ครีบเป็นแผ่นอลูมิเนียมที่ถูกอัดเข้าตลอดแนวท่อทุกแถว



รูปที่ 2.3 แสดงคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ

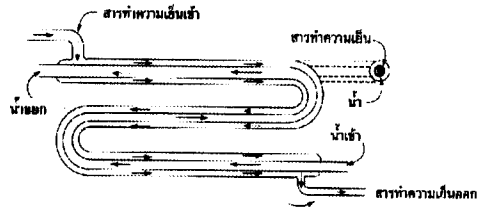
2.2.2.2 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ที่ใช้น้ำระบายความร้อน มักใช้กับระบบทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งปริมาณความร้อน ที่ต้องถ่ายเทของระบบก็จะต้องมากขึ้นตามไปด้วย โดยสารทำความเย็นจะไปดูดความร้อนออกมาจากโหลด หลังจากนั้นจะมาถ่ายเทความร้อนออกให้กับน้ำอีกขั้นหนึ่ง ระบบที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบนี้ จึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำ ที่เรียกว่าหอหล่อเย็น (Cooling Tower) เมื่อแบ่งตามโครงสร้างจะแบ่งได้เป็น

- **คอนเดนเซอร์แบบท่อคู่ (Double Tube)**

มีโครงสร้างจากภายนอกที่ขดเป็นวงกลมซ้อนกันเพื่อไม่ให้เปลืองเนื้อที่ที่ติดตั้ง ที่ปลายทั้งสองเป็นทางเข้าท่อสารทำความเย็น และท่อนำโดยท่อสารทำความเย็นจะเข้าด้านบน และออกด้านล่างส่วนท่อน้ำจะเข้าด้านล่าง แล้วออกด้านบนเพื่อให้ไหลสวนทางกัน ส่วนท่อภายในนั้นท่อน้ำจะอยู่ตรงกลางและท่อสารทำความเย็นจะอยู่วงนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงคอนเดนเซอร์แบบท่อคู่

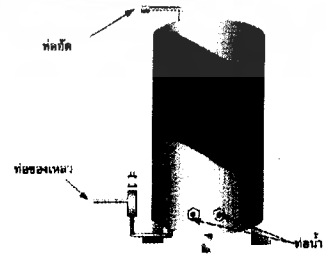
- คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ (Shell and Tube)

จะมีโครงสร้างลักษณะภายนอกเป็นเปลือกโลหะหนารูปทรงกระบอก และเดินท่อย้อนกลับไปกลับมาอยู่ภายใน โดยน้ำที่ระบายความร้อนจะไหลอยู่ในท่อเข้าทางด้านล่าง และไหลออกด้านบนส่วนสารทำความเย็นจะเข้าสู่เปลือกด้านบนและออกด้านล่าง

รูปที่ 2.5 แสดงคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและท่อ

- คอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ (Shell and Coil Condenser)

มีลักษณะคล้ายกับแบบเปลือกและขดท่อ ต่างกันตรงที่ท่อน้ำจะทำเป็นขดท่อ โดยขดท่อจะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัส ระหว่างสารทำความเย็นและน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ทิศทางของสารทำความเย็นกับน้ำจะมีทิศทางสวนกัน

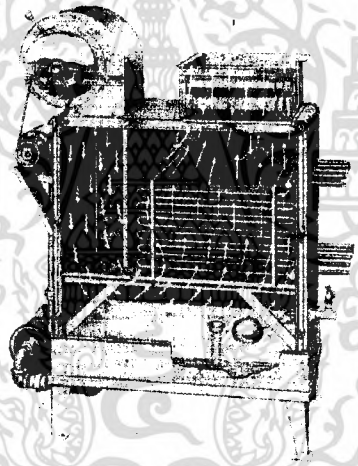


รูปที่ 2.6 แสดงคอนเดนเซอร์แบบเปลือกและขดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย (Evaporative Condenser) อาศัยการทำให้หยดน้ำหรือละอองน้ำ ที่ทำการเคลื่อนผ่านคอนเดนเซอร์เกิดการระเหย ซึ่งจะต้องดูดความร้อนเข้า โดยความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะถูกถ่ายเทออกไป จะทำให้เกิดการควบแน่นของสารทำความเย็นภายในคอนเดนเซอร์ ซึ่งคอนเดนเซอร์แบบนี้จะถ่ายเทความร้อนออกไปทั้งทางอากาศและทางน้ำ ท่อของคอนเดนเซอร์จะต่อเข้าที่ด้านบนของตู้และไหลออกไปทางด้านล่าง น้ำที่นำมาถ่ายเทความร้อนจะถูกขับให้ไหลเวียนโดยปั๊มน้ำ และหลังจากนั้นน้ำจะถูกส่งขึ้นไปยังท่อด้านบนของขดท่อคอนเดนเซอร์ และถูกฉีดให้กระจายไปทั่ว โดยหัวฉีดหยดน้ำหรือละอองจะเคลื่อนที่ลงผ่านขดท่อคอนเดนเซอร์ ในขณะเดียวกันพัดลมที่ถูกติดตั้งอยู่ด้านบน จะดูดอากาศเข้ามาจากด้านข้างของตู้ผ่านเกล็ดระบายความร้อนเข้ามาและจะเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ส่วนบนสวนทางกับการไหลของน้ำ ขดท่อคอนเดนเซอร์จะคายความร้อนออกไปทั้งทางอากาศและน้ำ และน้ำจะตกลงถังเก็บน้ำที่ด้านล่างเพื่อถูกไหลเวียนต่อไป



รูปที่ 2.7 แสดงคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยการระเหย

2.2.3 อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator)

อีแวปปอเรเตอร์คือส่วนของระบบทำความเย็นที่สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากโหลดและระเหยกลายเป็นไอ เป็นการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอโดยส่วนใหญ่จะใช้ปริมาณความร้อนมาก เพื่อที่จะทำให้เกิดความเย็นขึ้นที่พื้นที่ทำความเย็นและโหลดอีแวปปอเรเตอร์โดยสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยอากาศ และชนิดที่ถ่ายเทความร้อนด้วยน้ำหรือที่เรียกว่า ชีลเลอร์ (Chiller) ซึ่งเป็นการทำน้ำให้เย็นและส่งไปดูดความร้อนมาจากโหลดกลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นจากนั้นนำน้ำมาถ่ายเทความร้อนออกให้กับสารทำความเย็นอีกขั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการถ่ายเทความร้อนของอีแวปปอเรเตอร์ ซึ่งโดยที่ความสามารถในการทำความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์ คือ ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็น ในอีแวปปอเรเตอร์สามารถแสดงโดยสูตรต่อไปนี้

$$Q = KA\Delta t_m$$

เมื่อ Q = เป็นความร้อนที่สารทำความเย็นดูดจากวัตถุที่ต้องการทำให้เย็นในอีแวปปอเรเตอร์ (ความสามารถในการทำความเย็นของอีแวปปอเรเตอร์) kcal/hr

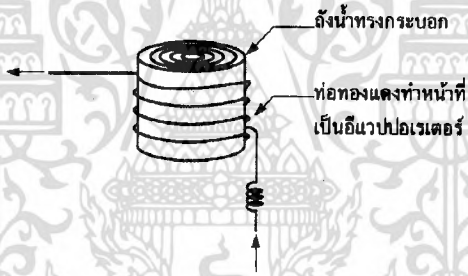
K = เป็นสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน $kcal/m^2hr^\circ C$

A = พื้นที่ผิวที่ทำความเย็นในการทำความเย็นของอีแวปปอเรเตอร์ kcal/hr

Δt_m = ความแตกต่างอุณหภูมิ $^\circ C$

2.2.3.1 อีแวปปอเรเตอร์แบบท่อ (Bar Evaporator)

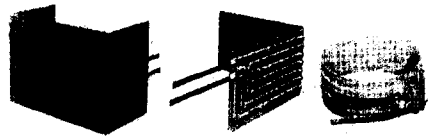
มีโครงสร้างเป็นเพียงท่อทองแดงหรืออะลูมิเนียม นำมาขดไปมาตามลักษณะงานที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของส่วนทำความเย็นของระบบนั้น ๆ ขนาดและความยาวของท่อจะถูกกำหนด โดยความจุหรือขนาดการทำความเย็นของระบบ



รูปที่ 2.8 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบท่อ

2.2.3.2 อีแวปปอเรเตอร์แบบแผ่น (Plate Evaporator)

เป็นท่อทางเดินสารทำความเย็นที่ถูกอัดประกอบด้วย แผ่นอะลูมิเนียมทั้งสองด้าน ซึ่งอาจเรียกว่า Stamped Evaporator โดยแผ่นอะลูมิเนียมเป็นส่วนที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน

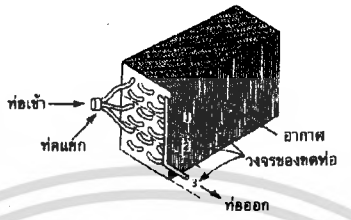


รูปที่ 2.9 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 อีแวปปอเรเตอร์แบบครีบ (Fin Evaporator)

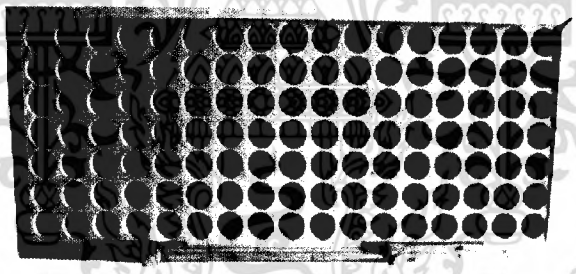
ใช้หลักการนำแผ่นอะลูมิเนียมเพิ่มพื้นที่การดูดความร้อน จะต้องใช้หลายแผ่นและอัดติดในแนวตั้งฉากกับแนวท่อ และมีพัดลมเพื่อเพิ่มความเร็วของลมในการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 2.10 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบครีบ

2.2.3.4 อีแวปปอเรเตอร์แบบหลุม (hole Evaporator)

เป็นชนิดที่ใช้กับเครื่องทำน้ำแข็ง มีลักษณะเป็นถาดหลุม สำหรับผลิตน้ำแข็งก้อน



รูปที่ 2.11 แสดงอีแวปปอเรเตอร์แบบหลุม

2.3 การละลายน้ำแข็งโดยน้ำ

อุณหภูมิของอีแวปปอเรเตอร์ลด การละลายของน้ำแข็งสามารถทำสำเร็จโดยการฉีดละอองน้ำบนผิวของคอล์ยอีแวปปอเรเตอร์ สำหรับอีแวปปอเรเตอร์อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะใช้พัดลมหรือน้ำยาละลายน้ำแข็ง

ขั้นตอนการปฏิบัติในการละลายน้ำแข็ง ขั้นที่หนึ่งเปิดวาล์วด้าน Liquid Line น้ำยาที่ออกมาจากอีแวปปอเรเตอร์ซึ่งภายหลังจากคอมเพรสเซอร์หยุดทำงานแล้วพัดลมอีแวปปอเรเตอร์หยุดหมุน ดังนั้นละอองน้ำจะไม่ถูกเป่าออกมา ในช่วงการทำความเย็นประกอบด้วยเครื่อง ซึ่งเป็นเกล็ดจนกระทั่งแยกออก และเต็มไปด้วยหมอกในช่วงระยะเวลาการทำความเย็น ขั้นตอนที่สองหัวสเปรย์ฉีดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการฉีดละลายน้ำแข็งของอีแวปปอเรเตอร์ จนเสร็จซึ่งใช้เวลาประมาณ 4-5 นาที ภายหลังการหยุดการฉีดละอองน้ำใช้เวลาหลายนาที สำหรับการระบายน้ำจากอีแวปปอเรเตอร์ จะสตาร์ทและระบบกลับมาทำงาน อาจเป็นไปได้ที่จะเกิดน้ำแข็งในท่อระบายน้ำจากอีแวปปอเรเตอร์ ควรจะหาที่ติดตั้งปิดกันจากพื้นด้านนอก และท่อระบายน้ำควรมีขนาดโตพอและเหมาะสม น้ำที่ระบายทิ้งต้องเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำเกลือหรือน้ำยาละลายน้ำแข็ง เข้ามาแทนการพ่นละอองน้ำ น้ำยาละลายน้ำแข็งจะวนละลายกลับมาที่อ่างก่อนการระเหยอย่างสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากว่าอ่างเก็บจะมีขนาดใหญ่พอ ดังนั้นการเพิ่มความร้อนจึงไม่จำเป็น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในบางครั้งน้ำยาเกิดปฏิกิริยาทางความร้อนภายในตัวถัง เมื่อน้ำที่ละลายจากการหลอมของน้ำยาละลายน้ำแข็ง ระบบการละลายน้ำแข็งคือติดต่อเข้ากับคอนเซนทราเตอร์ (Concentrator) จนกระทั้งน้ำที่ล้นหยุดเดือดและน้ำยาไหลกลับมารวมตัวเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในส่วนของการประมวลผลของอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาดนั้น เราเลือกใช้ซีพียู ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C52

- มี Core CPU ที่เป็น 8 บิต และชุดคำสั่งที่เหมาะสมในงานควบคุม สามารถประมวลผลทางลอจิกกับข้อมูลในระดับบิตได้
- 2K BYTE มีหน่วยความจำแบบแฟลช (flash memory) ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายครั้ง 2K BYTE EPROM
- มีหน่วยความจำข้อมูล 256 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 K
- มีพอร์ตที่เป็นได้ทั้ง I/O ทั้งหมด 5 พอร์ต และสามารถใช้งานได้ในระดับบิต
- มีส่วน Timer/Counter ขนาด 16 บิต สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
- A TO D ขนาด 10 บิต 8 Channel
- ความถี่ CRYTAL สูงสุด 36.864 MHz คือความถี่ CRYTAL 18.432 MHz x2 MODE
- PWM ขนาด 8 บิต

3.2 ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V
- ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ
- ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย จึงส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยจะใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อที่จะสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและข้อมูล
- ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาจะสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตของแต่ละพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ขาพอร์ต 2** (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาจะสามารถกำหนดให้เป็นทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตของแต่ละพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

- **ขาพอร์ต 3** (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการ ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1"ไปยังบิตของแต่ละพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วยส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

