อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ

AUTOMATIC CLOTHES RACK CONTROLLING DEVICE

นายกิตติพงษ์	สืบสาย	รหัส 57362804
นายคทายุทธ์	กอบกสิกรรม	รหัส 57362828
นายนันทิพัฒน์	เกษมวัฒนา	รหัส 57363177

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกิตติพงษ์ สืบสาย รหัส 57362804

นายคทายุทธ์ กอบกสิกรรม รหัส 57362828

นายนันทิพัฒน์ เกษมวัฒนา รหัส 57363177

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต มาลากร

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต มาลากร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย เมธีวรัญญู)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกิตติพงษ์	สืบสาย	รหัส 57362804
	นายคทายุทธ์	กอบกสิกรรม	รหัส 57362828
	นายนันทิพัฒน์	เกษมวัฒนา	รหัส 57363177
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต มาลากร		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		

.....

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของโครงงานนี้คือการพัฒนาเครื่องต้นแบบของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติซึ่งออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับราวตากผ้าขนาดมาตรฐานทั่วไปได้อย่างสะดวกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากใช้พลังงานหลักจากแบตเตอรี่ที่เชื่อมต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คุณสมบัติเด่นของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีดังนี้ 1) สามารถควบคุมให้ราวตากผ้าเลื่อนเก็บผ้าเข้าในที่ร่มได้เมื่อมีฝนหรือมีเมฆมากและเลื่อนผ้าออกตากได้เมื่อมีแดด อากาศปลอดโปร่ง 2) สามารถควบคุมให้ราวตากผ้าเลื่อนเก็บผ้าได้เมื่อถึงเวลาที่กำหนดและ 3) สามารถควบคุมการทำงานของราวตากผ้าผ่านโปรแกรมประยุกต์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

เมื่อนำอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่ใช้งานจริงพบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติที่ต้องการ

Project title	AUTOMATIC CLOTHES RACK CONTROLLING DEVICE		
Name	Mr. Kittipong	Sueb-sai	ID. 57362804
	Mr. Katayut	Kobkasikam	ID. 57362828
	Mr. Nantipat	Kasemwattana	ID. 57363177
Project advisor	Assoc. Prof. Tanit Malakorn, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2017		

.....

Abstract

The main objective of this project is to develop a prototype of the automatic clothes rack controlling device. It is designed to be easily connected to a standard clothes rack, and environmentally friendly due to the use of a Photovoltaic solar panel. Feathers of this prototype are as follows: 1) to control the rack to automatically slide back into the shade area when raining or cloudy, and slide out into the open air when clear and sunny. 2) to control the rack to automatically slide back into the shade area when the stopping time is reached, and 3) to control the rack via smartphone application.

The empirical study illustrates that the automatic clothes rack controlling device can work effectively and functionally as desired.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าเรื่อง อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ สำเร็จลุล่วงได้เนื่องมาจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต มาลากร ที่กรุณาให้ความเมตตารับเป็นที่ปรึกษาโครงงานนี้ แนะนำวิธีการดำเนินโครงงาน ดูแลให้คำปรึกษา เอาใจใส่ในทุกรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินโครงงาน พร้อมทั้งแนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และคอยกระตุ้นให้คณะผู้จัดทำโครงงานทำงานอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ คณะผู้จัดทำรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์

ในโอกาสนี้ทางผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย เมธีวรัญญู ที่สละเวลามาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงาน รวมทั้งให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานเพื่อให้โครงงานนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในท้ายที่สุดนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บิดา มารดา ที่คอยสั่งสอน ให้ความรู้จนผู้จัดทำสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางต่าง ๆ แนะนำแนวทางในการเขียนโปรแกรม และคอยให้กำลังใจ คอยให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องเรียนและในเรื่องอื่น ๆ จนสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานที่จัดทำขึ้นนี้จะมีประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาไม่มากก็น้อย

คณะผู้จัดทำโครงงาน
นายกิตติพงษ์ สืบสาย
นายคทายุทธ์ กอบกสิกรรม
นายนันทิพัฒน์ เกษมวัฒนา
2561

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 งบประมาณที่ใช้ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4
2.1 ส่วนของการขับเคลื่อน 4
2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 4
2.1.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 5
2.1.3 วิธีการคำนวณพิกัดความเร็วรอบและพิกัดแรงบิดของมอเตอร์ 6
2.1.4 ลิมิตสวิตช์ 8
2.2 ส่วนของการตรวจจับ 9
2.2.1 ความเข้มแสงและเกณฑ์การกระจายของฝน 9
2.2.2 มอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน 10
2.3 ส่วนของการควบคุม 12
2.3.1 บอร์ด Arduino MEGA 2560 12
2.3.2 มอดูลนาฬิกา 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ส่วนของแหล่งพลังงาน ... 13
2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์ ... 13
2.4.2 เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์ ... 15
2.4.3 แบตเตอรี่ ... 18
2.5 ส่วนของการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI ... 19
2.5.1 ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ... 19
2.5.2 หลักการควบคุมระยะทางไกลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ... 20
2.5.3 การรับส่งข้อมูลในรูปแบบ TCP/IP ... 20
2.5.4 รูปแบบการทำงานของบอร์ด WIFI ... 21
2.5.5 บอร์ด NodeMCU ... 21
2.5.6 โปรแกรม Blynk ... 23

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน ... 24
3.1 แนวคิดของโครงงาน ... 24
3.2 การออกแบบชิ้นงาน ... 26
3.2.1 ส่วนของการขับเคลื่อน ... 27
3.2.2 ส่วนของการตรวจจับ ... 30
3.2.3 ส่วนของการควบคุม ... 34
3.2.4 ส่วนของแหล่งพลังงาน ... 35
3.2.5 ส่วนของการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI ... 36
3.3 ผังการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ ... 39

บทที่ 4 ผลการทดลอง ... 45
4.1 การทดสอบการทำงานของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน ... 45
4.2 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์และลิมิตสวิตช์ ... 47
4.3 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานที่สั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk ... 47
4.4 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานในส่วนการทำงานแบบปกติ ... 47

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ... 51
5.1 สรุปผลการดำเนินงานโครงงาน ... 51
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการพัฒนา ... 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก ก 55

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 71

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ (K_r) ตามชนิดและสภาพของพื้น 7
2.2 ค่าความเข้มแสง (ลักซ์) 9
2.3 รายละเอียดของบอร์ด Arduino MEGA 2560 12
2.4 รูปแบบในการทำงานของเครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์ 17
2.5 รายละเอียดของบอร์ด NodeMCU 22

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงและค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง 31
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของหยดน้ำบนแผ่นเซนเซอร์และค่าที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน 33

4.1 ข้อมูลค่าของแสงที่อ่านได้จากมอดูลในช่วงเวลา 1 วัน 45
4.2 ข้อมูลค่าร้อยละของน้ำที่หยดบนเซนเซอร์ 10 ครั้ง 46
4.3 ผลทดสอบการวัดค่าของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน 46
4.4 ผลทดสอบการหมุนและการหยุดมอเตอร์ 47
4.5 ผลทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานที่สั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk 47
4.6 ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของราวตากผ้าอยู่ในที่ร่ม 48
4.7 ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของราวตากผ้าอยู่ที่โล่งแจ้ง 49

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 มอเตอร์กระแสตรง 4
2.2 การควบคุมมอเตอร์แบบ H-Bridge 5
2.3 บอร์ดBTS7960 6
2.4 แรงเสียดทานจลน์ระหว่างล้อและราง 7
2.5 ลิมิตสวิตช์ 8
2.6 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำฝน 10
2.7 มอดูลแสง (ซ้าย) และมอดูลตรวจจับน้ำฝน (ขวา) 11
2.8 บอร์ด Arduino MEGA 2560 13
2.9 มอดูลนาฬิการุ่น DS3231 13
2.10 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 14
2.11 เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์ 16
2.12 แบตเตอรี่ 18
2.13 หลักการควบคุมระยะทางไกลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 20
2.14 หลักการทำงานของ TCP 21
2.15 บอร์ด NodeMCU 22
2.16 หน้าจอของโปรแกรม Blynk ในการสร้างโครงงาน 23

3.1 ผังงานของระบบการทำงาน 24
3.2 โครงสร้างของราวตากผ้าและรางเหล็กฉาก 26
3.3 ราวตากผ้าอัตโนมัติ 27
3.4 ส่วนของการขับเคลื่อน 28
3.5 ส่วนของลิมิตสวิตช์ 30
3.6 เซนเซอร์แอลดีอาร์ (LDR) 30
3.7 มอดูลแสงและมอดูลวัดความเข้มแสง (ลักซ์) 31
3.8 เซนเซอร์ตรวจจับน้ำฝน 32
3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของหยดน้ำบนแผ่นเซนเซอร์และค่าที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน 32
3.10 ช่องทางที่ต่อใช้งานทั้งหมดของบอร์ด Arduino MEGA 2560 34
3.11 ส่วนของกล่องอุปกรณ์ควบคุม 34
3.12 แป้นปุ่มกด 34
3.13 ส่วนของแหล่งพลังงาน 35
3.14 รูปแบบ AP 36
3.15 รูปแบบ STA 37
3.16 ภาพรวมการสั่งงานด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ 37
3.17 ผังงานการทำงานหลัก 39
3.18 ผังงานการทำงานในรูปแบบปกติ 40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.19 ผังงานการทำงานของโปรแกรม Blynk 41

3.20 ผังงานการทำงานส่วนตากผ้า 42

3.21 ผังงานการทำงานส่วนเก็บผ้า 43

3.22 ผังงานการตั้งเวลาในการปิดเครื่อง 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น มีลมมรสุมพัดผ่านค่อนข้างมากจึงทำให้ประเทศไทยมีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปีโดยเฉพาะในทางตอนใต้ของประเทศ การตากผ้ากลางแจ้งจึงเริ่มมีปัญหาขึ้น เนื่องจากต้องมีคนคอยเก็บผ้าในเวลาที่ฝนตกและต้องนำผ้ากลับมาตากอีกครั้งเมื่อแดดออก สำหรับสังคมเมืองที่มีลักษณะสังคมของครอบครัวเชิงเดี่ยวซึ่งทุกคนในครอบครัวต้องออกจากบ้านไปทำงานหรือไปเรียนในเวลากลางวัน จึงไม่มีใครทำหน้าที่เก็บผ้าในยามที่ฝนตกได้ ดังนั้นจึงเกิดปัญหาของผ้าเปียกชื้นและเหม็นอับ

ในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ ได้มีการพัฒนาชิ้นงานออกมาในหลากหลายรูปแบบเพื่อใช้ในเชิงวิจัยและในเชิงพาณิชย์สำหรับการตากผ้าและเก็บผ้าโดยอัตโนมัติ อาทิ เช่นในงานของ [1]-[4] ทั้งนี้ เท่าที่คณะของผู้จัดทำโครงการทราบ ชิ้นงานเหล่านั้นอาศัยเพียงมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนในการตรวจวัดว่าฝนตกหรือไม่ บ่อยครั้งผู้ใช้งานอาจต้องการนำผ้าเข้าที่ร่มเนื่องจากแดดจัด หรือต้องการนำผ้าออกตากลมกลางแจ้งในยามเย็น นี่จึงเป็นที่มาในการจัดทำโครงงานชิ้นนี้ นั่นคืออุปกรณ์ราวตากผ้าอัตโนมัติที่สามารถเลื่อนราวตากผ้าเข้ามาในที่ร่มเมื่อฝนใกล้ตก มีความชื้นสัมพัทธ์สูง สามารถเลื่อนราวตากผ้าออกกลางแจ้งเมื่อมีแดดออก และเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ราวตากผ้าต้องสามารถเลื่อนกลับเข้ามาในร่มได้ นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของราวตากผ้าได้ผ่านทางโปรแกรม Blynk บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของมอดูลแสง มอดูลตรวจจับน้ำฝน การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง การเขียนโปรแกรม Blynk ในโทรศัพท์เคลื่อนที่และหลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.2 ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ศึกษานำมาสร้างอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ

1.2.3 เพื่อนำชิ้นงานมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ราวตากผ้ารับน้ำหนักเสื้อผ้าได้สูงสุดไม่เกิน 30 กิโลกรัมและรางที่ใช้วางราวตากผ้าเป็นเหล็กฉากยาว 2 เมตร

1.3.2 มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงชนิดวอร์มเกียร์ขนาด 12 โวลต์ 110 รอบต่อนาทีทนแรงบิดได้สูงสุด 30 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร

1.3.3 ใช้ไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ซึ่งต่อเชื่อมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 20 วัตต์

1.3.4 ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 เป็นตัวควบคุม

1.3.5 ราวตากผ้านั้นสามารถทำงานแบบตั้งเวลาในการปิดเครื่องได้

1.3.6 ใช้โปรแกรม Blynk ในการควบคุมราวตากผ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561				
	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1) ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ในโครงงาน										
2) ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ ออกแบบและจัดทำชิ้นงานในโครงงาน										
3) ทดสอบโปรแกรมและเขียนปริญญานิพนธ์										
4) วิเคราะห์ผลและสรุป										

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติมาใช้งานได้จริงกล่าวคือสามารถควบคุมให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้ามาเก็บในที่ร่มเมื่อฝนตก และเลื่อนออกไปกลางแจ้งเมื่อแดดออก นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางโปรแกรม Blynk บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

1.6 งบประมาณที่ใช้

ค่าอุปกรณ์ในการดำเนินโครงงาน

ราวตากผ้า	500.00	บาท
ล้อเหล็กกล้าไร้สนิม	1,700.00	บาท
มอเตอร์กระแสตรง 18 วัตต์	650.00	บาท
โซ่และเฟือง	740.00	บาท
รางเหล็กฉาก	200.00	บาท
แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5 แอมป์	375.00	บาท
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 20 วัตต์	800.00	บาท
เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์	580.00	บาท
บอร์ด Arduino MEGA 2560	440.00	บาท
บอร์ด NodeMCU	180.00	บาท
บอร์ด BTS 7960	450.00	บาท
มอดูลนาฬิกา	70.00	บาท
แป้นปุ่มกด	310.00	บาท
จอแอลซีดี	120.00	บาท
มอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน	100.00	บาท
กล่องใส่บอร์ด	195.00	บาท
ค่าวัสดุ	450.00	บาท
ค่าจ้างเหมา	300.00	บาท
ค่าเข้าเล่ม	400.00	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิน (แปดพันห้าร้อยหกสิบบาท)	**8,560.00**	**บาท**

หมายเหตุ (ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในส่วนโครงงานนี้เป็นการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมราวตากผ้าโดยผ่านการเขียนโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนโดยสั่งการต่อไปให้มอเตอร์ทำงานเพื่อให้ราวตากผ้าเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขในโปรแกรม และใช้โปรแกรม Blynk ในการควบคุมราวตากผ้าผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถเรียนรู้หลักการและทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้ได้ในส่วนต่อไป

2.1 ส่วนของการขับเคลื่อน

หัวข้อนี้นำเสนอเนื้อหาที่ใช้ในส่วนการขับเคลื่อนของราวตากผ้าอันประกอบไปด้วย มอเตอร์กระแสตรงซึ่งเป็นต้นกำลังหลักที่ใช้ในการเลื่อนราวตากผ้า หลักการทำงานของมอเตอร์และการกลับทิศทางในการหมุน วิธีการคำนวณพิกัดของมอเตอร์ รวมถึงการทำงานของลิมิตสวิตช์ที่ใช้ในการตัดกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้หยุดการทำงานของมอเตอร์โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

