เครื่องฟักไข่อัตโนมัติ

The Hatching Incubator System Controller

นายสัญญา ผาสุข

งานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาโครงงาน/สิ่งประดิษฐ์นักศึกษา

วิศวกรรมศาสตร์

งบประมาณประจำปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ฉ

กิตติกรรมประกาศ ช

สารบัญ ซ

สารบัญตาราง ฎ

สารบัญรูป ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่สำคัญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 การฟักไข่และตู้ฟักไข่ 3

2.1.1 วิวัฒนาการของการฟักไข่ 4

2.1.2 การฟักไข่สมัยปัจจุบัน 5

2.1.3 ปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทา 6

2.1.4 ปัจจัยอื่นๆ 11

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟัก 13

2.2 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น 14

2.2.1 คุณสมบัติของ SHT15 14

2.2.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ SHT15 15

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลPIC เบอร์18F458 15

2.6.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 15

2.6.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 16

2.6.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC18F458 18

2.6.4 คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม 19

2.6.5 ข้อมูลหลักสำหรับกำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 19

064589
636.5142
ส555
2554

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.6 การติดต่อหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM)	20
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่	25
3.1 บล็อกการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ	25
3.2 การออกแบบตู้ควบคุมระบบการฟักไข่	26
3.3 การออกแบบการกลับไข่	28
3.3.1 การออกแบบรางใส่ไข่	28
3.3.2 การออกแบบการกลับไข่	30
3.4 การออกแบบชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น	32
3.5 การออกแบบวงจรแสดงผลทางจอ LCD	34
3.6 การเลือกขนาดของ Heater	35
3.7 การออกแบบชุดให้ความชื้น	37
3.7.1 ออกแบบชุดเติมระดับน้ำ	38
3.7.2 การออกแบบชุดให้ความชื้น	39
3.8 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี	39
3.8.1 การออกแบบภาษาซีติดต่อกับไอซี SHT15	43
3.8.2 การออกแบบภาษาซีควบคุมการแสดงผลทาง LCD	46
3.8.3 การออกแบบภาษาซีควบคุมการทำงานของ Relay	49
3.9 การออกแบบภาคจ่ายไฟ	49
3.10 การออกแบบวงจรขับรีเลย์	50
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	54
4.1 การทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ	54
4.1.1 การทดสอบควบคุมอุณหภูมิ	55
4.1.2 การทดสอบความชื้น	55
4.1.3 ทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่	57
4.1.4 การทดลองการกลับไข่	59

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.4 การทดสอบวัดความเร็วลม	59
4.2 การทดลองฟักไข่จริง	60
4.2.1 การนำไข่ไก่ ไข่เป็ดและไข่นกกระทาเข้าฟัก	60
4.2.2 การทดลองการฟักไข่ไก่	62
4.2.3 การทดลองการฟักไข่เป็ด	65
4.2.4 การทดลองการฟักไข่นกกระท่า	67
4.3 การวัดอุณหภูมิและความชื้นขณะฟักไข่จริง	70
4.4 อัตราค่าไฟฟ้าของการฟักไข่แต่ละชนิดขณะทำการฟักจริง	75
4.4.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่ไก่	76
4.4.2 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่เป็ด	77
4.4.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่นกกระทา	78
บทที่ 5 สรุปผลจากโครงงานและข้อเสนอแนะ	80
5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน	80
5.2 ปัญหาและวิธีแก้ไขในการทำโครงงานปริญญานิพนธ์	80
5.3 คุณสมบัติของเครื่อง	81
5.4 ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้งานเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่	
ภาคผนวก ข. ซ้อดโค้ดภาษาซี	
ประวัติผู้แต่ง	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงช่วงอายุการฟักออกเป็นตัว และการทำงานของตู้ฟัก สำหรับการฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ด และฟักไข่นกกระทา	6
4.1 ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากการทดลอง	56
4.2 ผลการวัดอุณหภูมิระหว่าง Sensor SHT15 กับ FLUKE 714	58
4.3 ผลการสุ่มวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในวันที่ 10 ของการฟักไข่ไก่	71
4.4 แสดงค่าต่างๆที่วัดด้วย Digital wattmeter	75
4.5 แสดงการเปรียบเทียบระบบการทำงานระหว่างโครงงานกับ ตู้ที่มีขายในท้องตลาดในขนาดตู้ที่ฟักไข่ไก่ได้ ครั้งละ 72 ฟอง เท่ากัน	79

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ไข่ไก่ที่เหมาะในการนำเข้าฟัก	8
2.2	ไข่เป็ดที่เหมาะในการนำเข้าฟัก	8
2.3	ไข่นกกระทาที่เหมาะในการนำเข้าฟัก	9
2.4	ลักษณะการจัดตำแหน่งขาของ SHT15	14
2.5	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ SHT15	15
2.6	ไดอะแกรมแสดงรูปสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฮาร์ดแวร์	16
2.7	ไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458	17
2.8	โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 รุ่น 40 ขา	18
3.1	ระบบการทำงานของตู้ฟักไข่	26
3.2	ลักษณะการออกแบบของตู้ควบคุมระบบการฟักไข่	27
3.3	ลักษณะด้านหน้าและด้านข้างของตู้ควบคุมระบบการฟักไข่ที่สร้างเสร็จแล้ว	27
3.4	การออกแบบราง	28
3.5	รางใส่ไข่ไก่ที่สร้างเสร็จแล้ว	28
3.6	รางใส่ไข่เป็ดที่สร้างเสร็จแล้ว	29
3.7	รางใส่ไข่นกกระทาที่สร้างเสร็จแล้ว	29
3.8	แสดงการต่อแกนมอเตอร์ต่อกับราง	30
3.9	แสดงลักษณะการกลับไข่ไปทางขวา	31
3.10	แสดงลักษณะการการกลับไข่ไปทางซ้าย	31
3.11	แสดงการติดตั้งมอเตอร์กลับไข่	32
3.12	แสดงพัลส์เริ่มต้น	33
3.13	แสดงวงจรการต่อ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์	34
3.14	แสดงวงจรควบคุมจอ LCD	34
3.15	แสดงลักษณะของ Heater 150 วัตต์	37
3.16	แสดงการติดตั้งชุดให้ความชื้น	38
3.17	การออกแบบชุดให้ความชื้น	39
3.18	แสดงระบบการทำงานของฟังก์ชั่นไข่ไก่	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.19	แสดงระบบการทำงานของฟังก์ชั่นไข่เป็ด	41
3.20	แสดงระบบการทำงานของฟังก์ชั่นไข่นกกระทา	42
3.21	แสดงสัญญาณพัลล์ระหว่างการติดต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี	43
3.22	วงจรของภาคจ่ายไฟ 5 โวลต์และ 12 โวลต์	49
3.23	แสดงวงจรควบคุมรีเลย์	50
3.24	แสดงวงจรควบคุมการทำงานทั้งหมด	51
3.25	แสดงลายปริ้นของวงจรควบคุมเครื่องฟักไข่	52
3.26	แสดงลายปริ้นการวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมเครื่องฟักไข่	52
3.27	แผงหน้าปัดชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ	53
3.28	แผงด้านหลังชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ	53
3.29	แผงด้านหลังควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ	53
4.1	เครื่องควบคุมที่สร้างเสร็จแล้ว	54
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความชื้นต่อเวลา	56
4.3	ตำแหน่งการติดตั้ง Sensor SHT15	57
4.4	ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอ้างอิงยี่ห้อ FLUKE 714	57
4.5	แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จาก Sensor SHT15 เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิ FLUKE 714	58
4.6	แสดงการต่อแกนมอเตอร์เข้ากับชุดกลับไข่	59
4.7	แสดงการวัดความเร็วลมด้วยวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล	60
4.8	แสดงการนำไข่ไก่วางในรางฟัก	61
4.9	แสดงการนำไข่เป็ดวางในรางฟัก	61
4.10	แสดงการนำไข่นกกระทาวางในรางฟัก	62
4.11	แสดงวันแรกของการฟักไข่ไก่	62
4.12	แสดงการฟักไข่ไก่วันที่ 19	63
4.13	แสดงการฟักไข่ไก่วันที่ 20	64
4.14	แสดงการฟักไข่วันที่ 21	64
4.15	แสดงวันแรกของการฟักไข่เป็ด	65
4.16	แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 26	66

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.17	แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 27	66
4.18	แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 28	67
4.19	แสดงวันแรกของการฟักไข่นกกระทา	68
4.20	แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 16	68
4.21	แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 17	69
4.22	แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 18	69
4.23	แสดงการส่องไข่	70
4.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความชื้นต่อเวลาขณะใช้งานจริง	71
4.25	แสดงลักษณะไข่ไก่ที่ฟักไม่ออก	72
4.26	แสดงลักษณะไข่เป็ดที่ฟักไม่ออก	72
4.27	แสดงลักษณะไข่นกกระทาที่ฟักไม่ออก	73
4.28	แสดงการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าด้วย Digital wattmeter	75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เข้ามามีบทบาทในระบบควบคุมเพิ่มมากขึ้นเนื่องด้วยจากมีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างรวมไปถึงราคาที่ต่ำลงและสามารถหาซื้อมาใช้งานได้ง่ายจึงสามารถนำโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปประยุกต์ ใช้งานได้มากขึ้นและทางผู้จัดทำได้นำความคิดนี้มาทำการประยุกต์ใช้งานตามคุณสมบัติโดยใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้ในทางด้านการเกษตร โดยมุ่งเน้นไปทางด้านการเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่ เป็ด ห่าน นกกระทา เป็นต้นในปัจจุบันหากจะทำการเพาะฟักไข่ยังคงจำเป็นที่จะต้องใช้ตู้ฟักไข่แบบเดิม คือใช้การกลับไข่ ซึ่งทำการกลับไข่ด้วยแรงคน รวมไปถึงการควบคุมอุณหภูมิในขณะการฟักไข่ด้วย ซึ่งยังคงใช้การควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมสตัท และต้องตรวจสอบค่าอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท แล้วจึงปรับค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมสตัท ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการปรับค่าอุณหภูมิ และอุณหภูมิอาจ เปลี่ยนแปลงค่าได้ง่าย และหากจะใช้ตู้ฟักไข่แบบที่ทันสมัยอาจจะมีราคาที่แพงมากซึ่งไม่มีความสามารถในการจัดหามาใช้งานทางผู้จัดทำจึงเห็นความสำคัญในจุดนี้ จึงได้สร้างระบบควบคุมตู้ฟักไข่อัตโนมัติโดยใช้ระบบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระบบควบคุมการทำงานโดยแสดงผ่านทางจอมอนิเตอร์มาพัฒนาแบบเดิมที่มีอยู่ ให้มีประสิทธิภาพการทำงานให้เพิ่มมากขึ้น ประหยัดเวลาแรงงานรวมไปถึงความสะดวกในการใช้งานและสามารถเพิ่มผลผลิตได้เพิ่มมากขึ้น และที่สำคัญเนื่องด้วยโครงงานปริญญานิพนธ์เครื่องฟักไข่ไก่อัตโนมัติก่อนนี้ไม่สามารถฟักไข่ชนิดอื่นได้ จึงมีแนวคิดที่จะนำโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ไปพัฒนาต่อเพื่อให้มีฟังก์ชั่นที่หลากหลายและสามารถฟักไข่ชนิดอื่นได้ด้วย จึงได้มีโครงงาน ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและเรียนรู้การใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบการควบคุมของตู้ฟักไข่แบบอัตโนมัติ

1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่แบบอัตโนมัติ

1.2.4 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร

1.2.5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฟักไข่

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สามารถแสดงผลการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ผ่านหน้าจอ LCD

1.3.2 มีระบบการกลับไข่อัตโนมัติทำงานด้วยมอเตอร์

1.3.3 ใช้ Heater เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน

1.3.4 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผล

1.3.5 ค่าความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

1.3.6 อัตรารอดของการฟักไข่อยู่ที่ 80% ของจำนวนไข่ทั้งหมด

1.3.7 สามารถควบคุมการฟักไข่ได้ 3 ชนิด ได้แก่ การฟักไข่ไก่ การฟักไข่เป็ดและการฟักไข่นกกระทา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้นำความรู้ที่ได้ศึกษามาเกี่ยวกับการใช้ภาษาซีมาประยุกต์ใช้อย่างถูกต้อง

1.4.2 ได้เรียนรู้ถึงวิธีการและขั้นตอนการฟักไข่อย่างถูกต้อง

1.4.3 ได้ระบบควบคุมตู้ฟักไข่อัตโนมัติ

1.4.4 ได้พัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร

1.4.5 ได้นำความรู้รวมทั้งประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นและนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ ได้นำทฤษฎีความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องมาใช้อ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์ให้ถูกต้องตามหลักทฤษฎีที่กล่าวไว้ เนื้อหาในบทนี้จะขอกล่าวถึงการเริ่มต้นศึกษาหาความรู้เพื่อที่จะสามารถฟักไข่ให้ได้โดยใช้ความรู้จากงานต่างๆ ที่เคยมีผู้วิจัยและคิดค้นมาแล้ว

ซึ่งทฤษฎีที่นำมาประกอบการศึกษานั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 เรื่อง คือ

2.1 การฟักไข่และตู้ฟักไข่

2.2 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลPIC เบอร์ 18F458

2.1 การฟักไข่และตู้ฟักไข่

การฟักไข่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ การฟักเองตามธรรมชาติ (natural incubation) และการฟักไข่โดยการใช้ตู้ฟัก (artificial incubation)

1) การฟักไข่เองตามธรรมชาติ

ตามธรรมชาติของการฟักไข่นั้นจะต้องออกลูกเป็นไข่และไข่จะถูกฟักเป็นตัวนอกร่างกายของแม่พันธุ์ ดังนั้นตามธรรมชาติของแม่ไก่และแม่เป็ดทุกตัวจะต้องฟักไข่เป็น ยกเว้นแม่นกกระทาที่ไม่สามารถฟักไข่เองได้ แต่ในปัจจุบันนี้วิทยาการทางด้านการผลิตสัตว์ปีกนั้นเจริญก้าวหน้าไปมากทำให้เราสามารถคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้มีความสามารถในการให้ไข่สูงมากจนบางพันธุ์ในปัจจุบันไม่มีพฤติกรรมในการฟักไข่อยู่อีกเลย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในปัจจุบันเราสามารถฟักไข่โดยอาศัยเครื่องฟักไข่อย่างได้ผลไม่จำเป็นต้องพึ่งการฟักจากแม่พันธุ์อีกต่อไป และอีกประการหนึ่งคือในช่วงที่แม่พันธุ์กำลังฟักไข่อยู่นั้นแม่พันธุ์จะไม่ให้ไข่อีกเลยทำให้แม่พันธุ์นั้นมีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำและทำให้การจัดการเลี้ยงดูมีปัญหามากเป็นต้น

อย่างไรก็ตามสำหรับแม่พันธุ์พื้นเมืองและแม่พันธุ์แท้บางพันธุ์ก็ยังคงมีพฤติกรรมการฟักไข่อยู่เมื่อแม่ไก่จะให้ไข่หมดชุดประมาณ 10- 16 ฟอง แม่เป็ดจะให้ไข่หมดชุดประมาณ 15-30 ฟอง และแม่นกกระทาจะให้ไข่หมดชุดประมาณ 2-3 ฟอง และจะมีพฤติกรรมในการฟักไข่เกิดขึ้นคือตัวแม่ไก่และแม่เป็ดจะหมอบในลักษณะกกไข่อยู่ในรังเมื่อมีสิ่งอื่นเข้าไปใกล้ตัวจะร้องขู่และจิกทันทีและจะฟักไข่จนครบกำหนดฟักออกเป็นตัวจากนั้นพฤติกรรมการฟักไข่จะหมดไปตัวพันธุ์จะเปลี่ยนพฤติกรรมมาเลี้ยงลูกแทน

เมื่อตัวลูกเติบโตขึ้นจนอายุประมาณ 4-6 สัปดาห์พฤติกรรมต่าง ๆ ในการเลี้ยงดูลูกลดลงและหมดไปในที่สุด

การฟักไข่โดยอาศัยหลักธรรมชาตินั้น ถึงแม้ว่าไม่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงในปัจจุบันก็ตาม แต่ในบางกรณีและบางสภาพก็มีความเหมาะสมกว่าการใช้ตู้ฟักไข่แบบต่างๆได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่นในท้องถิ่นชนบทที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้จำเป็นต้องผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นใช้เอง การใช้ตู้ฟักไข่แบบไฟฟ้าก็คงจะต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากไม่คุ้มค่า และในท้องถิ่นชนบทชาวบ้านจะนิยมเลี้ยงแม่พันธุ์พื้นเมืองแบบเลี้ยงหลังบ้านเพื่อใช้บริโภคไข่และเนื้อ ไม่ได้เลี้ยงกันเป็นอาชีพหลัก แต่ละบ้านจะเลี้ยงจำนวนไม่มากนัก การใช้เครื่องฟักไข่ไฟฟ้าย่อมไม่คุ้มค่า ในกรณีของการใช้เครื่องฟักไข่ที่ใช้ระบบการให้ความร้อนโดยน้ำร้อน หรือลมร้อนนั้นก็มีราคาแพง การควบคุมปัจจัยต่างๆ ในตู้ฟักทำได้ไม่ดีเท่าเครื่องฟักไข่แบบไฟฟ้า เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ เป็นต้น ดังนั้นตู้ฟักแบบนี้จึงใช้ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร นอกจากนี้แม่พื้นเมืองเหล่านั้น มีคุณสมบัติในการฟักไข่และเป็นแม่พันธุ์ที่ดีอยู่แล้วจึงควรให้แม่พันธุ์ฟักไข่ของมันเองตามธรรมชาติจะเหมาะสมกว่า

2) การฟักไข่โดยการใช้ตู้ฟัก (artificial incubation)

มนุษย์ได้คิดค้นที่จะฟักไข่โดยไม่ต้องอาศัยการฟักเองตามธรรมชาติ มาตั้งแต่สมัยโบราณ และปรากฏหลักฐานว่าชาวจีนและชาวอียิปต์ได้ทำการฟักไข่โดยไม่ต้องอาศัยการฟักเองตามธรรมชาติได้ผลมาตั้งแต่ก่อนคริสตกาลถึง 1 พันปี แต่การพัฒนาการการฟักไข่เป็นไปอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเมื่อประมาณ 200 ปีมานี้เองการฟักไข่ด้วยเครื่องฟักไข่แบบต่างๆ ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและทันสมัยเพื่อรับพัฒนาการการผลิตสัตว์ปีกด้านอื่นๆ จนทำให้อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกในปัจจุบันก้าวหน้ามากกว่าการผลิตสัตว์ชนิดอื่นๆ

2.1.1 วิวัฒนาการของการฟักไข่

มนุษย์ได้คิดค้นที่จะฟักไข่โดยไม่ต้องอาศัยการฟักเองตามธรรมชาติมานานแล้ว ในระยะแรกๆ ก็อาศัยการเลียนแบบการฟักไข่เองตามธรรมชาติคือใช้ความร้อนจากร่างกายในระยะที่ฟักซึ่งการฟักโดยวิธีนี้ได้มีการเล่าขานกันต่อๆมาแต่วิธีการฟักดังกล่าวไม่น่าจะได้ผลมากนักและไข่จะมีโอกาสที่จะแตกเสียหายได้มาก และต่อมา ประมาณ 400 ปี ก่อนคริสตกาล มีการบันทึกไว้ว่าชาวอียิปต์ได้โดยอาศัยความร้อนจากการหมักของมูลสัตว์ และในประเทศจีนช่วงก่อนคริสตกาล 246-207 ปี ได้มีการสร้างอุปกรณ์สำหรับฟักไข่แบบง่ายที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงในการฟักไข่ ซึ่งทำให้สามารถฟักไข่ได้มากขึ้น แต่อุปกรณ์ฟักไข่เหล่านี้ก็ฟักไข่ได้ครั้งละไม่มากนักวิวัฒนาการในการฟักไข่โดยไม่ต้องอาศัยการฟักเองตามธรรมชาติขึ้นมาตามลำดับ บางแบบยังใช้กันจนถึงปัจจุบัน เช่นการฟักไข่แบบจีน และการฟักไข่ในโรงฟักไข่ของชาวอียิปต์โบราณ

2.1.2 การฟักไข่สมัยปัจจุบัน

ตู้ฟักไข่ในสมัยปัจจุบันนั้นได้เริ่มต้นพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณ 230 ปีมานี้ ในปี ค.ศ. 1749 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Reaumur ได้รายงานว่าสามารถฟักไข่ในกล่องซึ่งออกแบบขึ้นโดยให้มีการควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องมือควบคุม ในปี ค.ศ. 1770 John Campion ได้ฟักไข่ในห้องพิเศษที่ให้ความร้อนด้วยหม้อน้ำร้อน ในปี ค.ศ. 1783 Jacob Graves ได้สร้างโรงฟักไข่ขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นโรงแรก ในปี ค.ศ.1881 Mr. Hearson ชาวอังกฤษได้ประดิษฐ์ตู้ฟักไข่ซึ่งควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติ ต่อมาในปี ค.ศ. 1895 C.A. Cypher ชาวอเมริกันได้สร้างตู้ฟักไข่ที่มีขนาดใหญ่สามารถฟักได้ครั้งละ 20,000 ฟอง

ตู้ฟักไข่ Smits force draught incubator เป็นตู้ฟักไข่ตู้แรกที่มีการระบายอากาศในตู้ฟักโดยใช้พัดลม สร้างโดย Smith ในปี ค.ศ. 1911 และได้นำออกโชว์ในงาน International Baby Chick Associations Convention ที่รัฐโอไฮโอ ในปี ค.ศ. 1922 และในปีเดียวกันนั้นชาวอเมริกันชื่อ Petersime ได้ผลิตตู้ฟักไข่ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าให้ความร้อนและควบคุมการทำงานทั้งหมดของตู้ฟักไข่ ต่อจากนั้นมาตู้ฟักไข่ก็ได้รับการปรับปรุงให้ใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพในการฟักไข่สูงจนเป็นตู้ฟักไข่ที่ทันสมัยในปัจจุบัน

ตู้ฟักไข่ขนาดใหญ่ (cabinet incubator) ตู้แรกจะมีส่วนสำหรับฟักไข่ (setter) และส่วนสำหรับลูกไก่เกิด (Hatcher) แยกส่วนกันแต่ก็ยังอยู่ในตู้เดียวกันภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน ต่อมาไม่นานก็ได้มีการปรับปรุงโดยแยกส่วนของตู้เกิดลูกไก่ออกจากตู้ฟักไข่ โดยปรับปรุงสภาพแวดล้อมในตู้เกิดลูกไก่ได้แก่อุณหภูมิ ความชื้นและการระบายอากาศให้เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ในระยะลูกไก่เกิดส่วนในห้องฟักไข่ก็คงสภาพเดิมไว้ การแยกตู้ฟักไข่กับตู้เกิดลูกไก่นั้นยังแก้ปัญหาสิ่งขับถ่ายและขนอ่อนของลูกไก่ที่เกิดสกปรกในตู้ฟักและสามารถฆ่าเชื้อโรคในตู้เกิดลูกไก่โดยไม่กระทบกระเทือนต่อไข่ฟักอื่นๆในตู้ฟักเป็นอย่างดีอีกด้วย

โดยทั่วไปตู้ฟักไข่จะมีลักษณะเป็นตู้ปิด ผนังตู้เป็นวัสดุที่เป็นฉนวน มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศอย่างเข้มงวด ตู้ฟักไข่ส่วนใหญ่จะมีช่องกระจกเพื่อประโยชน์ในการสำรวจภายในตู้ฟักและอ่านค่าต่างๆ จากอุปกรณ์ควบคุมภายในตู้ฟักไข่โดยไม่จำเป็นต้องเปิดตู้ฟักไข่

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงอายุการฟักออกเป็นตัว และการทำงานของตู้ฟัก สำหรับการฟักไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา <ที่มา : สุภาพร, 2539>

	ไก่	เป็ด	นกกระทา
อายุฟัก (วัน)	21	28	18
อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์)	99.75	99.5	99.75
ความชื้น (องศาฟาเรนไฮต์)	85-87	84-86	84-86
ไม่ควรกลับไข่หลังจากวันที่	19	25	16
อุณหภูมิในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟัก (องศาฟาเรนไฮต์)	90-94	90-94	90-94
เปิดช่องระบายอากาศ 1/4	10 วัน	12 วัน	8 วัน

2.1.3 ปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทา

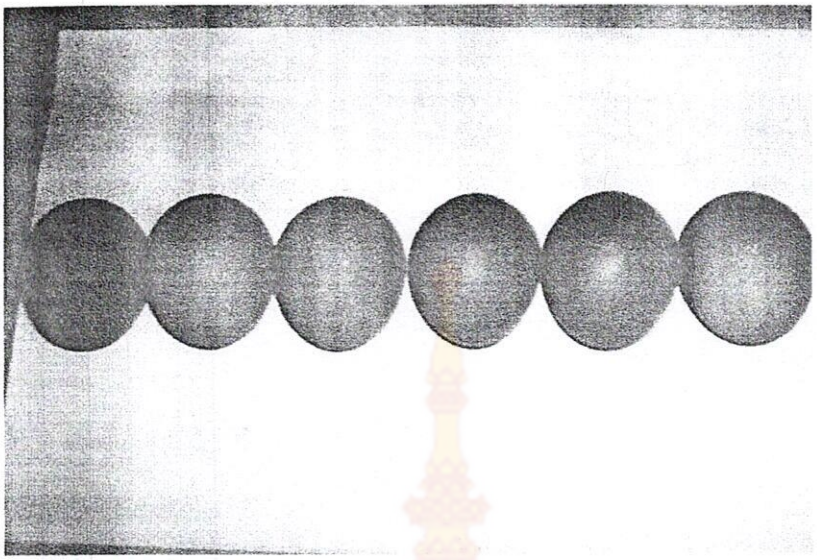
การฟักไข่ตามธรรมชาติเริ่มจากการกก เพื่อให้ความอบอุ่นกับไข่ โดยหน้าท้องของตัวแม่พันธุ์ มีการกลับไข่ด้วยจะงอยปากและเท้าวันละประมาณ 96 ครั้งจนกระทั้งฟักออกเป็นตัว ซึ่งมนุษย์ได้เลียนแบบธรรมชาติโดยการสร้างตู้ฟักไข่ที่มีประสิทธิภาพการผลิตมากขึ้น การปรับสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน ซึ่งสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ล้วนมีผลต่ออัตราการฟักออกและคุณภาพตัวลูก การฟักไข่ไก่จะใช้ระยะเวลาประมาณ 21 วันหรือ 504 ชั่วโมง โดยอยู่ภายในตู้ฟัก (setter or incubator) 18 วัน และภายในตู้เกิด (hatcher) อีก 3 วัน การฟักไข่เป็ดจะใช้ระยะเวลาประมาณ 28 วันหรือ 672 ชั่วโมงโดยอยู่ภายในตู้ฟัก (setter or incubator) 25 วัน และภายในตู้เกิด (hatcher) อีก 3 การฟักไข่นกกระทาจะใช้ระยะเวลาประมาณ 18 วันหรือ 432 ชั่วโมงโดยอยู่ภายในตู้ฟัก (setter or incubator) 15 วัน และภายในตู้เกิด (hatcher) อีก 3 วัน วัน การนำไข่เข้าฟักจะพิจารณาจากเวลาที่ต้องการออกเป็นตัว และเวลาที่จะนำตัวลูกส่งฟาร์มเพื่อให้ตัวลูกรับการเลี้ยงดูอย่างรวดเร็วซึ่งจะช่วยให้มีอัตราการเลี้ยงรอดสูงขึ้น การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการ ฟักไข่จะมีส่วนสำคัญในการ ตรวจสอบประสิทธิภาพการฟักออก จำนวนตัวลูกที่ได้มาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ไข่แตกร้าว อัตราการตายของตัวอ่อนและจำนวนตัวลูกที่คัดทิ้ง เป็นต้น

1) การคัดเลือกไข่ฟัก

ไข่ไก่ที่นำเข้าฟักนอกจากที่ได้จากฝูงไก่ผสมพันธ์ที่เรามั่นใจว่าไข่นั้นมีความสมบูรณ์สูงแล้วและจะต้องคัดเลือกไข่ทีมีคุณภาพดี ซึ่งเราจะพิจารณาได้จากขนาดและน้ำหนักของฟองไข่ ไข่ที่มีขนาดเหมาะในการฟักควรจะมีน้ำหนักระหว่าง 50 - 60 กรัม เพราะจะทำให้ผลการฟักออกเป็นตัวสูง สีของเปลือกไข่ควรจะมีสีน้ำตาลเข้มเพราะมีแนวโน้มว่าจะมีการฟักออกเป็นตัวสูงกว่าไข่ทีมีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งลักษณะไข่ไก่ที่เหมาะในการนำเข้าฟัก ดังรูปที่ 2.1

ไข่เป็ดที่ใช้สำหรับฟักควรจะมีขนาดสม่ำเสมอใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไปทำให้การฟักออกไม่ดี ดังนั้นการเลือกไข่เข้าฟักให้สม่ำเสมอสามารถเพิ่มอัตราการฟักออกได้ถึง 5% ขนาดไข่ที่พอเหมาะจะอยู่ระหว่าง 65-75 กรัม ขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็ด นอกจากเลือกขนาดไข่แล้วยังจะต้องเลือกรูปร่างของไข่ด้วย ไข่ฟองใดที่มีรูปร่างกลม หรือแหลมเกินไปก็ไม่เอาพร้อมจะต้องเลือกไข่ที่มีเปลือกไม่ขรุขระ ทั้งนี้เพราะว่าเปลือกไข่ทุกฟองจะมีรูเล็กๆ อยู่โดยรอบ เพื่อเป็นที่ระบายอากาศและหายใจของตัวอ่อนก่อนฟักออกเป็นตัว ดังนั้นการฟักออกจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเปลือกไข่ด้วย พร้อมนี้ไข่ฟักทุกฟองจะไม่มีรอยบุบร้าว หรือแตก เพราะนอกจากจะฟักไข่ไม่ออกเลย แล้วยังจะต้องทำให้อากาศภายในตู้เสีย เนื่องจากไข่เน่าอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งลักษณะไข่เป็ดที่เหมาะในการนำเข้าฟัก ดังรูปที่ 2.2

ไข่นกกระทาที่เรามั่นใจว่าไข่นั้นมีความสมบูรณ์สูงแล้วและจะต้องคัดเลือกไข่ทีมีคุณภาพดี ซึ่งเราจะพิจารณาได้จากขนาดและน้ำหนักของฟองไข่ ไข่ที่มีขนาดเหมาะในการฟักควรจะมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 10-20 กรัม ช่วงระยะเวลาที่นำเอาตัวผู้เข้าผสม ตามปกติไข่อาจมีเชื้อได้ภายใน 24 ชั่วโมงหลังผสมพันธุ์ หากผสมแบบธรรมชาติ หรือผสมแบบฝูง ราว 3-5 วัน ให้เก็บไข่ไปฟักได้ ถ้าเป็นฝูงใหญ่ ควรปล่อยตัวผู้ไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงค่อยเก็บไข่ไปฟัก ทั้งนี้ในการผสมฝูงนั้นเนื่องจากมีแม่พันธุ์จำนวนมาก บางตัวอาจจะยังไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ถ้าเราเก็บไข่ไปเข้าฟักเร็วเกินไปทำให้ได้ไข่ไม่มีเชื้อมาก ซึ่งลักษณะไข่นกกระทาที่เหมาะในการนำเข้าฟัก ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 ไข่ไก่ที่เหมาะในการนำเข้าฟัก