- **ขาพอร์ต 4** (P4.0-P4.1) มี 2 ขาคือ

P4.0 จะใช้ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ I2C BUS โดยทำหน้าที่เป็น SCL

P4.1 จะใช้ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ I2C BUS โดยทำหน้าที่เป็น SDA

- **ขารีเซต (Reset)** ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะต้องป้อนสัญญาณ เพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

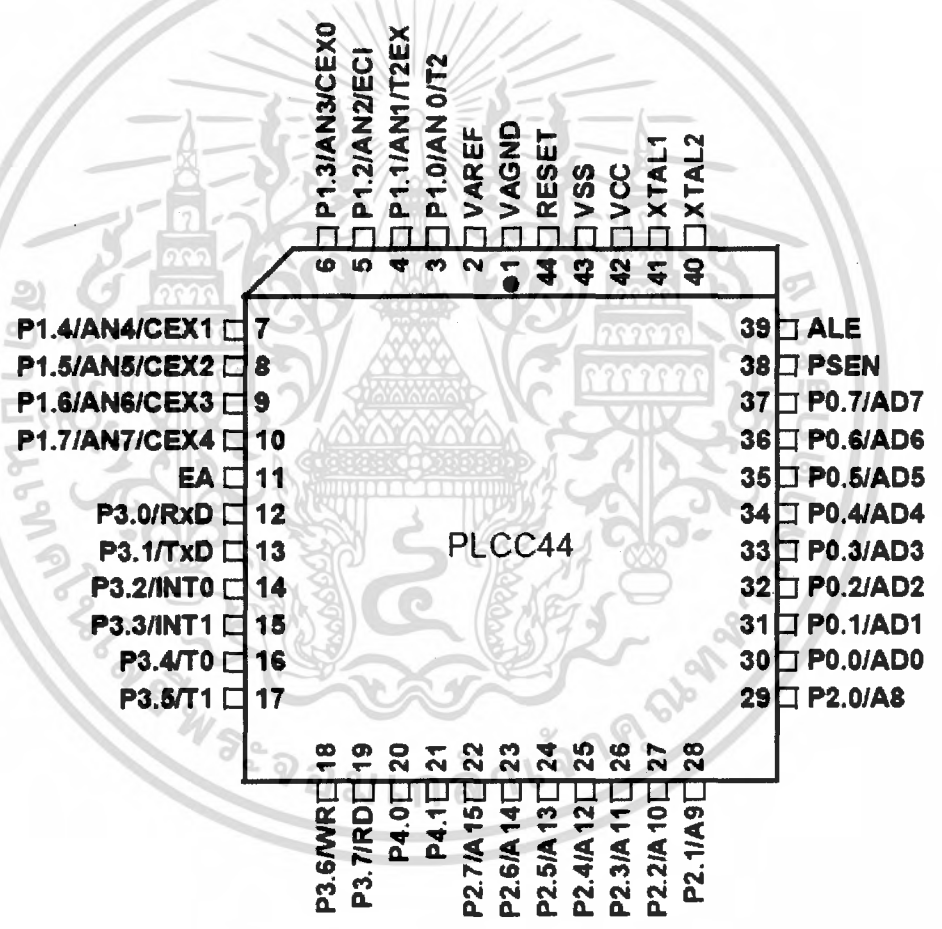
- **ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program Pulse Input)** เป็นขาที่จะใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

- **ขา PSEN (Program Store Enable)** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อที่จะร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อจะต้องการอ่านค่าข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วนความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่ส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ขา EA/Vpp (External Access Enable/Programming voltage input)** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยจำภายนอก แต่ถ้าให้ขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายใน สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับโปรแกรม +12V

- **ขา XTAL1 และ XTAL2** จะเป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

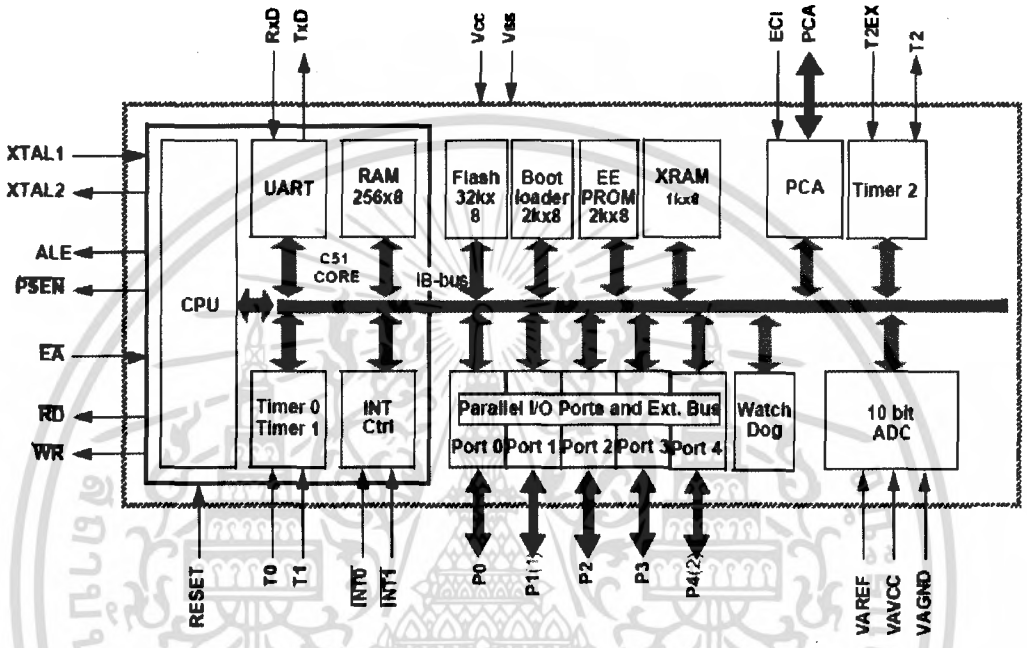


รูปที่ 3.1 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง กล่าวคือจะสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชมีวงแลตช์ และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงBlok Diagram AT89C51

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก

ในรูปที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 3.3(ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ตและสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิฟลอป โดยที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่าต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

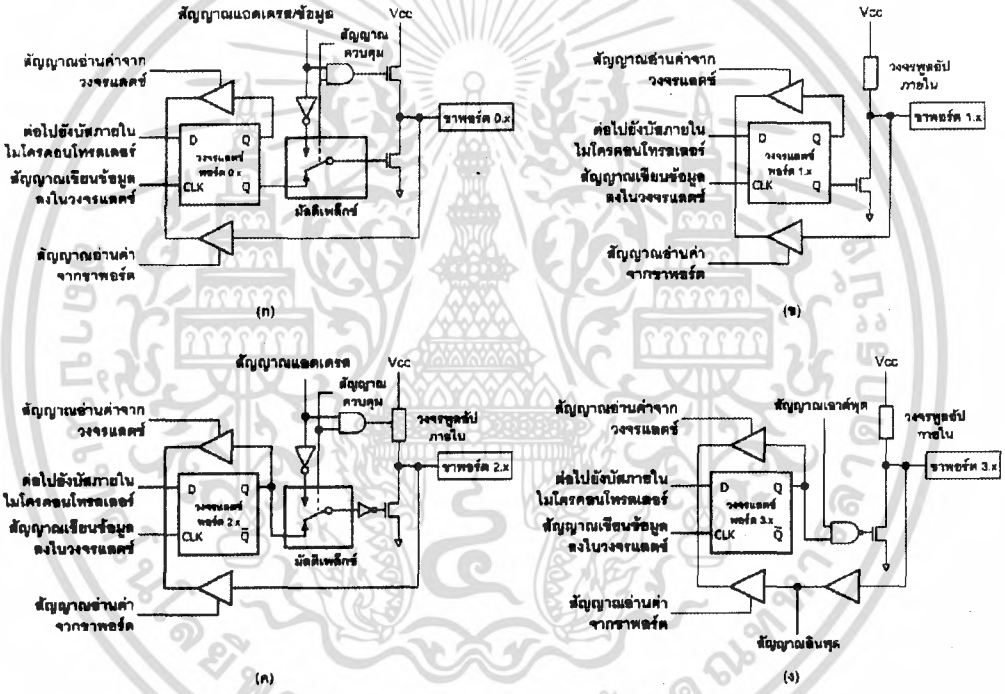
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

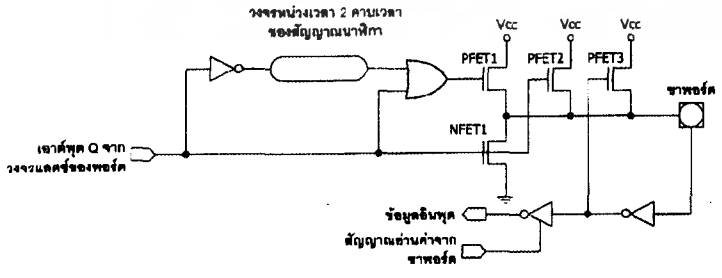
เนื่องจากที่พอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายในหากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 3.3(ข) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 1 ซึ่งจะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้ไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทนสำหรับรายละเอียดของวงจรพูลอัปแสดงในรูปที่ 3.4

ในรูปที่ 3.3(ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพลูอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 3.3(ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษ เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72234

3.3.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต จะต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่บิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อที่จะหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ๆ จะทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อ เข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" และสามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก จะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ตและรอให้ CPU มาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" จะดีและสะดวกที่สุด

3.3.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่าย กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล "0" ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก "0" ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูลหนึ่งออกไป ก็ให้เขียนข้อมูลหนึ่งไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงานทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก "1" ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านค่าข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งส่งออกมาทางเอาต์พุต

3.4 การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำภายในหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

3.4.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

การจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

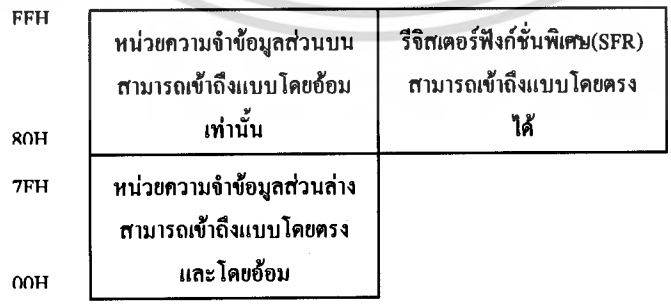
หน่วยความจำโปรแกรมจะใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานสำหรับ MCS-51 ที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิด อีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน ต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม จะต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H
พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH
พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH
พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H
พื้นที่ สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

3.4.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

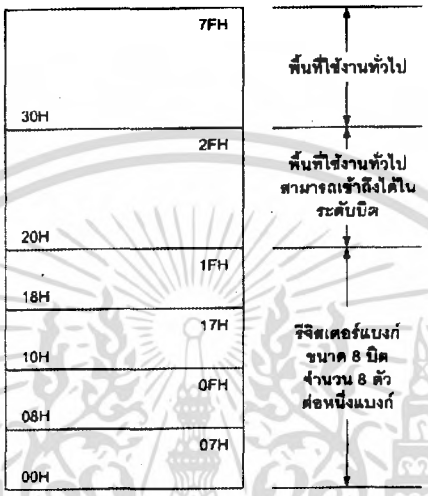
มี 2 แบบด้วยกันคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและหน่วยความจำข้อมูลภายใน โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ และมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM : Random Access Memory) ในเบอร์ AT89C52 นี้มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 256 ไบต์ ใช้สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (lower), หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน (upper) , รีจสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

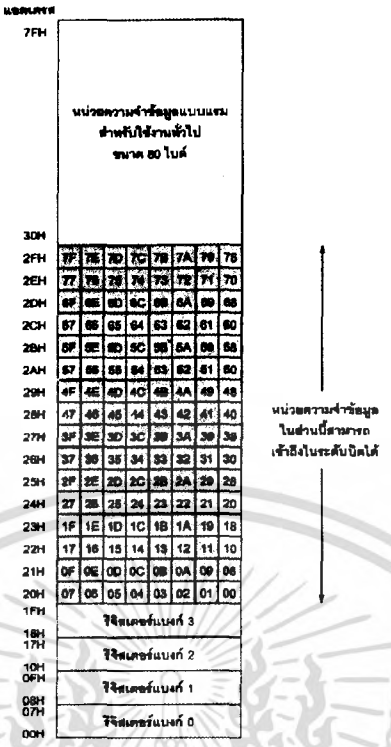
หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง เป็นหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์แรก แบ่งเป็นส่วนการใช้งานดังนี้คือ 32 ไบต์แรก (แอดเดรส 00H ถึง 1FH) จะแบ่งออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 8 ไบต์ ในแต่ละไบต์จะใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ R0-R7 โดยดังรูปที่ 3.6 ดังนั้นจึงมีรีจิสเตอร์ R0-R7 อยู่ทั้งหมด 4 ชุด (แอดเดรส 20H ถึง 2FH) ถัดมาเป็นการเข้าถึงแบบบิตและ 80 ไบต์ที่เหลือเราสารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้



รูปที่ 3.6 แสดงหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง

หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน จะเป็นหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์ถัดมา (แอดเดรส 80H ถึง FFH) จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register) ดังรูปที่ 3.7 รีจิสเตอร์แต่ละตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลแบบบิตเช่น รีจิสเตอร์ PSW เริ่มต้นที่ตำแหน่ง D0H ถ้าเราต้องการอ้างอิงถึงบิตที่แทนตัวทด (Carry Flag) สามารถอ้างได้ด้วยตำแหน่ง D7H เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

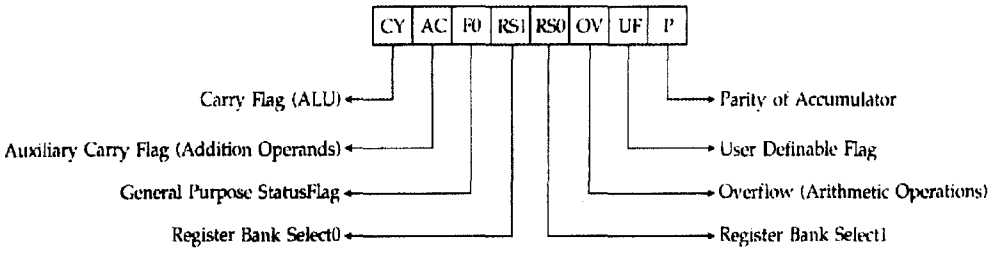


รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

รีจิสเตอร์พิเศษ เป็นหน่วยความจำข้อมูลตั้งแต่แอดเดรสที่ 80H ถึง 0FFH (ไบต์ที่ 128 จนถึงไบต์ที่ 255) ส่วนมากจะใช้สำหรับการคำนวณกับ ALU ส่วนรีจิสเตอร์อื่น ๆ ที่เหลือจะถูกใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ ALU