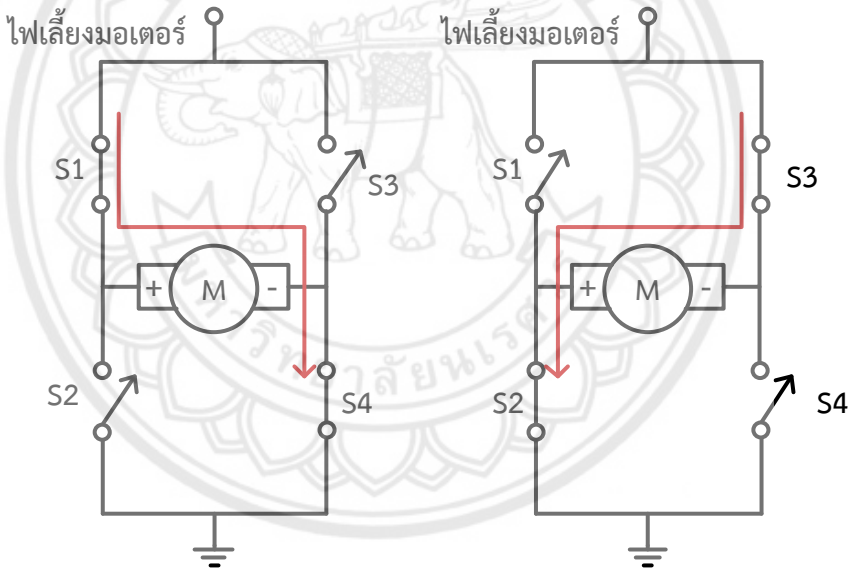
มอเตอร์ไฟฟ้าคือเครื่องกลไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่แบบหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างที่สำคัญ 2 ส่วนคือส่วนของแม่เหล็กถาวรและส่วนของขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็กถาวรเพื่อใช้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าถูกจำแนกออกเป็น 2 ประเภทขึ้นอยู่กับชนิดของกระแสไฟที่ป้อนเข้ากับมอเตอร์ นั่นคือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ในโครงงานนี้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเนื่องจากต้องการควบคุมให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนของราวตากผ้า [5] ตัวอย่างของมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 มอเตอร์กระแสตรง

หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีดังนี้ เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับมอเตอร์ กระแสไฟจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะไหลจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะที่กระแสไฟอีกส่วนจะไหลเข้าสู่ขดลวดสนาม (Field coil) เพื่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอีกสนาม โดยสนามแม่เหล็กทั้งสองส่วนที่สร้างขึ้นมานี้มีขั้วเดียวกันจึงเกิดการผลักกันส่งผลให้โรเตอร์ (Rotor) หมุนจึงทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

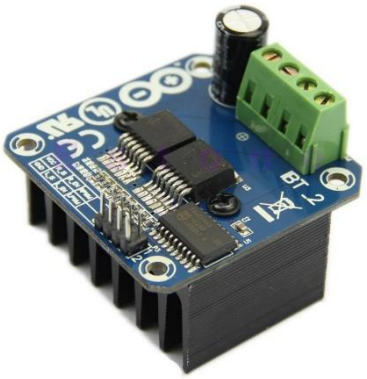
2.1.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงต้องอาศัยวิธีการกลับทิศทางของกระแสโดยใช้การต่อวงจรแบบ H-bridge ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ หากต้องการควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ให้สวิตช์ S1 และ S4 ปิดวงจรและให้สวิตช์ S2 และ S3 เปิดวงจร หากต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ให้สวิตช์ S2 และ S3 ปิดวงจรและให้สวิตช์ S1 และ S4 เปิดวงจร [6]



รูปที่ 2.2 การควบคุมมอเตอร์แบบ H-Bridge

ในโครงงานนี้เลือกใช้บอร์ด BTS7960 ซึ่งเป็นบอร์ดขับมอเตอร์มาใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ บอร์ด BTS7960 เหมาะสำหรับใช้ควบคุมมอเตอร์ขนาด 12 – 24 โวลต์ และมีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 200 วัตต์ บนบอร์ดประกอบไปด้วยไอซี 2 ตัวและแผ่นระบายความร้อน มีระบบป้องกันกระแสเกินและระบบป้องกันความร้อนเมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป ตัวอย่างของบอร์ด BTS7960 แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บอร์ด BTS7960

2.1.3 วิธีการคำนวณพิกัดความเร็วรอบและพิกัดแรงบิดของมอเตอร์

พิกัดขาออกของมอเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงคือพิกัดความเร็วรอบและพิกัดแรงบิดโดยมีหลักการคำนวณดังนี้

ความเร็วรอบของมอเตอร์มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (RPM) คำนวณได้โดยเริ่มจากสมการอัตราเร็วเชิงเส้นของล้อ

$$v = \frac{s}{t} \tag{2.1}$$

เมื่อ

v คืออัตราเร็วเชิงเส้นมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที $(\mathrm{m/s})$

s คือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นเมตร (m)

t คือเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นวินาที (t)

นำอัตราเร็วเชิงเส้น v ที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.1) มาแทนในสมการที่ (2.2) เพื่อคำนวณหาความถี่

$$f = \frac{v}{2\pi R} \tag{2.2}$$

เมื่อ

f คือความถี่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

R คือรัศมีของล้อมีหน่วยเป็นเมตร (m)

เนื่องจากหน่วยของความถี่ที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.2) คือ Hz โดยที่ 1 Hz มีค่าเท่ากับ 60 RPM ดังนั้นจึงนำค่าความถี่ที่ได้จากสมการที่ (2.2) ไปคูณกับ 60 เพื่อแปลงเป็นความเร็วรอบในหน่วย RPM เพื่อนำมาใช้เลือกพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการได้

การที่ราวตากผ้าเคลื่อนที่ออกจากสภาวะอยู่นิ่งได้นั้นต้องอาศัยแรงจากภายนอกมากระทำโดยแรงดังกล่าวเกิดจากแรงบิดจากมอเตอร์และแรงเสียดทานจลน์ระหว่างล้อกับราง (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ) ดังนั้นในการคำนวณหาพิกัดแรงบิดของมอเตอร์จึงเริ่มจากการคำนวณหาแรงเสียดทานจลน์เป็นอันดับแรก [7] สมการอย่างง่ายที่ใช้คำนวณหาแรงเสียดทานจลน์แสดงไว้ในสมการที่ (2.3)

$$F_f = K_r \times W = K_r \times m \times g \tag{2.3}$$

เมื่อ

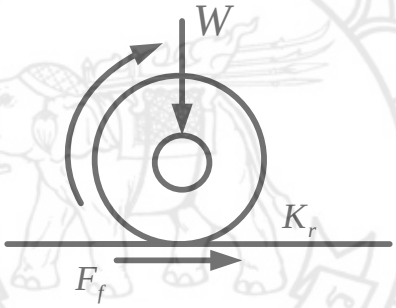
F_f คือแรงเสียดทานจลน์ระหว่างล้อกับรางมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

K_r คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ (ดูตารางที่ 2.1)

W คือน้ำหนักของวัตถุมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

m คือมวลของวัตถุมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

g คือค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง $(\mathrm{m/s^2})$



รูปที่ 2.4 แรงเสียดทานจลน์ระหว่างล้อและราง

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ (K_r) ตามชนิดและสภาพของพื้น

ชนิดและสภาพของพื้น	K_r
สภาพดีเยี่ยม	0.014-0.018
สภาพดีพอใช้	0.018-0.020
ถนนหินปูน	0.023-0.030
ถนนลูกรัง	0.020-0.025
ดินแห้งอัดแน่น	0.025-0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050-0.150
ถนนทราย	0.10-0.30

เมื่อคำนวณแรงเสียดทานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงอาศัยกฎข้อที่ 2 ของนิวตันที่กล่าวว่า เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งดังสมการที่ (2.4) เพื่อคำนวณหาแรงที่ใช้ในการเลื่อนราวตากผ้า

$$\sum F = F - F_f = ma \tag{2.4}$$

เมื่อ

$\sum F$ คือแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

m คือมวลของวัตถุมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

a คือความเร่งของวัตถุมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง $(\mathrm{m/s^2})$

จากแรงที่คำนวณได้จาก (2.4) จึงนำมาคำนวณหาแรงบิด (Torque : T) ซึ่งเป็นโมเมนต์ของแรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือการบิด [8] จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันแบบหมุนพบว่า

$$T = F \times r \tag{2.5}$$

เมื่อ

T คือแรงบิดมีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร $(\mathrm{N\text{-}m})$

F คือแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับรัศมีของการหมุนมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

r คือรัศมีของการหมุนของวัตถุมีหน่วยเป็นเมตร (m)

2.1.4 ลิมิตสวิตช์

ลิมิตสวิตช์ (Limit switch) เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าโดยอาศัยแรงภายนอกมากระทำ เช่น การวางของทับที่ปุ่มกดหรือการทำให้ลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด ซึ่งส่งผลให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชนมีการเปิด-ปิดตามจังหวะของการชน ลิมิตสวิตช์จำแนกออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของหน้าสัมผัส นั่นคือ แบบปกติเปิด (Normally open : NO) กล่าวคือหน้าสัมผัสจะเปิดออกจากกันในสภาวะปกติ และเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำจะทำให้หน้าสัมผัสปิดกระแสไฟจึงไหลผ่านวงจรได้ และแบบปกติปิด (Normally closed : NC) กล่าวคือหน้าสัมผัสจะสัมผัสกันอยู่ กระแสไฟจึงไหลในวงจร แต่หากมีแรงภายนอกมากระทำจะทำให้หน้าสัมผัสเปิดออกจึงตัดกระแสออกจากวงจร ตัวอย่างของลิมิตสวิตช์แสดงไว้ในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลิมิตสวิตช์

2.2 ส่วนของการตรวจจับ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดค่าความเข้มแสงและการกระจายของฝนเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจของตัวควบคุมว่าควรเลื่อนราวตากผ้าเข้าเก็บในที่ร่มหรือควรเลื่อนราวตากผ้าไปตากในที่โล่งแจ้งโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความเข้มแสงและเกณฑ์การกระจายของฝน

หน่วยของการวัดปริมาณแสงสว่างมีหลายรูปแบบขึ้นกับการประยุกต์ใช้งาน เช่น หน่วยแรงเทียน (Candle power) หรือหน่วยแคนเดลา (Candela) ซึ่งย่อด้วย cd เป็นหน่วยที่ใช้วัดความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity) หน่วยลูเมน (Lumen) ซึ่งย่อด้วย lm เป็นหน่วยที่ใช้วัดกำลังของความสว่าง (luminous power) หรือหน่วยลักซ์ (lux) ซึ่งย่อด้วย lx เป็นหน่วยที่ใช้วัดความสว่าง (illuminance) ซึ่งเป็นความเข้มแสงต่อพื้นที่ เมื่อนำไฟส่องสว่างชนิดเดียวกันไปใช้งานในสถานที่ที่แตกต่างกัน แม้ว่ากำลังของความสว่างเท่ากันแต่ปริมาณของความเข้มแสงต่อพื้นที่อาจมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงการออกแบบแสงสว่างในพื้นที่ต่าง ๆ กันจึงนิยมวัดปริมาณแสงสว่างในรูปแบบของความเข้มแสงต่อพื้นที่ [9]

ในโครงงานนี้เลือกวิธีการวัดความสว่างในรูปแบบของหน่วยลักซ์ โดยอ้างอิงค่าความเข้มแสงตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความเข้มแสง (ลักซ์)

ค่าความเข้มแสง (ลักซ์)	ความสว่าง
0.27 – 1	Full moon on a clear night
100	Very dark overcast day
400	Sunrise or sunset
1,000 – 10,000	Overcast day
10,000 – 25,000	Full daylight
32,000 – 100,000	Direct sunlight

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Lux

ในทางอุตุนิยมวิทยามีการนิยามเกณฑ์การตกของฝนอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ นั่นคือ เกณฑ์ปริมาณฝนและเกณฑ์การกระจายของฝนโดยมีรายละเอียดดังนี้

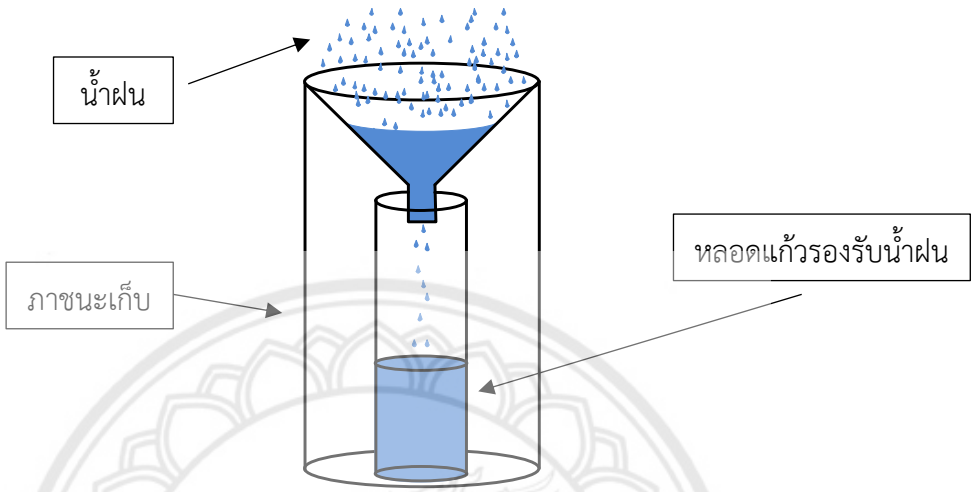
เกณฑ์ปริมาณฝน เป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดปริมาณฝนโดยพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในเครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำฝนดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยมีการแบ่งเกณฑ์ออกได้ดังต่อไปนี้

1) ฝนเล็กน้อย (Light Rain) ฝนตกมีปริมาณน้อยกว่า 10.0 มิลลิเมตร

2) ฝนปานกลาง (Moderate Rain) ฝนตกมีปริมาณ 10.1 – 35.0 มิลลิเมตร

3) ฝนหนัก (Heavy Rain) ฝนตกมีปริมาณ 35.1 – 90.0 มิลลิเมตร

4) ฝนหนักมาก (Very Heavy Rain) ฝนตกมีปริมาณมากกว่า 90.1 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.6 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำฝน

เกณฑ์การกระจายของฝน เป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดปริมาณฝนโดยพิจารณาจากการกระจายของฝนตามสถานีตรวจวัดฝนในที่ต่าง ๆ โดยมีการแบ่งเกณฑ์ออกได้ดังต่อไปนี้

