ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด
TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM FOR MUSHROOM HOUSE

ทัศนีย์ บัวศรี
วันสิริ เรืองรองสมบัติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด
TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM FOR MUSHROOM HOUSE

ทัศนีย์ บัวศรี
วันสิริ เรืองรองสมบัติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM FOR MUSHROOM HOUSE

THADSANEE BUASRI
WANSIRI RUEANGRONGSOMBUT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด
TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM FOR MUSHROOM HOUSE

ผู้จัดทำ นางสาวทัศนีย์ บัวศรี 57010520
นางสาววันสิริ เรืองรองสมบัติ 57011161

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด

โดย

นางสาวทัศนีย์ บัวศรี 57010520

นางสาววันสิริ เรืองรองสมบัติ 57011161

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมในปัจจุบัน และสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การศึกษานี้จะพิจารณาเห็ดสกุลนางรมสองสายพันธุ์ ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดนางรมฮังการี โดยนำมาเพาะเลี้ยงแล้วสังเกตอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด หลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด จากนั้นออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เป็นไปตามค่าที่ได้จากการสังเกต

ระบบควบคุมในโรงเรือนเพาะเห็ดที่สร้างขึ้นนี้ใช้เซนเซอร์ DHT22 เป็นอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น จากนั้นส่งค่าไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทำการประมวลผล เพื่อสั่งให้รีเลย์ควบคุมปั๊มน้ำ เครื่องทำความร้อน และพัดลมระบายอากาศ ทำงานเมื่อค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเปลี่ยนไปจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองพร้อมกับการบันทึกผลเป็นเวลา 2 สัปดาห์

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิระหว่าง 25°C ถึง 32°C และความชื้นในช่วง 75%RH ถึง 90%RH เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดทั้งสองชนิดมากที่สุด และระบบควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตของดอกเห็ดที่ถูกเพาะเลี้ยงในโรงเรือนแบบมีการควบคุมสภาพแวดล้อม ให้ปริมาณผลผลิตมากกว่าการเพาะเลี้ยงในโรงเรือนแบบทั่วไป โรงเรือนเพาะเห็ดที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมกระบวนการบ่มเชื้อเห็ด เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใยในก้อนเชื้อเห็ดได้อีกด้วย

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM FOR MUSHROOM HOUSE

By

Ms.Thadsanee Buasri 57010520

Ms.Wansiri Rueangrongsombut 57011161

Advisor

Prof. Dr. Worapong Tangsrirat

Academic Year 2017

ABSTRACT

This project deals with the study economic mushroom cultivation and the implementation of the automatic control system for controlling temperature and humidity of the mushroom house. In this study, two cultivating mushroom species, i.e. Bhutan and Hungary oyster mushroom, are considered and experimental. After completing an incubation process, the appropriate temperature and humidity levels suitable for mushroom growing will be observed and measured. The observed data is used to design and implement the temperature and humidity control system, which are composed of DHT22 sensors, Arduino microcontroller, 4-channel relay module, water pump, ventilator and heater, so as to automatically control environment in mushroom house to meet the setpoint. The experimental results are recorded every 2 weeks.

The study reveals that temperature range between 25°C and 32°C and humidity range 75%RH to 90%RH are the most appropriate values for the growth of two mushroom species. In addition, the automatic control system can operate well under the conditions of temperature and humidity settings, and also produces the product quantity more than conventional mushroom cultivation. Moreover, this system can be also applied for mushroom incubation process.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณคือ ศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาการทำโครงงาน ที่คอยชี้แนะ ให้คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้การทำโครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบพระคุณบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ที่ถ่ายทอดประสบการณ์ความรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติให้แก่ผู้ศึกษา ตลอดจนเอื้อเฟื้อสถานที่และดำเนินการจัดสรรงบประมาณเพื่อจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณเจ้าของแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งหนังสือ เว็บไซต์ และสื่อมัลติมีเดีย ที่ผู้ศึกษานำมาใช้เป็นแหล่งอ้างอิงในการทำโครงงาน รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลืออยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่อยู่เบื้องหลังของความสำเร็จ โดยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทุนทรัพย์ และให้กำลังใจตลอดมา

ผู้จัดทำ
ทัศนีย์ บัวศรี
วันสิริ เรืองรองสมบัติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก	4
2.1.1 การเพาะเห็ดตามระบบการเพาะ	4
2.1.2 การเพาะเห็ดตามสภาพอากาศที่เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิด	4
2.1.3 วิธีการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก	4
2.1.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด	5
2.1.4.1 อุณหภูมิ	5
2.1.4.2 ความชื้น	5
2.1.4.3 ปริมาณแสง	5
2.1.4.4 โรงเรือนและการถ่ายเทอากาศ	6
2.1.4.5 โรคและศัตรูของเห็ด	6
2.1.5 การเก็บผลผลิต	8
2.2 เห็ดนางฟ้าภูฐาน	8
2.2.1 ลักษณะทางชีววิทยาและสัณฐานวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน	9
2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของเห็ดนางฟ้าภูฐาน	9
2.3 เห็ดนางรมฮังการี	10
2.3.1 ลักษณะทางชีววิทยาและสัณฐานวิทยาของเห็ดนางรมฮังการี	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของเห็ดนางรมฮังการี	11
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	12
2.4.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	12
2.4.2 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.4.3 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.4.4 Arduino	14
2.4.5 Arduino MEGA 2560 R3	15
2.5 ทฤษฎีการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)	16
2.5.1 การควบคุมแบบ ON-OFF หรือ Two-Position Control	17
2.6 DHT22 Temperature and Relative Humidity Sensor	19
2.6.1 หลักการทำงานของ DHT22	20
2.7 4 x 4 Matrix Keypad	21
2.8 20 x 4 Character LCD Display	22
2.9 4-Channel Relay	23
2.10 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ	24
2.11 พัดลมระบายอากาศ	25
2.12 เครื่องทำความร้อน	26
2.13 Data Logger Shield	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	29
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	29
3.2 Hardware	29
3.2.1 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด	29
3.2.2 อุปกรณ์ในส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด	32
3.3 Software	39
3.3.1 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	39
3.3.2 การเขียนโค้ดควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต	40
3.4 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	43
3.5 การทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดในโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	50
4.1 ผลการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	50
4.2 ผลผลิตของดอกเห็ดที่ได้จากการทดลอง	55
4.3 การเปรียบเทียบขนาดของดอกเห็ดกับมาตรฐานสินค้าเกษตร	58
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	59
5.1.1 การวางแผนและการดำเนินงาน	59
5.1.2 ประสิทธิภาพของโรงเรือนและระบบควบคุม	60
5.1.3 การเปรียบเทียบผลผลิต	60
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	61
5.3 แนวทางในการแก้ปัญหา	61
5.4 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก คุณสมบัติประจำตัวของ DHT22	65
ภาคผนวก ข คุณสมบัติประจำตัวของพัดลมระบายอากาศ	69
ภาคผนวก ค คุณสมบัติประจำตัวของปั๊มน้ำแรงดันต่ำ	70
ภาคผนวก ง โปสเตอร์	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ก้อนเชื้อเห็ด	5
2.2 เห็ดนางฟ้าภูฐาน	8
2.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน	9
2.4 เห็ดนางรมฮังการี	10
2.5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดนางรมฮังการี	11
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	12
2.7 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	15
2.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3	15
2.10 การควบคุมด้วยมือ (Manual Control) หรือการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ	17
2.11 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)	17
2.12 การควบคุมแบบ ON-OFF	18
2.13 การควบคุมแบบ ON-OFF แบบมี Hysteresis	18
2.14 เซนเซอร์ DHT22	19
2.15 หลักการทำงานของโมดูล DHT22	20
2.16 การส่งข้อมูลของ DHT22	20
2.17 ปุ่มกดขนาด 4 x 4	21
2.18 จอแสดงผลขนาด 20 x 4	22
2.19 รีเลย์ 4 ช่อง	23
2.20 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ	24
2.21 พัดลมระบายอากาศ	25
2.22 ไดร์เป่าผม	26
2.23 ส่วนประกอบหลักของการทำงานในไดร์เป่าผม	26
2.24 หลักการทำงานของไดร์เป่าผม	27
2.25 Data Logger Shield	27
2.26 ส่วนประกอบของ Data Logger Shield	28
2.27 ขั้นตอนการทำงานของ Data Logger Shield	28
3.1 แบบจำลอง 3 มิติ ของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด	30
3.2 ชิ้นส่วนแต่ละส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้	30
3.3 การประกอบโครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ด	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 โครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ดเมื่อประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว	31
3.5 ท่อ PVC ขนาด 18 mm. ½ นิ้ว	32
3.6 ข้อต่อ PVC 3 ทางตั้งฉาก ½ นิ้ว	32
3.7 ข้อต่อ PVC 3 ทางตรง ½ นิ้ว	32
3.8 เซนเซอร์ DHT22	33
3.9 เซนเซอร์ DHT22 อยู่ที่ตำแหน่งด้านบนสุดของโครงสร้าง	33
3.10 เซนเซอร์ DHT22 อยู่ที่ตำแหน่งด้านล่างสุดของโครงสร้าง	34
3.11 พัดลมระบายอากาศ	34
3.12 ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ด	35
3.13 ไดร์เป่าผม	35
3.14 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องทำความร้อนในโรงเรือนเพาะเห็ด	36
3.15 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ	36
3.16 ตำแหน่งการติดตั้งหัวพ่นหมอกซึ่งถูกเชื่อมต่อกับปั๊มน้ำแรงดันต่ำ	37
3.17 ตู้คอนโทรลขนาด 9 นิ้ว x 13 นิ้ว	37
3.18 อุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้คอนโทรล	38
3.19 แผนผังการออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	39
3.20 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE	40
3.21 โค้ดควบคุมการรับค่าจากเซนเซอร์และการแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor	40
3.22 โค้ดควบคุมการรับค่าจากปุ่มกด	41
3.23 โค้ดควบคุมการแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าจอ LCD	41
3.24 โค้ดควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต	42
3.25 โค้ดควบคุมการบันทึกค่าลงใน SD Card	42
3.26 ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงใน SD Card	43
3.27 ตำแหน่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับบอร์ด Arduino	43
3.28 การตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด	44
3.29 โค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่ามีความถูกต้อง	44
3.30 โค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่ามีความผิดพลาด	45
3.31 ข้อมูลบนหน้าจอ LCD เมื่ออัพโหลดโค้ดสำเร็จ	45
3.32 หน้าจอแสดงการตั้งค่าของช่วงอุณหภูมิ	46
3.33 หน้าจอแสดงการตั้งค่าของช่วงความชื้น	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.34 หน้าจอแสดงการทำงานของระบบควบคุม	47
3.35 ก้อนเชื้อเห็ดที่เส้นใยยังเดินไม่เต็มถุง	47
3.36 การบ่มก้อนเชื้อเห็ด	48
3.37 ลักษณะของก้อนเชื้อเห็ดที่เส้นใยเดินเต็มถุงและพร้อมที่จะนำไปเปิดดอก	48
3.38 การเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด (การเปิดดอกเห็ด)	49
4.1 เงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	50
4.2 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการทำงานของระบบควบคุมลงบน SD Card	51
4.3 กราฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง	52
4.4 กราฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตเมื่อความชื้นมีการเปลี่ยนแปลง	52
4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน	53
4.6 ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละวัน	53
4.7 มาตรฐานสินค้าเกษตรประเภทเห็ดสกุลนางรม	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มของก้อนเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ (ข้อมูลจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์)	7
2.2 อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสงที่เหมาะสมในระยะการเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดของเห็ดชนิดต่างๆ (ข้อมูลจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์)	7
4.1 สรุปผลการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม	54
4.2 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน	55
4.3 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 4 วัน	56
4.4 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 5 วัน	57
4.5 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 6 วัน	57
4.6 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเห็ดระหว่างการเพาะเลี้ยงแบบควบคุมสภาพแวดล้อมกับการเพาะเลี้ยงแบบทั่วไป	58
5.1 แผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560	59
5.2 แผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันการเพาะเห็ดเป็นที่นิยมอย่างมาก ทั้งในด้านการเพาะเพื่อบริโภคภายในครัวเรือน และการเพาะเพื่อส่งออกในเชิงพาณิชย์ ทำให้เห็ดกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจและน่าจับตามองอย่างยิ่งในอนาคต เห็ดเศรษฐกิจที่นิยมเพาะเลี้ยงคือ เห็ดตระกูลนางรม ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรมฮังการี เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดนางนวล เกษตรกรส่วนใหญ่หันมาเพาะเห็ดสายพันธุ์เหล่านี้ เนื่องจากสามารถเพาะได้ง่าย เจริญเติบโตได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงสั้น ให้ผลผลิตจำนวนมาก และที่สำคัญคือต้นทุนในการเพาะเลี้ยงต่ำ

การเพาะเห็ดเพื่อส่งออกในเชิงพาณิชย์จำเป็นที่จะต้องควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมอยู่เสมอ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ แสง โรคและศัตรูของเห็ด เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของดอกเห็ด จากความสำคัญข้างต้นนี้ จึงมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้กับการเกษตรกรรม โดยการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติให้กับโรงเรือนเพาะเห็ด ในส่วนของระบบควบคุมนั้นใช้เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแล้วส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล ซึ่งถ้าหากมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้อุปกรณ์เอาต์พุตทำการปรับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับที่เห็ดต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดนางรมฮังการี
2. เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็กซึ่งมีขนาด กว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และสูง 90 เซนติเมตร
2. ออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้กับโรงเรือนเพาะเห็ด
3. เห็ดที่นำมาศึกษาทดลองคือ เห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการี
4. ใช้ระยะเวลาทดลองและบันทึกผลเป็นเวลา 14 วัน
5. ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3 ร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูล
6. ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22
7. ใช้พัดลมระบายอากาศเป็นอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้

8. ใช้เครื่องทำความร้อนเป็นอุปกรณ์ช่วยเพิ่มอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้

9. ใช้ปั๊มน้ำแรงดันต่ำต่อกับหัวพ่นหมอกเป็นอุปกรณ์เพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าสิ่งที่สนใจเพื่อกำหนดเป็นหัวข้อโครงงาน
2. จัดทำข้อเสนอโครงงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
4. ออกแบบระบบควบคุมและโครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ด
5. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์
6. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมและทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้
7. แก้ไขและปรับปรุงการออกแบบ
8. รายงานผลการดำเนินงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ฝึกทักษะการวางแผน การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น
2. มีความรู้และความเข้าใจในการเขียนโปรแกรม Arduino IDE มากขึ้น
3. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดสามารถใช้งานได้จริง
4. โรงเรือนเพาะเห็ดที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย และง่ายต่อการใช้งาน
5. ช่วยลดความกังวลให้แก่ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด เมื่อต้องออกไปทำธุระข้างนอกเป็นเวลานาน จึงช่วยลดความเสียหายของผลผลิตและยืดอายุก้อนเชื้อเห็ดให้ใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น
6. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท กับอีก 4 ภาคผนวก ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎี หลักการ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้ทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน กล่าวถึงการออกแบบและการสร้าง ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน ผลการออกแบบและการสร้าง ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ผลผลิตและคุณภาพของดอกเห็ดที่ได้จากการทดลอง

บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงการสรุปผลการทำปริญญานิพนธ์ ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงาน การแก้ไขปัญหา และแนวทางการพัฒนาต่อไป

ภาคผนวก ก คุณสมบัติประจำตัวของ DHT22

ภาคผนวก ข คุณสมบัติประจำตัวของพัดลมระบายอากาศ

ภาคผนวก ค คุณสมบัติประจำตัวของปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

ภาคผนวก ง โปสเตอร์

บทที่ 2

ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก

เห็ดที่เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยงในถุงพลาสติกมากที่สุดในประเทศไทยคือ เห็ดสกุลนางรม (เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางรมฮังการี เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดนางนวล) เห็ดหูหนู เห็ดหอม เห็ดตีนแรด เห็ดหลินจือ เห็ดขอนขาว เห็ดกระด้าง และเห็ดยานางิ เป็นต้น เห็ดเหล่านี้สามารถเพาะเลี้ยงได้บนวัสดุหลายชนิด โดยเฉพาะขี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือใช้อาหารหมักจากฟาง สามารถจำแนกการเพาะเห็ดตามลักษณะต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1.1 การเพาะเห็ดตามระบบการเพาะ

1. การเพาะเห็ดแบบระบบเปิด สามารถพบได้ในการเพาะเห็ดนางรมฮังการีและเห็ดนางฟ้าภูฐาน

2. การเพาะเห็ดแบบระบบปิดคือ การเพาะเห็ดที่ชอบสภาพอากาศแบบเย็นจัด เช่น การเพาะเห็ดเข็มทอง จะต้องสร้างห้องเย็นที่มีระดับอุณหภูมิ 15°C–20°C

2.1.2 การเพาะเห็ดตามสภาพอากาศที่เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิด

1. กลุ่มเห็ดที่ชอบอากาศร้อน เป็นเห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน เช่น เห็ดหูหนู เห็ดลม เห็ดขอนขาว เป็นต้น

2. กลุ่มเห็ดที่ชอบอากาศเย็น เป็นเห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว เช่น เห็ดสกุลนางรมทั้งหมด

3. กลุ่มเห็ดที่ชอบอากาศเย็นจัด เป็นเห็ดที่ชอบอุณหภูมิต่ำ ส่วนมากเป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาเพาะจากต่างประเทศ เช่น เห็ดหอม เห็ดเข็มทอง เห็ดไมตาเกะ และเห็ดกระดุม

2.1.3 วิธีการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก

ขั้นตอนการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกสามารถดำเนินการได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. นำวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เช่น ฟางข้าวสับ ซังข้าวโพด และขี้เลื่อยไม้ยางพารา มาใช้เป็นวัสดุทำก้อนเชื้อเห็ด โดยทั่วไปนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย สะดวกต่อการบรรจุ สามารถนำมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการหมักและผสมสารอาหาร

2. นำขี้เลื่อยที่ผสมสารอาหารและรดน้ำให้ความชื้น แล้วมาบรรจุลงในถุงพลาสติกโดยต้องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้แน่นพอประมาณ จากนั้นนำคอขวดมาสวม ปิดจุกด้วยสำลีหรือฝ้าย ครอบกระดาษที่ปากขวดอีกหนึ่งชั้น และรัดด้วยหนังยาง ดังรูปที่ 2.1

3. นำก้อนเชื้อเห็ดไปนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 90°C–100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อ

4. ใส่หัวเชื้อเห็ด (เชื้อข้าวฟ่าง) ที่ต้องการเพาะเลี้ยงลงไปในก้อนเชื้อเห็ด หลังจากนั้นนำไปบ่มโดยตั้งไว้บริเวณที่ร่ม ประมาณ 30–40 วัน เส้นใยของก้อนเชื้อเห็ดจะเดินเต็มถุงพลาสติก พร้อมที่จะนำไปเปิดดอกเห็ด และสามารถเก็บผลผลิตได้นานประมาณ 3-4 เดือน

รูปที่ 2.1 ก้อนเชื้อเห็ด

2.1.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

ก่อนเริ่มเพาะเห็ดชนิดใดก็ตาม ควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดชนิดนั้นก่อน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสง การถ่ายเทอากาศ โรคและศัตรูของเห็ด รวมถึงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของดอกเห็ดที่เหมาะสมด้วย ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 จึงจะทำให้การเพาะเลี้ยงเห็ดบรรลุผลและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

2.1.4.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย และการเกิดดอกเห็ด โดยเห็ดแต่ละชนิดจะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน สำหรับในระยะบ่ม (ช่วงการเจริญเติบโตของเส้นใย) จะมีอุณหภูมิสูงกว่าระยะการเกิดดอกเห็ดเล็กน้อย

2.1.4.2 ความชื้น

ความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะการเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด (การเปิดดอกเห็ด) เห็ดต้องการความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้นจำเป็นต้องเปิดดอกภายในโรงเรือนที่สามารถรักษาความชื้นและอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี ซึ่งระดับความชื้นอยู่ในช่วง 70-80 %RH

2.1.4.3 ปริมาณแสง

ในระยะการบ่มตัว แสงไม่มีความจำเป็นต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด แต่ในระยะการเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดเพื่อจะพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด แสงมีความจำเป็นอย่างมากต่อพัฒนาการที่สมบูรณ์ของดอกเห็ด

2.1.4.4 โรงเรือนและการถ่ายเทอากาศ

โรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดต้องมีขนาดที่สัมพันธ์กับจำนวนก้อนเชื้อเห็ด โดยไม่ควรแออัดจนเกินไป ควรมีพื้นที่ว่างเพื่อให้อากาศสามารถไหลเวียนและถ่ายเทได้สะดวก โดยภายในโรงเรือนอาจทำเป็นชั้นวางหรือใช้แป้นสำหรับแขวนก้อนเชื้อ นอกจากนี้โรงเรือนต้องมีลักษณะที่สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิและความชื้นได้ดีด้วย

2.1.4.5 โรคและศัตรูของเห็ด

โรคและศัตรูเห็ดเป็นปัญหาที่เกิดจากการละเลยเรื่องสุขอนามัยในโรงเรือน เช่น การถ่ายเทอากาศ การแยกโรงเรือนบ่มกับโรงเรือนเปิดดอกเห็ด และการทำความสะอาด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดศัตรูของเห็ดคือ กลิ่นของเห็ดสกุลนางรม ซึ่งสามารถดึงดูดแมลงได้เป็นอย่างดี ได้แก่

1. มด หนู แมลงสาบ ทาก และหอยทาก ซึ่งจะกัดกินเส้นใยและดอกเห็ด
2. ไรจะดูดกินน้ำเลี้ยงและเส้นใยตั้งแต่ระยะสร้างเส้นใยจนถึงช่วงออกดอก ทำให้เห็ดไม่ออกดอก ผลผลิตลดลง
3. แมลงหวี่ หนอนแมลงวัน หนอนผีเสื้อ และด้วง จะเจาะกินเห็ด ทำลายทั้งเส้นใยและดอกเห็ด
4. โรคเห็ด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

(1) โรคเห็ดที่เกิดจากเชื้อที่มีสาเหตุ เช่น ราแข่งขันชนิดต่างๆ (ราเมือก ราเขียว ราดำ และราส้ม) แบคทีเรีย ทำให้เกิดโรคเน่าสีน้ำตาล โรคจุดสีน้ำตาล และโรคเน่าเหลือง รวมทั้งโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส

(2) โรคเห็ดที่ไม่มีเชื้อสาเหตุแต่ทำให้ผลผลิตดอกเห็ดผิดปกติ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันซึ่งอุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงเกินไป จะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดชนิดนั้นๆ การสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเรือนมากเกินไป ทำให้เห็ดอ่อนแอ มีรูปร่างผิดปกติ หรือโรคที่เกิดจากถุงเชื้อที่มีอายุมาก เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มของก้อนเชื้อเห็ดชนิดต่างๆ (ข้อมูลจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

