# ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

# AUTOMATIC CLOTHES LINE


นายปกรณ์ วัชราเรืองวิทย์ รหัส 57363238

นายพัชรกร กงจักร์ รหัส 57363269


**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**

**ปีการศึกษา 2560**

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

**ชื่อหัวข้อโครงงาน** ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

**ผู้ดำเนินโครงงาน** นายปกรณ์ วัชราเรืองวิทย์ รหัส 57363238

นายพัชรกร กงจักร์ รหัส 7363269

**ที่ปรึกษาโครงงาน** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์

**สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า

**ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

**ปีการศึกษา** 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายปกรณ์ | วัชราเรืองวิทย์ | รหัส 57363238 |
| | นายพัชรกร | กงจักร์ | รหัส 57363269 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา | | สงฆ์จันทร์ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2560 | | |

.....

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติที่สามารถเลื่อนตากและเลื่อนเก็บผ้าได้ ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนของที่เก็บผ้า ส่วนของราวตากผ้าและส่วนของฝาปิดด้านหน้า โดยส่วนของฝาปิดด้านหน้าจะติดตั้งล้อที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เลื่อนส่วนของราวตากผ้าเข้าและออก เซนเซอร์น้ำฝนจำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ตรวจจับหยดน้ำที่ตกกระทบบนหน้าสัมผัสของเซนเซอร์ เซนเซอร์แสงจำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ตรวจจับแสงที่ตกกระทบบนหน้าสัมผัส โดยกระบวนการทำงานนั้นผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมด โหมดแรกคือโหมดบังคับมือ ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานผ่านสวิตช์บริเวณหน้าเครื่องและผ่านแอปพลิชันสำเร็จรูป (Blynk) โหมดที่สองคือโหมดอัตโนมัติ ราวตากผ้าจะรับค่าจากเซนเซอร์น้ำฝนและเซนเซอร์แสง จากนั้นจะส่งข้อมูลไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ราวตากผ้าเลื่อนตากและเลื่อนเก็บ ซึ่งในแต่ละสถานะการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติที่ผู้ใช้สั่งการจะมีการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) จากผลการทดลองการทำงานต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติสามารถเก็บและตากผ้าได้จริงและส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานได้อย่างถูกต้อง

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project title** | Automatic Clothes Line | | |
| **Name** | Mr. Pagorn | Watchararuangwit | ID. 57363238 |
| | Mr. Patcharakorn | Kongjak | ID. 57363269 |
| **Project advisor** | Asst. Prof. Mutita | Songjun, Ph.D. | |
| **Major** | Electrical Engineering | | |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering | | |
| **Academic year** | 2017 | | |

.....


## Abstract

This project proposes the automatic clothes line. It is used to hang out the clothes and keep them automatically. This machine consists of three parts, clothes storage, clothesline, and front cover. One rain sensor and one light sensors are used to detect the rain and the sun light respectively. Two DC motors are used to move the wheels for opening and closing the front cover. There are two operating mode; the manual mode that the users can control the machine by the switches and Blynk application, and the automatic mode which the clothesline is able to move automatically by getting signal from the rain sensor and the light sensors. In the process that command by the users, the notification message will be sent through LINE application to the users. The results show that the automatic clothes line is capable to hang out the clothes and keep them automatically and correctly.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้คำเสนอแนะ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย สำหรับคำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำโครงงาน รวมถึงข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งได้นำมาประกอบในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ สำหรับคำปรึกษาและชี้แนะแนวทางต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้โครงงานนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้มีพระคุณที่ไม่ได้กล่าวถึงทุกท่านที่ต่างมีส่วนร่วมในการชี้แนะให้ข้อมูลและให้ความรู้ ท้ายที่สุดต้องขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยสั่งสอนและให้กำลังใจเสมอมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในการศึกษาเพื่อจะได้นำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปปฏิบัติให้เกิดประโยชน์แก่ผู้อื่นและสังคมต่อไป

ผู้ดำเนินโครงงาน
ปกรณ์ วัชราเรืองวิทย์
พัชรกร กงจักร์

พฤษภาคม 2561

# สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....3
1.6 งบประมาณ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....4
2.1.1 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์.....4
2.1.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU).....5
2.1.1.2 หน่วยความจำ (Memory).....5
2.1.1.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port).....5
2.1.1.4 ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus).....5
2.1.1.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock Generator).....5
2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino).....5
2.1.3 โมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต.....6

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 เซนเซอร์ (Sensor) ..... 7
2.2.1 คุณลักษณะของเซนเซอร์ ..... 7
2.2.2 โมดูลเซนเซอร์น้ำฝน (Raindrop Detection Sensor Module) ..... 7
2.2.3 ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง (Light Dependent Resistor) ..... 8
2.2.4 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Obstacle Avoidance Sensor Module) ..... 9
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ..... 9
2.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง ..... 9
2.3.1.1 ควบคุมทิศการหมุนโดยใช้รีเลย์ ..... 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน ..... 12
3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง ..... 12
3.1.1 ส่วนของราวตากผ้า ..... 12
3.1.2 ส่วนของฝาปิดด้านหน้า ..... 13
3.1.3 ส่วนของที่เก็บผ้า ..... 13
3.1.4 ส่วนของรางและแกนพลาสติกควบคุมทิศทางการเลื่อนเข้าและเลื่อนออก ..... 14
3.2 รูปแบบการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ ..... 14
3.2.1 โหมดบังคับมือ ..... 14
3.2.2 โหมดอัตโนมัติ ..... 15
3.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ ..... 17
3.3.1 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ..... 17
3.3.2 เซนเซอร์น้ำฝน ..... 17
3.3.3 เซนเซอร์แสง ..... 18
3.3.4 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ ..... 18
3.3.5 วงจรแผงควบคุม ..... 19
3.3.6 ส่วนประมวลผลและส่งสัญญาณผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ..... 20

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.7 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน.....21
3.4 การตั้งค่าแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)..... 22
3.5 การแสดงผลการแจ้งเตือน ..... 25

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....26
4.1 การทดลองหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงที่ส่งข้อมูลไปประมวลผลและควบคุมส่วนของราวตากผ้าให้เลื่อนเข้าและออกในโหมดอัตโนมัติ.....26
4.2 การทดลองหาค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก27
4.3 การทดลองการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ..... 28
4.3.1 การทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่มีการสั่งผ่านแผงควบคุม.....29
4.3.2 การทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่มีการสั่งผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จรูป .....29
4.4 การทดลองหาค่าเวลาที่ใช้ในการตากผ้าจนกระทั่งผ้าแห้ง.....30

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....33
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....33
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข ..... ..33
5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน ..... 35

เอกสารอ้างอิง.....36
ภาคผนวก ก รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 .....37
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลรีเลย์ .....41
ประวัติผู้เนินโครงงาน .....44

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน .....3

4.1 ค่าความต้านทานจากตัวต้านทานปรับค่าตามแสง.....27

4.2 ค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก .....28

4.3 สถานะการทำงานและการแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ .....30

4.4 ค่าน้ำหนักของถุงเท้าที่ตากไว้ที่ราวตากผ้าอัตโนมัติ .....31

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# สารบัญรูป


รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์ ....4

2.2 บอร์ดอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3 ....6

2.3 โมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต NodeMCU....6

2.4 วงจรโมดูลเซนเซอร์น้ำฝน ....8

2.5 ส่วนประกอบของตัวต้านทานปรับค่าตามแสง....8

2.6 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ....9

2.7 ลักษณะการต่อวงจรรีเลย์ควบคุมการกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง ....10

2.8 วงจรควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ....11

2.9 วงจรควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนตามเข็มนาฬิกา ....11

3.1 ส่วนของราวตากผ้าขณะขยายออก....12

3.2 ส่วนของราวตากผ้าขณะหดเข้า....12

3.3 ส่วนของฝาปิดด้านหน้า ....13

3.4 ส่วนของที่เก็บผ้า....13

3.5 ส่วนของรางและแกนพลาสติกควบคุมทิศทางการเลื่อนเข้าและออก....14

3.6 โครงสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ....14

3.7 แผนผังขั้นตอนการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ....16

3.8 รีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ....17

3.9 ลักษณะการต่อเซนเซอร์น้ำฝน ....18

3.10 วงจรของเซนเซอร์แสง....18

3.11 ลักษณะการต่อเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ....19

3.12 ลักษณะการต่อวงจรแผงควบคุม ....19

3.13 การเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของบอร์ดอาดุยโน่....20

3.14 การเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของบอร์ดอินเทอร์เน็ต ....21

3.15 การเชื่อมต่ออุปกรณ์และวงจรในการควบคุมการทำงานราวตากผ้าอัตโนมัติ....22

3.16 หน้าจอเตรียมสร้างโปรเจค ....22

3.17 หน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่อกับโมดูลอินเทอร์เน็ต ....23

# สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.18 รหัสสำหรับใช้เชื่อมต่อโมดูลอินเทอร์เน็ตกับแอปพลิเคชัน .....23
3.19 การเขียนโปรแกรมโดยมีรหัสสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ .....23
3.20 การสร้างอุปกรณ์สำหรับใช้ควบคุมผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย.....24
3.21 การตั้งค่า Button .....24
3.22 แอปพลิเคชันพร้อมใช้งาน .....24
3.23 การแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) .....25
4.1 แผงควบคุมบริเวณหน้าเครื่อง .....29
4.2 แผงควบคุมในแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) .....29
4.3 การแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) .....30
4.4 น้ำหนักของถุงเท้าก่อนการซักและหลังการซัก.....31
4.5 การตากถุงเท้าบนราวตากผ้าอัตโนมัติ.....31
4.6 น้ำหนักของถุงเท้าที่แห้งแล้วหลังการตากบนราวตากผ้าอัตโนมัติ.....32

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในยุคปัจจุบันเป็นยุคแห่งการแข่งขัน มนุษย์ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง สามารถลดเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ และเพิ่มความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น การดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การประชุม การเข้าสังคมและพบปะผู้คน รวมไปถึงการร่วมงานในพิธีสำคัญต่างๆ ลักษณะการแต่งกายและความสะอาดของเสื้อผ้ามีความสำคัญมาก การแต่งกายที่สะอาดจะเพิ่มความมั่นใจแก่ผู้สวมใส่และสร้างความประทับใจให้กับผู้สนทนา

สภาพอากาศในปัจจุบันมีความไม่แน่นอนเนื่องจากสภาวะโลกร้อนทำให้ไม่สามารถคาดการณ์สภาพอากาศได้อย่างแม่นยำ เมื่อออกไปทำงานนอกบ้านหรือไม่อยู่บ้านในวันที่ฝนตกมักจะพบปัญหาเกี่ยวกับการเก็บผ้าที่ตากไว้ เก็บผ้าไม่ทันผ้าไม่แห้งและมีกลิ่นอับต้องซักใหม่ทำให้สิ้นเปลืองน้ำและมีค่าใช้จ่ายเพิ่ม

จากปัญหาข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงงานต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ เมื่อมีฝนตกหรือแสงสว่างไม่เพียงพอต่อการตากผ้า ราวตากผ้าจะเก็บผ้าอัตโนมัติเพื่อไม่ให้ผ้าเปียกมีความชื้น ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัตินี้จะช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานรวมไปถึงผู้พิการที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างสะดวก