1) ฝนบางพื้นที่ (Isolated) หมายถึงมีฝนตกน้อยกว่า 20% ของพื้นที่

2) ฝนกระจายเป็นแห่ง (Widely Scattered) หมายถึงมีฝนตก 20% - 40% ของพื้นที่

3) ฝนกระจาย (Scattered) หมายถึงมีฝนตก 40% - 60% ของพื้นที่

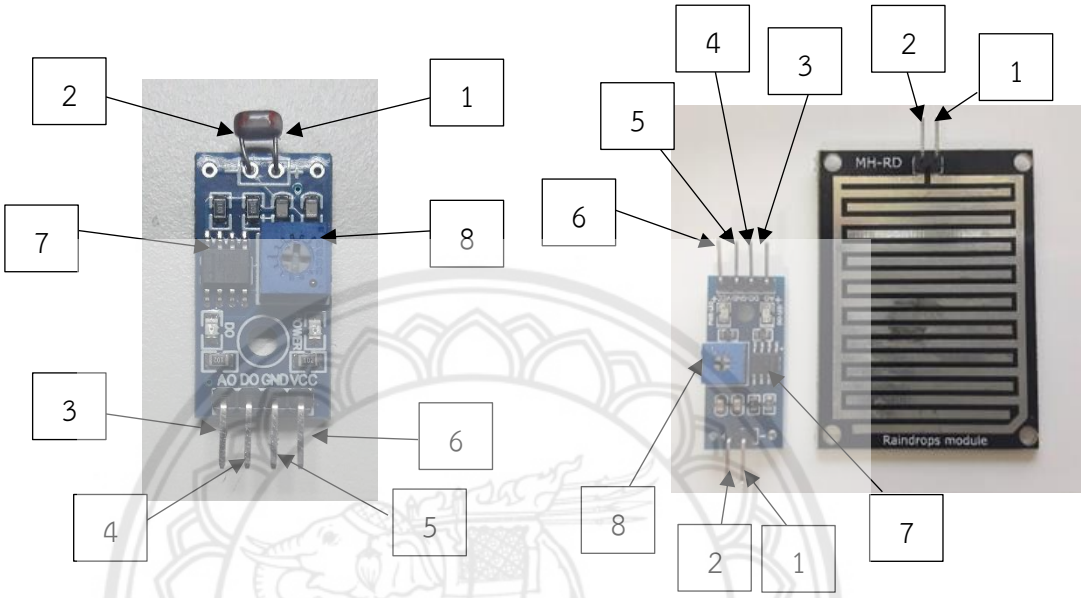
4) ฝนเกือบทั่วไป (Almost Widespread) หมายถึงมีฝนตก 60% - 80% ของพื้นที่

5) ฝนทั่วไป (Widespread) หมายถึงมีฝนตกมากกว่า 80% ของพื้นที่

2.2.2 มอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน

มอดูลแสง (Light Sensor Module) เป็นมอดูลที่ใช้วัดความเข้มแสงโดยอาศัยตัวต้านทานปรับค่าได้ (Light Dependent Resistor : LDR) ซึ่งเปลี่ยนค่าตามปริมาณของแสงที่ตกกระทบ ในขณะที่มอดูลตรวจจับน้ำฝน (Rain/Water Detection Sensor Module) เป็นมอดูลที่ใช้วัดปริมาณความเปียกชื้นโดยอาศัยตัวต้านทานที่อยู่บนแผ่น Printed Circuit Board : PCB ซึ่งเปลี่ยนค่าตามปริมาณความเปียกชื้นที่มาตกกระทบ [10]

เมื่อค่าของความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปย่อมทำให้แรงดันตกคร่อมเปลี่ยนแปลงไปด้วย จากนั้นจึงนำค่าแรงดันที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับแรงดันที่ตั้งค่าไว้ผ่านทางวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ผลต่างของแรงดันจะถูกแปลความหมายออกมาเป็นได้ทั้งสัญญาณดิจิทัลและสัญญาณ แอนะล็อก ทั้งนี้แรงดันที่ตั้งไว้สามารถปรับได้ตามความต้องการโดยการหมุนที่ Sensitivity trimpot



รูปที่ 2.7 มอดูลแสง (ซ้าย) และมอดูลตรวจจับน้ำฝน (ขวา)

ตัวอย่างของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนแสดงไว้ในรูปที่ 2.7 (ซ้าย) และ (ขวา) ตามลำดับเมื่อ

1) Sensor board (+) : ต่อเซนเซอร์ขั้ว +

2) Sensor board (-) : ต่อเซนเซอร์ขั้ว -

3) Port A0 : ช่องทางออกแบบแอนะล็อก

4) Port D0 : ช่องทางออกแบบดิจิทัล

5) GND : ต่อกราวด์

6) VCC : ต่อแรงดัน 5 โวลต์จากแหล่งจ่าย

7) IC LM393 Comparator คือวงจรรวมที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดัน

8) Sensitivity trimpot คือตัวต้านทานปรับค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อนำแรงดันตกคร่อมมาเป็นตัวเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้จากตัวตรวจจับทั้งที่เป็นตัวต้านทานแบบ LDR ในรูปซ้ายหรือแผ่นตัวต้านทานแบบ PCB ในรูปขวา

2.3 ส่วนของการควบคุม

ในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติต้องอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลหลัก ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 มาทำงานร่วมกับมอดูลนาฬิกาเพื่อใช้เป็นตัวตั้งเวลาปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 บอร์ด Arduino MEGA 2560

อุปกรณ์ควบคุมหลักที่เลือกใช้ในโครงงานนี้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ใช้ชิปรุ่น ATmega2560 เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างสะดวกประกอบไปด้วยช่องทางเข้า (input port) และช่องทางออก (out port) ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบแอนะล็อกและดิจิทัล อีกทั้งมีวงจรการกล้ำความกว้างของพัสล์ (Pulse width modulator : PWM) และช่องทางอนุกรม (Serial port) ที่พอเพียงกับการใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถรับ-ส่งสัญญาณเพื่อนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รับสัญญาณจากสวิตช์ไฟเพื่อนำไปใช้ควบคุมหลอดไฟหรือมอเตอร์ได้ [11] สำหรับข้อมูลที่สำคัญของบอร์ด Arduino MEGA 2560 แสดงในตารางที่ 2.3

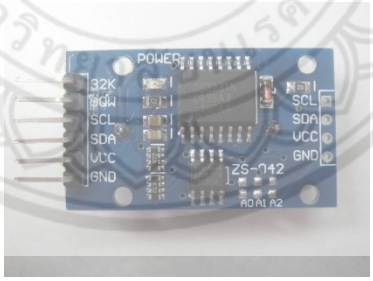
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของบอร์ด Arduino MEGA 2560

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega2560
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 โวลต์
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 โวลต์
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 โวลต์
ช่องทางเข้าดิจิทัล I/O	54 ช่องทาง
ช่องทางเข้าแอนะล็อก	16 ช่องทาง
กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกช่องทาง	40 มิลลิแอมป์
พื้นที่โปรแกรมภายใน	256 กิโลไบต์
กระแสไปที่จ่ายได้ในช่องทาง 3.3 โวลต์	50 มิลลิแอมป์
พื้นที่แรม	8 กิโลไบต์
พื้นที่หน่วยความจำถาวร	4 กิโลไบต์
ความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ	16 เมกะเฮิรตซ์

รูปที่ 2.8 บอร์ด Arduino MEGA 2560

2.3.2 มอดูลนาฬิกา

มอดูลนาฬิกาที่เลือกใช้ในโครงงานนี้คือ มอดูลรุ่น DS3231 (ดังแสดงในรูปที่ 2.9) ซึ่งเป็นมอดูลนาฬิกาที่ใช้ชิปประเภท RTC (Real-Time Clock) ทำหน้าที่เป็นระบบฐานเวลาโดยสามารถแสดงผลได้ทั้งแบบ 12 ชั่วโมงและแบบ 24 ชั่วโมง มอดูลชนิดนี้สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ด Arduino MEGA 2560 โดยเชื่อมต่อแบบ I2C (Inter Integrate Circuit Bus) ใช้ความเร็วได้ถึง 400 กิโลเฮิรตซ์ แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 2.5-5.5 โวลต์ และมีแบตเตอรี่สำรองเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับมอดูลในกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก [12]



รูปที่ 2.9 มอดูลนาฬิการุ่น DS3231

2.4 ส่วนของแหล่งพลังงาน

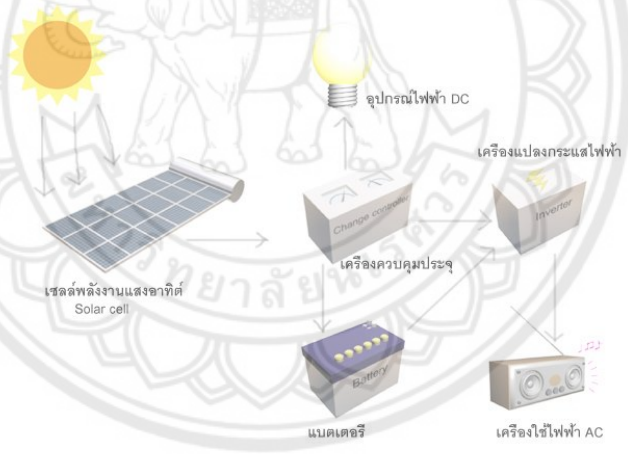
ในหัวข้อนี้จะศึกษาเกี่ยวกับแหล่งจ่ายพลังงานซึ่งประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้า การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในระยะแรกนั้นต้องนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) แกลเลี่ยม

อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide) และแคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) มาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำให้เป็นแผ่นบางเรียกว่า **แว่นผลึก (Wafer)** เมื่อนำแว่นผลึกมาวางไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดพาดผ่าน อนุภาคในแสงแดดที่เรียกว่า **โฟตอน (Photon)** จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนภายในแว่นผลึกจนกระทั่งอิเล็กตรอนมีพลังงานมากพอที่จะหลุดออกจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ทั้งนี้อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อย่างอิสระดังกล่าวคือพาหะที่นำไฟฟ้าประจุลบ ในขณะที่อะตอมที่อิเล็กตรอนหลุดออกไปนั้นคือพาหะที่นำไฟฟ้าประจุบวก บางครั้งเรียกว่า **โฮล (Hole)** [13]

เมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ตามความต่างศักย์ไฟฟ้าจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร กระแสที่เกิดขึ้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) หากต้องการนำไปใช้กับวงจรไฟฟ้าที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC current) จำเป็นต้องต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วิธีการทำงานเชื่อมต่อจากเซลล์แสงอาทิตย์มายังอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 หลักการการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : http://3.bp.blogspot.com

การคำนวณขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานให้เริ่มคำนวณจากพลังงานที่ใช้ของอุปกรณ์ที่ต่อในวงจร

$$\mathrm{P} = \sum_{i=1}^{n} \left(P \times N_t \times t\right)_i$$

โดยที่ P คือพลังงานที่ใช้ของอุปกรณ์ที่ต่อในวงจรมีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง (W-hr)

P คือกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้งานมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

N_t คือจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน

t คือเวลาที่ใช้งานมีหน่วยเป็นชั่วโมง (hr)

ในทางอุดมคติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีค่าเท่ากับพลังงานที่ใช้ของอุปกรณ์ที่ต่อในวงจร แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าความสูญเสียเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า โดยในที่นี้จะสมมุติให้ค่าความสูญเสียดังกล่าวมีร้อยละ x ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีค่าอย่างน้อย $\mathrm{P}+\frac{x}{100}\mathrm{P}=(1+0.01x)\mathrm{P}$ W-hr

ในการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มใช้ตั้งแต่เวลา 7:00 น. ถึง 17:00 น. รวมเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์อย่างน้อยเท่ากับ $0.1(1+0.01x)\mathrm{P}$ W

เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกระบุไว้บนแผงเป็นกำลังไฟฟ้าที่ถูกผลิตได้สูงสุดเมื่อค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบคือ $1000\,\mathrm{W/m^2}$ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่จังหวัดพิษณุโลกมีค่าเฉลี่ยประมาณ $471.97\,\mathrm{W/m^2}$ ซึ่งมีหลักการคำนวณดังนี้

จากข้อมูลของค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่จังหวัดพิษณุโลกตลอดทั้งปี [17] มีค่าเท่ากับ

$$203.893/12=16.99\,\mathrm{MJ/m^2}=4719.74\,\mathrm{W\text{-}hr/m^2}$$

เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเป็นเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่จังหวัดพิษณุโลกจึงมีค่าเท่ากับ

$$4719.74/10=471.97\,\mathrm{W/m^2}$$

ในการคำนวณขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ดังนี้

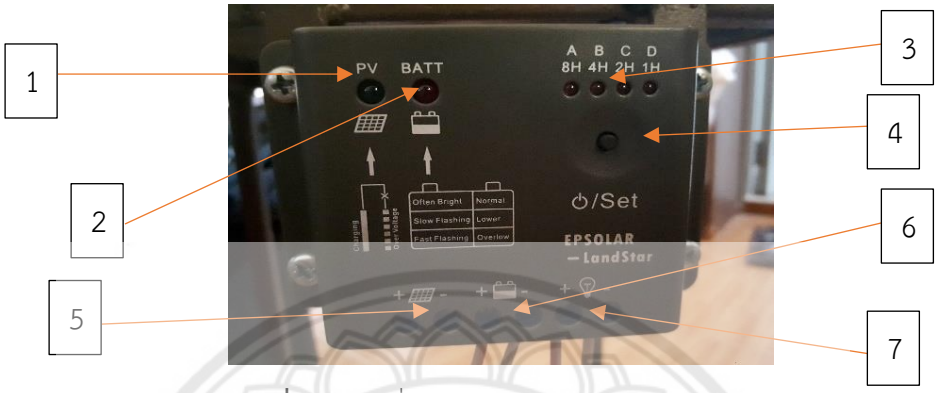
ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่จังหวัดพิษณุโลก $471.97\,\mathrm{W/m^2}$ ต้องผลิตกำลังไฟฟ้าที่อย่างน้อย $0.1(1+0.01x)\mathrm{P}$ W ดังนั้นค่าความเข้มของแสงอาทิตย์มาตรฐาน $1000\,\mathrm{W/m^2}$ จึงต้องผลิตกำลังไฟฟ้าได้อย่างน้อย

$$\frac{0.1(1+0.01x)\mathrm{P}\times 1000}{471.97}\ \mathrm{W} \qquad (2.6)$$

2.4.2 เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์

เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งในที่นี้จะเรียกโดยย่อว่าเครื่องควบคุมประจุถูกออกแบบมาเพื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น ป้องกันการเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไม่คงที่และป้องกันการเกิดแรงดันที่สูงเกินไปเนื่องจากแสงตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งวันจึงทำให้กระแสและแรงดันที่ผลิตได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การมีเครื่องควบคุมประจุดังกล่าวจะช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานมากขึ้น

ในการใช้งานจะนำเครื่องควบคุมประจุมาต่อไว้ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าโดยจะดูว่าแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ว่าอยู่ในระดับใด ถ้าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ตั้งไว้เครื่องควบคุมประจุจะทำการปลดโหลดออกจากระบบโดยทันที (Load disconnect) เพื่อป้องกันการคายประจุของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปและอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น



รูปที่ 2.11 เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวอย่างของเครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 โดยมีฟังก์ชันการใช้งานดังนี้

1) หมายเลข 1 เป็นหลอดไฟ PV สีเขียวใช้แสดงสถานะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ถ้าไฟติดค้างแสดงว่ามีแสงแดดมากเครื่องจะทำงานปกติ ถ้าไฟกระพริบแสดงว่าแสงแดดอ่อน แต่ถ้าไฟไม่ติดแสดงว่าไม่มีแสงแดดหรือสายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกถอดออก

2) หมายเลข 2 เป็นหลอดไฟ BATT สีแดงใช้แสดงสถานะของแบตเตอรี่ ถ้าไฟติดค้างแสดงว่าแบตเตอรี่ถูกประจุกระแสไฟฟ้าและมีพลังงานเพียงพอ ถ้าไฟกระพริบแสดงว่ามีการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่แต่พลังงานในแบตเตอรี่มีค่อนข้างน้อย

3) หมายเลข 3 เป็นหลอดไฟ 4 ดวงใช้แสดงรูปแบบในการทำงานซึ่งมีทั้งหมด 15 รูปแบบดังแสดงในตารางที่ 2.4

4) หมายเลข 4 เป็นปุ่มที่ใช้ตั้งค่ารูปแบบการทำงานโดยการกดค้างซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกตั้งค่ารูปแบบการทำงานได้และใช้งานในรูปแบบการทำงานโดยการกดปุ่ม เปิด/ปิด

5) หมายเลข 5 เป็นช่องเสียบไว้ต่อกับขั้ว + และขั้ว – ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

6) หมายเลข 6 เป็นช่องเสียบไว้ต่อกับขั้ว + และขั้ว – ของแบตเตอรี่

7) หมายเลข 7 เป็นช่องเสียบไว้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

ตารางที่ 2.4 รูปแบบในการทำงานของเครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์

รูปแบบการทำงาน	8H	4H	2H	1H
ใช้งานตลอดทั้งคืน	✓	✓	×	✓
ใช้งาน 1 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	×	×	✓
ใช้งาน 2 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	×	✓	×
ใช้งาน 3 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	×	✓	✓
ใช้งาน 4 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	✓	×	×
ใช้งาน 5 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	✓	×	✓
ใช้งาน 6 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	✓	✓	×
ใช้งาน 7 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	×	✓	✓	✓
ใช้งาน 8 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	✓	×	×	×
ใช้งาน 9 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	✓	×	×	✓
ใช้งาน 10 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	✓	×	✓	×
ใช้งาน 11 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	✓	×	✓	✓
ใช้งาน 12 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน	✓	✓	×	×
รูปแบบการทดสอบ	✓	✓	✓	×
ทำงานโดยการกดปุ่มเปิด/ปิด	✓	✓	✓	✓

2.4.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีที่เก็บสะสมไว้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1) แบตเตอรี่ปฐมภูมิเป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้งานแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาประจุกระแสไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม

2) แบตเตอรี่ทุติยภูมิเป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาประจุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าไป สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการประจุกระแสไฟฟ้านี้เรียกว่า เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Battery charger) ตัวอย่างของแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้แก่ แบตเตอรี่โทรศัพท์ แบตเตอรี่ในรถยนต์และในรถจักรยานยนต์

3) แบตเตอรี่เชิงกลเป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วนำกลับมาประจุใหม่ได้โดยการเปลี่ยนขั้วของอิเล็กโทรดซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วซึ่งทำให้มีการประจุกระแสไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

4) แบตเตอรี่ผสมเป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่โดยขั้วอิเล็กโทรดข้างหนึ่งเป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นขั้วของตัวแบตเตอรี่เอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน

แบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานในโครงงานนี้คือแบตเตอรี่แบบทุติยภูมิเพราะสามารถนำกลับมาประจุกระแสไฟฟ้าเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้และราคาไม่สูงจนเกินไป ตัวอย่างของแบตเตอรี่แบบทุติยภูมิแสดงไว้ในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 แบตเตอรี่

ในการเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมต่อการใช้งานสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{P} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{P \times N_t \times t}{V \times 0.8} \right)_i \qquad (2.7)$$

โดยที่ P คือหน่วยใช้งานของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็นแอมป์-ชั่วโมง (A-hr)

P คือกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้งานมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

N_t คือจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน

t คือเวลาที่ใช้งานมีหน่วยเป็นชั่วโมง (hr)

V คือแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

0.8 คือค่าร้อยละในการใช้งานของแบตเตอรี่

ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่เพื่อมาใช้งานกับหลอดไฟ 2 ดวง ขนาด 18 วัตต์โดยใช้งานเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อคำนวณโดยใช้สมการที่ (2.7) จะได้ว่า

$$\mathrm{P} = \frac{18 \times 2 \times 8}{12 \times 0.8} = 30\,\text{A-hr}$$

ดังนั้นขนาดของแบตเตอรี่ที่ควรเลือกใช้จึงมีขนาด 12 โวลต์ 30 แอมป์-ชั่วโมงหรือมากกว่า

2.5 ส่วนของการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI

ส่วนสุดท้ายนี้ศึกษาเกี่ยวกับหลักการควบคุมระยะทางไกลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งในยุคปัจจุบันนี้นิยมเรียกว่า Internet of Things : IoT โดยเป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยมีรายละเอียดดังนี้

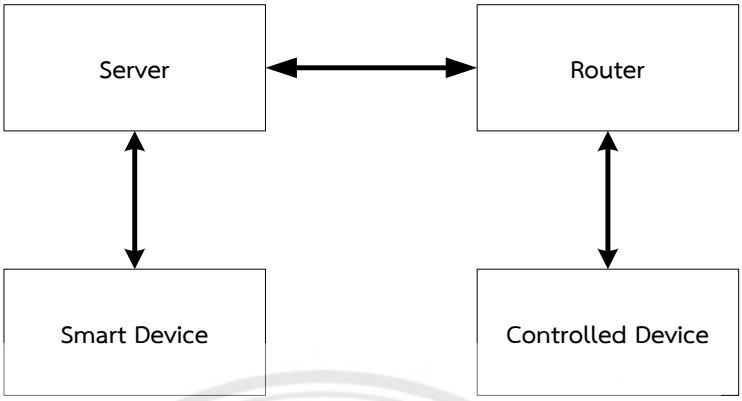
2.5.1 ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ถูกพัฒนาขึ้นมากว่า 50 ปี โดยเริ่มจากการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personnel computer) มาต่อเชื่อมกันจนเกิดเป็นเครือข่ายขนาดเล็ก จากนั้นจึงนำเครือข่ายขนาดเล็กแต่ละเครือข่ายมาเชื่อมต่อกันเพื่อส่งข้อมูลระหว่างกัน จนกระทั่งมาถึงยุคของการสื่อสารไร้สายซึ่งเป็นยุคที่อุปกรณ์สื่อสารเริ่มมีการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับกับการเติบโตของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งนำเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายในหลายรูปแบบมาใช้ เช่น **Bluetooth WIFI Zigbee Z-Wave 6LowPAN Thread Cellular NFC LoRaWAN และ NB-IoT เป็นต้น**

อุปกรณ์สื่อสารที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นนอกจากจะใช้สำหรับการสื่อสารขั้นพื้นฐานแล้วยังมีความสามารถในการประมวลผลได้อีกด้วย อุปกรณ์เหล่านี้เรียกโดยรวมว่า **อุปกรณ์สมาร์ต (Smart Device)** เช่น Smart TV Smart phone Smart home จากความสามารถของอุปกรณ์สมาร์ตเหล่านี้จึงถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นี่จึงเป็นที่มาของคำว่า Internet of Things : IoT [14]

2.5.2 หลักการควบคุมระยะทางไกลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

หลักการทำงานของ IoT โดยทั่วไปแสดงไว้ในรูปที่ 2.13 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.13 หลักการควบคุมระยะทางไกลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1) อุปกรณ์สมาร์ต (Smart Device) ทำหน้าที่สั่งงานโปรแกรมต่าง ๆ บนอุปกรณ์โดยอาศัยการรับส่งข้อมูลด้วยอินเทอร์เน็ตโพรโทคอลผ่านไปยังตัวบริการ (Server)

2) ตัวบริการ (Server) ทำหน้าที่ให้บริการแก่ผู้ใช้ทั่วไปที่ต้องการใช้บริการโดยข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใช้อุปกรณ์สมาร์ตจะถูกส่งมาที่ตัวบริการ (Server) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อค้นหาปลายทางที่ต้องการส่งข้อมูล จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router)

3) อุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) คืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย ทำหน้าที่จัดหาเส้นทางและส่งข้อมูลระหว่างเครือข่ายจากต้นทางไปยังเครือข่ายปลายทางที่ต้องการ

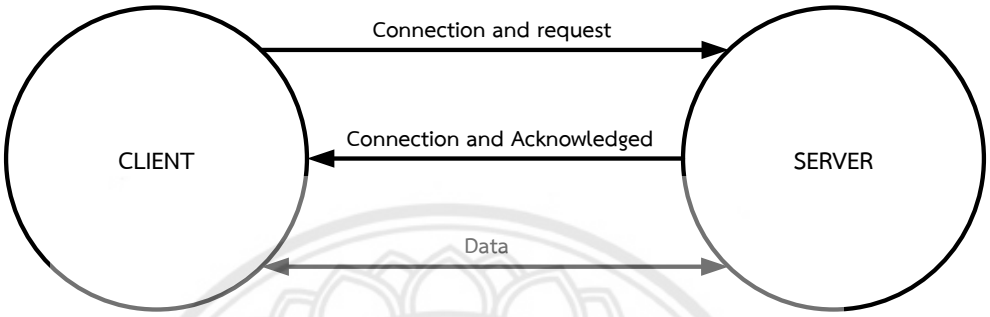
4) อุปกรณ์ที่ถูกควบคุม (Controlled Device) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกควบคุมด้วยชุดคำสั่งที่รับมาจากต้นทางซึ่งในที่นี้คืออุปกรณ์สมาร์ตโดยจะทำหน้าที่ตามเงื่อนไขของชุดคำสั่งนั้น

2.5.3 การรับส่งข้อมูลในรูปแบบ TCP/IP

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการทำงานของโพรโทคอล TCP/IP ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยโพรโทคอลดังกล่าวสามารถค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูลได้อัตโนมัติแม้ว่าเครือข่ายจะเกิดปัญหา

โพรโทคอล IP (Internet Protocol) ทำหน้าที่เกี่ยวกับควบคุมการส่งข้อมูล โดยโพรโทคอลนี้มีความสามารถในการจัดหาเส้นทางและสามารถเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการส่งข้อมูลได้เมื่อเครือข่ายเกิดปัญหา

โพรโทคอล TCP (Transmission Control Protocol) ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูลโดยการส่งข้อมูลเป็นแบบ Handshake คือเครื่องผู้ใช้บริการ (Client) ส่งสัญญาณเพื่อไปขอใช้บริการจากเครื่องตัวบริการ (Server) ต่อจากนั้นเครื่องตัวบริการจะส่งสัญญาณตอบกลับมายังเครื่องผู้ใช้บริการ หลังจากนั้นเครื่องของผู้ใช้บริการกับเครื่องตัวบริการจะสามารถรับส่งข้อมูลกันได้ [16] หลักการทำงานของ TCP แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของ TCP

2.5.4 รูปแบบการทำงานของบอร์ด WIFI

สำหรับรูปแบบการทำงานของบอร์ด WIFI ที่ใช้งานกันทั่วไปสามารถเปลี่ยนรูปแบบการทำงานได้หลายแบบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 รูปแบบคือ

1) รูปแบบ AP (Access Point Mode) คือรูปแบบที่ใช้สำหรับกระจายสัญญาณ WIFI ออกจากบอร์ด WIFI ตัวมาให้กับอุปกรณ์สมาร์ตอื่น ๆ เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณ WIFI ได้

2) รูปแบบ STA (Station Mode) คือรูปแบบที่นำไปใช้สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด WIFI แล้วรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ในวงแลนเดียวกัน

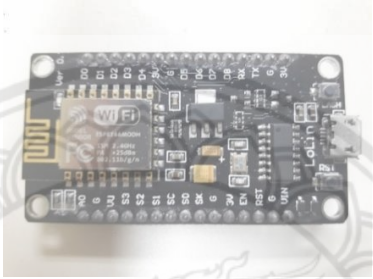
3) รูปแบบ AP & STA (Access Point & Station Mode) คือรูปแบบที่ทำงานได้ทั้งรูปแบบ AP และรูปแบบ STA แต่มีข้อเสียในเรื่องของการใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นและเรื่องของความเสถียรภาพจะลดลง

ในโครงงานนี้ออกแบบให้บอร์ด WIFI ทำงานในรูปแบบ AP & STA และใช้การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้โพรโทคอลชนิดโพรโทคอล TCP/IP

2.5.5 บอร์ด NodeMCU

โครงงานนี้เลือกใช้บอร์ด NodeMCU (ดูที่รูป 2.15 ประกอบ) ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีอุปกรณ์จัดเส้นทางที่เปรียบเสมือน

เป็นสะพานที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลมายังบอร์ด NodeMCU ซึ่งบอร์ดอันนี้ประกอบไปด้วยชิป ESP8266-12E และชิป CH340G ชิปอันแรกใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นทางเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ หรือเป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณ มีช่องทางเข้าและช่องทางออก ส่วนชิปอันที่สองใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด NodeMCU กับคอมพิวเตอร์ผ่านช่องทาง Micro USB สามารถนำมาพัฒนาโปรแกรมบน Arduino IDE และเฟิร์มแวร์ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นเหมาะกับโครงงานที่เกี่ยวข้องกับ IoT (Internet of Thing) เช่น การทำเว็ปเพจ การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ผ่านสัญญาณ WIFI หรือการนำไปประยุกต์ใช้กับโครงงานอื่น ๆ [15]



รูปที่ 2.15 บอร์ด NodeMCU

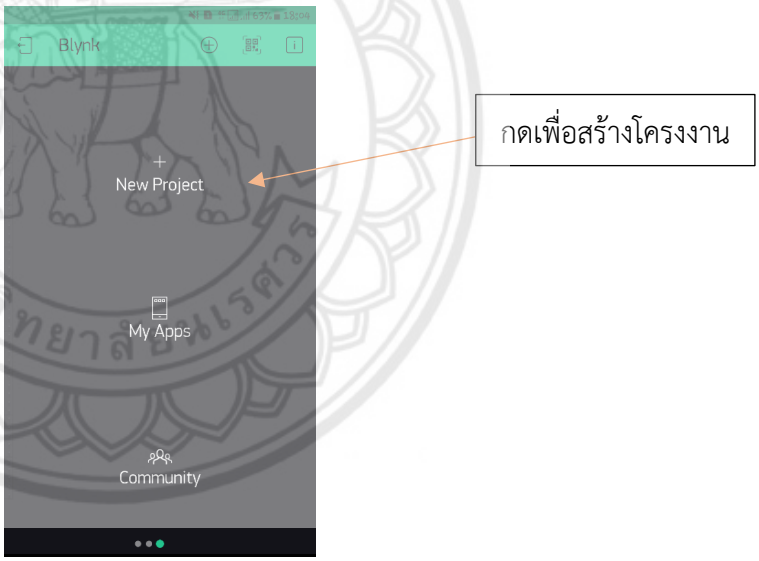
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของบอร์ด NodeMCU

ชิปแปลงสัญญาณ TTL to USB	**CH340G**
มาตรฐาน IEEE	802.11 b/g/n
ใช้แรงดันไฟฟ้า	3.3 โวลต์
รองรับแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก	4-9 โวลต์
ช่องทางเข้าดิจิทัล I/O	9 ช่องทาง
ช่องทางเข้าแอนะล็อก	1 ช่องทาง
ช่องทางรับ-ส่งข้อมูล	4 ช่องทาง
กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกช่องทาง	800 มิลลิแอมป์
พื้นที่โปรแกรมภายใน	128 กิโลไบต์
พื้นที่แรม	1 เมกะไบต์
พื้นที่หน่วยความจำถาวร	4 เมกะไบต์
ความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ	40 เมกะเฮิรตซ์