ชนิดเห็ด	ระยะบ่ม	
	องศาเซลเซียส (°C)	เดือน
เห็ดนางรม	24 - 32	1 - 1.5
เห็ดนางรมฮังการี	24 - 33	1 - 1.5
เห็ดนางฟ้า	22 - 25	1 - 1.5
เห็ดนางฟ้าภูฐาน	24 - 28	1 - 1.5
เห็ดเป๋าฮื้อ	24 - 28	1.5 - 2
เห็ดหูหนู	25 - 32	1.5 - 2
เห็ดขอนขาว	28 - 32	28 - 30 วัน
เห็ดหอม	24 - 25	4 - 5
หลินจือ	28 - 32	1.5 - 2
เห็ดโคนญี่ปุ่น	24 - 28	1.5 - 2

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสงที่เหมาะสมในระยะการเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดของเห็ดชนิดต่างๆ (ข้อมูลจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

ชนิดเห็ด	การเปิดก้อน		ออกดอก	เงื่อนไขการเกิดดอก		พักก้อน
			องศาเซลเซียส (°C)	ความชื้น (%RH)	แสง	วัน
เห็ดนางรม	ดึงจุกแล้วสำลีออก	ถอดคอขวด	25 - 32	70 - 90	น้อย	3 - 5
เห็ดนางรมฮังการี		ถอดคอขวด	25 - 30	70 - 90	น้อย	3 - 5
เห็ดนางฟ้า		ถอดคอขวด	28 - 33	70 - 90	น้อย	3 - 5
เห็ดนางฟ้าภูฐาน		ถอดคอขวด	25 - 32	70 - 90	น้อย	3 - 5
เห็ดเป๋าฮื้อ		ถอดคอขวด	28 - 32	70 - 90	น้อย	10 - 14
เห็ดหูหนู		รัดจุก,กรีดด้านข้าง	25 - 35	80 - 90	น้อย	5 - 8
เห็ดขอนขาว		ปาดปาก	30 - 35	70 - 90	กลาง	7 - 10
เห็ดหอม		ปาดปาก	10 - 28	60 - 90	กลาง	15 - 20
เห็ดหลินจือ		ถอดคอขวด	26 - 28	85 - 90	น้อย	-
เห็ดโคนญี่ปุ่น		ไม่ถอดคอขวด	24 - 30	80 - 85	น้อย	18 - 21

2.1.5 การเก็บผลผลิต

เห็ดนางรมฮังการี เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดนางนวล และเห็ดเป๋าฮื้อ ควรเก็บผลผลิตเมื่อดอกเห็ดบานเต็มที่ โดยสังเกตลักษณะของดอกจะคลี่ออกไปทางด้านหลังดอก

เห็ดหูหนู ควรเก็บเมื่อดอกบานย้วยเต็มที่

เห็ดตีนแรด ควรเก็บในขณะที่ขอบหมวกเห็ดยังงุ้มอยู่

เห็ดยานางิ ควรเก็บเมื่อกลุ่มดอกเห็ดโตเต็มที่ แต่ขอบหมวกเห็ดยังงุ้มอยู่และเยื่อที่ยึดระหว่างขอบหมวกเห็ดกับก้านเห็ดยังไม่ขาดออกจากกัน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางหมวกเห็ดประมาณ 3-10 เซนติเมตร และก้านยาวประมาณ 5-11 เซนติเมตร

ควรเก็บดอกเห็ดทุกชนิดในช่อเดียวกันให้หมด และอย่าให้มีเศษเหลือติดค้างอยู่กับก้อนเชื้อเห็ด เนื่องจากจะทำให้เน่า เกิดเชื้อโรค และแมลงอาจจะเข้าไปทำลายได้

2.2 เห็ดนางฟ้าภูฐาน

เห็ดนางฟ้าภูฐาน (Indian Oyster Mushroom หรือ Phoenix Mushroom หรือ Lung Oyster) ถูกจัดอยู่ในสกุลเห็ดนางรมซึ่งมีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศภูฐาน เห็ดสกุลนางรมนั้นมีหลากหลายสายพันธุ์และแต่ละสายพันธุ์เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยบางสายพันธุ์ออกดอกได้ดีในฤดูร้อนและบางพันธุ์ออกดอกได้ดีในฤดูหนาว เป็นที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนและส่งออกในเชิงพาณิชย์อย่างมากในปัจจุบัน

รูปที่ 2.2 เห็ดนางฟ้าภูฐาน
<http://banhednangfa.blogspot.com>

2.2.1 ลักษณะทางชีววิทยาและสัณฐานวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Pleurotus Eous
ชื่อสามัญ : เห็ดนางฟ้าภูฐาน
ชื่ออื่น : เห็ดแขก
ถิ่นกำเนิด : แถบเทือกเขาหิมาลัย ประเทศอินเดีย
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : มีลักษณะของดอกเห็ดคล้ายกับเห็ดเป๋าฮื้อและเห็ดนางรม ดอกเห็ดมีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน หมวกดอกสีคล้ำ ก้านดอกสีขาว มีขนาดยาว และไม่มีวงแหวนล้อมรอบ ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3
ฤดูกาล : เห็ดนางฟ้าภูฐานเจริญเติบโตได้ดีในช่วงหน้าร้อน ประมาณเดือนเมษายน
แหล่งปลูก : สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอากาศเย็นและชื้น

รูปที่ 2.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน
<http://www.pritipbrand.com>

2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ข้อดีของเห็ดนางฟ้าภูฐานคือ ปลูกง่าย มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้น ให้ผลผลิตดอกเห็ดเป็นจำนวนมาก ใช้เงินลงทุนไม่สูงมาก ระยะเวลาของการคืนทุนสั้น คุ้มค่าแก่การลงทุน

ข้อเสียของเห็ดนางฟ้าภูฐานคือ เห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดตระกูลนางรมสายพันธุ์อื่นๆ มักเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงมากเกินไป เช่น บางสายพันธุ์จะออกดอกได้ดีในฤดูร้อน ส่วนอีกสายพันธุ์หนึ่งชอบความชื้นมากจึงออกดอกได้ดีในฤดูฝน และในขณะที่บางสายพันธุ์ออกดอกได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศหนาว

2.3 เห็ดนางรมฮังการี

เห็ดนางรมฮังการีมีถิ่นกำเนิดมาจากแถบยุโรป เจริญเติบโตได้ดีในไม้โอ้ค (Oak) ต้นเมเปิ้ล (Maple) และไม้พีช (Peach) นอกจากนี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่น มีการนำมาทดลองเพาะเลี้ยงในประเทศไทย ซึ่งพบว่าสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้เป็นที่นิยมเพาะเลี้ยงมาจนถึงปัจจุบัน

รูปที่ 2.4 เห็ดนางรมฮังการี
<http://www.gurukaset.net>

2.3.1 ลักษณะทางชีววิทยาและสัณฐานวิทยาของเห็ดนางรมฮังการี

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Pleurotus Ostreatus (jacq.ex Fr.) Kumn.
ชื่อสามัญ : เห็ดนางรมขาว เห็ดนางรม
ลักษณะของดอก : ออกดอกเป็นกลุ่ม จำนวนเฉลี่ย 8 ดอก ต่อ 1 ถุง มีสีน้ำตาลหรือสีเทาหมวกดอกมีลักษณะคล้ายหอยนางรม ครีบดอกเป็นแผ่นบางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 เซนติเมตร ก้านดอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5
ผลผลิตเฉลี่ย : ผลผลิตจะมีปริมาณสูงและคุณภาพเนื้อดอกจะมีน้ำหนักดีเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาพอากาศเย็น (ช่วงฤดูฝน)

รูปที่ 2.5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดนางรมฮังการี
<http://www.gurukaset.net>

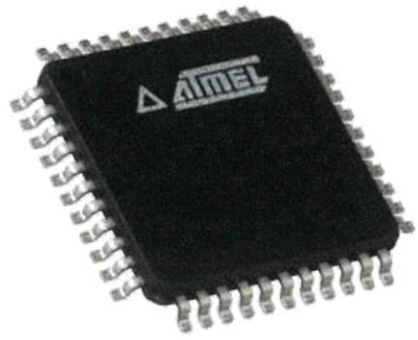
2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของเห็ดนางรมฮังการี

ข้อดีของเห็ดนางรมฮังการีคือ ทนหนาว ไม่มีปัญหาในเรื่องของขอบดอกเห็ดหงิกงอและแห้งในฤดูร้อน ให้ผลผลิตสูงในช่วงฤดูฝน ซึ่งดอกเห็ดจะมีสีขาวและมีกลุ่มขนาดใหญ่เป็นพิเศษ และเหมาะสำหรับเกษตรกรมือใหม่ที่เริ่มเพาะเห็ดเป็นอย่างยิ่ง เป็นต้น

ข้อเสียของเห็ดนางรมฮังการีคือ ออกดอกช้าหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด แต่สามารถแก้ไขโดยนำไปบ่มต่อประมาณ 8-10 วัน ให้เส้นใยรัดตัวกันเพิ่มมากขึ้นจนแน่น จากนั้นจึงเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ต้องการได้ มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ เนื่องจากมีการนำซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ท ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์มารวมเข้าไว้ด้วยกัน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์
<https://skjproject.wordpress.com>

2.4.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำการประมวลผลตามคำสั่งของโปรแกรมแล้วส่งผลลัพธ์ออกไปยังหน่วยแสดงผล

2. หน่วยความจำ (Memory) มีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

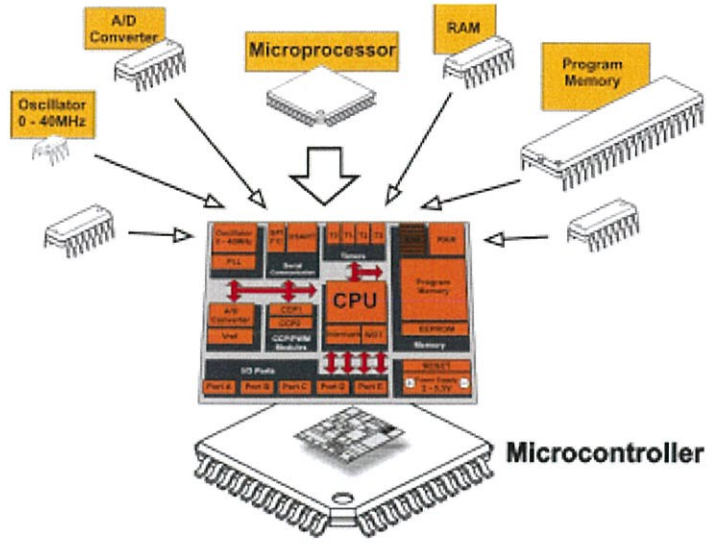
หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) คือ ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบหน่วยความจำข้อมูลที่ทันสมัยมากขึ้น โดยหน่วยความจำมีทั้งที่เป็นแบบแรม (Ram) ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และแบบอีอีพรอม (EEPROM) สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (Port) มี 2 ลักษณะคือ

พอร์ทอินพุต (Input Port) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาเพื่อทำการประมวลผล และพอร์ทเอาต์พุต (Output Port) ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ (Bus) คือ เส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ท มีทั้งบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำหน้าที่กำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะมากขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์
<http://jumpstartinnovation.blogspot.com>

นอกจากนี้ยังมีส่วนพิเศษอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่ต้องการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ADC (Analog to Digital) DAC (Digital to Analog) และ I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้น คือ สาย Serial Data (SDA) และสาย Serial Clock (SCL)

SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส โดยมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Master ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Slave และสามารถส่งสัญญาณข้อมูลหากันได้อย่างต่อเนื่อง (Full-duplex)

PWM (Pulse Width Modulation) คือ การสร้างสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม โดยสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ และ Duty Cycle ได้ เพื่อนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส สำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

2.4.2 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายประเภท โดยสามารถแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่มีใช้ในปัจจุบัน เช่น

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต : Microchip)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต : Atmel and Phillips)
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต : Atmel)
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7 และ ARM9 (บริษัทผู้ผลิต : Atmel, Phillips, Analog Device, Sumsung and STMicroelectronics)
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต : Parallax)
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต : CYPRESS)
7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต : Texas Instruments)
8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต : MOTOROLA)
9. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต : Renesas)
10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต : Rabbit Semiconductor)
11. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต : Zilog)

2.4.3 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ภาษา Assembly
2. ภาษา Basic
3. ภาษา C
4. ภาษา Pascal
5. ภาษา Java

ไมโครคอนโทรลเลอร์บางตระกูลสามารถใช้ภาษาที่กล่าวถึงข้างต้นนี้ เขียนโปรแกรมได้ครบทุกภาษา แต่บางตระกูลใช้ได้เฉพาะบางภาษาเท่านั้น ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตและนักพัฒนาซอฟต์แวร์ (Editor and Complier) ว่าจะออกแบบให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์รองรับกับภาษาใดบ้าง

2.4.4 Arduino

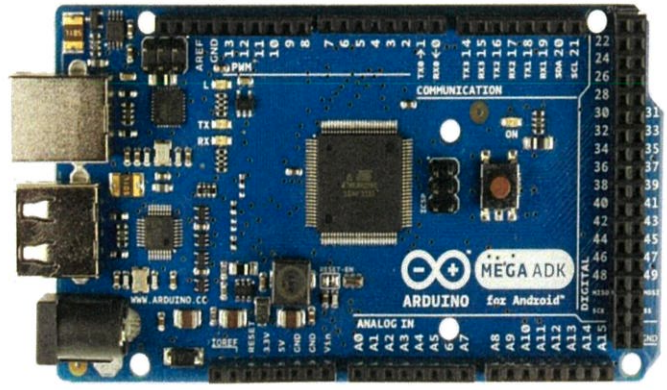
Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ถูกผลิตและพัฒนาให้เป็นแบบ Open Source โดยบริษัท Atmel ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ ทั้งตัวบอร์ดและตัวโปรแกรม ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
<https://www.arduinoall.com>

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community คือ กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนา
3. Open Hardware ผู้ใช้งานสามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. Open Software สามารถแก้ไข ดัดแปลง Source Code ของโปรแกรมได้อย่างเสรี โดยไม่ติดลิขสิทธิ์ และใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ มีความสามารถใกล้เคียงกับ ภาษา Assembly และสามารถเขียนการทำงานที่ซับซ้อนได้ดี
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้
6. ราคาไม่แพง

2.4.5 Arduino MEGA 2560 R3



รูปที่ 2.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3
<https://www.arduinoall.com>

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ : ATmega 2560
- แรงดันไฟฟ้า : 5 V DC
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (เหมาะสม) : 7–12 V DC
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (จำกัด) : 6–20 V DC
- พอร์ท Digital I/O : 54 พอร์ท (มี 15 พอร์ท PWM Output)
- พอร์ท Analog I/O : 16 พอร์ท
- กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ท : 40 mA
- กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ในพอร์ท : 3.3 V 50 mA
- พื้นที่โปรแกรมภายใน : 256 KB แต่ 8 KB ถูกใช้โดย Boot Loader
- พื้นที่แรม : 8 KB
- พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM) : 4 KB
- ความถี่คริสตัล (ใช้กรองความถี่ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์) : 16 MHz
- พลังงาน : เชื่อมต่อ Micro USB Connector หรือจาก Power Supply จากภายนอกได้
- การติดต่อสื่อสาร : สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ Arduino หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอื่นๆ ได้
- การโปรแกรม : รองรับการโปรแกรมด้วย Arduino Software โดยสามารถใช้ได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows, Mac OS X และ Linux

2.5 ทฤษฎีการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)

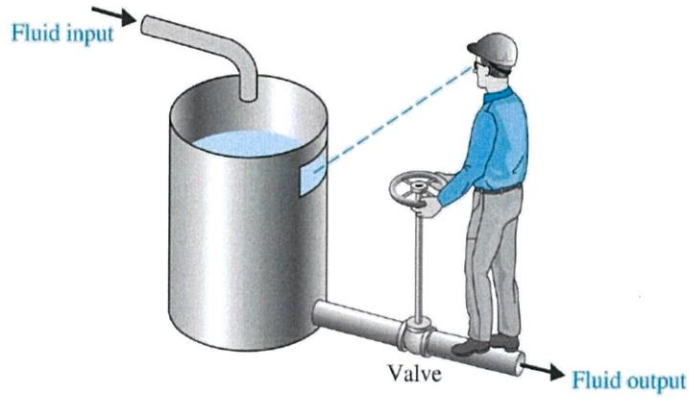
การควบคุมแบบดั้งเดิมนั้นจะใช้มนุษย์เป็นผู้ควบคุมระบบเองทั้งหมด (Manual Control) ดังรูปที่ 2.10 เช่น การเปิดหรือปิดวาล์วเอง การกดสวิตช์หรือปุ่มจ่ายไฟเอง เป็นต้น แต่ในปัจจุบันได้มีการนำระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนที่ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว และมีเสถียรภาพสูงกว่า อีกทั้งยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่าด้วย ระบบควบคุมดังกล่าวจะอยู่ในลักษณะของการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) คือ มีการวัดและส่งค่าที่วัดกลับมายังส่วนควบคุม เพื่อทำการคำนวณ เปรียบเทียบค่า แล้วจากนั้นจะส่งสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมไปยังอุปกรณ์ใช้งาน

การควบคุมแบบอัตโนมัตินั้นจะต้องประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ได้แก่

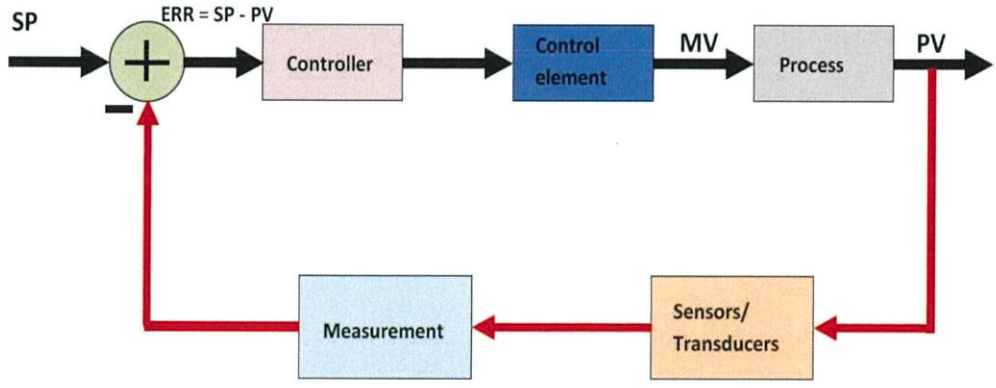
1. ส่วนของการวัด เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น และเทอร์โมคัปเปิล มีหน้าที่วัดค่าที่กระบวนการ (Process) แล้วส่งมายังส่วนของการควบคุม

2. ส่วนของการควบคุม เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่รับค่าจากส่วนของการวัด แล้วนำค่ามาทำการคำนวณหรือเปรียบเทียบค่า จากนั้นส่งให้ส่วนของการจ่าย

3. ส่วนของการจ่ายหรือเรียกว่า Final Element มีตัวจ่ายทำหน้าที่เพิ่มหรือลดค่าที่ควบคุม เช่น ในระบบทำความร้อน ตัวจ่ายคือ ฮีตเตอร์ และในระบบควบคุมอัตราการไหล ตัวจ่ายคือ วาล์ว เป็นต้น



รูปที่ 2.10 การควบคุมด้วยมือ (Manual Control) หรือการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ <https://www.slideshare.net>



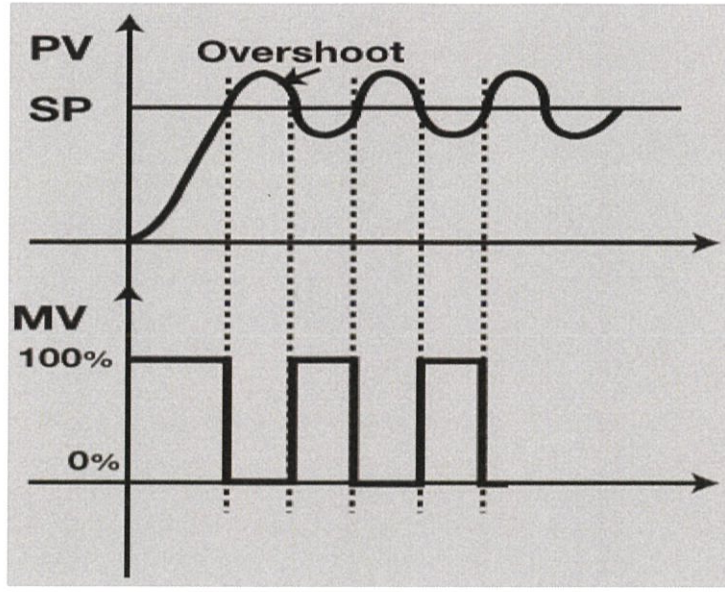
รูปที่ 2.11 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control) <http://www.instrumentationtoolbox.com>

2.5.1 การควบคุมแบบ ON-OFF หรือ Two-Position Control

การควบคุมแบบ ON-OFF เป็นการควบคุมระบบแบบง่ายกล่าวคือ เครื่องควบคุมจะสั่งให้เอาต์พุตทำงานเพียง 2 สภาวะเท่านั้นคือ สภาวะ ON และ สภาวะ OFF เนื่องจากเป็นการควบคุมที่ง่ายและราคาไม่แพง จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานควบคุมทางอุตสาหกรรม ในกรณีที่ผลจากการแกว่งของค่าที่วัดเป็นที่ยอมรับได้ กำหนดให้สัญลักษณ์เอาต์พุตของเครื่องควบคุมเป็น MV ผลต่างระหว่าง SV กับ PV เป็น E (Error) ดังรูปที่ 2.11 ดังนั้นในการควบคุมแบบ ON-OFF สัญญาณ MV จะมีค่าเป็น 100% (ON) หรือ 0% (OFF) เท่านั้น ดังรูปที่ 2.12 โดยจะขึ้นอยู่กับว่า E มีค่าเป็น + หรือเป็น - นั่นคือ

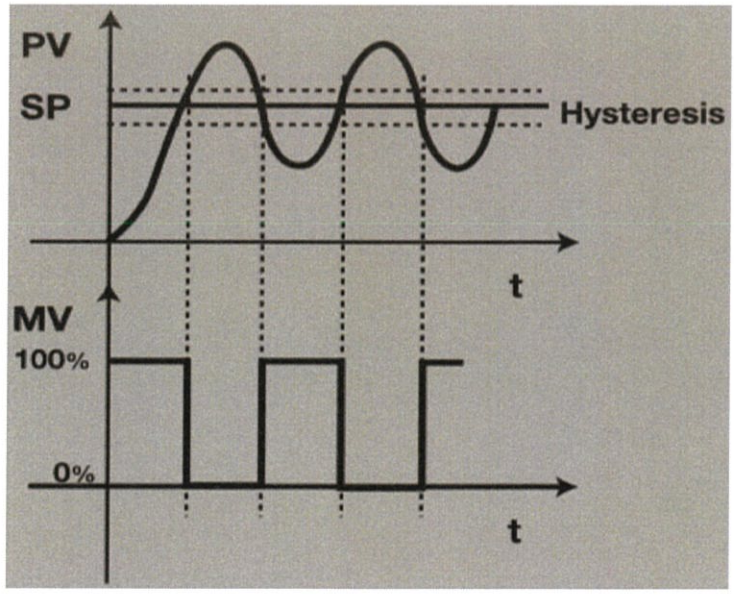
ถ้า MV = 100% (ON) ก็ต่อเมื่อ E > 0 (PV < SP)