รูปที่ 2.2 ไข่เป็ดที่เหมาะในการนำเข้าฟัก

รูปที่ 2.3 ไข่นกกระทาที่เหมาะในการนำเข้าฟัก

2) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการฟักไข่ อุณหภูมิฟักไข่ที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในของสัตว์นั้นๆ ขนาดไข่ความพรุนของเปลือกไข่และระยะเวลาในการฟัก จากตารางที่ 2.1 อุณหภูมิการฟักไข่ไก่แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือระยะ 18 วันแรกใช้อุณหภูมิ37- 38 องศาเซลเซียส และระยะ 3 วันสุดท้ายจะใช้อุณหภูมิ 36 - 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิการฟักไข่เป็ดแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือระยะ 25 วันแรกใช้อุณหภูมิ 37- 38 องศาเซลเซียส และระยะ 3 วันสุดท้ายใช้อุณหภูมิ 36 - 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการฟักไข่นกกระทาแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือระยะ 15 วันแรกใช้อุณหภูมิ37- 38 องศาเซลเซียส และระยะ 3 วันสุดท้ายใช้อุณหภูมิ 36 - 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในฟองไข่ใหม่ๆ จะแปรผันไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ในขณะที่ตัวอ่อนภายในไข่ฟักเริ่มมีการพัฒนาจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในฟองไข่ ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไม่ให้สูงเกินไปโดยให้เพิ่มการระบายอากาศ และสามารถนำประโยชน์ของความร้อนจากไข่ฟักมาร่วมกับการใช้ความร้อนจากตู้ฟักไข่ได้จะช่วยให้ประหยัดกระแสไฟฟ้าได้ในตู้ฟักไข่บางชนิดมีชุดทำความเย็น (Cooling unit) ไว้ป้องกันอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่ที่สูงเกินไปการควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอจะต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้ฟักเพราะถ้ามีการหมุนเวียนหรือการระบายอากาศมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายในตู้ฟักลดลงและยังมีผลต่อความชื้นและการระเหยของน้ำภายในตู้ฟักอีกด้วย

3) ความชื้น (Humidity)

ในระหว่างการเจริญของตัวอ่อนจำเป็นต้องได้รับความชื้นที่เหมาะสมเพื่อทำให้กระบวนการต่าง ๆ ดำเนินไปได้ตามปกติ ไข่ฟักจะสูญเสียความชื้นตลอดเวลาในระหว่างการฟัก อัตราการสูญเสียความชื้นประมาณ 11 –13% การสูญเสียความชื้นจะมากในระยะแรกและจะลดลงเรื่อย ๆและจะเพิ่ม ขึ้นอีกครั้งในช่วยท้ายของการฟัก ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิกำหนดโดยทั่ว ๆ ไปในช่วงครึ่งแรกของการฟักไข่ไก่ ไข่เป็ดและไข่นกกระทาต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50-70% แต่ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทาจะต้องการความชื้นสัมพันธ์ประมาณ 70-75% เพื่อให้ตัวลูกสามารถเจาะเข้าไปในช่องอากาศได้สะดวกและช่วยให้ขนฟูหลังจากฟักออกแล้ว การวัดความชื้นสัมพัทธ์มีอยู่หลายวิธีแต่วิธีที่ใช้ทั่วไป จะใช้การเปรียบเทียบอุณหภูมิจากปรอทตุ้มแห้งและตุ้มเปียก ใช้หลักการระเหยของน้ำเมื่อถูกความร้อน มีผลทำให้อุณหภูมิจากปรอทตุ้มแห้งและตุ้มเปียกต่ำกว่าปรอทตุ้มแห้ง ซึ่งถ้าอัตราการระเหยน้ำเร็วขึ้นจะยิ่งทำให้อุณหภูมิต่ำลง อัตราการระเหยของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณของพื้นผิวน้ำ ลมที่พัดผ่านอุณหภูมิและความอิ่มตัวของไอน้ำในอากาศในระหว่างการฟัก ดังนั้นในระหว่างการฟักจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นให้เหมาะสม คุณภาพของเปลือกไข่ มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักฟองไข่ด้วยไข่เปลือกบาง ไม่แข็งแรงหรือมีรูพรุนมากเกินไปจะสูญเสีย น้ำหนักไข่มากกว่าไข่ที่มีเปลือกหนา

4) อากาศและการถ่ายเทอากาศในตู้ฟัก

ปริมาณอากาศและอัตราการไหลเวียนของอากาศในตู้ฟัก จะต้องเหมาะสมปริมาณของอากาศที่แลกเปลี่ยนในตู้ฟักนั้นถูกควบคุมโดยตำแหน่งและขนาดของรูระบายอากาศในตู้ฟัก ความต้องการอากาศจะมากขึ้นในช่วงท้าย ๆ ของการฟัก โดยในระยะแรกของการฟักการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นน้อย แต่การแลกเปลี่ยนจะมากขึ้นเมื่อตัวลูกมีการเจริญมากขึ้น โดยไข่ 100 ฟอง ต้องการออกซิเจน 4.5 ลูกบาศก์ฟุต และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ดังนั้นการเปิดรูระบายอากาศจึงช่วยในการระบายความร้อนออกด้วย ความ เข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในอากาศที่บริสุทธิ์มีค่าประมาณ 20% ซึ่งถ้าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงเหลือ 17% จะมีผลให้การฟักออกลดลง ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ เหมาะสมคือ 0.4% ถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นถึง 2% จะมีผลทำให้ตัวอ่อนตายได้ และถ้าสูงขึ้นจนถึง 5 % ตัวอ่อนภายในไข่จะตายหมด ดังนั้นในตู้ฟักไข่จึงควรมีระบบระบายอากาศที่ดีสามารถระบายอากาศได้อย่างเพียงพอ จึงจะทำให้การฟักไข่ได้ผลดี

5) การวางไข่ในตู้ฟัก

โดยธรรมชาติแล้วการเจริญของตัวลูกในฟองไข่นั่น ตัวลูกจะหันหัวขึ้นด้านบนเสมอเมื่อไข่ที่ฟักมีอายุมากขึ้นส่วนหัวและปากของลูกไก่ ลูกเป็ดและลูกนกกระทานั้นจะอยู่ใกล้ช่องอากาศมากขึ้นจึงควรวางไข่ให้เหมาะสมกับลักษณะทางธรรมชาติ คือ วางเอาด้านป้านขึ้น ซึ่งจะให้ผลดี และจากการทดลองวางไข่โดยเอาด้านแหลมขึ้น จะทำให้การฟักออกลดลงประมาณ 10% อีกทั้งตัวลูกที่ฟักออกจะมีคุณภาพต่ำลงประมาณ 35-40% ยกเว้นการวางในช่วงท้ายของการฟักควรวางไข่ในแนวนอนเหมือนการฟักธรรมชาติจะให้ผลการฟักออกไม่แตกต่างกัน แต่ต้องมีการกลับไข่ให้ทั่วถึงทุกฟองซึ่งไม่สะดวกถ้าฟักไข่ครั้งละมาก ๆ

6) การกลับไข่

โดยธรรมชาติของการกกไข่ของการฟักเองตามธรรมชาติจะมีการกลับไข่ทุกวันโดยเฉลี่ยทุก ๆ 35 นาทีและถ้าไม่มีการกลับไข่เลยจะทำให้ไข่ฟักไม่ออกดังนั้นอย่างน้อยที่สุดควรจะต้องมีการกลับไข่วันละ 3 ครั้ง แต่สำหรับตู้ฟักที่มีอุปกรณ์สำหรับกลับไข่อัตโนมัติ ควรกลับไข่ทุก ๆ ชั่วโมง การกลับไข่เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการฟักไข่ในระยะแรก ๆ และจะหยุดกลับไข่ใน 3 วันสุดท้าย การกลับไข่บ่อยครั้งเกินไป ไม่มีผลทำให้การฟักออกสูงขึ้นแต่อย่างใดแต่จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน มุมของการกลับไข่ที่เหมาะสมที่สุดคือมุม 45 องศาจากแนวดิ่งกลับไปมา การใช้มุมกลับไข่ในระดับอื่นจะมีผลทำให้ผล การฟักออกลดลง

2.1.4 ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกมากมายที่มีผลต่อการฟักออกเป็นตัวของตัวลูกปัจจัยเหล่านี้จะมีผลไม่มากนักแต่ถ้าหลายๆปัจจัยร่วมกันก็อาจส่งผลทำให้การฟักออกเป็นตัวลดลงได้มาก ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

1) ลักษณะการไข่ของตัวแม่ไก่ แม่เป็ดและแม่นกกระทา

ไข่ฟองแรกๆ ที่แม่พันธุ์ไข่ออกมานั้นมีอัตราฟักออกเป็นตัวต่ำกว่าปกติ ดังนั้นในการจัดการฟาร์มพ่อ-แม่พันธุ์นั้นอาจไม่นำไข่ที่ได้ใน 2 สัปดาห์แรกเข้าฟัก เพราะนอกจากจะให้ผลการฟักออกเป็นตัวต่ำแล้วตัวลูกที่ได้มีขนาดเล็กกว่าปกติด้วยเพราะไข่ใน 2 สัปดาห์แรกนั้นมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ไข่ที่ได้จากแม่พันธุ์ในช่วงปลายๆ ปีของการให้ผลผลิต ก็จะมีอัตราการฟักออกเป็นตัวต่ำกว่าปกติด้วยส่วนนกกระทาฟักไข่เองไม่ได้เช่นเดียวกับไก่พันธุ์และเป็ดพันธุ์ไข่ทั่วๆ ไป จึงจำเป็นต้องใช้ตู้ฟักไข่ และก่อนที่จะนำไข่นกกระทาเข้าตู้ฟักนั้น จะต้องทำความสะอาดตู้ฟักให้ดีแล้วรมฆ่าเชื้อ โรคในตู้ฟัก ใช้ด่างทับทิม 6 กรัมต่อฟอร์มาลินลงที่ขอบของภาชนะให้ฟอร์มาลินค่อยๆไหลลงไปทำปฏิกิริยากับ ด่างทับทิมจากนั้นรีบปิดประตูตู้ฟัก หากเป็นตู้ไข่ไฟฟ้า เปิดสวิทช์ให้พัดลมหมุนด้วย ปล่อยให้ควันรมอยู่ในตู้ประมาณ 20 นาที จึง ค่อยเปิดประตูและช่องระบาย

อากาศให้กลิ่นหายไปจากตู้ฟักก่อน หากเก็บไข่ฟักไว้ในห้องที่มีความเย็น จะต้องนำไข่ฟักมาพักไว้สัก 2 ชั่วโมง เพื่อให้คลายความเย็นจนกว่าไข่ฟักจะมีอุณหภูมิปกติ จึงค่อยนำเข้าตู้ฟัก

ตามปกติอัตราการฟักเป็นตัวของไข่ฟักจะเพิ่มขึ้นจากไข่ฟองแรก และมีอัตราการฟักออกเป็นตัวสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 12 – 14 ของการให้ผลผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าไข่ของตัวแม่ที่ให้ไข่ดกจะมีอัตราการฟักออกเป็นตัวสูงกว่าไข่ที่ได้จากตัวแม่ที่ให้ไข่ไม่ดก ไข่จากตัวแม่ที่มีตับไข่ (clutch) ยาวจะมีการฟักออกเป็นตัวสูงและไข่ฟองท้าย ๆ ของตับไข่ก็โอกาสที่จะฟักออกเป็นตัวสูงกว่าไข่ฟองแรก ๆ ของตับไข่นั้นด้วย

2) ภูมิอากาศ

ถ้าสภาพของภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะมีอากาศหนาวหรือร้อนกว่าปกติจะทำให้อัตราการฟักออกเป็นตัวลดลง เนื่องจากจะทำให้แม่พันธุ์กินอาหารน้อยลงโภชนะที่จะนำไปสร้างไข่อาจจะไม่เพียงพอ และในกรณีที่อากาศร้อนกว่าปกติอุณหภูมิอาจจะมีผลโดยตรงต่อการเก็บรักษาไข่ฟักทำให้คุณสมบัติของการฟักต่ำลงด้วย

3) คุณภาพภายในของไข่

พบว่าไข่ที่มีสัดส่วนของไข่ขาวข้นสูงและมีไข่ขาวเหลวต่ำจะมีอัตราการฟักออกเป็นตัวสูงกว่าไข่ที่มีไข่ขาวเหลวสูง

4) เสียง

Heinemann (1969) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลของเสียงต่อการฟักออกเป็นตัวโดยทำการฟักไข่ใกล้ๆกับสนามบิน และสรุปว่าเสียงไม่มีอิทธิพลต่อการฟักออกเป็นตัว

5) แสงสว่าง

การให้แสงสว่างในตู้ฟักไข่โดยการใช้หลอดไฟ 40 แรงเทียน แขวนสูงจากไข่ฟัก 9 นิ้วฟุต พบว่าไข่ที่ฟักโดยมีแสงสว่างในช่วง 1 – 19 วันจะมีการฟักออกเป็นตัวสูงขึ้น แต่ต่อมา Gold และ Kalb (1976) พบว่าการที่ลูกไก่ฟักออกเป็นตัวสูงขึ้นนั้นเกิดจากความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟมากกว่า ผลของแสงสว่าง ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ลูกไก่ฟักออกเป็นตัวเร็วขึ้นและลูกไก่จะมีน้ำหนักมากกว่าปกติด้วยอย่างไรก็ตามมีผู้รายงานว่าการเปิดไฟให้แสงสว่างในตู้ฟักไข่ระหว่างการฟักจะทำให้ลูกไก่ฟักออกเป็นตัวน้อยกว่าปกติ ระยะในการฟักออกเป็นตัวยาวขึ้น และมีลูกไก่พิการมากขึ้นด้วย ความรู้เกี่ยวกับแสงสว่างต่อการฟักไข่ยังมีการขัดแย้งกันมากและผลของมันไม่ทำให้การฟักออกเป็นตัวแตกต่างกันมาก ดังนั้นในการฟักไข่ในปัจจุบันจึงไม่เปิดแสงในตู้ฟักเพราะประหยัดกว่า

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟัก

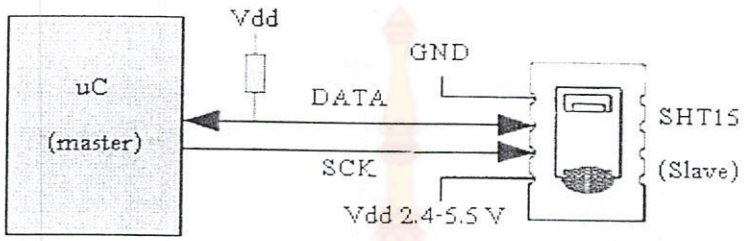
ตามปกติการฟักไข่ไก่จะใช้เวลาในการฟักประมาณ 21 วัน การฟักไข่เป็ดจะใช้เวลาในการฟักประมาณ 28 วัน การฟักไข่นกกระทาจะใช้เวลาในการฟักประมาณ 18 วัน แต่ในทางปฏิบัติระยะฟักนี้อาจแปรผันไปได้มาก ความผันแปรนี้นอกจากจะทำให้ยุ่งยากแล้วตัวลูกที่ได้อาจจะมีคุณภาพต่ำลงด้วยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟักไข่นอกเหนือจากอุณหภูมิและความชื้นได้แก่

1) โรคภัยหรือความเครียดของพ่อ-แม่พันธุ์จะมีผลทำให้ระยะฟักนานขึ้น
2) ไข่ที่ได้จากตัวแม่ที่ให้ไข่มานานจะใช้เวลาใน การฟักเป็นตัวนานกว่าไข่ที่ได้จากตัวแม่ที่เริ่มให้ไข่หรือให้ไข่ในระยะแรกๆ
3) ถ้าไข่อยู่ในตัวแม่นานกว่าปกติ ตัวอ่อนในระยะแรกเริ่มจะเจริญมากกว่าปกติจะทำให้ระยะฟักไข่สั้นลง
4) สายพันธุ์แต่ละสายพันธุ์จะใช้ระยะการฟักที่แตกต่างกัน เช่น ไข่ของไก่พันธ์เล็กฮอร์นจะมีระยะฟักสั้นกว่าระยะฟักของไข่ไก่พันธ์เนื้อ หรืออาจพูดได้ว่าไก่พันธ์เบาใช้ระยะเวลาในการฟักไข่สั้นกว่าไก่พันธ์หนัก
5) ไข่ที่ได้ในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิของอากาศสูงจะใช้เวลาในการฟัก สั้นกว่าไข่ที่ได้ในฤดูหนาวเนื่องจากมาจากตัวอ่อนในระยะเริ่มต้นเจริญขึ้นได้มากกว่า
6) ไข่ที่มีเปลือกหนาใช้ระยะเวลาในการฟักนานกว่าไข่ที่มีเปลือกบาง
7) ไข่ไก่ที่ฟักก่อนนำเข้าฟักถ้าอยู่ในอุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาฟาเรนไฮต์ ไข่เป็ดที่ฟักก่อนนำเข้าฟักถ้าอยู่ในอุณหภูมิสูงกว่า 76 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลานานจะใช้เวลาในการฟักสั้นลง
8) ไข่ที่เก็บไว้ในห้องเก็บไข่ยิ่งนานขึ้นก็จะใช้เวลาในการฟักนานขึ้น
9) ไข่ที่มีขนาดเล็กจะฟักออกเป็นตัวเร็วกว่าไข่ที่มีขนาดใหญ่ ถ้าพบในสภาพแวดล้อมเหมือนกัน
10) ตัวอ่อนในฟองไข่ที่อยู่ในท่าผิดปกติ จะใช้เวลาในการเจาะเปลือกนานกว่าลูกในท่าปกติ

<ที่มา : สุภาพร, 2539>

2.2 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

ใช้วงจรรวม(Integrated Circuit) ชิพเบอร์ SHT15 ของบริษัท ATMEL เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 2.4 ลักษณะการจัดตำแหน่งขาของ SHT15

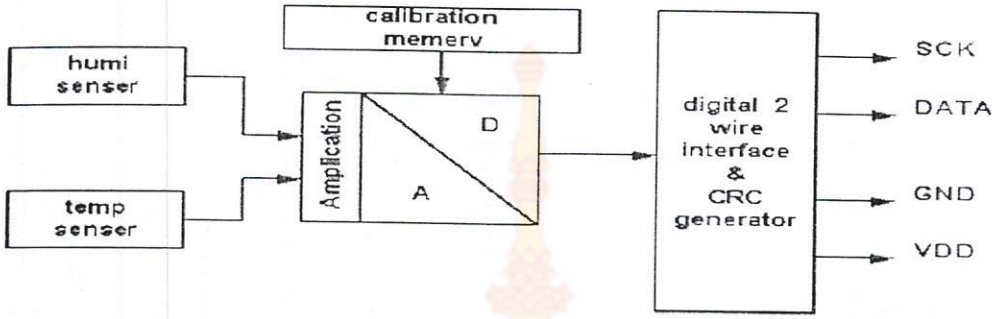
SHT15 คือชิพเดี่ยวที่สามารถวัดความชื้นและอุณหภูมิได้ ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนตัวตรวจจับสัญญาณผลลัพธ์ดิจิตอล อยู่ในตระกูลของ CMOS การประมวลผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้แน่ใจความเชื่อถือได้สูงที่สุดและความคงตัวสูง ส่วนของอุปกรณ์รวมถึงความจุ polymer ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ ส่งผลต่อการความไวในการเป็นตัวตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิและความชื้น โดยทั้งสองจะอยู่ในระบบอะนาล็อก 14 bit ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในระบบดิจิตอลและวงจรส่วนติดต่อเป็นชุดบนชิพเช่นเดียวกัน เป็นสัญญาณคุณภาพเวลาตอบสนองเร็วและไม่ถูกการรบกวนภายนอก

2.2.1 คุณสมบัติของ SHT15

- เป็น Sensor ชนิด SHT15 ความสามารถใช้ควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในตัวเดียวกัน(Integrated Circuit)
- มีความกระชับต่อการควบคุมในระบบการคำนวณค่าต่างๆเป็นไปได้สูง
- มีย่านที่ใช้ในการวัดการควบคุมความชื้นอยู่ที่ 0-100%
- ค่าความถูกต้องสมบูรณ์ของการควบคุมความชื้น +/- 3.5%
- ค่าความแม่นยำในการตรวจวัดอุณหภูมิ +/- 0.5°C -2.5°C
- เป็นมาตรฐานการตรวจวัดในระบบดิจิตอล (2-wire interface)
- มีการตอบสนองต่อเวลาในการทำงานเร็วมากถึง < 4 Sec.
- มีกำลังงานต่ำต่อการใช้งาน (30 μw)
- ต้นทุนต่ำ
- ง่ายต่อการใช้งาน

- มีความคงตัวสูงต่อการใช้งาน

2.2.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ SHT15



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ SHT15

- VDD GND SHT15 ต้องการแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 2.4 - 5.5 V
- ส่วนติดต่อ (Digital 2-wire interface) เป็นส่วนของการติดต่อสำหรับตัวตรวจจับสัญญาณแล้วทำการอ่านค่าออกมา (readout)
- ส่วนของสัญญาณนาฬิกา SCK จะถูกใช้เพื่อเป็นการใช้เชื่อมต่อกัน (connect) ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และ SHT15
- DATA เป็นสัญญาณพร้อมก่อนที่รีสตาร์ท SCK ถึง readout ข้อมูล ข้อมูลการวัดถูกเก็บจนกระทั่ง readout เพราะฉะนั้นผู้ควบคุมสามารถดำเนินต่อไปกับงานอื่นๆ และ readout เป็นที่สะดวก
- หน่วยความจำมาตรฐาน (Calibration Memory) เป็นหน่วยความจำมาตรฐานภายในชิพ SHT15 ทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ Sensor รับเข้ามา
- A to D คือการเปลี่ยนค่าจากระบบอะนาล็อกเป็นระบบดิจิตอล

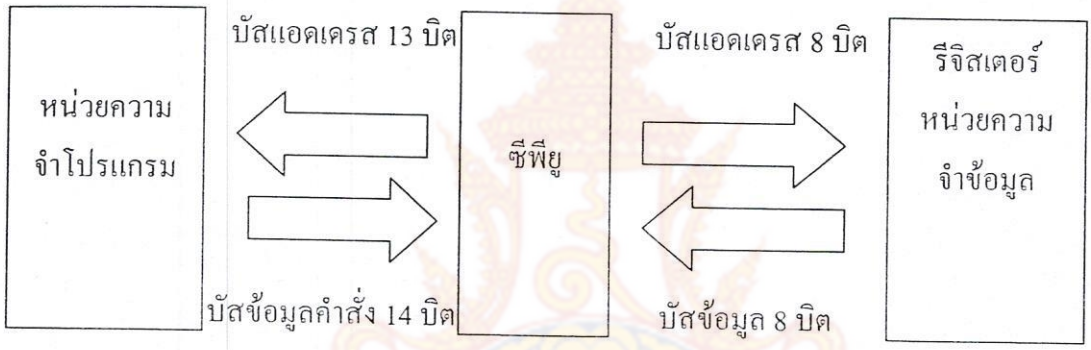
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลPIC เบอร์ 18F458

2.3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล PIC มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์ดแวร์ (Harvard architecture) กล่าวคือ มีการแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน โดยมีบัสสำหรับติดต่อแยกกันด้วย ดังแสดงในรูป 2.6 จะเห็นว่าซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกันกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสแอดเดรส 13 บิต และบัสข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต

ในขณะที่บัสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลและรีจิสเตอร์ภายในเป็นแบบ 8 บิตทั้งบัสแอดเดรสและบัสข้อมูล

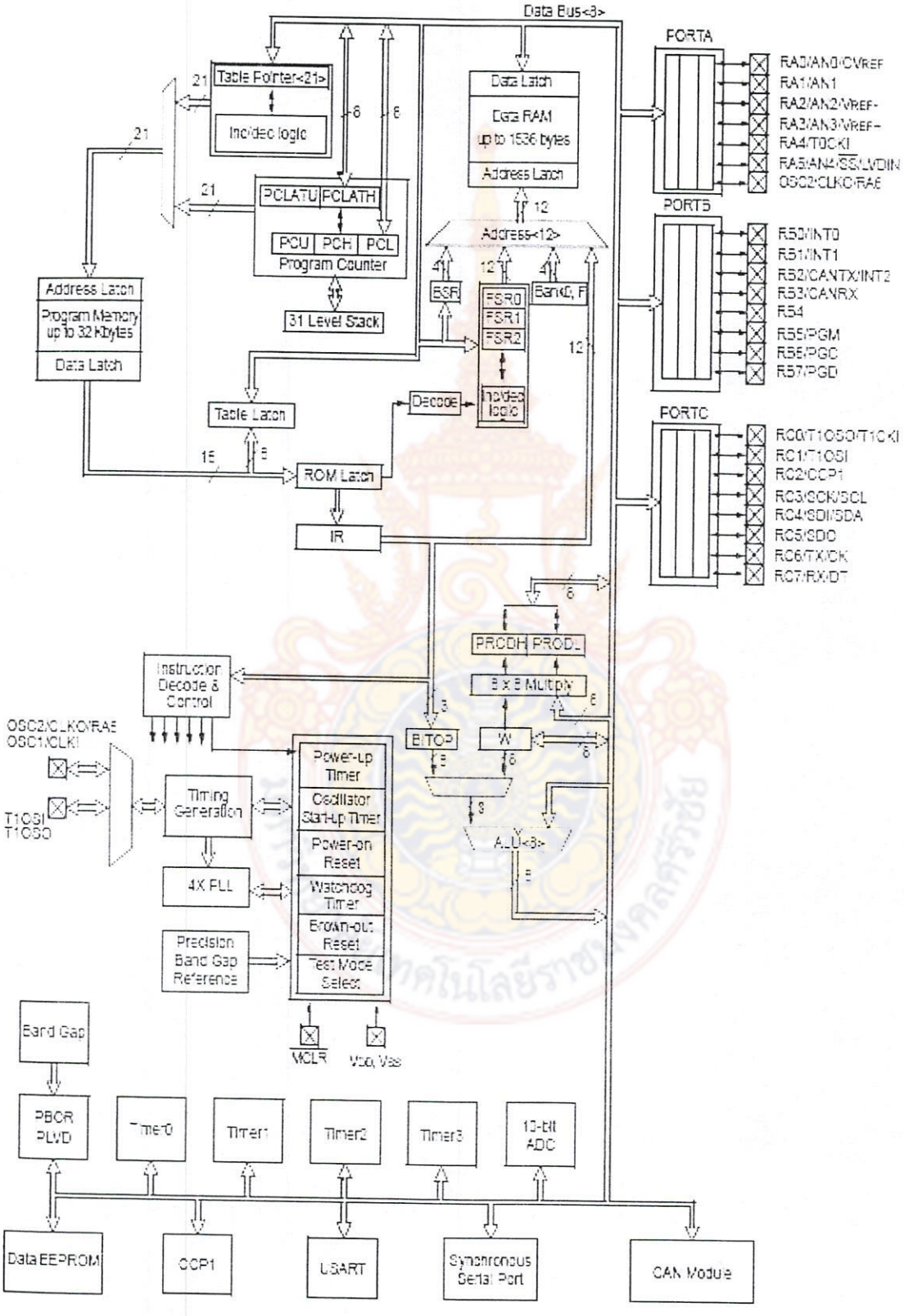
นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งของไมโครคอนโทรเลอร์ ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ ให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไปในขณะที่กำลังเอ็กซ์คิวต์คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 (เฟตช์ : fetch เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วแปลเป็นเลขฐานสิบหกเพื่อให้ซีพียูเข้าใจส่วนกระบวนการเอ็กซ์คิวต์ เป็นการกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้น ๆ กำหนด)



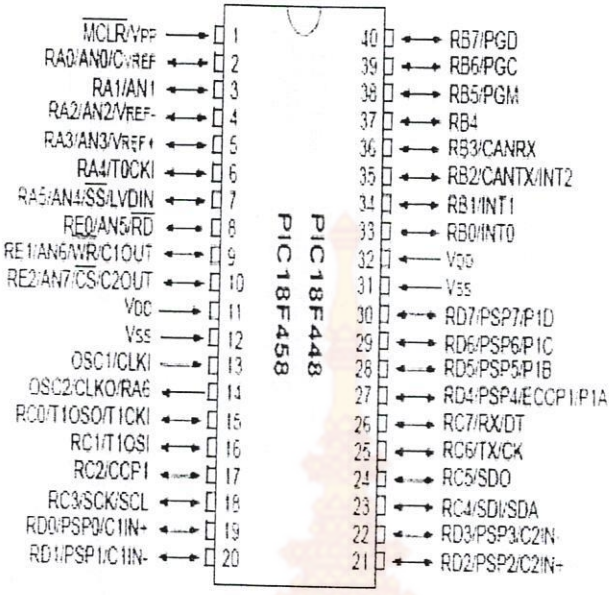
รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมแสดงรูปสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฮาร์ดแวร์

2.3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

ในรูปที่ 2.7 ส่วนประกอบหลักได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset) ส่วนแก้ไขข้อมูลในวงจรหรือดีบักเกอร์ (In-circuit debugger) วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (Low-voltage programming) ไทเมอร์ ที่มีมากถึง 4 ตัว วงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (SPI : Serial peripheral Interfacing) วงจรเชื่อมต่อระบบบัส I^2C วงจรสื่อสารอนุกรม (USART :Unive rsal Synchronnous Asynchronous Recciver Transmitter) และโมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ ตรวจจับสัญญาณ วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์นอกจากนั้นในอนุกรม จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อกและโมดูลสร้างแรงดันอ้างอิงเพิ่มเติม



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 รุ่น 40 ขา

2.3.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC18F458

คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งานถึง 75 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 40 MHz
- หน่วยความจำโปรแกรม 32 กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC18F458
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ 1536 ไบต์ สำหรับ PIC18F458
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 256 ไบต์ สำหรับ PIC18F458
- ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์สูงสุดถึง 21 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรเลอร์
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT) และออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- เลือกป้องกันข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถเลือกระดับการป้องกันได้

064589

- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้
- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-Circuit Debugger) ผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2V ถึง +5.5 V ได้
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลดน้อยกว่า 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5 V และสัญญาณนาฬิกา 4 MHz20 μA ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz น้อยกว่า 1 uA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย

2.3.4 คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 4 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต มีปรีสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต พร้อมปรีสเกลเลอร์ ,ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปรีสเกลเลอร์ ,ไทเมอร์ 3 ขนาด 16 บิต มีปรีสเกลเลอร์ และรีจิสเตอร์คาบเวลา (Period register) ขนาด 8 บิต ในตัว
- มีโมดุล CCP 1 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ (Capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียด สูงสุด 12.5 นาโนวินาที ส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 200 นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูสุด 10 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I^2C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเท็กชั่น : Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซีพียู หรือ เรียกว่าบราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset : BOR)

2.5.5 ข้อมูลหลักสำหรับกำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

PIC เบอร์ 18F458 มีรีจิสเตอร์พิเศษตัวหนึ่งที่บรรจุข้อมูลสำหรับกำหนดการทำงานทั้งหมดเอาไว้นั่นคือ Configuration word โดยภายใน Configuration word จะบรรจุข้อมูลของการเลือกป้องกันการอ่านข้อมูล เลือกความสามารถการรีเซตอัตโนมัติเมื่อไฟเลี้ยงลดต่ำถึงค่ากำหนด ควบคุมการทำงานของวอตช์ด็อกไทเมอร์ หรือจนกระทั่งการเลือกชนิดของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรเลอร์ การกำหนดข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ตัวนี้สามารถกระทำได้ 2 ทาง คือ ด้วยคำสั่ง CONFIG ในส่วนต้นของการโปรแกรมภาษา แล้วแอสแซมเบอร์ด้วย MPASM