2.5.6 โปรแกรม Blynk

โปรแกรม Blynk เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ได้รับความนิยมในการทำงานด้าน IoT เนื่องจากอาศัยหลักการออกแบบด้วยส่วนติดต่อประสานกับผู้ใช้ (Graphic User Interface : GUI) ซึ่งง่ายต่อการใช้งานจึงทำให้โปรแกรม Blynk สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างสะดวก ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถออกแบบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้โปรแกรม Blynk สามารถใช้งานได้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น สามารถรองรับระบบปฏิบัติการได้ทั้งระบบ iOS และระบบ Android

เมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรม Blynk ในครั้งแรก ผู้ใช้งานต้องลงทะเบียนเพื่อสมัครเข้าใช้งานกับโปรแกรมบริการ (server) ของ Blynk หลังจากทำการสมัครเข้าใช้งานเสร็จสิ้นจะปรากฏหน้า GUI เพื่อให้ผู้ใช้งานกดปุ่มเพื่อสร้างโครงงานที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.16 จากนั้นโปรแกรมบริการของ Blynk จะกำหนด Authorize Token เพื่อใช้เป็นรหัสอ้างอิงกับโครงงานนั้น นั่นคือ 1 โครงงานจะมี 1 Authorize Token เมื่อไรก็ตามที่ต้องการเปิดใช้งานโครงการใด ๆ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกรอก Authorize Token ที่เป็นรหัสอ้างอิงของโครงการนั้นเข้าสู่โปรแกรมบริการของ Blynk เสมอ

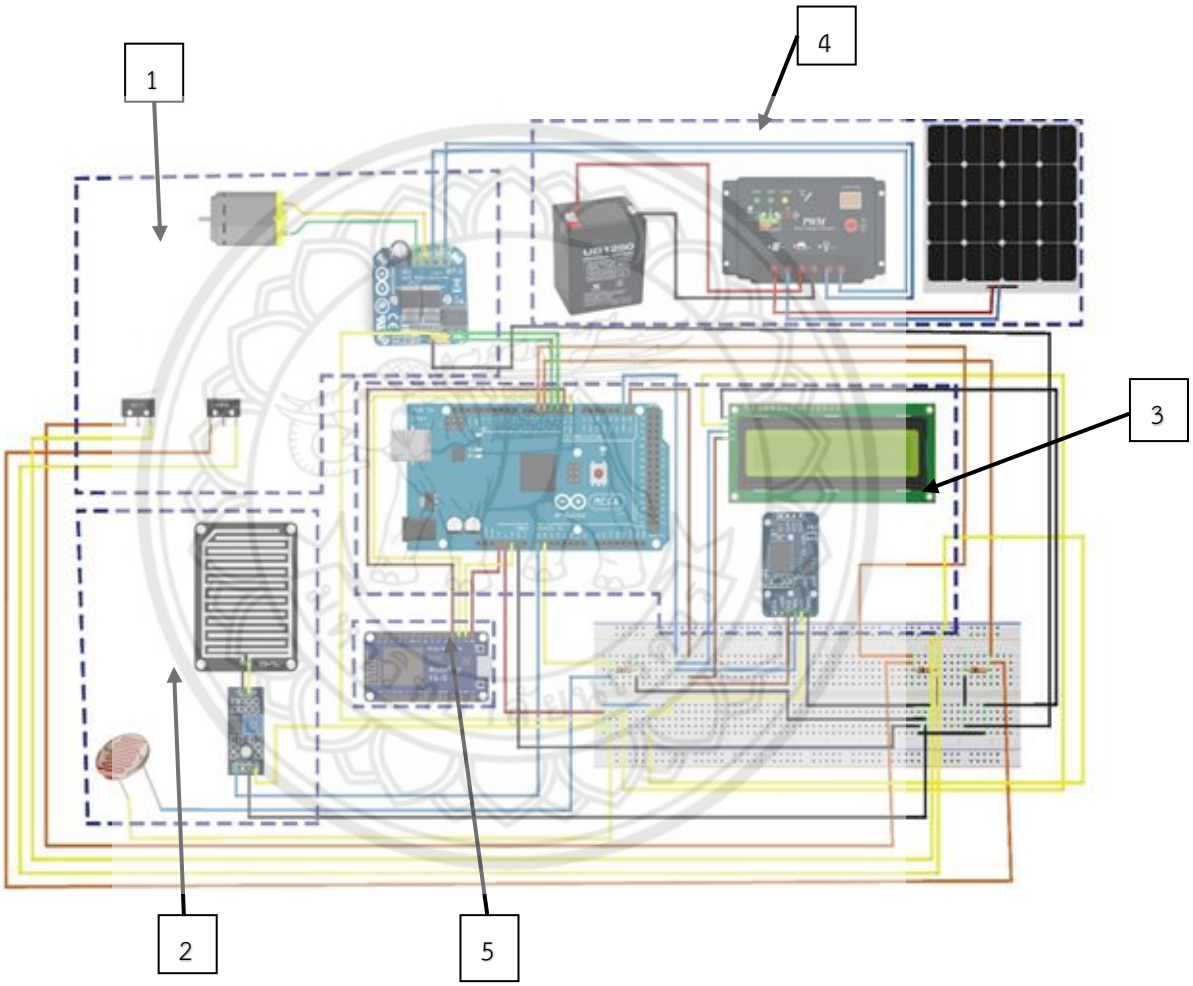


รูปที่ 2.16 หน้าจอของโปรแกรม Blynk ในการสร้างโครงงาน

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดของโครงงาน การออกแบบชิ้นงานและผังงานอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แนวคิดของโครงงาน



รูปที่ 3.1 ผังงานของระบบการทำงาน

ระบบการทำงานมี 5 ส่วนดังนี้

1) ส่วนของการขับเคลื่อน ทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนให้ชิ้นงานเลื่อนเข้าหรือเลื่อนออกตามคำสั่งที่ได้รับจากส่วนของการควบคุม รวมทั้งทำหน้าที่หยุดการทำงานของมอเตอร์

2) ส่วนของการตรวจจับ ทำหน้าที่ตรวจวัดความเข้มแสงและน้ำฝนที่มาตกกระทบกับตัวมอดูล จากนั้นจึงส่งสัญญาณที่ตรวจจับได้ไปยังส่วนของการควบคุมเพื่อทำการประมวลผลและสั่งงานต่อไป

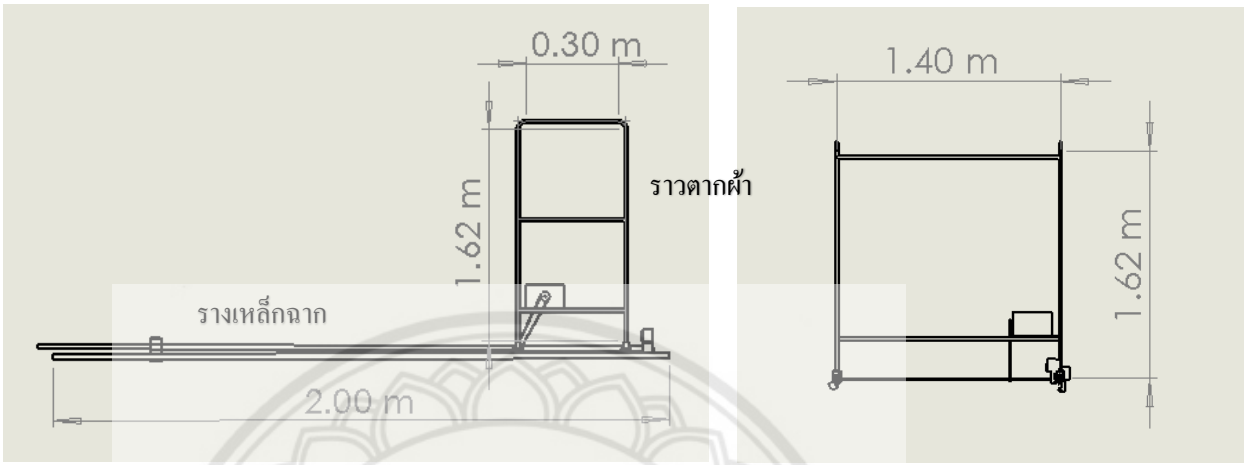
3) ส่วนของการควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทั้งระบบโดยอาศัยบอร์ด Arduino MEGA 2560 เป็นตัวควบคุม นอกจากนี้ยังมีส่วนของมอดูลนาฬิกาเพื่อใช้ประมวลผลในเรื่องของเวลา แป้นปุ่มกดเพื่อใช้ในการตั้งเวลาเพื่อให้ชิ้นงานเก็บผ้าเข้าในที่ร่มและหยุดการทำงาน และจอแสดงผล LCD เพื่อใช้แสดงเวลาปัจจุบัน เวลาที่ต้องการหยุดการทำงาน รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ (ความเข้มแสงและปริมาณน้ำฝน)

4) ส่วนของแหล่งพลังงาน ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักให้กับชิ้นงานซึ่งประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมประจุเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่

5) ส่วนของการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI กับบอร์ด Arduino MEGA 2560 เพื่อใช้รับคำสั่งจากโปรแกรม Blynk บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงานได้โดยตรง

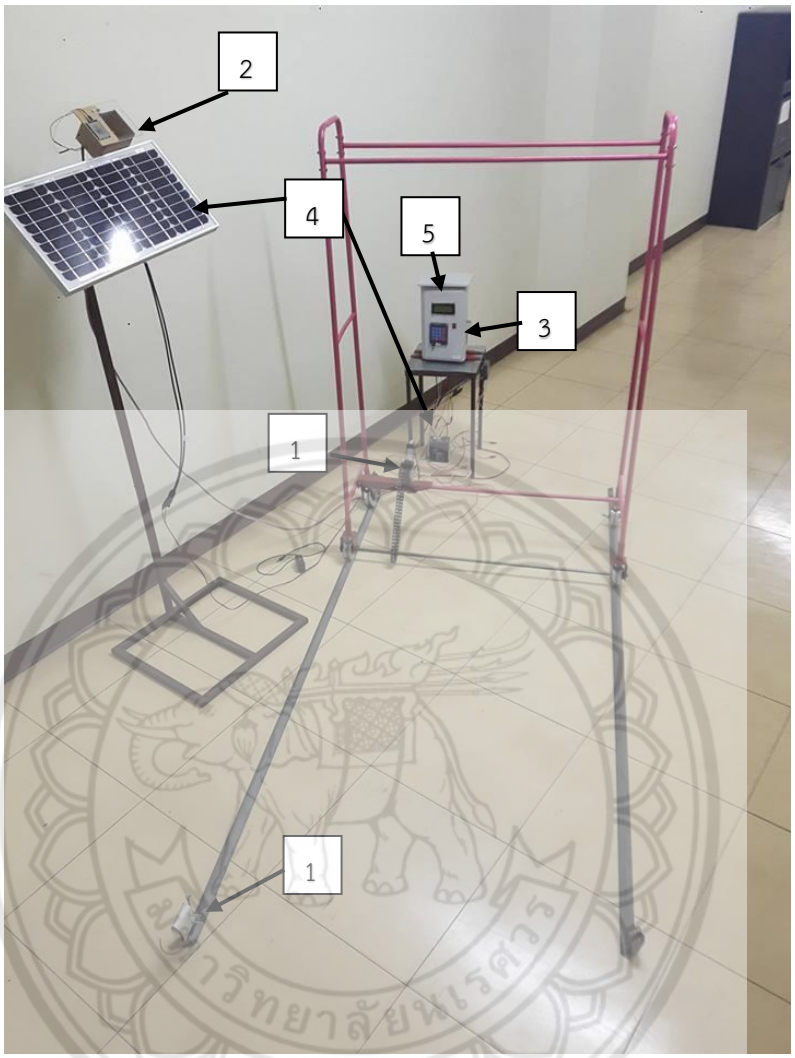
3.2 การออกแบบชิ้นงาน

ราวตากผ้าที่ใช้ทดลองในโครงงานนี้เป็นราวตากผ้าขนาดมาตรฐานที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปโดยมีขนาดแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของราวตากผ้าและรางเหล็กฉาก

ในการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของชิ้นงานแสดงได้ดังในรูปที่ 3.3 โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้



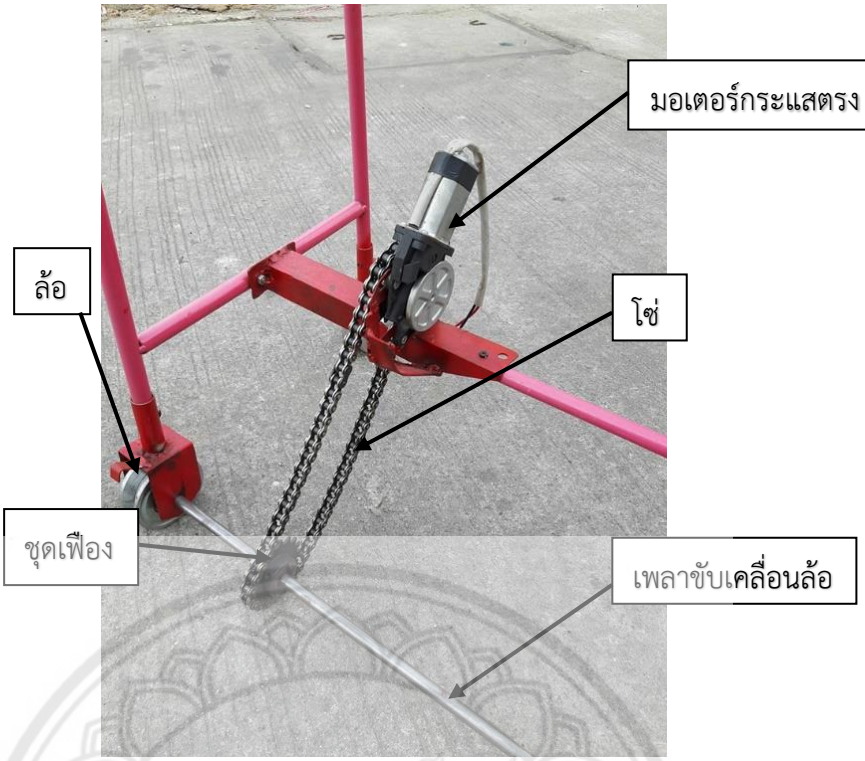
รูปที่ 3.3 ราวตากผ้าอัตโนมัติ

3.2.1 ส่วนของการขับเคลื่อน

การออกแบบในส่วนนี้มีรายละเอียดดังนี้

1) บอร์ดขับมอเตอร์ BTS7960 ทำหน้าที่รับคำสั่งจากบอร์ด Arduino MEGA 2560 เพื่อจ่ายไฟให้มอเตอร์และทำหน้าที่กลับทิศการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้าหรือเลื่อนออก

2) มอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนชิ้นงานโดยติดตั้งด้านล่างของราวตากผ้าและเชื่อมต่อกับเพลาเหล็กยาว 1.45 เมตร (เท่ากับความยาวของราวตากผ้า) ผ่านระบบเฟืองและโซ่เพื่อส่งถ่ายกำลัง ในการเลือกพิกัดของมอเตอร์มีวิธีการคำนวณดังนี้