ถ้า MV = 0% (OFF) ก็ต่อเมื่อ E < 0 (PV > SP)



รูปที่ 2.12 การควบคุมแบบ ON-OFF
<http://www.supremelines.co.th>

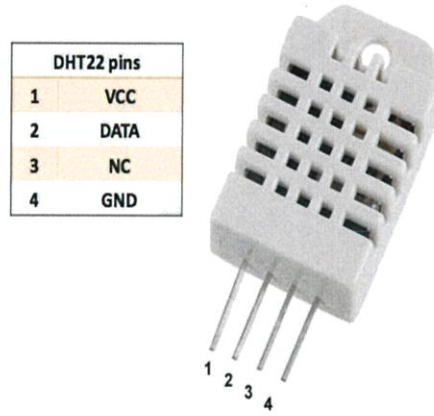
ในกรณีค่าอุณหภูมิที่กระบวนการมีค่า Setpoint ไม่คงที่ จะส่งผลให้เอาต์พุตของเครื่องควบคุม ON และ OFF อยู่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยกำหนด Hysteresis หรือ Differential Gap หรือ Dead Band เพื่อลดการ ON-OFF ที่เกิดขึ้น แต่มีผลเสียคือ จะทำให้เกิด Overshoot เพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การควบคุมแบบ ON-OFF แบบมี Hysteresis
<http://www.supremelines.co.th>

2.6 DHT22 Temperature and Relative Humidity Sensor

โมดูล DHT22 เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ขาสัญญาณแบบดิจิทัล (Pin 2) เพียงขาเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.14 เชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (Serial Data, Bi-Directional) ค่าที่แสดงผลออกมาจะเป็นข้อมูลแบบดิจิทัล มีการนำโมดูลนี้มาประยุกต์ใช้กับ Arduino เพื่อพัฒนาไปเป็นนวัตกรรมต่างๆ อย่างหลากหลาย อุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นนี้มีความแตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด และการให้ค่าที่แสดงผลออกมาเป็นแบบดิจิทัลหรือแบบแอนะล็อก

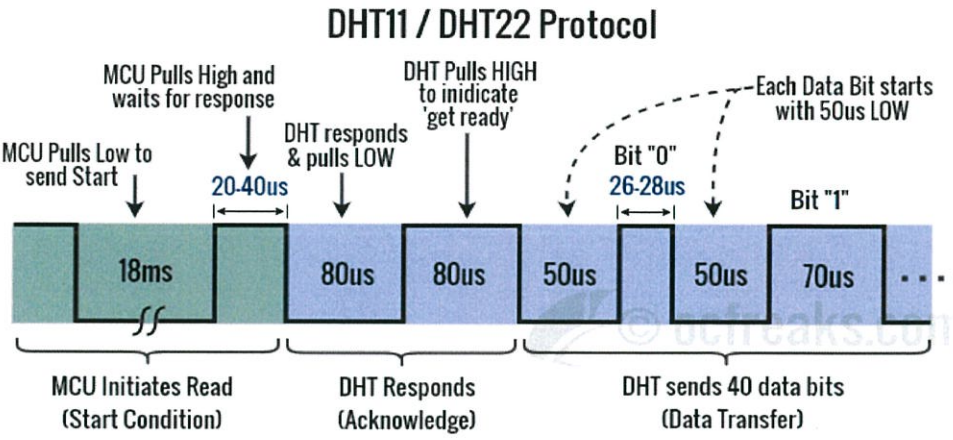


รูปที่ 2.14 เซนเซอร์ DHT22
<https://leeselectronic.com>

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง : 3.3 V DC ถึง 5.5 V DC
- วัดอุณหภูมิได้ในช่วง : -40 ถึง 80°C (ความคลาดเคลื่อน ±0.5°C)
- วัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง : 0-100 RH% (ความคลาดเคลื่อน 2-5%)
- อัตราการวัดสูงสุด : 0.5 Hz
- คอนเนคเตอร์แบบ 4 ขา
- Pin 1 เชื่อมต่อกับ VCC
- Pin 2 เชื่อมต่อกับ SDA (Serial Data, Bi-Directional)
- Pin 3 ไม่มีการเชื่อมต่อ
- Pin 4 เชื่อมต่อกับ GND

2.6.1 หลักการทำงานของ DHT22

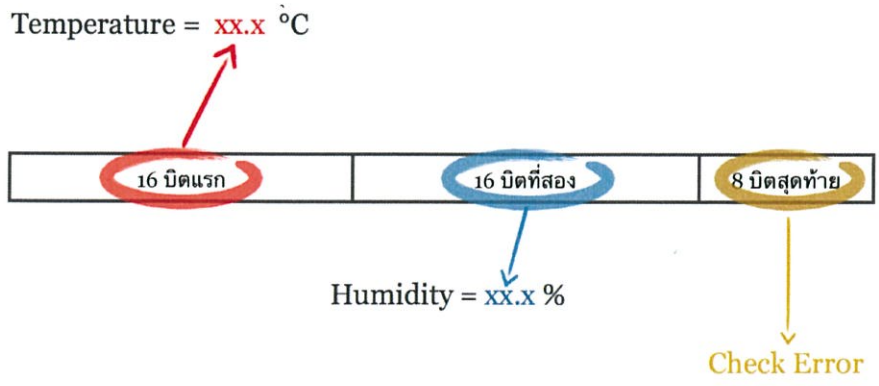


รูปที่ 2.15 หลักการทำงานของโมดูล DHT22
<https://jackrobotics.me>

DHT22 มีการติดต่อสื่อสารสลับกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในช่วงแรกของการสื่อสารจะเป็นหน้าที่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกไปก่อน ใช้เวลา 18 ms จากนั้นส่งสัญญาณลอจิก 1 เพื่อให้ DHT22 รับรู้ว่าต้องการสื่อสารและบอกให้ DHT22 ส่งข้อมูลกลับมาหาไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้เวลา 20–40 us

ระหว่างที่รอ DHT22 ส่งข้อมูลกลับมา ต้องเปลี่ยน GPIO (General Purpose Input/Output) เป็น Input ก่อน หลังจากนั้นประมาณ 80 us DHT22 จะส่งสัญญาณกลับมาบอกว่าสถานะการทำงานพร้อมหรือไม่ ช่วงนี้เป็นช่วงเวลาที่สำคัญมาก เพราะถ้าหาก DHT22 ไม่ตอบกลับมาแสดงว่าอุปกรณ์หรือการเชื่อมต่อไม่ถูกต้อง

หลังจากที่ DHT22 ส่งสัญญาณกลับมาว่าสถานะการทำงานพร้อมแล้วก็จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปแบบความกว้างของสัญญาณข้อมูลลอจิก 1 โดยการส่งบิตค่า “0” จะมีความกว้างของสัญญาณ 26–28 us และการส่งบิตค่า “1” จะมีความกว้างของสัญญาณ 70 us ในแต่ละบิตจะมีสัญญาณข้อมูลลอจิก 0 ความยาว 50 us เป็นตัวคั่น ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การส่งข้อมูลของ DHT22
<https://jackrobotics.me>

DHT22 มีการส่งข้อมูลทั้งหมด 40 บิต โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 2 ส่วนแรก มีส่วนละ 16 บิต และส่วนสุดท้ายมี 8 บิต ซึ่ง 16 บิตแรก และ 16 บิตที่สอง หมายถึงค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นตามลำดับ และ 8 บิตสุดท้ายคือ เป็นค่าที่ตรวจสอบว่าข้อมูล Error หรือไม่

2.7 4 x 4 Matrix Keypad

รูปที่ 2.17 ปุ่มกดขนาด 4 x 4
<http://www.cybronyx.com>

ปุ่มกดขนาด 4 x 4 เป็นโมดูลกึ่งสำเร็จรูป ใช้ในการรับข้อมูลหรือป้อนคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เหมาะสำหรับการทำวงจรที่มีการรับค่าต่างๆ เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรรหัสผ่าน และวงจรตั้งค่าช่วงอุณหภูมิและความชื้นเพื่อควบคุมอุปกรณ์ปลายทาง เป็นต้น

ประโยชน์ของโมดูลปุ่มกด ได้แก่ ใช้งานง่าย สะดวก ไม่ต้องทำวงจรปุ่มกดเอง ทำให้ประหยัดเวลาในการทดลอง ประหยัดจำนวน Pin เพราะจำนวน Pin ที่ใช้มักมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนปุ่ม เช่น ปุ่มกดขนาด 4 x 4 มี 16 ปุ่ม แต่ใช้เพียง 8 Pin ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของ Matrix Keypad และมี Library พร้อมใช้งาน

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- ไฟเลี้ยงสูงสุด : 24 V DC, 100 mA
- ความเป็นฉนวน : 100 M Ohm, 100 V
- ความเป็นฉนวนของโครงสร้าง : 250 V Rms (50-60 Hz, 1 min)
- สัญญาณขณะกดปุ่ม : <= 5 ms
- อุณหภูมิแวดล้อมสำหรับอุปกรณ์ : -40 ~ +80°C
- ความชื้นแวดล้อมสำหรับอุปกรณ์ : 40°C, 90~95%
- จำนวน Pin ใช้งาน : 8 Pin
- ความยาวสาย : 8.8 cm.
- ขนาด : กว้าง 7 เซนติเมตร x ยาว 7.7 เซนติเมตร หนา x 0.1 เซนติเมตร

2.8 20 x 4 Character LCD Display

รูปที่ 2.18 จอแสดงผลขนาด 20 x 4
<https://www.arduino.in.th>

Character LCD คือ จอแสดงผลแบบกำหนดตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว โดยจอ LCD ขนาด 20 x 4 หมายถึงใน 1 แถว สามารถใส่ตัวอักษรได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 4 บรรทัดให้ใช้งาน การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD สามารถเชื่อมต่อได้ 2 แบบ คือ

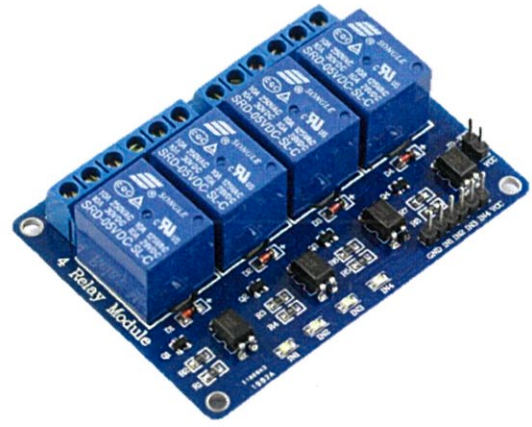
1. การเชื่อมต่อแบบขนาน เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง ใน Arduino นิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า

2. การเชื่อมต่อแบบอนุกรม เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD โดยใช้โมดูล I2C Serial Interface เป็นตัวแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อ ข้อดีของวิธีนี้คือ ใช้สายน้อย โดยใช้สายเพียง 4 เส้น ก็สามารถทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความออกมาได้

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- High Quality STN 20 x 4 Character LCD
- 5 V Power Supply
- White LED Backlight
- 5 x 8 Dot Characters
- SPLC780D Controller
- 1/16 Duty Cycle

2.9 4-Channel Relay



รูปที่ 2.19 รีเลย์ 4 ช่อง
<http://www.mltelectronic.com>

การประยุกต์ใช้งานรีเลย์ในระบบควบคุมอัตโนมัติคือ การควบคุมอุปกรณ์ที่มีความต้องการกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสูง เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์ และปั๊มน้ำ เป็นต้น ในการทำงานปกติพอร์ทเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่สามารถขับอุปกรณ์เอาต์พุตที่มีกระแสไฟฟ้าสูงได้โดยตรง เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า (จ่ายได้เพียง +3 V หรือ +5 V 20 mA) ดังนั้นจึงนิยมใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับรีเลย์ โดยรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์กระแสไฟฟ้าสูง สามารถขับโหลดที่มีกระแสไฟฟ้าสูงได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง

สามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในงาน PLC Control โรงงานอุตสาหกรรม และโครงงานต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมและการต่อใช้งานภายนอก นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อใช้งานกับบอร์ด Rasberry Pi, Arduino, ARM, MCS-51, AVR, PIC, 8051, DSP, MSP430 และ TTL logic

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- ไฟเลี้ยงโมดูลรีเลย์ : 5 V DC
- กระแสขับรีเลย์ : 15–20 mA
- ควบคุมโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ : 250 V AC, 10 A
- ควบคุมโหลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง : 30 V DC, 10 A
- ระดับสัญญาณอินพุตควบคุมแบบ TTL
- ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low
- มี OPTO-ISOLATED เพื่อแยกกราวด์ในส่วนของสัญญาณควบคุมกับไฟฟ้าที่ขับรีเลย์ออกจากกัน
- มีไฟ LED แสดงสถานะของรีเลย์
- ขนาด : กว้าง 5.3 เซนติเมตร x ยาว 7.0 เซนติเมตร x สูง 1.7 เซนติเมตร

2.10 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

รูปที่ 2.20 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ
<https://www.banggood.com>

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- แรงดันไฟฟ้า : 12 V DC
- กินกระแสไฟฟ้า : 3 A
- แรงดัน : 6.8 Bars
- อัตราการไหลสูงสุด : 4 ลิตรต่อนาที (240 ลิตรต่อ 1 ชั่วโมง)
- มีระบบสวิตช์ตัดแรงดันอัตโนมัติ (Pressure Switch)
- ท่อน้ำเข้า - ออก : 3 หุน (3/8 นิ้ว)
- ระยะดูดลึก : ไม่เกิน 1.8 เมตร
- สามารถใช้งานกับแบตเตอรี่ 12 V DC หรือถ้าใช้กับแผงโซล่าเซลล์ไม่ควรต่ำกว่า 40 W
- ถ้าต่อกับไฟบ้าน ควรใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 V AC, 12 V DC, 10 A หรือ Adapter 220 V AC, 12 V DC, 3 A ขึ้นไป

2.11 พัดลมระบายอากาศ

รูปที่ 2.21 พัดลมระบายอากาศ
<https://www.vongjorn.com>

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- แรงดันไฟฟ้าพัดลม : 12 V DC
- กระแสไฟฟ้า : 1.2 A
- กำลังไฟฟ้า : 14.4 W
- ความเร็วพัดลม : 4000 ± 10% RPM
- ปริมาณอากาศ: 160 CFM (Max)
- Interface : 4 PIN
- ขนาด : กว้าง 12 เซนติเมตร x ยาว 12 เซนติเมตร x หนา 3.8 เซนติเมตร
- ติดตั้งง่ายและสะดวกในการใช้งาน

2.12 เครื่องทำความร้อน

รูปที่ 2.22 ไดร์เป่าผม
<https://th.pngtree.com>

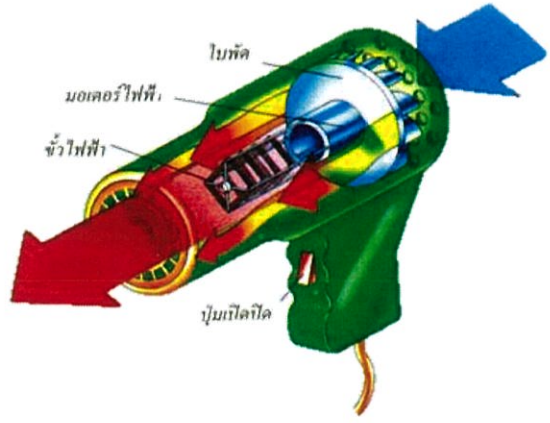
ไดร์เป่าผมเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เป่าลมร้อน มีส่วนของการทำงานอยู่ 2 ส่วน ดังรูปที่ 2.23 ได้แก่

1. ส่วนของมอเตอร์พัดลม

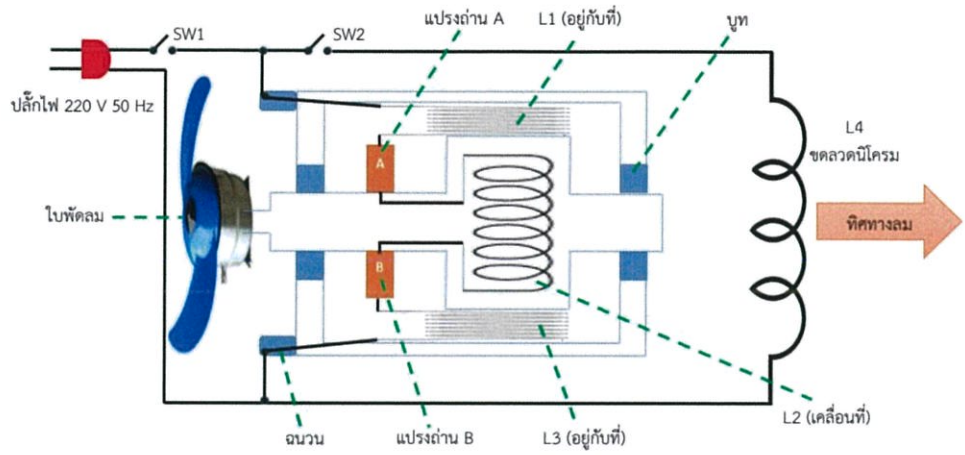
เมื่อเสียบปลั๊กไฟ 220 V 50 Hz และกดเปิดสวิตช์ SW1 แล้วกระแสไฟฟ้าจะไหลไปที่ L1 และแปรงถ่าน A ตามลำดับ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่ L2 ซึ่งเป็นขดลวดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ผ่านไปยังแปรงถ่าน B แล้วไหลออกไปที่ขั้วปลั๊กไฟ การไหลของกระแสไฟฟ้าครบวงจรทำให้เกิดการหมุนของแกนขดลวดซึ่งติดใบพัดและมีลมเป่าออกมาทางด้านหน้าของไดร์เป่าผม

2. ส่วนของขดลวดให้ความร้อน

เมื่อกดเปิดสวิตช์ SW2 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวด L4 ซึ่งเป็นขดลวดนิโครมพันอยู่กับฉนวนทนความร้อน จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลไปครบวงจรที่ขั้วของปลั๊กไฟ ทำให้ขดลวดมีความร้อนเกิดขึ้นและความร้อนนั้นจะถูกพัดพาไปกับลมที่ได้จากการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.24

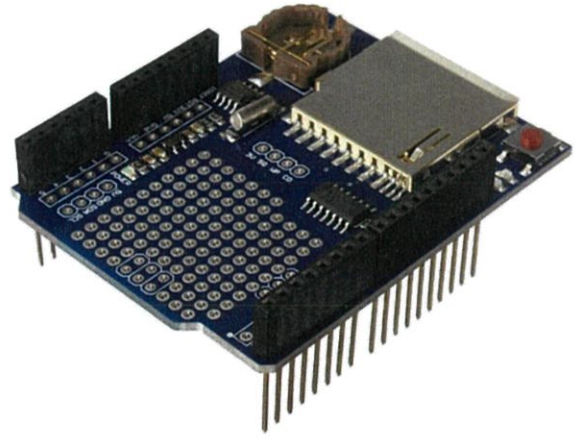


รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบหลักของการทำงานในไดร์เป่าผม
<http://www.rmutphysics.com>



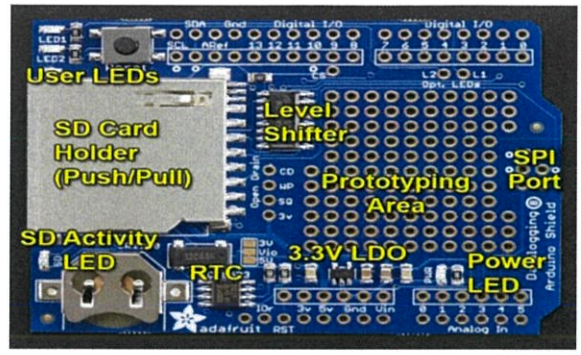
รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของไดร์เป่าผม

2.13 Data Logger Shield



รูปที่ 2.25 Data Logger Shield
<https://th.aliexpress.com>

Data Logger Shield เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นสัญญาณชนิดต่างๆ ตามเวลาที่ต้องการ เช่น ค่าของเซนเซอร์ โดยบันทึกค่าแบบอัตโนมัติลงบน SD Card สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการอ่านข้อมูลจาก Memory ของ Data Logger แล้วแสดงผลผ่านหน้าจอได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้งานร่วมกับบอร์ด Arduino, Duemilanove, Diecimila, Leonardo และ ADK/Mega R3 ได้อีกด้วย โดยทั่วไปแล้ว Data Logger Shield จะประกอบไปด้วย Real Time Clock (RTC) ช่องเสียบ SD Card และช่องใส่ถ่าน Back Up

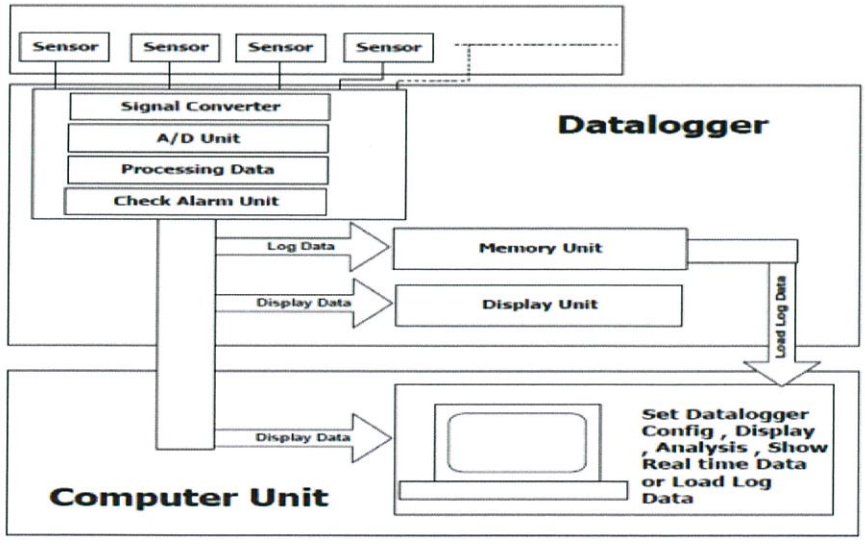


รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบของ Data Logger Shield
<https://www.arduinothai.com>

ข้อมูลเชิงเทคนิค

- แรงดันไฟฟ้า : 3.3 V DC
- กระแสไฟฟ้า : < 25 mA
- รูปแบบของ SD Card : FAT16 หรือ FAT32
- RTC สามารถทำงานได้ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- มี Library พร้อมใช้งาน