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติที่สามารถเลื่อนเก็บผ้าเองได้เมื่อมีฝนตกหรือแสงสว่างไม่เพียงพอในการตากผ้าและสามารถเลื่อนออกเพื่อตากผ้าได้เมื่อฝนหยุดตกและมีแสงสว่างเพียงพอ โดยผู้ใช้สามารถควบคุมการเลื่อนเก็บและตากผ้าเองได้ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 โครงสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร และราวตากผ้ายืดได้ยาวประมาณ 70 เซนติเมตร

1.3.2 ใช้สำหรับตากผ้าที่มีความยาวไม่เกิน 15 เซนติเมตร และกว้างไม่เกิน 15 เซนติเมตร

1.3.3 ส่วนของราวตากผ้าที่ยืดหดได้รองรับน้ำหนักผ้าที่ตากทั้งหมดไม่เกิน 500 กรัม

1.3.4 ควบคุมทิศทางการเลื่อนออกและเลื่อนเก็บด้วยรางที่ติดไว้บริเวณฐานของโครงสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

1.3.5 ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติทำงานได้ 2 รูปแบบคือโหมดอัตโนมัติและโหมดบังคับมือ โดยโหมดบังคับมือผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานได้ 2 วิธีดังต่อไปนี้

1. ควบคุมการทำงานผ่านแผงควบคุมบริเวณหน้าเครื่อง
2. ควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

โหมดอัตโนมัติ ราวตากผ้าจะทำงานอัตโนมัติเมื่อได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ 2 ชนิดคือเซนเซอร์แสงและเซนเซอร์น้ำฝนที่ติดตั้งไว้บนโครงสร้างของเครื่อง

1.3.6 เมื่อผู้ใช้สั่งการต้นแบบราวตากผ้าจนทำงานเสร็จในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง จะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) โดยจะแสดงเป็นข้อความซึ่งมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าเลื่อนออกจะแสดงข้อความ “ราวตากผ้าเลื่อนออกแล้ว”
2. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าเลื่อนเก็บจะแสดงข้อความ “ราวตากผ้าเลื่อนเก็บแล้ว”
3. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าทำงานโหมดอัตโนมัติจะแสดงข้อความ “โหมดอัตโนมัติ”
4. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้ากลับสู่สถานะเริ่มต้นจะแสดงข้อความ “รีเซ็ต”

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

1.4.2 เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้พิการที่เคลื่อนที่ไม่สะดวก

1.4.3 เพิ่มความสะดวกในการเก็บผ้าขณะที่ผู้ใช้ไม่ได้อยู่ที่บ้านหรือไปทำงาน

1.4.4 เพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บผ้าสำหรับสถานประกอบการที่มีการตากผ้าจำนวนมาก เช่น โรงพยาบาล ร้านซักรีด เป็นต้น

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน

| รายละเอียด | ระยะเวลาการดำเนินการ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2560 | | | | 2561 | | | | |
| | ก.ย. | ต.ค | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| 1. ศึกษาการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติ | | | | | | | | | |
| 2. ออกแบบและสร้างชิ้นงาน | | | | | | | | | |
| 3. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน | | | | | | | | | |
| 4. ทดลองและแก้ไขข้อผิดพลาด | | | | | | | | | |
| 5. สรุปผลการดำเนินงานและเขียนปริญญานิพนธ์ | | | | | | | | | |

## 1.6 งบประมาณ

| | | |
|---|---|---|
| 1.6.1 ค่าเซนเซอร์น้ำฝน | 65 | บาท |
| 1.6.2 ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง | 35 | บาท |
| 1.6.3 ค่าโครงสร้างราวตากผ้า | 2,200 | บาท |
| 1.6.4 บอร์ดเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต | 400 | บาท |
| 1.6.5 ค่าเอกสาร | 500 | บาท |
| รวม (สามพันสองร้อยบาทถ้วน) | 3,200 | บาท |

**หมายเหตุ** (ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

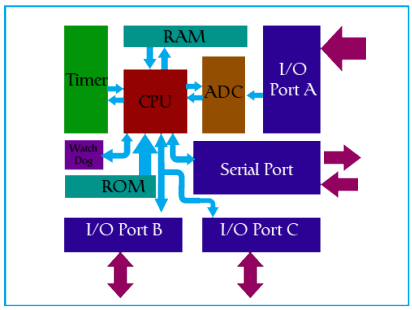
ในบทนี้จะรวบรวมทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการเก็บและการยืดราวตากผ้าอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino) เป็นตัวควบคุมหลักและมีส่วนประกอบสำคัญคือโมดูลเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสภาพแวดล้อมและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนกลไกการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติ

## 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่มีความสามารถคล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกันผ่านการออกแบบวงจรที่เหมาะสม สามารถโปรแกรมคำสั่งควบคุมขาอินพุตและขาเอาต์พุตเพื่อประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ในปัจจุบันได้พัฒนาการเชื่อมต่อกับระบบเน็ตเวิร์ค (Network) ควบคุมการทำงานระยะทางไกลได้

### 2.1.1 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วนประกอบคือ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ พอร์ต ช่องทางเดินของสัญญาณและวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงในรูปที่ 2.1 ได้ดังนี้




**รูปที่ 2.1** ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่มา : https://www.slideshare.net/cyanoabhi/microcontroller-2381057

2.1.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ประมวลผลคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบทางตรรกะของข้อมูล

2.1.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลักและหน่วยความจำข้อมูล หน่วยความจำโปรแกรมหลักมีลักษณะการทำงานคือสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ด้วยไฟฟ้า ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง ส่วนหน่วยความจำข้อมูลมีลักษณะการทำงานคือ เป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลจะหายไป

2.1.1.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port)

ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกมี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก พอร์ตอินพุตจะรับสัญญาณเพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปแสดงผลที่พอร์ตเอาต์พุต

2.1.1.4 ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus)

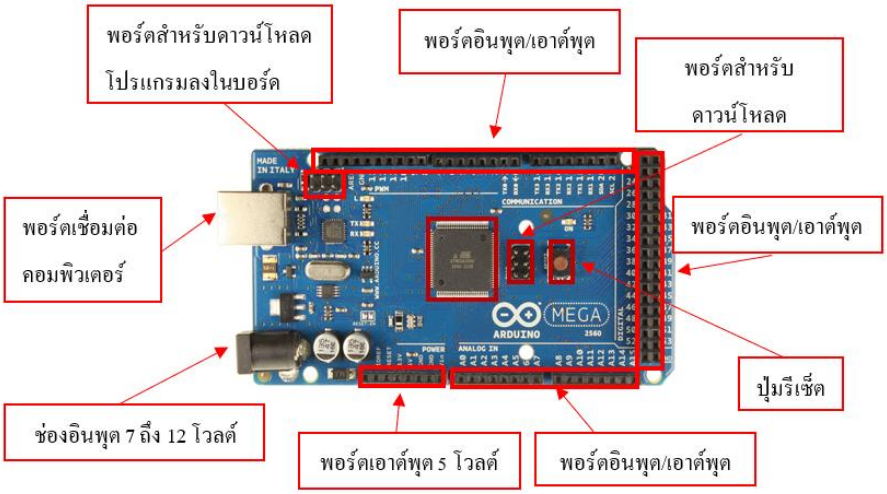
บัสคือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำ พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต บัสมีลักษณะเป็นสายสัญญาณจำนวนมากซึ่งอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.1.1.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock Generator)

วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาทำหน้าที่กำหนดจังหวะการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจะส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูง

### 2.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดุยโน่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบสำเร็จรูปสร้างโดยบริษัท ATMEL มีขนาดเล็กสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมอุปกรณ์ที่หลากหลาย การทำงานจะใช้ภาษาซีในการโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน จากรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้




**รูปที่ 2.2** บอร์ดอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3

บอร์ดอาดุยโน่สำเร็จรูปรุ่น Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ดอาดุยโน่ที่ออกแบบสำหรับงานที่ใช้พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตจำนวนมาก เหมาะกับการใช้งานเชื่อมต่อโมดูลหลายๆ โมดูล เช่น โมดูลเซนเซอร์ โมดูลจอแสดงผลแอลอีดี เป็นต้น

### 2.1.3 โมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

โมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเป็นโมดูลที่ทำให้บอร์ดอาดุยโน่สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้โดยมีเราเตอร์ (Router) เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสัญญาณกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างของโมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแสดงดังรูปที่ 2.3 ได้ดังนี้

**รูปที่ 2.3** โมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต NodeMCU

ที่มา : http://www.ayarafun.com/product/nodemcu-v1-devkit-wifi/

## 2.2 เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ (Sensor) หรือตัวรับรู้คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางสภาพแวดล้อมตามเงื่อนไขต่างๆ และแปรการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นปริมาณที่สามารถวัดหรือบันทึกได้

### 2.2.1 คุณลักษณะของเซนเซอร์

2.2.1.1. ความถูกต้อง (Accuracy) คือค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นระหว่างค่าที่อ่านได้กับค่าทางทฤษฎี

2.2.1.2. ความไว (Sensitivity) คือความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตความไวโดยทั่วไปเป็นอัตราส่วนของเอาต์พุตส่วนอินพุต

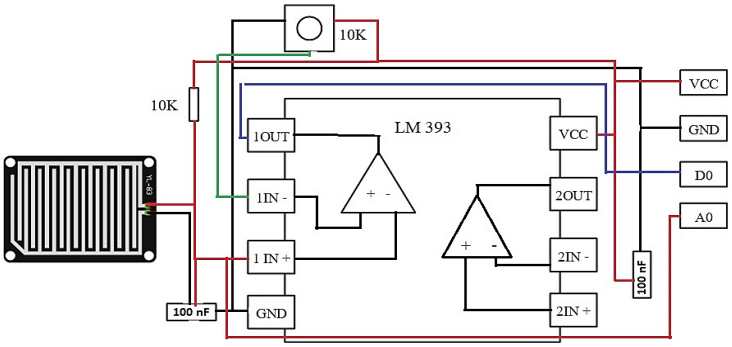
2.2.1.3. ช่วงการใช้งาน (Range) คือช่วงการใช้งานของเซนเซอร์ ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.1.4. ความเสถียร (Resolution) คือความสามารถในการรักษาสภาวะคงที่ เมื่อมีสิ่งรบกวนจากสภาพแวดล้อม

2.2.1.5. อายุการใช้งาน (Operating Life) คือระยะเวลาการใช้งานของเซนเซอร์ที่คาดว่าจะสามารถทำงานได้ภายใต้ข้อกำหนด ซึ่งจะแสดงในรูปของเวลาหรือจำนวนครั้งการใช้งาน