ซึ่งบรรจุอยู่ในชุดของโปรแกรม MPLAB อันเป็นซอฟแวร์สำหรับพัฒนาไมโครคอนโทรเลอร์ PIC ของ Microchip ผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั่นเอง ทางที่สองคือ กำหนดที่ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการโปรแกรมหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ การกำหนดสามารถทำโดยทางใดทางหนึ่งหรือทั้งสองทางก็ได้ แต่ถ้าการกำหนดทั้งสองทางแตกต่างกัน การกำหนดที่ซอฟต์แวร์ของเครื่องโปรแกรมจะมีนัยสำคัญสูงกว่ารีจิสเตอร์ Configuration มีขนาด 14 บิต เท่ากับขนาดของเวิร์ดในหน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่งของ Configuration word อยู่ที่แอดเดรส 0x2007

ไอซี PIC เบอร์ 18F458 เป็นไอซีที่สามารถอ่าน เขียน ลบ หน่วยความจำโปรแกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เนื่องจากเป็นหน่วยความจำแบบเฟลชสามารถลบและเขียนได้นับพันครั้ง อีกทั้งยังสามารถใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบคริสตอล หรือ RC ก็ได้กินกำลังงานไฟฟ้าต่ำ อีกทั้งสามารถใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟได้ ในขณะที่ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาก็มีราคาถูก หรืออาจค้นหาซอฟแวร์ที่ใช้ในการโปรแกรมได้ในอินเตอร์เน็ต

ไมโครคอนโทรเลอร์ เบอร์ PIC18F458 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ที่จัดอยู่ในกลุ่มของไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้จะมีชุดคำสั่งมากถึง 75 คำสั่งพื้นฐาน ความเร็วในการทำงานสูงมากถึง 40 MHz และรายละเอียดอื่น สามารถดูได้จากข้อมูลของ PIC18F458 ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะการใช้งานในโครงงานของ PIC18F458

2.6.6 การติดต่อหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM)

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของ หน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอม (EEPROM data memory) และหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (Flash program memory) หน่วยความจำทั้งสองส่วนนี้สามารถอ่านและเขียนได้ในขณะทำงานตามปกติภายใต้ย่านไฟเลี้ยงปกติแต่ไม่สามารถที่จะเข้าถึงเพื่อทำการอ่านและเขียนได้โดยตรง การอ่านและเขียนต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษซึ่งเป็นการเข้าถึงโดยอ้อม (Indirect addressing)

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษที่ใช้ในการอ่านและเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมและหน่วยความจำโปรแกรมแฟลชมีทั้งสิ้น 6 ตัวคือ

1. EECON1 รีจิสเตอร์ควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำ
2. EECON2 รีจิสเตอร์ลำดับการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำ
3. EEDATA รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลสำหรับการอ่านและเขียน
4. EEDATH รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลไบต์สูง
5. EEADR รีจิสเตอร์แอดเดรส
6. EEADRH รีจิสเตอร์แอดเดรสไบต์สูง

ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมจะใช้รีจิสเตอร์ 4 ตัวคือ EECON1 EECON2 EEDATA และ EEADR โดยทำการเลือกแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อผ่านทาง EEADR โดยทำการเลือกแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อผ่านทาง EEADR จากนั้นใช้ EECON1 และ EECON2 เพื่อกำหนดจุดประสงค์ในการติดต่อกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียน โดยข้อมูลที่ทำการอ่านหรือเขียนจะบรรจุอยู่ในรีจิสเตอร์ EEDATA

หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม นี้สามารถทำการลบและเขียนใหม่ได้ถึง 100,000 รอบ ระยะเวลาในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำอีอีพรอมนั้นจะควบคุมโดยตัวตั้งเวลาหรือไทม์เมอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระยะเวลาในการเขียนนั้นจะขึ้นอยู่กับแรงดันและอุณหภูมิในขณะนั้น

ทางด้านหน่วยความจำโปรแกรมจะใช้รีจิสเตอร์ทั้งหมด 6 ตัวในการเข้าถึงและทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล เนื่องจากขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมมีมากถึง 4-8 กิโลเวิร์ด ทำให้มีจำนวนบิตแอดเดรสมากถึง 13 บิต และมีจำนวนบิตของข้อมูลต่อเวิร์ดมากถึง 14 บิต จึงต้องรีจิสเตอร์เพิ่มเติมเพื่อ 8-12 ในขณะที่ EEDATH เก็บข้อมูลในไบต์สูง ตั้งแต่ 8-13 นั่นหมายความต้องกำหนดค่าแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมลงในทั้งรีจิสเตอร์ EEADRH และ EEADR ส่วนข้อมูลต้องกำหนดผ่าน EEDATH และ EEDATA

1) การอ่านหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม

เริ่มด้วยการกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านลงในรีจิสเตอร์ EEADR เคลียร์บิต EEPGD ในรีจีสเตอร์ EECON1 และเซตบิต RD ในรีจิสเตอร์ EECON1 ข้อมูลจากหน่วยความจำจะได้รับการอ่านออกมาในไซเกิลการทำงานของคำสั่งถัดไป โดยข้อมูลที่อ่านออกมานี้จะบรรจุอยู่ในรีจิสเตอร์ EEDATA และรักษาข้อมูลนี้ไว้จนกว่าจะเกิดการอ่านหรือเขียนข้อมูลใหม่ขึ้น

2) การเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม

มีกระบวนการคล้ายคลึงกับ PIC16F84 แตกต่างกันตรงที่ตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่ใช้งาน เริ่มต้นกระบวนการเขียนด้วยการกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำอีอีพรอมที่ต้องการเขียนไปยังรีจิสเตอร์ EEADR ต่อด้วยเขียนข้อมูลที่ต้องการไปยังรีจิสเตอร์ EEDATA เคลียร์บิต EEPGD ในรีจิสเตอร์ EECON1 เพื่อเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม เซตบิต WREN เพื่อเอ็นนาเบิลการเขียนข้อมูล ดิสเอเบิลอินเตอร์รัปต์ทุกรูปแบบ

3) การป้องกันข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม

การป้องกันการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมนั้นสามารถทำได้จากเครื่องโปรแกรมภายนอกเท่านั้น โดยเลือก function EEPROM protection หรืออาจมีชื่ออื่นที่แตกต่างออกไปและการป้องกันนี้จะป้องกันเฉพาะการอ่านโดยใช้เครื่องโปรแกรมภายนอกเท่านั้น

โดยในระหว่างการทำงานปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ซีพียูจะเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมตามปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการป้องกันการคัดลอกโดยใช้เครื่องอ่านหรือเครื่องโปรแกรมภายนอกนั่นเอง USART หรือ โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมในPIC เบอร์18F458 โมดูล USART(UniversalSynchronous Asynchronous Receiver Transmitter) เป็นโมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมเอนกประสงค์ที่สามารถทำงานเป็นตัวรับและตัวส่งข้อมูลในแบบอะซิงโครนัสหรือซิงโครนัสก็ได้ สามารถกำหนดรูปแบบของข้อมูลและเลือกอัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลได้ โมดูล USART ใน PIC18F458 สามารถกำหนดการทำงานได้ 3 โหมดคือ

1. โหมดอะซิงโครนัส สามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะฟูลดูเพล็กซ์
2. โหมดซิงโครนัส มาสเตอร์ สามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะฮาล์พดูเพล็กซ์
3. โหมดซิงโครนัส สเลฟสามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะฮาล์พดูเพล็กซ์ รีจิสเตอร์ของโมดูล USART

โมดูล USART มีรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงาน 3 ตัว คือ TXSTA (Transmit statusand control Register) ใช้ควบคุมและแสดงสถานะการส่งข้อมูล มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x98 RCSTA (Receive status and control register) แอดเดรดอยู่ 0x18 ใช้ควบคุมและแสดงสถานะการรับข้อมูล และ SPBG (Srial port baud rate generator) ใช้ในการกำหนดความเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลมีแอดเดรดอยู่ที่ 0x99

ส่วนรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลในการรับส่งมีอีก 2 คือ TXRTA (Transmit data register) มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x19 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่ต้องการส่งออก และ RCREG (Receive data register) มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x1A ใช้เก็บข้อมูลที่รับเข้ามา

โหมดการทำงานของโมดูล USART ในโหมดอะซิงโครนัส

ในโหมดนี้โมดูล USART จะกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารตามมาตรฐาน NRZ (non return to zero) ซึ่งประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (Start bit) 1 บิต โดยปกติจะขนาดขอข้อมูลเป็น 8 บิตการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเริ่มต้นด้วยนัยสำคัญต่ำสุดหรือ LSB ก่อน ส่วนการตรวจพาริตี้นั้นต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์โดยบรรจุข้อมูลของบิตพาริตี้ลงในบิตสำหรับบรรจุข้อมูลบิตที่ 9 ของทั้งรีจิสเตอร์ TXSTA และ RSCTA แต่โดยปกติจะเลือกไม่ตรวจสอบหรือบิตพาริตี้เป็น none การเลือกโมดูล USART ทำงานในโหมดอะซิงโครนัสทำได้โดยการเคลียร์บิต SYNC (บิต 4 ของรีจิสเตอร์ TXSTA) การทำงานในโหมดนี้หยุดลงทันทีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานโมดูล USART มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนที่ใช้งานในโหมดอะซิงโครนัส ได้แก่

1. ส่วนกำเนิดอัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลหรือบอเรตเจนเนอเรเตอร์
2. วงจรสุ่มสัญญาณ
3. ตัวส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส
4. ตัวรับข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การส่งข้อมูลในโหมดอะซิงโครนัส

จากไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 แสดงในรูปที่ 2.7 หัวใจสำคัญอยู่ที่ชิพรีจิสเตอร์จะเป็นตัวส่ง (Transmit shift register : TSR) โดยในชิพรีจิสเตอร์ตัวนี้บรรจุข้อมูลที่ได้มาจากรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลสำหรับการส่งหรือ TXREG ข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกเขียนมายัง TXREG จากนั้นจะถ่ายทอดต่อไปยังชิพรีจิสเตอร์ TSR แต่การถ่ายทอดจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการส่งบิตปิดท้ายของข้อมูลในชุดก่อนหน้าออกไปแล้ว

หลังจากมีการส่งบิตปิดท้ายออกไป TSR จะได้รับข้อมูลใหม่จากรีจิสเตอร์ TXREG ซึ่งเกิดขึ้นภายในไซเคิลการทำงานเดียวที่รีจิสเตอร์ TXREG จะว่างลง และบิต TXIF (บิต 4 ของรีจิสเตอร์ PIR1) จะเซตหากมีการเอนนาเบิลอินเตอร์รัพพ์ไว้ก็จะเกิดอินเตอร์รัพพ์ขึ้นบิต TXIF จะเคลียร์ได้ก็ต่อเมื่อมีการถ่ายทอดข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ TXREG ส่วนสถานะของชิพรีจิสเตอร์ TSR จะแสดงผ่านบิต TRMT (บิตที่ 1 ของรีจิสเตอร์ TXSTA) เมื่อ TSR ว่างจะเซตบิตนี้ ดังนั้นผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่บิตนี้เพื่อเริ่มต้นการส่งข้อมูลก็ได้

การเริ่มต้นส่งข้อมูลออกจากโมดูล USART เกิดขึ้นเมื่อเซตบิต TXEN (บิตที่ 4 ของรีจิสเตอร์ TXSTA) แต่การเริ่มต้นจริงในทางปฏิบัติจะเกิดขึ้นหลังจากที่รีจิสเตอร์ TXREG ได้รับการเขียนข้อมูลและบอเรตเจนเนอเรเตอร์สร้างสัญญาณนาฬิกาของการถ่ายทอดข้อมูลขึ้น ข้อมูลจาก TXREG จะส่งไปยังชิพรีจิสเตอร์ TSR แล้วทยอยส่งออกไปทางขาพอร์ต RC6 / TxD / CK โดยที่ขาพอร์ตยังมีวงจรบัฟเฟอร์และสัญญาณควบคุมอีก 1 เส้นคือ บิต SPEN (บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ RCSTA) ซึ่งจะต้องเซตบิตนี้มิฉะนั้นจะไม่สามารถส่งออกไปได้การเลื่อนข้อมูลจะเริ่มต้นด้วยข้อมูลบิต 0 จนถึงบิต 7 ขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูลว่าต้องการส่งแบบ 8 หรือ 9 บิตและส่งบิตปิดท้ายอีก 1 บิตสุดท้ายเป็นอันครบ 1 ชุดข้อมูลบิต TRMT จะแจ้งว่าชิพรีจิสเตอร์ไม่ว่างตั้งแต่แรกส่งบิตเริ่มต้นและจะเซตเพื่อแสดงว่าหลังจากส่งข้อมูลบิตสุดท้ายก่อนส่งบิตปิดท้าย

สรุปขั้นตอนการกำหนดให้โมดูล USART ส่งข้อมูลในโหมดอะซิงโครนัสได้ดังนี้

1. กำหนดข้อมูลสร้างบอเรตลงใน SPBRG หากใช้บอเรตความเร็วสูงจะต้องเซตบิต BRGH ด้วย
2. เลือกฟังก์ชันการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมและกำหนดให้ทำงานในโหมดอะซิงโครนัส โดยการเซตบิต SPEN และเคลียร์บิต SYNC

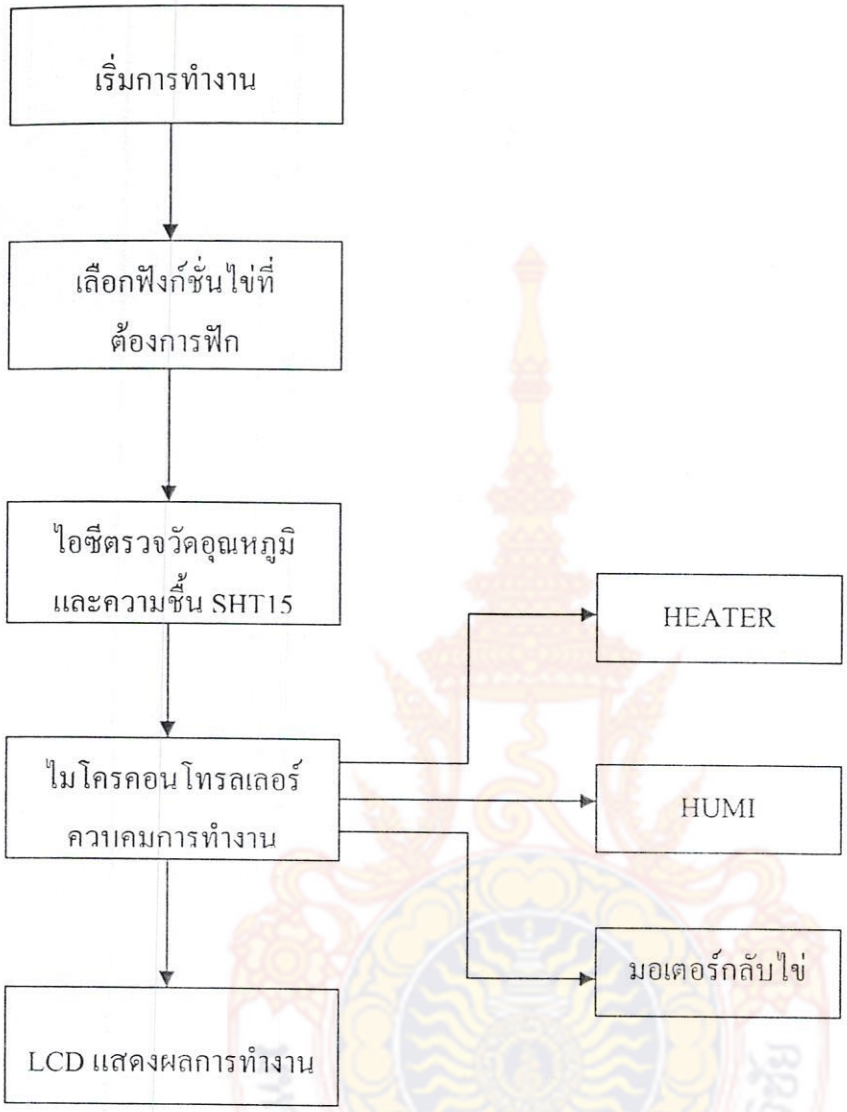
3. ถ้าต้องการให้เกิดการอินเตอร์รัพพ์ต้องทำการเซตบิต TXIE
4. ถ้าเลือกการส่งข้อมูลแบบ 9 บิต ให้ทำการเซตบิต TX9
5. เอนนาเบิลการส่งข้อมูลโดยการเซตบิต TXEN ส่งผลให้แฟลก TXIF ถูกเซตตามไปด้วย
6. ถ้าเลือกการส่งข้อมูลแบบ 9 บิต ข้อมูลที่ 8 จะถูกส่งไปยังบิต TX9D
7. กำหนดข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ TXREG เพื่อเริ่มส่งข้อมูล

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีและพฤติกรรมของแม่ไก่ แม่เป็ดและแม่นกกระทาในกระบวนการ การฟักไข่ที่ถูกต้อง จึงได้ทำการออกแบบเครื่องควบคุมการฟักไข่ให้สามารถเลือกฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทาให้ได้อัตราการรอดสูง ซึ่งระยะเวลาในการฟักไข่ไก่นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 21 วัน ในช่วง 18 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % ระยะเวลาในการฟักไข่เป็ดนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 28 วัน ในช่วง 25 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % และระยะเวลาในการฟักไข่นกกระทานั้นจะอยู่ที่ประมาณ 18 วัน ในช่วง 15 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % และจะมีการกลับไข่ทุกๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งการกลับไข่นี้มีความสำคัญเช่นกัน โดยมุมในการกลับไข่ที่เหมาะสมทั้ง 3 ชนิดนี้คือมุม 45 องศา จากแนวดิ่ง จากทฤษฎีดังกล่าวนี้จึงได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่

3.1 บล็อกการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ

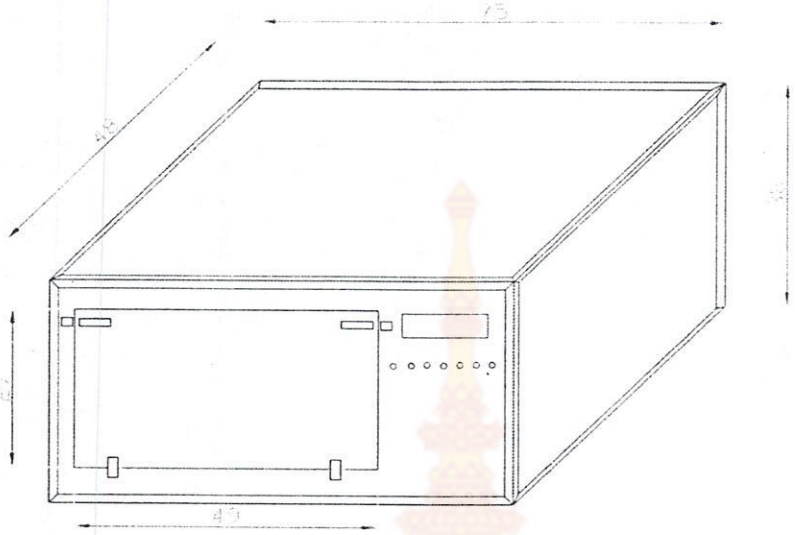
การทำงานของตู้ควบคุมระบบการฟักไข่ โดยจะสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้นและส่วนการควบคุมการกลับไข่ ส่วนของการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนั้นจะทำการควบคุมแบบอัตโนมัติของขดลวดที่ใช้ทำความร้อนโดยใช้ Sensor เบอร์ SHT15 ซึ่งใช้เป็นตัววัดค่าของอุณหภูมิและความชื้น ส่วนชุดควบคุมการกลับไข่จะใช้การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F458 เช่นเดียวกัน โดยจะมีการทำงานร่วมกับการตั้งเวลา ซึ่งจะใช้งานในการตั้งเวลาในการกลับไข่ โดยแสดงดังรูปที่ 3.1



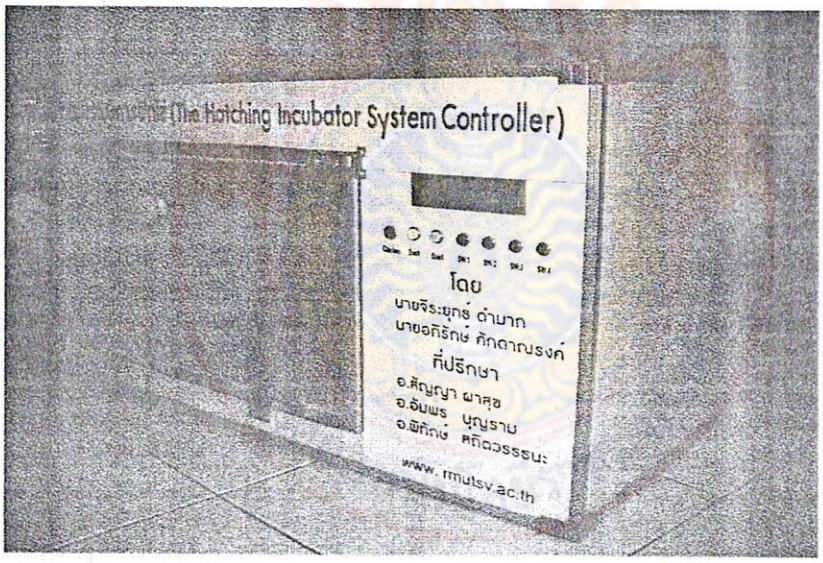
รูปที่ 3.1 ระบบการทำงานของตู้ฟักไข่

3.2 การออกแบบตู้ควบคุมระบบการฟักไข่

การออกแบบตู้ฟักไข่ในโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ จะประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักเป็นแผ่นอะคิลิกขนาด 5 mm. และอลูมิเนียม เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการฟักไข่นั้นใช้อุณหภูมิประมาณ 37-38 องศาเซลเซียส การใช้แผ่นอะคิลิกขนาด 5 mm. จึงมีความเหมาะสมในด้านการใช้งานโดยมีสีขาวเพื่อความสวยงามและป้องกันการขูดขีดรวมไปถึงการทำความสะอาดที่ง่าย และมีขอบอลูมิเนียมเพื่อความแข็งแรง ทั้งสองด้านเพื่อช่วยในการรักษาอุณหภูมิและมีการอุดช่องระหว่างแผ่นอะคิลิกที่ขอบของตู้เล็กน้อยเพื่อไม่ให้อุณหภูมิตก ซึ่งตู้นี้เป็นตู้ที่มีถาดฟักไข่อยู่ในตู้เดียวกัน



รูปที่ 3.2 ลักษณะการออกแบบของตู้ควบคุมระบบการฟักไข่

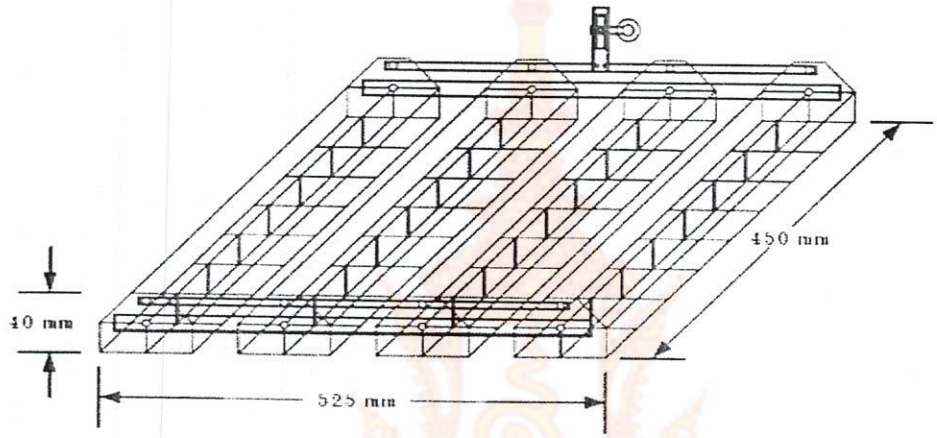


รูปที่ 3.3 ลักษณะด้านหน้าและด้านข้างของตู้ควบคุมระบบการฟักไข่ที่สร้างเสร็จแล้ว

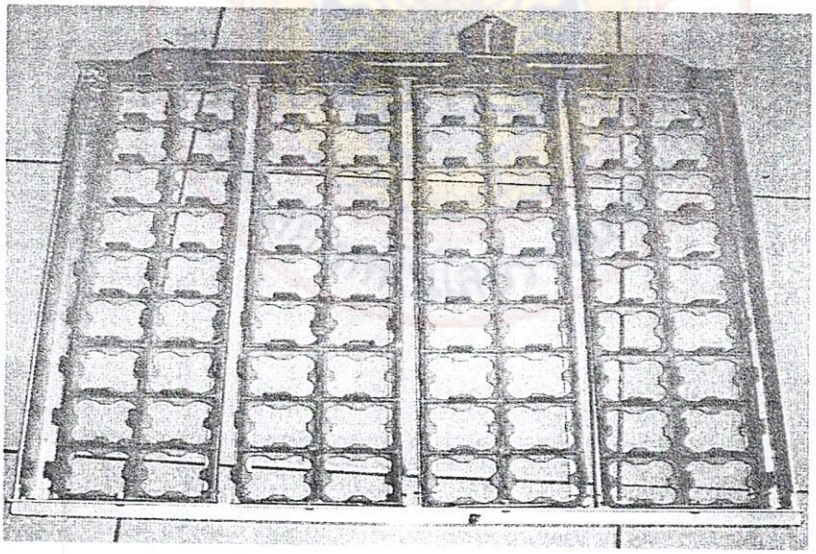
3.3 การออกแบบและการกลับไข่

จากทฤษฎีข้างต้นการกลับไข่เป็นปัจจัยที่สำคัญในการกลับไข่โดยธรรมชาติของแม่ไก่ แม่เป็ดจะมีการกลับไก่ทุกวัน โดยเฉลี่ยทุก ๆ 35 นาทีและในการฟักไข่นั้นอย่างน้อยที่สุดควรจะมีการกลับไข่วันละ 3 ครั้ง และมุมที่เหมาะสมในการกลับไข่ทั้ง 3 ชนิดนั้นจะเป็นมุม 45 องศา

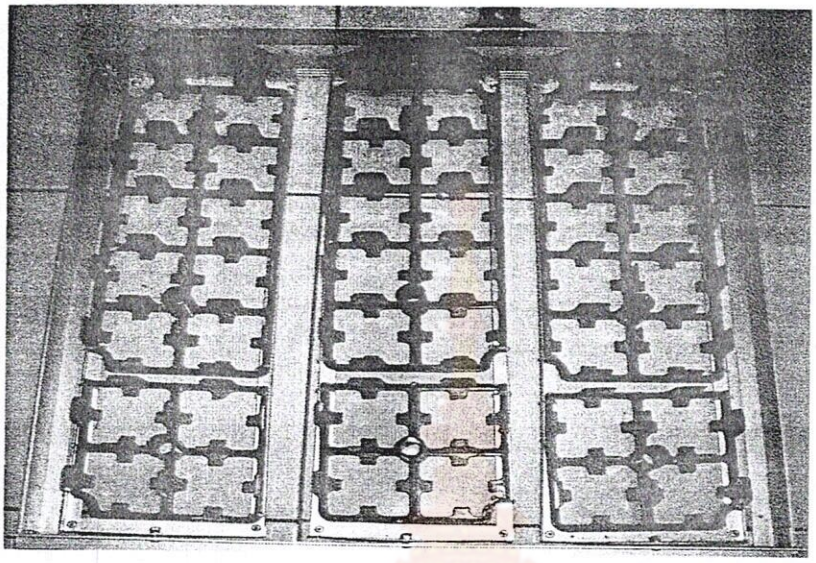
3.3.1 การออกแบบรางใส่ไข่



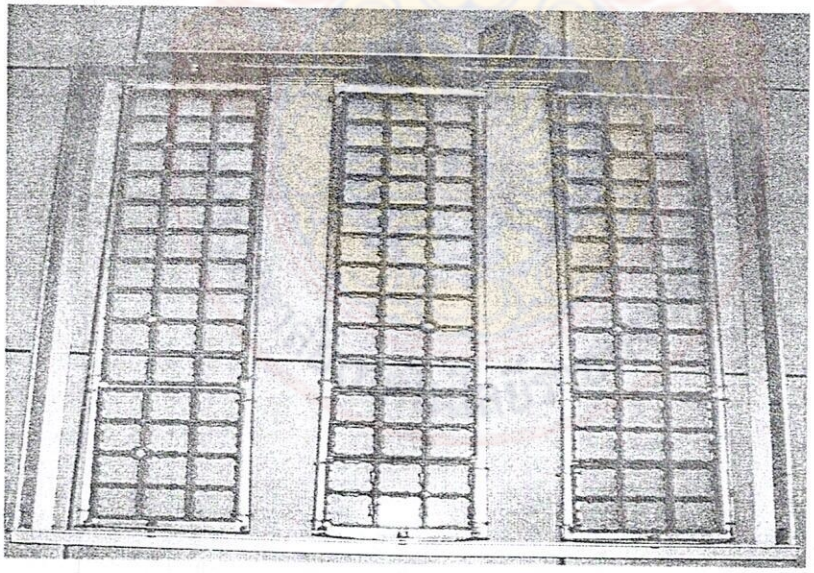
รูปที่ 3.4 การออกแบบราง



รูปที่ 3.5 รางใส่ไข่ไก่ที่สร้างเสร็จแล้ว



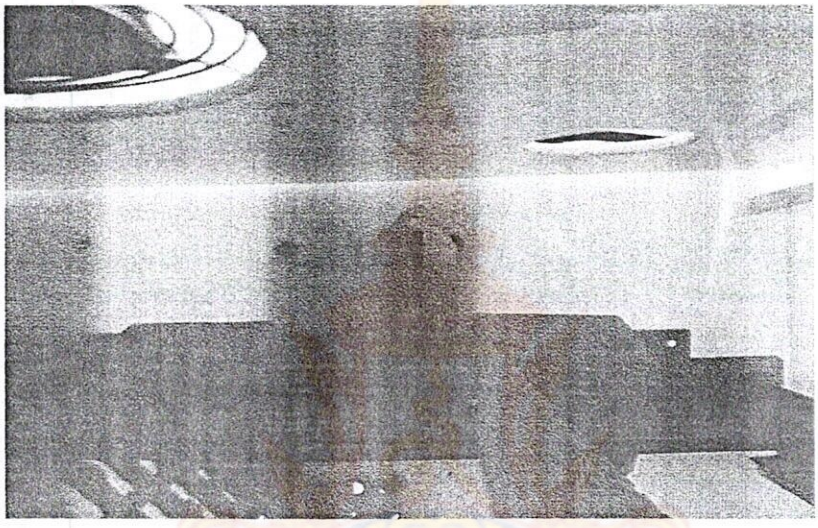
รูปที่ 3.6 รางใส่ไข่เป็ดที่สร้างเสร็จแล้ว