การทำงานของ Data Logger Shield แสดงตามขั้นตอน ดังรูปที่ 2.27 โดยเริ่มจาก Data Logger รับค่าที่จะบันทึกจากอุปกรณ์เซนเซอร์แล้วนำมาผ่าน Signal Converter เพื่อแปลงสัญญาณข้อมูลจากแอนะล็อกไปเป็นดิจิทัล จากนั้นนำสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิทัลไปทำการประมวลผลแล้วเก็บบันทึกไว้ใน Memory



รูปที่ 2.27 ขั้นตอนการทำงานของ Data Logger Shield
<http://www.wisco.co.th>

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการจัดทำโครงงานในปีการศึกษา 2560 วางแผนไว้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าสิ่งที่สนใจเพื่อกำหนดเป็นหัวข้อโครงงาน
2. จัดทำข้อเสนอโครงงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
4. ออกแบบระบบควบคุมและโครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ด
5. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์
6. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมและทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้
7. แก้ไขและปรับปรุงการออกแบบ
8. รายงานผลการดำเนินงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

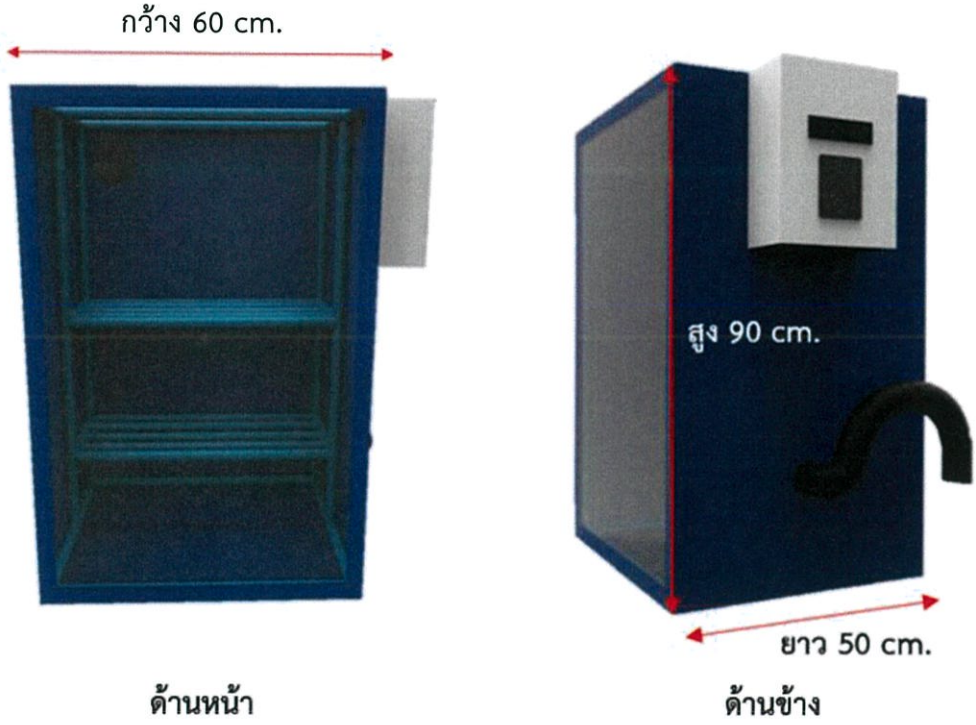
3.2 Hardware

ในส่วนของ Hardware นี้ จะเป็นการออกแบบและการสร้างในส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย ออกแบบและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด และอุปกรณ์ในส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด

3.2.1 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด

ขั้นตอนการออกแบบและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดมีดังต่อไปนี้

1. ออกแบบเบื้องต้นโดยการร่างโครงสร้างลงในกระดาษ พร้อมทั้งกำหนดขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง และจำนวนชั้น ให้กับโรงเรือนเพาะเห็ด
2. นำแบบร่างจากกระดาษมาวาดเป็นภาพ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม SketchUp ซึ่งจะทำให้เห็นภาพโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดโดยรวมได้ง่ายขึ้น และสามารถปรับแก้ไขขนาด รูปร่างของโครงสร้างได้อีกด้วย ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลอง 3 มิติ ของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด

3. ลงมือสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดตามแบบจำลอง 3 มิติ ที่ได้ออกแบบไว้

รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนแต่ละส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้

รูปที่ 3.3 การประกอบโครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ด

รูปที่ 3.4 โครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ดเมื่อประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.2 อุปกรณ์ในส่วนของโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด

1. ท่อ PVC และข้อต่อ

ท่อ PVC ขนาด 18 mm. ½ นิ้ว จำนวนทั้งหมด 4 ท่อน

รูปที่ 3.5 ท่อ PVC ขนาด 18 mm. ½ นิ้ว
<https://www.pmtpvc.com>

ข้อต่อ PVC 3 ทางตั้งฉาก ½ นิ้ว จำนวน 4 ตัว

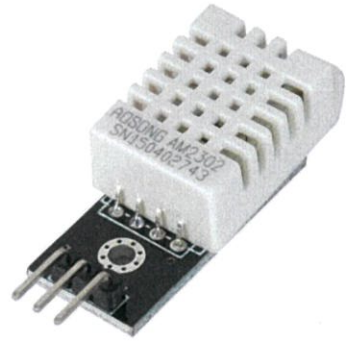
รูปที่ 3.6 ข้อต่อ PVC 3 ทางตั้งฉาก ½ นิ้ว
<https://www.nanagarden.com>

ข้อต่อ PVC 3 ทางตรง ½ นิ้ว จำนวน 12 ตัว

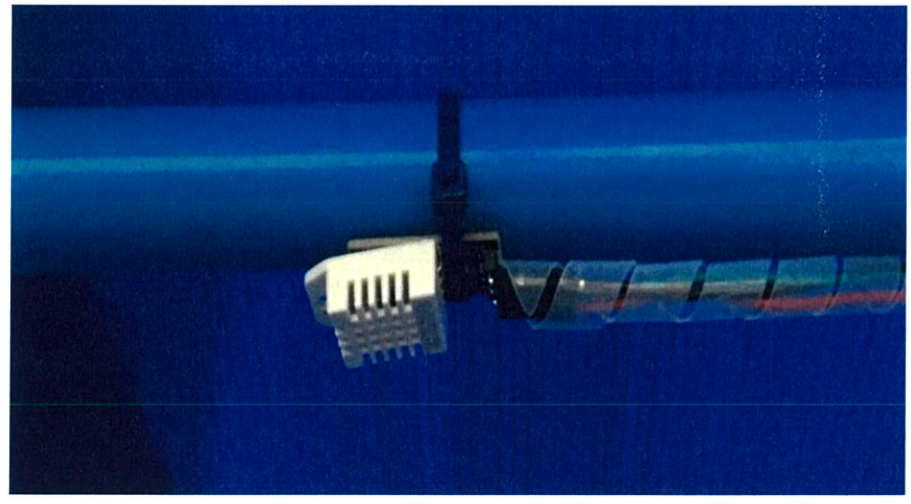
รูปที่ 3.7 ข้อต่อ PVC 3 ทางตรง ½ นิ้ว
<https://www.kanokproduct.com>

2. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22

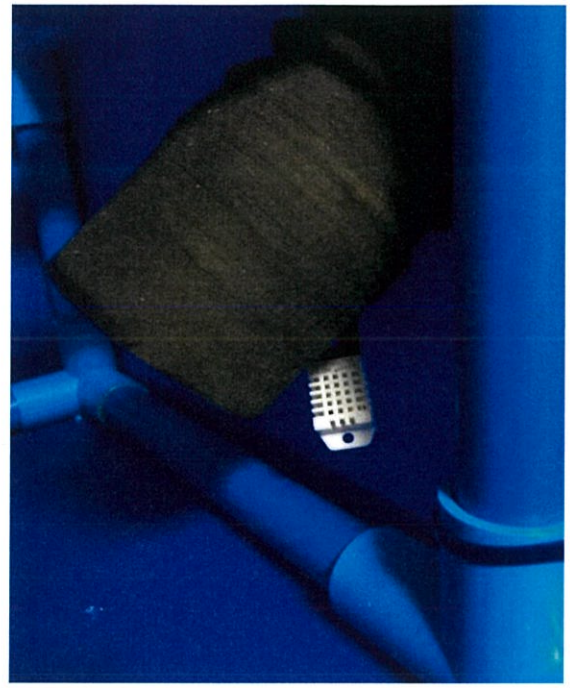
ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น DHT22 จำนวน 2 ตัว ติดที่ตำแหน่งด้านบนสุดของโครงสร้างโรงเรือน 1 ตัว และติดตรงตำแหน่งด้านล่างสุด 1 ตัว ดังรูปที่ 3.8 ดังรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.8 เซนเซอร์ DHT22
<https://leeselectronic.com/en/product/7375.html>



รูปที่ 3.9 เซนเซอร์ DHT22 อยู่ที่ตำแหน่งด้านบนสุดของโครงสร้าง

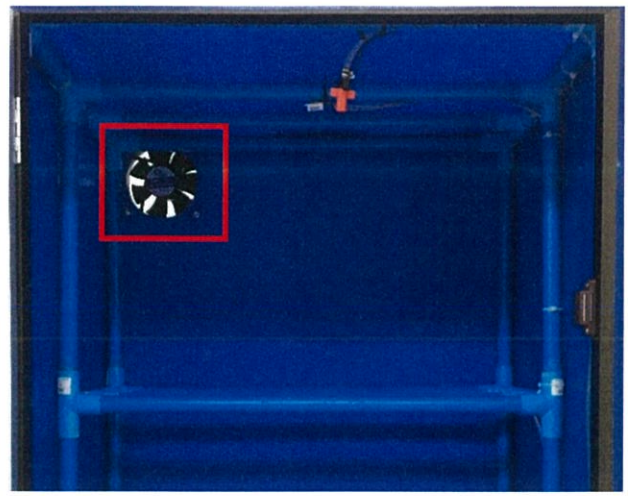


รูปที่ 3.10 เซนเซอร์ DHT22 อยู่ที่ตำแหน่งด้านล่างสุดของโครงสร้าง

3. พัดลมระบายอากาศ

ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 12 V DC กว้าง 12 เซนติเมตร และยาว 12 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว เพื่อเป็นอุปกรณ์ลดอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ติดตรงตำแหน่งด้านบนสุดทางซ้ายมือของโรงเรือนเพาะเห็ด ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.11 พัดลมระบายอากาศ
<https://www.vongjorn.com>

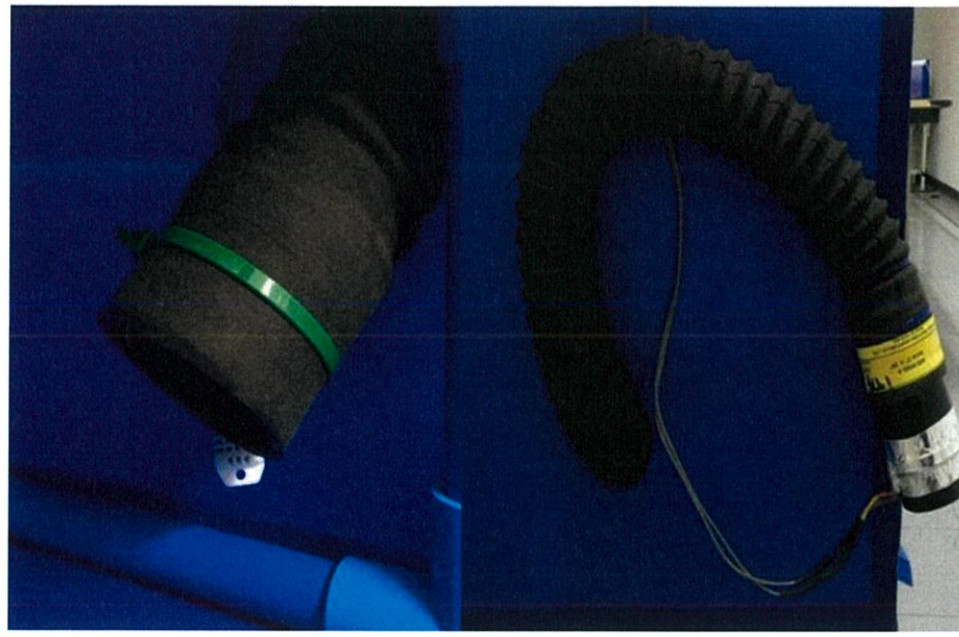


รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ด

4. เครื่องทำความร้อน

ใช้วงจรของไดร์เป่าผม จำนวน 1 ตัว มาทำเป็นเครื่องทำความร้อน เมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยใส่ไว้ในท่อทนความร้อนแล้วนำไปติดที่ตำแหน่งด้านล่างสุดของโรงเรือน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.13 ไดร์เป่าผม
<https://th.pngtree.com>

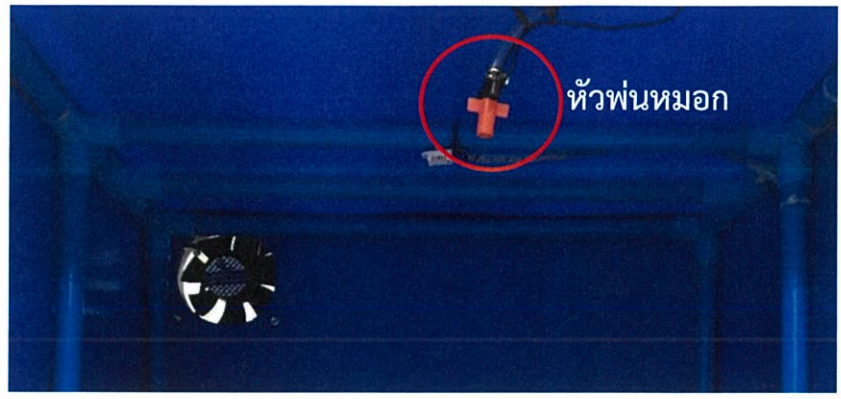


รูปที่ 3.14 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องทำความร้อนในโรงเรือนเพาะเห็ด

5. ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

ใช้ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ 6.8 Bars ต่อกับหัวพ่นหมอกจำนวน 1 ตัว เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือนเมื่อความชื้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยติดไว้ตรงด้านบนสุดและอยู่ทางด้านหน้าของโรงเรือน ดังตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16

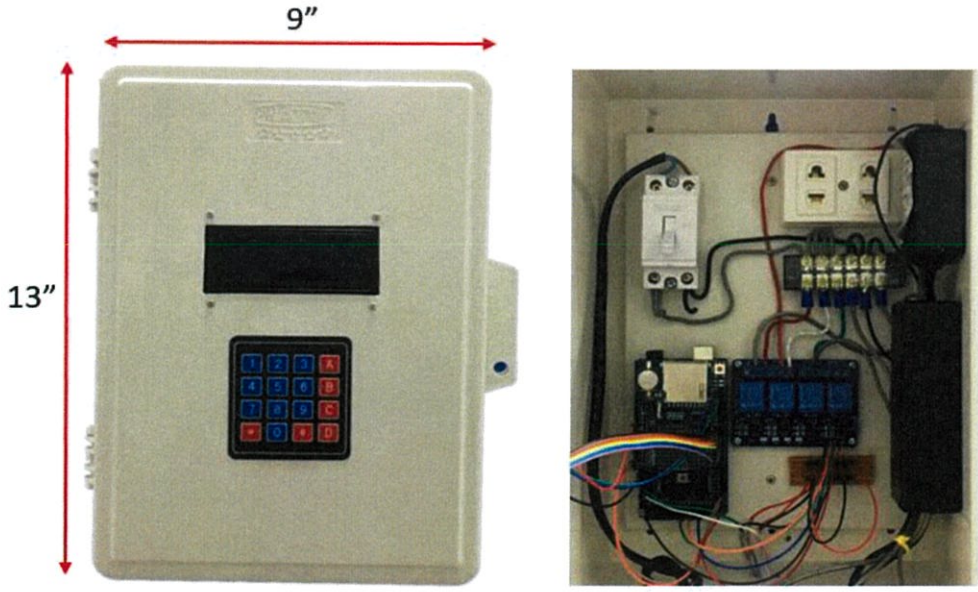
รูปที่ 3.15 ปั๊มน้ำแรงดันต่ำ
<https://www.banggood.com>



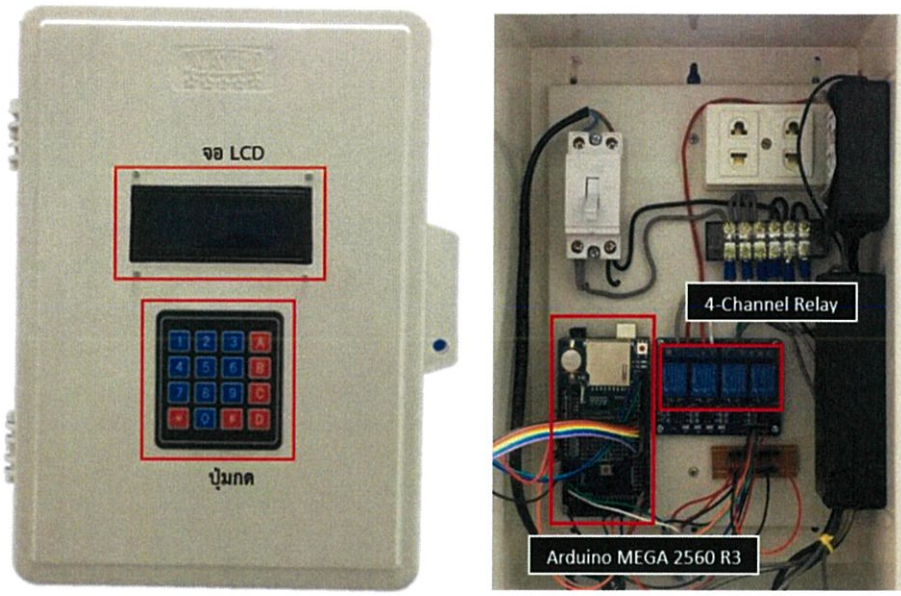
รูปที่ 3.16 ตำแหน่งการติดตั้งหัวพ่นหมอกซึ่งถูกเชื่อมต่อกับปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

6. ตู้คอนโทรล

ใช้ตู้คอนโทรลขนาด กว้าง 9 นิ้ว และยาว 13 นิ้ว ดังรูปที่ 3.17 เป็นตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก โดยการรับไฟที่ส่งมาจากการไฟฟ้าหรือด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้า จากนั้นนำไฟฟ้าจ่ายให้กับโหลดที่อยู่ในส่วนต่างๆ ของโรงเรือนเพาะเห็ด ภายในตู้คอนโทรลมีอุปกรณ์พื้นฐานที่สำคัญอยู่ภายใน เช่น Main Circuit Breaker ทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดของระบบ บัสบาร์ และปลั๊กไฟ นอกจากนี้ภายในตู้ยังมีอุปกรณ์ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมเอาต์พุตที่มีกระแสไฟฟ้าสูงของระบบ ได้แก่ บอร์ด Arduino และรีเลย์ อีกทั้งยังมีอุปกรณ์ Data Logger Shield ซึ่งช่วยในการบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 ตู้คอนโทรลขนาด 9 นิ้ว x 13 นิ้ว



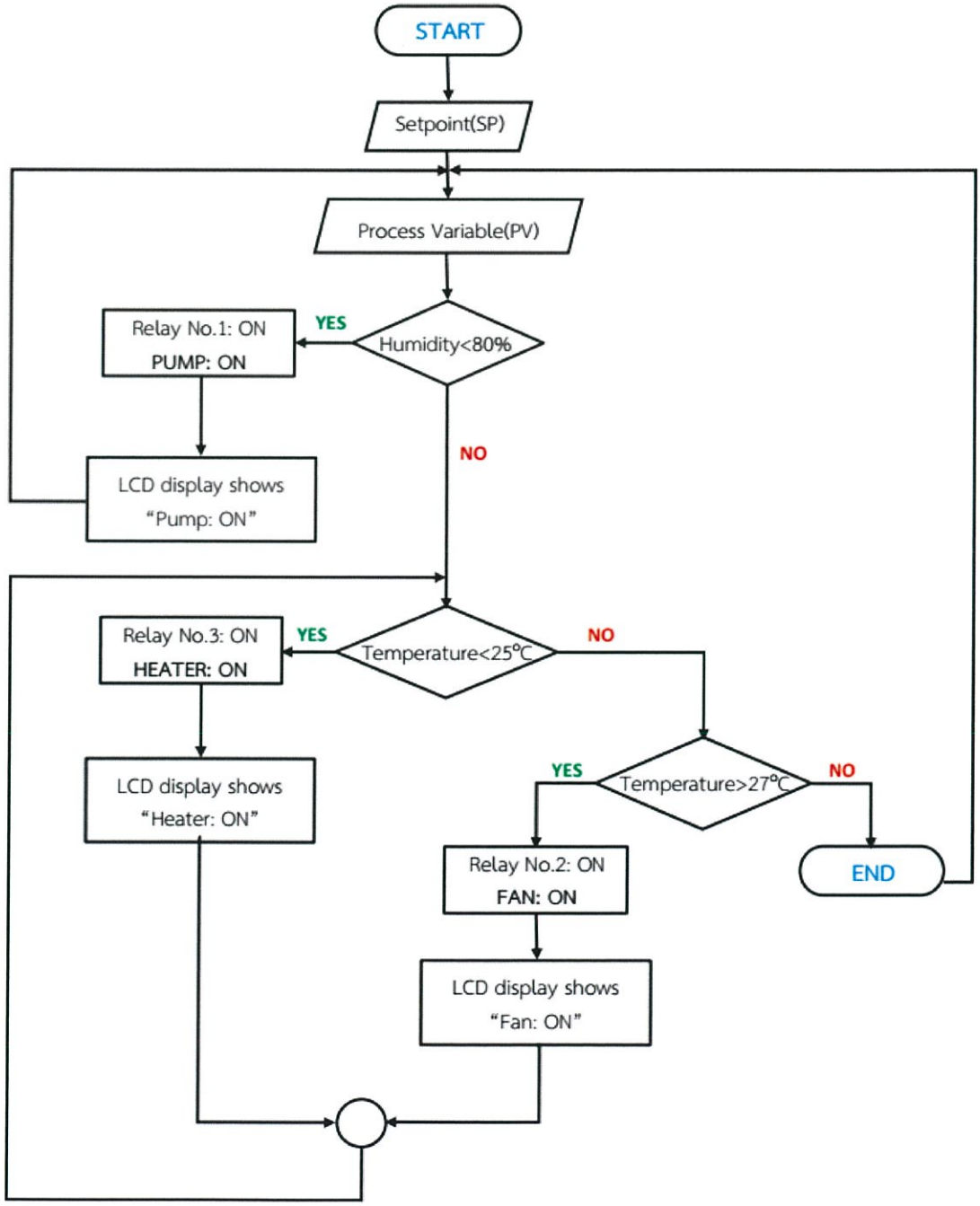
รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้คอนโทรล

3.3 Software

การออกแบบและทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด จะอยู่ในส่วนของ Software ทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งหัวข้อการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

- การออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
- การเขียนโค้ดควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต

3.3.1 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 3.19 แผนผังการออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