### 2.2.2 โมดูลเซนเซอร์น้ำฝน (Raindrop Detection Sensor Module)

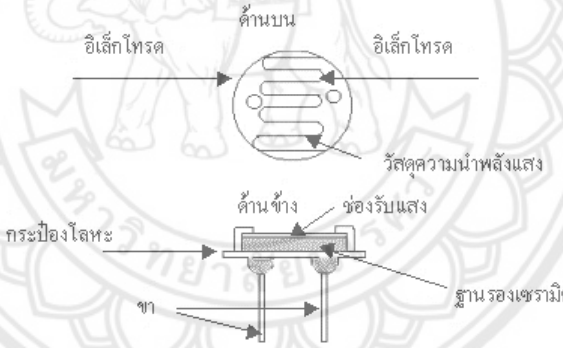
โมดูลเซนเซอร์น้ำฝนเป็นโมดูลสำหรับวัดความชื้นในอากาศและน้ำฝนที่มาสัมผัสกับหน้าสัมผัสเซนเซอร์ โมดูลเซนเซอร์น้ำฝนมีวงจรแสดงดังรูปที่ 2.4 ประกอบด้วยไอซีเปรียบเทียบแรงดัน LM393 ในสภาพอากาศปกติจะให้ค่าความต้านทานสูง เมื่อสภาพอากาศเปลี่ยนไปมีฝนตกหรือมีความชื้นในอากาศมากจะให้ค่าความต้านทานลดลง สามารถปรับค่าความไวในการตรวจจับได้และให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบดิจิทัลเอาต์พุตเป็นลอจิกสูงและลอจิกต่ำ




**รูปที่ 2.4** วงจรโมดูลเซนเซอร์น้ำฝน

### 2.2.3 ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง (Light Dependent Resistor)

ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงคือตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนความนำไฟฟ้าเมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยมีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 2.5 หน้าสัมผัสของเซนเซอร์ทำจากสารแคดเมียมซัลไฟด์หรือแคดเมียมซีนิไนด์ เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาเชื่อมจากสารที่ฉาบไว้ออกมาไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



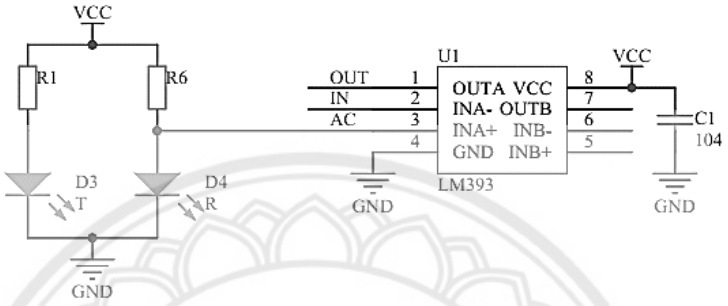

**รูปที่ 2.5** ส่วนประกอบของตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

ที่มา : https://www.thitiblog.com/blog/6796

ลักษณะการทำงานของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงคือ เมื่อมีแสงตกกระทบช่องรับแสงจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่บนแผ่นเซรามิก ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระวิ่ง เมื่อมีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมากส่งผลให้ความต้านทานลดลง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากความต้านทานจะลดลงมาก เมื่อไม่มีแสงตกกระทบจะมีความต้านทานมากขึ้น

### 2.2.4 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Obstacle Avoidance Sensor Module)

โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุคือเซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ มีคุณสมบัติในการตอบสนองที่รวดเร็วโดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสกับวัตถุ ไม่เหมาะกับการติดตั้งในบริเวณที่มีฝุ่นหรือบริเวณที่มีสารเคมีกัดกร่อนรุ่นแรง ใช้ไอซีเปรียบเทียบแรงดัน LM393 มีวงจรแสดงดังรูปที่ 2.6




**รูปที่ 2.6** วงจรเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

**ที่มา** : http://netram.co.za/2726-infrared-ir-obstacle-avoidance-sensor.html

## 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังกลเพื่อใช้สำหรับขับภาระ (Load) ชนิดต่างๆ มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปตามความเร็วรอบและกำลังไฟฟ้า สำหรับงานควบคุมขนาดเล็กที่ใช้มอเตอร์ที่มีพิกัดกำลังต่ำจะนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนโรเตอร์ (Rotor) และส่วนสเตเตอร์ (Stator) โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรที่หมุนได้ สเตเตอร์คือส่วนที่อยู่กับที่ การทำงานของมอเตอร์จะอาศัยสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำทำให้เกิดการผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสองส่งผลให้เกิดการหมุน การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ทฤษฎีและวิธีการควบคุมดังต่อไปนี้

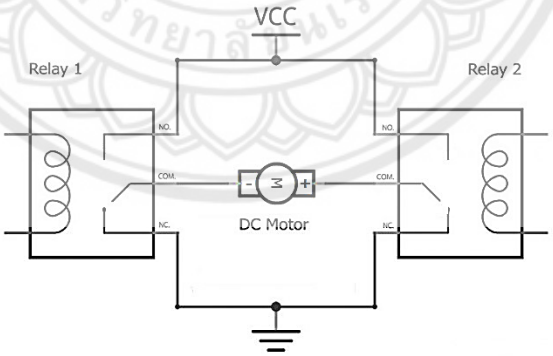
**2.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง**

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงสามารถทำได้โดยการสลับขั้วแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะไม่สามารถควบคุมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเนื่องจากความเร็วของมอเตอร์จะถูกจำกัดด้วยพิกัดแรงดัน โดยสามารถปรับได้ไม่เกินค่าแรงดันสูงสุดที่มอเตอร์ตัวนั้นกำหนดไว้

ในปัจจุบันนิยมใช้การควบคุมด้วยวงจรพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulator) และการควบคุมด้วยรีเลย์ วงจรพัลส์วิทมอดูเลเตอร์จะควบคุมแรงดันโดยจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์เป็นช่วงๆ หรือเรียกว่าการปรับช่วงกว้างของพัลส์ โดยใช้วงจรรีเลย์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ทำให้ลดกำลังสูญเสียได้

**2.3.1.1 ควบคุมทิศการหมุนโดยใช้รีเลย์**

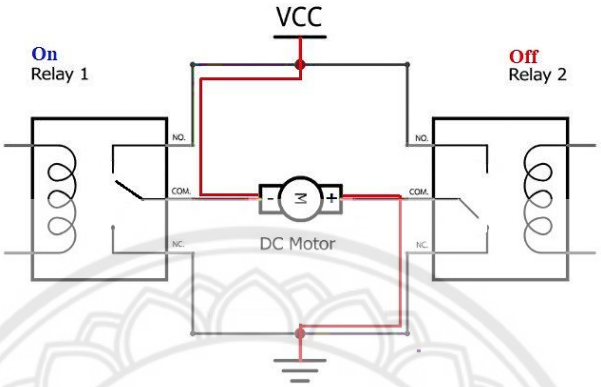
การควบคุมทิศการหมุนโดยใช้รีเลย์เป็นวงจรควบคุม ประกอบด้วยรีเลย์สองตัว มีวิธีการต่อวงจรคือนำขั้วบวกของมอเตอร์ต่อเข้ากับขาคอมมอน (Common) ของรีเลย์ตัวที่หนึ่ง และนำขั้วลบของมอเตอร์ต่อเข้ากับขาคอมมอน (Common) ของรีเลย์ตัวที่สอง จากนั้นนำขาปกติเปิด (Normal Open) ของรีเลย์ทั้งสองตัวต่อเข้ากับไฟลบหรือกราวด์และนำขาปกติปิด (Normal Close) ของรีเลย์ทั้งสองตัวต่อเข้ากับไฟบวก แสดงลักษณะการต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2.7



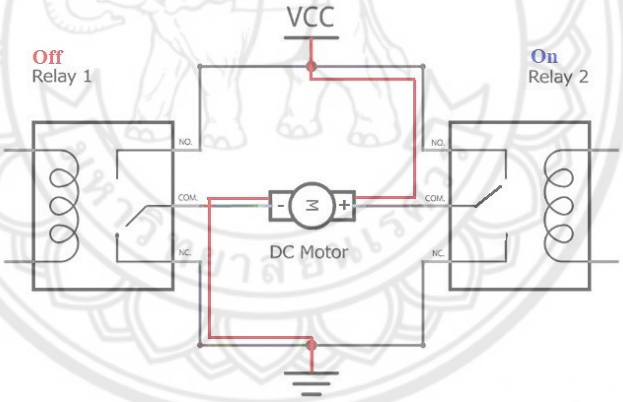

**รูปที่ 2.7** ลักษณะการต่อวงจรรีเลย์ควบคุมการกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง

ที่มา : https://www.thaiconverter.com

หลักการทำงานคือ เมื่อมีการขับรีเลย์ตัวที่หนึ่งจะทำให้กระแสวิ่งจากแหล่งจ่ายไฟไปตามทิศทางแสดงดังรูปที่ 2.8 ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ถ้าทำการขับรีเลย์ตัวที่สองและปิดการทำงานรีเลย์ตัวที่หนึ่ง ทำให้กระแสวิ่งจากแหล่งจ่ายไฟไปตามทิศทางแสดงดังรูปที่ 2.9 ส่งผลให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา




**รูปที่ 2.8** วงจรควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา




**รูปที่ 2.9** วงจรควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนตามเข็มนาฬิกา

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินโครงงาน

หลังจากศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน ในบทนี้จะรวบรวมขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันทั้งระบบโครงสร้างราวตากผ้าอัตโนมัติมีขั้นตอนและการดำเนินงานดังต่อไปนี้

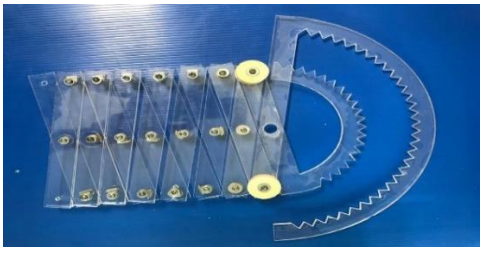
## 3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง

ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติมีลักษณะและส่วนประกอบของโครงสร้างดังนี้

### 3.1.1 ส่วนของราวตากผ้า

ส่วนของราวตากผ้ามีลักษณะเป็นรางตาข่ายที่ประกอบขึ้นจากแผ่นอะคริลิคขนาด 2×15×0.2 เซนติเมตร$^3$ เมื่อขยายออกจะมีความยาว 70 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร ลักษณะดังรูปที่ 3.1 และเมื่อหดเข้าจะมีความยาว 18 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร ลักษณะดังรูปที่ 3.2

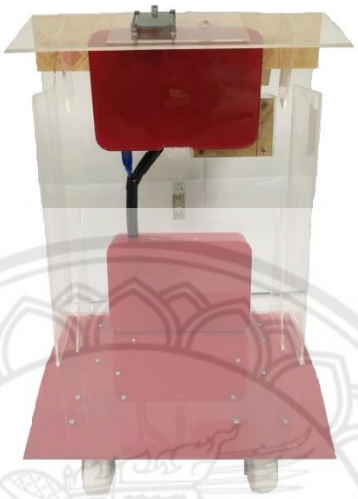
**รูปที่ 3.1** ส่วนของราวตากผ้าขณะขยายออก



**รูปที่ 3.2** ส่วนของราวตากผ้าขณะหดเข้า

**3.1.2 ส่วนของฝาปิดด้านหน้า**

ส่วนของฝาปิดด้านหน้ามีความกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 28 เซนติเมตร และสูง 45 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นฝาที่มีแผ่นฐานติดด้วยล้อสำหรับเคลื่อนส่วนของราวตากผ้าให้ยืดออกหรือหดเข้าและเป็นส่วนติดตั้งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะดังรูปที่ 3.3