รูปที่ 3.7 รางใส่ไข่นกกระทาที่สร้างเสร็จแล้ว

จากรูปที่ 3.5 รูปที่ 3.6และรูปที่ 3.7 เป็นชุดการกลับไข่ ซึ่งทำจากอลูมิเนียมขนาดความกว้าง 525 mm. และความยาว 450 mm. และช่องวางไข่ทำจากพลาสติกที่วางไข่โดยเฉพาะ ซึ่งจะทำการยึดกับโครงสร้างของมอเตอร์

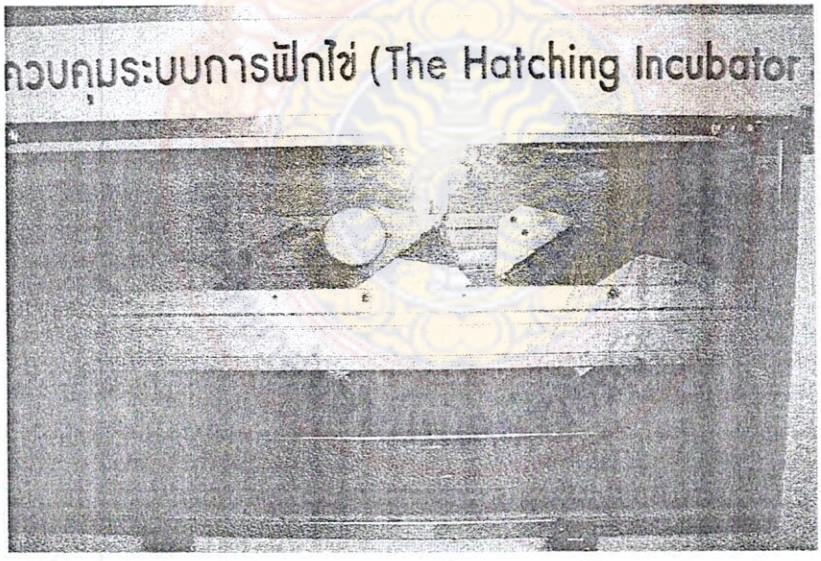
3.3.2 การออกแบบการกลับไข่



รูปที่ 3.8 แสดงการต่อแกนมอเตอร์ต่อกับราง

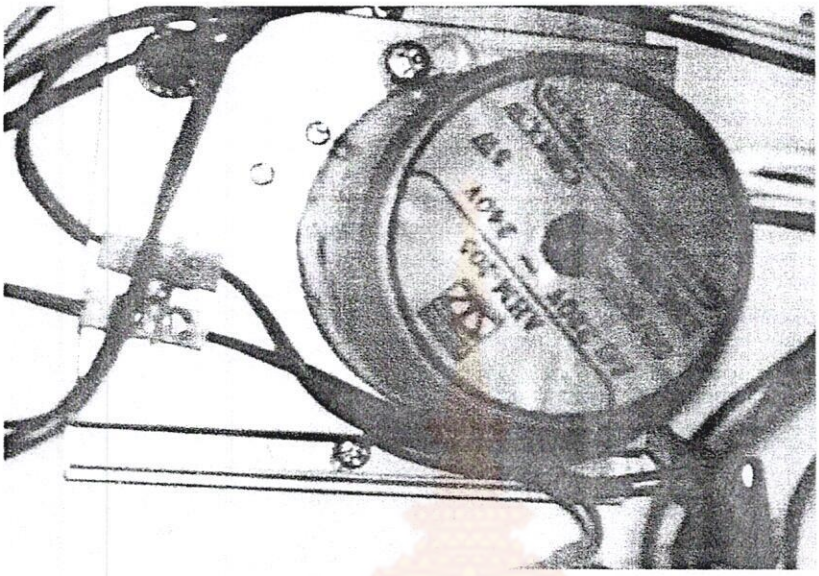
จากรูปที่ 3.8 ลักษณะการกลับไข่นั้นจะใช้หลักการกลไกทางแมกคานิค คือใช้เพลาข้อเหวี่ยงต่อเข้ากับแกนมอเตอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ตัวที่ต่อกับมอเตอร์ทำงาน ขณะเดียวกันนั้นตัว Limit Switch ที่ติดกับแกนมอเตอร์ก็ทำงานอยู่มอเตอร์ก็หมุนจะทำให้รางไข่พลิกไปเป็นมุม 45 องศาพอดีพร้อมกันที่ตัว Limit Switch ที่ติดกับแกนมอเตอร์ก็หยุดทำงานและจะหยุดทำงานเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้สั่งให้รีเลย์ตัวที่ต่อกับมอเตอร์ทำงาน ขณะเดียวกันนั้นตัว Limit Switch ที่ติดกับแกนมอเตอร์ก็ไม่ทำงานมอเตอร์ก็จะหมุนอีกครั้งรางก็จะกลับไข่ไปยังตำแหน่ง 45 องศาของอีกทาง และจะเป็นอย่างนี้ตลอดการฟักก่อน 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่ทั้ง 3 ชนิด

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการกลับไข่ไปทางขวา



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะการการกลับไข่ไปทางซ้าย

จากรูปที่ 3.9และรูปที่ 3.10 จะเป็นการกลับไข่โดยลักษณะการกลับไข่จะเป็นการกลับในตำแหน่ง 45 องศากลับไปทางขวาและซ้าย



รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งมอเตอร์กลับไข่

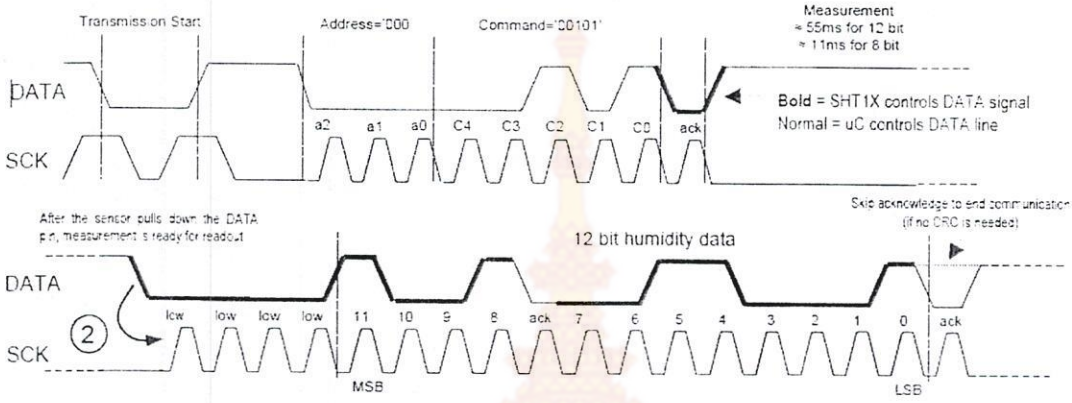
จากรูปที่ 3.11 จะเป็นการติดตั้งมอเตอร์กลับไข่ซึ่งแกนของมอเตอร์จะต่ออยู่กับรางใส่ไข่จะใช้มอเตอร์ขนาด 220 VAC, 5W, 50 Hz, 3.6 RPM ซึ่งเป็นมอเตอร์รอบต่ำและทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลังในการโดยถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านรีเลย์ในการทำงานแต่ละครั้ง

3.4 การออกแบบชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

การฟักไข่ที่ให้ผลที่ดีมีอัตราการรอดสูงควรจะมีการควบคุมอุณหภูมิความชื้นที่เหมาะสมจึงจะทำให้อัตราการรอดมีมากขึ้น ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้ไอซีเบอร์ SHT15 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในตัวเดียวกัน โดยไอซี SHT15 มีคุณสมบัติดังนี้

1. RANG ของอุณหภูมิอ่านค่าได้ตั่งแต่ -44 -123.8 องศาเซลเซียส
2. RANG ของค่าความชื้นอ่านได้ตั่งแต่ 0-100% RH
3. สามารถทนความร้อนได้สูง
4. ทำงานด้วยกำลังต่ำ
5. ง่ายต่อการใช้งาน

ไอซีเบอร์ SHT15 จะใช้ลักษณะการส่งสัญญาณข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการสื่อสารแบบ I^2C



รูปที่ 3.12 แสดงพัลส์เริ่มต้น

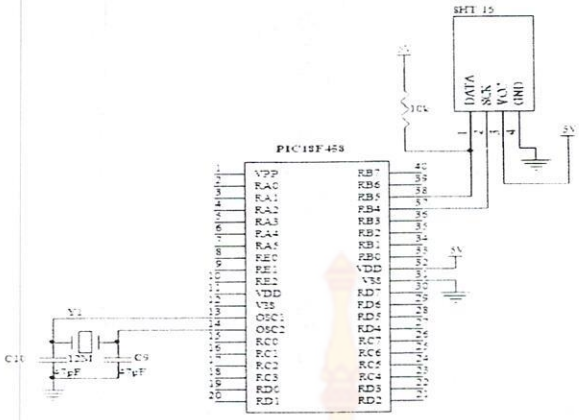
จากรูปที่ 3.12ไอซีเบอร์ SHT15 จะเป็นตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิความชื่นในลักษณะพัลส์เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลที่ขา DATA ที่มีลอจิกสูงมีการเปลี่ยนแปลงจากสูงไปหาต่ำ ในขณะที่ SCK มีลักษณะเป็นลอจิกสูงต่อมาจะเป็นแอดเดรส 000 และ COMMAND 00101 เป็นการบอกให้รู้ว่าข้อมูลเป็นของความชื้น ซึ่งโค๊ดที่ใช้คือ 00101ส่วนของอุณหภูมิจะใช้คือ 00011 ต่อมาจะเป็นการถ่ายทอดข้อมูล ซึ่งในรูปจะเป็นการถ่ายทอดข้อมูลขนาด 12 บิต ไม่นับบิต ACK

ต่อมา ลอจิกจะเป็น 0000 แล้วต่อไปจะเป็นข้อมูลเริ่มตั้งแต่ บิต MSB จนไปถึงบิต LSB ข้อมูลที่ส่งคือ 100100110001 หลังจากส่งข้อมูลจะมี บิต ACK เป็นบิตรับรู้ข้อมูลต่อมาจะเป็นบิตเช็คข้อมูลขนาด 8 บิต หลัง LBS ของ CRC-8 Checksum ซึ่งเป็นบิตบนสาย ACK สถานะ DATA เปลี่ยนจากต่ำไปสูงขณะที่สถานะบนสาย SCK เป็นลอจิกสูงเป็นการบอกให้รู้ว่าได้หยุดการถ่ายทอดข้อมูลและเริ่มการถ่ายทอดข้อมูลใหม่ตรง Transmission Start หลังจากได้ข้อมูลมาแล้วคือ 100100110001 เป็นเลขฐาน 2 เราก็นำมาเป็นเลขฐานสิบจะได้ 2353 ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าความชื้นจริงเราก็นำไปคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{RH linear} = C1 + C2 \bullet SO_{RH} \quad C3 \bullet SO_{RH}^{\ 2} \qquad (3\text{-}1)$$

$$\text{RH true} = (Tc^{\circ} - 25) \bullet (t1 + t2 \bullet SO_{RH}) + RH \text{ linear} \qquad (3\text{-}2)$$

จะได้มาเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นจริงนั้นคือ 75.79%

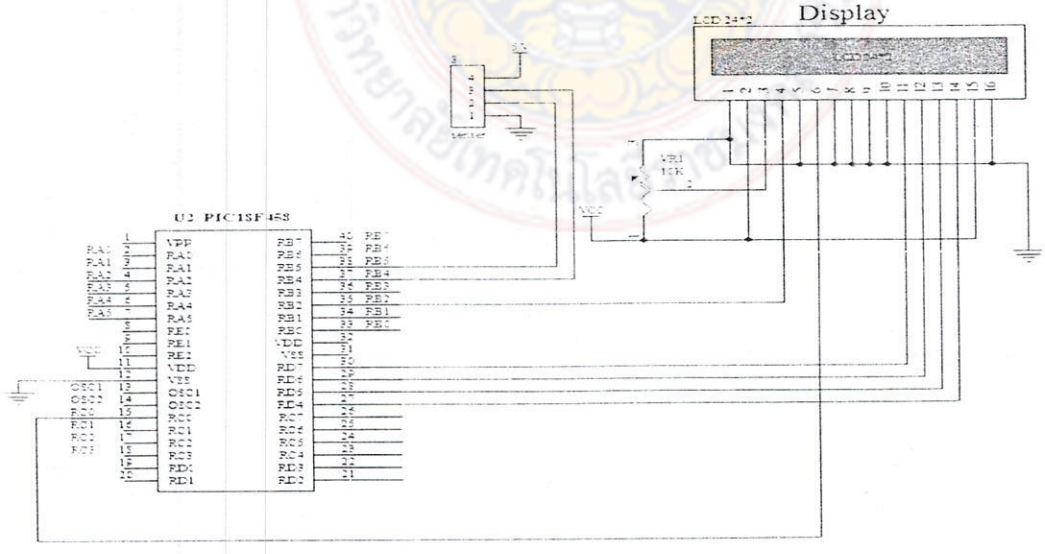


รูปที่ 3.13 แสดงวงจรการต่อ SHT15 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.13 จะเป็นการต่อ SHT15 เข้ากับ PIC18F458 เริ่มจากขา 1ซึ่งเป็นขา DATA ของ SHT15 จะต่อเข้ากับขา RB5 และมีความต้านทาน 10 KΩ ต่ออยู่ด้วย และขา 2 ซึ่งเป็นขา SCK จะต่อเข้ากับขา RB4 ขา 3 VCC ต่อกับไป +5 โวลท์ และขา 4 จะต่อลงกราวน์

3.5 การออกแบบและแสดงผลทาง LCD

ในการฟักไข่แต่ละครั้งนั้นจำเป็นต้องมีตัวแสดงผลเพื่อแสดงลายละเอียดต่างๆของการฟักและทำให้รู้ว่าค่าที่ LCD แสดงออกมานั้นถูกต้องมากน้อยเพียงใดเมื่อทำการเปรียบเทียบกับตัวอ้างอิง รูปที่ 3.14 เป็นการออกแบบและแสดงผลทาง LCD 24*2 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมจอ LCD

จากรูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมจอ LCD ซึ่งเป็นจอ LCD ชนิด 2 บรรทัด 24 ตัวอักษร จอแสดงผล LCD จะใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ป้อนให้ที่ขา 2 ซึ่งตัวมันจะกินกระแสเพียงไม่กี่มิลลิแอมป์ ส่วนขา 3 ต่อเพื่อปรับมุมมองการแสดงผลให้เหมาะสม ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผลของแสงในขณะนั้นด้วย รวมไปถึงตำแหน่งการติดตั้งและอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง LED กับ LCD จะพบว่าในที่ที่มีแสงสว่างค่อนข้างสูง LED เกือบจะมองไม่เห็น ส่วน LCD นั้น สามารถอ่านในที่ที่มีแสงสว่างได้ เนื่องจากการทำงานของ LED นั้น จะปล่อยพลังงานแสงออกมาส่วน LCD นั้นใช้การหักเหของแสง โดยให้แสงส่องผ่านตัวมัน ซึ่งบางสภาวะที่มีแสงน้อยก็ไม่สามารถอ่านค่าจอแสดงผล LCD ได้วิธีแก้คือการใช้จอ LCD ที่มีแบ็กไลต์ (Black light) จึงเป็นการใช้ฉาก eletrolumine (EL) ซึ่งมีความสามารถในการเรืองแสงได้นำไปติดตั้งไว้ด้านหลังของจอ LCD โดยที่แผง EL จะทำหน้าที่ แพร่กระจายความสว่างจากด้านหลัง ทำให้ LCD มีความสว่างและทำให้เรามองเห็นได้

3.6 การเลือกขนาดของ Heater

โครงงานนี้มีการออกแบบตู้ฟักขนาดความกว้าง 75 เซนติเมตร ยาว 48 เซนติเมตรและสูง 38 เซนติเมตร ซึ่งทำจากอะคิลิกขนาด 5 มิลลิเมตร และต้องการอุณหภูมิ 37 – 38 องศาเซลเซียสจึงต้องมีการเลือกขนาดของ Heater ให้เหมาะสมกับขนาดของตู้ฟักไข่

การคำนวณหาขนาด Heater

โดยตู้มีความจุ 0.1 m^3 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 38 องศาเซลเซียสจำนวนไข่ไก่ที่นำเข้าฟักสูงสุดไม่เกิน 72 ฟอง จำนวนไข่เป็ดที่นำเข้าฟักสูงสุดไม่เกิน 64 ฟอง จำนวนไข่นกกระทาที่นำเข้าฟักสูงสุดไม่เกิน 128 ฟอง ความร้อนจำเพาะของไข่ทั้ง 3 ชนิดนี้อยู่ประมาณ 3.32 (kj/kg-k) โดยต้องการอุณหภูมิภายตู้ฟักไข่ 38 องศาเซลเซียส ภายใน 20 นาที

หาความร้อนที่ไข่ต้องการ

จากสมการ $Q1 = \mathrm{mc}\dfrac{\Delta T}{t}$ (3-3)

เมื่อ $Q1$ คือความร้อนที่ไข่ต้องการ

m คือมวลรวมของไข่ทั้งหมด

c คือค่าความร้อนจำเพาะของไข่

ΔT คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

t คือเวลา

แทนค่าในลงสมการ $Q1 = (4.8kg)(3.32\frac{kj}{kg-k})(\frac{38-37C^{\circ}}{20\min})$

จะได้ $Q1 = 8.5008\frac{kg}{\min}$ หรือ $0.1417\frac{kg}{s}$

หาความร้อนที่อากาศต้องการ

จากสมการ $$Q2 = m\frac{h2-h1}{\Delta t} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ $Q2$ คือความร้อนที่อากาศต้องการ

m คือมวลรวมของอากาศภายในตู้

h1 คือ พลังงานความร้อน

h2 คือ พลังงานความร้อน

Δt คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลา

จาก $m = \rho v$

เมื่อ ρ คือ ค่าจำเพาะของอากาศ

v คือ ปริมาตรของตู้ฟักไข่

แทนค่าในสมการ $m = \rho v, \rho = 1.143\frac{kg}{m^3}, v = 0.1m$

จะได้ $m = (1.143\frac{kg}{m^3})(0.1m^3) = 0.1143kg$

แทนค่า m ลงในสมการ $Q1 = m\frac{h2-h1}{\Delta t}\ Q2$

จะได้ $$Q2 = (0.1143kg)(\frac{103-68\frac{kj}{kg}}{20\min})$$

ดังนั้นจะได้ค่า $$Q2 = 0.2000\frac{kj}{\min}$$

ความร้อนที่ต้องการทั้งหมด

จาก Q รวม $= Q1 + Q2$

ดังนั้น Q รวม $= 0.1417 + 3.333^{-3}\frac{kj}{\min} = 0.1450\frac{kj}{s}$ หรือ $3.333x10^{-3}\frac{kj}{s}$

นำค่า Q ที่ได้ไปคำนวณหากำลังไฟฟ้า

จากสมการ $W = \frac{j}{s}$

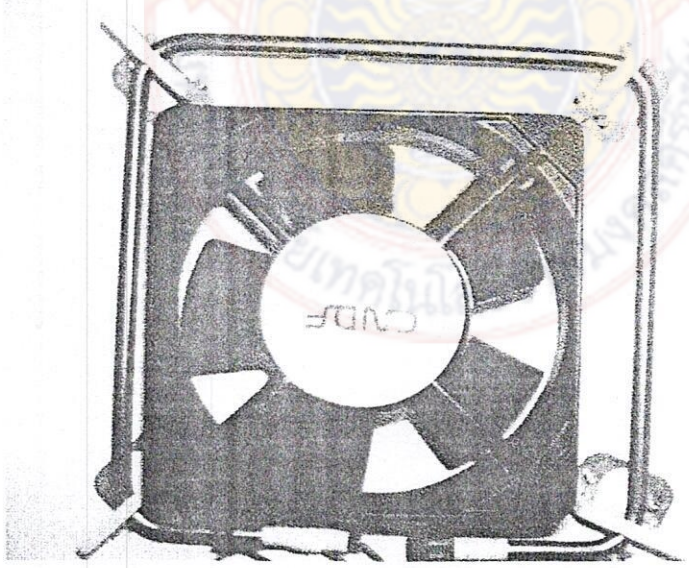
โดยที่ j คือพลังงาน

s คือเวลา

แทนค่าลงในสมการ $W = \frac{j}{s}$

จะได้ W $= (0.1450)(1000) = 145.0$ วัตต์

ดังนั้นจึงเลือกใช้ Heater ขนาด 150 วัตต์

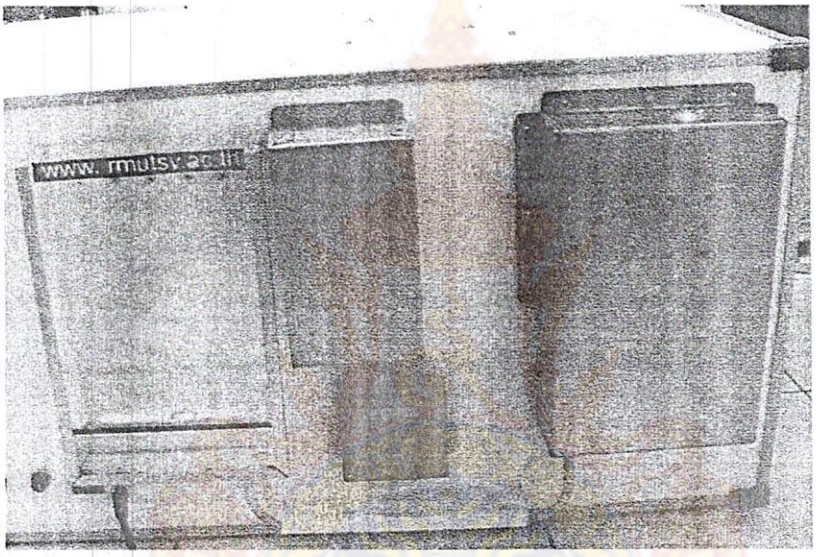


รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะของ Heater 150 วัตต์

3.7 การออกแบบชุดให้ความชื้น

จากทฤษฎีที่กล่าวมาในส่วนของเนื้อหาการควบคุมรักษาความชื่นให้เหมาะสมตลอดระยะเวลาการฟักไข่นั้นเป็นสิ่งสำคัญในการฟักไข่เป็นอย่างยิ่งจึงต้องควบคุมความชื้นให้เหมาะสมต่อการฟักไข่จึงได้ออกแบบชุดให้ความชื้นสำหรับการฟักไข่โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

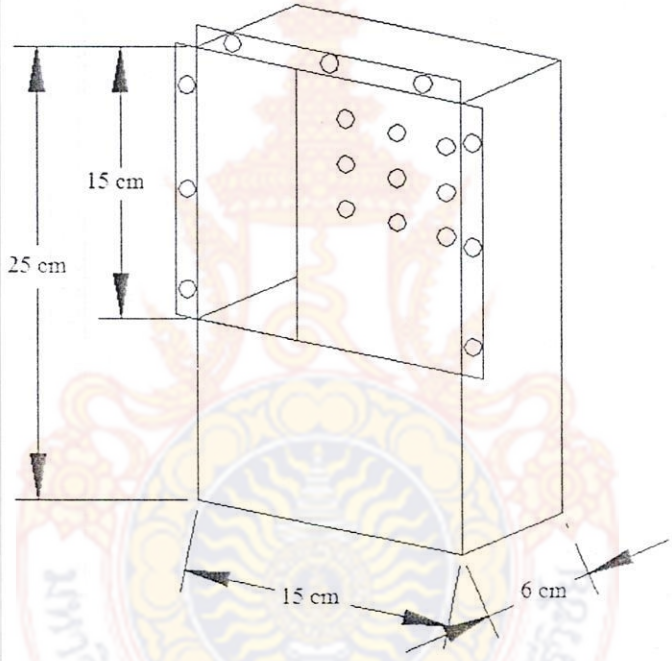
3.7.1 ออกแบบชุดเติมระดับน้ำ



รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งชุดให้ความชื้น

จากรูปที่ 3.16 เป็นการออกแบบเติมน้ำให้กับชุดควบคุมความชื้นโดยมีหลักการคือที่ระดับความสูงเท่ากันและปริมาตรเท่ากันระดับน้ำจะอยู่ในระดับเดียวกันโดยเติมน้ำที่ระดับเส้นสีน้ำเงินจะอยู่ในระดับที่เหมาะสม จากรูปจะมีกล่องเก็บน้ำที่ทำจากอะคิลิก เพื่อป้องกันการเกิดสนิม และภายในจะติดตั้งพัดลมดูดความชื้นเป็นพัดลม DC 12V ซึ่งจะทำงานเมื่อมีความชื้นภายในตู้ต่ำกว่าค่าที่ต้องการ คือสำหรับการฟักไข่ไก่ 18 วันแรก 25 วันแรกสำหรับการฟักไข่เป็ดและ15 วันแรกสำหรับการฟักไข่นกกระทา ความชื้นจะอยู่ที่ 50-70 % ส่วน 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่ทั้ง 3 ชนิดจะมีความชื้นอยู่ที่ 70-75 % รีเลย์ก็จะต่อให้พัดลมดูดความชื้นทำงาน และเมื่อภายในตู้ถึงระดับที่ต้องการแล้วรีเลย์ก็จะตัดการทำงานทันที โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งตัดการทำงานของรีเลย์โดยผ่าน ICULN2803 A พัดลมดูดความชื้นก็จะหยุดการทำงาน ลักษณะการทำงานก็จะเป็นอย่างนี้จนครบกำหนดการฟักไข่แต่ละชนิด