- ACC (Accumulator) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกะการอ้างอิงถึงเวลาใช้งานตัวอักษร A
- B (B registor) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้คู่กับ ACC ในการคูณและการหาร
- SP (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้ชี้ไปยังตำแหน่งบนสุดของสแต็ค
- DPTR (Data Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ประกอบด้วยรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว ได้แก่ DPH สำหรับ 8 บิตล่าง เมื่อต้องการอ้างถึงตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยจะใช้เป็นตัวชี้แอดเดรสที่ต้องการติดต่อ และเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ของข้อมูลภายนอก จะใช้เป็นตัวชี้แอดเดรสที่ต้องการติดต่อ
- PC (Program Counter) เป็นตัวรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ใช้เก็บแอดเดรสของคำสั่งถัดไป เมื่อซีพียูอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำมาประมวลผล ค่าใน PC จะเพิ่มขึ้น 1 เพื่อชี้ไปยังคำสั่งถัดไปที่จะประมวลผลและเมื่อมีการรีเซตซีพียู ในค่า PC จะมีค่าเป็น 0 เพื่อให้ซีพียูไปอ่านตำแหน่งเริ่มต้น
- PSW (Program Status Word) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สำหรับเก็บสถานะของคำสั่งที่ได้หลังจากซีพียูประมวลผลเสร็จดังแสดงในรูป 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงรีจิสเตอร์ PSW

3.5 ไทม์เมอร์

ไทม์เมอร์เป็นการนำเอาฟลิปฟลอบหลาย ๆ ตัว มาต่อกัน ทำงานเหมือนการหารด้วย 2 ซึ่งจะรับอินพุตเป็นสัญญาณนาฬิกา (Clock) เข้ามาโดยสัญญาณนาฬิกาจะถูกป้อนเข้าที่ฟลิปฟลอปตัวแรก เอาต์พุตจากตัวแรกก็จะไปเป็นอินพุตของฟลิปฟลอปตัวถัดไป และเอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวสุดท้ายจะกลายเป็นแฟล็ก (Flag) จะนำไปใช้โดยซอฟต์แวร์ หรือเพื่อกำเนิดอินเตอร์รัพต์ ดังนั้น ถ้าฟลิปฟลอปจำนวน n ตัว สัญญาณนาฬิกาที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2n

ไทม์เมอร์สร้างจากฟลิปฟลอปหลายตัวต่อกัน โดยฟลิปฟลอป 1 ตัวเก็บข้อมูลไบนารีขนาด 1 บิต ดังนั้น ไทม์เมอร์ที่เก็บข้อมูลไบนารี 4 บิต จะต้องใช้ฟลิปฟลอปจำนวน 4 ตัว นอกจากนี้ไทม์เมอร์ยังมีคุณสมบัติในการนับจำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา

3.5.1 ตัวกำหนดเวลาและตัวนับ (Timer/Counter)

ใน MCS-51 มีไทม์เมอร์ขนาด 16 บิตจำนวน 2 ตัวคือ ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 โดยทั้ง 2ไทม์เมอร์สามารถใช้งานเป็นตัวกำหนดเวลาไทม์เมอร์ได้ เช่น การนำไปสร้างการหน่วงเวลา สร้างเป็นตัวนับหรือเคาน์เตอร์ เช่นการนับจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในเวลาหนึ่ง ๆ ค่าข้อมูลไบนารีของไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ THx และ TLx โดย THx เก็บข้อมูล 8 บิตบน และ TLx เก็บข้อมูล 8 บิตล่าง

ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 มีโหมดการทำงานทั้งหมด 4 โหมด ในการเลือกใช้งานโหมดใดนั้นจะต้องเลือกผ่านรีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode) และการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของไทม์เมอร์จะควบคุมผ่านรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)

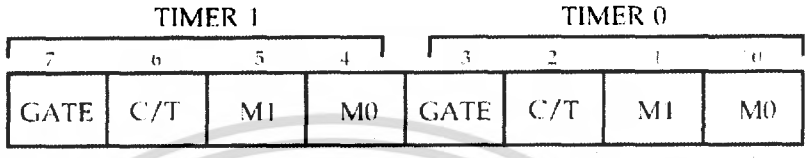
3.5.1.1 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

TMOD เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรส 89H เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีการโอนย้ายข้อมูลขนาด 8 บิต ให้กับรีจิสเตอร์นี้ โดยตรงแทนรีจิสเตอร์ TMOD ที่จะใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานทั้งไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 การใช้งานหลัก ๆ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตั้งเวลา (Timer Mode)
- การนับจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Counter mode)
- สร้าง Baud rate สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม

ถ้าสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในโหมดไทม์เมอร์ มาจากขา Tx จะอยู่ในโหมดเคาน์เตอร์ ในการกำหนดว่าจะทำงานที่โหมดใด ทำได้โดยการเซตบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD



Timer/Counter Mode Control Register : TMOD

รูปที่ 3.9 แสดงรีจิสเตอร์ TMOD

หน้าที่ของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ TMOD

GATE เป็นบิตที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 โดยมีการกำหนดบิตดังนี้

- GATE = 0 กำหนดให้ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ทำงาน โดยจะถูกควบคุมจากบิต TR0 หรือ TR01 ในรีจิสเตอร์ TCON
- GATE = 1 กำหนดให้ไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ทำงาน โดยจะถูกควบคุมจากภายนอกที่ขา อินเตอร์รัพต์ INT0 หรือ INT1 ของMCS-51 พร้อมกับควบคุมจากบิต TR0 หรือ TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON ด้วยการควบคุม

ถ้ากำหนดให้ขาของเกจเป็นลอจิก "1" เมื่อผ่านตัวอินเวอเตอร์ จะทำให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 และถ้าให้อินพุตที่ขา อินเตอร์รัพต์ INT0 หรือ INT1 เป็นลอจิก "1" ก็ทำให้เอาต์พุตของ OR Gate เป็นลอจิก 1 ด้วย ถ้ากำหนดบิต TR0 หรือ TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON เป็นลอจิก "1" ทำให้สวิตช์ในส่วนของคอนโทรลปิดวงจร ถ้าหากที่ขา INT0 หรือ INT1 เป็นลอจิก "0" เอาต์พุต OR Gate ก็จะเป็นลอจิก "0" ส่งผลให้สวิตช์ส่วนของคอนโทรลเปิดวงจร

1. C/T เป็นการกำหนดฟังก์ชันการทำงานของไทม์เมอร์ว่า จะให้เป็นเคาน์เตอร์ (Countor) หรือไทม์เมอร์

- C/T = 0 กำหนดให้เป็นไทม์เมอร์ ซึ่งเป็นลักษณะของการตั้งกำหนดเวลา โดยใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C/T = 1 กำหนดให้เป็นฟังก์ชันการนับโดยให้รับสัญญาณอินพุตจากภายนอกที่ขา T0 และ T1

2. M1 ,M0 เป็นการกำหนดโหมดการทำงานของเคาน์เตอร์และ ไทม์เมอร์ ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมด ด้วยกันคือ โหมด 0 ,โหมด 1 ,โหมด 2 ,โหมด 3

ตารางที่ 3.1 โหมดการทำงานของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

M1	M0	โหมด	คำอธิบาย
0	0	0	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 13 บิต
0	1	1	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต
1	0	2	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต และโหลดค่าไบต์สูงไปยังไบต์ต่ำโดยอัตโนมัติเมื่อนับถึงค่า 00
1	1	3	แยกไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1

3.5.1.2 รีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control)

TCON เป็นรีจิสเตอร์พิเศษ (SFR) อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่ 88H มีขนาด 8 บิต ใช้สำหรับควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์และการเกิดอินเตอร์รัพต์ จะสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ในสภาวะเริ่มต้นของ MCS-51 เมื่อมีการรีเซตจะกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ TCON มีค่าเป็น 00000000_2

TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TF 1	TR 1	TF 0	TR 1	IE 1	IT 1	IE 0	IT 0

รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งของ Timer/Counter Control

หน้าที่ของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ TCON

- TF 1 เป็นบิตโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะเซต (กำหนดเป็นลอจิก 1) โดยฮาร์แวร์ และเมื่อไทม์เมอร์เกิดโอเวอร์โฟลว์จะทำการเคลียร์ (กำหนดเป็นลอจิก 0)โดยฮาร์ดแวร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ กระโดดไปทำโปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัพต์ (ISR)

- TR 1 เซตค่าโดยซอฟต์แวร์ สำหรับกำหนดให้ไทม์เมอร์ 1 ทำงาน กำหนดเป็นลอจิก “1” เมื่อให้ ไทม์เมอร์ 1 ทำงาน และกำหนดเป็นลอจิก “0” เมื่อให้ไทม์เมอร์ 1 หยุดทำงาน

- TF 0 มีหน้าที่เหมือนกับ TF1 แต่ใช้กับไทม์เมอร์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TR 0 เซตค่าโดยซอฟต์แวร์ สำหรับกำหนดให้ไทม์เมอร์ 0 ทำงาน กำหนดเป็นลอจิก “1” เมื่อให้ไทม์เมอร์ 0 ทำงาน และกำหนดเป็นลอจิก “0” เมื่อให้ไทม์เมอร์ 0 หยุดทำงาน

- IE 1 เป็นบิตที่แสดงไว้ว่ามีอินเตอร์รัพต์เกิดขึ้น จะเซต กำหนดเป็นลอจิก 1 โดยฮาร์ดแวร์ เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ขา INT1 และจะเคลียร์บิต กำหนดลอจิก 0 เมื่อประมวลผลอินเตอร์รัพต์เสร็จเรียบร้อย

- IT ใช้กำหนดรูปแบบของสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT 1 ว่ามีลักษณะอย่างไร ถ้าเป็นลอจิก 1 หมายความว่าจะเกิดอินเตอร์รัพต์เมื่อสัญญาณขอบขาลงเข้ามา ถ้าลอจิก 0 หมายความว่าจะเกิดอินเตอร์รัพต์เมื่อสัญญาณขอบขาขึ้นเข้ามา

- IE 0 มีหน้าที่เหมือนกับ IE1 แต่ใช้กับ INT0

- IT 0 มีหน้าที่เหมือนกับ IT1 แต่ใช้กับ INT0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

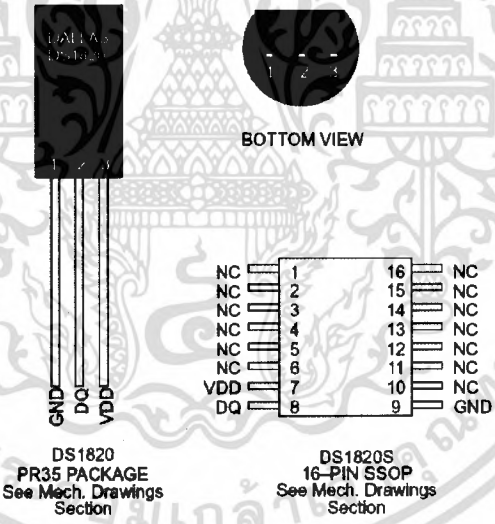
บทที่ 4
อุปกรณ์ตรวจจับ

4.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

4.1.1 คุณสมบัติของ DS1820

เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ติดแบบระบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวด์ ดังแสดงการจัดขาของไอซี DS1820 ในรูปที่ 4.1 และมีโครงสร้างการทำงานภายในแสดง ในรูปที่ 4.2

ไอซีแต่ละตัวจะมีเลขหมายประจำตัวอยู่ ทำให้สามารถต่อได้หลาย ๆ ตัวบนสายสัญญาณเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นการง่าย ที่จะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์เพียงตัวเดียว ในการควบคุมไอซีที่กระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่กว้าง ๆ จากข้อดีตรงนี้ เราสารถนำไปปรับใช้ได้ในงานควบคุมต่าง ๆ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร การควบคุมอุณหภูมิของน้ำและระบบควบคุมอื่น ๆ อีกมากมาย



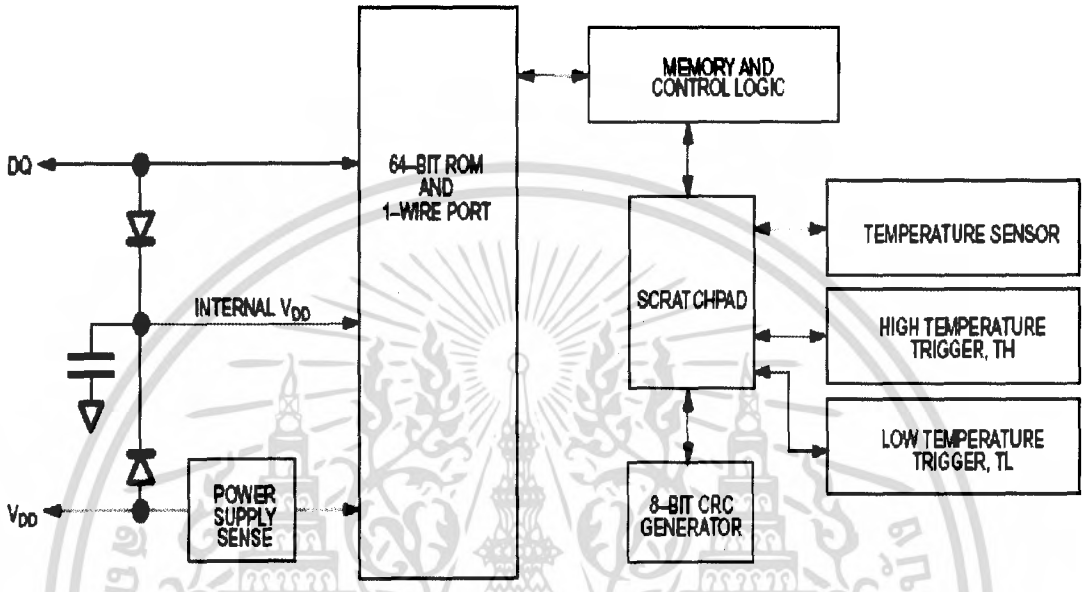
รูปที่ 4.1 แสดงตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของขา DS1820