**รูปที่ 3.3** ส่วนของฝาปิดด้านหน้า

**3.1.3 ส่วนของที่เก็บผ้า**

ส่วนของที่เก็บผ้ามีลักษณะเป็นกล่องสำหรับเก็บผ้ามีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 38 เซนติเมตรและความสูง 40 เซนติเมตร ลักษณะดังรูปที่ 3.4

**รูปที่ 3.4** ส่วนของที่เก็บผ้า

### 3.1.4 ส่วนของรางและแกนพลาสติกควบคุมทิศทางการเลื่อนเข้าและเลื่อนออก

ส่วนของรางและแกนพลาสติกมีหน้าที่ควบคุมทิศทางการเลื่อนเข้าและเลื่อนออกของฝาปิดด้านหน้าให้เป็นเส้นตรง รางมีความยาว 30 เซนติเมตร และความกว้าง 120 เซนติเมตร แกนพลาสติกมีความยาว 100 เซนติเมตร ลักษณะดังรูปที่ 3.5 และเมื่อนำส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบรวมกันสามารถแสดงดังรูปที่ 3.6 ได้ดังนี้

**รูปที่ 3.5** ส่วนของรางและแกนพลาสติกควบคุมทิศทางการเลื่อนเข้าและเลื่อนออก

**รูปที่ 3.6** โครงสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

## 3.2 รูปแบบการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้ 2 รูปแบบคือโหมดบังคับมือและโหมดอัตโนมัติ

### 3.2.1 โหมดบังคับมือ

ผู้ใช้สามารถควบคุมการเลื่อนเข้าและเลื่อนออกของราวตากผ้าได้ 2 ช่องทางคือ

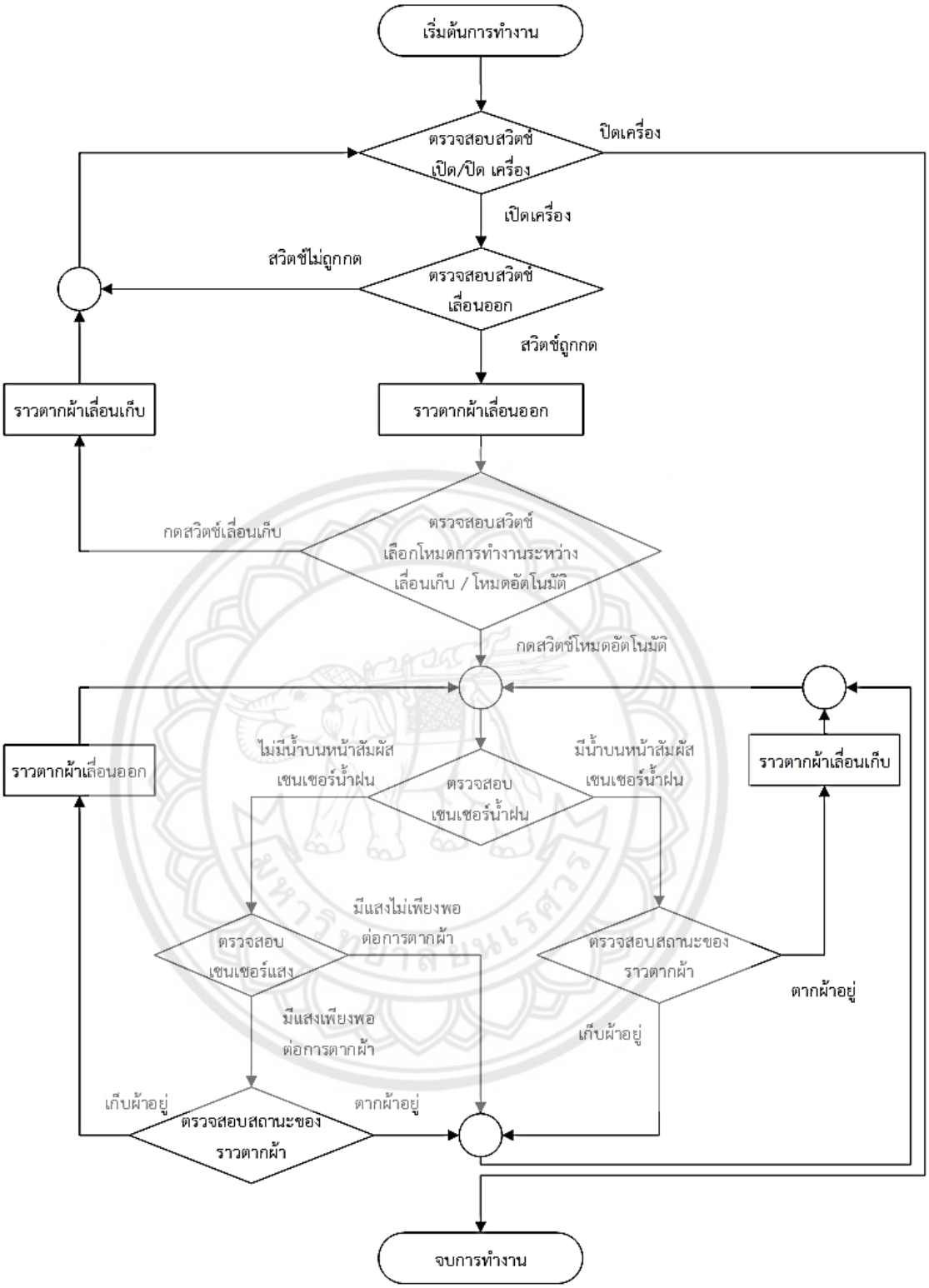
1. ควบคุมการทำงานผ่านแผงควบคุมบริเวณหน้าเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยสวิตช์เลื่อนออก สวิตช์เลื่อนเข้า สวิตช์อัตโนมัติ สวิตช์รีเซ็ตและสวิตช์เปิด/ปิดเครื่อง

2. ควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

**3.2.2 โหมดอัตโนมัติ**

ราวตากผ้าจะทำงานอัตโนมัติเมื่อผู้ใช้กดสวิตช์ตัวที่ 3 (ทำงานอัตโนมัติ) ราวตากผ้าจะรับสัญญาณจากเซนเซอร์ 2 ชนิดคือเซนเซอร์แสงและเซนเซอร์น้ำฝนที่ติดตั้งไว้บนโครงสร้างของเครื่อง

การเริ่มต้นใช้งานอันดับแรกกดสวิตช์ตัวที่ 1 (เลื่อนออก) เพื่อให้ส่วนของราวตากผ้าเลื่อนออกให้ผู้ใช้งานตากผ้า เมื่อสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการตากผ้าผู้ใช้สามารถกดสวิตช์ตัวที่ 2 (เลื่อนเข้า) เพื่อให้ส่วนของราวตากผ้าเลื่อนเก็บผ้า ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการให้ราวตากผ้าทำงานอัตโนมัติสามารถกดสวิตช์ตัวที่ 3 (ทำงานอัตโนมัติ) เพื่อให้ส่วนของราวตากผ้าเลื่อนเข้าและเลื่อนออกตามเงื่อนไขที่ตั้งค่าไว้คือ เลื่อนออกเมื่อไม่มีฝนตกและมีแสงแดดเพียงพอ เลื่อนเข้าเมื่อฝนตกหรือแสงแดดไม่เพียงพอ สำหรับสวิตช์ตัวที่ 4 (รีเซ็ต) เป็นสวิตช์สั่งการให้ระบบการทำงานของราวตากผ้ากลับสู่สภาวะเริ่มต้น (ราวตากผ้าเลื่อนเก็บ) แผนผังขั้นตอนการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.7

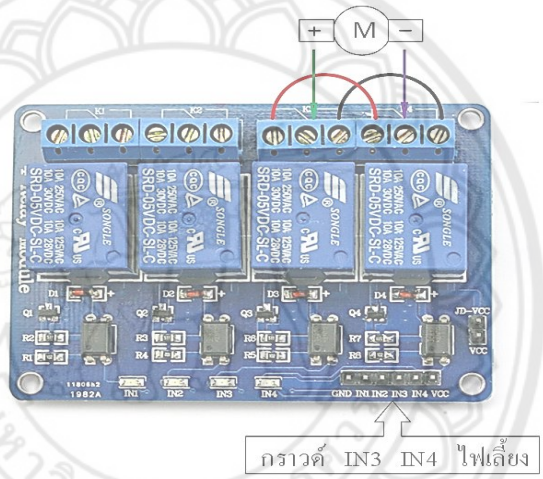



**รูปที่ 3.7** แผนผังขั้นตอนการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

## 3.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ

### 3.3.1 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

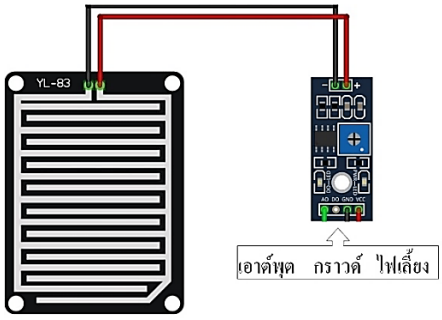
การควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์จะใช้รีเลย์เป็นวงจรควบคุม มีวิธีการต่อวงจรด้านอินพุตของรีเลย์คือต่อกราวด์และรับแรงดัน 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่ จากนั้นต่อพิน IN3 และ IN4 เข้าที่พอร์ตดิจิทัล D3 และ D4 ตามลำดับ ส่วนทางด้านเอาต์พุตของวงจรรีเลย์ นำขั้วบวกและขั้วลบของมอเตอร์ต่อเข้ากับขาคอมมอน (Common) ของรีเลย์ จากนั้นนำขาปกติเปิด (Normal Open) และขาปกติปิด (Normal Close) ของรีเลย์ทั้งสองตัวต่อเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบจากแบตเตอรี่ตามลำดับ แสดงลักษณะการต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.8** รีเลย์ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

### 3.3.2 เซนเซอร์น้ำฝน

ใช้โมดูลเซนเซอร์น้ำฝนซึ่งประกอบด้วยหน้าสัมผัสเซนเซอร์น้ำฝนและวงจรเปรียบเทียบทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ทำหน้าที่ตรวจจับน้ำฝนที่มาสัมผัสกับหน้าสัมผัส โดยต่อเอาต์พุตพิน A0 จากวงจรเปรียบเทียบค่าเข้ากับพอร์ตแอนะล็อก A0 ของบอร์ดอาดุยโน่ ในสภาพอากาศปกติจะให้ค่าเอาต์พุตเป็นลอจิกสูงและเมื่อตรวจจับน้ำได้จะให้ค่าเอาต์พุตเป็นลอจิกต่ำ มีลักษณะการต่อเซนเซอร์ดังรูปที่ 3.9 เซนเซอร์น้ำฝนนี้ถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนของฝาปิดด้านหน้า

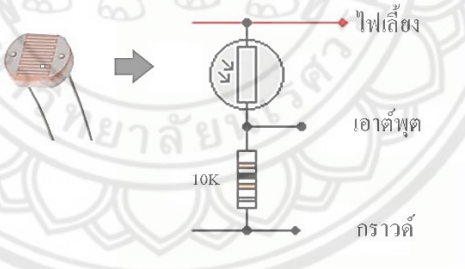



**รูปที่ 3.9** ลักษณะการต่อเซนเซอร์น้ำฝน

ที่มา : http://www.arduino.codemobiles.com

**3.3.3 เซนเซอร์แสง**

ใช้ตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนความต้านทานตามแสง (Light Dependent Resistor) มีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 3.10 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 ถึง 5 โวลต์ โดยมีวิธีต่อวงจรคือต่อเอาต์พุตเข้าที่พอร์ตดิจิทัล A1 ของบอร์ดอาดุยโน่ เมื่อมีแสงตกกระทบจะให้ค่าความต้านทานประมาณ 400 ถึง 700 โอห์มและเมื่อไม่มีแสงตกกระทบหรือแสงสว่างน้อยจะให้ค่าความต้านทานมากกว่า 700 โอห์ม ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงนี้ถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนของฝาปิดด้านหน้า