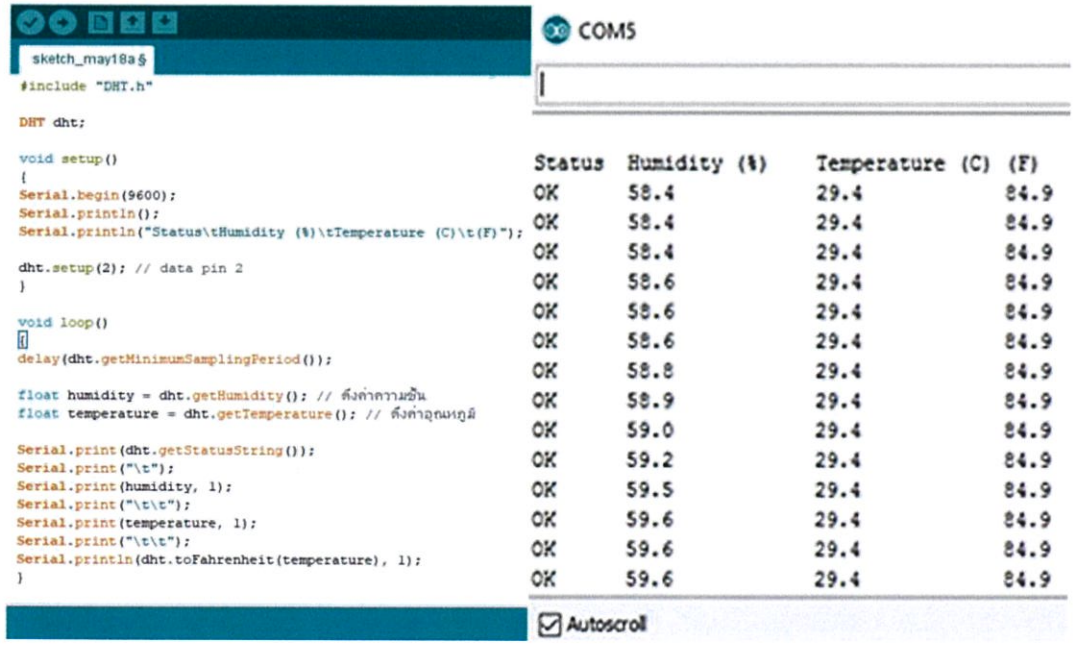
3.3.2 การเขียนโค้ดควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต

ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโค้ดควบคุม เพื่อสั่งให้อุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆ สามารถทำงานร่วมกันได้และถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE

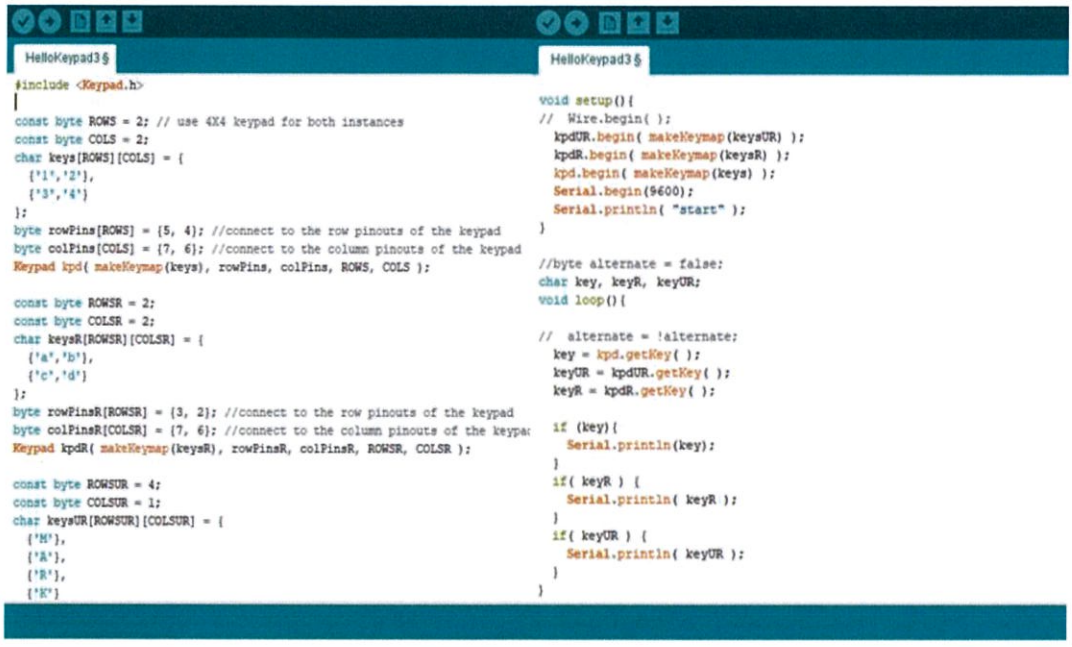
จากแผนผังเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดที่ได้ออกแบบไว้ สามารถนำมาเขียนเป็นโค้ดควบคุมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ได้ดังต่อไปนี้

1. การเขียนโปรแกรมการรับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 3.21 โค้ดควบคุมการรับค่าจากเซนเซอร์และการแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor

2. การเขียนโปรแกรมการรับค่าจากปุ่มกด

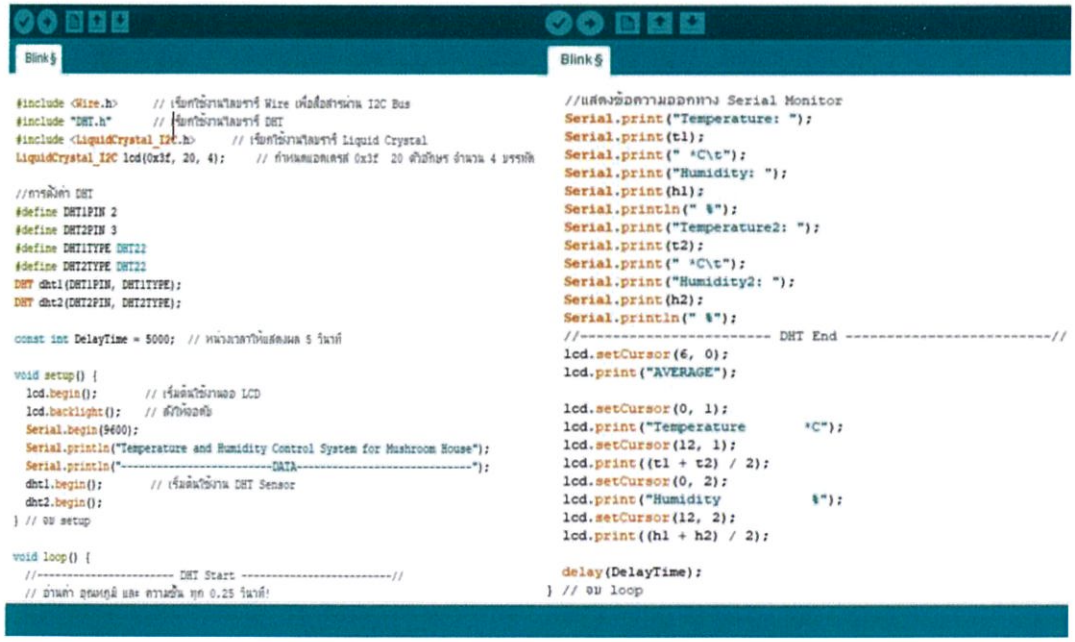


```
HelloKeypad3 §
#include <Keypad.h>

const byte ROWS = 2; // use 4X4 keypad for both instances
const byte COLS = 2;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2'},
  {'3','4'}
};
byte rowPins[ROWS] = {5, 4}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {7, 6}; //connect to the column pinouts of the keypad
Keypad kpd( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

const byte ROWSR = 2;
const byte COLSR = 2;
char keysR[ROWSR][COLSR] = {
  {'a','b'},
  {'c','d'}
};
byte rowPinsR[ROWSR] = {3, 2}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPinsR[COLSR] = {7, 6}; //connect to the column pinouts of the keypa
Keypad kpdR( makeKeymap(keysR), rowPinsR, colPinsR, ROWSR, COLSR );

const byte ROWSUR = 4;
const byte COLSUR = 1;
char keysUR[ROWSUR][COLSUR] = {
  {'H'},
  {'A'},
  {'R'},
  {'K'}
```

```
HelloKeypad3 §
void setup(){
//  Wire.begin( );
  kpdUR.begin( makeKeymap(keysUR) );
  kpdR.begin( makeKeymap(keysR) );
  kpd.begin( makeKeymap(keys) );
  Serial.begin(9600);
  Serial.println( "start" );
}

//byte alternate = false;
char key, keyR, keyUR;
void loop(){

//  alternate = !alternate;
  key = kpd.getKey( );
  keyUR = kpdUR.getKey( );
  keyR = kpdR.getKey( );

  if (key){
    Serial.println(key);
  }
  if( keyR ) {
    Serial.println( keyR );
  }
  if( keyUR ) {
    Serial.println( keyUR );
  }
}
```

รูปที่ 3.22 โค้ดควบคุมการรับค่าจากปุ่มกด

3. การเขียนโปรแกรมการแสดงผลข้อมูลผ่านทางจอ LCD

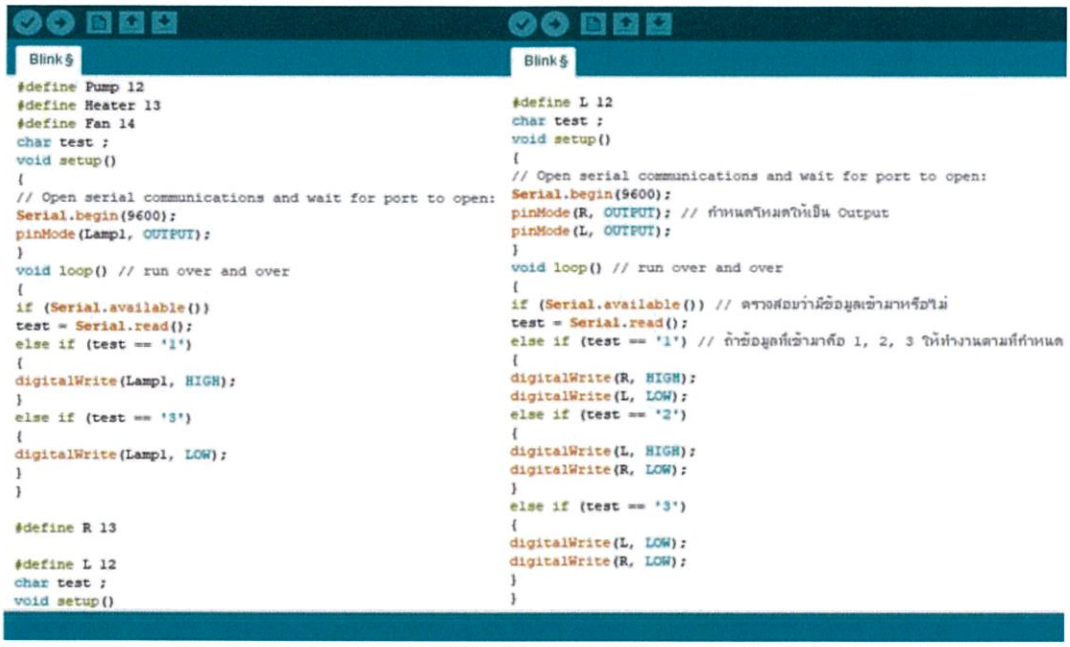


```
Blink §
#include <Wire.h>      // เรียกใช้งานไลบรารี่ Wire เพื่อสื่อสารผ่าน I2C Bus
#include "DHT.h"       // เรียกใช้งานไลบรารี่ DHT
#include <LiquidCrystal_I2C.h>      // เรียกใช้งานไลบรารี่ Liquid Crystal
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f, 20, 4);     // กำหนดแอดเดรส 0x3f  20 ตัวอักษร จำนวน 4 บรรทัด

//การตั้งค่า DHT
#define DHT1PIN 2
#define DHT2PIN 3
#define DHT1TYPE DHT22
#define DHT2TYPE DHT22
DHT dht1(DHT1PIN, DHT1TYPE);
DHT dht2(DHT2PIN, DHT2TYPE);

const int DelayTime = 5000;  // หน่วงเวลาให้แสดงผล 5 วินาที

void setup() {
  lcd.begin();       // เริ่มต้นใช้งานจอ LCD
  lcd.backlight();   // เปิดไฟแบล็ค
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Temperature and Humidity Control System for Mushroom House");
  Serial.println("-------------------------DATA-------------------------------");
  dht1.begin();      // เริ่มต้นใช้งาน DHT Sensor
  dht2.begin();
} // จบ setup

void loop() {
  //---------------------- DHT Start -------------------------//
  // อ่านค่า อุณหภูมิ และ ความชื้น ทุก 0.25 วินาที!
```

```
Blink §
  //แสดงข้อความออกทาง Serial Monitor
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t1);
  Serial.print(" *C\t");
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h1);
  Serial.println(" %");
  Serial.print("Temperature2: ");
  Serial.print(t2);
  Serial.print(" *C\t");
  Serial.print("Humidity2: ");
  Serial.print(h2);
  Serial.println(" %");
  //---------------------- DHT End -------------------------//
  lcd.setCursor(6, 0);
  lcd.print("AVERAGE");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Temperature       *C");
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print((t1 + t2) / 2);
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Humidity           %");
  lcd.setCursor(12, 2);
  lcd.print((h1 + h2) / 2);

  delay(DelayTime);
} // จบ loop
```

รูปที่ 3.23 โค้ดควบคุมการแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าจอ LCD

4. การเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต

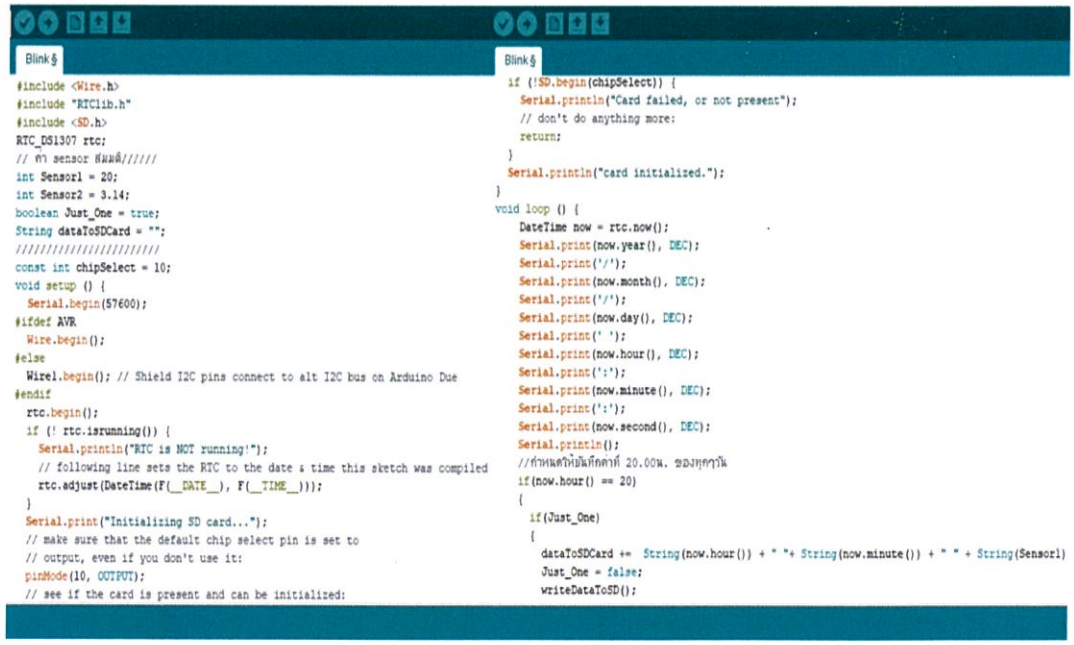


```
Blink §
#define Pump 12
#define Heater 13
#define Fan 14
char test ;
void setup()
{
// Open serial communications and wait for port to open:
Serial.begin(9600);
pinMode(Lamp1, OUTPUT);
}
void loop() // run over and over
{
if (Serial.available())
test = Serial.read();
else if (test == '1')
{
digitalWrite(Lamp1, HIGH);
}
else if (test == '3')
{
digitalWrite(Lamp1, LOW);
}
}

#define R 13

#define L 12
char test ;
void setup()
```

```
Blink §
#define L 12
char test ;
void setup()
{
// Open serial communications and wait for port to open:
Serial.begin(9600);
pinMode(R, OUTPUT); // กำหนดโหมดให้เป็น Output
pinMode(L, OUTPUT);
}
void loop() // run over and over
{
if (Serial.available()) // ตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือไม่
test = Serial.read();
else if (test == '1') // ถ้าข้อมูลที่เข้ามาคือ 1, 2, 3 ให้ทำงานตามที่กำหนด
{
digitalWrite(R, HIGH);
digitalWrite(L, LOW);
else if (test == '2')
{
digitalWrite(L, HIGH);
digitalWrite(R, LOW);
}
else if (test == '3')
{
digitalWrite(L, LOW);
digitalWrite(R, LOW);
}
}
```

รูปที่ 3.24 โค้ดควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต

5. การเขียนโปรแกรมบันทึกค่าตามเวลาที่ต้องการลงใน SD Card



```
Blink §
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#include <SD.h>
RTC_DS1307 rtc;
// ค่า sensor ที่แผงโซล่า//////
int Sensor1 = 20;
int Sensor2 = 3.14;
boolean Just_One = true;
String dataToSDCard = "";
//////////////////////////
const int chipSelect = 10;
void setup () {
  Serial.begin(57600);
#ifdef AVR
  Wire.begin();
#else
  Wire1.begin(); // Shield I2C pins connect to alt I2C bus on Arduino Due
#endif
  rtc.begin();
  if (! rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }
  Serial.print("Initializing SD card...");
  // make sure that the default chip select pin is set to
  // output, even if you don't use it:
  pinMode(10, OUTPUT);
  // see if the card is present and can be initialized:
```

```
Blink §
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");
}
void loop () {
    DateTime now = rtc.now();
    Serial.print(now.year(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.month(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.day(), DEC);
    Serial.print(' ');
    Serial.print(now.hour(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.minute(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.second(), DEC);
    Serial.println();
    //กำหนดให้บันทึกตอนที่ 20.00น. ของทุกๆวัน
    if(now.hour() == 20)
    {
      if(Just_One)
      {
        dataToSDCard +=  String(now.hour()) + " "+ String(now.minute()) + " " + String(Sensor1)
        Just_One = false;
        writeDataToSD();
```

รูปที่ 3.25 โค้ดควบคุมการบันทึกค่าลงใน SD Card

13-3-2018 - Notepad

File Edit Format View Help

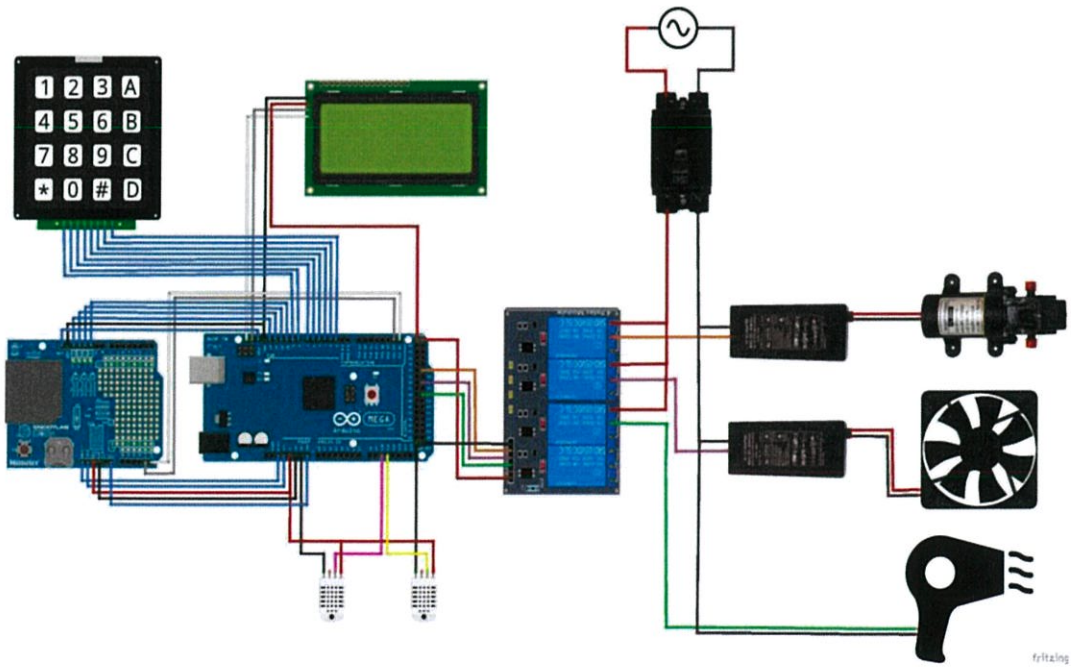
```
08:00:28 DAY : 13/3/2018  77.65 ,23.80
08:30:28 DAY : 13/3/2018  87.35 ,25.30
09:00:28 DAY : 13/3/2018  93.30 ,25.20
09:30:28 DAY : 13/3/2018  97.90 ,25.00
10:00:28 DAY : 13/3/2018  95.45 ,25.55
10:30:28 DAY : 13/3/2018  95.40 ,25.55
11:00:28 DAY : 13/3/2018  94.95 ,25.55
11:30:28 DAY : 13/3/2018  95.05 ,25.50
12:00:28 DAY : 13/3/2018  96.90 ,25.50
12:30:28 DAY : 13/3/2018  96.45 ,25.70
13:00:28 DAY : 13/3/2018  96.80 ,25.85
13:30:28 DAY : 13/3/2018  95.70 ,25.80
14:00:28 DAY : 13/3/2018  93.30 ,25.25
14:30:28 DAY : 13/3/2018  91.30 ,25.15
15:00:28 DAY : 13/3/2018  86.90 ,25.15
15:30:28 DAY : 13/3/2018  80.90 ,25.05
15:35:35 DAY : 13/3/2018  79.95 ,25.10
16:00:28 DAY : 13/3/2018  93.65 ,25.25
16:30:28 DAY : 13/3/2018  82.40 ,25.00
17:00:28 DAY : 13/3/2018  81.80 ,25.15
17:30:28 DAY : 13/3/2018  83.35 ,25.45
18:00:28 DAY : 13/3/2018  95.80 ,25.30
18:30:28 DAY : 13/3/2018  91.25 ,25.05
19:00:28 DAY : 13/3/2018  90.80 ,25.15
19:30:28 DAY : 13/3/2018  89.35 ,25.20
20:00:28 DAY : 13/3/2018  88.25 ,25.20
```