16-PIN SSOP	PR35	สัญลักษณ์	รายละเอียด
9	1	GND	Ground
8	2	DQ	Data Input/Output pin
7	3	V_{DD}	Optional V_{DD} pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1820 ใช้การเชื่อมต่อบัสแบบอนุกรมหนึ่งสาย ซึ่งคิดค้นโดยดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ มีการกำหนดสภาวะปกติไว้ที่ลอจิกสูง จะสามารถทำได้ด้วยการต่อตัวต้านทาน 4.7 kΩ พูลอัพกับไฟเลี้ยง +5V ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาต่อเข้ากับระบบบัสนี้ จึงต้องออกแบบให้ภาคเอาต์พุตที่ต้องต่อสายสัญญาณ มีลักษณะเป็นคอลเล็กเตอร์เปิดหรือเดรนเปิด



รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างภายในของ DS1820

4.1.2 วิธีการวัดอุณหภูมิ

หัวใจสำคัญของ DS1820 จะอยู่ที่ตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่ เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ มีการจัดสรรหน่วยความจำ ตามรูปที่ 4.3

เมื่อวัดอุณหภูมิได้ ก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดไบต์ที่ 0 และ 1 เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียส และ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส หรือ -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ โดยค่าขององศาฟาเรนไฮต์ ต้องใช้การแปลงหน่วยเข้ามาช่วย ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลต้องใช้เวลาประมาณ 200มิลลิวินาที นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และแจ้งเตือนเมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่าอุณหภูมิที่กำหนดนี้ จะเก็บไว้ที่สแครตช์แพดในไบต์ที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ไบต์
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์ต่ำ (LSB)	0
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์สูง (LSB)	1
ข้อมูลอุณหภูมิค่าสูง (TL)	2
ข้อมูลอุณหภูมิค่าต่ำ (TH)	3
สำรองไว้	4
สำรองไว้	5
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับ	6
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับต่อ C	7
CRC	8

รูปที่ 4.3 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพด

ค่าของอุณหภูมิในสแครตช์แพดนั้น จะอยู่ในรูปของทูคอมพลีเมนต์ (two's complement) ตามรูปที่ 4.4 โดยบิตบอกเครื่องหมาย (S) หรือ MSB จะเป็นตัวบอกว่าอุณหภูมินั้นมีค่าเป็นบวกหรือมีค่าเป็นลบ S = 0 เป็นบวกและ S = 1 เป็นลบ ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.2 เป็นค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากสแครตช์แพด

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	S	S	S

รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบข้อมูลของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างอุณหภูมิที่วัดได้

Temperature	Output (Binary)	Output (Hex)
+85.0	0000 0000 1010 1010	00AAh
+25.0	0000 0000 0011 0010	0032h
+0.5	0000 0000 0000 0001	0001h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1111	FFFFh
-25.0	1111 1111 1100 1110	FFCEh
-55.0	1111 1111 1001 0010	FF92h

4.1.3 64-บิตเลเซอร์รอม (Lasered ROM)

เป็นที่เก็บหมายเลขประจำตัวของ DS1820 ซึ่งมีความจุ 64 บิต โดย 8 บิตแรกเป็นรหัสของตระกูล (รหัส DS1820 คือ 10h) 48 บิต ถัดมาเป็นเลขหมายเฉพาะของไอซีแต่ละตัวและ 8 บิตสุดท้ายเป็นรหัสตรวจสอบความผิดพลาด CRC ซึ่งคำนวณได้จาก 56 บิตแรก ผู้ใช้งานสามารถอ่านข้อมูลประจำตัวของอุปกรณ์ได้ด้วยการใช้คำสั่งอ่านหน่วยความจำรอม (Read ROM) ในกรณีที่บนสายสัญญาณมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียว ไม่จำเป็นต้องอ้างแอดเดรสในการติดต่อ เรียกว่าการไม่ติดต่อหน่วยความจำรอมหรือ สคริปรอม (Skip Rom)

8-BIT CRC		48-BIT SERIAL NUMBER		8-BIT FAMILY CODE(10h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

รูปที่ 4.5 แสดงการเรียงลำดับของ ROM Code

4.1.4 ระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย (1-Wire Serial Bus)

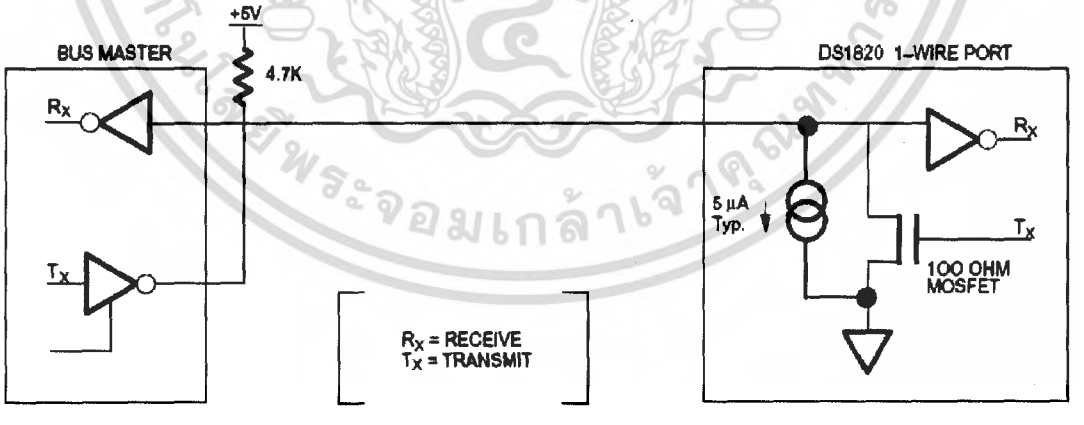
ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ผู้คิดค้น คือ ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกระบบสื่อสารแบบนี้ว่า ระบบสื่อสารข้อมูลดัลลัสหนึ่งสาย (The Dallas 1-Wire Bus) ระบบสื่อสารข้อมูลแบบนี้เป็นระบบที่มีความชาญฉลาดและใช้สายสัญญาณจำนวนหนึ่งสายเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณนาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอื่น ๆ เนื่องจากสายข้อมูลนั้นจะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณ ในแต่ละช่องเวลาหรือไทม์สล็อต (time-slot) โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่าง ๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบของการถ่ายทอดข้อมูลเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต โดยไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ ระบบสื่อสารแบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูล ระหว่างไอซีบนแผงวงจรเดียวกัน หรือสร้างเป็นโครงข่ายสื่อสารแบบทวิสต์แพร์ก็ได้

4.1.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย

สายสัญญาณบนระบบบัสแบบหนึ่งสายนี้จะเป็นสายสัญญาณแบบสองทิศทาง แต่ข้อมูลจะสามารถเดินได้ในทิศทางเดียวได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ นั่นคือมีลักษณะคล้ายกับระบบสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็ก (half-plex) อุปกรณ์บนระบบบัส ต้องมีการระบุอย่างชัดเจนว่าตัวใดเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์ ตัวใดเป็นอุปกรณ์สเลฟ โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์มาสเตอร์คือไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนอุปกรณ์สเลฟได้แก่ ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ , ไอซีหน่วยความจำแรม เป็นต้น อุปกรณ์มาสเตอร์เป็นตัวจัดเตรียมความพร้อมของสายสัญญาณและควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลบนสายสัญญาณนั้น ข้อมูลทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นข้อมูลควบคุม หรือข้อมูลใช้งานจะถูกส่งบนสายสัญญาณที่มีอยู่เพียงเส้นเดียวนี้ทั้งหมด ในระหว่างการทำงานอุปกรณ์มาสเตอร์และสเลฟสามารถเป็นได้ทั้งตัวส่งและตัวรับ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการทำงานในขณะนั้น ยกตัวอย่าง หากมีการเขียนข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์สเลฟ ตัวส่งคืออุปกรณ์มาสเตอร์ ตัวรับคืออุปกรณ์สเลฟ ในทางตรงกันข้าม หากเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ และตัวรับคืออุปกรณ์มาสเตอร์ ในระบบบัส 1 ระบบต้องมีอุปกรณ์มาสเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้น ในรูปที่ 4.6 แสดงการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายเบื้องต้น



รูปที่ 4.6 แสดงการเชื่อมต่อบนระบบบัสหนึ่งสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.2 รูปแบบการติดต่อสื่อสาร

โปรโตคอลในการติดต่อสื่อสาร ผ่านสายสัญญาณอนุกรมหนึ่งสาย แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบคือ

1. การเริ่มการติดต่อ

ในทุก ๆ การติดต่อผ่านทางสายสัญญาณ จะต้องเริ่มการติดต่อก่อนเสมอประกอบด้วยการรีเซตสายสัญญาณจากอุปกรณ์มาสเตอร์ (Resetpulse) ตามด้วยการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟ (Presence pulse) จากนั้นจึงสามารถทำการติดต่อในรูปแบบอื่น ๆ ได้

2. คำสั่งเกี่ยวกับรอม

เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ได้รับการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟ (Presence pulse) ดังนั้นอุปกรณ์มาสเตอร์จะสามารถสั่งงานต่อได้โดยจะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับรอม ซึ่งมีทั้งหมด 5 คำสั่ง แต่ละคำสั่งมีความยาว 8 บิต ได้แก่

- Read ROM [33h] เป็นคำสั่งอ่านเลขหมายประจำตัวของไอซีแต่ละตัว โดยมีข้อจำกัด คือ ต้องมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวบนสายสัญญาณ ถ้ามีอุปกรณ์สเลฟมากกว่า 1 ตัว จะทำให้เกิดการทับกันของสัญญาณ

- Match ROM [55h] เป็นคำสั่งที่จะใช้เลือกว่าจะทำงานกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ตรงกับเลขหมายที่ส่งตามออกไป อุปกรณ์สเลฟตัวอื่น ๆ บนสายสัญญาณที่มีเลขหมายไม่ตรงจะหยุดรอเริ่มการติดต่อใหม่

- Skip ROM [CCh] เป็นคำสั่งที่ใช้เมื่อมีอุปกรณ์สเลฟตัวเดียวบนสายสัญญาณ และไม่ต้องการส่งเลขหมายประจำตัวเพื่อยืนยันคำสั่ง จะทำการข้ามการตรวจสอบเลขหมายไป แต่ถ้าหากมีอุปกรณ์สเลฟมากกว่าหนึ่งตัวแล้วส่งคำสั่งนี้ออกไปจะเกิดการทับกันของข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์สเลฟทุกตัวทำงานพร้อมกันหมด

- Search ROM [F0h] ในตอนเริ่มต้นของระบบ อุปกรณ์มาสเตอร์จะไม่สามารถทราบได้เลยว่าในสายสัญญาณมีอุปกรณ์สเลฟทั้งหมดกี่ตัว และมีเลขหมายอะไร จึงต้องใช้คำสั่งนี้ในการค้นหาหมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์สเลฟทั้งหมด

- Alarm Search [ECh] โดยคำสั่งนี้จะมีการทำงานเหมือนกับ Search ROM แต่อุปกรณ์สเลฟที่จะตอบรับกลับมา จะเป็นตัวที่วัดอุณหภูมิได้สูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดเท่านั้น

3. คำสั่งเกี่ยวกับหน่วยความจำ

หน่วยความจำในที่นี้คือสแครชแพด คำสั่งกลุ่มนี้จะเป็นการอ่านเขียนหรือแปล ในนั้น เพื่อนำไปใช้เกี่ยวกับการอ่านอุณหภูมิ คำสั่งมีทั้ง 6 คำสั่ง แต่ละคำสั่งมีความยาว 8 บิต ได้แก่

- Write Scratchpad [4Eh] เป็นคำสั่งที่เขียนข้อมูลลงในสแครชแพด ตำแหน่งที่ 2 และ ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการตรวจเช็คอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Read Scratchpad [BEh] เป็นคำสั่งที่อ่านข้อมูลจากสแครชแพดตำแหน่งที่ 0 และ 1 ซึ่งเก็บค่าอุณหภูมิไว้

- Copy Scratchpad [48h] ซึ่งเป็นการให้อุปกรณ์สเลฟ ทำการก๊อปปี้สแครชแพด ตำแหน่งที่ 2 และ 3 ไปไว้ที่หน่วยจำ E^2 กลับไปยังสแครชแพด

- Convert T [44h] เป็นคำสั่งให้ทำการอ่านอุณหภูมิในขณะนั้น และส่งไปเก็บไว้ที่สแครชแพด

- Recall E^2 [B8h] เป็นคำสั่งที่ส่งค่าในหน่วยความจำ E^2 กลับไปยัง สแครชแพด

- Read Power Supply [B4h] เป็นคำสั่งเพื่อต้องการให้ อุปกรณ์สเลฟนั้น ๆ ทำการต่อไฟเลี้ยงแบบ parasite หรือแบบ external

4. การแลกเปลี่ยนข้อมูล

การแลกเปลี่ยนข้อมูลของระบบบัสอนุกรมหนึ่งสายนั้น เมื่ออุปกรณ์ตัวใดทำการส่ง อุปกรณ์อีกตัวก็ต้องทำการรับ จึงต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการติดต่อสื่อสาร เพื่อให้อีกฝ่ายทราบว่าฝ่ายส่งทำการส่งข้อมูลอะไรมา ระยะเวลาในการส่งนี้ เรียกว่า ไทม์สล๊อต (Time-slot) โดยสามารถอ่านรายละเอียดของ ไทม์สล๊อตแบบต่าง ๆ ได้ในหัวข้อถัดไป

4.1.4.3 คุณสมบัติของไทม์สล็อต

อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวบนระบบบัสหนึ่งสายนี้ จะที่สามารถทำการอินนิเชียลสายสัญญาณได้ โดยอุปกรณ์มาสเตอร์จะกำหนดจุดเริ่มต้นของไทม์สล็อต ด้วยการทำให้สัญญาณเป็นลอจิกต่ำในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นก็จะกลับมาเป็นลอจิกสูง ถ้าหากอุปกรณ์สเลฟต้องการส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์มาสเตอร์ อุปกรณ์สเลฟจะเป็นตัวควบคุม สภาวะของสายสัญญาณต่อไป จนเสร็จสิ้นกระบวนการแต่ถ้าหากอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการส่งข้อมูลก็จะสามารถดำเนินการต่อไปได้