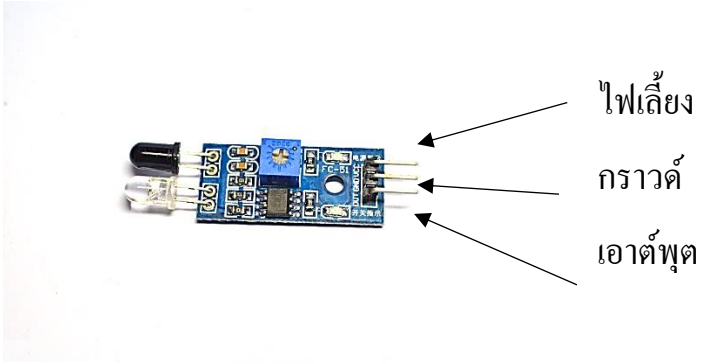

**รูปที่ 3.10** วงจรของเซนเซอร์แสง

ที่มา : https://robogearsbd.com/shop/ldr-small-size/

**3.3.4 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ**

ใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้หลักการสะท้อนของแสงโดยมีหลอดแอลอีดีอินฟราเรดทำหน้าที่ส่งแสงและมีโฟโต้ทรานซิสเตอร์รับแสง ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ สามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะ 2 ถึง 8 เซนติเมตร มีลักษณะการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.11 โดยนำเอาต์พุตต่อเข้าที่พอร์ตดิจิทัล D12 ของบอร์ดอาดุยโน่ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุนี้ถูกติดตั้งไว้

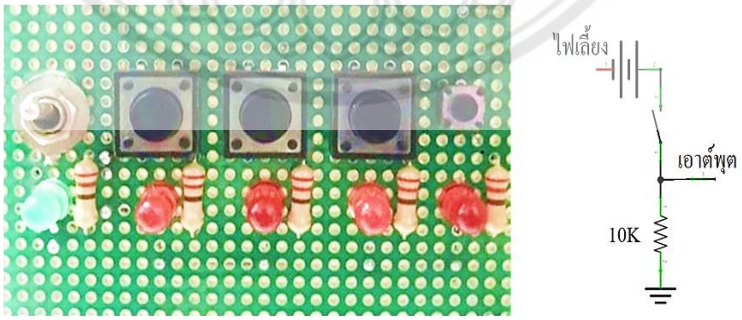
บริเวณใต้ฐานของฝาปิดด้านหน้า ซึ่งมีหน้าที่ตรวจสอบสถานะการตากผ้าหรือเก็บผ้าของราวตากผ้าอัตโนมัติ




**รูปที่ 3.11** ลักษณะการต่อเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

### 3.3.5 วงจรแผงควบคุม

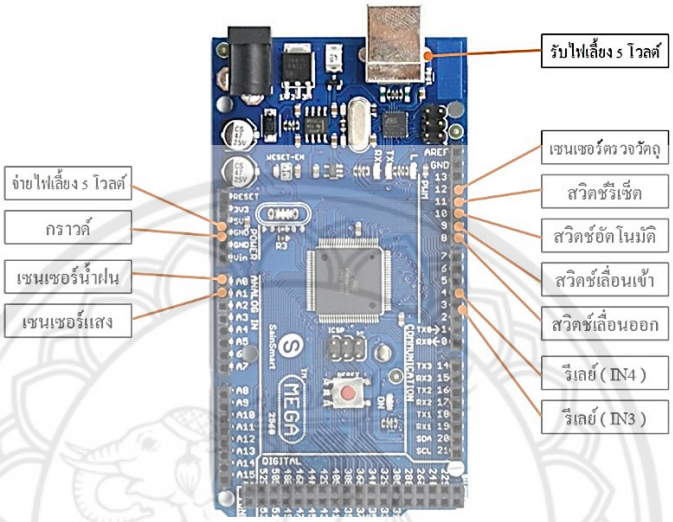
วงจรแผงควบคุมใช้สำหรับควบคุมการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยสวิตช์ทั้งหมด 5 สวิตช์คือ สวิตช์เปิด/ปิดเครื่อง สวิตช์เลื่อนเข้า สวิตช์เลื่อนออก สวิตช์อัตโนมัติและสวิตช์รีเซ็ต โดยสวิตช์เลื่อนเข้า/เลื่อนออก/อัตโนมัติ/รีเซ็ต ต่อเข้ากับพอร์ตอินพุตดิจิทัล D8, D9, D10 และ D11 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3.12 วงจรแผงควบคุมนี้จะทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ สวิตช์ทุกตัวจะเป็นการต่อแบบฟูดาวน์ (Pull-Down) คือบังคับให้อินพุตเป็นลอจิกต่ำตลอดเวลา เมื่อกดปุ่มจะเป็นลอจิกสูงเรียกว่า Active High




**รูปที่ 3.12** ลักษณะการต่อวงจรแผงควบคุม

### 3.3.6 ส่วนประมวลผลและส่งสัญญาณผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

การทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติถูกควบคุมโดยบอร์ดอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3 ประมวลผลการทำงานทั้งในส่วนของการรับค่าจากแผงควบคุม ควบคุมการทำงานของมอเตอร์และรับค่าจากเซนเซอร์ รวมถึงการรับสัญญาณจากโมดูลอินเทอร์เน็ต มีการเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตแสดงดังรูปที่ 3.13




**รูปที่ 3.13** การเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของบอร์ดอาดุยโน่

การทำงานของบอร์ดอาดุยโน่มีการเชื่อมต่อพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตดังนี้

พอร์ตแอนะล็อก A0 และ A1 ต่อกับเซนเซอร์น้ำฝนและเซนเซอร์แสงเป็นพอร์ตอินพุตที่รับค่าและติดต่อกับส่วนประมวลผลข้อมูลที่รับจากโมดูลเซนเซอร์ทั้งสอง

พอร์ตดิจิทัล D3 และ D4 ต่อกับวงจรรีเลย์ซึ่งเป็นพอร์ตเอาต์พุต ใช้เป็นส่วนติดต่อกับส่วนประมวลผลในการควบคุมทิศทางการหมุนรวมถึงระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์

พอร์ตดิจิทัล D8 ต่อกับสวิตช์เลื่อนออกซึ่งเป็นพอร์ตอินพุต ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อกับส่วนประมวลผลควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ราวตากผ้าเลื่อนออก

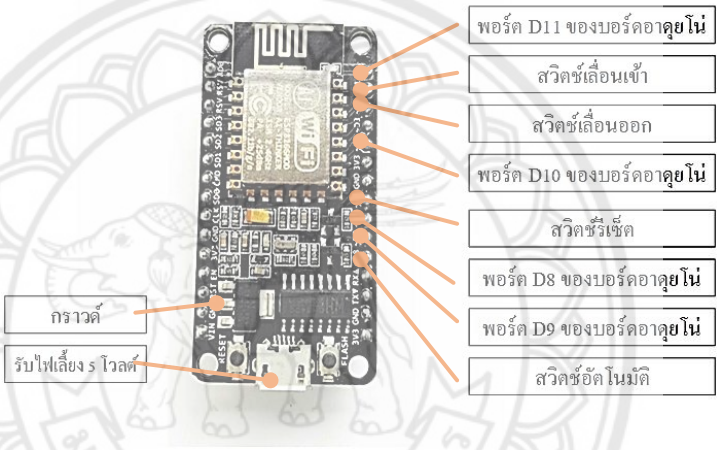
พอร์ตดิจิทัล D9 ต่อกับสวิตช์เลื่อนเข้าซึ่งเป็นพอร์ตอินพุต ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อกับส่วนประมวลผลควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้า

พอร์ตดิจิทัล D10 ต่อกับสวิตช์อัตโนมัติซึ่งเป็นพอร์ตอินพุต ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อกับส่วนประมวลผลค่าที่ได้จากเซนเซอร์ เมื่อมีแสงเพียงพอและฝนไม่ตกจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเลื่อนราวตากผ้าออก เมื่อฝนตกหรือแสงสว่างไม่เพียงพอจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเลื่อนราวตากผ้าเก็บ

พอร์ตดิจิทัล D11 ต่อกับสวิตช์รีเซ็ตซึ่งเป็นพอร์ตอินพุต เมื่อสวิตช์รีเซ็ตทำงาน ไม่ว่าระบบจะอยู่ในสถานะเลื่อนออกหรืออัตโนมัติ จะสั่งการระบบกลับสู่สภาวะเริ่มต้นคือเลื่อนเก็บและรอการสั่งการต่อไป

พอร์ตดิจิทัล D12 ต่อกับเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ เป็นพอร์ตอินพุตที่เป็นส่วนติดต่อกับส่วนประมวลผลข้อมูลที่รับจากเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

การส่งและรับสัญญาณจากบอร์ดอาดุยโน่จะใช้บอร์ดอินเทอร์เน็ต NodeMCU ที่ใช้ ESP8266 เป็นซีพียูสำหรับประมวลผลและเป็นตัวกลางเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย มีการเชื่อมต่อพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตดังรูปที่ 3.14



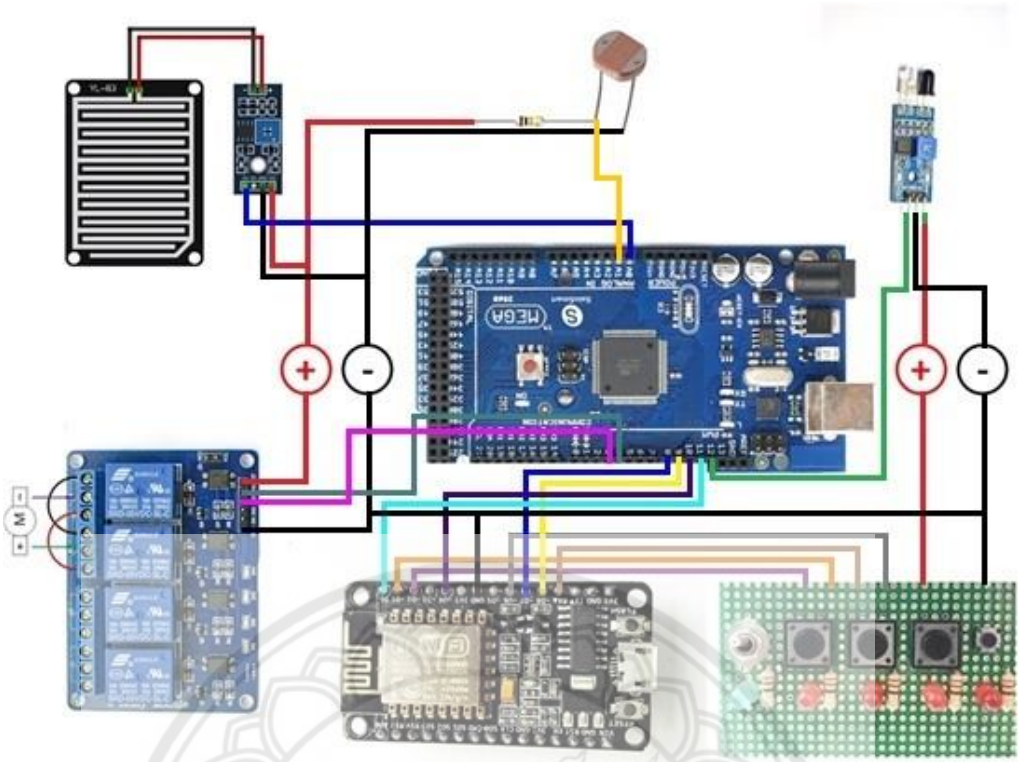

**รูปที่ 3.14** การเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของบอร์ดอินเทอร์เน็ต

พอร์ตดิจิทัล D0, D4, D6 และ D7 ต่อเข้ากับพอร์ตดิจิทัลอินพุต D8, D9, D10 และ D11 ของบอร์ดอาดุยโน่ตามลำดับ ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากสวิตช์จากแผงควบคุมและแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) ไปยังบอร์ดอาดุยโน่