รูปที่ 3.26 ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงใน SD Card

3.4 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

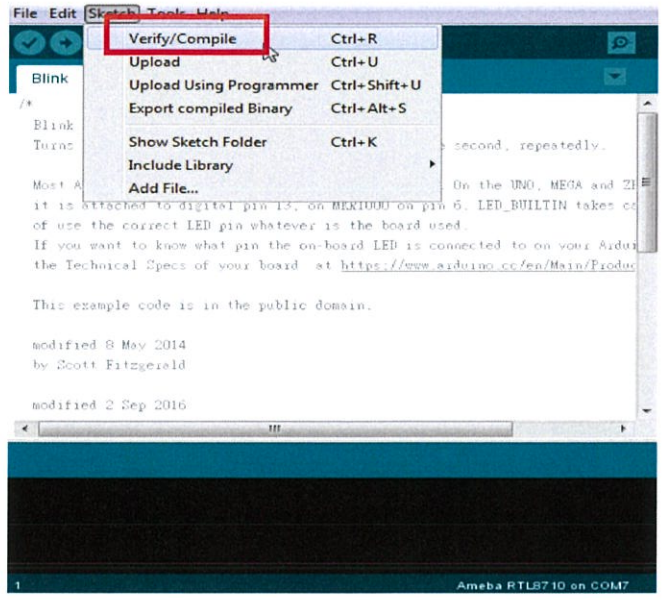
หลังจากออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุม และนำไปเขียนโค้ดในโปรแกรม Arduino IDE จนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทดสอบการทำงานของโค้ด ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เชื่อมต่อโมดูลและอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆ เข้ากับบอร์ด Arduino ดังรูปที่ 3.27



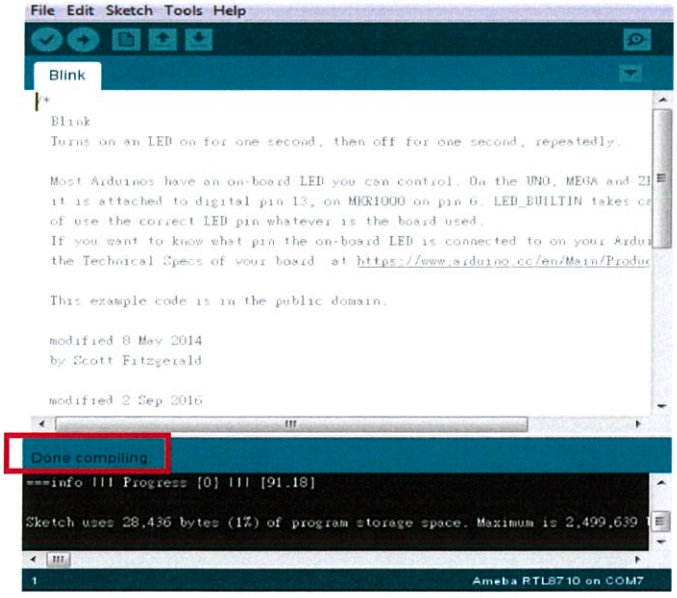
รูปที่ 3.27 ตำแหน่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับบอร์ด Arduino

2. เชื่อมต่อบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB จากนั้นเปิดโปรแกรม Arduino IDE แล้วนำโค้ดที่เขียนไว้มาตรวจสอบความถูกต้องโดยกดที่ปุ่ม “Verify” ดังรูปที่ 3.28



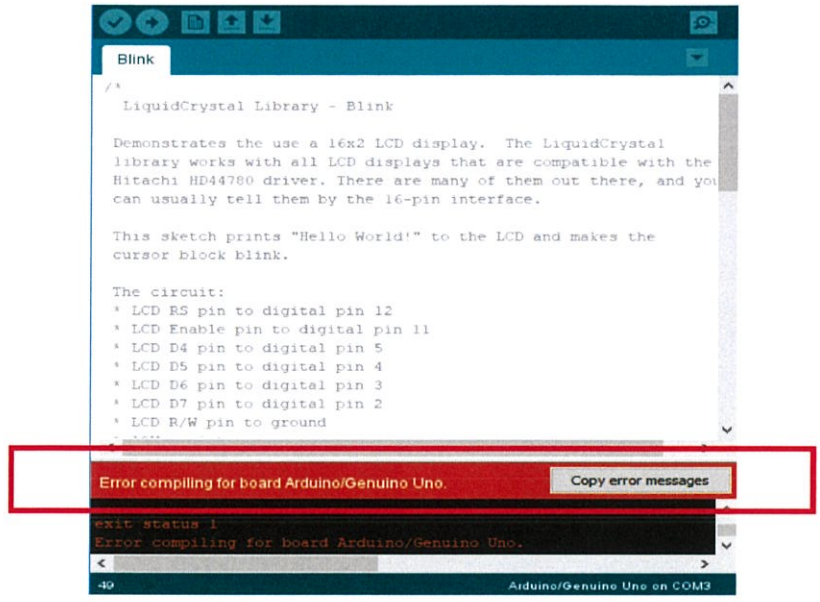
รูปที่ 3.28 การตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด

หากโค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่าถูกต้องทั้งหมด โปรแกรมจะแสดงข้อความตรงหน้าต่างด้านล่างว่า “Done Compiling” ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 โค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่ามีความถูกต้อง

หากโค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่าไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะแสดงข้อความตรงหน้าต่างด้านล่างว่า “Error Compiling for Board Arduino/Genuino Uno.” ดังรูปที่ 3.30 ต้องทำการแก้ไขโค้ดตรงตำแหน่งที่พบความผิดพลาด



รูปที่ 3.30 โค้ดถูกตรวจสอบแล้วพบว่ามีความผิดพลาด

3. เมื่ออัพโหลดโค้ดที่ถูกตรวจสอบแล้วว่ามีความถูกต้องลงบนบอร์ด Arduino เสร็จเรียบร้อย จะปรากฏข้อมูลบนหน้าจอ LCD ดังรูปที่ 3.31

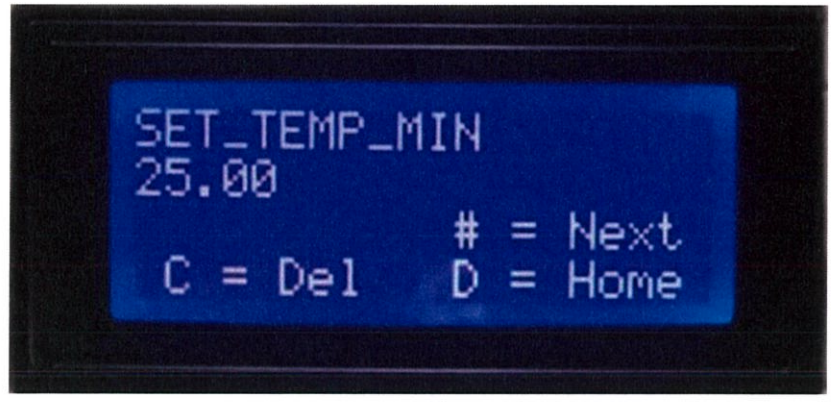
รูปที่ 3.31 ข้อมูลบนหน้าจอ LCD เมื่ออัพโหลดโค้ดสำเร็จ

4. ตั้งค่าช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการควบคุมในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 กดปุ่ม “A” เพื่อเข้าสู่หน้าจอการตั้งค่า

4.2 หน้าจอจะแสดงคำว่า “SET_TEMP_MIN” ซึ่งเป็นการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในช่วงที่ต้องการควบคุม โดยใส่ตัวเลขอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมแล้วกดปุ่ม “#”

4.3 หน้าจอจะแสดงคำว่า “SET_TEMP_MAX” ซึ่งเป็นการตั้งค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุดในช่วงที่ต้องการควบคุม โดยใส่ตัวเลขอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมแล้วกดปุ่ม “#”



รูปที่ 3.32 หน้าจอแสดงการตั้งค่าของช่วงอุณหภูมิ

4.4 หน้าจอจะแสดงคำว่า “SET_HUMI_MIN” ซึ่งเป็นการตั้งค่าความชื้นที่ต่ำที่สุดในช่วงที่ต้องการควบคุม โดยใส่ตัวเลขความชื้นที่ต้องการควบคุมแล้วกดปุ่ม “#”

4.5 หน้าจอจะแสดงคำว่า “SET_HUMI_MAX” ซึ่งเป็นการตั้งค่าความชื้นที่สูงที่สุดในช่วงที่ต้องการควบคุม โดยใส่ตัวเลขความชื้นที่ต้องการควบคุมแล้วกดปุ่ม “#”

รูปที่ 3.33 หน้าจอแสดงการตั้งค่าของช่วงความชื้น

5. หลังจากกดปุ่ม “#” ในขั้นตอนที่ 4.5 แล้ว ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะเริ่มทำงานทันที จากนั้นทำการสังเกตและบันทึกผลการทำงานของระบบควบคุมและการเจริญเติบโตของดอกเห็ด เป็นระยะเวลา 14 วัน และบันทึกผลการทำงานของระบบควบคุมทุกๆ 30 นาที

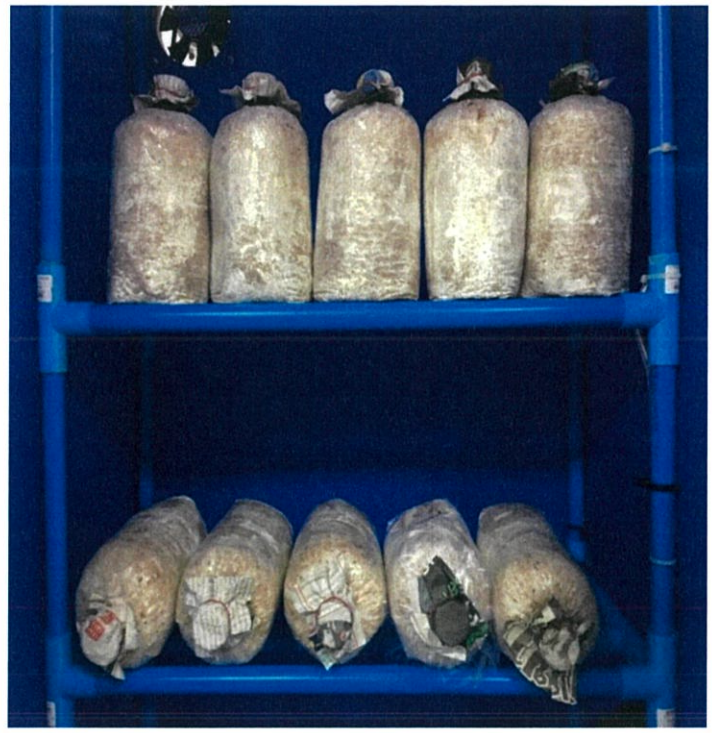
รูปที่ 3.34 หน้าจอแสดงการทำงานของระบบควบคุม

3.5 การทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดในโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

จากขั้นตอนการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก หลังจากใส่หัวเชื้อเห็ดลงไปในถุงก้อนเชื้อแล้วนำไปบ่มในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิประมาณ 25°C–32°C อากาศถ่ายเทสะดวก เพื่อให้เส้นใยของเชื้อเห็ดเดินจนเต็มถุงพลาสติก ก่อนที่จะนำไปเปิดดอกในโรงเรือนเพาะเห็ด

แต่ในรูปที่ 3.35 นั้น สังเกตได้ว่าเส้นใยของเชื้อเห็ดยังเดินไม่เต็มถุง ดังนั้นต้องนำไปบ่มต่อจนเชื้อเห็ดเดินเต็มถุงและเส้นใยเห็ดรัดตัวกันหนามากขึ้น ดังรูปที่ 3.36 และรูปที่ 3.37 ตามลำดับ

รูปที่ 3.35 ก้อนเชื้อเห็ดที่เส้นใยยังเดินไม่เต็มถุง



รูปที่ 3.36 การบ่มก้อนเชื้อเห็ด

รูปที่ 3.37 ลักษณะของก้อนเชื้อเห็ดที่เส้นใยเดินเต็มถุงและพร้อมที่จะนำไปเปิดดอก

หลังจากทำการบ่มก้อนเชื้อเห็ดแล้วเป็นเวลา 3 วัน พบว่าเชื้อเห็ดเดินเต็มถุงและเส้นใยเห็ดรัดตัวกันหนามากขึ้น ซึ่งลักษณะของก้อนเชื้อเห็ดพร้อมที่จะถูกนำไปเปิดดอกแล้ว โดยแกะเอากระดาษที่หุ้มปากก้อนเชื้อออก จากนั้นเปิดสวิทช์ไฟเพื่อให้ระบบควบคุมเริ่มทำงาน ดังรูปที่ 3.38

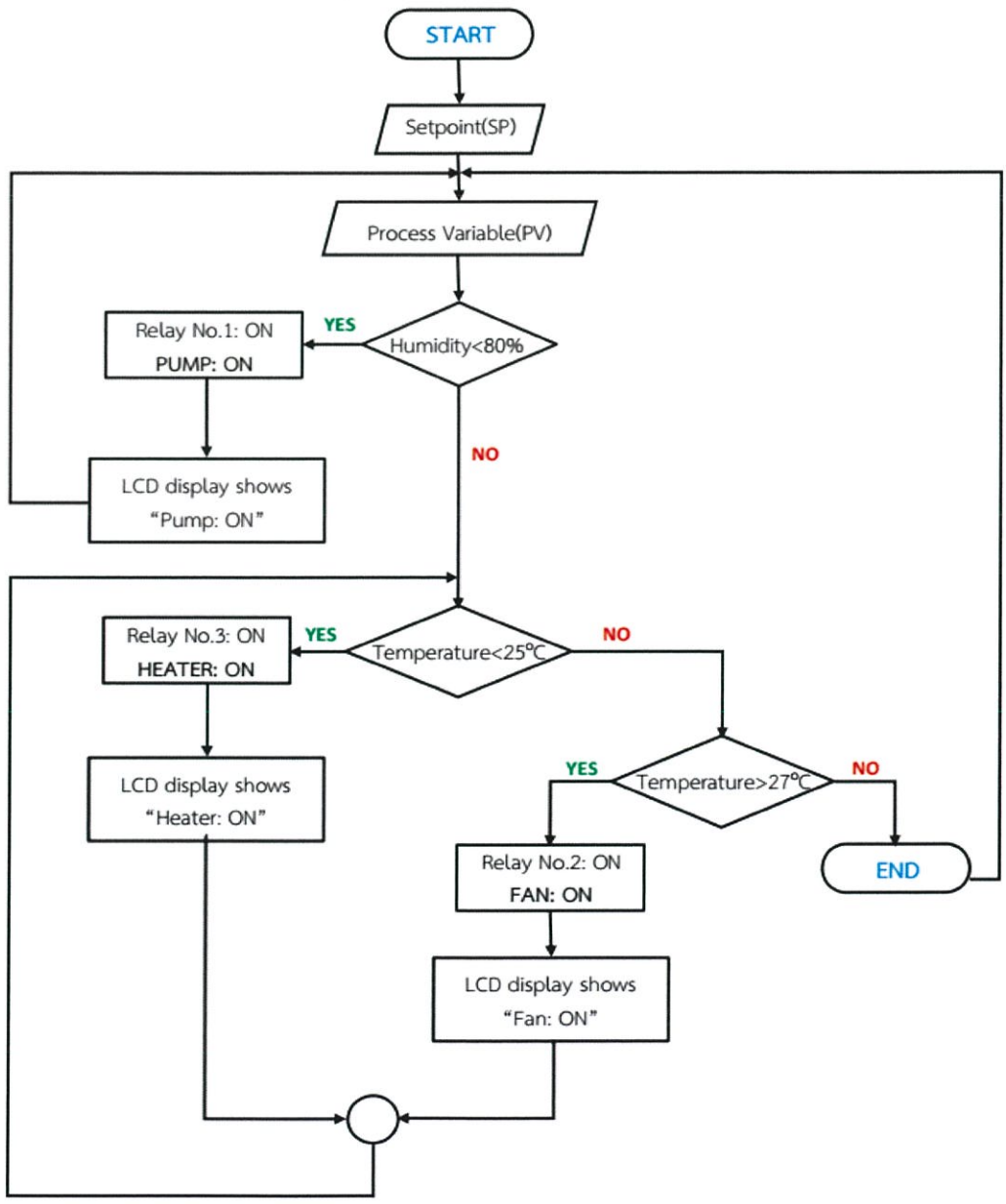
รูปที่ 3.38 การเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ด (การเปิดดอกเห็ด)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด พบว่าระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ โดยรายละเอียดเงื่อนไขการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ข้อมูลการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ได้แก่ วันที่ เวลา อุณหภูมิ และความชื้น ถูกบันทึกลงใน SD Card ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 14 วัน ดังรูปที่ 4.2

13-3-2018 - Notepad

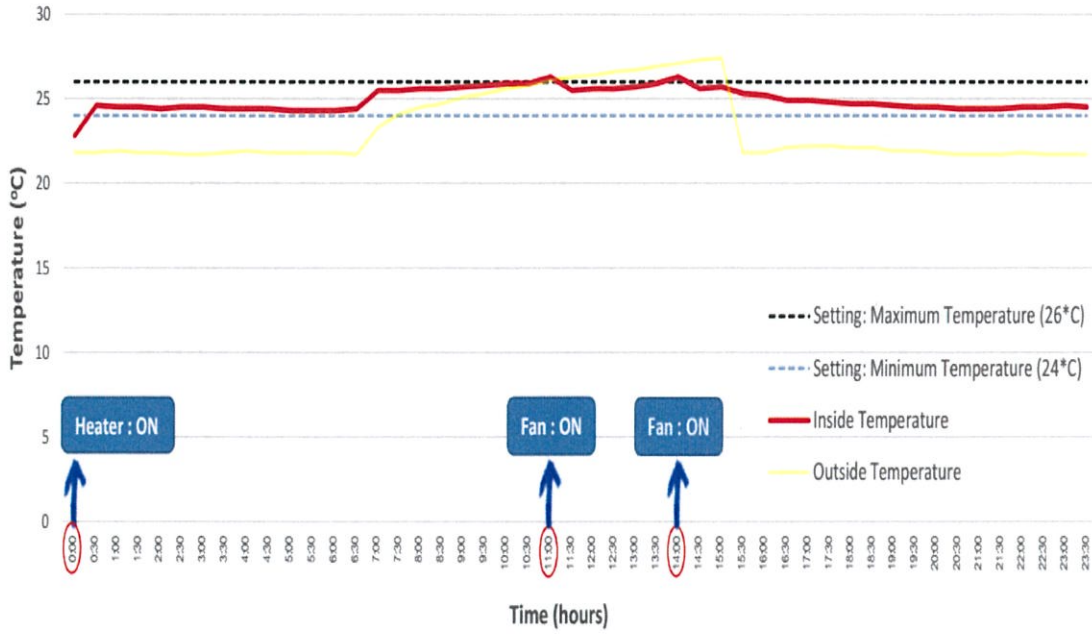
File Edit Format View Help

```
08:00:28 DAY : 13/3/2018  77.65 ,23.80
08:30:28 DAY : 13/3/2018  87.35 ,25.30
09:00:28 DAY : 13/3/2018  93.30 ,25.20
09:30:28 DAY : 13/3/2018  97.90 ,25.00
10:00:28 DAY : 13/3/2018  95.45 ,25.55
10:30:28 DAY : 13/3/2018  95.40 ,25.55
11:00:28 DAY : 13/3/2018  94.95 ,25.55
11:30:28 DAY : 13/3/2018  95.05 ,25.50
12:00:28 DAY : 13/3/2018  96.90 ,25.50
12:30:28 DAY : 13/3/2018  96.45 ,25.70
13:00:28 DAY : 13/3/2018  96.80 ,25.85
13:30:28 DAY : 13/3/2018  95.70 ,25.80
14:00:28 DAY : 13/3/2018  93.30 ,25.25
14:30:28 DAY : 13/3/2018  91.30 ,25.15
15:00:28 DAY : 13/3/2018  86.90 ,25.15
15:30:28 DAY : 13/3/2018  80.90 ,25.05
15:35:35 DAY : 13/3/2018  79.95 ,25.10
16:00:28 DAY : 13/3/2018  93.65 ,25.25
16:30:28 DAY : 13/3/2018  82.40 ,25.00
17:00:28 DAY : 13/3/2018  81.80 ,25.15
17:30:28 DAY : 13/3/2018  83.35 ,25.45
18:00:28 DAY : 13/3/2018  95.80 ,25.30
18:30:28 DAY : 13/3/2018  91.25 ,25.05
19:00:28 DAY : 13/3/2018  90.80 ,25.15
19:30:28 DAY : 13/3/2018  89.35 ,25.20
20:00:28 DAY : 13/3/2018  88.25 ,25.20
```

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการทำงานของระบบควบคุมลงบน SD Card

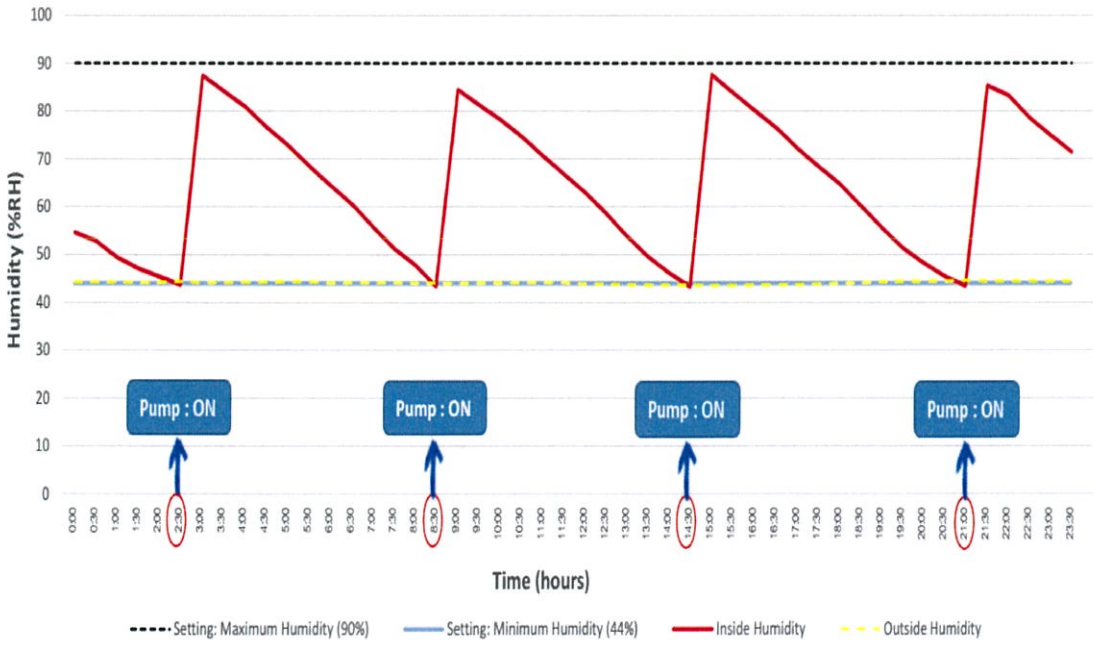
เมื่อนำข้อมูลจาก SD Card ซึ่งบันทึกค่าทุกๆ 30 นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาวิเคราะห์และสร้างกราฟผลการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุต ตามเงื่อนไขการทำงานของระบบควบคุมที่ออกแบบไว้ ได้ผลลัพธ์ดังกราฟต่อไปนี้

1. ทดลองตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมให้อยู่ในช่วง 24°C–26°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนมีค่าต่ำกว่า 24°C ระบบควบคุมจะสั่งให้เครื่องทำความร้อนทำงาน (Heater : ON) จนกระทั่งอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพิ่มขึ้นจนถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตั้งไว้ เครื่องทำความร้อนจะหยุดทำงาน (Heater : OFF) และในทางตรงกันข้าม ถ้าหากอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่ามากกว่า 26°C ระบบควบคุมจะสั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงาน (Fan : ON) จนกว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดต่ำลงจนถึง 26°C พัดลมระบายอากาศจะหยุดทำงาน (Fan : OFF) ดังรูปที่ 4.3



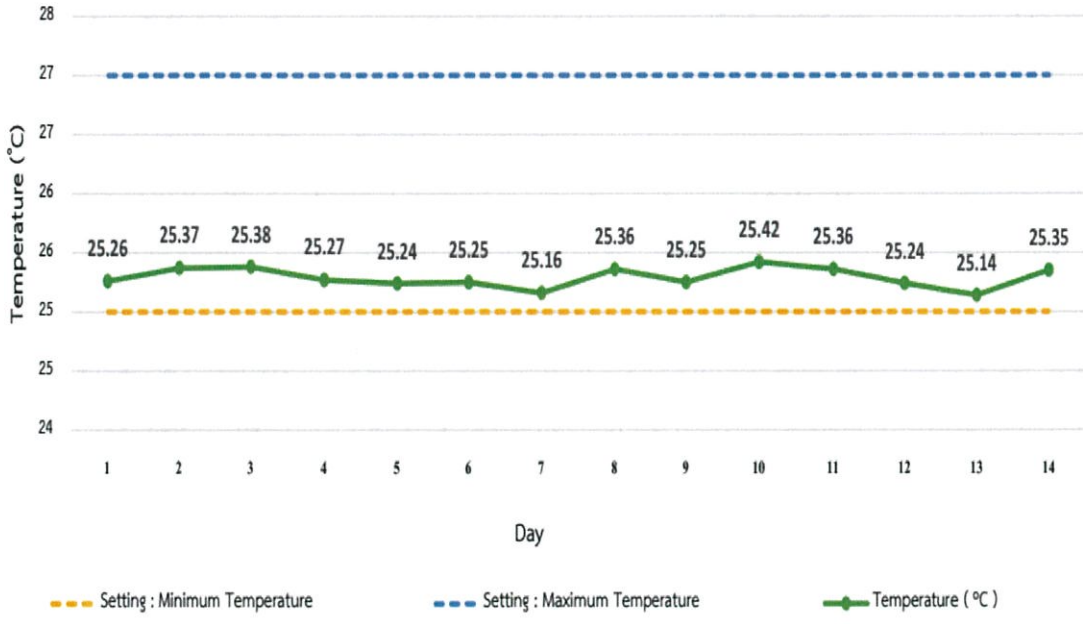
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

2. ทดลองตั้งค่าความชื้นที่ต้องการควบคุมให้อยู่ในช่วง 44–90 %RH พบว่าเมื่อความชื้นในโรงเรือนมีค่าต่ำกว่า 44 %RH ระบบควบคุมจะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน (Pump : ON) เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือนจนถึงค่าความชื้นต่ำสุดที่ตั้งไว้ ปั๊มน้ำก็จะหยุดทำงาน (Pump : OFF) ดังรูปที่ 4.4

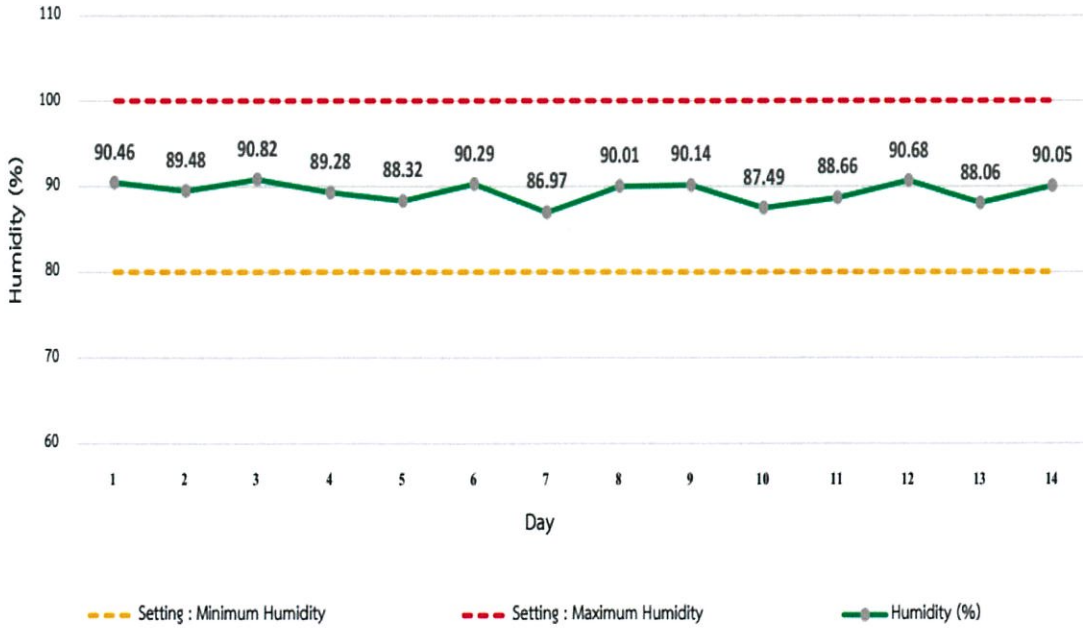


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตเมื่อความชื้นมีการเปลี่ยนแปลง

นำระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่สร้างขึ้นนี้ไปควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่มีการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการี โดยตั้งอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมให้อยู่ในช่วง 25°C–27°C และความชื้น 80–100 %RH จากนั้นบันทึกค่าลงใน SD Card ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 14 วัน วันละ 12 ชั่วโมง พบว่าภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิและความชื้นโดยเฉลี่ยในแต่ละวัน ดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน



รูปที่ 4.6 ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละวัน

สามารถนำข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการบันทึกผลมาสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตางรางที่ 4.1 สรุปผลการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม

รายละเอียด / ระยะเวลา (วัน)	ความชื้นเฉลี่ย (%RH)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	การทำงาน		
			Pump : ON (ครั้ง)	Fan : ON (ครั้ง)	Heater : ON (ครั้ง)
1	90.46	25.26	2	-	1
2	89.48	25.37	2	-	3
3	90.82	25.38	2	-	1
4	89.28	25.27	2	-	2
5	88.32	25.24	2	-	2
6	90.29	25.25	1	-	2
7	86.97	25.16	2	-	2
8	90.01	25.36	2	-	1
9	90.14	25.25	2	-	2
10	87.49	25.42	1	-	3
11	88.66	25.36	2	-	1
12	90.68	25.24	2	-	2
13	88.06	25.14	2	-	3
14	90.05	25.35	1	-	-
สรุปผล	**83.34**	**25.29**	**25**	**0**	**25**

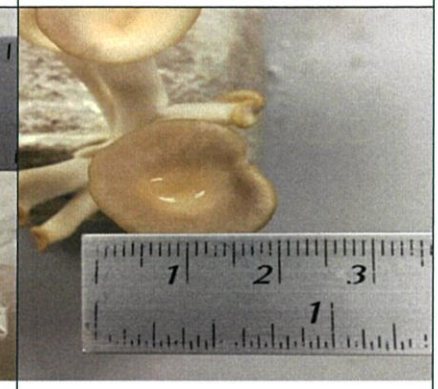
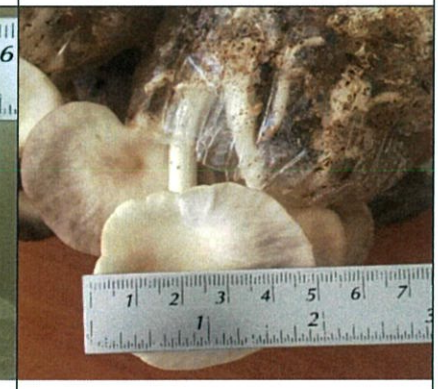
4.2 ผลผลิตของดอกเห็ดที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเห็ด 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรมฮังการี ในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น สามารถสังเกตและบันทึกผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดแล้ว ดังตารางต่อไปนี้

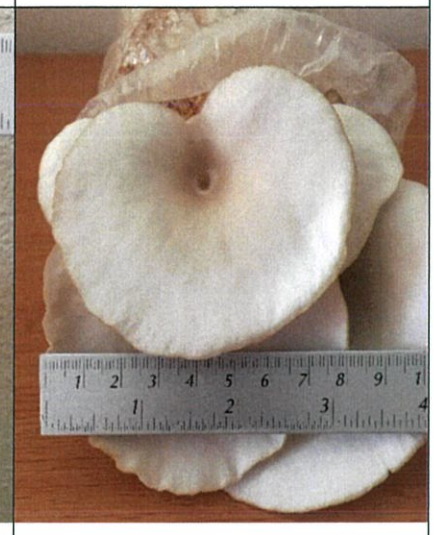
ตารางที่ 4.2 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน

ระยะเวลาหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้ว (วัน)	ชนิดของเห็ด	
	เห็ดนางฟ้าภูฐาน	เห็ดนางรมฮังการี
3 (ตอนเช้า)	ขนาดของดอกเห็ด : -	ขนาดของดอกเห็ด : -
3 (ตอนกลางวัน)	ขนาดของดอกเห็ด : 0.9 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 0.5 cm.
3 (ตอนเย็น)	ขนาดของดอกเห็ด : 1.4 cm	ขนาดของดอกเห็ด : 0.8 cm.

ตารางที่ 4.3 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 4 วัน

ระยะเวลาหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้ว (วัน)	ชนิดของเห็ด	
	เห็ดนางฟ้าภูฐาน	เห็ดนางรมฮังการี
4 (ตอนเช้า)		
	ขนาดของดอกเห็ด : 2.2 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 2 cm.
4 (ตอนกลางวัน)		
	ขนาดของดอกเห็ด : 4 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 2.8 cm.
4 (ตอนเย็น)		
	ขนาดของดอกเห็ด : 4.9 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 5 cm.

ตารางที่ 4.4 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 5 วัน

ระยะเวลาหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้ว (วัน)	ชนิดของเห็ด	
	เห็ดนางฟ้าภูฐาน	เห็ดนางรมฮังการี
5		
	ขนาดของดอกเห็ด : 8.8 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 8 cm.

ตารางที่ 4.5 ผลการเจริญเติบโตของดอกเห็ดหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้วเป็นเวลา 6 วัน

ระยะเวลาหลังจากเปิดหน้าก้อนเชื้อเห็ดไปแล้ว (วัน)	ชนิดของเห็ด	
	เห็ดนางฟ้าภูฐาน	เห็ดนางรมฮังการี
6 (พร้อมสำหรับการเก็บผลผลิตไปใช้ประโยชน์)		
	ขนาดของดอกเห็ด : 11 cm.	ขนาดของดอกเห็ด : 8-10 cm.

ผลผลิตของดอกเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่ได้จากการทดลองเพาะเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม จะมีขนาดของดอกใหญ่กว่าดอกเห็ดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบโรงเรือนทั่วไป (ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม) โดยสามารถสังเกตผลการทดลองได้จากตารางที่ 4.6 นอกจากนี้ยังใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการเพาะเลี้ยงสั้นกว่าการเพาะเลี้ยงเห็ดแบบโรงเรือนทั่วไปด้วย

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเห็ดระหว่างการเพาะเลี้ยงแบบควบคุมสภาพแวดล้อมกับการเพาะเลี้ยงแบบทั่วไป

รายละเอียด / ชนิดเห็ด	การเพาะเลี้ยงในโรงเรือนที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น		การเพาะเลี้ยงในโรงเรือนทั่วไป	
	ระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงเฉลี่ย (วัน)	ขนาดของดอกเห็ดเฉลี่ย (cm.)	ระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงเฉลี่ย (วัน)	ขนาดของดอกเห็ดเฉลี่ย (cm.)
เห็ดนางฟ้าภูฐาน	10	8	17	6.5
เห็ดนางรมฮังการี	12	10	18	7

4.3 การเปรียบเทียบขนาดของดอกเห็ดกับมาตรฐานสินค้าเกษตร

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกเห็ดที่เพาะเลี้ยงในโรงเรือน ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในตารางที่ 4.6 พบว่าดอกของเห็ดนางฟ้าภูฐานมีขนาดโดยเฉลี่ย 8 เซนติเมตร และเห็ดนางรมฮังการีมีขนาดของดอกโดยเฉลี่ย 10 เซนติเมตร หากนำมาเปรียบเทียบกับรหัสขนาดของดอกเห็ดในมาตรฐานสินค้าเกษตรประเภทเห็ดสกุลนางรม ดังแสดงในรูปที่ 4.7 จะพบว่าอยู่ในรหัสขนาด 1 ซึ่งจัดเป็นเห็ดที่มีคุณภาพดีที่สุด โดยต้องมีความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดตั้งแต่ 7 เซนติเมตรขึ้นไป

มาตรฐานสินค้าเกษตร : เห็ดสกุลนางรม

ขนาดของเห็ดสกุลนางรมพิจารณาเฉพาะดอกเห็ดเดี่ยวเท่านั้น โดยวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ ส่วนที่กว้างที่สุดของดอกเห็ด ดังนี้

ตารางที่ 1 ขนาดของเห็ดสกุลนางรม[2/]

รหัสขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)
1	> 7.0
2	3.6 ถึง 7.0
3	< 3.6

รหัสขนาด 1 : คุณภาพดีที่สุด
รหัสขนาด 2 : คุณภาพดี
รหัสขนาด 3 : คุณภาพไม่เข้าชั้นคุณภาพที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพตามข้อกำหนดขั้นต้นที่กำหนด

ข้อมูลจาก สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

รูปที่ 4.7 มาตรฐานสินค้าเกษตรประเภทเห็ดสกุลนางรม

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการจัดทำโครงงานในปีการศึกษา 2560 หัวข้อเรื่องระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด ซึ่งเริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 และสิ้นสุดการดำเนินงานเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 สามารถสรุปผลการดำเนินงานในประเด็นต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 การวางแผนและการดำเนินงาน

ก่อนเริ่มจัดทำโครงงานนี้ ได้มีการวางแผนดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละภาคการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ ผลการดำเนินงานพบว่าส่วนใหญ่แล้วสามารถดำเนินงานได้บรรลุผลตามเป้าหมาย และระยะเวลาที่กำหนดในแผนการแต่มีบางขั้นตอนที่ต้องใช้ระยะเวลาดำเนินงานเกินไปจากที่กำหนด เนื่องจากความยากและความซับซ้อนภายในขั้นตอน เช่น ขั้นตอนการออกแบบและการเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีพื้นฐาน ความรู้ และความเข้าใจในเรื่องภาษาซีและการเขียนผังงาน (Flowchart) แต่ในปัจจุบันมีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาอย่างหลากหลายและสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย เช่น อินเตอร์เน็ต ห้องสมุด และปรึกษาผู้รู้ ซึ่งแหล่งข้อมูลเหล่านั้นจะกลายเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลตามเป้าหมาย

ตารางที่ 5.1 แผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (ปี 2560)																			
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาค้นคว้าสิ่งที่สนใจเพื่อกำหนดเป็นหัวข้อโครงงาน	■	■																		
2. จัดทำข้อเสนอโครงงาน			■																	
3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล				■	■	■	■	■												
4. ออกแบบวงจรและโครงสร้างของโรงเพาะเห็ด							■	■												
5. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์									■	■										
6. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมและทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้										■	■	■	■	■	■					
7. แก้ไขและปรับปรุงการออกแบบ												■	■	■	■					
8. รายงานผลความคืบหน้าของโครงงาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน																■	■			

ตารางที่ 5.2 แผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (ปี 2561)																			
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์	■	■																		
2. ประกอบโครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ด		■	■																	
3. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่โรงเรือนเพาะเห็ด			■	■	■															
4. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
5. ทดลองและบันทึกผล									■	■	■	■	■							
6. จัดทำรายงานและนำเสนอโครงงานของภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน																	■	■	■	■

5.1.2 ประสิทธิภาพของโรงเรือนและระบบควบคุม

จากขั้นตอนการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด แล้วนำระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเข้ามาควบคุมสภาพแวดล้อมภายใน สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ว่าระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ และโรงเรือนสามารถรักษาสภาพแวดล้อมภายในให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีลักษณะเป็นโรงเรือนปิด ขนาดของโรงเรือนมีความเหมาะสมต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่นำมาทดลอง ทำให้มีการถ่ายเทอากาศที่ดี และมีปริมาณแสงเพียงพอต่อการงอกของดอกเห็ด นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และประหยัดน้ำเพราะสามารถดูดน้ำจากถังรองน้ำมาหมุนเวียนใช้ได้อีก

5.1.3 การเปรียบเทียบผลผลิต

ผลผลิตของดอกเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่ได้จากขั้นตอนการทดลองเพาะเลี้ยงในโรงเรือน ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม จะมีขนาดของดอกใหญ่กว่าดอกเห็ดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบโรงเรือนทั่วไป และใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการเพาะเลี้ยงสั้นกว่าการเพาะเลี้ยงเห็ดแบบโรงเรือนทั่วไปด้วย นอกจากนี้หากนำขนาดของดอกเห็ดที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับรหัสขนาดของดอกเห็ดในมาตรฐานสินค้าเกษตรประเภทเห็ดสกุลนางรม จะพบว่าถูกจัดอยู่ในรหัสขนาด 1 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่มีคุณภาพดีที่สุด

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. ไม่มีประสบการณ์ในการเพาะเลี้ยงเห็ดมาก่อน ทำให้ขาดความรู้และความเข้าใจในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดอย่างถ่องแท้

2. วัสดุที่ใช้ทำเป็นโครงสร้างของโรงเรือน เช่น แผ่นอะคริลิค แผ่นพลาสติก และอะลูมิเนียม มีความแข็งแรง ทนทาน และสวยงาม แต่มีราคาแพง

3. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นหากสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นเพียงเล็กน้อย จะส่งผลให้วัดค่าได้ผิดเพี้ยนหรือบางครั้งเซนเซอร์อาจจะเสียไปเลย

4. ระบบควบคุมไม่สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง และต่อเนื่องกันเป็นเวลานานหลายวัน เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ควบคุม

5. มีความชำนาญในการเขียนโปรแกรมไม่มากพอ ทำให้ใช้เวลาในการศึกษาและเขียนโปรแกรมนาน

6. เมื่อทดสอบระบบการทำงานจริงกับอุปกรณ์ อาจมีทั้งปัญหาเล็กและปัญหาใหญ่เกิดขึ้น เช่น ลวดตัวนำในสายไฟหักทำให้วงจรไม่ติด หรือเกิดการช็อตกันของขาอุปกรณ์บริเวณที่มีขนาดเล็กมาก สังเกตได้ยาก เนื่องจากการบัดกรี

7. อุปกรณ์บางอย่างมีราคาค่อนข้างแพงและงบประมาณมีจำนวนจำกัด

5.3 แนวทางในการแก้ปัญหา

1. ศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดตามแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น บทความในอินเตอร์เน็ต คลิปวิดีโอสอนการเพาะเลี้ยงเห็ด สอบถามผู้เชี่ยวชาญจากฟาร์มเห็ด หรือลงมือปฏิบัติจริงโดยการนำก้อนเชื้อเห็ดมาทดลองเพาะเลี้ยง

2. ใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดทำเป็นโครงสร้างแทนการใช้วัสดุที่มีราคาแพง เนื่องจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมีราคาถูก มีน้ำหนักเบา มีความโปร่งแสง และสามารถตัดไปใช้งานได้อย่างง่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะในการตัด

3. ติดตั้งเซนเซอร์ตรงตำแหน่งที่มีความเสี่ยงจะโดนน้ำหรือความชื้นน้อยที่สุด

4. ทดลองและบันทึกผลวันละ 12 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 8.00 น. จนถึง 20.00 น. (ช่วงเวลาที่ออกไปทำธุระข้างนอก)

5. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมจากเว็บบอร์ด คลิปวิดีโอในอินเตอร์เน็ต หรือสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์

6. ตรวจเช็คอุปกรณ์เบื้องต้นก่อนเริ่มทำการทดสอบทุกครั้ง เช่น ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจเช็คว่าสายไฟขาดข้างในหรือไม่ หรือขาของอุปกรณ์บริเวณที่ทำการบัดกรีเกิดการช็อตกันหรือไม่

7. หาซื้ออุปกรณ์ที่มีราคาถูกแต่มีสเปก และการใช้งานที่เหมือนกันแทนการซื้ออุปกรณ์ที่มีราคาแพง หรือนำอุปกรณ์ที่มีลักษณะการใช้งานคล้ายๆ กันมาประยุกต์ใช้ เช่น นำวงจรของไดร์เป่าผมมาทำเป็นเครื่องทำความร้อนแทนการใช้ฮีตเตอร์ที่มีราคาแพง

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำโรงเรือนที่ออกแบบไปประยุกต์ใช้ควบคุมกระบวนการบ่มเชื้อเห็ด เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดในก้อนเชื้อเห็ดได้

2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดอื่นได้

3. เพิ่มความแข็งแรง ทนทาน ให้กับโรงเรือนเพาะเห็ดโดยการเปลี่ยนวัสดุที่นำมาใช้ทำโครงสร้าง

4. ควรติดตั้งหัวกรองน้ำที่ปลายสายท่อดูดน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมเข้าไปอุดตันที่ปั๊มน้ำและหัวพ่นหมอก

5. ควรติดเซนเซอร์ภายในโรงเรือนไว้หลายๆ ตำแหน่ง เพื่อให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มีความใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริงมากยิ่งขึ้น หรือถ้าหากมีงบประมาณมากพอก็ควรเลือกซื้อเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำในการวัดสูง

6. ควรติดตั้งระบบดูดอากาศออก เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศระหว่างภายนอกและภายในโรงเรือนให้ดียิ่งขึ้น

7. หากต้องการให้ระบบควบคุมสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น PLC

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2555). **การเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มูฟเม้นท์ เจน ทรี.

[2] กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). **การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก.** กรุงเทพ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[3] ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่, และอดิศร ถมยา. (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเรือนเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปกยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,** 7(1), 58-69.

[4] ทันพงษ์ ภู่รักษ์. มปป. **ARDUINO IDE ซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมภาษา C.** ค้นข้อมูลจาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_2.pdf.