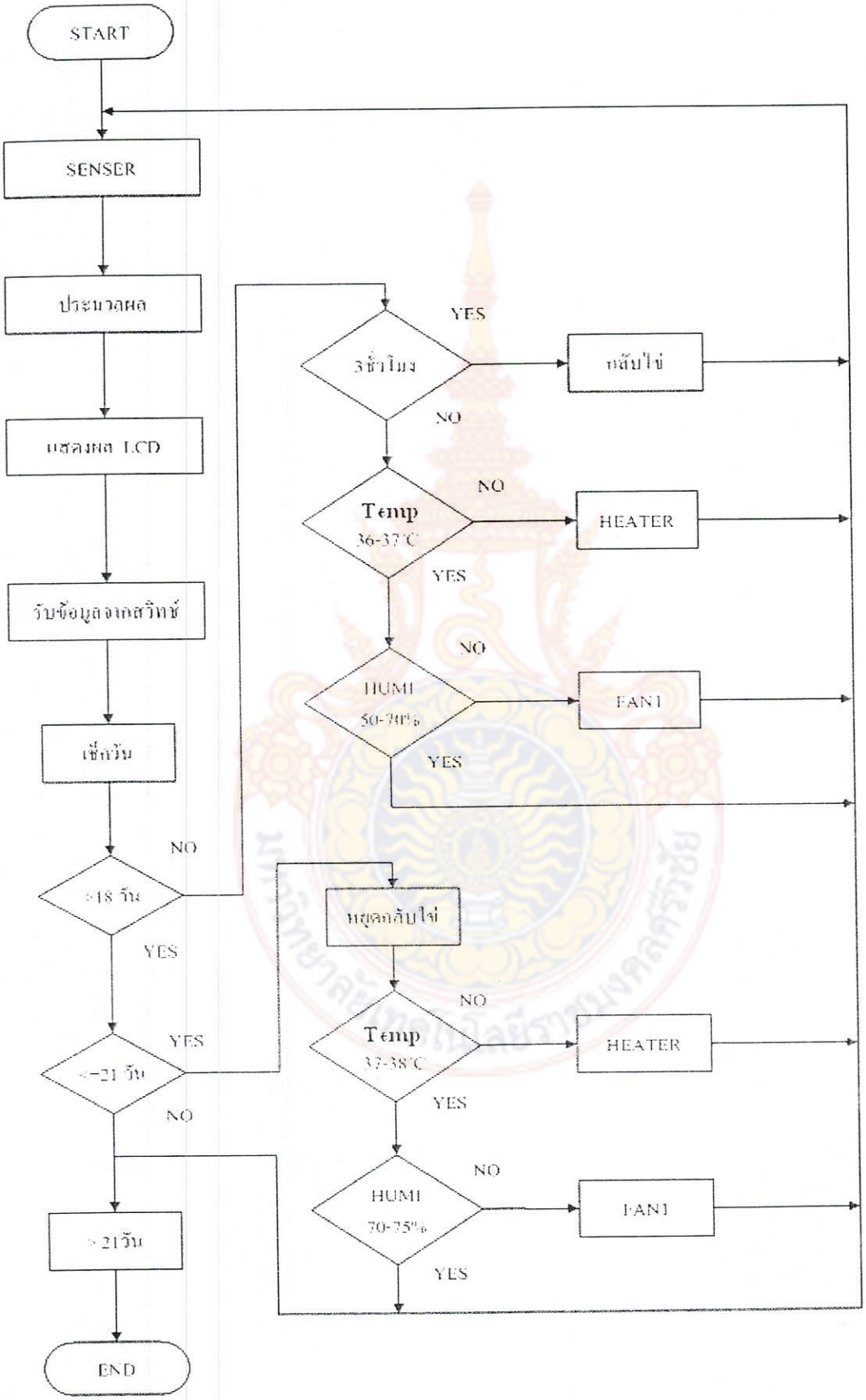
3.7.2 การออกแบบชุดให้ความชื้น



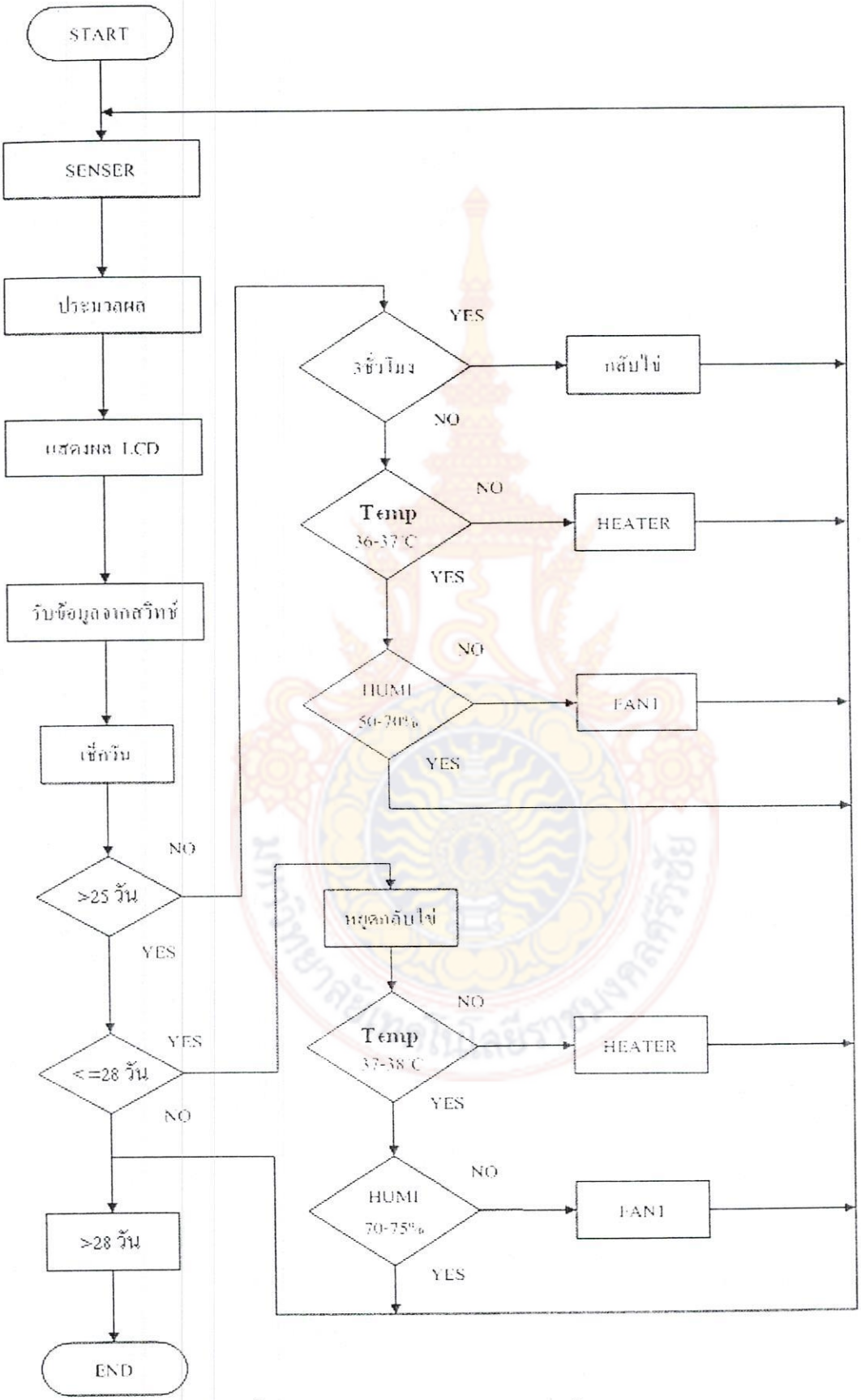
รูปที่ 3.17 การออกแบบชุดให้ความชื้น

3.8 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี

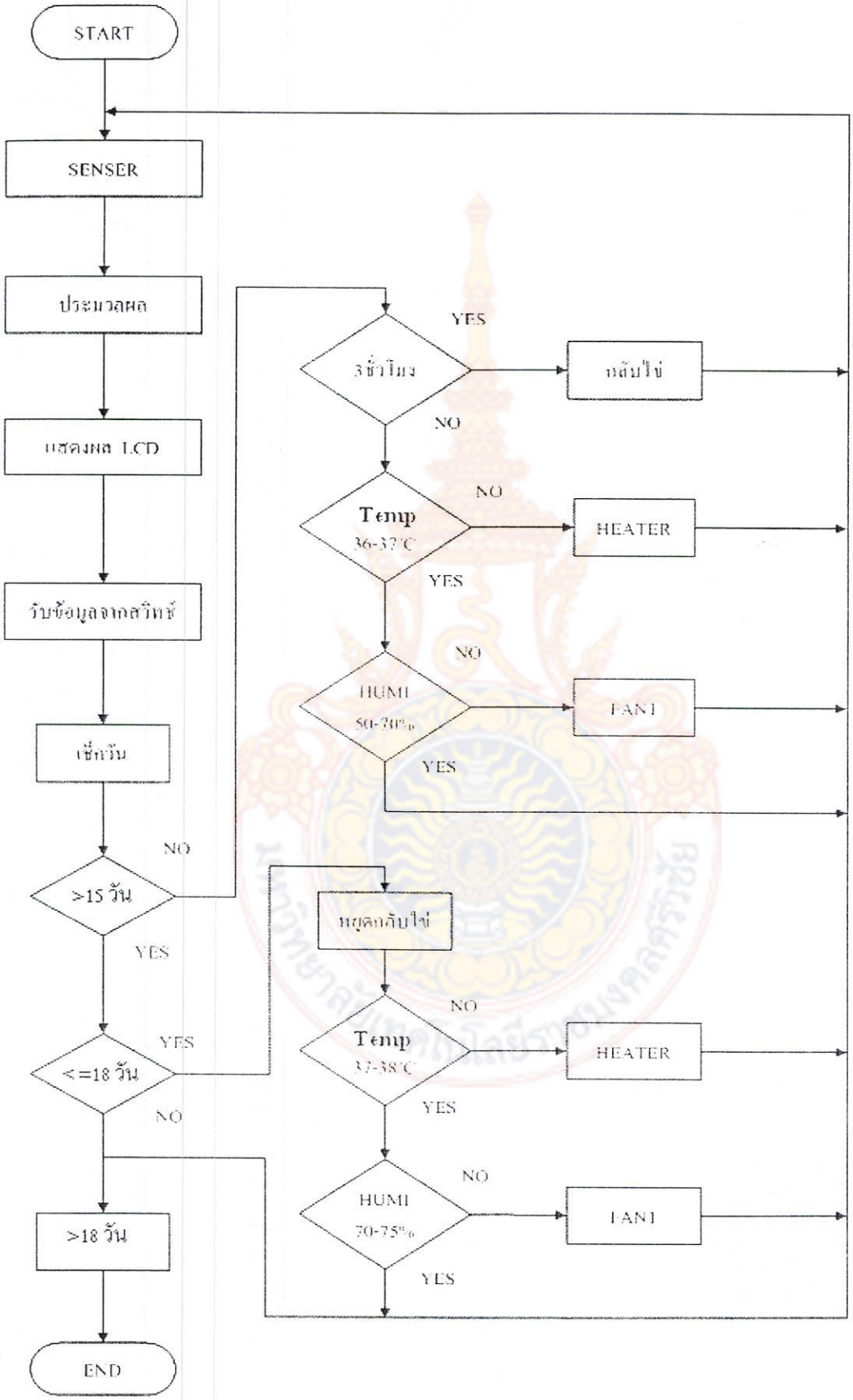
การเขียนโปรแกรมการทำงานของภาษาซีนั้น จะเป็นโปรแกรมที่คอยทำหน้าที่รับชุดคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นแล้วนำมาสั่งงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงาน โดยการทำงานฟังก์ชั่นไข่ไก่ดังรูปที่ 3.18 การทำงานฟังก์ชั่นไข่เป็ดดังรูปที่ 3.19 และการทำงานฟังก์ชั่นไข่นกกระทาดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.18 แสดงระบบการทำงานฟังก์ชั่นไข่ไก่



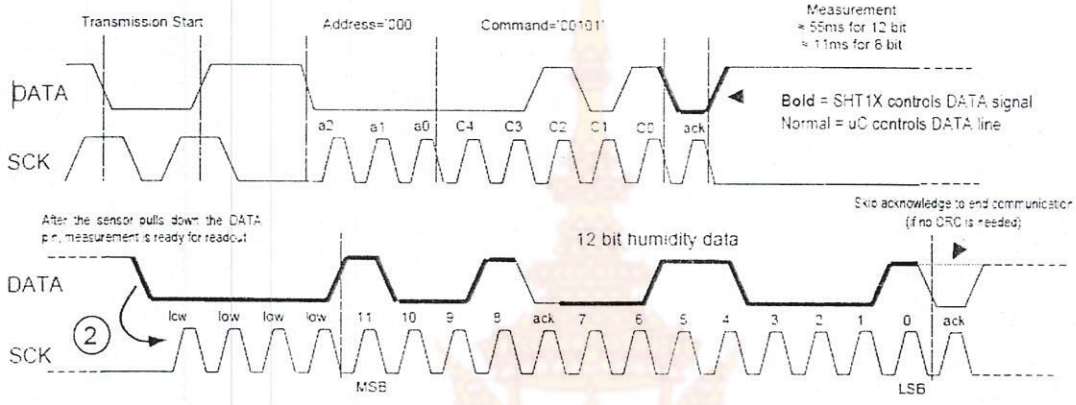
รูปที่ 3.19 แสดงระบบการทำงานฟังก์ชั่นไข่เป็ด



รูปที่ 3.20 แสดงระบบการทำงานฟังก์ชั่นไข่นกกระทา

3.8.1 การออกแบบภาษาซีติดต่อกับไอซี SHT15

การออกแบบภาษาซีติดต่อกับไอซี SHT15 นั้นได้ออกแบบเป็นฟังก์ชั่นเพื่อความสะดวกต่อการเรียกใช้งานเนื่องจากคุณสมบัติของไอซีที่มีการสื่อสารแบบ I^2C ฟังก์ชั่นแต่ละชุดจึงทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปดังรูปและภาษาซีต่อไปนี้



รูปที่ 3.21 แสดงสัญญาณพัลส์ระหว่างการติดต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี

ภาษาซีที่ใช้ติดต่อกับไอซีมีดังนี้

```
1.  void SHTStart(){
2.  output_high(SHT1xDATA);
3.  output_low(SHT1xSCK);
4.  output_high(SHT1xSCK);
5.  output_low(SHT1xDATA);
6.  output_low(SHT1xSCK);
7.  output_high(SHT1xSCK);
8.  output_high(SHT1xDATA);
9.  output_low(SHT1xSCK);}
10. void SHTConReset() {
11. int i;
12. output_high(SHT1xDATA);
13. for (i=0; i<9; i++) {
```

```
14. utput_high(SHT1xSCK);
15. delay_us(2);
16. output_low(SHT1xSCK);
17. delay_us(2); }
18. SHTStart(); }
19. int SHTWrite(int Data) {
20. int i;    for (i=0x80;i>0;i/=2)        {
21. if(i&Data)
22. output_high(SHT1xDATA);
23. else
24. output_low(SHT1xDATA);
25. delay_us(2);
26. output_high(SHT1xSCK);
27. delay_us(2);
28. output_low(SHT1xSCK);  }
29. output_float(SHT1xDATA);
30. delay_us(2);
31. output_high(SHT1xSCK);
32. delay_us(2);
33. i= input(SHT1xDATA);
34. output_low(SHT1xSCK);
35. delay_ms(250);
36. return (i);}
37. long SHTRead(void) {
38. int i;
39. long lTmp,lVal1,lVal2,lValue;
40. lVal1=0;
41. lVal2=0;
42. for (i=0; i<8; i++)    {
43. lVal1<<=1;
```

```
44. output_high(SHT1xSCK);
45. lTmp = input(SHT1xDATA);
46. output_low(SHT1xSCK);
47. if(lTmp)
48. lVal1|=1;
49. output_low(SHT1xDATA);
50. output_high(SHT1xSCK);
51. output_float(SHT1xDATA);
52. output_low(SHT1xSCK);
53. for (i=0; i<8; i++) {
54. lVal2<<=1;
55. output_high(SHT1xSCK);
56. lTmp = input(SHT1xDATA);
57. output_low(SHT1xSCK);
58. if(lTmp)
59. lVal2|=1;    }
60. lValue = make16(lVal1,lVal2);
61. return(lValue); }
```

บรรทัดที่ 1–9 ชื่อฟังก์ชั่น SHTStart เป็นฟังก์ชั่นที่เขียนให้ไอซีอยู่ในช่วงเริ่มรับส่งข้อมูล ในรูปจะอยู่ในช่วง command สังเกตจะเห็นว่าขาข้อมูลในจะเป็น 101 จะส่งค่าความชื้นมายังไมโครคอนโทรลเลอร์

บรรทัดที่ 10–18 ฟังก์ชั่น SHTConReset เป็นฟังก์ชั่นรีเซ็ตไอซีโดยให้ขา data มีลอจิกคงที่แต่ขา sck มีลอจิกสูงต่ำวนลูป 8 รอบเสร็จแล้วให้ไอซีทำงานในฟังก์ชั่น shtstart ซึ่งจะเริ่มรับส่งข้อมูลอีกครั้ง

บรรทัดที่ 19–36 ฟังก์ชั่น SHTWrite เป็นฟังก์ชั่นเขียนข้อมูลไปยังระบบบัส I^2C พารามิเตอร์ data เป็นข้อมูลชนิด Integer ขนาด 8 bit กำหนดตัวแปร I แบบ int ถ้าตัวแปร I มีค่าน้อยกว่า 80 ในเลขฐาน 16 ให้เลื่อนบิตครั้งละ 2บิต ถ้าตัวแปร I แอนด์กับตัวแปร data ให้ขา data มีลอจิกสูงคงที่และไม่มีการส่งค่ากลับจากฟังก์ชั่น แต่ถ้าไม่ใช่ให้ส่งข้อมูลแบบทศนิยมขนาด 32 bit กลับจากฟังก์ชั่นและตรวจสอบค่าตัวแปร I วนลูปไปเรื่อยๆ

บรรทัดที่ 37–61 ฟังก์ชั่น SHTRead เป็นฟังก์ชั่นอ่านข้อมูลของระบบบัส I^2C ข้อมูลที่ส่งมาเป็นข้อมูลทศนิยมและทำการวนลูปเช็คค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชั่น

SHTStart(); : เริ่มการถ่ายทอดข้อมูล

SHTWrite(MEASURE_HUMI); : ให้เซ็นเซอร์ส่งค่าความชื้น

IValue_rh = SHTRead(); : อ่านค่าจากเซ็นเซอร์มาเก็บในตัวแปร IValue_rh

3.8.2 การออกแบบภาษาซีควบคุมการแสดงผลทาง LCD

การออกแบบภาษาซีควบคุมการแสดงผลทาง LCD ได้ออกแบบไว้เป็นฟังก์ชั่นเหมือนกับของเซ็นเซอร์เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้งานต่อไปจะเป็นภาษาซีและคำอธิบายโปรแกรมภาษาซีที่ได้เขียนไว้

```
1.  #define LCD_D4              PIN_D4
2.  #define LCD_D5              PIN_D5
3.  #define LCD_D6              PIN_D6
4.  #define LCD_D7              PIN_D7
5.  #define LCD_RS              PIN_C0
6.  #define LCD_EN              PIN_B2
7.  #define LINE_1              0x00
8.  #define LINE_2              0x40
9.  #define LCD_CMD_CLEAR               0x01
10. #define LCD_CMD_HOME                0x02
11. #define LCD_CMD_BLANK               0x08
12. #define LCD_CMD_OFF                 0x08
13. #define LCD_CMD_ON_HIDDEN           0x0C
14. #define LCD_CMD_ON                  0x0E
15. #define LCD_CMD_CUR_OFF             0x0C
16. #define LCD_CMD_CUR_UNDERLINE       0x0E
17. #define LCD_CMD_CUR_BLINK           0x0F
18. #define LCD_CMD_BACKSPACE           0x10
19. #define LCD_CMD_FWDSPACE            0x14
20. #define LCD_CMD_SCROLL_LEFT         0x18
21. #define LCD_CMD_SCROLL_RIGHT        0x1E
```

```
22. #define LCD_CMD_SETCURPOS          0x80
23. #define LCD_CMD_SETCGPTR           0x40
24. void LCD_Init ( void );
25. void LCD_SetPosition ( unsigned int cX );
26. void LCD_PutChar ( unsigned int cX );
27. void LCD_PutCmd ( unsigned int cX );
28. void LCD_PulseEnable ( void );
29. void LCD_SetData ( unsigned int cX );
30. void LCD_Init ( void )  {
31. LCD_SetData ( 0x00 );
32. delay_ms ( 200 );
33. output_low ( LCD_RS );
34. LCD_SetData ( 0x03 );
35. LCD_PulseEnable();
36. LCD_PulseEnable();
37. LCD_PulseEnable();
38. LCD_SetData ( 0x02 );
39. LCD_PulseEnable();
40. LCD_PutCmd ( 0x2C );
41. LCD_PutCmd ( 0x0C );
42. LCD_PutCmd ( 0x01 );
43. LCD_PutCmd ( 0x06 );     }
44. void LCD_SetPosition ( unsigned int cX )  {
45. LCD_SetData ( swap ( cX ) | 0x08 );
46. LCD_PulseEnable();
47. LCD_SetData ( swap ( cX ) );
48. LCD_PulseEnable();  }
49. void LCD_PutChar ( unsigned int cX )  {
50. output_high ( LCD_RS );
51. LCD_SetData ( swap ( cX ) );
```

```
52. LCD_PulseEnable();
53. LCD_SetData ( swap ( cX ) );
54. LCD_PulseEnable();
55. output_low ( LCD_RS );   }
56. void LCD_PutCmd ( unsigned int cX )   {
57. LCD_SetData ( swap ( cX ) );
58. LCD_PulseEnable();
59. LCD_SetData ( swap ( cX ) );
60. LCD_PulseEnable();   }
61. void LCD_PulseEnable ( void )   {
62. output_high ( LCD_EN );
63. delay_us ( 10 );
64. output_low ( LCD_EN );
65. delay_ms ( 5 );   }
66. void LCD_SetData ( unsigned int cX )   {
67. output_bit ( LCD_D4, cX & 0x01 );
68. output_bit ( LCD_D5, cX & 0x02 );
69. output_bit ( LCD_D6, cX & 0x04 );
70. output_bit ( LCD_D7, cX & 0x08 );   }
```

บรรทัดที่ 1– 23 เป็นการประกาศใช้งานพรีโปรเซสเซอร์ไดเรคตีฟ (Preprocessor directive) ซึ่งประกอบไปด้วยการกำหนดขาของ LCD ให้เชื่อมต่อกับขาของ CPU การกำหนดบรรทัดของ LCD การประกาศคำสั่งเฉพาะของ LCD (command code) เช่นการเคลียร์หน้าจอเป็นต้น

บรรทัดที่ 24–29 เป็นการประกาศชื่อฟังก์ชั่นที่มีการรับค่าจากภายนอกมาใช้งาน

บรรทัดที่ 30–43 เป็นฟังก์ชั่นย่อยชื่อ LCD Init เป็นฟังก์ชั่นที่ทำหน้าที่กำหนดการใช้งาน LCD โดยบรรทัดที่ 34. LCD_SetData (0x03); เป็นการกำหนดให้ใช้งานในโหมด 4 บิตและบรรทัดที่ 38 กำหนดให้เคอร์เซอร์อยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น บรรทัดที่ 40 กำหดให้แสดงที่ความละเอียด 5x10 จุด

บรรทัดที่ 44–48 เป็นฟังก์ชั่นที่รับค่าจากภายนอก เพื่อกำหนดตำแหน่งของการแสดงผล

บรรทัดที่ 49–55 เริ่มให้มีการแสดงผลที่ตำแหน่งตามตัวแปรในฟังก์ชั่น lcd_setprosition

บรรทัดที่ 56–60 เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการเรียกใช้ คำสั่งเฉพาะของ LCD (command lcd)

บรรทัดที่ 61–65 เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการเอ็นนาเบิ้ลของขา EN

บรรทัดที่ 66–70 เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการเซ็ทข้อมูลระดับบิตของ LCD

LCD_SetPosition (LINE_2 + 0); : ให้แสดงผลที่บรรทัดที่สองตัวอักษรแรก

printf (LCD_PutChar,"%2X:%2X",hour,min); : ให้แสดงค่า hour เครื่องหมาย : ต่อด้วยค่า min

3.8.3 การออกแบบภาษาซีควบคุมการทำงานของ Relay

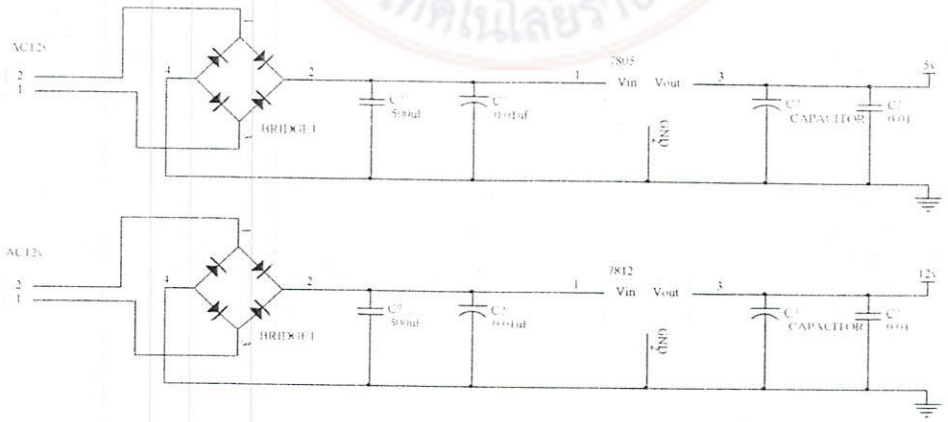
ภาษาซีที่ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์นั้นจะไม่เขียนเป็นฟังก์ชั่นเพราะว่ารีเลย์นั้นเป็นแค่เอาท์พุทตัวหนึ่งที่เราสามารถสั่งให้ทำงานได้โดยตรงไม่ต้องผ่านบัส จึงไม่มีความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรม การเขียนภาษาซีส่วนที่ควบคุมรีเลย์จะอยู่ในโปรแกรมหลักจะยกตัวอย่าง รีเลย์ที่ควบคุมฮีตเตอร์ดังนี้

1. if(temp<=37){output_high(PIN_D1);}else{output_low(PIN_D1);}
2. if((temp>=38)^(fRh_true>=70)){output_high(PIN_D0);}else{output_low(PIN_D0}
3. if(fRh_true<=50) {output_high(PIN_C3);}else{output_low(PIN_C3);

บรรทัดที่ 1 ถ้าตัวแปร temp น้อยกว่าหรือเท่ากับ 37 ให้ส่งลอจิกสูงออกที่ขา D1 ถ้าไม่ใช่ให้ส่งลอจิกต่ำออก

บรรทัดที่ 2 ถ้าอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 38 ให้เป่าอากาศออกโดยเอาท์พุทที่ส่งออกจะนำไปเข้า IC ควบคุมรีเลย์แล้วให้รีเลย์ขับโหลดในทางไฟฟ้าต่อไป

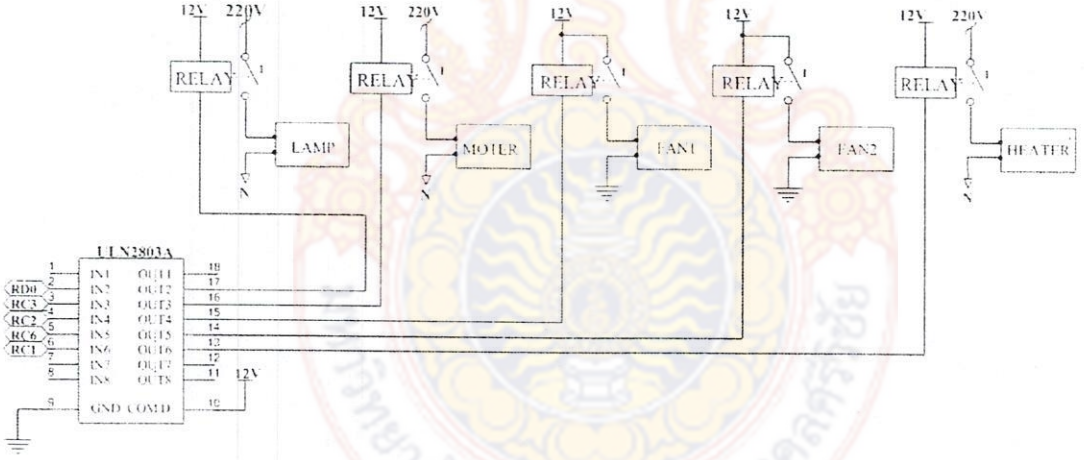
3.9 การออกแบบภาคจ่ายไฟ



รูปที่ 3.22 วงจรของภาคจ่ายไฟ 5 โวลต์และ 12 โวลต์

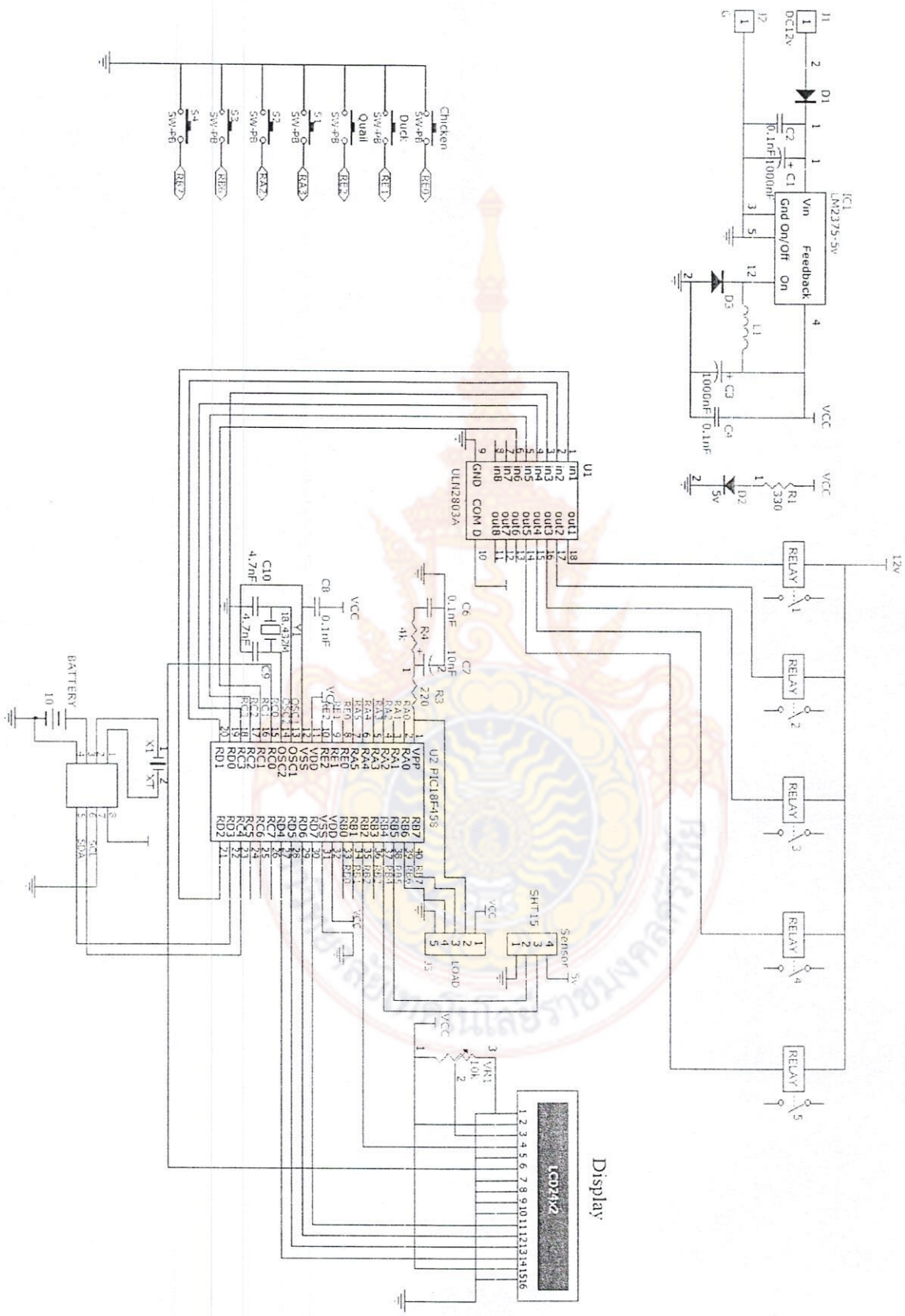
จากรูปที่ 3.22 จะมีแหล่งจ่ายไฟอยู่ 2 ส่วนคือ แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์และ 12 โวลต์ การทำงานมี ดังต่อไปนี้จากรูปที่ 3.23 ด้านบนเริ่มจากไฟ Transformer 220 VAC ลดลงเหลือ 12VAC แล้วเข้าวงจร Bridge เพื่อแปลงไฟ แล้วเข้า C คัปปลิ้งเพื่อกลองสัญญาณให้เรียบขึ้น แล้วเข้า ICUA7805C เพื่อปรับเปลี่ยนระดับแรงดันให้ลดลงเหลือ 5 VDC จากนั้นเข้า C คัปปลิ้งอีกครั้งเพื่อกรองแรงดันให้เรียบขึ้น ก่อนที่จะส่งแรงดันไฟไปให้กับ IC PIC18F458 ซึ่งเป็นIC ไมโครคอนโทรลเลอร์จากรูปที่ 3.23 ด้านล่างเริ่มจากไฟ Transformer 220 VAC ลดลงเหลือ 12VAC แล้วเข้าวงจร Bridge เพื่อแปลงไฟ แล้วเข้า C คัปปลิ้งเพื่อกลองสัญญาณให้เรียบขึ้น แล้วเข้า ICUA7812C เพื่อปรับเปลี่ยนระดับแรงดันให้ลดลงเหลือ 12 VDC จากนั้นเข้า C คัปปลิ้งอีกครั้งเพื่อกรองแรงดันให้เรียบขึ้น ก่อนที่จะส่งแรงดันไฟเลี้ยงให้กับพัดลมกระจายความร้อนและอุณหภูมิ

3.10 การออกแบบวงจรขับรีเลย์

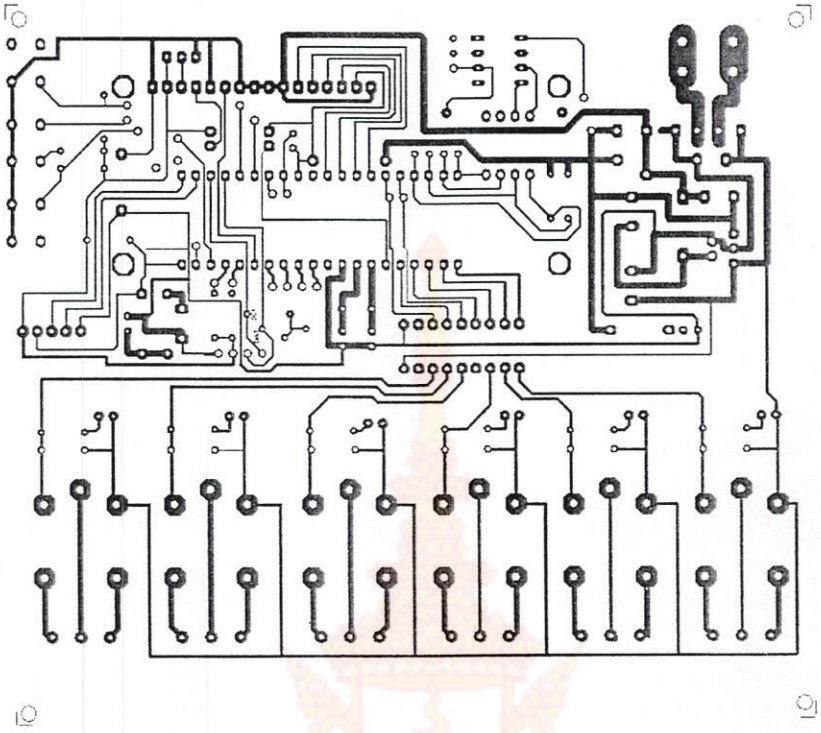


รูปที่ 3.23 แสดงวงจรควบคุมรีเลย์

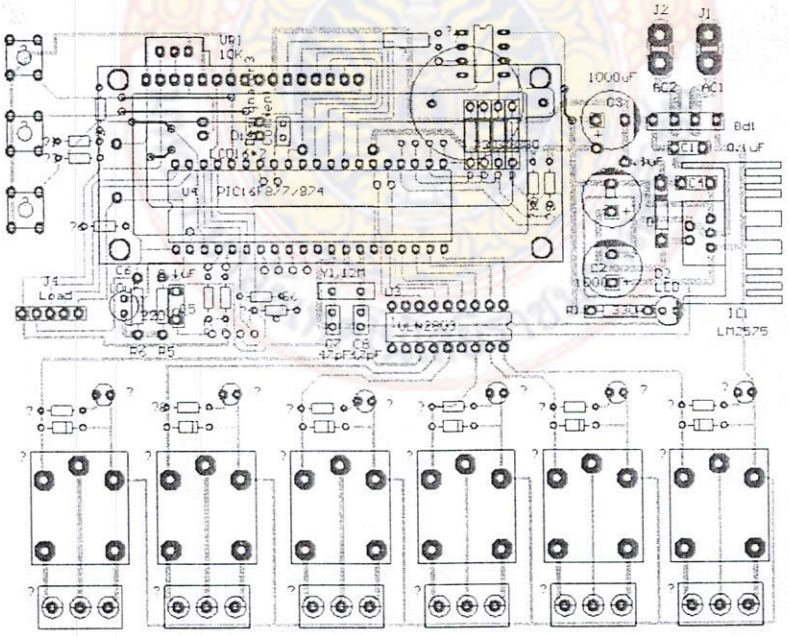
จากรูปที่ 3.23 จะเป็นการต่อชุดขับรีเลย์เข้ากับ PIC18F458 ซึ่งชุดขับรีเลย์จะใช้ไอซีเบอร์ ULN 2803A เป็นตัวรับคำสั่งจาก PIC18F458 เพื่อที่จะสั่งควบคุมการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว เริ่มจากจ่ายไฟ 12 VDC เข้าที่ขา 10 และ 0 V เข้าที่ขา 9 และขา 1 ถึงขา 7 จะต่อเข้ากับ PIC18F458 และขา 12, 13, 14, 16, 17 และ 18 ตามลำดับซึ่งเป็นขาเอาท์พุตจะต่อเข้ารีเลย์แต่ละตัวการทำงานเมื่อ PIC18F458 ส่งสัญญาณให้ไอซีทีขาอินพุตก็จะส่งผลให้เอาท์พุตของไอซี ULN 2803A สั่งให้รีเลย์แต่ละตัวทำงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้