พอร์ตดิจิทัล D1, D2, D5 และ D8 ต่อเข้ากับสวิตช์เลื่อนออก/เลื่อนเข้า/ทำงานอัตโนมัติ และสวิตช์รีเซ็ตบนแผงควบคุมตามลำดับ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากการกดสวิตช์ จากนั้นจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE)

### 3.3.7 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

อุปกรณ์และวงจรในการควบคุมการทำงานทั้งหมดสามารถแสดงดังรูปที่ 3.15

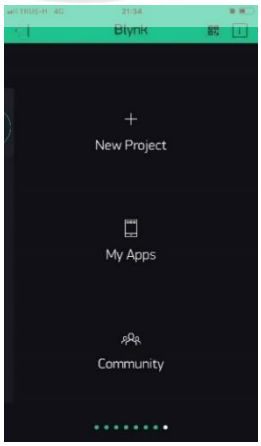


**รูปที่ 3.15** การเชื่อมต่ออุปกรณ์และวงจรในการควบคุมการทำงานราวตากผ้าอัตโนมัติ

## 3.4 การตั้งค่าแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

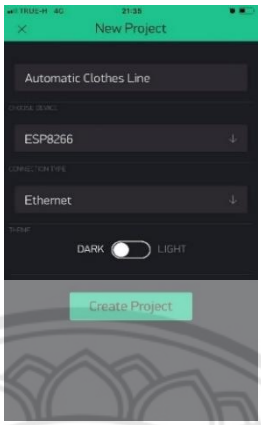
แอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) เป็นแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย มีขั้นตอนการตั้งค่าเพื่อเชื่อมต่อกับโมดูลอินเทอร์เน็ตดังนี้

3.4.1 เมื่อเข้าสู่ระบบเสร็จแล้วจะเข้าสู่หน้าจอสร้างโปรเจค จากนั้นให้เลือก New Project ดังรูปที่ 3.16




**รูปที่ 3.16** หน้าจอเตรียมสร้างโปรเจค

3.4.2 เข้าสู่หน้าจอ New Project สำหรับขั้นตอนนี้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการเชื่อมต่อกับโมดูลอินเทอร์เน็ต โดยเลือกอุปกรณ์เป็น ESP8266 และเลือกการเชื่อมเป็น Ethernet ดังรูปที่ 3.17 จากนั้นกด Create Project




**รูปที่ 3.17** หน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่อกับโมดูลอินเทอร์เน็ต

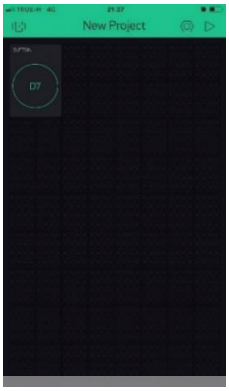
3.4.3 ระบบจะส่งรหัสเชื่อมต่อโมดูลอินเทอร์เน็ตกับแอปพลิเคชันไปยังอีเมลของผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 3.18 จากนั้นนำรหัสที่ได้รับใส่ในส่วนของโปรแกรมที่ต้องการดังรูปที่ 3.19

**รูปที่ 3.18** รหัสสำหรับใช้เชื่อมต่อโมดูลอินเทอร์เน็ตกับแอปพลิเคชัน

```
1  void Line_Notify(String message) ;
2  #define BLYNK_PRINT Serial
3  #include <ESP8266WiFi.h>
4  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
5
6  #define WIFI_SSID "jarupat"
7  #define WIFI_PASSWORD "y55350917"
8  #define LINE_TOKEN "Xw6WJ6Cvj1WiciE2aIlmyfugSzM8cdAYYJtcaADmMcz"
9
10 char auth[] = "47fee8a162e849dabd1a664f2a071af3";
```

**รูปที่ 3.19** การเขียนโปรแกรมโดยมีรหัสสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.4.4 เข้าสู่หน้าจอตั้งค่าอุปกรณ์สำหรับควบคุมผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย จากนั้นเลื่อนขวาเพื่อเลือก Button ดังรูปที่ 3.20

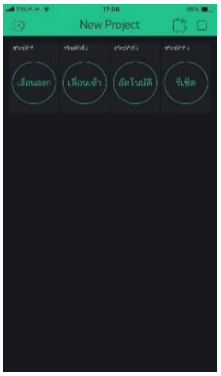



**รูปที่ 3.20** การสร้างอุปกรณ์สำหรับใช้ควบคุมผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

3.4.5 ตั้งค่า Button ทั้งหมดให้สัมพันธ์กับโปรแกรม การตั้งค่าแสดงดังรูปที่ 3.21

**รูปที่ 3.21** การตั้งค่า Button

3.4.4 เมื่อตั้งค่าอุปกรณ์แล้วดังรูปที่ 3.22 กดเริ่มการทำงานเพื่อให้แอปพลิเคชันพร้อมใช้งาน

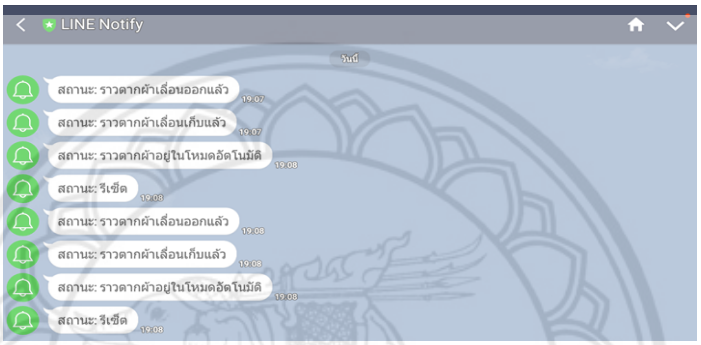



**รูปที่ 3.22** แอปพลิเคชันพร้อมใช้งาน

## 3.5 การแสดงผลการแจ้งเตือน

เมื่อผู้ใช้สั่งการต้นแบบราวตากผ้าจนทำงานเสร็จ จะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ดังแสดงในรูปที่ 3.23 โดยจะแสดงเป็นข้อความซึ่งมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าเลื่อนออกจะแสดงข้อความ “ราวตากผ้าเลื่อนออกแล้ว”
2. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าเลื่อนเก็บจะแสดงข้อความ “ราวตากผ้าเลื่อนเก็บแล้ว”
3. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้าทำงานโหมดอัตโนมัติจะแสดงข้อความ “โหมดอัตโนมัติ”
4. เมื่อสั่งให้ราวตากผ้ากลับสู่สถานะเริ่มต้นจะแสดงข้อความ “รีเซ็ต”




**รูปที่ 3.23** การแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ (LINE)

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

หลังจากทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการทำงาน ออกแบบและสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติแล้ว ในบทนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 หัวข้อดังนี้

1. การทดลองหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงที่ส่งข้อมูลไปประมวลผลและควบคุมส่วนของราวตากผ้าให้เลื่อนเข้าและออกในโหมดอัตโนมัติ
2. การทดลองหาค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก
3. การทดลองการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE)
4. การทดลองหาค่าเวลาที่ใช้ในการตากผ้าจนกระทั่งผ้าแห้ง

## 4.1 การทดลองหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าตามแสงที่ส่งข้อมูลไปประมวลผลและควบคุมส่วนของราวตากผ้าให้เลื่อนเข้าและออกในโหมดอัตโนมัติ

การทดลองนี้เป็นการทดลองหาค่าความต้านทานจากตัวต้านทานปรับค่าตามแสงเพื่อนำค่าความต้านทานที่วัดได้ไปตั้งค่าในโปรแกรม ให้ราวตากผ้าอัตโนมัติทำงานในโหมดอัตโนมัติได้อย่างถูกต้องตามช่วงเวลา โดยจะทำการทดลองเป็นเวลา 7 วัน และแบ่งการทดลองเป็น 2 เวลาคือ การทดลองที่เวลา 07.00 น. ให้ราวตากผ้าอยู่ในสถานะเลื่อนเก็บและการทดลองที่เวลา 19.00 น. ให้ราวตากผ้าอัตโนมัติอยู่ในสถานะเลื่อนออก น้ำหนักของผ้าที่นำมาทดลองมีน้ำหนักรวม 500 กรัม

ขั้นตอนแรกนำราวตากผ้าอัตโนมัติตั้งไว้ในที่โล่งและตั้งค่าให้อยู่ในโหมดอัตโนมัติ จากนั้นเชื่อมต่อราวตากผ้าอัตโนมัติกับคอมพิวเตอร์พกพาเพื่อดูค่าความต้านทานจากโปรแกรมรอให้ถึงเวลาที่ต้องการวัดค่าความต้านทานคือเวลา 07.00 น. และ 19.00 น. แสดงค่าความต้านทานที่วัดได้ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ค่าความต้านทานจากตัวต้านทานปรับค่าตามแสง

| การทดลองวันที่ | ค่าความต้านทานที่อ่านได้ (โอห์ม) | |
|---|---|---|
| | เวลา 07.00 น. | เวลา 19.00 น. |
| 1 | 677 | 717 |
| 2 | 678 | 720 |
| 3 | 682 | 718 |
| 4 | 684 | 717 |
| 5 | 677 | 721 |
| 6 | 683 | 708 |
| 7 | 676 | 727 |
| ค่าเฉลี่ย | 679.57 | 717.28 |

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อราวตากผ้าอยู่ในโหมดอัตโนมัติ ในช่วงเช้าคำนวณค่าเฉลี่ยของความต้านทานที่วัดได้ทั้งเจ็ดวันได้เท่ากับ 679 โอห์ม และในช่วงค่ำคำนวณค่าเฉลี่ยของความต้านทานที่วัดได้ทั้งเจ็ดวันได้เท่ากับ 717 โอห์ม จึงนำค่าความต้านทานนี้ไปตั้งค่าในโปรแกรมเพื่อให้ราวตากผ้าอัตโนมัติเปลี่ยนสถานะเลื่อนเข้าและเลื่อนออกได้อย่างถูกต้องตามช่วงเวลา