ฟังก์ชันของไทม์สล็อตที่กำหนด โดยอุปกรณ์มาสเตอร์ที่มีด้วยกัน 4 ฟังก์ชันก็คือ ไทม์สล็อตของการรีเซต (Reset) , การเขียนข้อมูล “1” (Write One) , การเขียนข้อมูล “0” (Write Zero) และการอ่านข้อมูล (Read data) ไทม์สล็อตการรีเซตใช้ในการเริ่มการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ ในขณะที่ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล “0” และ “1” ใช้สำหรับการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟผ่านสายสัญญาณของระบบ ส่วนไทม์สล็อตการอ่านใช้สำหรับการอ่านข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์สเลฟ

ทางด้านอุปกรณ์สเลฟมีฟังก์ชันของไทม์สล็อตอยู่ทั้งสิ้น 3 ฟังก์ชันคือ ไทม์สล็อตของการตอบสนอง (Presence) , การเขียนข้อมูล “1” (Write One) และการเขียนข้อมูล “0” (Write Zero) ไทม์สล็อตของการตอบสนองใช้สำหรับการตอบสนองการติดต่อจากอุปกรณ์มาสเตอร์ โดยอุปกรณ์สเลฟ ตัวที่ถูกเลือกจากอุปกรณ์มาสเตอร์ จะต้องส่งสัญญาณตอบสนองลงบนสายสัญญาณเพื่อแจ้งให้อุปกรณ์มาสเตอร์ทราบว่า ขณะนี้สามารถติดต่อกันได้แล้ว ซึ่งส่วนไทม์สล็อตการเขียน

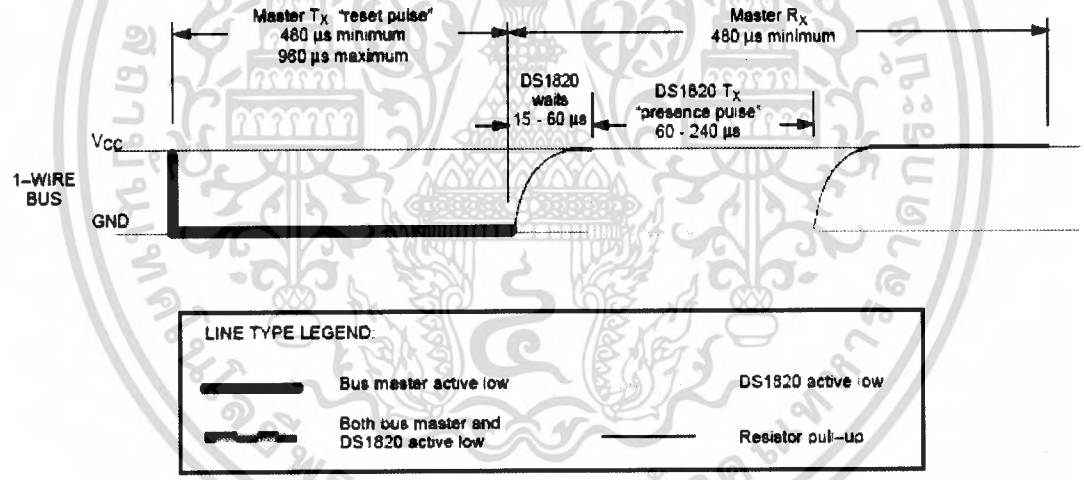
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล "0" และ "1" ใช้สำหรับการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ผ่านสายสัญญาณของระบบ ซึ่งจะสัมพันธ์กับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

การแยกฟังก์ชันของไทม์สล็อตนั้น จะใช้ความยาวของคาบเวลา และลักษณะของรูปสัญญาณเป็นตัวกำหนดและทุกครั้งมีการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชัน โดยจะต้องทำให้สายสัญญาณอยู่ในสภาวะส่งเสมอ ซึ่งก็คือการทำให้สัญญาณเป็นลอจิกสูงอย่างน้อยเป็นเวลา 1 ไมโครวินาที

4.1.2.4 ไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบสนอง

อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้เกิดการรีเซตบนสายสัญญาณ เพื่อแจ้งให้แก่อุปกรณ์สเลฟ โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำ ต่อเนื่องโดยประมาณ 480 ไมโครวินาที และจะต้องทำให้สายสัญญาณกลับเป็นลอจิกสูงภายใน 480 ไมโครวินาทีหลังจากนั้น ถ้าหากมีอุปกรณ์สเลฟอยู่บนสายสัญญาณ จะต้องมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตนั้นด้วยสัญญาณตอบสนอง (Presence) โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องนานประมาณ 60-240 ไมโครวินาที จากนั้นสัญญาณรีเซตปรากฏประมาณ 15-60 ไมโครวินาที ในรูปที่ 4.7 แสดงไทม์สล็อตของการรีเซตและการตอบสนอง



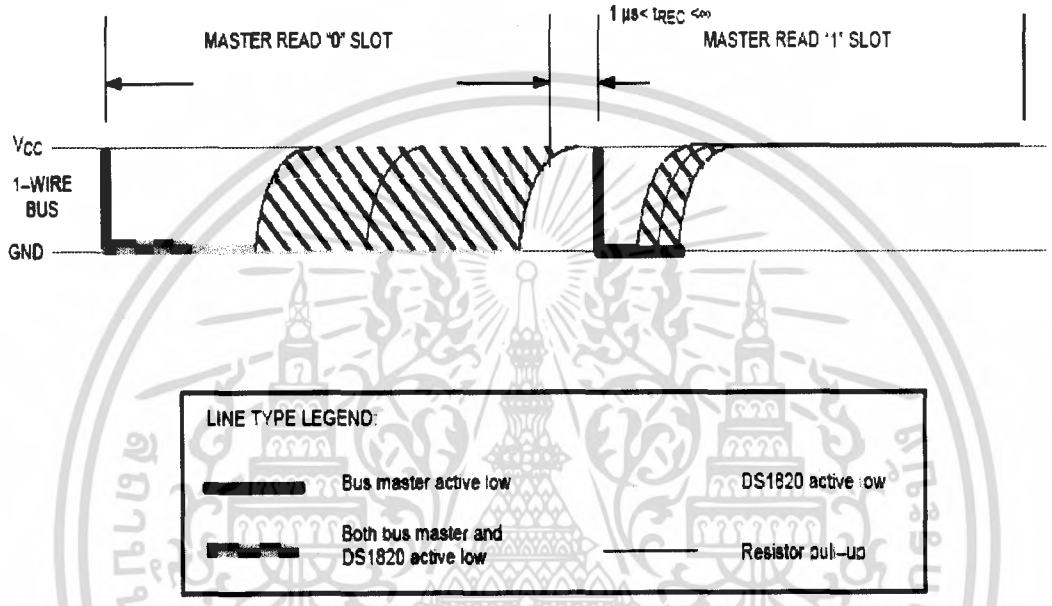
รูปที่ 4.7 แสดงไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย

4.1.4.5 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ และการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1-15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูง อุปกรณ์สเลฟจะส่งข้อมูลมาให้อุปกรณ์มาสเตอร์ โดยถ้าข้อมูลเป็น "0" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาสู่สภาวะลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้าเป็นข้อมูล "1" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60-120 ไมโครวินาที ในขณะที่อุปกรณ์มาสเตอร์จะใช้เวลาในการอ่านข้อมูลอยู่ระหว่าง 15-60 ไมโครวินาที หลังจากเริ่มไทม์สล็อตนี้ ในรูปที่ 4.8 แสดงไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งก็จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ และไทม์สล็อตทั้งสองจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน กล่าวคือ เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์อ่าน อุปกรณ์สเลฟก็ต้องทำการเขียน



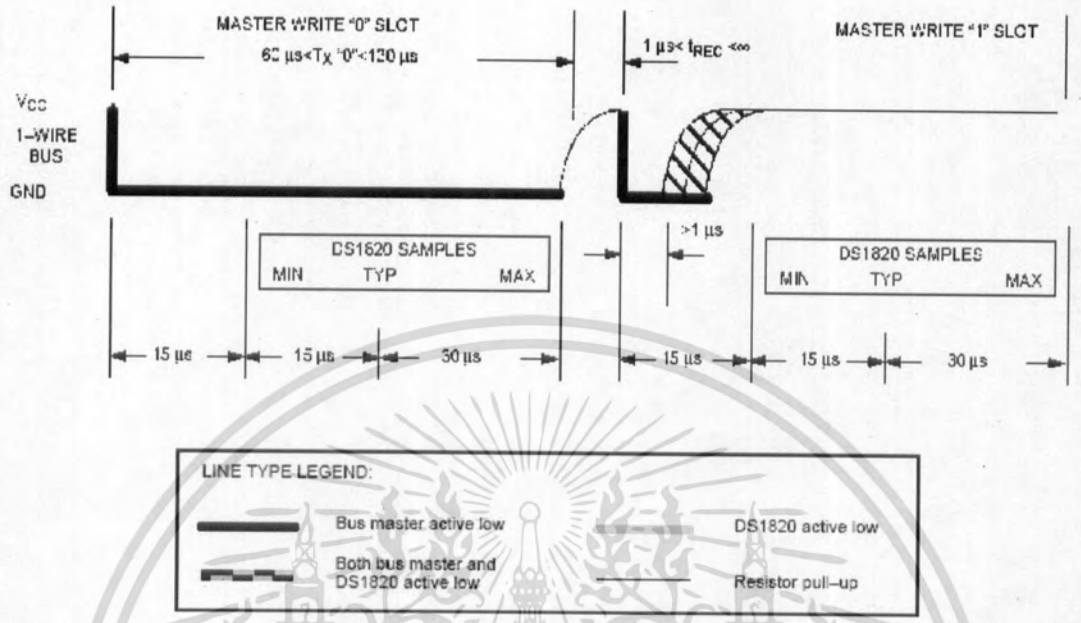
รูปที่ 4.8 แสดงไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ และการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

4.1.2.6 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

เมื่ออุปกรณ์สเลฟต้องการเขียนข้อมูล อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1-15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะกลับมาเป็นลอจิกสูง แล้วดำเนินการเขียนข้อมูลได้ทันที ถ้าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอุปกรณ์สเลฟเป็น "0" อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำนานประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าเป็นข้อมูล "1" อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที จะรวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้โดยประมาณ 60-120 ไมโครวินาที ในรูปที่ 4.9 แสดงไทม์สล็อตในการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งก็จะมีลักษณะเหมือนกับการอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

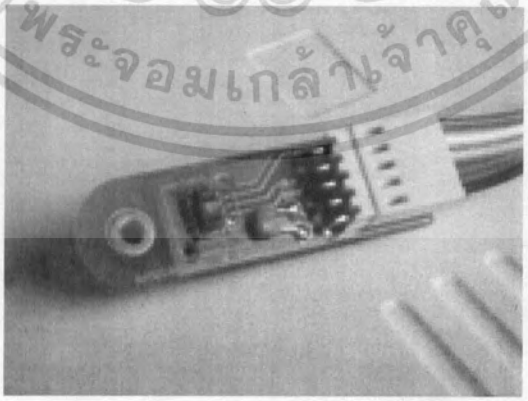
ของอุปกรณ์สเลและไทม์สล็อตทั้งสอง ดังนั้นจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน กล่าวคือ เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์เขียน อุปกรณ์สเลฟก็ต้องทำการอ่าน



รูปที่ 4.9 แสดงไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ และการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

4.2 ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SHT15)

ในส่วนของการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก ของอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งแบบฉลาดเราจะใช้ตัวเซนเซอร์ SHT15



รูปที่ 4.10 แสดงตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (SHT15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 คุณสมบัติของ SHT15

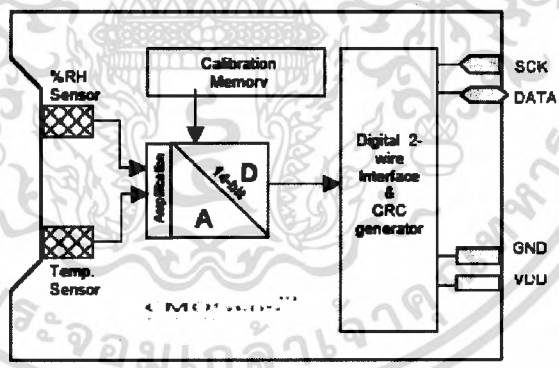
- ทำหน้าที่เป็นทั้งตัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตัวถังเดียวกัน
- สามารถกำหนดความละเอียดข้อมูลที่ประมวลผลได้ว่าจะใช้ 8 บิต , 12 บิต หรือ14 บิต
- เสถียรภาพและความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- มีความแม่นยำอยู่ที่ ±2.0 %RH และ ±0.4 ที่ 5-40 °C
- มีย่านการวัดอยู่ที่ 0 ถึง 100 %RH และ -40 ถึง 123.8 °C
- มีขนาดเล็กและใช้พลังงานต่ำ
- ทำงานในย่านแรงดันไฟเลี้ยง +2.4 ถึง +5.5 V

4.2.2 ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของ SHT15

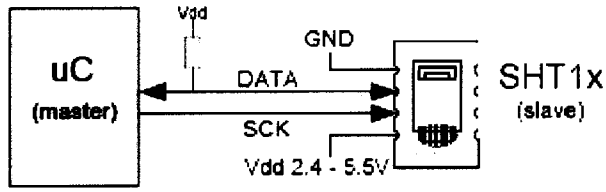
- ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK) ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล

- ขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล (DATA) เป็นขาสัญญาณสำหรับรับ/ส่งข้อมูล ในการใช้งานควรต่อตัวต้านทาน 10 kΩ พูลอัปที่ขานี้

- ขาไฟเลี้ยง Vdd ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 2.4 ถึง 5.5 V
- ขา GND



รูปที่ 4.11 แสดงBlock Diagram ของ SHT15



รูปที่ 4.12 แสดงการติดต่อสัญญาณของ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT15