รูปที่ 3.4 ส่วนของการขับเคลื่อน

วิธีการเลือกมอเตอร์กระแสตรง

ในการเลือกใช้มอเตอร์จำเป็นต้องทราบความเร็วรอบที่ต้องการ (ดูสมการที่ 2.1 ประกอบ) จากข้อกำหนดขอบเขตของโครงงาน รางเหล็กฉากมีความยาว $2\,\text{m}$ หากต้องการให้ราวตากผ้าเคลื่อนจากปลายด้านหนึ่งของรางเหล็กฉากไปยังปลายอีกด้านหนึ่งใช้เวลา $4\,\text{s}$ ดังนั้นราวตากผ้าจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงเส้นคือ

$$v = \frac{s}{t} = \frac{200-30}{4} = 42.50\,\text{cm/s}$$

นั่นหมายความว่าล้อจึงต้องเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงเส้น $42.50\,\text{cm/s}$ ด้วยเช่นกัน เนื่องจากรัศมีของล้อคือ $4.5\,\text{cm}$ เมื่อแปลงให้เป็นความถี่เชิงมุมจะได้ว่า (ดูสมการที่ 2.2 ประกอบ)

$$f = \frac{v}{2\pi R} = \frac{42.50}{2\pi(4.5)} = 1.5\,\text{Hz}$$

ดังนั้นความเร็วรอบของล้อคือ $1.5 \times 60 = 90\ \text{rpm}$ และเนื่องจากล้อเชื่อมต่อกับชุดเฟืองและใช้โซ่ในการถ่ายแรงมายังเฟืองที่เชื่อมติดกับเพลาของมอเตอร์โดยที่เฟืองทั้งระบบมีรัศมีเท่ากันจึงอนุมานได้ว่าเพลาของมอเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับล้อ ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบคือ $110\ \text{rpm}$ มาใช้ในโครงงานนี้

ถัดมาเป็นการคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์โดยเริ่มต้นจากการคำนวณหาแรงที่ต้องใช้ในการเลื่อนราวตากผ้า เนื่องจากล้อที่เลือกใช้มีตลับลูกปืนอยู่ภายในและนำมาวางบนรางเหล็กฉากที่ลื่นมีสภาพความเสียดทานต่ำ จากตารางที่ 2.1 จึงเลือกค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน $K_r = 0.02$ นอกจากนี้ จากขอบเขตของโครงงานที่ระบุว่าราวตากผ้ารวมเสื้อผ้าเปียกที่แขวนบนราวมีน้ำหนักรวมไม่เกิน $30\,\text{kg}$ ดังนั้น จากสมการที่ 2.3 จะได้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างล้อและรางเหล็กฉากดังนี้

$$F_f = K_r \times mg = 0.02 \times 30 \times 9.8 = 5.88 \text{ N}$$

เนื่องจากต้องการให้ราวตากผ้าเคลื่อนที่จากสภาพอยู่นิ่งจนถึงความเร็ว $v = 42.50\,\text{cm/s}$ ภายในเวลา $0.5\,\text{s}$ ดังนั้นอัตราเร่งของราวตากผ้าจึงประมาณได้จาก

$$a \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{42.50}{0.5} = 85 \text{ cm/s}^2$$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\sum F = F - F_f = ma$$

จึงได้ว่า

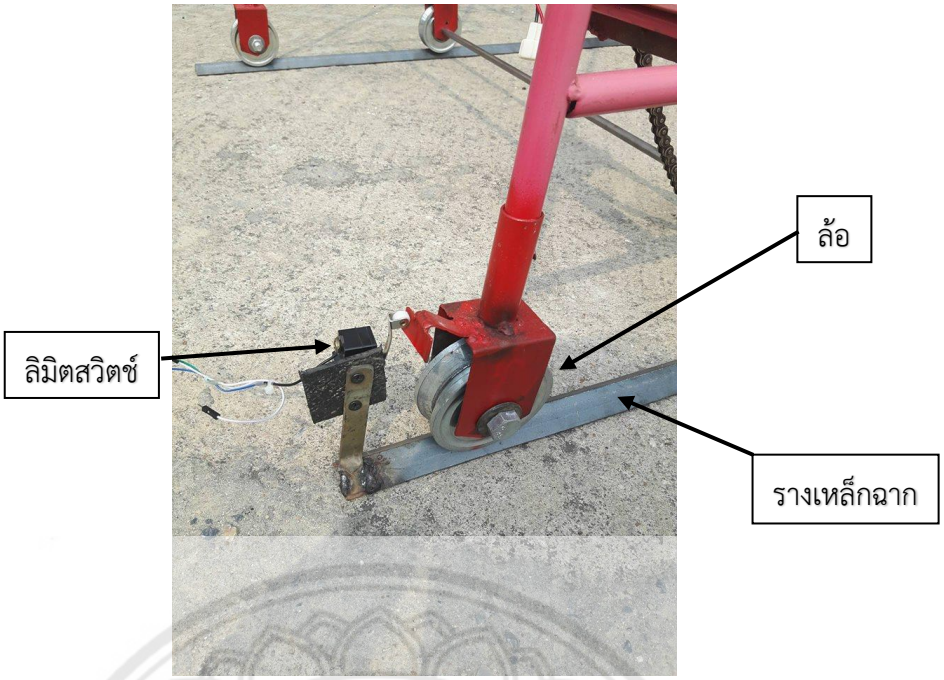
$$F = F_f + ma = 5.88 + (30)(0.85) = 31.38 \text{ N}$$

จากนั้นจึงนำแรงที่ได้มาคำนวณหาแรงบิดที่กระทำบนชุดเฟืองซึ่งในที่นี้เลือกใช้ชุดเฟืองที่มีรัศมี $r = 4.5 \text{ cm}$ ดังนั้นจากสมการที่ 2.5 จึงได้ว่า

$$T = F \times r = 31.38 \times 4.5 = 141.21 \text{ N-cm} \approx 14.41 \text{ kg-cm}$$

เนื่องจากชุดเฟืองถ่ายแรงมายังเฟืองที่ติดกับเพลาของมอเตอร์โดยทั้งคู่มีจำนวนฟันเฟืองเท่ากัน ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าแรงบิดที่กระทำกับเพลาของมอเตอร์ต้องมีค่าอย่างน้อย $14.41\,\text{kg-cm}$ สำหรับโครงงานนี้เลือกมอเตอร์ที่มีแรงบิด $30\,\text{kg-cm}$

ส่วนของการหยุดการทำงานของมอเตอร์โครงงานนี้เลือกใช้ลิมิตสวิตช์ 2 ตัวซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตัดกระแสไฟฟ้าโดยนำไปติดตั้งไว้ที่ปลายทั้ง 2 ข้างของรางเหล็กฉากรางใดรางหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 3.5

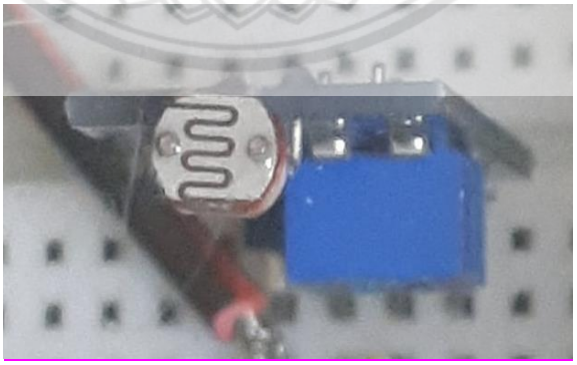


รูปที่ 3.5 ส่วนของลิมิตสวิตช์

3.2.2 ส่วนของการตรวจจับ

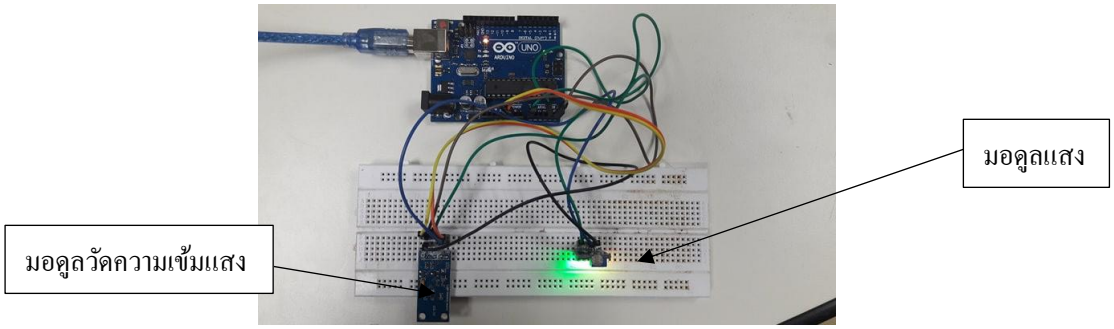
ส่วนของการตรวจจับประกอบด้วยมอดูลแสงซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับความเข้มแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณน้ำฝนโดยมอดูลทั้งสองติดตั้งไว้ในกล่องกันน้ำบริเวณด้านบนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีหลักการออกแบบดังนี้

1) มอดูลแสงที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์แอลดีอาร์ (LDR) วงจรเปรียบเทียบไอซีเบอร์ LM393 และตัวต้านทานปรับค่าได้รวมกันไว้ในมอดูลแสงดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เซนเซอร์แอลดีอาร์ (LDR)

เมื่อนำมอดูลแสงไปวัดระดับความเข้มแสงจะแสดงผลออกมาเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 10 บิต โดยมีค่าตั้งแต่ 0 – 1023 โดยนำมาวัดเทียบกับมอดูลวัดความเข้มแสงดังแสดงในรูปที่ 3.7



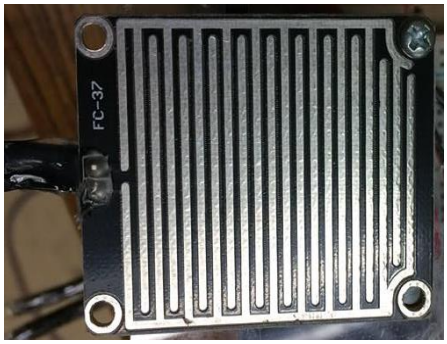
รูปที่ 3.7 มอดูลแสงและมอดูลวัดความเข้มแสง (ลักซ์)

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงและค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง

ช่วงเวลา	เวลา	ค่าความเข้มแสง (ลักซ์)	ค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง	หน้าจอแสดงผล LCD
แสงช่วงกลางคืน	00:00 – 6:00 และ 19:00 – 24:00	< 100	> 200	At night
แสงช่วงเช้าตรู่–ใกล้ค่ำ	6:00 – 7:30 และ 17:30 – 19:00	100 – 1,000	200 – 71	Sunrise-set
แสงช่วงเช้า – เย็น	7:30 – 8:00 และ 16:30 – 17:30	1,000 – 10,000	70 – 26	Overcast
แสงช่วงเวลากลางวันท้องฟ้ามีเมฆ	8:00 – 16:30	10,000 – 25,000	25 – 20	Daylight
แสงช่วงเวลากลางวันท้องฟ้าปลอดโปร่ง	8:00 – 16:30	> 25,000	< 20	Sunlight

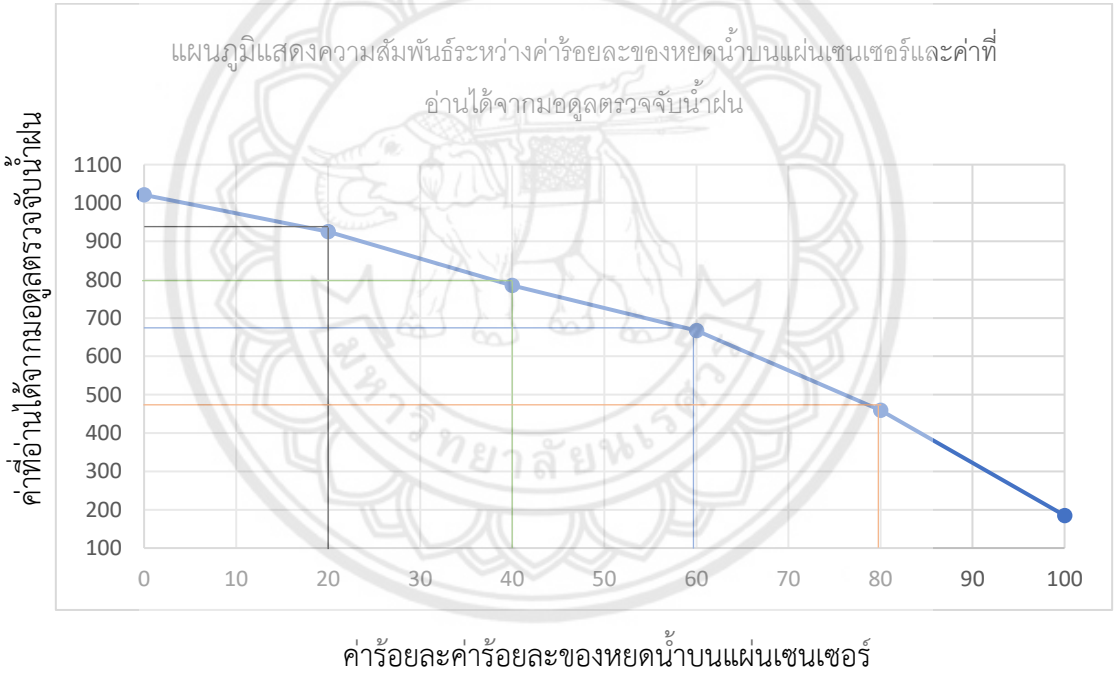
เนื่องจากช่วงที่ฝนใกล้ตกหรือมีเมฆมากจะทำให้ปริมาณของค่าความเข้มแสงใกล้เคียงกับแสงช่วงเช้าตรู่-ใกล้ค่ำ ดังนั้นจึงเลือกค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง 200 เป็นขีดแบ่ง (Threshold) เพื่อเป็นตัวกำหนดย่านค่าของแสงที่ทำให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้าในที่ร่มหรือเลื่อนออกตากกลางแจ้ง

2) มอดูลตรวจจับน้ำฝนที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับน้ำฝน วงจรเปรียบเทียบไอซีเบอร์ LM393 และตัวต้านทานปรับค่าได้รวมไว้ในมอดูลตรวจจับน้ำฝนดังในรูปที่ 3.8



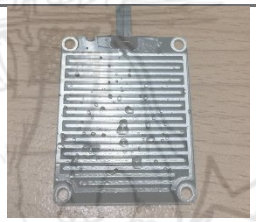
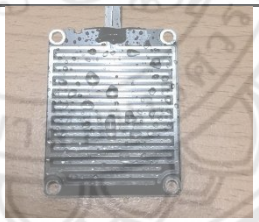
รูปที่ 3.8 เซนเซอร์ตรวจจับน้ำฝน

เมื่อนำมอดูลตรวจจับน้ำฝนไปวัดปริมาณน้ำฝนจะแสดงผลออกมาเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 10 บิตโดยมีค่าตั้งแต่ 0 – 1023 ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการกระจายของฝนและค่าจากมอดูลตรวจจับน้ำฝนแสดงไว้ในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของหยดน้ำบนแผ่นเซนเซอร์และค่าที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน

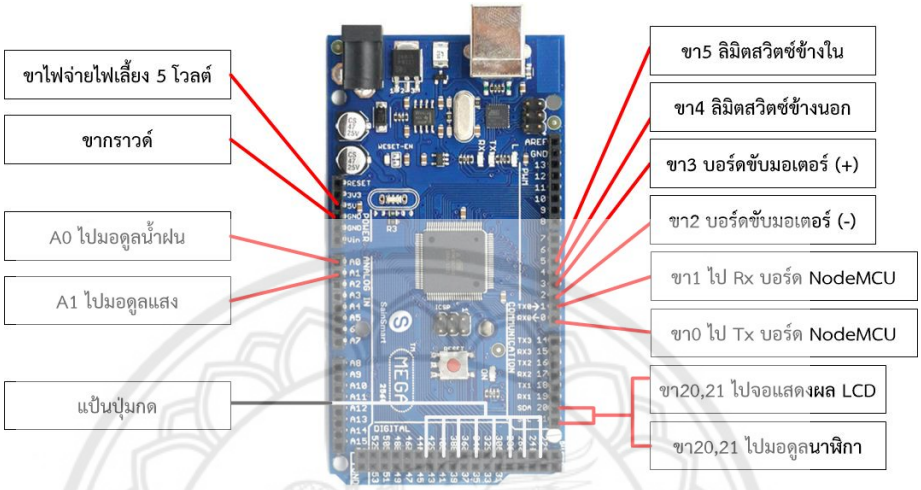
ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของหยดน้ำบนแผ่นเซนเซอร์และค่าที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน

หยดน้ำที่ตกกระทบบนแผ่นเซนเซอร์	ค่าร้อยละของหยดน้ำบนเซนเซอร์	รูปของหยดน้ำที่กระทบบนแผ่นเซนเซอร์	ค่าที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน	หน้าจอแสดงผล LCD
หยดน้ำ 0-5 หยด	< 20		> 925	Clear
หยดน้ำ 6-10 หยด	20 – 40		785 – 925	Few Shower
หยดน้ำ 11-20 หยด	40 – 60		667 – 785	Shower
หยดน้ำ 21-30 หยด	60 – 80		459 – 667	Rain
หยดน้ำทั่วทั้งแผ่น	> 80		< 459	Heavy Rain

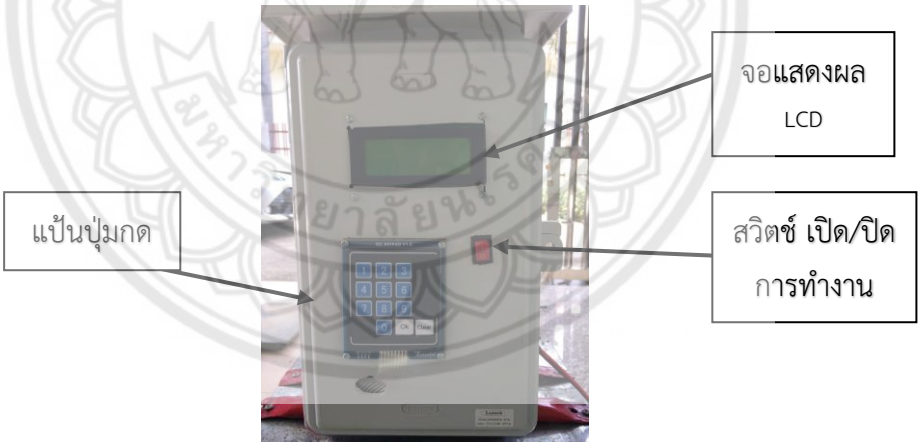
ในโครงงานนี้เลือกใช้การพิจารณาจำนวนหยดน้ำที่ตกกระทบบนแผ่นเซนเซอร์เป็นหลัก โดยเลือกปริมาณหยดน้ำร้อยละ 20 ของพื้นที่แผ่นเซนเซอร์เป็นขีดแบ่ง (Threshold) ซึ่งค่าดังกล่าวสมนัยกับค่า 925 ที่อ่านได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝน ดังนั้นจึงเลือกค่า 925 เป็นตัวกำหนดย่านของฝนที่ทำให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้าในที่ร่มหรือเลื่อนออกตากกลางแจ้ง

3.2.3 ส่วนของการควบคุม

ส่วนของการควบคุมประกอบไปด้วย 1) บอร์ด Arduino MEGA 2560 ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติ 2) จอแสดงผล LCD มีไว้ใช้แสดงเวลาปัจจุบัน เวลาปิดเครื่อง สภาพภูมิอากาศ (ความเข้มแสงและปริมาณน้ำฝน) 3) แป้นปุ่มกดมีไว้เพื่อใช้ในการตั้งเวลาปิดเครื่อง และ 4) สวิตช์เปิด-ปิด เพื่อจ่ายไฟจากแบตเตอรี่เข้าอุปกรณ์ต่าง ๆ



รูปที่ 3.10 ช่องทางที่ต่อใช้งานทั้งหมดของบอร์ด Arduino MEGA 2560



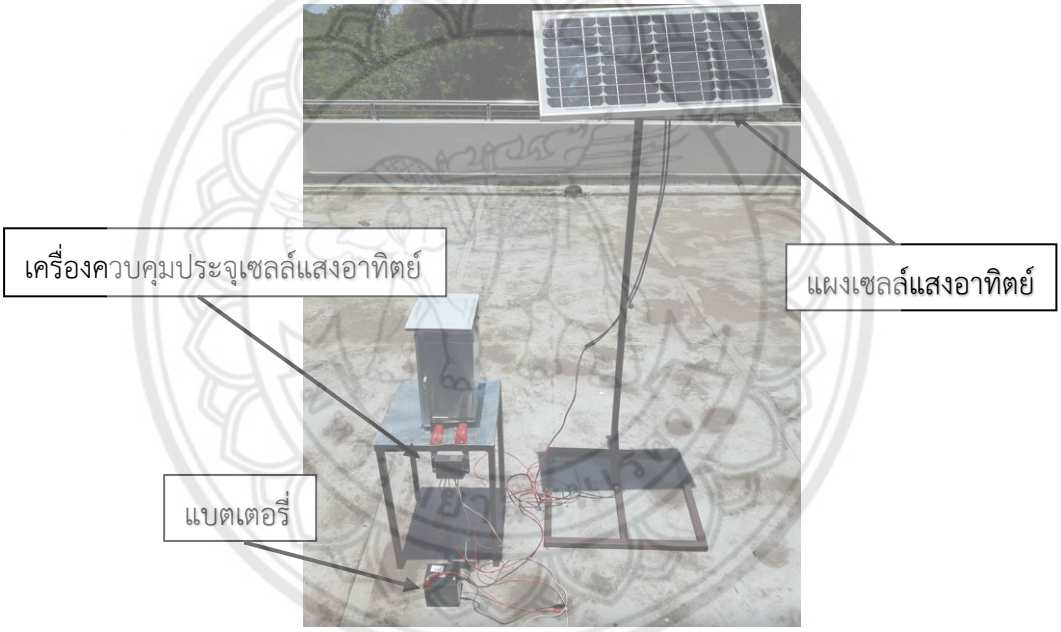
รูปที่ 3.11 ส่วนของกล่องอุปกรณ์ควบคุม

รูปที่ 3.12 แป้นปุ่มกด

ในการกดตั้งเวลาปิดเครื่องจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) ส่วนของชั่วโมงจะกดเลขได้ตั้งแต่ 00 ถึง 23 และ 2) ส่วนของนาทีจะกดเลขได้ตั้งแต่ 00 ถึง 59 หากผู้ใช้งานกดตัวเลขนอกช่วงดังกล่าว ระบบจะสั่งการให้ผู้ใช้งานกดตัวเลขตั้งเวลาใหม่ เมื่อเลือกเวลาที่ต้องการปิดเครื่องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานกดปุ่มตกลง (Ok) เพื่อยืนยันเวลา หากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขเวลาใหม่ ให้กดปุ่มล้าง (Clear) ก่อนกดปุ่มตกลง หากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขเวลาใหม่หลังจากที่กดปุ่มตกลงไปเรียบร้อยแล้ว ให้กดสวิตช์เปิด/ปิด เพื่อปิดและเปิดเครื่องอีกครั้ง สำหรับผังงานการตั้งเวลาในการปิดเครื่อง แสดงในรูปที่ 3.22

3.2.4 ส่วนของแหล่งพลังงาน

ส่วนของแหล่งพลังงาน (แสดงในรูปที่3.13) ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่และเครื่องควบคุมประจุในการเลือกขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.13 ส่วนของแหล่งพลังงาน

วิธีการคำนวณเลือกขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การเลือกขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นต้องดูขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งานทั้งหมดรวมทั้งเวลาที่ต้องการใช้งาน จากนั้นจึงคำนวณขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยอาศัยสมการที่ 2.6 ในโครงงานนี้มีอุปกรณ์ที่ต้องใช้งานทั้งหมดดังนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 18 วัตต์ ใช้งานประมาณ 1 ชั่วโมง

2) บอร์ด Arduino ขนาด 2.8 วัตต์ ใช้งาน 8 ชั่วโมง

3) บอร์ด NodeMCU ขนาด 0.64 วัตต์ ใช้งาน 8 ชั่วโมง

ดังนั้นพลังงานที่ใช้ของอุปกรณ์ที่ต่อในวงจรคือ

$$P=(18\times1\times1)+(2.8\times1\times8)+(0.64\times1\times8)=45.52\,\text{W-hr}$$

ในที่นี้กำหนดให้ค่าความสูญเสียดังกล่าวมีร้อยละ 30 ดังนั้นจากสมการที่ 2.6 จึงได้ว่า

$$\frac{0.1(1+0.01)P\times1000}{471.97}=\frac{0.1(1+0.01\times30)\times45.52\times1000}{471.97}=12.54\,\text{W}$$

ดังนั้นจึงต้องเลือกแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 12.54 W ขึ้นไป โดยในโครงงานนี้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาด 20 W

วิธีการคำนวณเลือกขนาดของแบตเตอรี่

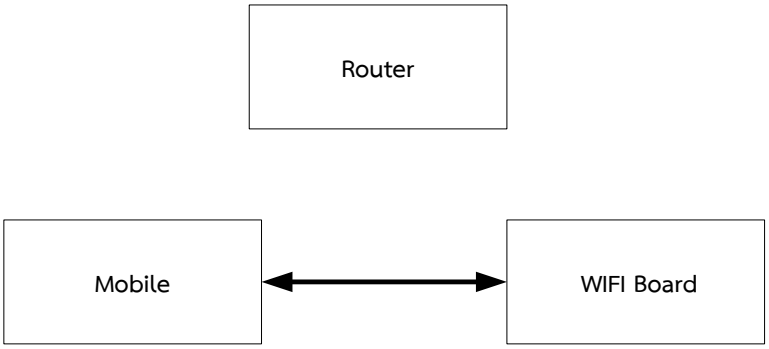
การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7 นั่นคือ

$$P=\frac{(18\times1\times1)+(2.8\times1\times8)+(0.64\times1\times8)}{12\times0.8}=4.74\,\text{A-hr}$$

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 5A-hr

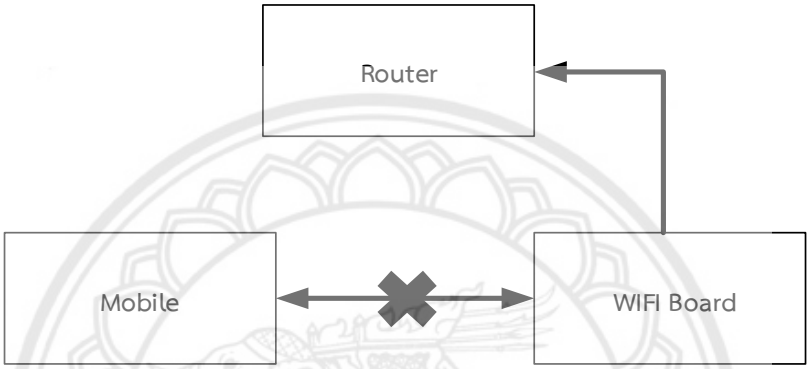
3.2.5 ส่วนของการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI

เมื่อเริ่มต้นการทำงาน บอร์ดรับส่งสัญญาณ WIFI (ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้บอร์ด NodeMCU) ถูกออกแบบให้ทำงานอยู่ในรูปแบบ AP โดยกระจายสัญญาณ WIFI ออกมาเพื่อรอการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์สมาร์ต เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile phone) หรือคอมพิวเตอร์วางตัก (Laptop computer) ดังแสดงในรูปที่ 3.14 สำหรับในโครงงานนี้เลือกใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับสัญญาณ WIFI



รูปที่ 314. รูปแบบ AP

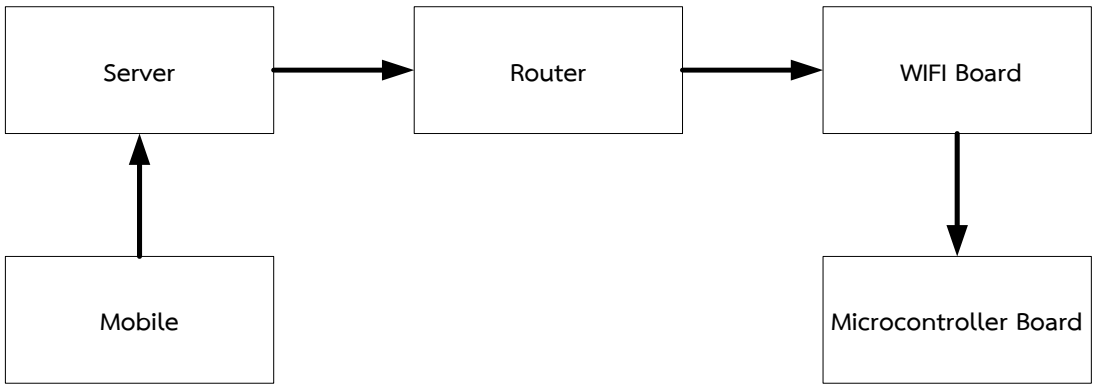
เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่เชื่อมต่อกับบอร์ดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว บอร์ดจะส่งข้อมูลให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการดึงหน้าบราวเซอร์ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) ที่ต้องการใช้งานและกรอกรหัสผ่าน หลังจากที่บอร์ดได้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นทางเสร็จสิ้น บอร์ดจะตัดการเชื่อมต่อจากโทรศัพท์เคลื่อนที่และเปลี่ยนการทำงานจากในรูปแบบ AP มาทำงานอยู่ในรูปแบบ STA แทน โดยบอร์ดจะทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทางอุปกรณ์จัดเส้นทางดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 รูปแบบ STA

ในกรณีที่บอร์ด NodeMCU เคยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นทางมาก่อน บอร์ดจะจดจำรหัสผ่านของอุปกรณ์จัดเส้นทางไว้ ดังนั้นบอร์ดจึงสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเส้นทางได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในกรณีนี้บอร์ดจะทำงานในรูปแบบ STA ทันทีที่เริ่มการทำงาน

หลังจากที่บอร์ด NodeMCU ทำงานในรูปแบบ STA ผู้ใช้งานจะสามารถสั่งงานผ่านโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยข้อมูลของคำสั่งจะถูกส่งไปยังตัวบริการ (Server) จากนั้นจึงส่งข้อมูลของคำสั่งมายังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางอุปกรณ์จัดเส้นทางและบอร์ด NodeMCU ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ภาพรวมการสั่งงานด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