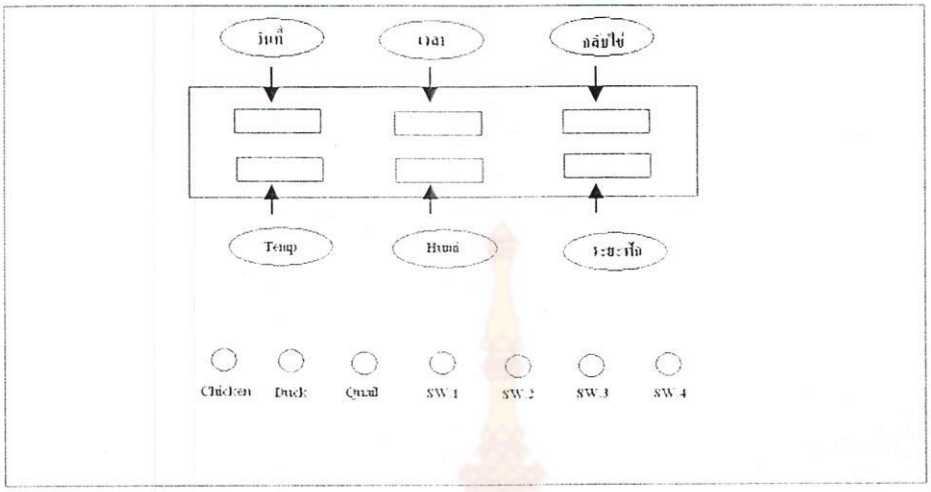
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรควบคุมการทำงานทั้งหมด



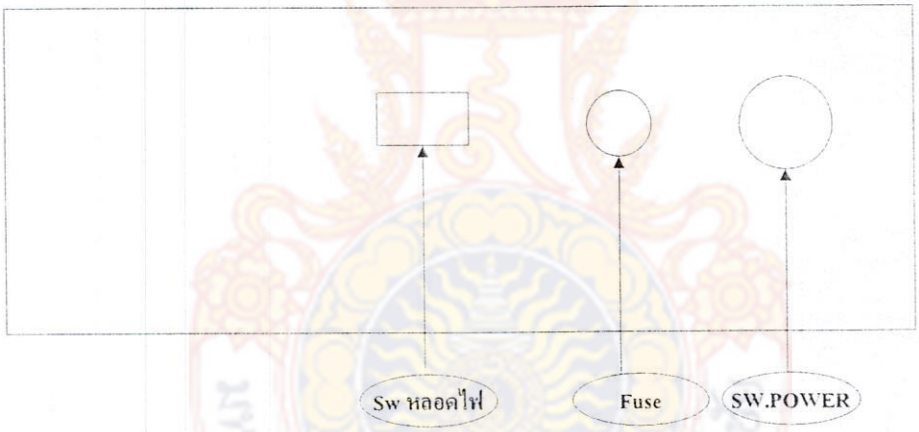
รูปที่ 3.25 แสดงลายปริ้นของวงจรควบคุมเครื่องฟักไข่



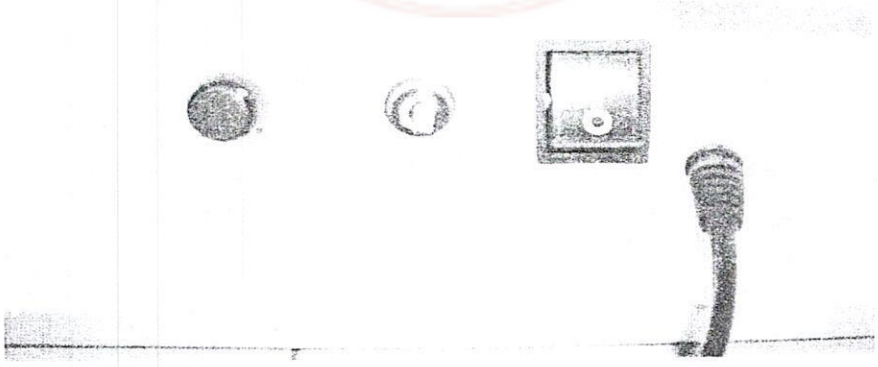
รูปที่ 3.26 แสดงลายปริ้นการวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมเครื่องฟักไข่



รูปที่ 3.27 แผงหน้าปัดชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ



รูปที่ 3.28 แผงด้านหลังชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ



รูปที่ 3.29 แผงด้านหลังควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ

4.1.1 การทดสอบควบคุมอุณหภูมิ

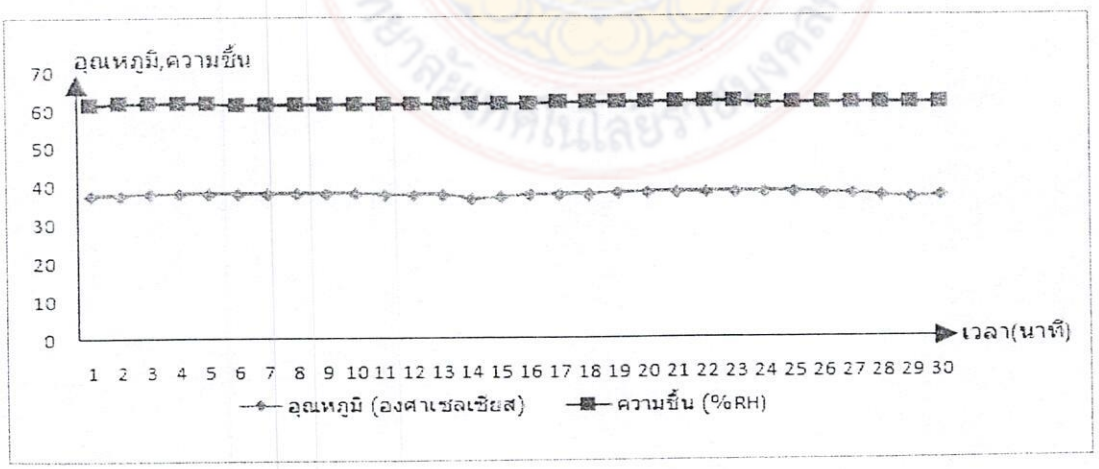
อุณหภูมิที่ใช้ในการฟักไข่เป็ด ฟักไข่ไก่และฟักไข่นกกระทานั้นจะใช้อุณหภูมิที่ประมาณ 37-38 องศาเซลเซียส เลือก Heater ขนาด 150 วัตต์ โดยได้จากการคำนวณ ซึ่งในส่วนนี้จะทำการทดสอบควบคุมอุณหภูมิโดยวัดค่าอุณหภูมิด้วยตัว Sensor SHT15 จะเป็นตัวส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่ออุณหภูมิไม่ถึง 37 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ Heater ทำงานโดยมีรีเลย์เป็นตัวตัดต่อการทำงานของ Heater และพัดลมกระจายความร้อนที่ติดตั้งไว้ใต้ของ Heater จะกระจายความร้อนให้ทั่วภายในตู้และเมื่ออุณหภูมิถึง 38 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้รีเลย์ตัดการทำงานของ Heater ซึ่งผลการทดสอบสามารถใช้ Heater ขนาด 150 วัตต์ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งได้แสดงผลไว้ในตารางและกราฟที่ 4.1

4.1.2 การทดสอบความชื้น

ในส่วนของการควบคุมความชื้น ความชื้นที่ได้ในการฟักไข่เป็ด ฟักไข่ไก่และฟักไข่นกกระทา จะอยู่ที่ 50 - 70% และ 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่แต่ละชนิดจะอยู่ที่ 70 - 75% โดยหลักการควบคุมความชื้นจะใช้การระเหยของไอเย็นของชุดให้ความชื้นที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังของตู้ฟักไข่โดยมีพัดลมดูดความชื้นจะติดตั้งอยู่ภายในตัวให้ความชื้น จะทำงานโดยการดูดความชื้นเข้าไปในตู้จนกว่าจะได้ความชื้นตามที่ได้กำหนดไว้จึงและจะตัดการทำงาน ซึ่งหลักการนี้จะสามารถควบคุมความชื้นได้เป็นค่อนข้างดี และแสดงผลดังกราฟรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากการทดลอง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (%RH)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (%RH)
1	37.5	61.3	16	37.5	61.3
2	37.5	61.7	17	37.5	61.7
3	38.0	61.7	18	37.5	61.7
4	38.0	61.7	19	38.0	61.7
5	38.0	61.7	20	38.0	61.7
6	38.0	61.3	21	38.0	61.7
7	38.0	61.3	22	38.0	61.7
8	38.0	61.3	23	38.0	61.7
9	38.0	61.3	24	38.0	61.3
10	38.0	61.3	25	38.0	61.3
11	37.5	61.3	26	37.5	61.3
12	37.5	61.3	27	37.5	61.3
13	37.5	61.3	28	37.0	61.3
14	36.5	61.3	29	36.5	61.3
15	37.0	61.3	30	37.0	61.3



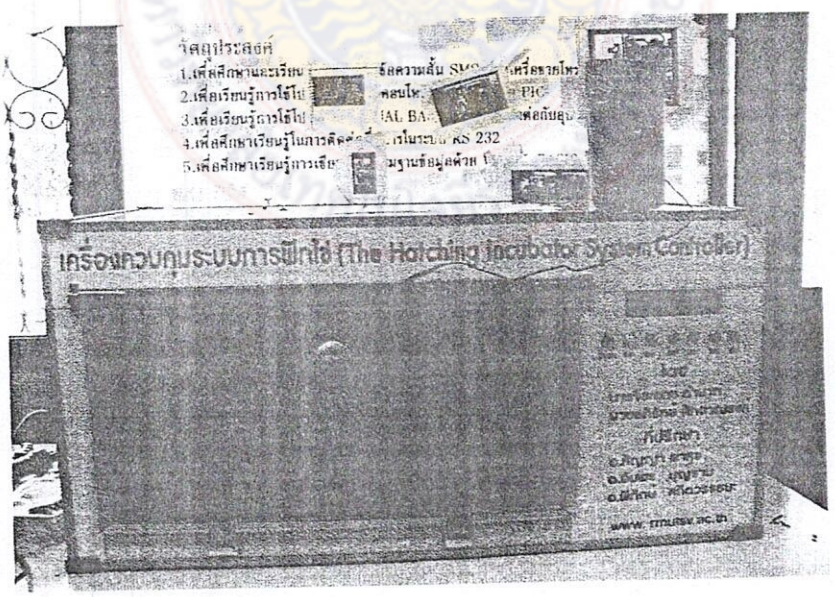
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความชื้นต่อเวลา

จากกราฟรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.1 เป็นการวัดอุณหภูมิและความชื้นจากขดลวดความร้อน 150 วัตต์ จากการบันทึกผลค่าอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 30 นาที จะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นอยู่ในย่านที่ต้องการแล้วซึ่งสามารถควบคุมได้เป็นอย่างดี

4.1.3 ทดสอบวัดค่าอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่

เป็นการทดสอบอุณหภูมิภายในตู้พักไข่ซึ่งใช้ Sensor SHT15 เป็นตัววัดค่าอุณหภูมิภายในตู้โดยทำการติดตั้งไว้ในตู้ฟักดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยทำการเปรียบเทียบกับตัววัดอุณหภูมิอ้างอิง ซึ่งเป็นตัววัดอุณหภูมิยี่ห้อ FLUKE 714 ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยจะทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกับตัว Sensor SHT15 โดยทำการเก็บค่าทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 30 นาที โดยแสดงผลดังตารางที่ 4.1

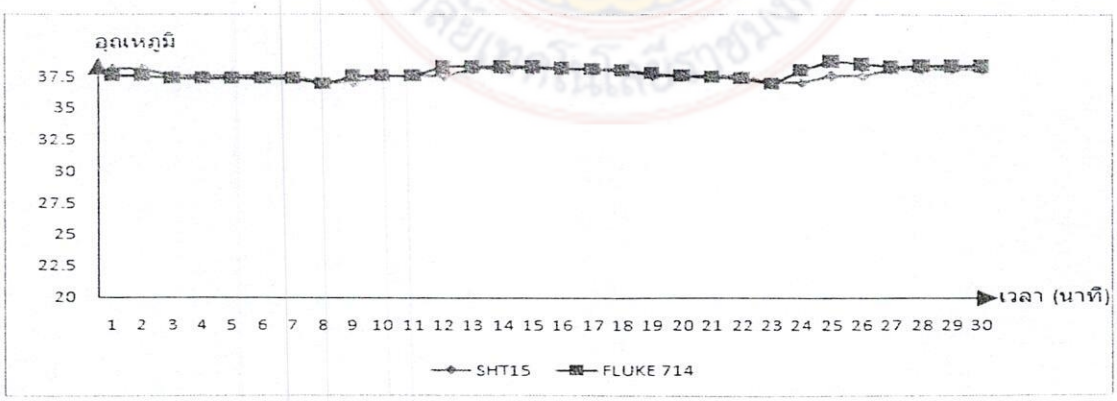
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการติดตั้ง Sensor SHT15



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอ้างอิงยี่ห้อ FLUKE 714

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดอุณหภูมิระหว่าง Sensor SHT15 กับ FLUKE 714

เวลา (นาที)	SHT15 องศา เซลเซียส	FLUKE 714 องศา เซลเซียส	%ค่า ผิดพลาด	เวลา (นาที)	SHT15 องศา เซลเซียส	FLUKE 714 องศา เซลเซียส	%ค่า ผิดพลาด
1	38.0	37.5	1.33	16	38.0	38.1	0.26
2	38.0	37.5	1.33	17	38.0	38.0	0
3	37.5	37.3	0.54	18	38.0	37.9	0.26
4	37.5	37.3	0.54	19	37.5	37.7	0.53
5	37.5	37.3	0.54	20	37.5	37.5	0
6	37.5	37.3	0.54	21	37.5	37.4	0.26
7	37.5	37.3	0.54	22	37.5	37.3	0.53
8	37.0	36.9	0.27	23	37.0	36.9	0.27
9	37.0	37.5	1.33	24	37.0	37.9	2.37
10	37.5	37.5	0	25	37.5	38.5	2.59
11	37.5	37.5	0	26	37.5	38.4	2.34
12	37.5	38.2	1.83	27	38.0	38.2	0.52
13	38.0	38.2	0.52	28	38.0	38.3	0.78
14	38.0	38.2	0.52	29	38.0	38.3	0.78
15	38.0	38.2	0.52	30	38.0	38.3	0.78

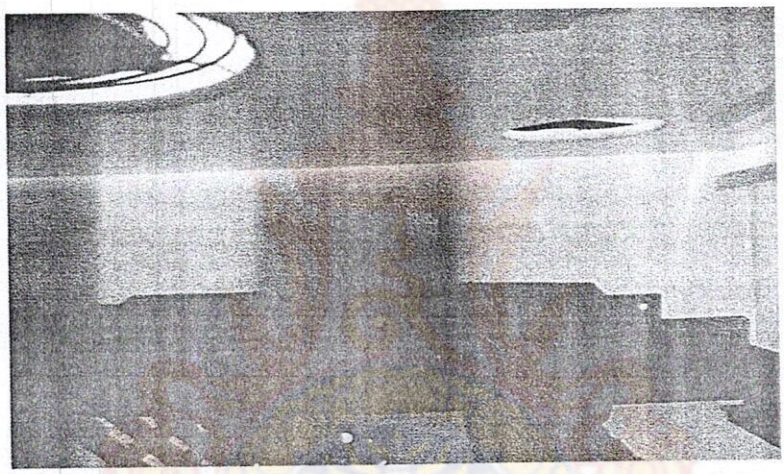


รูปที่ 4.5 แสดงผลอุณหภูมิที่ได้จาก Sensor SHT15 เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิ FLUKE 714

จากกราฟรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้จาก Sensor SHT15 กับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก FLUKE 714 เพื่อหาค่าอุณหภูมิอ้างอิง จากกราฟจะทำการวัดค่าเป็นเวลา 30 นาที สรุปได้ว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

4.1.4 การทดลองการกลับไข่

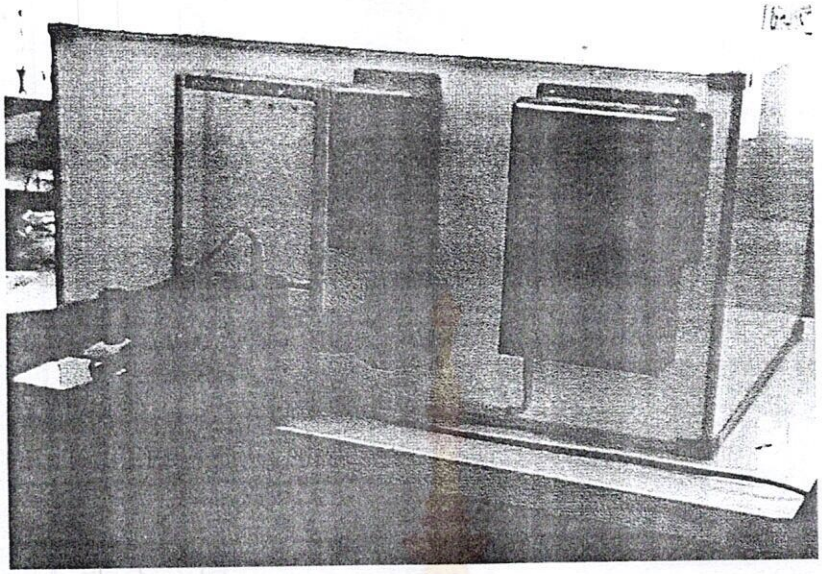
ในการฟักไข่นั้นจะต้องมีการกลับไข่เพื่อให้ไข่ได้รับอุณหภูมิทั่วทั้งใบและผลของการกลับไข่ยังทำให้อัตราการฟักออกเป็นตัวของตัวลูกสูงขึ้นด้วย โดยการทดลองคือทดลองใช้ชุดเพลาข้อเหวี่ยงขับเคลื่อน เพื่อส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ไปยังถาดกลับไข่ผลของการทดลองสามารถชักดึงให้ถาดกลับไข่ได้เป็นอย่างดีซึ่งในเวลาทำการฟักไข่ระบบการกลับไข่สามารถทำงานได้ดีดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการต่อแกนมอเตอร์เข้ากับชุดกลับไข่

4.1.5 การทดสอบวัดความเร็วลม

ในการฟักไข่นั้นทั้ง 3 ชนิดนี้ จำเป็นต้องมีช่องระบายอากาศและอากาศแลกเปลี่ยนจากภายนอกตู้ เพราะลูกไก่ ลูกเป็ดและลูกนกกระทาที่กำลังจะเจาะเปลือกไข่ออกมานั้นจะต้องการออกซิเจน อากาศในตู้มีไม่พออาจทำให้ลูกไก่ ลูกเป็ดและลูกนกกระทาตายได้ เมื่อได้ออกแบบพัดลมระบายอากาศเสร็จจึงได้มีการทดสอบวัดความเร็วลมเพื่อให้มั่นใจว่ามีออกซิเจนและอากาศแลกเปลี่ยนจากภายนอกตู้เพียงพอ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการวัดความเร็วลมด้วยวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล

จากรูปที่ 4.7 เป็นการวัดความเร็วลมของพัดลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล ยี่ห้อ BK&PRECISION รุ่น 731A โดยทำการความเร็วลมของพัดลม 3 ตัว ตัวที่ 1 ที่เห็นในรูปคือพัดลมระบายความร้อนและระบายความชื้นออกจากตู้ พัดลมมีขนาด ϕ = 7 เซนติเมตร,12 VDC,0.2 A มีอัตราแลกเปลี่ยนกับอากาศภายนอก 1:12 ตัวที่ 2 จะปิดด้วยสแตนเลสอยู่ด้านขวาของรูปคือพัดลมเป่าความชื้นเข้าภายในตู้มีขนาดความเร็วลมที่เป่าความชื้นเข้าภายในตู้ 1.22 m/s ส่วนขนาดเท่ากันกับตัวที่ 1 และตัวที่ 3 พัดลมเป่าความร้อนจากแหล่งพลังงานร้อนจาก Heater พัดลมมีขนาด ϕ = 10 เซนติเมตร,12 VDC,0.56 A มีขนาดความเร็วลมที่เป่า 5.05 m/s

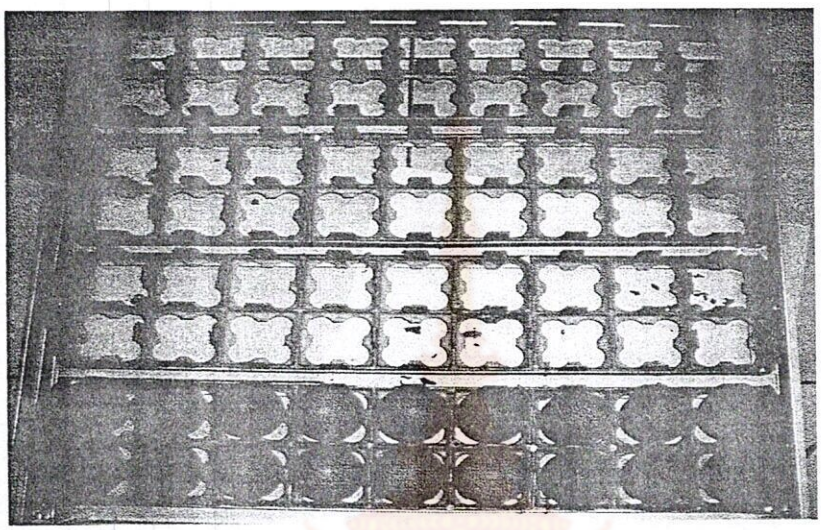
4.2 การทดลองฟักไข่จริง

การทดลองฟักไข่จริงเป็นการทำการฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทา โดยใช้เครื่องควบคุมระบบการฟักไข่ที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการฟักไข่จริง ในขั้นตอนนี้ก่อนที่จะทำการฟักไข่นั้นจะต้องหาวัตถุดิบ คือไข่ไก่ ไข่เป็ดและไข่นกกระทาที่จะนำมาฟักนั้นจะต้องหาไข่ที่มีคุณภาพและเป็นไข่ที่มีเชื่อเพื่อที่จะทำให้การฟักไข่มีอัตราการรอดสูงที่สุด

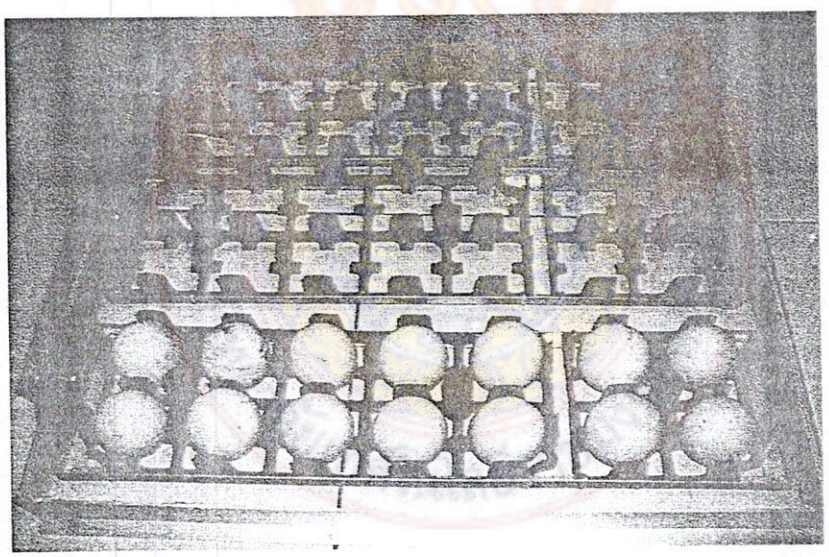
4.2.1 การนำไข่ไก่ ไข่เป็ดและไข่นกกระทาเข้าฟัก

การนำไข่เข้าฟักเริ่มจากลักษณะการวางไข่ การวางไข่ทั้ง 3 ชนิดนั้น จะต้องวางให้ด้านป้านขึ้นบนและเอาด้านแหลมลงล่างไม่ควรวางให้เอียงหรือตะแคงด้านใดด้านหนึ่ง จากลักษณะธรรมชาติแล้ว ลูกไก่ ลูกเป็ดและลูกนกกระทาในฟองไข่นั้นจะหันหัวขึ้นสู่ด้านบนเสมอดังนั้นเราจึง

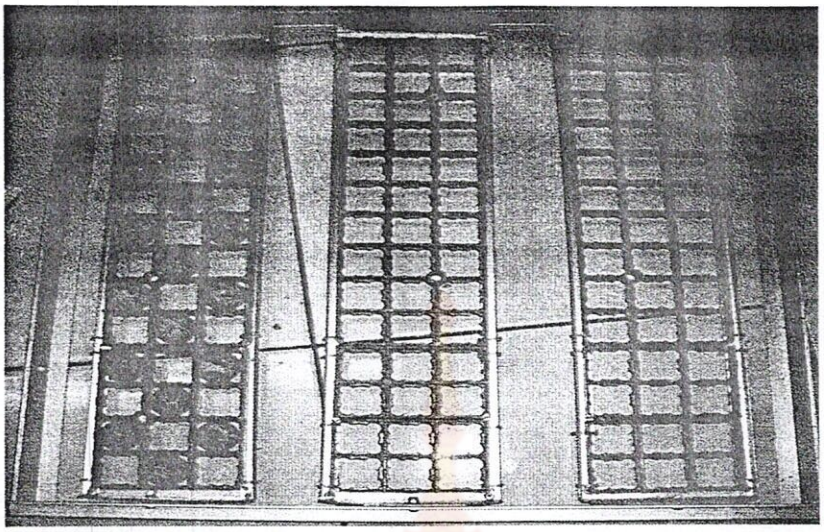
วางไข่ในตู้ฟักให้เหมาะกับความต้องการตามธรรมชาติเพื่อที่จะได้มีเปอร์เซ็นต์รอดสูงขึ้นดังรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 แสดงการนำไข่ไก่วางในรางฟัก



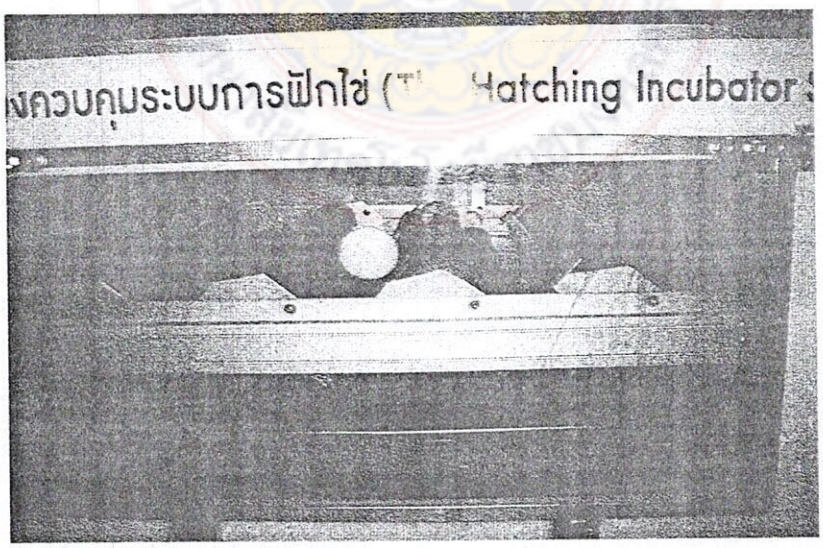
รูปที่ 4.9 แสดงการนำไข่เป็ดวางในรางฟัก



รูปที่ 4.10 แสดงการนำไข่นกกระทาวางในรางฟัก

4.2.2 การทดลองการฟักไข่ไก่

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีและพฤติกรรมของแม่ไก่ จึงได้ทำการทดลองการฟักไข่ไก่จริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและอัตราการออกรอดเป็นตัวของเครื่องควบคุมการฟักไข่ ซึ่งระยะเวลาในการฟักไข่ไก่นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 21 วัน ในช่วง 18 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % และมีการกลับไข่เป็น 45 องศาไปมา ทุกๆ 3 ชั่วโมง ในช่วง 18 วันแรก



รูปที่ 4.11 แสดงวันแรกของการฟักไข่ไก่

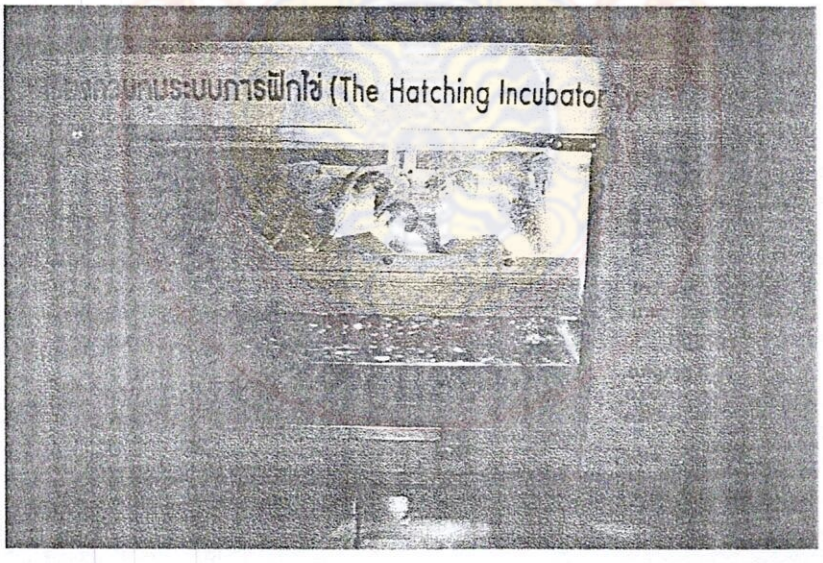
จากรูปที่ 4.11 เป็นการเริ่มการนำไข่ไก่เข้าตู้ฟักวันแรก ในวันแรกๆของการฟักจะไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงมากนักจึงไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรเลย จะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในไข่ไม่สามารถมองเห็นด้วยสายตา หากต้องการดูการเปลี่ยนแปลงภายในฟองไข่ทำได้โดยการส่องไข่ การส่องไข่นั้นจะทำการส่องในวันที่ 5 ของการฟัก