4.2.3.1 การส่งคำสั่ง (Sending a Command)

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูล คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณของ SCK และ DATA เพื่อจะให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission Start หรือภาวะเริ่มส่งสัญญาณ นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือ คำสั่ง

รูปที่ 4.13 แสดงรูปแบบสัญญาณของภาวะเริ่มส่งสัญญาณ

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับการควบคุมการทำงานของ SHT15

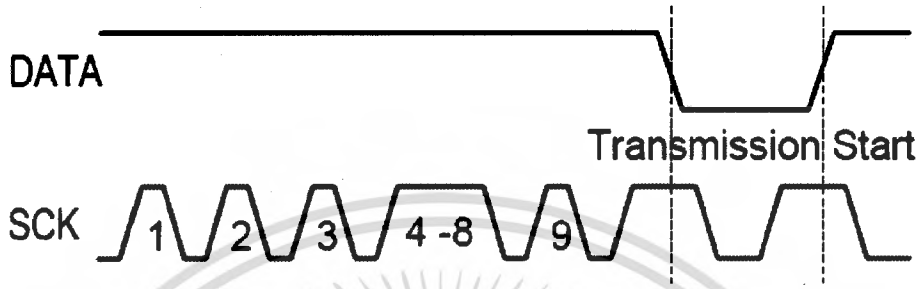
คำสั่ง	ข้อมูลคำสั่ง
สงวนไว้	0000x
อ่านค่าอุณหภูมิ (Measure Temperature)	00011
อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Measure Humidity)	00101
อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ (Read Status Register)	00111
สงวนไว้	0101x ถึง 1110x
รีเซตการทำงาน (Soft Reset) ทำให้รีจิสเตอร์กำหนดสถานะกลับไปสู่ค่า Default และต้องใช้เวลาในการทำงานอย่างน้อย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

หลังจากสร้างเงื่อนไขของภาวะส่งสัญญาณแล้วสามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที โดยข้อมูลคำสั่งต่างๆ สำหรับการทำงานแสดงตามตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 รีเซตการเชื่อมต่อ (Connection reset sequence)

เมื่อจะเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ SHT15 จะต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" นานเท่ากับช่วงเวลาที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ SCK 9 ลูกติดต่อกัน แล้วตามด้วยการสร้างภาวะเริ่มต้นการส่งสัญญาณ



รูปที่ 4.14 แสดงรูปแบบสัญญาณของการรีเซตการเชื่อมต่อ

4.2.3.3 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การอ่านข้อมูลดิบ ของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission Start แล้ว ตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งของการอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 โดย SHT15 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเวลาที่ SHT15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล

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

4.2.3.4 การคำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจาก SHT15 สามารถจะเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 14 บิต หรือ 12 บิต โดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่จำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลดิบจาก SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการของทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา สามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดจากผู้ผลิต SHT15 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Temperature = d_1 + (d_2 \times SO_T)$$

โดยที่ Temperature คือ ค่าอุณหภูมิจริง

d_1 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา V ของ SHT15 ดูในตารางที่ 4.5

d_2 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT15 ดูในตารางที่ 4.5

SO_T คือค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จาก SHT15

ตารางที่ 4.5 แสดงการกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิเพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้

ไฟเลี้ยง	d_1 [°C]	d_1 [°F]
+5V	-40.00	-40.00
+4V	-39.75	-39.50
+3.5V	-39.66	-39.35
+3V	-39.60	-39.28
+2.5V	-39.55	-39.23

ความละเอียด	d_2 [°C]	d_2 [°F]
14 บิต	0.01	0.018
12 บิต	0.04	0.072

4.2.3.5 คำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก SHT15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 12 บิตหรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งหลักโดยที่จำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลดิบจาก SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงจะใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดจากผู้ผลิต SHT15 ดังนี้

$$RH_{ture} = (T - 25) \times [t_1 + (t_2 \times SO_{RH})] + RH_{linear}$$

$$RH_{linear} = c_1 + (c_2 \times SO_{RH}) + [c_3 \times (SO_{RH})^2]$$

โดยที่ RH_{ture} คือค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการที่ 1

t_1 และ t_2 คือค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 4.6

c_1 , c_2 และ c_3 คือค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 4.6

SO_{RH} คือค่าความชื้นสัมพัทธ์ดิบที่อ่านได้จาก SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงการกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้

ความละเอียด	c_1	c_2	c_3
12 บิต	-4	0.0405	-0.0000028
8 บิต	-4	0.6480	-0.00072

ความละเอียด	t_1	t_2
12 บิต	0.01	0.00008
8 บิต	0.01	0.00128

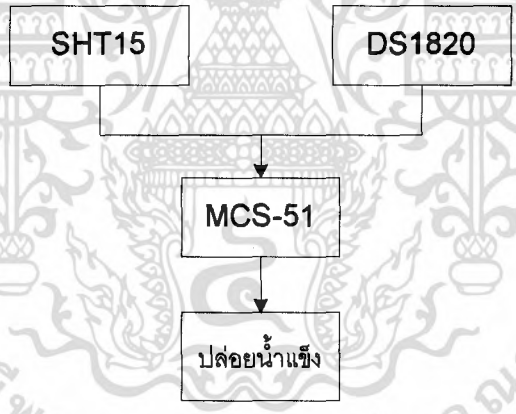
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการทดลอง

5.1 การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง

จากระบบเครื่องทำน้ำแข็งในปัจจุบันนั้น ใน 1 รอบการทำงานจะใช้วิธีการตั้งเวลา ซึ่งจะได้น้ำแข็งออกมามีรูปลักษณะได้ไม่ตามต้องการ เพราะค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกในแต่ละวันจะไม่คงที่ จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งขึ้น โดยใช้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายนอกมาเป็นตัวควบคุมการตั้งเวลาในการทำงานแต่ละหนึ่งรอบ เพื่อจะได้ก้อนน้ำแข็งที่ต้องการและเป็นการประหยัดพลังงานและเวลา โดยจะมีลักษณะการออกแบบดังรูปที่ 5.1 คือเริ่มต้นใช้ SHT15 วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บริเวณเครื่องทำน้ำแข็ง และใช้ตัวตรวจจับค่าอุณหภูมิ DS1820 วัดค่าอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำก่อนที่จะเข้าเครื่องทำน้ำแข็ง หลังจากนั้นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะนำค่าที่วัดได้มาทำการคำนวณรอบเวลาในการทำน้ำแข็ง เมื่อเครื่องทำน้ำแข็งทำงานได้ตามเวลาที่คำนวณได้ก็จะปล่อยน้ำแข็งออกมา



รูปที่ 5.1 แสดงการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง

5.2 การเชื่อมต่อของ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2.1 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820

ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS1820 เพื่อที่กำหนดรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่ใช้มากที่สุดมีด้วยกัน 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอมหรือสคิปรอม เนื่องจากในการใช้งาน DS1820 โดยปกติแล้วจะมี DS1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรอมเพื่ออ่านข้อมูล ข้อมูลของคำสั่งสคิปรอมที่ต้องส่งให้ DS1820 คือ OCCH

2. คำสั่งแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ DS1820 จะต้องทำการวนลูปรออย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ได้ใช้เวลานี้ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลมาเก็บไว้ในสแครตช์แพด

3. คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครตช์แพด มีค่าเท่ากับ OBEH เมื่อส่งคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกมาทั้งหมด 9 ไบต์

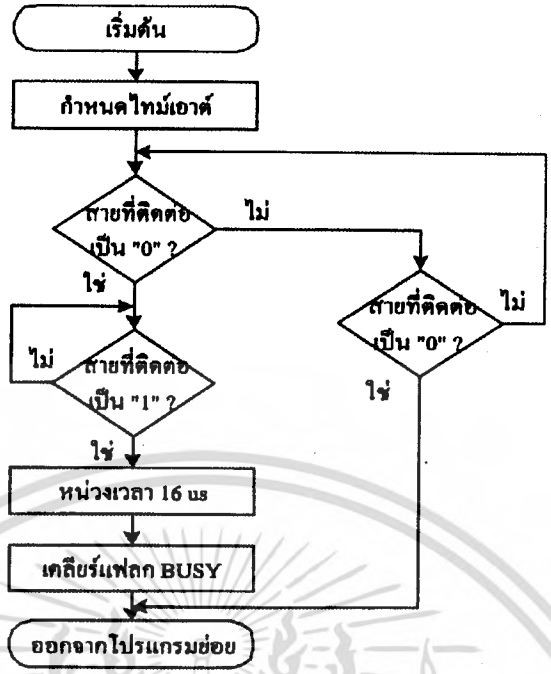
5.2.2 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การเชื่อมต่อจะใช้ขาพอร์ตเพียง 1 ขาเท่านั้น สำหรับการเชื่อมต่อกับ DS1820 โดยต้องมีตัวต้านทานค่า 4.7 kΩ ต่อพลูอัปเข้ากับไฟเลี้ยง +5 V จากนั้นจึงจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกันโดยใช้รูปแบบการติดต่อมาตรฐานระบบบัสสายของดัลลัส

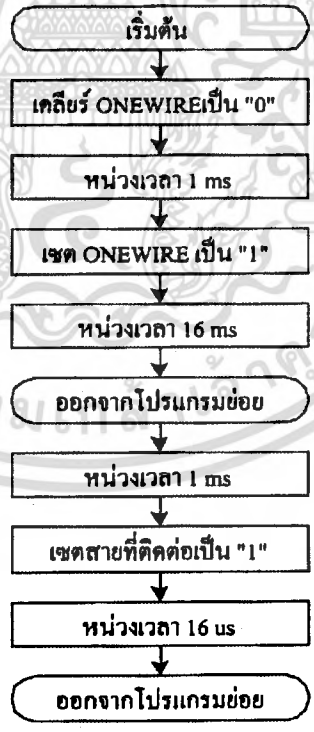
5.2.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ DS1820

จากรายละเอียดของรูปแบบการสื่อสารในระบบบัสหนึ่งสายที่กล่าวมาตั้งแต่ต้น จึงสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการเขียนโปรแกรมติดต่อกัน โดยการจะต้องเขียนโปรแกรมย่อยเพื่อสร้างไทม์สล็อตของฟังก์ชั่น ๆ ดังแสดงรายละเอียดของโฟลวชาร์ตและโปรแกรมย่อยในรูป 5.2 และ 5.3 เริ่มจากโปรแกรมย่อยการรีเซตโปรแกรมย่อยรอการตอบรับ โปรแกรมย่อยการอ่านและเขียนข้อมูลกับ DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



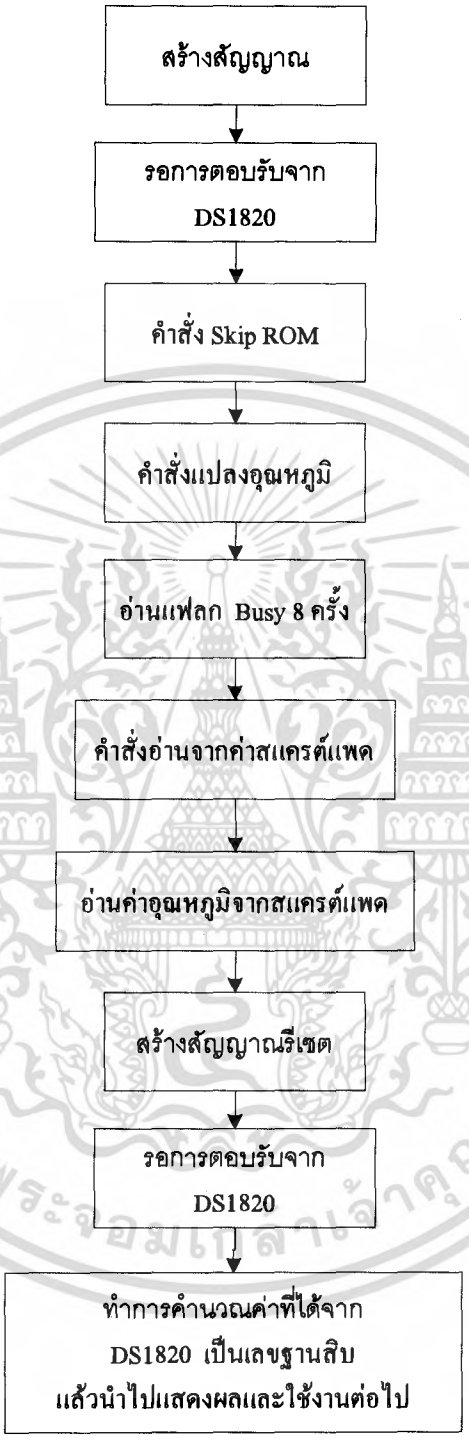
รูปที่ 5.2 โฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยการรีเซต



รูปที่ 5.3 แสดงโฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยรอการตอบรับจาก DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 โฟลวชาร์ตแสดงขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820

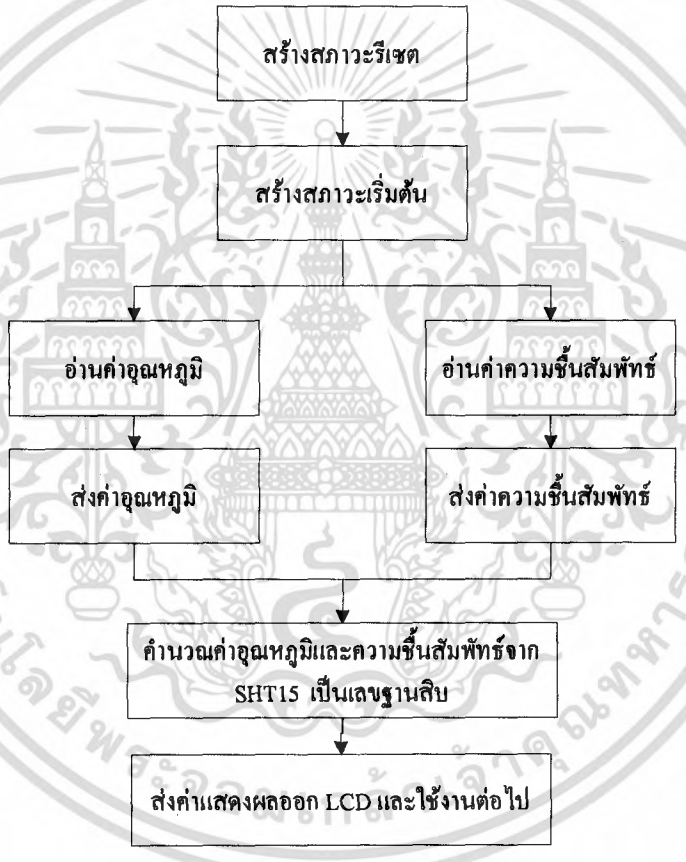


รูปที่ 5.4 แสดงโฟลวชาร์ตขั้นตอนการติดต่อกับ DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเชื่อมต่อของ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