## 4.2 การทดลองหาค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก เนื่องจากหลังฝนหยุดตกจะมีน้ำฝนที่ยังค้างอยู่บนหน้าสัมผัสเซนเซอร์น้ำฝนและทำให้ราวตากผ้าอัตโนมัติไม่เลื่อนออกเพื่อตากผ้าทันที ถ้ามีการเก็บผ้านานเกินไป (เกิน 1 ชั่วโมงหลังฝนหยุดตก) อาจทำให้ผ้าที่ตากไว้ไม่แห้ง โดยทำการทดลองเป็นเวลา 5 วันและแบ่งการทดลองของแต่ละวันเป็น 4 เวลาคือ เวลา 09.00 น., 12.00 น., 15.00 น. และ 18.00 น. น้ำหนักของผ้าที่นำมาทดลองมีน้ำหนักรวม 500 กรัม

ขั้นตอนแรกนำราวตากผ้าอัตโนมัติตั้งไว้ในที่โล่งและตั้งค่าให้อยู่ในโหมดอัตโนมัติ ขณะนี้ราวตากผ้าอัตโนมัติจะอยู่ในสถานะเลื่อนออกเพื่อตากผ้า ทำการจำลองฝนตกโดยนำน้ำหยดลงบนหน้าสัมผัสของเซนเซอร์น้ำฝน ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนเก็บผ้า จากนั้นหยุดการจำลองฝนตก

และเริ่มจับเวลาทันที รอจนกระทั่งราวตากผ้าอัตโนมัติเลื่อนออก แสดงค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากหยุดการจำลองฝนตกดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ค่าเวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าหลังจากฝนหยุดตก

| การทดลองวันที่ | ระยะเวลาที่ราวตากผ้าจะเลื่อนออกหลังจากฝนหยุดตก (นาที) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เวลา 09.00 น. | เวลา 12.00 น. | เวลา 15.00 น. | เวลา 18.00 น. |
| 1 | 24 | 15 | 18 | 27 |
| 2 | 22 | 16 | 17 | 26 |
| 3 | 22 | 17 | 19 | 26 |
| 4 | 23 | 15 | 17 | 26 |
| 5 | 21 | 14 | 17 | 25 |
| ค่าเฉลี่ย | 22 | 15 | 18 | 26 |

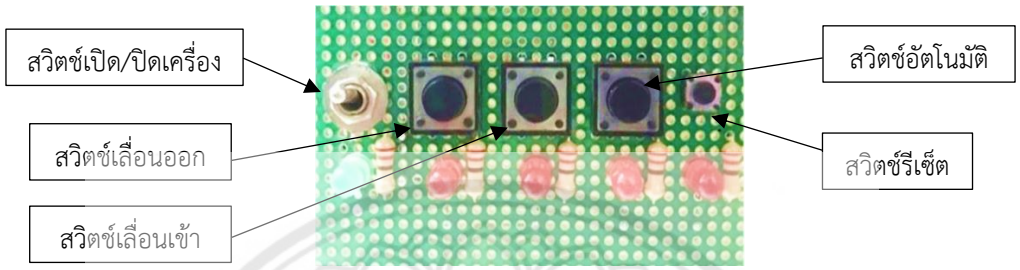
จากตารางที่ 4.2 พบว่า เมื่อเวลา 12.00 น. ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้าใช้เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 15 นาที เนื่องจาก ณ ขณะนั้นอากาศร้อนทำให้หยดน้ำที่เกาะบนหน้าสัมผัสเซนเซอร์ระเหยอย่างรวดเร็วและในเวลา 18.00 น. จะมีระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุดคือ 27 นาที เนื่องจากแสงแดดจากดวงอาทิตย์ขณะนั้นมีน้อย ทำให้หยดน้ำที่เกาะบนหน้าสัมผัสเซนเซอร์ระเหยได้ช้า จากการเฉลี่ยค่าเวลาทั้ง 4 ช่วงของแต่ละวัน เวลาที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะเลื่อนออกมาตากผ้ามีค่าเท่ากับ 21 นาที ซึ่งมีค่าน้อย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการตากผ้า

## 4.3 การทดลองการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE)

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องของการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยคือ การทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่ผู้ใช้สั่งการผ่านแผงควบคุมและการทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่ผู้ใช้สั่งการผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

**4.3.1 การทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่ผู้ใช้สั่งการผ่านแผงควบคุม**

ทำการเปิดเครื่องราวตากผ้าอัตโนมัติ จากนั้นกดสวิตช์ตัวที่ 1 (เลื่อนออก), สวิตช์ตัวที่ 2 (เลื่อนเข้า), สวิตช์ตัวที่ 3 (ทำงานอัตโนมัติ) และสวิตช์ตัวที่ 4 (รีเซ็ต) ที่อยู่บนแผงควบคุมดังรูปที่ 4.1 ตามลำดับทั้งหมด 5 รอบและสังเกตข้อความที่แจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์ แสดงสถานะการทำงานและการแจ้งเตือนดังตารางที่ 4.3




**รูปที่ 4.1** แผงควบคุมบริเวณหน้าเครื่อง

**4.3.2 การทดลองส่งข้อความแจ้งเตือนที่ผู้ใช้สั่งการผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)**

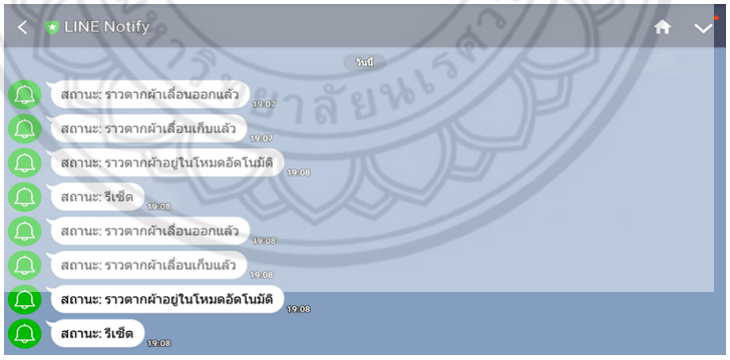
เปิดแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) ที่เชื่อมต่อกับโมดูลอินเทอร์เน็ตแล้ว จากนั้นกดสวิตช์ตัวที่ 1 (เลื่อนออก), สวิตช์ตัวที่ 2 (เลื่อนเข้า), สวิตช์ตัวที่ 3 (ทำงานอัตโนมัติ) และสวิตช์ตัวที่ 4 (รีเซ็ต) ที่อยู่บนหน้าจอของโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังรูปที่ 4.2 ตามลำดับทั้งหมด 5 รอบ แสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานในแอปพลิเคชันไลน์ดังตารางที่ 4.3

**รูปที่ 4.2** แผงควบคุมในแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

**ตารางที่ 4.3** สถานะการทำงานและการแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์

| ควบคุมโดย | สวิตช์ตัวที่ | การแจ้งเตือน | ข้อความ |
|---|---|---|---|
| แผงควบคุม | 1 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าเลื่อนออกแล้ว |
| | 2 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าเลื่อนเก็บแล้ว |
| | 3 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าอยู่ในโหมดอัตโนมัติ |
| | 4 | ได้รับทุกครั้ง | รีเซ็ต |
| แอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) | 1 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าเลื่อนออกแล้ว |
| | 2 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าเลื่อนเก็บแล้ว |
| | 3 | ได้รับทุกครั้ง | ราวตากผ้าอยู่ในโหมดอัตโนมัติ |
| | 4 | ได้รับทุกครั้ง | รีเซ็ต |

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อสั่งการต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติให้ทำงานทุกขั้นตอนผ่านทางแผงควบคุมและแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk) พบว่า ระบบส่งการแจ้งเตือนได้ถูกต้องตามคำสั่งของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานได้ในแอปพลิเคชันไลน์ แสดงตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานได้ดังรูปที่ 4.3

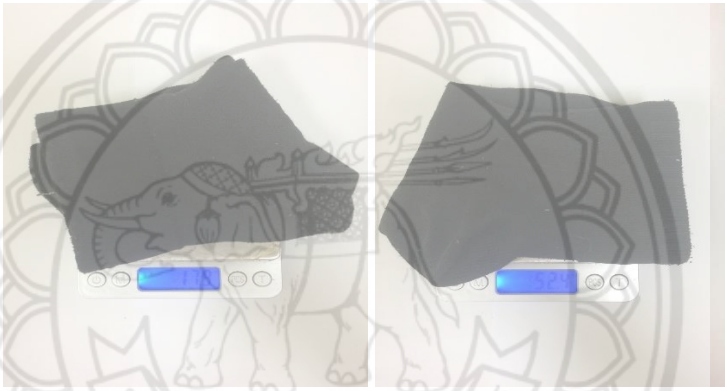



**รูปที่ 4.3** การแจ้งเตือนในแอปพลิเคชันไลน์(LINE)

## 4.4 การทดลองหาค่าเวลาที่ใช้ในการตากผ้าจนกระทั่งผ้าแห้งสนิท

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าเวลาที่ใช้ในการตากผ้าบนต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติจนกระทั่งผ้าที่ตากแห้งสนิท โดยผ้าที่ใช้ในการทดลองคือถุงเท้าขนาดกว้าง 12 เซนติเมตรและยาว 25 เซนติเมตร มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนแรกนำถุงเท้าไปชั่งน้ำหนัก (หนึ่งข้าง) และนำถุงเท้านี้ไปซักพร้อมบิดหมาดๆ จากนั้นนำถุงเท้าที่ซักแล้วไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ค่าน้ำหนักของถุงเท้าก่อนซักและหลังซักแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 นำถุงเท้าที่ซักแล้วไปตากบนราวตากผ้าอัตโนมัติที่ตั้งไว้ในที่โล่งแสดงดังรูปที่ 4.5 เริ่มจับเวลาและวัดค่าน้ำหนักของถุงเท้าทุกๆ ชั่วโมง จนกระทั่งถุงเท้าแห้งสนิทและบันทึกค่าน้ำหนักสุดท้าย โดยเริ่มการทดลองตากผ้าเวลา 07.00 น. ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4



**รูปที่ 4.4** น้ำหนักของถุงเท้าก่อนการซักและหลังการซัก

การรูปที่ 4.4 ค่าน้ำหนักของถุงเท้าที่วัดได้ก่อนการซักมีค่า 18 กรัมและเมื่อนำถุงเท้าไปซักพร้อมทั้งบิดหมาดๆ ถุงเท้ามีน้ำหนัก 52 กรัม

**รูปที่ 4.5** การตากถุงเท้าบนราวตากผ้าอัตโนมัติ

**ตารางที่ 4.4** ค่าน้ำหนักของถุงเท้าที่ตากไว้ที่ราวตากผ้าอัตโนมัติ

| เวลา (นาฬิกา) | น้ำหนักของถุงเท้า (กรัม) | ลักษณะของถุงเท้า |
|---|---|---|
| 07.00 | 52 | ยังไม่แห้ง |
| 08.00 | 50 | ยังไม่แห้ง |
| 09.00 | 47 | ยังไม่แห้ง |
| 10.00 | 40 | ยังไม่แห้ง |
| 11.00 | 33 | ยังไม่แห้ง |
| 12.00 | 20 | เริ่มแห้ง |
| 13.00 | 18 | แห้งสนิท |