รูปที่ 4.12 แสดงการฟักไข่ไก่วันที่ 19

จากรูปที่ 4.12 จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของการฟักไข่ได้อย่างชัดเจน คือไข่จะเริ่มแตกและมีลูกไก่ออกมาซึ่งลักษณะการแตกของไข่นั้นตัวลูกจะเจาะเปลือกไข่ออกมาและดันเปลือกไข่ให้ออกจากกันและลูกไก่จะหล่นลงมายังถาดรับด้านล่าง และเมื่อลูกไก่ขนฟูก็สามารถนำออกมาจากตู้ฟักได้

รูปที่ 4.13 แสดงการฟักไข่ไก่วันที่ 20

จากรูปที่ 4.13 จะสังเกตเห็นว่าไข่จะฟักออกมามากขึ้นและลูกไก่ที่ออกเป็นตัวก็จะนำออกมาข้างนอกเพื่อไม่ให้ในตู้ฟักไข่แออัดมากเกินไปเพราะข้างในตู้อากาศจะน้อยกว่าข้างนอก ซึ่งอาจเป็นอันตรายแก่ลูกไก่ได้

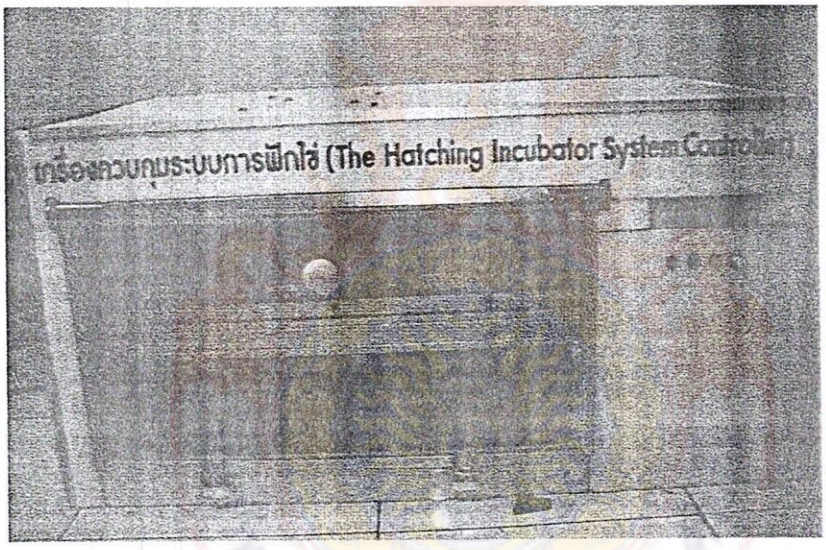


รูปที่ 4.14 แสดงการฟักไข่ไก่วันที่ 21

รูปที่ 4.14 จะสังเกตเห็นว่าไข่จะฟักออกเกือบหมดทุกฟองและยังคงเหลือที่ฟักไม่ออก ซึ่งถือว่าไข่ที่ฟักไม่ออกนั้นอาจเป็นเพราะไข่เชื้อตายตั้งแต่วันแรกๆหรือไข่อาจไม่มีเชื้อ ซึ่งถือได้ว่าไข่ไม่สามารถฟักออกแล้ว เมื่อเสร็จการฟักไข่แล้วก็นำเอาไข่ที่ฟักไม่ออกไปกำจัดหรือทิ้ง

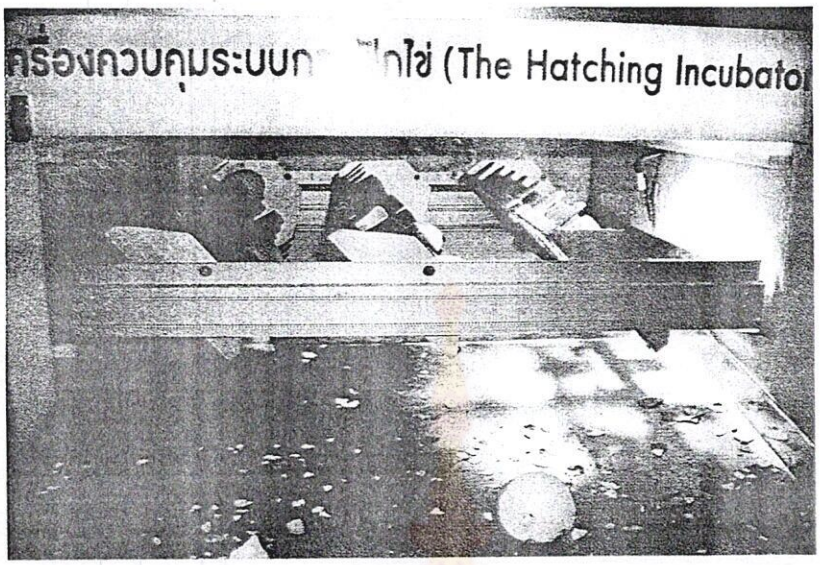
4.2.3 การทดลองการฟักไข่เป็ด

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีและพฤติกรรมของแม่ไก่ จึงได้ทำการทดลองการฟักไข่ไก่จริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและอัตราการออกรอดเป็นตัวของเครื่องควบคุมการฟักไข่ ซึ่งระยะเวลาในการฟักไข่ไก่นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 28 วัน ในช่วง 25 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % และมีการกลับไข่เป็น 45 องศาไปมา ทุกๆ 3 ชั่วโมง ในช่วง 25 วันแรก



รูปที่ 4.15 แสดงวันแรกของการฟักไข่เป็ด

จากรูปที่ 4.15 เป็นการเริ่มการนำไข่เป็ดเข้าตู้ฟักวันแรก ในวันแรกๆของการฟักจะไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงมากนักจึงไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรเลย จะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในไข่ไม่สามารถมองเห็นด้วยสายตา หากต้องการดูการเปลี่ยนแปลงภายในฟองไข่ทำได้โดยการส่องไข่ การส่องไข่นั้นจะทำการส่องในวันที่ 5 ของการฟัก



รูปที่ 4.16 แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 26

จากรูปที่ 4.16 จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของการฟักไข่ได้อย่างชัดเจน คือไข่จะเริ่มแตกและมีลูกเป็ดออกมาซึ่งลักษณะการแตกของไข่นั้นลูกเป็ดจะเจาะเปลือกไข่ออกมาและดันเปลือกไข่ให้ออกจากกันและลูกเป็ดจะหล่นลงมายังถาดรับด้านล่าง เนื่องจากลูกเป็ดตัวใหญ่กว่าลูกไก่และลูกนกกระทามาก เพื่อไม่ให้ในตู้ฟักไข่แออัดมากเกินไป จึงนำลูกเป็ดที่ขนฟูแล้วออกจากตู้ไปส่วนหนึ่ง ทำให้มองเห็นลูกเป็ดในรูปน้อย

รูปที่ 4.17 แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 27

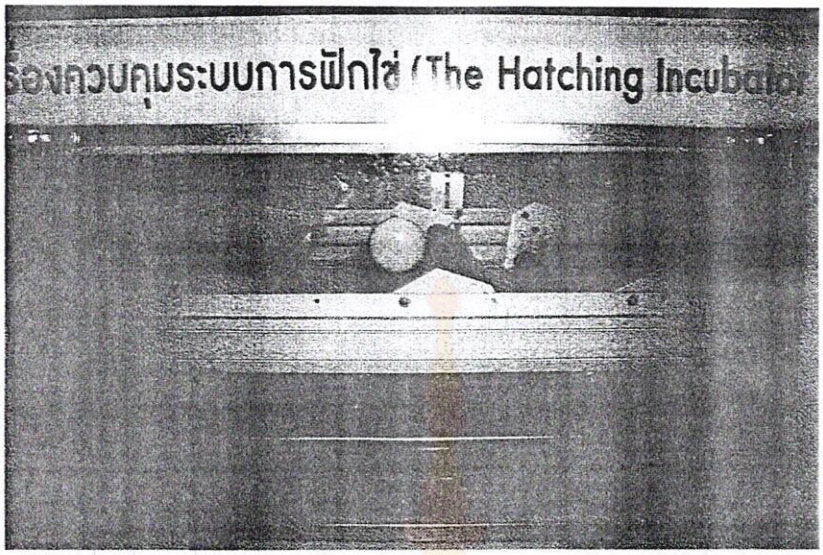
จากรูปที่ 4.17 จะสังเกตเห็นว่าไข่จะฟักออกมามากขึ้นและลูกเป็ดที่ออกเป็นตัวก็จะถูกนำมาข้างนอกเพื่อไม่ให้ในตู้ฟักไข่แออัดมากเกินไปเพราะข้างในตู้อากาศจะน้อยกว่าข้างนอก ซึ่งอาจเป็นอันตรายแก่ตัวลูกได้

รูปที่ 4.18 แสดงการฟักไข่เป็ดวันที่ 28

จากรูปที่ 4.18 จะสังเกตเห็นว่าไข่จะฟักออกเกือบหมดทุกฟองและยังคงเหลือที่ฟักไม่ออก ซึ่งถือว่าไข่ที่ฟักไม่ออกนั้นอาจเป็นเพราะไข่เชื้อตายตั้งแต่วันแรกๆหรือไข่อาจไม่มีเชื้อ ซึ่งถือได้ว่าไข่ไม่สามารถฟักออกแล้ว เมื่อเสร็จการฟักไข่แล้วก็นำเอาไข่ที่ฟักไม่ออกไปกำจัดหรือทิ้ง

4.2.4 การทดลองการฟักไข่นกกระทา

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีและพฤติกรรมของแม่ไก่ จึงได้ทำการทดลองการฟักไข่ไก่จริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและอัตราการออกรอดเป็นตัวของเครื่องควบคุมการฟักไข่ ซึ่งระยะเวลาในการฟักไข่ไก่นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 18 วัน ในช่วง 15 วันแรกของการฟัก จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 37-38 องศาเซลเซียสและความชื้นจะอยู่ที่ 50-70% ส่วนในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 36-37 องศาเซลเซียสและความชื้นนั้นจะอยู่ที่ 70-75 % และมีการกลับไข่เป็น 45 องศาไปมา ทุกๆ 3 ชั่วโมง ในช่วง 15 วันแรก



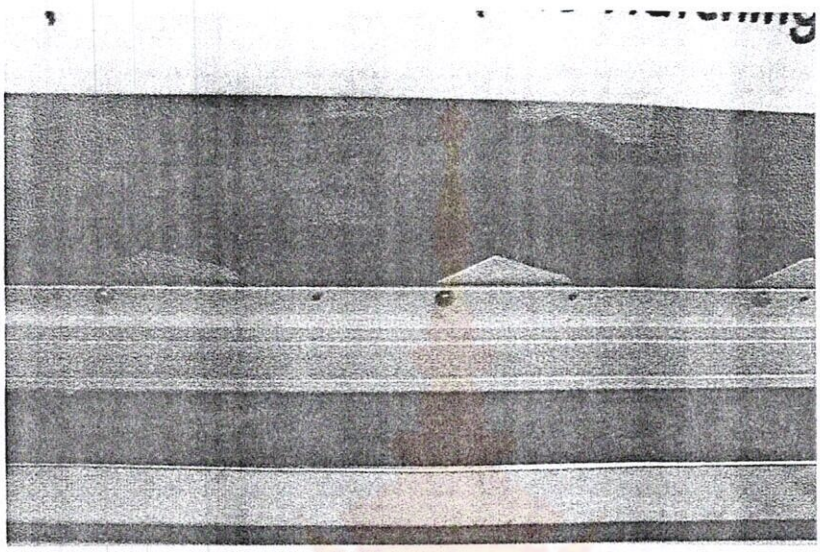
รูปที่ 4.19 แสดงวันแรกของการฟักไข่นกกระทา

จากรูปที่ 4.19 เป็นการเริ่มการนำไข่นกกระทาเข้าตู้ฟักวันแรก ในวันแรกๆของการฟักจะไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงมากนักจึงไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรเลย จะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในไข่ไม่สามารถมองเห็นด้วยสายตา หากต้องการดูการเปลี่ยนแปลงภายในฟองไข่ทำได้โดยการส่องการส่องไข่นั้นจะทำการส่องในวันที่ 5 ของการฟัก

รูปที่ 4.20 แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 16

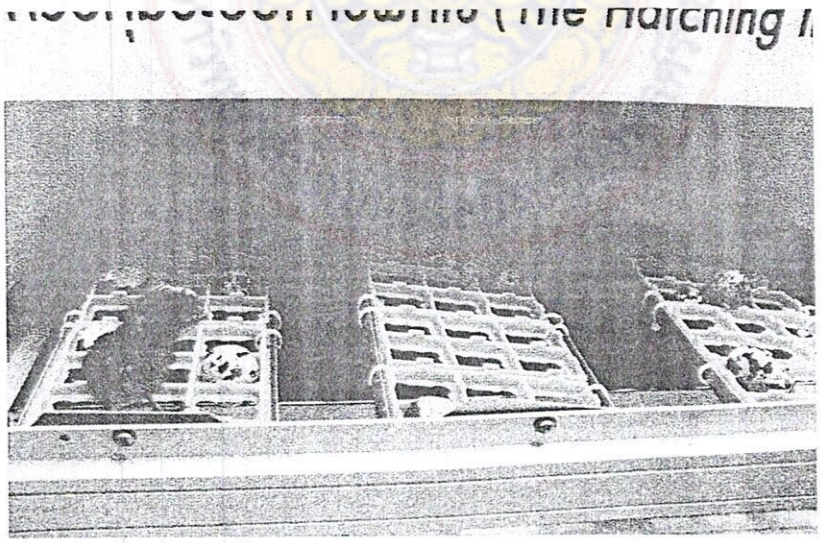
จากรูปที่ 4.20 จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของการฟักไข่ได้อย่างชัดเจน คือไข่จะเริ่มแตกและมีลูกนกกระทาออกมาซึ่งลักษณะการแตกของไข่นั้นลูกนกกระทาจะเจาะของเปลือกไข่ออกมา

และดันเปลือกไข่ให้ออกจากกันและตัวลูกจะหล่นลงมายังถาดรับด้านล่าง และเมื่อตัวลูกขนฟูก็สามารถนำออกมาจากตู้ฟักได้



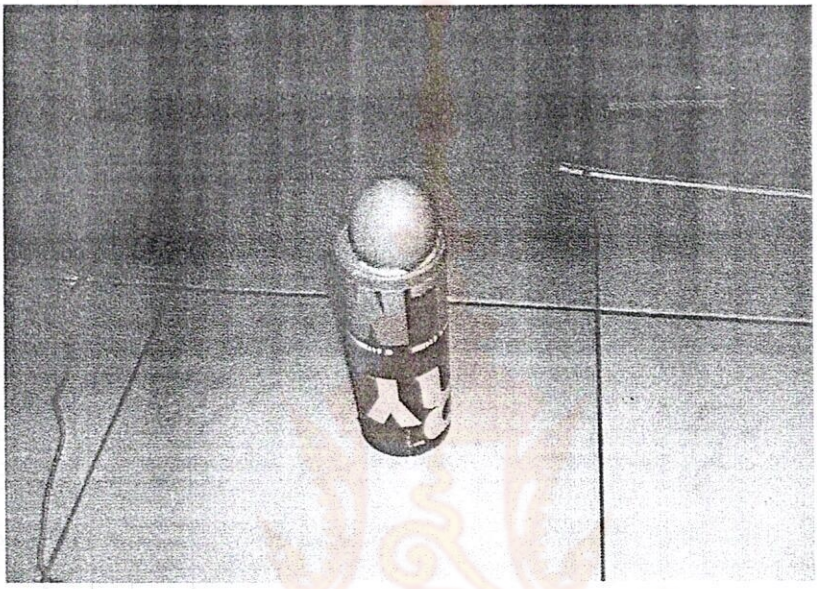
รูปที่ 4.21 แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 17

จากรูปที่ 4.21 จะสังเกตเห็นว่าไข่จะฟักออกมามากขึ้นและลูกนกกระทาที่ออกเป็นตัวก็จะถูกนำมาข้างนอกเพื่อไม่ให้ในตู้ฟักไข่แออัดมากเกินไปเพราะข้างในตู้อากาศจะน้อยกว่าข้างนอก ซึ่งอาจเป็นอันตรายแก่ตัวลูกได้



รูปที่ 4.22 แสดงการฟักไข่นกกระทาวันที่ 18

จากรูปที่ 4.22 จะสังเกตเห็นว่ายังมีตัวลูกนกกระทาที่ยังไม่นำออกจากตู้และไข่จะฟักออกเกือบหมดทุกฟอง ยังคงเหลือที่ฟักไม่ออก ซึ่งถือว่าไข่ที่ฟักไม่ออกนั้นอาจเป็นเพราะไข่เชื้อตายตั้งแต่วันแรกๆหรือไข่อาจไม่มีเชื้อ ซึ่งถือได้ว่าไข่ไม่สามารถฟักออกแล้ว เมื่อเสร็จการฟักไข่ แล้วก็นำเอาไข่ที่ฟักไม่ออกไปกำจัดหรือทิ้ง



รูปที่ 4.23 แสดงการส่องไข่

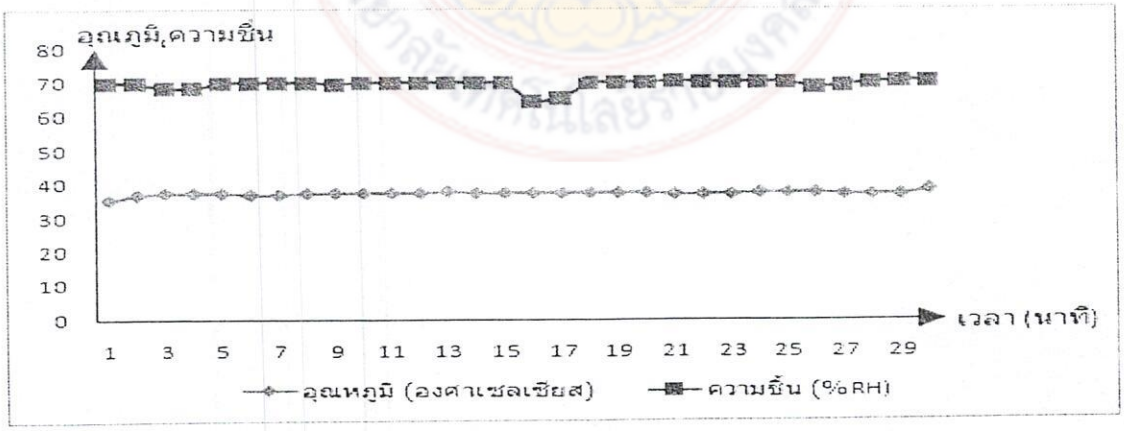
จากรูปที่ 4.23 เป็นการส่องไข่ด้วยวิธีง่าย โดยนำเอาวัสดุทึบแสงมาทำเป็นรูปทรงกระบอกแล้วนำมาครอบกับหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ เมื่อทำการเปิดสวิตช์ แสงไฟก็ส่องผ่านไปที่ฟองไข่ก็จะสามารถมองเห็นเชื้อของไข่ไก่ภายในได้เพื่อที่จะสามารถได้รู้ว่าไข่ฟองไหนบ้างที่ไม่มีเชื้อถ้าหากพบว่าไข่ที่ไม่มีเชื้อก็ควรแยกออกจากตู้เพราะไข่ที่ไม่มีเชื้อนี้ต่อไปจะเน่าและส่งกลิ่นเหม็นออกมาและอาจจะระเบิดได้ ซึ่งวิธีการส่องไข่แบบนี้จะทำได้ในเวลากลางคืนเท่านั้น ซึ่งสาเหตุที่ต้องทำการส่องไข่เพื่อที่จะได้รู้ถึงพัฒนาการของไข่และถ้าไข่ที่ไม่มีพัฒนาการอาจเกิดจากเชื้อตายหรือสาเหตุอื่นๆ จะได้นำไข่ที่ไม่สามารถฟักออกออกจากตู้เพื่อป้องกันการเน่าของไข่ซึ่งอาจจะส่งผลถึงไข่ฟองอื่น ๆ ได้

4.3 การวัดค่าอุณหภูมิความชื้นขณะทำการฟักไข่จริง

เมื่อทำการฟักไข่ไก่ไปได้ระยะในช่วง 18 วัน และทำการตรวจดูค่าอุณหภูมิความชื้นว่าอยู่ในย่านที่เหมาะสมหรือไม่ สำหรับการฟักไข่เพื่อจะให้ลูกไก่ ลูกเป็ดและลูกนกกระทานั้นออกมาในอัตราการรอดสูง โดยค่าอุณหภูมิความชื้นตู้ฟักไข่นี้จะอยู่ในย่านที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.3

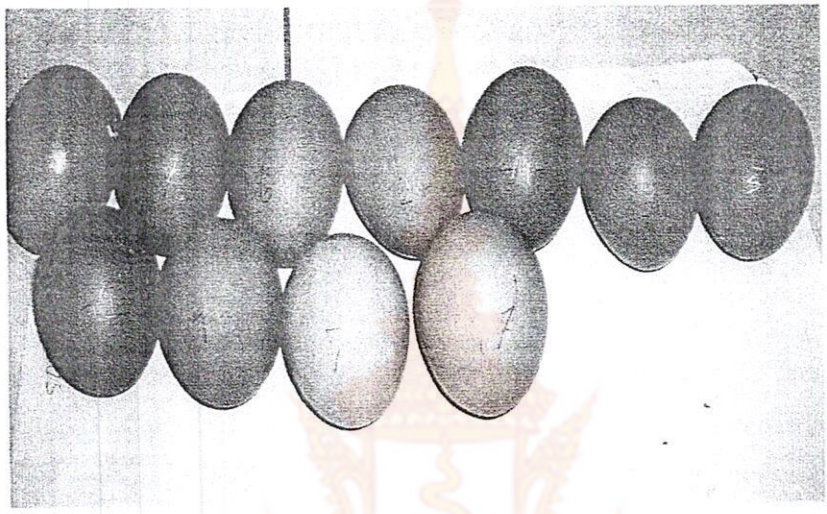
ตารางที่ 4.3 ผลการสุ่มวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในวันที่ 10 ของการฟักไข่ไก่

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (%RH)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (%RH)
1	35.0	69.6	16	37.0	61.0
2	36.5	69.6	17	37.0	62.0
3	37.0	68.0	18	37.0	69.6
4	37.0	68.0	19	37.0	69.6
5	37.0	69.6	20	37.0	69.6
6	36.5	69.6	21	36.5	70.0
7	36.5	69.6	22	36.5	69.6
8	37.0	69.6	23	36.5	69.6
9	37.0	69.2	24	37.0	69.6
10	37.0	69.5	25	37.0	69.6
11	37.0	69.6	26	37.0	68.0
12	37.0	69.6	27	36.5	68.5
13	37.5	69.6	28	36.5	69.5
14	37.0	69.6	29	36.5	69.9
15	37.0	69.6	30	38.0	69.9



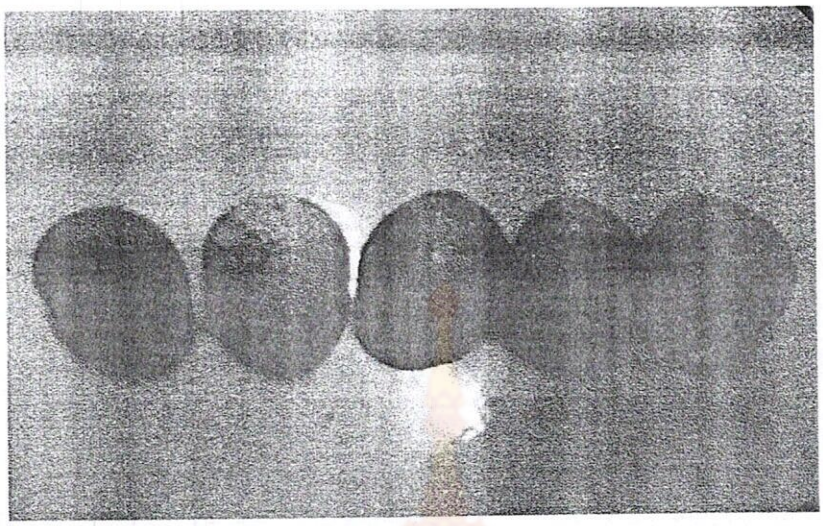
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความชื้นต่อเวลาขณะใช้งานจริง

จากกราฟรูปที่ 4.24 และตารางที่ 4.3 เป็นการวัดค่าอุณหภูมิความชื้นในขณะทำการฟักไข่จริง ซึ่งใช้ Heater ขนาด 150 วัตต์ เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนจากการบันทึกค่าของอุณหภูมิความชื้นเป็น เวลา 30 นาที ค่าของอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต้องการควบคุมและมีการเปลี่ยนแปลงค่าเล็กน้อยและในส่วนของความชื้นค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ต้องการสามารถควบคุมได้เป็นอย่างดีเช่นกัน



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะไข่ไก่ที่ฟักไม่ออก

รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะไข่เป็ดที่ฟักไม่ออก



รูปที่ 4.27 แสดงลักษณะไข่นกกระทาที่ฟักไม่ออก

จากรูปที่ 4.25 รูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27 เป็นไข่ที่ฟักไม่ออก สาเหตุอาจเป็นเพราะเชื้อในไข่ตายตั้งแต่วันแรกๆ หรือในไข่ไม่มีเชื้อเลย ซึ่งถือได้ว่าไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้แล้ว เมื่อเสร็จสิ้นการฟักก็จะนำไข่ที่ฟักไม่ออกไปกำจัดทิ้ง

จากผลการทดลองฟักไข่ไก่จริง เครื่องควบคุมระบบการฟักไข่สามารถฟักได้จริง และลูกไก่ที่ออกมาแข็งแรงสมบูรณ์และได้คิดอัตราการรอดของลูกไก่ที่นำเข้าฟักทั้งหมด 72 ฟองสามารถคิดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดั้งนี้

อัตราการรอด จากสมการ $(N1x100)/N2$ (4-1)

N1 คือ จำนวนไข่ที่ออกทั้งหมด

N2 คือ จำนวนไข่ทั้งหมด

รุ่นที่ 1 อัตราการรอด $= (N1x100)/N2$

$= (61x100)/72 = 84.72\ \%$

อัตราการรอด $= 84.72\ \%$

อัตราเปอร์เซ็นต์ที่ตั้งไว้ 80 %

จากผลการทดลองฟักไข่เป็ดจริง เครื่องควบคุมระบบการฟักไข่สามารถฟักได้จริง และลูกเป็ดที่ออกมาแข็งแรงสมบูรณ์และได้คิดอัตราการรอดของลูกเป็ดที่นำเข้าฟักทั้งหมด 42 ฟองสามารถคิดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดั้งนี้

อัตราการรอด = (N1x100)/N2

N1 คือ จำนวนไข่ที่ออกทั้งหมด
N2 คือ จำนวนไข่ทั้งหมด

รุ่นที่ 1 อัตราการรอด = (N1x100)/N2
= (36x100)/42 = 85.71 %

อัตราการรอด = 85.71 %

อัตราเปอร์เซ็นต์ที่ตั้งไว้ 80 %

จากผลการทดลองฟักไข่นกกระทาจริง เครื่องควบคุมระบบการฟักไข่สามารถฟักได้จริง และลูกเป็ดที่ออกมาแข็งแรงสมบูรณ์และได้คิดอัตราการรอดของลูกเป็ดที่นำเข้าฟักทั้งหมด 60 ฟอง สามารถคิดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดั้งนี้

อัตราการรอด = (N1x100)/N2

N1 คือ จำนวนไข่ที่ออกทั้งหมด
N2 คือ จำนวนไข่ทั้งหมด

รุ่นที่ 1 อัตราการรอด = (N1x100)/N2
= (55x100)/60 = 91.67 %

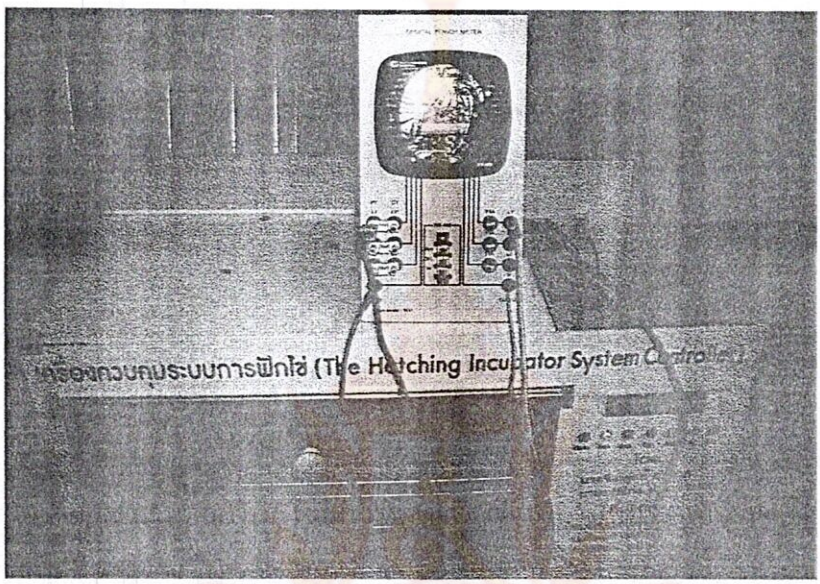
อัตราการรอด = 91.67 %

อัตราเปอร์เซ็นต์ที่ตั้งไว้ 80 %

จากผลการคิดอัตราการรอดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการฟักไข่ทั้ง 3 ชนิดที่ได้ทำการฟักจริงสูงกว่าอัตราการรอดที่ตั้งไว้ ถือว่าบรรลุเป้าหมาย

4.4 อัตราค่าไฟฟ้าของการฟักไข่แต่ละชนิดขณะทำการฟักจริง

เนื่องจากตู้ฟักไข่นี้ต้องใช้ไฟฟ้า จึงทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าเพื่อประกอบการคำนวณให้ทราบว่าในการฟักไข่ทั้ง 3 ชนิดนี้ใช้ไฟฟ้าไปเท่าไรและประหยัดไฟฟ้าได้มากน้อยเพียงใด ดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.28 แสดงการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าด้วย Digital wattmeter

ตารางที่ 4.4 แสดงจากการวัดค่าด้วย Digital wattmeter ได้ค่าต่างๆดังนี้

	กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า (VAR)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	COS ϕ
ขณะที่ Heater ทำงาน	182.6	-12.6	0.759	239.7	0.998
ขณะที่ Heater ไม่ทำงาน	8.704	8.412	0.050	241.2	0.719

ระบบการทำงานของตู้ฟักไข่พบว่าใน 1 นาที Heater ทำงานประมาณ 15 วินาทีและหยุดทำงานประมาณ 45 วินาที ถ้าใน 1 วันหรือ 24 ชั่วโมง Heater ประมาณ 6 ชั่วโมงและหยุดทำงานประมาณ 18 ชั่วโมงและจะเป็นอย่างนี้ทุกๆวัน เพราะฉะนั้นแล้วกำลังไฟฟ้า (W) ใน 1 วันเป็นดังสมการ (182.6 x 6) + (8.704 x 18) (4-2)

4.4.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่ไก่

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการฟักไข่ไก่

$$\frac{(182.6 \times 6) + (8.704 \times 18)}{1000} = 1.25 \text{ หน่วย}$$

$$1.25 \times 21 = 26.25 \text{ หน่วย}$$

จากการฟักไข่ไก่มาเป็นเวลา 21 วัน ใช้ไฟฟ้าไป 26.25 หน่วยสามารถคิดเป็นค่าไฟได้ดังนี้