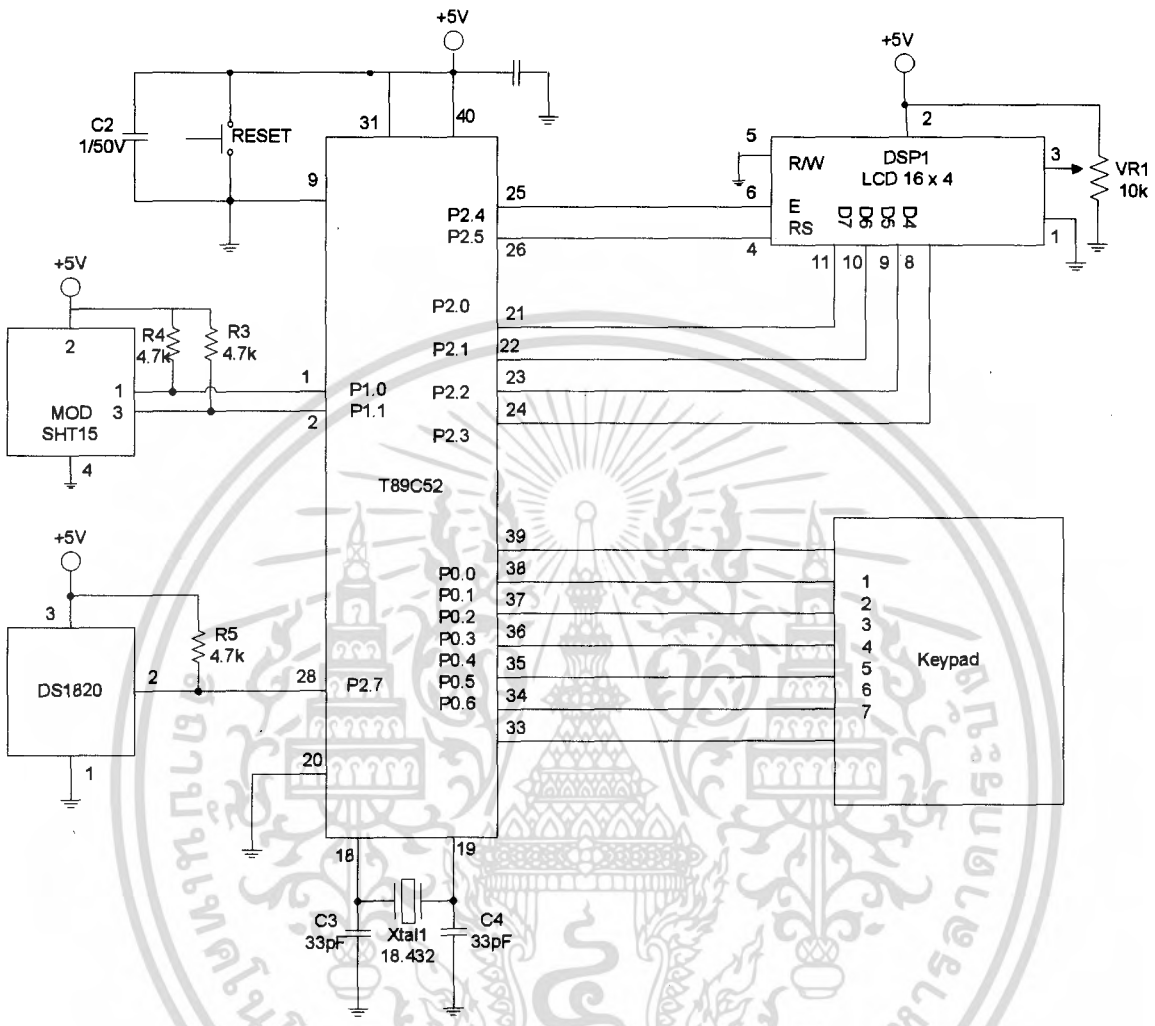
ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จึงจำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณค่า SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission Start หรือภาวะเริ่มส่งสัญญาณ นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง หลังจากสร้างเงื่อนไขภาวะส่งสัญญาณแล้ว สามารถจะส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที โดยเลือกว่าจะให้อ่านค่าอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ แล้วนำค่าที่ได้นำมาคำนวณหาค่าจริง ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แสดงโฟลวชาร์ตขั้นตอนการติดต่อกับ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วงจรการติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 DS1820 และ SHT15