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เมื่อนำถุงเท้าไปตากและวัดค่าน้ำหนักทุกๆ ชั่วโมง น้ำหนักถุงเท้าที่วัดได้ครั้งแรกมีค่า 52 กรัม เมื่อเวลาผ่านไปน้ำหนักของถุงเท้าจะลดลงเนื่องจากถุงเท้าที่ตากไว้มีการระเหยของน้ำ โดยเวลา 12.00 น. ถุงเท้าจะเริ่มแห้งซึ่งมีน้ำหนัก 20 กรัม จากนั้นเมื่อเวลา 13.00 น. ถุงเท้าจะแห้งสนิทและมีน้ำหนัก 18 กรัม ดังนั้นการตากถุงเท้าที่ราวตากผ้าอัตโนมัติจะใช้เวลาทั้งหมด 6 ชั่วโมง แสดงค่าน้ำหนักของถุงเท้าที่แห้งสนิทได้ดังรูปที่ 4.6

**รูปที่ 4.6** น้ำหนักของถุงเท้าที่แห้งสนิทหลังการตากบนราวตากผ้าอัตโนมัติ

# บทที่ 5
# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติ สามารถสรุปผลและชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงานได้ดังนี้

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้ออกแบบและทำการสร้างต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติที่ช่วยเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บและตากผ้าโดยแบ่งลักษณะการทำงานเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. โหมดบังคับมือ ผู้ใช้สามารถควบคุมการเลื่อนเข้าและออกของราวตากผ้าได้ 2 ช่องทางคือ ควบคุมผ่านแผงควบคุมบริเวณหน้าเครื่องและแอปพลิเคชันสำเร็จรูป (Blynk)

2. โหมดอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้กดสวิตช์อัตโนมัติ ราวตากผ้าจะเลื่อนเก็บผ้าในตอนค่ำหรือมีฝนตก จากนั้นจะเลื่อนออกมาตากผ้าในตอนเช้าและตอนฝนหยุดตก

ราวตากผ้าอัตโนมัตินี้สามารถเก็บและตากผ้าได้จริงและเหมาะสมสำหรับการตากผ้าในช่วงเวลากลางวัน โดยมีการส่งข้อความแจ้งเตือนแสดงสถานะการทำงานไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ของผู้ใช้ทุกครั้งที่มีการสั่งการ

## 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงสามารถรับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงได้ทุกชนิด ส่งผลให้เมื่อมีแสงตกกระทบบนเซนเซอร์ในเวลากลางคืน ราวตากผ้าจะเลื่อนออก

แนวทางแก้ไขปัญหา ติดตั้งต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติบริเวณที่ตัวต้านทานปรับค่าตามแสงไม่สามารถรับแสงใดๆ นอกจากแสงของดวงอาทิตย์

2. ต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติจะไม่สามารถควบคุมการทำงานได้เมื่อติดตั้งราวตากผ้าอัตโนมัติไว้ไกลจากจุดปล่อยสัญญาณของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย

แนวทางแก้ไขปัญหา ติดตั้งต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติใกล้กับจุดปล่อยสัญญาณของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายหรือเปลี่ยนโมดูลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเป็นแบบสายสัญญาณ (LAN)

**5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน**

1. สามารถนำเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานกับต้นแบบราวตากผ้าอัตโนมัติเพื่อแก้ปัญหาแบตเตอรี่หมดระหว่างการใช้งานและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อประจุแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังทำให้ราวตากผ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้หากเกิดเหตุการณ์ไฟดับ

2. ติดตั้งเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และเซนเซอร์แสงที่สามารถหมุนตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อให้เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และเซนเซอร์แสงรับแสงได้อย่างเต็มที่

3. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อให้อากาศในส่วนของที่เก็บผ้าถ่ายเทได้สะดวก

4. ติดตั้งหลอดไฟสำหรับการเก็บผ้าตอนกลางคืน

5. เพิ่มไทม์เมอร์ (Timer) สำหรับตั้งเวลาให้ราวตากผ้าทำงานเฉพาะช่วงเวลากลางวัน

# เอกสารอ้างอิง

Robo India**. NodeMCU Digital Input with Arduino IDE.** สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2560, จาก https://roboindia.com/tutorials/digital-input-output-nodeMCU.

วรรณพงษ์ ภัททิยไพบูลย์. (10 กุมภาพันธ์ 2559). **ESP8266 กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า LINE.** สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2560, จาก https://python3.wannaphong.com/2016/10/line-python.html

มนตรี เงาเดช. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://montri.rmutl.ac.th/assets/dc06.pdf

**ทันพงษ์** ภู่รักษ์. **ไมโครคอลโทรลเลอร์ .** สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

**ธิติ แย้มสังข์. LDR ตัวต้านทานปรับค่าตามแสง.** สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2560, จาก https://www.thitiblog.com/blog/6796

# ภาพผนวก ก

## รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

# Summary

| | |
|---|---|
| Microcontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 14 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

# Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- VIN. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin
- 5V. The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- 3V3. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND. Ground pins.

# Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the **EEPROM library**).

# Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using **pinMode()**, **digitalWrite()**, and **digitalRead()** functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip
- External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the **attachInterrupt()** function for details.
- PWM: 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the **analogWrite()** function.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication using the **SPI library**. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- $I^2C$: 20 (SDA) and 21 (SCL). Support $I^2C$ (TWI) communication using the **Wire library** (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the $I^2C$ pins on the Duemilanove or Diecimila**.**

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Used with **analogReference()**.
- Reset. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

# Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A **SoftwareSerial library** allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the **documentation on the Wiring website** for details. For SPI communication, use the **SPI library**.

# Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (**download**). For details, see the **reference** and **tutorials**.

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a **bootloader** that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (**reference**, **C header files).**

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see **these instructions** for details.

# Automatic (Software) Rest

Rather then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which

it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.
The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see **this forum thread** for details.

# USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

# ภาพผนวก ข

# รายละเอียดข้อมูลรีเลย์

# SONGLE RELAY

| 松乐继电器 ® SONGLE RELAY | RELAY ISO9002 | SRD |
|---|---|---|

## 1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

## 2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
  ( Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

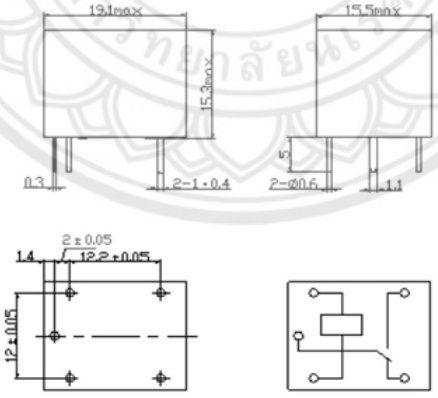
## 3. ORDERING INFORMATION

| SRD | XX VDC | S | L | C |
|---|---|---|---|---|
| Model of relay | Nominal coil voltage | Structure | Coil sensitivity | Contact form |
| SRD | 03、05、06、09、12、24、48VDC | S:Sealed type | L:0.36W | A:1 form A |
| | | | | B:1 form B |
| | | F:Flux free type | D:0.45W | C:1 form C |

## 4. RATING

| | | |
|---|---|---|
| CCC | FILE NUMBER:CH0052885-2000 | 7A/240VDC |
| CCC | FILE NUMBER:CH0036746-99 | 10A/250VDC |
| UL /CUL | FILE NUMBER: E167996 | 10A/125VAC 28VDC |
| TUV | FILE NUMBER: R9933789 | 10A/240VAC 28VDC |

## 5. DIMENSION(unit:mm) DRILLING(unit:mm) WIRING DIAGRAM



## 6. COIL DATA CHART (AT20°C)

| Coil Sensitivity | Coil Voltage Code | Nominal Voltage (VDC) | Nominal Current (mA) | Coil Resistance (Ω) ±10% | Power Consumption (W) | Pull-In Voltage (VDC) | Drop-Out Voltage (VDC) | Max-Allowable Voltage (VDC) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SRD (High Sensitivity) | 03 | 03 | 120 | 25 | abt. 0.36W | 75%Max. | 10% Min. | 120% |
| | 05 | 05 | 71.4 | 70 | | | | |
| | 06 | 06 | 60 | 100 | | | | |
| | 09 | 09 | 40 | 225 | | | | |
| | 12 | 12 | 30 | 400 | | | | |
| | 24 | 24 | 15 | 1600 | | | | |
| | 48 | 48 | 7.5 | 6400 | | | | |
| SRD (Standard) | 03 | 03 | 150 | 20 | abt. 0.45W | 75% Max. | 10% Min. | 110% |
| | 05 | 05 | 89.3 | 55 | | | | |
| | 06 | 06 | 75 | 80 | | | | |
| | 09 | 09 | 50 | 180 | | | | |
| | 12 | 12 | 37.5 | 320 | | | | |
| | 24 | 24 | 18.7 | 1280 | | | | |
| | 48 | 48 | 10 | 4500 | abt. 0.51W | | | |

## 7. CONTACT RATING

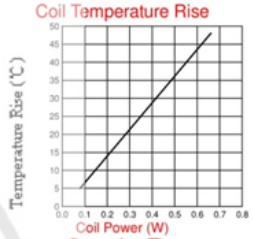
| Item \ Type | SRD | |
|---|---|---|
| | FORM C | FORM A |
| Contact Capacity<br>Resistive Load (cosΦ=1) | 7A 28VDC<br>10A 125VAC<br>7A 240VAC | 10A 28VDC<br>10A 240VAC |
| Inductive Load<br>(cosΦ=0.4 L/R=7msec) | 3A 120VAC<br>3A 28VDC | 5A 120VAC<br>5A 28VDC |
| Max. Allowable Voltage | 250VAC/110VDC | 250VAC/110VDC |
| Max. Allowable Power Force | 800VAC/240W | 1200VA/300W |
| Contact Material | AgCdO | AgCdO |

## 8. PERFORMANCE (at initial value)

| Item \ Type | SRD |
|---|---|
| Contact Resistance | 100mΩ Max. |
| Operation Time | 10msec Max. |
| Release Time | 5msec Max. |
| Dielectric Strength<br>Between coil & contact<br>Between contacts | <br>1500VAC 50/60HZ (1 minute)<br>1000VAC 50/60HZ (1 minute) |
| Insulation Resistance | 100 MΩ Min. (500VDC) |
| Max. ON/OFF Switching<br>Mechanically<br>Electrically | <br>300 operation/min<br>30 operation/min |
| Ambient Temperature | -25°C to +70°C |
| Operating Humidity | 45 to 85% RH |
| Vibration<br>Endurance<br>Error Operation | <br>10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm<br>10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm |
| Shock<br>Endurance<br>Error Operation | <br>100G Min.<br>10G Min. |
| Life Expectancy<br>Mechanically<br>Electrically | <br>$10^7$ operations. Min. (no load)<br>$10^5$ operations. Min. (at rated coil voltage) |
| Weight | abt. 10grs. |

## 9.REFERENCE DATA

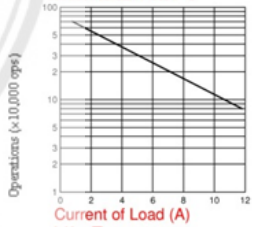
Coil Temperature Rise




Operation Time

Life Expectancy

AC120V/DC24V cosΦ=1




Life Expectancy