[5] สุพรีมไลนส์. มปป. **การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control).** ค้นข้อมูลจาก http://www.supremelines.co.th

[6] สนธยา บุญจันทร์. (2560). **DHT22 Interfacing Protocol.** ค้นข้อมูลจาก https://jackrobotics.me/dht22-interfacing-protocol-515bfab0ba94

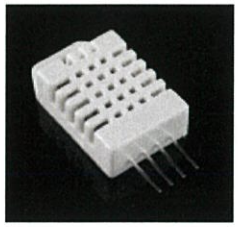
[7] (2559). **หลักการทำงานของไดร์เป่าผม.** ค้นข้อมูลจาก http://expresscoin.blogspot.com/2016/08/blog-post_62.html

[8] พิชัยพร บ่มไล่. (2558). **การใช้งาน Data Logger Shield.** ค้นข้อมูลจาก https://www.arduinoall.com

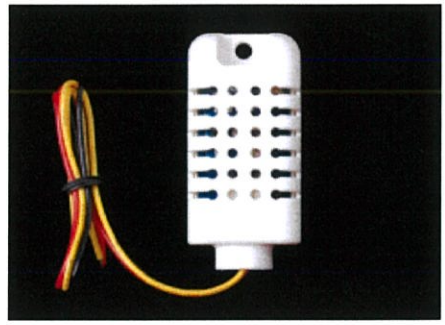
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติประจำตัวของ DHT22



Standard AM2302/DHT22



AM2302/DHT22 with big case and wires

Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22

1. Feature & Application:

*High precision
*Capacitive type
*Full range temperature compensated
*Relative humidity and temperature measurement
*Calibrated digital signal
*Outstanding long-term stability
*Extra components not needed
*Long transmission distance, up to 100 meters
*Low power consumption
*4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2302 output calibrated digital signal. It applys exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

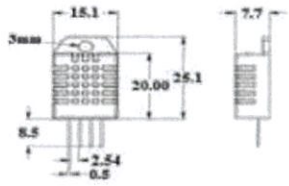
Small size & low consumption & long transmission distance(100m) enable AM2302 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	AM2302	
Power supply	3.3-5.5V DC	
Output signal	digital signal via 1-wire bus	
Sensing element	Polymer humidity capacitor	
Operating range	humidity 0-100%RH;	temperature -40~80Celsius
Accuracy	**humidity +-2%RH**(Max +-5%RH);	temperature +-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Interchangeability	fully interchangeable	

รูปที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของ DHT22 (1)

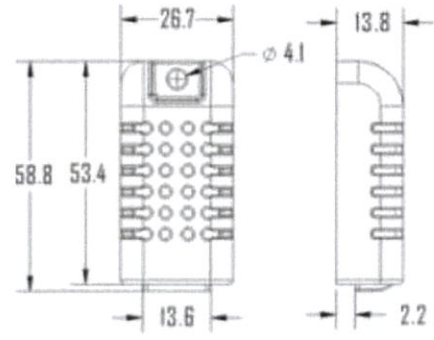
4. Dimensions: (unit——mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

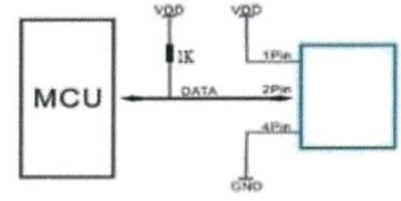
Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA–signal
3	GND
4	GND

Standard AM2302's dimensions as above



Big case's dimensions as above
Red wire--power supply, Black wire--GND
Yellow wire--Data output

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

1-wire bus is used for communication between MCU and AM2302. (Our 1-wire bus is specially designed, it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of our 1-wire bus:

DATA=16 bits RH data+16 bits Temperature data+8 bits check-sum

Example: MCU has received 40 bits data from AM2302 as

0000 0010 1000 1100 0000 0001 0101 1111 1110 1110

16 bits RH data 16 bits T data check sum

Here we convert 16 bits RH data from binary system to decimal system,

0000 0010 1000 1100 → 652

Binary system Decimal system

RH=652/10=65.2%RH

Here we convert 16 bits T data from binary system to decimal system,

0000 0001 0101 1111 → 351

Binary system Decimal system

T=351/10=35.1℃

When highest bit of temperature is 1, it means the temperature is below 0 degree Celsius.

Example: 1000 0000 0110 0101, T= minus 10.1℃

16 bits T data

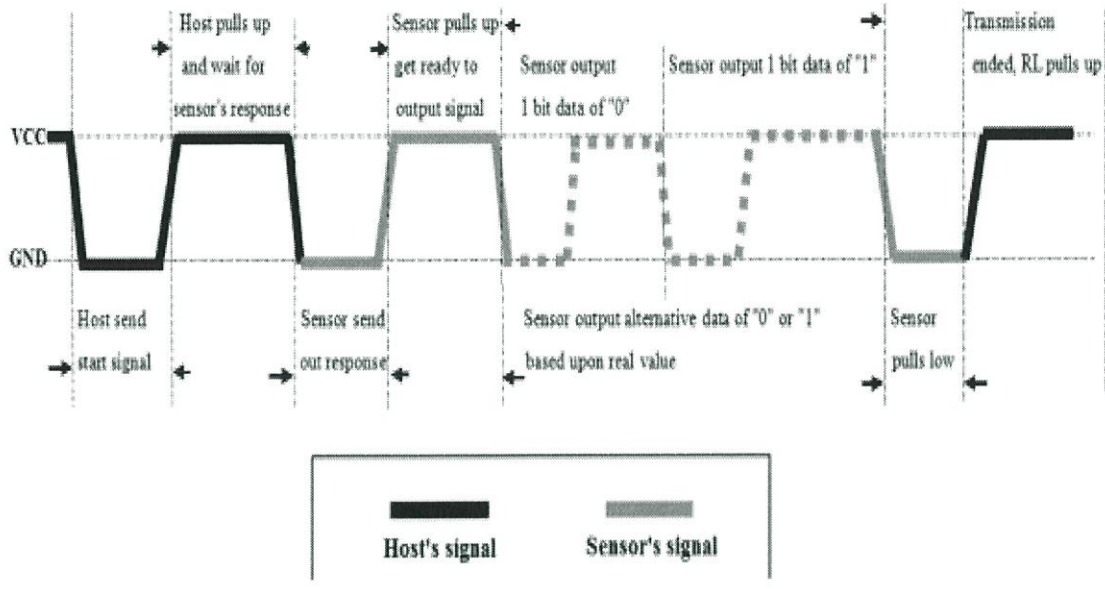
Sum=0000 0010+1000 1100+0000 0001+0101 1111=1110 1110

Check-sum=the last 8 bits of Sum=1110 1110

รูปที่ ก.2 ข้อมูลทั่วไปของ DHT22 (2)

When MCU send start signal, AM2302 change from standby-status to running-status. When MCU finishs sending the start signal, AM2302 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature to MCU. Without start signal from MCU, AM2302 will not give response signal to MCU. One start signal for one response data from AM2302 that reflect the relative humidity and temperature. AM2302 will change to standby status when data collecting finished if it don't receive start signal from MCU again.

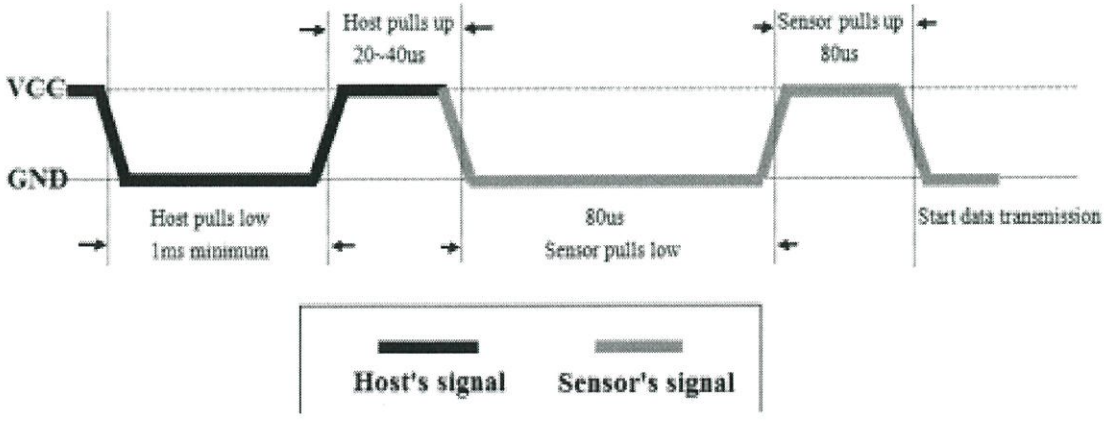
See below figure for overall communication process, **the interval of whole process must beyond 2 seconds.**



1) Step 1: MCU send out start signal to AM2302 and AM2302 send response signal to MCU

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and AM2302 begins, MCU will pull low data-bus and this process must beyond at least 1~10ms to ensure AM2302 could detect MCU's signal, then MCU will pulls up and wait 20-40us for AM2302's response.

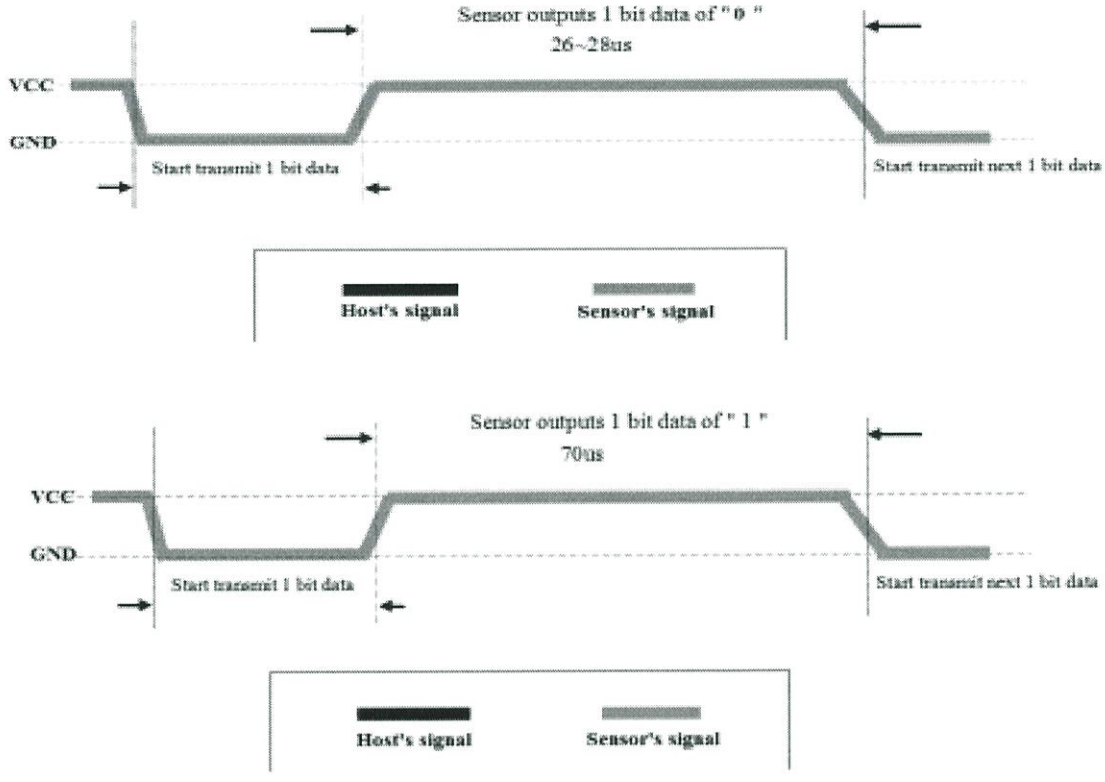
When AM2302 detect the start signal, AM2302 will pull low the bus 80us as response signal, then AM2302 pulls up 80us for preparation to send data. See below figure:



รูปที่ ก.3 ข้อมูลทั่วไปของ DHT22 (3)

2). Step 2: AM2302 send data to MCU

When AM2302 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0". See below figures:



Attention:

If signal from AM2302 is always high-voltage-level, it means AM2302 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Items	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

รูปที่ ก.4 ข้อมูลทั่วไปของ DHT22 (4)

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติประจำตัวของพัดลมระบายอากาศ

MITSUMI

120x120x38 mm

MODEL : F1210

DC 12 V DC, 0.34 A

93.0~138.0 CFM

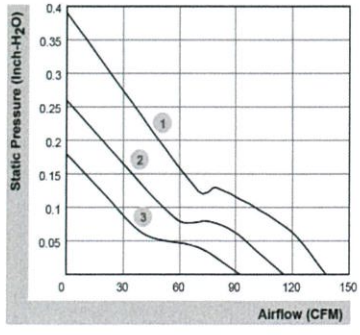
EEC0382B1-0000-A99 24V 4.5"

■ Specifications

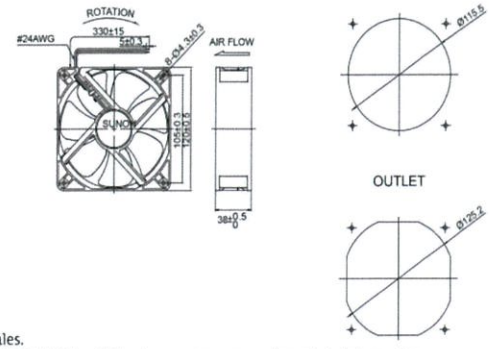
MAGLev by SUNON	Bearing	Rating Voltage	Power Current	Power Consumption	Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise	Weight	Curve
	● VAPO	(VDC)	(mA)	(WATTS)	(RPM)	(CFM)	(inch-H_2O)	(dB(A))	(g)	
MEC0381V1-0000-A99	●	12	833	10.0	3100	138.0	0.36	48.0	218.0	1
MEC0381V2-0000-A99	●	12	421	5.1	2600	116.0	0.26	44.0	218.0	2
MEC0381V3-0000-A99	●	12	241	2.9	2100	93.0	0.18	37.0	218.0	3
MEC0382V1-0000-A99	●	24	383	9.2	3100	138.0	0.36	48.0	218.0	1
MEC0382V2-0000-A99	●	24	224	5.4	2600	116.0	0.26	44.0	218.0	2
MEC0382V3-0000-A99	●	24	130	3.1	2100	93.0	0.18	37.0	218.0	3
MEC0384V1-0000-A99	●	48	203	9.7	3100	138.0	0.36	48.0	218.0	1
MEC0384V2-0000-A99	●	48	120	5.8	2600	116.0	0.26	44.0	218.0	2
MEC0384V3-0000-A99	●	48	69	3.3	2100	93.0	0.18	37.0	218.0	3

Model	Bearing	Rating Voltage	Power Current	Power Consumption	Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise	Weight	Curve
	2BALL Sleeve	(VDC)	(mA)	(WATTS)	(RPM)	(CFM)	(inch-H_2O)	(dB(A))	(g)	
EEC0381B1-0000-A99	●	12	833	10.0	3100	138.0	0.36	48.0	214.0	1
EEC0381B2-0000-A99	●	12	421	5.1	2600	116.0	0.26	44.0	214.0	2
EEC0381B3-0000-A99	●	12	241	2.9	2100	93.0	0.18	37.0	214.0	3
EEC0382B1-0000-A99	●	24	383	9.2	3100	138.0	0.36	48.0	214.0	1
EEC0382B2-0000-A99	●	24	224	5.4	2600	116.0	0.26	44.0	214.0	2
EEC0382B3-0000-A99	●	24	130	3.1	2100	93.0	0.18	37.0	214.0	3
EEC0384B1-0000-A99	●	48	203	9.7	3100	138.0	0.36	48.0	214.0	1
EEC0384B2-0000-A99	●	48	120	5.8	2600	116.0	0.26	44.0	214.0	2
EEC0384B3-0000-A99	●	48	69	3.3	2100	93.0	0.18	37.0	214.0	3

■ Air Flow-Static Pressure Characteristics



■ External dimensions(mm)



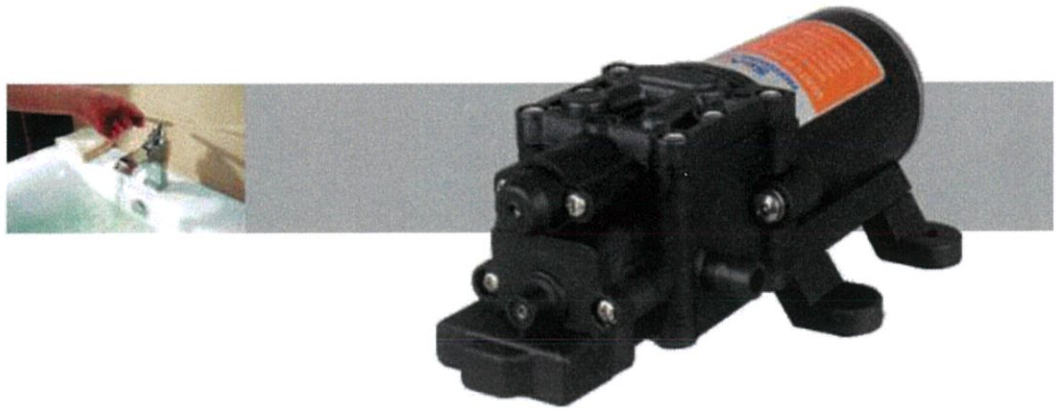
*All model could be customized. Please contact with Sunon Sales.
*Specifications are subject to change without notice. Please Visit SUNON website at www.sunon.com for update information.

รูปที่ ข.1 ข้อมูลทั่วไปของพัดลมระบายอากาศ

ภาคผนวก ค

คุณสมบัติประจำตัวของปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

CE RoHS ISO 9001:2008 SGS | SEAFLO
TEL: 0086 592 5930656 www.seaflo.com Email: sale@seaflo.com



Diaphragm Pump 22 Series

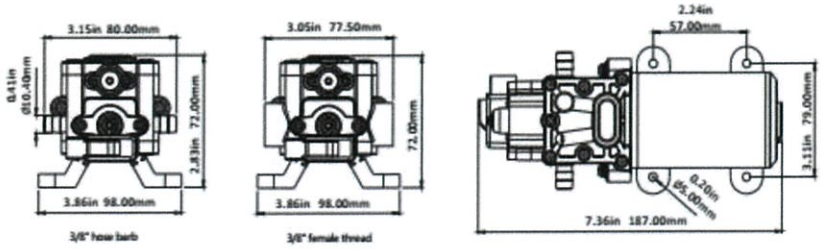
Features & Benefits
Positive displacement pump
Can run dry
Quiet operation
Available demand and bypass
Industry standard mount pattern

Typical Applications
Marine/RV
Water Treatment/Ro
Beverage/Food Service
Distillation Equipment
Agricultural Spraying
General Industrial
Automotive

PUMP
Type
2 Chamber positive displacement diaphragm pump, self priming, capable of being run dry
Mode
demand or bypass
Liquid Temperature
140°F (60°C) Max.
Priming Capabilities
6 feet (1.8 m) suction lift
Max Pressure
100 PSI (6.9 bar)

Inlet/Outlet Ports
3/8" hose barb
Weight
2.6 lbs (1.18 kg)

MOTOR
Duty Cycle
Intermittent
Leads
18 AWG, 9.84" long with 2-Pin connector/Leads
Voltage
12v/24v



STANDARD PUMP CONFIGURATIONS

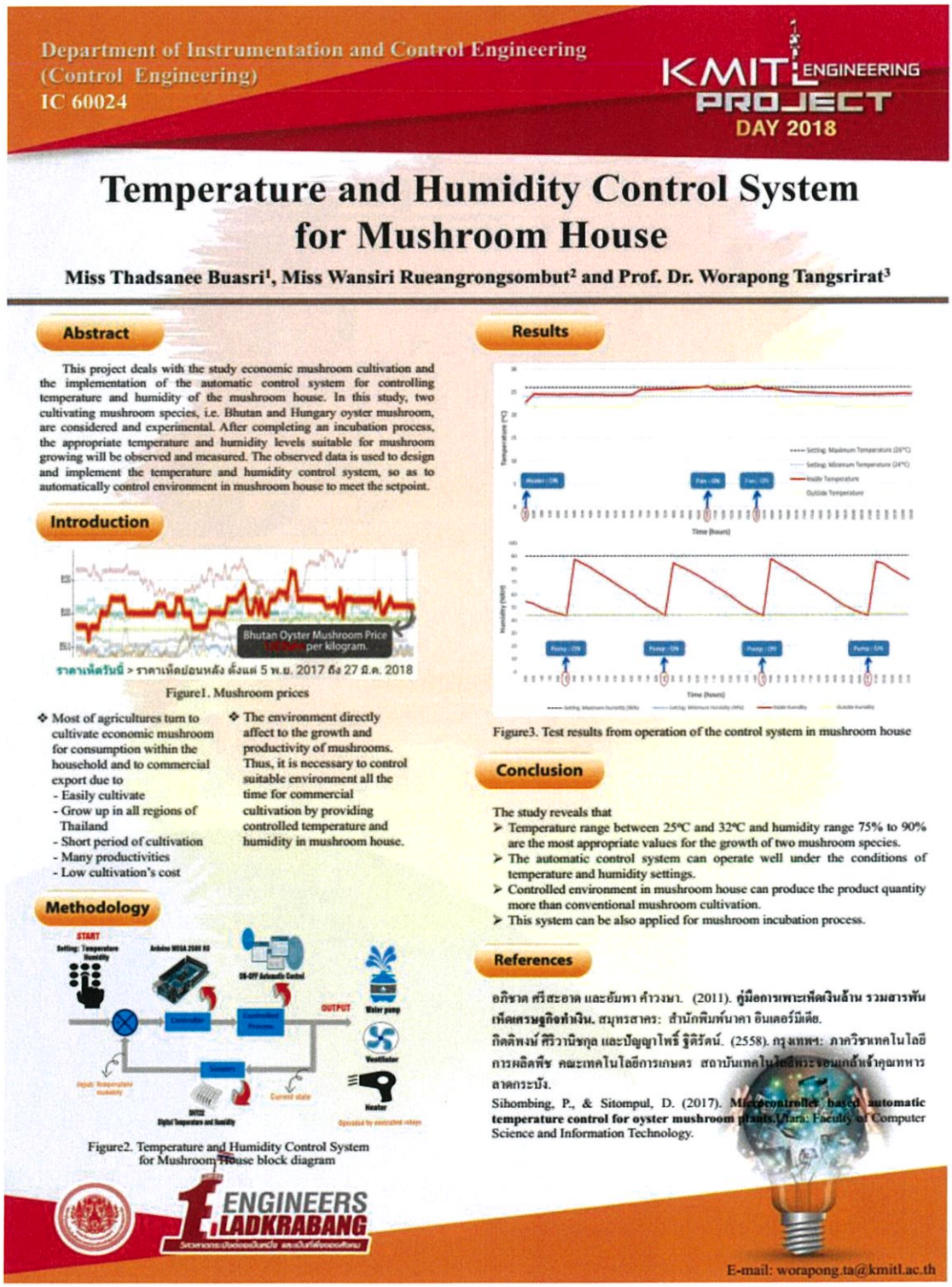
Model	Switch	GPM/LPM	PSI/BAR	Max Draw(A)	Valves	Diaphragm	Ports	Voltage	Wire Connections
SFDP1-013-100-22	Demand	1.3/5.0	100/6.9	5.0	EPDM	Santoprene	3/8" Barb	12V	2-Pin/Leads
SFDP2-013-100-22	Demand	1.3/5.0	100/6.9	2.6	EPDM	Santoprene	3/8" Barb	24V	2-Pin/Leads

12

รูปที่ ค.1 ข้อมูลทั่วไปของปั๊มน้ำแรงดันต่ำ

ภาคผนวก ง

โปสเตอร์



รูปที่ ง.1 โปสเตอร์