รูปที่ 5.6 แสดงการต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การออกแบบโปรแกรม

```
#include "reg52.h"
#include "absacc.h"
#include "intrins.h"
#include "testlcdno5.c"

sbit Row0 = P0^0;
sbit Row1 = P0^1;
sbit Row2 = P0^2;
sbit Row3 = P0^3;

#define MEASURE_TEMP 0x03
#define MEASURE_HUMI 0x05

#define TEMP 0
#define HUMI 1

#define C1 -4.0
#define C2 0.0405
#define C3 -0.0000028

#define T1 0.01
#define T2 0.00008

sbit DATA = P1^0;
sbit SCK = P1^1;

sbit DQ = P2^7;

sbit BUZ = P2^6;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/**********************************sht15**********************************/

void Delay_sht15(unsigned int x)
{int i,j;
for(i=0;i<x;i++)
{
for(j=0;j<300;j++){}
}
}

void wait_sht15()
{
int x;
for(x=0;x<6;x++)
{
_nop_();
}
}

void sht15_write(unsigned int value)
{

unsigned int i;
for(i=0x80;i>0;i/=2)
{
if(i & value)
DATA = 1;
else
DATA = 0;
SCK = 1;
wait_sht15();
SCK = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
DATA = 1;
SCK = 1;
SCK = 0;
}

int sht15_read()
{
unsigned int i,value;
value=0;
DATA = 1;
for(i=0x80;i>0;i/=2)
{
SCK = 1;
if(DATA)
value = value | i;
SCK = 0;
}
SCK = 1;
wait_sht15();
SCK = 0;
DATA = 1;
return(value);
}

void transmission_start(void)
{
DATA = 1;
SCK = 0;
wait_sht15();
SCK = 1;
wait_sht15();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DATA = 0;
wait_sht15();
SCK = 0;
wait_sht15();
SCK = 1;
wait_sht15();
DATA = 1;
wait_sht15();
SCK = 0;
}

void connection_reset()
{
unsigned int i;
DATA = 1;
SCK = 0;
for(i=0;i<9;i++)
{
SCK = 1;
wait_sht15();
SCK = 0;
}
transmission_start();
}

int sht15_read_measure(unsigned int measure_sel)
{
int value;
transmission_start();
if(measure_sel==TEMP)
{
sht15_write(MEASURE_TEMP);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Delay_sht15(270);
}
else if(measure_sel==HUMI)
{
sht15_write(MEASURE_HUMI);
Delay_sht15(80);
}
value = sht15_read();
value <<= 8;

value = value + sht15_read();
return(value);
}

float read_HT_float(unsigned int measure_sel)
{
float so_rh,so_t,rh_linear,rh_true,temp;
so_rh = sht15_read_measure(HUMI);
so_t = sht15_read_measure(TEMP);

temp = so_t*0.01 - 40;
rh_linear = C1 + C2*so_rh + C3*so_rh*so_rh;
rh_true = (temp-25)*(T1+T2*so_rh)+rh_linear;
if(measure_sel==TEMP)
{
return(temp);
}
else if(measure_sel==HUMI)
{
return(rh_true);
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/**********************keypad**********************/

unsigned char Scan_Key(void)
{

P0 = 0xEF;
if(Row0 == 0){return(11);}
if(Row1 == 0){return(9);}
if(Row2 == 0){return(6);}
if(Row3 == 0){return(3);}

P0 = 0xDF;
if(Row0 == 0){return(0);}
if(Row1 == 0){return(8);}
if(Row2 == 0){return(5);}
if(Row3 == 0){return(2);}

P0 = 0xBF;
if(Row0 == 0){return(10);}
if(Row1 == 0){return(7);}
if(Row2 == 0){return(4);}
if(Row3 == 0){return(1);}
return(0xFF);
}

void delay(unsigned char x)
{
int i,j;
for(i=0;i<x;i++)
{
for(j=0;j<300;j++){};
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

/*********************ds1820**********************/
void delay_ow(int useconds)
{
int s;
for (s=0;s<useconds;s++);
}

unsigned char ow_reset(void)
{
bit presence;
DQ = 0;
delay_ow(29);
DQ = 1;
delay_ow(3);
presence = DQ;
delay_ow(25);
return(presence);
}

unsigned char read_bit(void)
{
unsigned int i = 0;

DQ = 0;
DQ = 1;
for(i=0;i<3;i++);
return(DQ);
}

void write_bit(bit bitval)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
DQ = 0;
DQ = bitval ? 1:0;
delay_ow(5);
DQ =1;
}

unsigned char read_byte(void)
{
unsigned char i;
unsigned char value = 0;

for(i=0;i<8;i++)
{
value |= read_bit()? 0x01<<i:value;
delay_ow(6);
}
return(value);
}

void write_byte(unsigned char val)
{
unsigned char i;

for(i=0;i<8;i++)
{
write_bit((bit)(val & 0x1));
val = val>>1;
}
delay_ow(5);
}
/*
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void delay_10us(unsigned int y)
{                                                    unsigned int i,z;
z = 15 * y;
for(i=0;i<z;i++) _nop_();
}
*/
void wait_second(unsigned int sec)
{
unsigned int i,j;
for (i=0;i<=sec;i++)
{
for(j=0;j<=400;j++)
{
TH0 = 0x87;
TL0 = 0xFE;
TF0 = 0;
TR0 = 1;
while(TF0 ==0);
TR0 = 0;
}
}
}

/************************main************************/

void main()
{
unsigned char Key,key_h,key_l,Key_test;
unsigned int k1,i;
char get_k[2];

int h,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
t,
oid_h,
oid_t,
Timer123;

unsigned char t1,t2;
unsigned char h1,h2;

unsigned char Timer123h,Timer123l;

unsigned char highbyte,lowbyte;
unsigned char tmp_h,tmp_l,tmp_p,tmpData;

char get[9];
int k;


/**********************Selection*************************/
BUZ = 0;
LCD_init();
LCD_command(0x80);
LCD_puts("Select Funtion");
LCD_command(0xC0);
LCD_puts("Manual *");
LCD_command(0x90);
LCD_puts("Auto   #");
while(Scan_Key()== 0xFF);
LCD_init();
Key_test = Scan_Key();

/**********************Manual**********************/
if( Key_test == 10 )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
LCD_command(0x93);
LCD_puts("Manual");
delay(30000);
LCD_command(0xD0);
LCD_puts("Time    min");
while(Scan_Key()== 0xFF);

Key = 0;
while(1)
{
BUZ = 0;
for(k1=0;k1<2;k1++)
{
while(Scan_Key()== 0xFF);
get_k[k1] = Scan_Key();
while(Scan_Key() != 0xFF){}
}
Key = (get_k[0]*10)+get_k[1];
key_h = (Key/10) | (0x30);
key_l = (Key%10) | (0x30);
LCD_command(0xD5);
LCD_putc(key_h);
LCD_command(0xD6);
LCD_putc(key_l);
get_k[0] = 0;
get_k[1] = 0;
delay(3000);

wait_second(3);
BUZ = 1;
wait_second(Key);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BUZ = 0;



}
}
/**********************Auto************************/
if(Key_test == 11)
{
LCD_init();
while(1)
{
/**************sht15********************/
P0 = 0x00;
BUZ = 0;
connection_reset();
LCD_command(0x80);
LCD_puts("Temp   C");
LCD_command(0xc0);
LCD_puts("Humi   %");
LCD_command(0x90);
LCD_puts("TempW    c");
LCD_command(0xD0);
LCD_puts("Time   min");



t = (int)read_HT_float(TEMP);
t1 = (t/10)|0x30;
t2 = (t%10)|0x30;
delay(1500);

for(i=0;i<40000;i++) _nop_();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD_command(0x85);
LCD_putc(t1);
LCD_command(0x86);
LCD_putc(t2);
delay(3000);

h = (int)read_HT_float(HUMI);
h1 = (h/10)|0x30;
h2 = (h%10)|0x30;
delay(1500);

for(i=0;i<40000;i++) _nop_();

LCD_command(0xc5);
LCD_putc(h1);
LCD_command(0xc6);
LCD_putc(h2);
delay(3000);
oid_t = t;
oid_h = h;
wait_second(1);


/****************ds1820****************/

LCD_command(0x8A);
ow_reset();
write_byte(0xCC);
write_byte(0x44);
delay_ow(5);

ow_reset();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
write_byte(0xCC);
write_byte(0xBE);

for (k=0;k<9;k++)
{
get[k] = read_byte();
}
highbyte = get[0]>>1;
lowbyte = ((get[0]>>1)&1) ? 5:0;

tmpData = highbyte | lowbyte;
tmp_h = (tmpData/10) | (0x30);
tmp_l = (tmpData%10) | (0x30);

lowbyte = get[0] & 0x0F;

if(lowbyte == 0x00) tmp_p = '0';
if(lowbyte == 0x01) tmp_p = '0';
if(lowbyte == 0x02) tmp_p = '1';
if(lowbyte == 0x03) tmp_p = '1';
if(lowbyte == 0x04) tmp_p = '2';
if(lowbyte == 0x05) tmp_p = '3';
if(lowbyte == 0x06) tmp_p = '3';
if(lowbyte == 0x07) tmp_p = '4';
if(lowbyte == 0x08) tmp_p = '5';
if(lowbyte == 0x09) tmp_p = '5';
if(lowbyte == 0x0A) tmp_p = '6';
if(lowbyte == 0x0B) tmp_p = '6';
if(lowbyte == 0x0C) tmp_p = '7';
if(lowbyte == 0x0D) tmp_p = '8';
if(lowbyte == 0x0E) tmp_p = '8';
if(lowbyte == 0x0F) tmp_p = '9';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//wait_second(2);



LCD_command(0x96);
LCD_putc(tmp_h);
LCD_command(0x97);
LCD_putc(tmp_l);
LCD_command(0x98);
LCD_puts(".");
LCD_command(0x99);
LCD_putc(tmp_p);
//delay(1500);
wait_second(1);

if(t <= 21)
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 33;}
if(tmpData > 25)
{Timer123 = 35;}
}
if(t > 21 & t <= 25)
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 35;}
if(tmpData > 25 & tmpData <= 27)
{Timer123 = 37;}
if(tmpData > 27)
{Timer123 = 40;}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(t > 25 & t <= 28)
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 37;}
if(tmpData > 25 & tmpData <= 27)
{Timer123 = 40;}
if(tmpData > 27)
{Timer123 = 43;}
}

if(t > 28 & t <= 30)
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 40;}
if(tmpData > 25 & tmpData <= 27)
{Timer123 = 43;}
if(tmpData > 27)
{Timer123 = 45;}
}


if(t > 30 & t <= 34)
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 43;}
if(tmpData > 25 & tmpData <= 27)
{Timer123 = 45;}
if(tmpData > 27)
{Timer123 = 47;}
}

if(t > 34)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
if(tmpData <= 25)
{Timer123 = 45;}
if(tmpData > 25)
{Timer123 = 47;}
}
Timer123h = (Timer123/10)|0x30;
Timer123l = (Timer123%10)|0x30;
LCD_command(0xD5);
LCD_putc(Timer123h);
LCD_command(0xD6);
LCD_putc(Timer123l);
wait_second(2);
BUZ = 1;
wait_second(Timer123);
BUZ = 0;
}
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองและผลการทดลอง

การจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำได้แบ่งการดำเนินงานการทดลอง และบันทึกผลการทดลองออกเป็น 2 แบบด้วยกันดังนี้

6.1 การทดลองที่ 1 การหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อลักษณะก้อนน้ำแข็งโดยให้เวลาคงที่

6.2 การทดลองที่ 2 การตั้งเวลาควบคุมการทำงาน

6.1 การทดลองที่ 1 การหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อลักษณะก้อนน้ำแข็งโดยให้เวลาคงที่

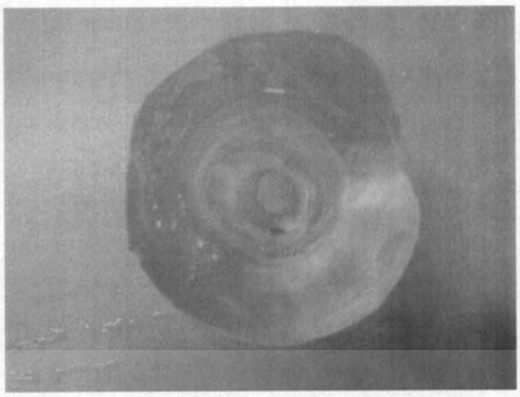
เป็นการทดลองการทำงานเครื่องทำน้ำแข็งในระบบปัจจุบัน ที่ตั้งค่าเวลาไว้คงที่ที่ 40 นาที เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อลักษณะก้อนน้ำแข็ง โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก และอุณหภูมิของน้ำทั้งหมด 7 วัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ตั้งเวลาไปที่ 40 นาที
2. ทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำ
3. เปิดสวิตช์เครื่องทำน้ำแข็ง
4. รอจนถึงเวลาที่เครื่องทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ ก็จะได้น้ำแข็งออกมา
5. สุ่มตัวอย่างน้ำแข็งเพื่อตรวจลักษณะน้ำแข็งที่ดี โดยบอกเป็นร้อยละของการสุ่ม
6. นำค่าที่วัดได้บันทึกลงในตารางการทดลอง
7. ทำการทดลองซ้ำตามหัวข้อ 1-6 ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะก้อนน้ำแข็ง

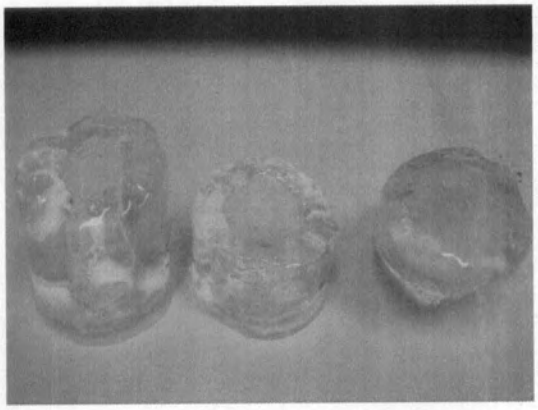


รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่สมบูรณ์

รูปที่ 6.2 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่ไม่เต็ม

รูปที่ 6.3 แสดงลักษณะก้อนน้ำแข็ง ขึ้นรูปที่เต็มเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะก้อนน้ำแข็ง

ตารางที่ 6.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ครั้งที่	อุณหภูมิภายนอก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก (%)	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	ลักษณะก้อนน้ำแข็งที่ดี (%)	หมายเหตุ
1	29	59	26.3	85	2
2	30	62	26.1	79	2
3	27	50	25.5	92	1
4	26	52	25.2	88	1
5	26	56	25.5	86	1
6	28	52	27	90	2
7	30	55	27.3	83	2

หมายเหตุ 1 คือ ก้อนน้ำแข็งที่ไม่ดีมีลักษณะขึ้นรูปเต็มเกินไป

2 คือ ก้อนน้ำแข็งที่ไม่ดีมีลักษณะขึ้นรูปไม่เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองที่ 2 การตั้งเวลาควบคุมการทำงาน

เป็นการทดลองประยุกต์เครื่องทำน้ำแข็ง ที่มีการตั้งเวลามาควบคุมการทำงานแทนการตั้งเวลาแบบปัจจุบันโดยใช้ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำมาเป็นตัวกำหนดในการตั้งค่าเวลา ซึ่งจะเป็นการดูผลของลักษณะก้อนน้ำแข็งที่ได้ทำการเปลี่ยนเวลารอบการทำงานในแต่ละวันภายใน 1 สัปดาห์ ที่มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน

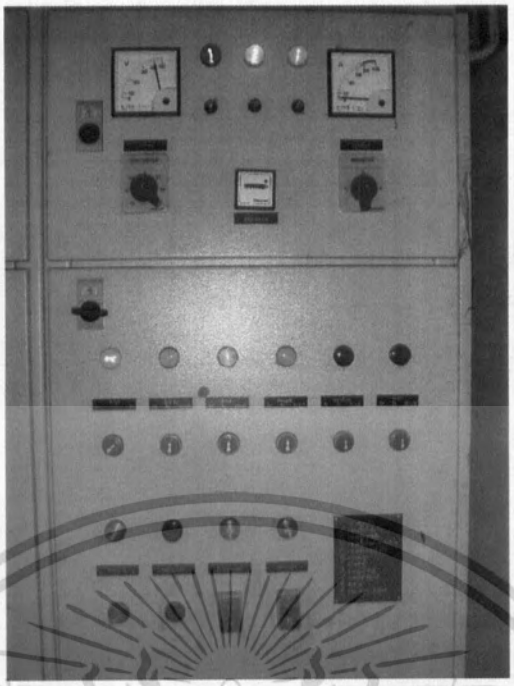
ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำ
2. เครื่องควบคุมคำนวณการตั้งค่าเวลา
3. เริ่มกระบวนการทำน้ำแข็ง
4. รอจนถึงเวลาที่เครื่องทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ ก็จะได้น้ำแข็งออกมา
5. สุ่มตัวอย่างน้ำแข็งเพื่อตรวจลักษณะน้ำแข็งที่ดี โดยบอกเป็นร้อยละของการสุ่ม
6. นำค่าที่วัดได้บันทึกลงในตารางการทดลอง
7. ทำการทดลองซ้ำตามหัวข้อ 1-6 ทั้งหมด

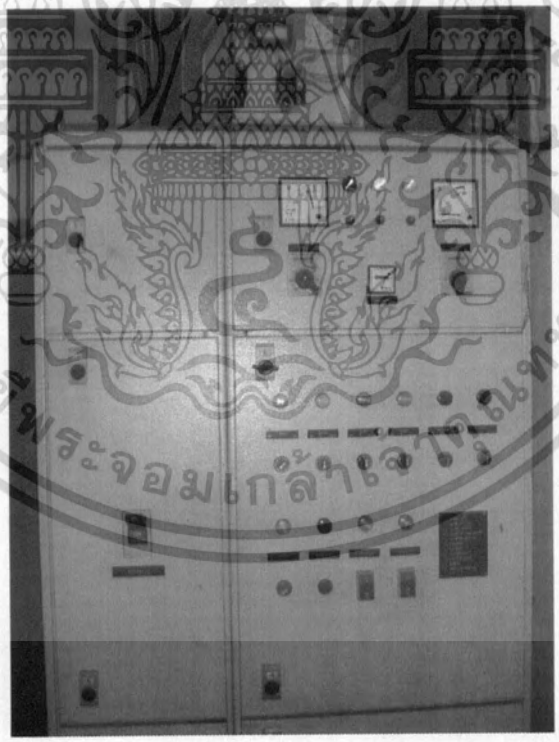
ตารางที่ 6.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ครั้งที่	เวลา รอบการทำงาน	อุณหภูมิภายนอก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	ลักษณะก้อนน้ำแข็งที่ดี (%)
1	40	28	58	26.3	90
2	40	27	57	25.5	94
3	43	29	59	27	89
4	43	30	62	27.4	89
5	45	31	60	27.5	87
6	40	27	55	26	91
7	37	25	53	25.5	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



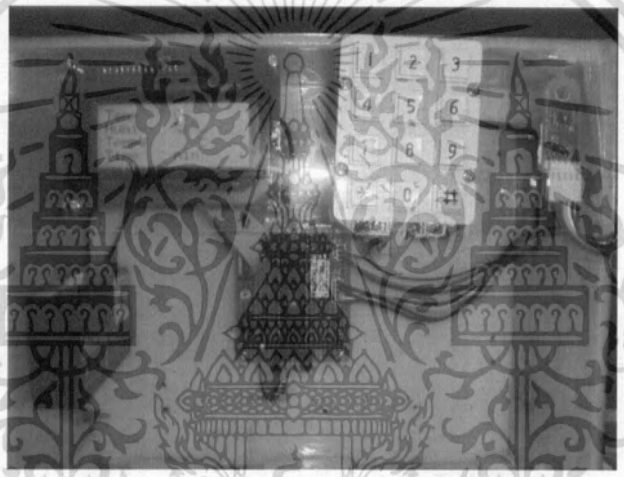
รูปที่ 6.5 แสดงการตู้ควบคุมของเครื่องทำน้ำแข็งที่ใช้ในปัจจุบัน



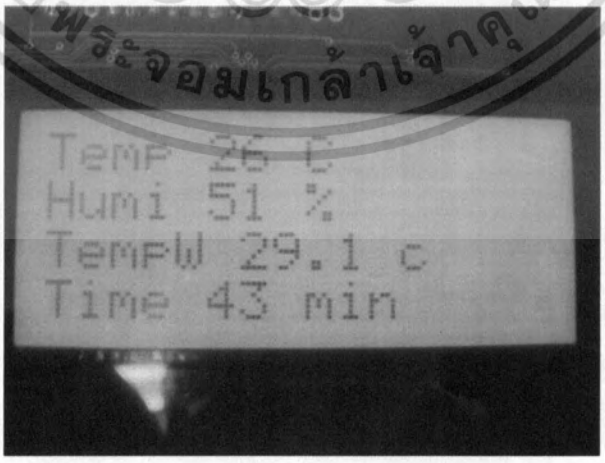
รูปที่ 6.6 แสดงการติดตั้งเครื่องควบคุมกับตู้ควบคุมของเครื่องทำน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.7 แสดงการติดตั้ง DS1820 วัดค่าอุณหภูมิของน้ำ



รูปที่ 6.8 แสดงการติดตั้ง SHT15 วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก



รูปที่ 6.9 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลอง 6.1 การหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อลักษณะก้อนน้ำแข็งโดยให้เวลาคงที่นั้น ในการทำน้ำแข็งแต่ละครั้ง จะได้ค่าร้อยละลักษณะก้อนน้ำแข็งที่ดี ไม่เท่ากัน จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งพบว่า

อุณหภูมิ กับ ความชื้นสัมพัทธ์ สูง จะทำให้การขึ้นรูปของน้ำแข็งเกิดได้ ช้า

อุณหภูมิ กับ ความชื้นสัมพัทธ์ ต่ำ จะทำให้การขึ้นรูปของน้ำแข็งเกิดได้ เร็ว

การทดลอง 6.2 การตั้งเวลาควบคุมการทำงาน จากการทดลองอย่างต่อเนื่อง เราสามารถตั้งเวลา ได้ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน จะทำให้ได้ลักษณะน้ำแข็งที่ผลิตออกมาได้มีรูปร่างเป็นก้อนที่พอเหมาะคือไม่เล็กไม่ใหญ่จนเกินไปทำให้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ ประหยัดพลังงานและเวลา

7.2 ข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่องมือในการควบคุมเครื่องทำน้ำแข็งนั้น จะมีหลากหลายวิธีการในการปฏิบัติ ซึ่งโดยการทดลองในปริญญานิพนธ์นี้ ได้ถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญชนิดหนึ่งในการควบคุมเครื่องทำน้ำแข็ง

ซึ่งในกระบวนการควบคุมสามารถหาสมการความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกและอุณหภูมิของน้ำมาใช้ในการควบคุมเพื่อที่กระบวนการผลิตจะได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ผศ. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา "การทำความเย็นและการปรับอากาศ" กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546
2. ชัชวาล ตัณฑกิตติ "คู่มือระบบทำความเย็น" มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544
3. ดร.วิทยา ยงเจริญ และ ธนู วิบูลยานนท์ "การทำความเย็นและการปรับอากาศ" กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544
4. อุดม รานอก "ภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์" นนทบุรี: ไอดีซีฯ, 2548
5. ประจิน พลังสันติกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล "ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Keil C51" กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์, 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้