5 หน่วยแรก เป็นเงิน = 4.96 บาท

10 หน่วยต่อไป (10 x 0.7124) = 7.124 บาท

10 หน่วยต่อไป (10 x 0.8993) = 8.993 บาท

1.25 หน่วยต่อไป (1.25 x 1.1516) = 1.4395 บาท

รวมเป็นเงินทั้งหมด = 22.52 บาท

ค่าไข่ไก่ที่ใช้ในการฟัก

ไข่ไก่ฟองละ 3 บาท จำนวน 72 ฟอง เป็นเงิน (3 x 72) = 216 บาท

ดังนั้นต้นทุนในการฟักไข่ไก่

ค่าไฟฟ้า + ค่าไข่ไก่ = ต้นทุน

22.52 + 216 = 238.52 บาท

เมื่อฟักเสร็จแล้วสามารถขายลูกไก่ได้ตัวละ 12 บาทและจำนวนลูกไก่ที่ฟักออก 61 ตัว

(12 x 61) = 732 บาท

นำเงินที่ได้จากการขายลูกไก่ได้มาหักลบกับต้นทุน

732 – 238.52 = 493.48 บาท

จะเหลือกำไรเป็นเงิน 493.48 บาท

4.4.2 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่เป็ด

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการฟักไข่เป็ด

$$\frac{(182.6 \times 6) + (8.704 \times 18)}{1000} = 1.25 \text{ หน่วย}$$

$$1.25 \times 28 = 35 \text{ หน่วย}$$

จากการฟักไข่เป็ดมาเป็นเวลา 28 วัน ใช้ไฟฟ้าไป 35 หน่วยสามารถคิดเป็นค่าไฟได้ดังนี้

5 หน่วยแรก เป็นเงิน = 4.96 บาท
10 หน่วยต่อไป (10 x 0.7124) = 7.124 บาท
10 หน่วยต่อไป (10 x 0.8993) = 8.993 บาท
10 หน่วยต่อไป (10 x 1.1516) = 11.516 บาท
รวมเป็นเงินทั้งหมด = 32.59 บาท

ค่าไข่เป็ดที่ใช้ในการฟัก
ไข่เป็ดฟองละ 10 บาท จำนวน 42 ฟอง เป็นเงิน (10 x 42) = 420 บาท
ดังนั้นต้นทุนในการฟักไข่เป็ด

ค่าไฟฟ้า + ค่าไข่เป็ด = ต้นทุน

(32.59 + 420) = 452.59 บาท

เมื่อฟักเสร็จแล้วสามารถขายลูกเป็ดได้ตัวละ 25 บาทและจำนวนลูกเป็ดที่ฟักออก 36 ตัว

(25 x 36) = 975 บาท

นำเงินที่ได้จากการขายลูกเป็ดมาหักลบกับต้นทุน

(975– 452.59) = 522.41 บาท

จะเหลือกำไรเป็นเงิน 522.41 บาท

4.4.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรของการฟักไข่นกกระทา

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการฟักไข่นกกระทา

$$\frac{(182.6 \times 6) + (8.704 \times 18)}{1000} = 1.25 \text{ หน่วย}$$

$$1.25 \times 18 = 22.5 \text{ หน่วย}$$

จากการฟักไข่นกกระทามาเป็นเวลา 18 วัน ใช้ไฟฟ้าไป 22.5 หน่วยสามารถคิดเป็นค่าไฟได้ดังนี้

5 หน่วยแรก เป็นเงิน = 4.96 บาท

10 หน่วยต่อไป (10 x 0.7124) = 7.124 บาท

7.5 หน่วยต่อไป (7.5 x 0.8993) = 6.745 บาท

รวมเป็นเงินทั้งหมด = 18.83 บาท

ค่าไข่นกกระทาที่ใช้ในการฟัก

ไข่นกกระทาฟองละ 1.50 บาท จำนวน 128 ฟอง (แต่ที่ทำการทดลองไป 60 ฟอง) เป็นเงิน

$(1.50 \times 128) = 192$ บาท

ดังนั้นต้นทุนในการฟักไข่นกกระทา

ค่าไฟฟ้า + ค่าไข่นกกระทา = ต้นทุน

$18.83 + 192 = 210.83$ บาท

เมื่อฟักเสร็จแล้วสามารถขายลูกนกกระทาได้ตัวละ 6 บาทและถ้าคิดแค่จำนวนลูกนกกระทาที่ฟักออก 80% ของไข่ 128 ฟองก็คือ 103 ตัว

$(6 \times 103) = 618$ บาท

นำเงินที่ได้จากการขายลูกนกกระทามาหักลบกับต้นทุน

$618 - 210.83 = 407.17$ บาท

จะเหลือกำไรเป็นเงิน 407.17 บาท

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบระบบการทำงานระหว่างโครงงานกับตู้ที่มีขายในท้องตลาดในขนาดตู้ที่ฟักไข่ไก่ได้ ครั้งละ 72 ฟอง เท่ากัน

ระบบการทำงาน	ที่มีขายในท้องตลาด	โครงงาน
การควบคุม	Manual	Automatic
ระบบการกลับไข่	ใช้คน/ Automatic	Automatic
ระบบควบคุมความชื้น	ถาดน้ำ	ถาดน้ำ + พัดลมดูดไอน้ำ
ระบบควบคุมความร้อน	Heater + หลอดไฟ	Heater
จำนวนไข่ที่ฟัก	ไข่ไก่ 72 ฟอง	ฟักไข่ไก่ 72 ฟอง ฟักไข่เป็ด 42 ฟอง ฟักไข่นกกระทา 128 ฟอง
การตรวจจับอุณหภูมิ	ใช้เทอร์โมสตัท	ใช้ระบบ Sensor สั่งตัด Heater
การแสดงผล	ใช้ Sven segment	ใช้จอ LCD

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 5
สรุปผลจากโครงงานและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและพฤติกรรมของการฟักไข่ทั้ง 3 ชนิด จนได้ดำเนินงานในการจัดทำโครงงานเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เป็นตัวสั่งการให้ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ การทำงานของตู้ฟักไข่แบบทั่วไปจะใช้เทอร์โมสตัดเป็นตัวตัดต่ออุณหภูมิและความชื้นจะใช้ถาดใส่น้ำเป็นตัวให้ความชื้นอยู่ตลอดเวลาของการฟักไข่ ส่วนการกลับไข่อาจจะใช้มือกลับไข่เองหรือใช้มอเตอร์กลับไข่โดยใช้ไทม์เมอร์เป็นตัวตั้งเวลาในการกลับไข่

5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน

5.1.1 ตู้ฟักไข่อัตโนมัตินี้สามารถใช้ทำการฟักไข่ไก่ ไข่เป็ดและไข่นกกระทาได้ดี โดยเฉพาะที่สภาพอากาศภายนอกตู้มีอุณหภูมิปกติ แต่ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นภายนอกตู้ต่ำมากหรือสูงมาก จะมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ เนื่องจากการประกอบตัวตู้ไม่ปิดขอบตู้ให้มิดชิดเท่าที่ควร จึงทำให้อุณหภูมิและความชื้นภายในตู้เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิภายนอกตู้

5.1.2 การทำงานของชุดถาดกลับไข่ ใช้หลักการเพลาข้อเหวี่ยงขับเคลื่อนเพื่อส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ไปยังถาดกลับไข่ สามารถทำการพลิกกลับไข่ได้ดี ไม่ทำให้ไข่แตกขณะทำงาน

5.1.3 การทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ ใช้ขดลวดความร้อนขนาด 150 W ในการให้ความร้อนแก่ตู้ฟักไข่ สามารทำการควบคุมให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่

5.1.4 การทำงานของชุดควบคุมความชื้น โดยอาศัยหลักการการทำงานของการระเหยของไอน้ำและใช้พัดลมดูดเข้ามาสามารถให้ความชื้นได้ดีไม่ทำให้ไข่ภายในตู้เปียกสามารถตรวจวัดความชื้นได้ดีโดยใช้ Sensor และอาศัยการทำงานของ Sensor SHT15 ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชุดตรวจวัดและควบคุมระดับความชื้นและอุณหภูมิให้ได้ค่าที่เหมาะสมในการฟักไข่

5.2 ปัญหาและวิธีแก้ไขในการทำโครงงานปริญญานิพนธ์

5.2.1 ปัญหาอุณหภูมิและความชื้นภายนอกตู้ฟักไข่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ เนื่องจากตัวตู้ปิดไม่สนิทเท่าที่ควร จึงมีช่องว่างเล็กๆทำให้อากาศภายนอกและภายในถ่ายเทเข้าหากันได้ จึงมีผลให้อุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ฟักไข่ไม่คงที่ เกิดการแกว่งมาก วิธีแก้ไขปัญหานี้จะต้องประกอบตู้ไม่ให้มีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านเข้าออกภายในตัวตู้ได้ และทำการปิดด้วยกาวร้อนที่ขอบของตู้

5.2.2 ปัญหาในขณะกลับไข่คือเกิดการกระชากของกระแสไฟวิธีแก้ไขปัญหานี้จะต้องใช้วงจรไตรแอกเพื่อป้องกันการรบกวนของไฟกระแสสลับ เพราะการใช้รีเลย์ไม่เหมาะสมกับวงจรที่ใช้ไฟกระแสสลับโดยเหมาะสมกับวงจรที่เป็นไฟกระแสตรงมากกว่า

5.3 คุณสมบัติของเครื่อง

5.3.1 ระบบควบคุมการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติและแสดงค่าต่างๆ ผ่านหน้าจอแอลซีดี

5.3.2 ใช้เซนเซอร์ SHT15 เป็นตัววัดค่าอุณหภูมิและความชื้นและใช้ Heater เป็นตัวให้พลังงานความร้อน

5.3.3 สามารถฟักไข่ไก่ได้ครั้งละไม่เกิน 72 ฟอง ฟักไข่เป็ดได้ครั้งละไม่เกิน 42 ฟอง ฟักไข่นกกระทาได้ครั้งละไม่เกิน 128 ฟอง และมีอัตราการรอดอยู่ที่ 80 %

5.4 ข้อแสนอแนะ

เนื่องจากโครงงานนี้ได้สร้างตู้ฟักไข่ที่มีขนาดความยาว 73 เซนติเมตร กว้าง 49 เซนติเมตร และสูง 38 เซนติเมตร สามารถฟักไข่ไก่ได้ครั้งละไม่เกิน 72 ฟอง ฟักไข่เป็ดได้ครั้งละไม่เกิน 42 ฟอง และฟักไข่นกกระทาได้ครั้งละไม่เกิน 128 ฟอง แต่ถ้าหากต้องการเพิ่มจำนวนในการฟักไข่ให้มากขึ้นก็สามารถทำได้ โดยการเพิ่มขนาดของตู้ฟักไข่ ขนาดความจุของถาดกลับไข่ และขนาดกำลังวัตต์ของขดลวดความร้อน และความสามารถในการฟักไข่ในโครงงานปริญญานิพนธ์นี้จะสามารถเลือกฟักไข่ได้ 3 ชนิดคือฟักไข่ไก่ ฟักไข่เป็ดและฟักไข่นกกระทาหากมีการพัฒนาต่อไปก็สามารถที่จะพัฒนาให้สามารถฟักไข่ได้หลายชนิดขึ้นก็จะทำให้ตัวเครื่องฟักไข่นี้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] วรวิทย์ วณชาภิชาติ. ไข่และการฟักไข่ : สำนักพิมพ์รั้วหัวเขียว

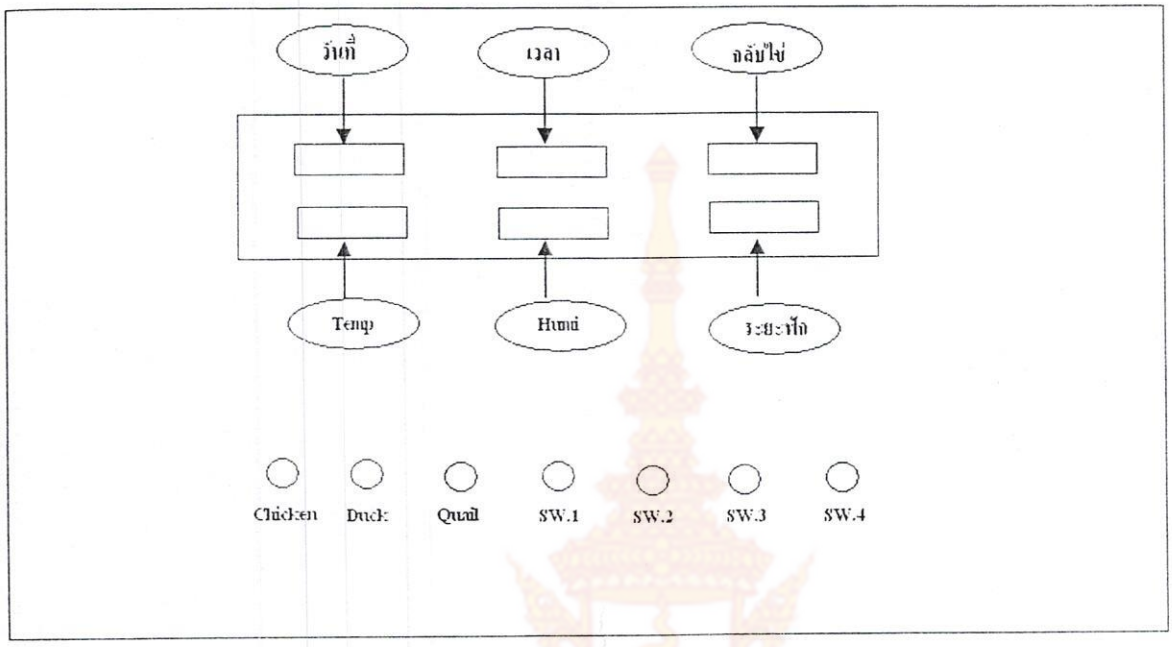
[2] ประจิน พลังสันติกุล. เรียนรู้และการใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมคครคอลโทรลเลอร์ PIC. กรุงเทพมหานคร:บริษัท อินโนโวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

[3] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. ออกแบบลายวงจรพิมพ์ด้วย Protel 99SE: ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

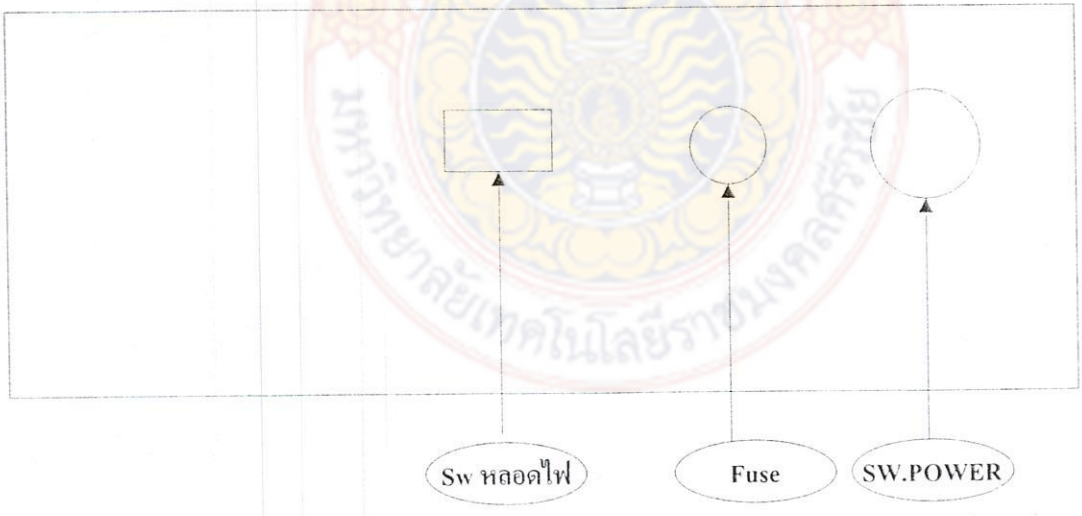
[4] รศ.ดร.สมชัย อัครทิวา เทอร์โมไดนามิกส์: สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล กรุงเทพฯ

ภาคผนวก ก

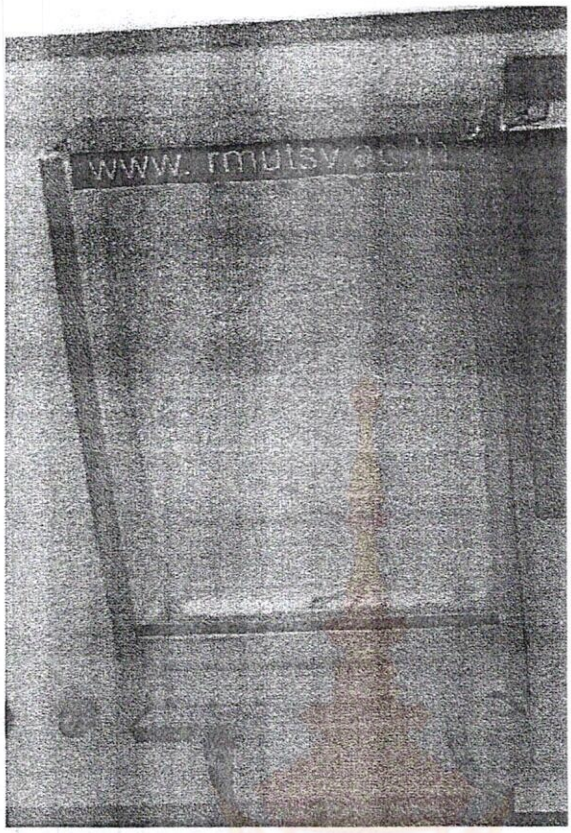
ขั้นตอนการใช้งานเครื่องควบคุมระบบการฟักไข่



รูปที่ ก.1 แผงหน้าปัดชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ



รูปที่ ก.2 แผงด้านหลังชุดควบคุมการทำงานของตู้ฟักไข่อัตโนมัติ



รูปที่ ก.3 แสดงถังใส่น้ำเปล่าด้านหลัง

1. เติมน้ำเปล่าในถังด้านหลังของตู้ฟักไข่ให้มากกว่าขีดสีน้ำเงิน
2. เปิด SW. POWER เพื่อจ่ายไฟเข้าสู่เครื่องควบคุม
3. ตั้งค่าวันที่ในการทำงานโดยการกด SW.1 ค้างไว้ แล้วกด SW.2 เพื่อกำหนดวันเริ่มต้นการฟักไข่
4. ตั้งค่าเดือนในการทำงานโดยการกด SW.1 ค้างไว้ แล้วกด SW.3 เพื่อตั้งค่าเดือนเริ่มต้นการฟักไข่
5. หากต้องการ RESET ค่าระยะการฟักไข่ที่ตั้งไว้ให้กด SW. POWER
6. ในกรณีต้องการกลับไข่แบบ MANUAL ให้กด SW.4
7. เมื่อเริ่มต้นการฟักไข่ให้ทำตามข้อ 1 ถึงข้อ 6 ทุกครั้ง
8. เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนถึงข้อที่ 6 ระบบจะทำงานแบบอัตโนมัติทันที โดยระบบการทำงานจะนับไป 18 วัน ของการฟักไข่ไก่ 25 วันของการฟักไข่เป็ด 15 วันของการฟักไข่นกกระทา ซึ่งในระยะวันดังกล่าวของการฟักไข่แต่ละไข่นั้นเครื่องจะทำการกลับไข่อัตโนมัติ ส่วน 3 วันสุดท้ายเครื่องจะหยุดการกลับไข่
9. ค่าการกลับไข่จะถูกตั้งไว้ที่ 3 ชั่วโมง
10. เปิด SW.LAMP เพื่อเปิดหลอดไฟแสงสว่างภายในตู้กรณี 3 วันสุดท้าย

ภาคผนวก ข

SOURCE CODE

****

กำหนดการเริ่มต้นของ PIC16F877

```
#include <16F877A.h>

#define  CLOCK_SP    18432000

#fuses NOWDT,HS, NOPROTECT, BROWNOUT, PUT, NOLVP, NOWRT

#DEVICE ADC=10

#use delay (clock=CLOCK_SP)

#include <math.h>

#use standard_io ( C )

#use standard_io ( B )

#use standard_io ( D )

#use standard_io ( E )

#define  dd  "%"

#define DS1307_SDA  PIN_C4

#define DS1307_SCL  PIN_C5

#define SHT1xDATA   PIN_B4

#define SHT1xSCK    PIN_B5

#define noACK 0
```

```
#define ACK  1

#use i2c(master, sda=DS1307_SDA, scl=DS1307_SCL)

int1 f1,fc1;

int8 couth,couts,coutd,coutt,couttb,minb,dateb;

*****************************************************************************
```

โปรแกรมย่อยของ DS1307

```
void init_DS1307()

{output_float(DS1307_SCL);

output_float(DS1307_SDA);}

void write_DS1307(byte address, BYTE data)

{short int status;

i2c_start();

i2c_write(0xd0);

i2c_write(address);

i2c_write(data);

i2c_stop();

i2c_start();

status=i2c_write(0xd0);

while(status==1)
```

```
{
i2c_start();
status=i2c_write(0xd0);
}}
BYTE read_DS1307(byte address)
{
BYTE data;
i2c_start();
i2c_write(0xd0);
i2c_write(address);
i2c_start();
i2c_write(0xd1);
data=i2c_read(0);
i2c_stop();
return(data);
}
void show_date(byte day)
{
switch (day)
```

****

โปรแกรมย่อยของ LCD

```
#define LCD_D4        PIN_D4

#define LCD_D5        PIN_D5

#define LCD_D6        PIN_D6

#define LCD_D7        PIN_D7

#define LCD_RS        PIN_C0

#define LCD_EN        PIN_B2

#define LINE_1        0x00

#define LINE_2        0x40

#define LCD_CMD_CLEAR       0x01

#define LCD_CMD_HOME        0x02

#define LCD_CMD_BLANK       0x08

#define LCD_CMD_OFF         0x08

#define LCD_CMD_ON_HIDDEN     0x0C

#define LCD_CMD_ON            0x0E

#define LCD_CMD_CUR_OFF       0x0C

#define LCD_CMD_CUR_UNDERLINE  0x0E

#define LCD_CMD_CUR_BLINK     0x0F
```

```
#define LCD_CMD_BACKSPACE     0x10

#define LCD_CMD_FWDSPACE      0x14

#define LCD_CMD_SCROLL_LEFT  0x18

#define LCD_CMD_SCROLL_RIGHT  0x1E

#define LCD_CMD_SETCURPOS       0x80

#define LCD_CMD_SETCGPTR        0x40

void LCD_Init ( void );

void LCD_SetPosition ( unsigned int cX );

void LCD_PutChar ( unsigned int cX );

void LCD_PutCmd ( unsigned int cX );

void LCD_PulseEnable ( void );

void LCD_SetData ( unsigned int cX );

void LCD_Init ( void )

{

LCD_SetData ( 0x00 );

delay_ms ( 200 );

output_low ( LCD_RS );

LCD_SetData ( 0x03 );

LCD_PulseEnable();
```

```
LCD_PulseEnable();

LCD_PulseEnable();

LCD_SetData ( 0x02 );

LCD_PulseEnable();

LCD_PutCmd ( 0x2C );

LCD_PutCmd ( 0x0C );

LCD_PutCmd ( 0x01 );

LCD_PutCmd ( 0x06 );

}

void LCD_SetPosition ( unsigned int cX )

{

LCD_SetData ( swap ( cX ) | 0x08 );

LCD_PulseEnable();

LCD_SetData ( swap ( cX ) );

LCD_PulseEnable();

}

void LCD_PutChar ( unsigned int cX )

{

output_high ( LCD_RS );
```

```
LCD_SetData ( swap ( cX ) );

LCD_PulseEnable();

LCD_SetData ( swap ( cX ) );

LCD_PulseEnable();

output_low ( LCD_RS );

void LCD_PutCmd ( unsigned int cX )

LCD_SetData ( swap ( cX ) );

LCD_PulseEnable();

LCD_SetData ( swap ( cX ) );

LCD_PulseEnable();

void LCD_PulseEnable ( void )

output_high ( LCD_EN );

delay_us ( 10 );

output_low ( LCD_EN );

delay_ms ( 5 );

void LCD_SetData ( unsigned int cX )

output_bit ( LCD_D4, cX & 0x01 );

output_bit ( LCD_D5, cX & 0x02 );

output_bit ( LCD_D6, cX & 0x04 );
```

```
output_bit ( LCD_D7, cX & 0x08 );
```

****

โปรแกรมย่อยของเซ็นเซอร์ SHT 15

```
#define STATUS_REG_W 0x06

#define STATUS_REG_R 0x07

#define MEASURE_TEMP 0x03

#define MEASURE_HUMI 0x05

#define RESET       0x1E

#define C1  -4.0

#define C2  0.0405

#define C3  -0.0000028

#define D1  -40.0

#define D2  0.01

#define T1  0.01

#define T2  0.00008

 void InitialChip(void);

 void SHTStart()

 output_high(SHT1xDATA);

 output_low(SHT1xSCK);
```

```
output_high(SHT1xSCK);
output_low(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
output_high(SHT1xSCK);
output_high(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
void SHTConReset()
int i;
output_high(SHT1xDATA);
for (i=0; i<9; i++)
output_high(SHT1xSCK);
delay_us(2);
output_low(SHT1xSCK);
delay_us(2);
SHTStart();
int SHTWrite(int Data)
int i;
for (i=0x80;i>0;i/=2)
if(i&Data)
```

```
output_high(SHT1xDATA);
else
output_low(SHT1xDATA);
delay_us(2);
output_high(SHT1xSCK);
delay_us(2);
output_low(SHT1xSCK);
output_float(SHT1xDATA);
delay_us(2);
output_high(SHT1xSCK);
delay_us(2);
i= input(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
delay_ms(250);
return (i);
long SHTRead(void)
int i;
long lTmp,lVal1,lVal2,lValue;
lVal1=0;
```

```
lVal2=0;
for (i=0; i<8; i++)
lVal1<<=1;
output_high(SHT1xSCK);
lTmp = input(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
if(lTmp)
lVal1|=1;
output_low(SHT1xDATA);
output_high(SHT1xSCK);
output_float(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
for (i=0; i<8; i++)
lVal2<<=1;
output_high(SHT1xSCK);
lTmp = input(SHT1xDATA);
output_low(SHT1xSCK);
if(lTmp)
lValue = make16(lVal1,lVal2);
```

```
return(lValue);
void SHTSoftReset()
SHTConReset();
SHTWrite(RESET);
void InitialChip(void)
setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
set_tris_b(0B00000000);
set_tris_c(0B10000000);
```

****

โปรแกรมหลัก (Main program)

```
if(f1==1){
SHTStart();
R=SHTWrite(MEASURE_TEMP);
if(R==1)
delay_ms(1000);
continue;
lValue_temp = SHTRead();
fTemp_true = (D1+(D2*lValue_temp));
delay_ms(12);
```

```
SHTStart();

SHTWrite(MEASURE_HUMI);

lValue_rh = SHTRead();

fRh_lin = (C1+(C2*lValue_rh)+(C3*lValue_rh*lValue_rh));

fRh_true = (((fTemp_true-25)*(T1+(T2*lValue_rh)))+fRh_lin);

if(fRh_true>100){reset_cpu();

continue;}

LCD_SetPosition ( LINE_1 + 8 );

printf ( LCD_PutChar, "T%3.1f C",temp);

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 14 );

printf ( LCD_PutChar, "%3.1s ",dd);

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 8 );

printf ( LCD_PutChar, "H%3.1f ",fRh_true);

LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );

printf ( LCD_PutChar, "%2X/%2X",date,month);

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );

printf ( LCD_PutChar, "%2X:%2X",hour,min);

delay_ms(10);

if(couth>1){
```

```
LCD_SetPosition ( LINE_2 + 8 );
printf ( LCD_PutChar, "H%3.1f ",fRh_true);
if(wan<19)
if(input(PIN_D2)==0 ){fc1=~fc1;}
if(hour!=minb){minb=hour;if(coutt>0){coutt--;} if(coutt==0){coutt=bat;fc1=~fc1;}}
if(fc1==0){output_high(PIN_C6);}else{output_low(PIN_C6);}
while(input(PIN_D2)==0);
if(temp<=37){output_high(PIN_D1);}else{output_low(PIN_D1);}
if((temp>=38)^(fRh_true>=70)){output_high(PIN_D0);}else{output_low(PIN_D0);}
if(fRh_true<=50) {output_high(PIN_C3);}else{output_low(PIN_C3);
if((wan>18)&&(wan<=21))
fc1=1;
output_low(PIN_C6);
if(temp<=36){output_high(PIN_D1);}else{output_low(PIN_D1);}
if((temp>=37)^(fRh_true>=75)){output_high(PIN_D0);}else{output_low(PIN_D0);}
if(fRh_true<=70) {output_high(PIN_C3);}else{output_low(PIN_C3);}
f1=0;
couth++;
if(input(PIN_A0)==0 ){output_high(PIN_C7);}else{output_low(PIN_C7);}
```

```
if(f1==0){
couth=0; if(couts>20){  f1=1;}
init_ds1307();
sec=read_ds1307(0);
min=read_ds1307(1);
hour=read_ds1307(2);
day=read_ds1307(3);
date=read_ds1307(4);
month=read_ds1307(5);
LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );
printf ( LCD_PutChar, "%2X/%2X",date,month);
LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );
printf ( LCD_PutChar, "%2X:%2X",hour,min);
if(sec>0x60){reset_cpu();}
while(input(PIN_A3)==0 ){
LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );
printf ( LCD_PutChar, "%2X/%2X",date,month);
LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );
printf ( LCD_PutChar, "%2X:%2X",hour,min);
```

```
if(input(PIN_B3)==0 )  { min++;

if(min == 0x0a){min=0x10;}

if(min == 0x1a){min=0x20;}

if(min == 0x2a) {min=0x30;}

if(min == 0x3a) {min=0x40;}

if(min == 0x4a) {min=0x50;}

if(min > 0x59)  {min=0x00;}

write_ds1307(1,min);   f1=0;couts=0; }

if(input(PIN_A4)==0 ){hour++;

if(hour==0x0a){hour=0x10;}

if(hour==0x1a){hour=0x20;}

if(hour>=0x24){hour=0x00;}

write_ds1307(2,hour);  f1=0;couts=0;

}

if(input(PIN_D3)==0 ){month++;

if(month==0x0a){month=0x10;}

if(month==0x13){month=0x01;}

write_ds1307(5,month);    }

if(input(PIN_A2)==0 ){date++;
```

```
if(date == 0x0a){date=0x10;}

if(date == 0x1a){date=0x20;}

if(date == 0x2a) {date=0x30;}

if(date>0x31){date=0x01;}

LCD_SetPosition ( LINE_1 + 0 );

printf ( LCD_PutChar, "%2X/%2X",date,month);

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 0 );

printf ( LCD_PutChar, "%2X:%2X",hour,min);

delay_ms(10);  delay_ms(10);

write_ds1307(4,date); f1=0;couts=0;

if(input(PIN_D2)==0 )  {

write_eeprom(0x18,0x00);

wan=0;  }

if(date!=dateb){dateb=date; wan++; write_eeprom(0x18,wan); write_eeprom(0x21,dateb);}

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 17 );

printf ( LCD_PutChar, "%2u Date",wan);

if(date!=dateb){dateb=date; wan++;}

LCD_SetPosition ( LINE_2 + 17 );

printf ( LCD_PutChar, "%2u Date",wan);
```

```
if(wan>=19){output_high(PIN_C1);}else{output_low(PIN_C1);}

if(wan>=23){output_low(PIN_C1);

output_low(PIN_C3);

output_low(PIN_C6);

output_low(PIN_C7);

output_low(PIN_D0);

output_low(PIN_D1);

LCD_SetPosition ( LINE_1 + 16 );

printf ( LCD_PutChar, " %2u hour",bat);

couts++;

} } }

*****************************************************************************

*****************************************************************************
```