สรุปขั้นตอนการออกแบบในส่วนเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI มีดังนี้

1) เมื่อเปิดเครื่อง บอร์ด NodeMCU จะถูกตั้งให้อยู่ในรูปแบบ AP

2) ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ค้นหาสัญญาณ WIFI จากบอร์ด NodeMCU และทำการเชื่อมต่อ เมื่อการเชื่อมต่อสำเร็จจะปรากฏหน้าบราวเซอร์ขึ้นที่หน้าจอของโทรศัพท์เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกอุปกรณ์จัดเส้นทางที่ต้องการ

3) เมื่อเลือกอุปกรณ์จัดเส้นทางเรียบร้อยแล้วให้ใส่ชื่อผู้ใช้งาน (Username) และรหัสผ่าน (Password) เพื่อให้บอร์ด NodeMCU ทำการเชื่อมต่อกับสัญญาณ WIFI จากอุปกรณ์จัดเส้นทาง

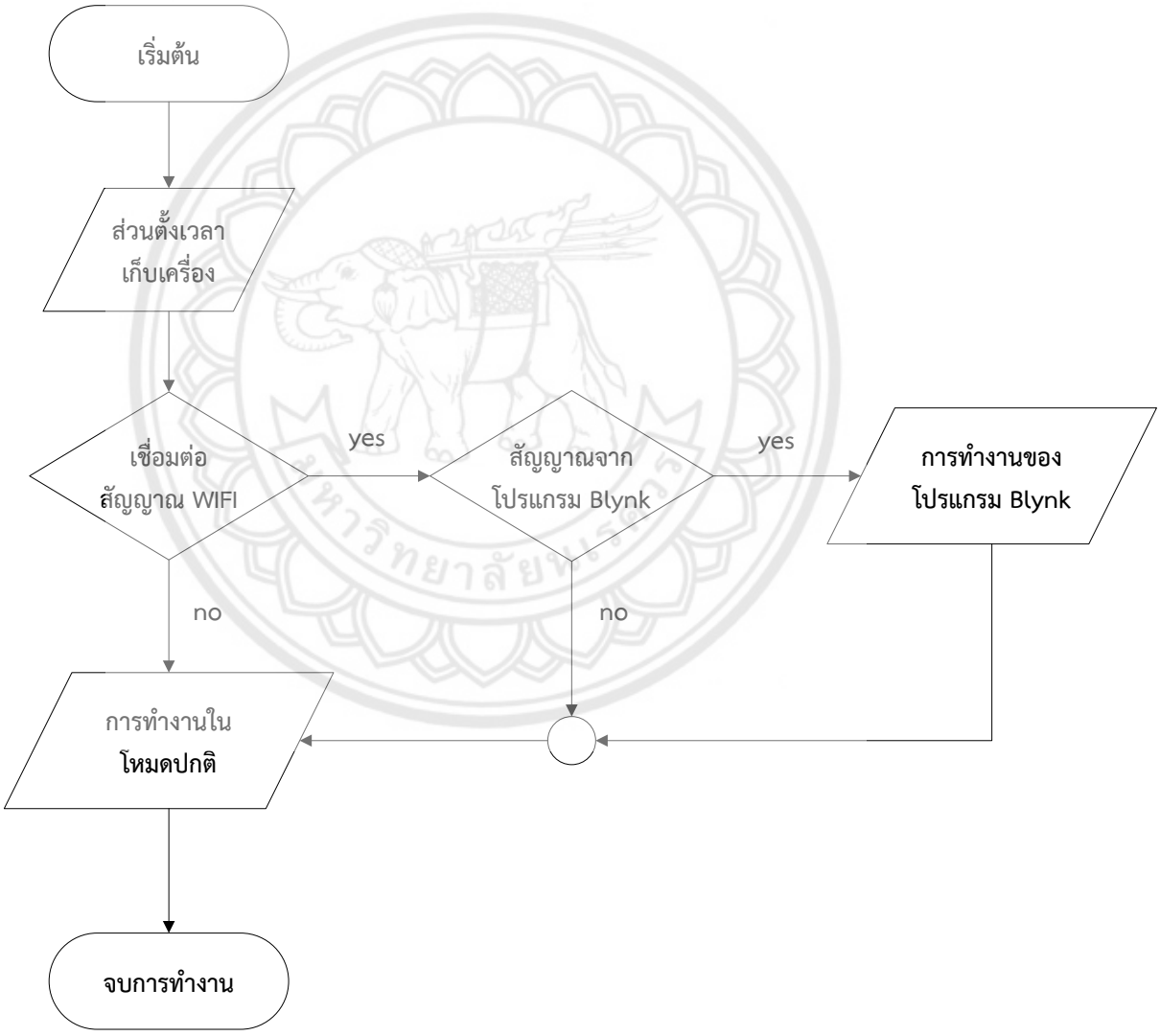
4) ให้ผู้ใช้งานกรอก Authorize Token เพื่อเลือกโครงงานที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Blynk แต่ในโครงงานนี้ Authorize Token ได้ถูกกำหนดไว้ในโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อย

5) เมื่อกระบวนการเชื่อมต่อเสร็จสิ้น ผู้ใช้งานสามารถสั่งให้อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติทำงานด้วยโปรแกรม Blynk ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยบอร์ด NodeMCU จะถูกเปลี่ยนให้ไปทำงานในรูปแบบ STA

3.3 ผังงานการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ

ผังงานการทำงานหลัก

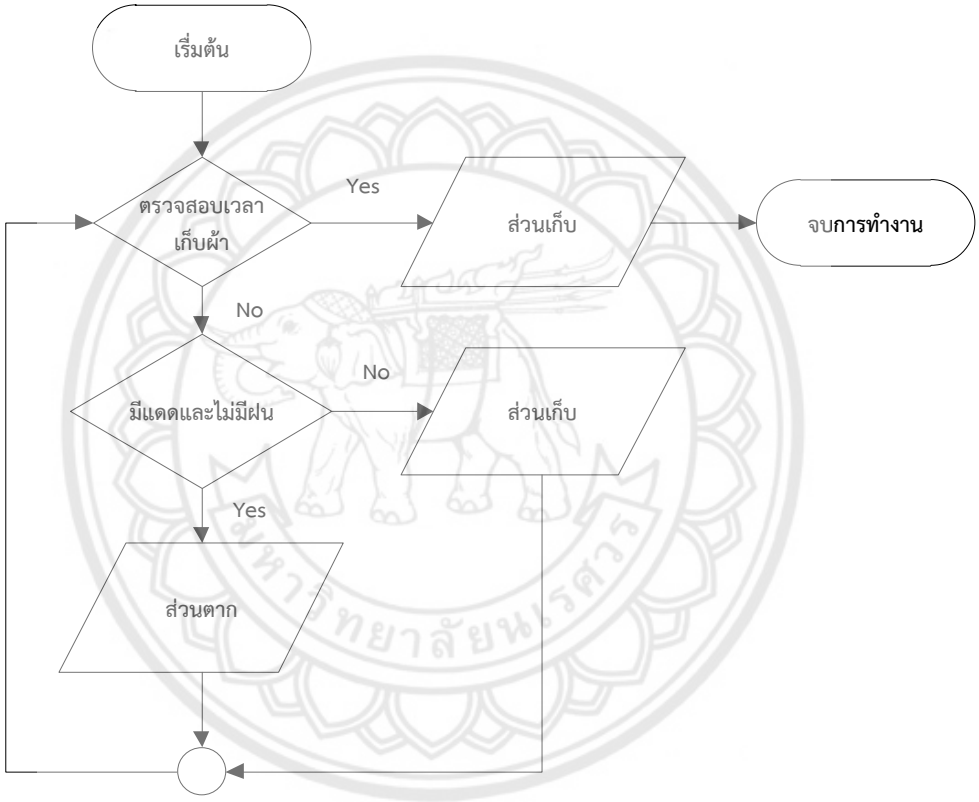
เมื่อเริ่มต้นการทำงานทุกครั้งต้องตั้งเวลาในการปิดเครื่อง แล้วทำการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI ถ้ามีคำสั่งจากโปรแกรม Blynk ระบบจะทำงานตามคำสั่งดังกล่าว แต่ถ้าไม่มีคำสั่งจากโปรแกรม Blynk ระบบจะทำงานในส่วนปกติดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ผังงานการทำงานหลัก

ผังงานการทำงานในรูปแบบปกติ

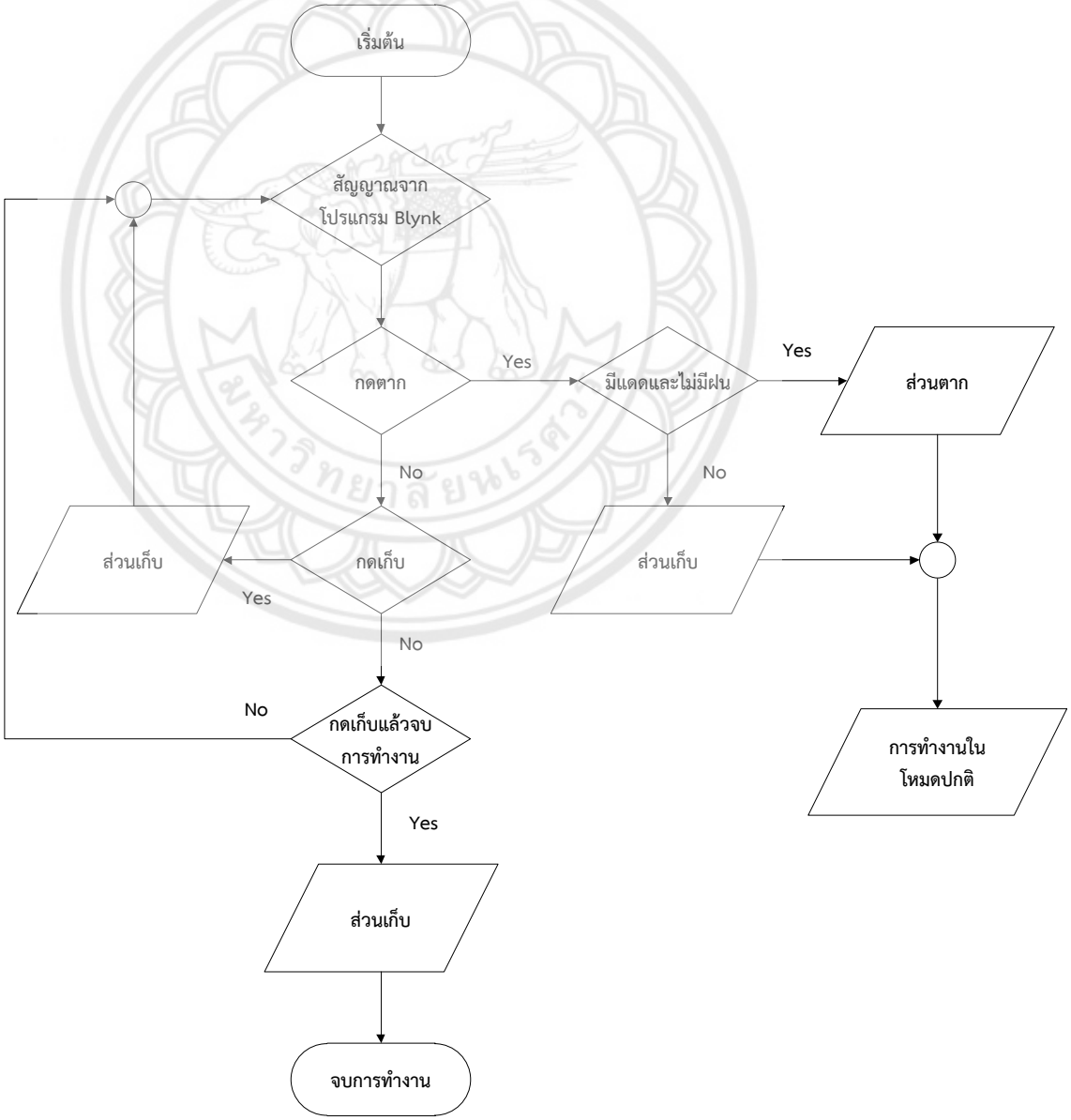
การทำงานในโหมดปกติ (ทำงานอัตโนมัติ) ระบบจะทำการตรวจสอบเวลาในการเก็บผ้า ถ้าถึงเวลาดังกล่าวระบบจะเก็บผ้าและจบการทำงาน แต่ถ้ายังไม่ถึงเวลาดังกล่าว ระบบจะทำการตรวจสอบว่าในขณะนั้นสภาพภูมิอากาศมีแดดและไม่มีฝนหรือไม่ หากเข้าเงื่อนไขดังกล่าวระบบจะทำงานใน**ส่วนตาก** หากไม่เช่นนั้นแล้วระบบจะทำงานใน**ส่วนเก็บ** ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ผังงานการทำงานในรูปแบบปกติ

ผังงานการทำงานของโปรแกรม Blynk

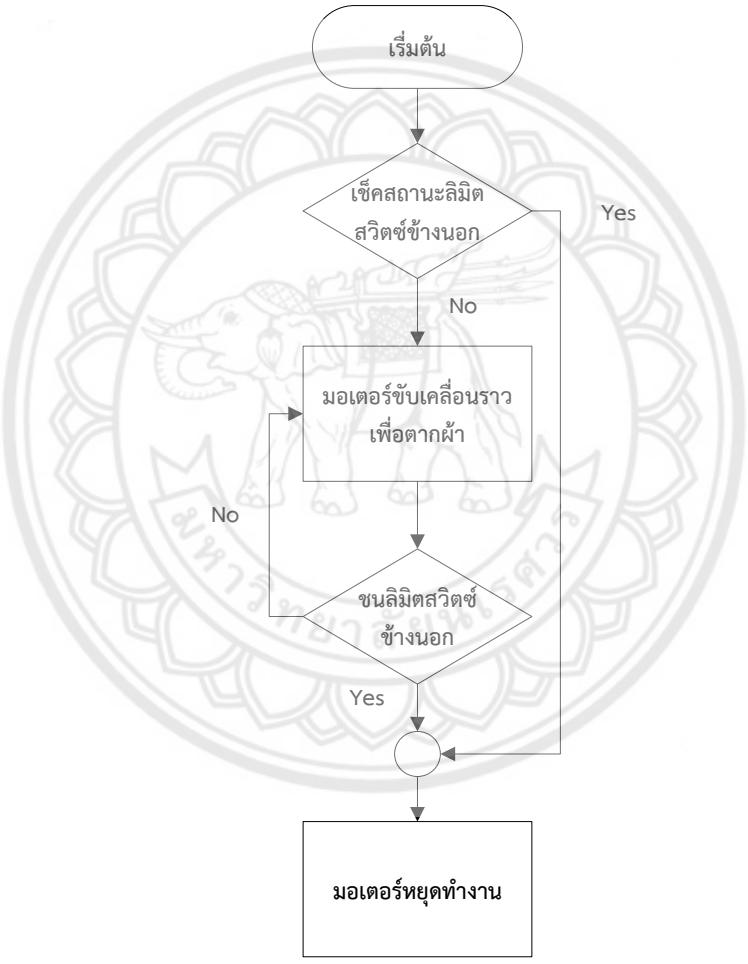
การทำงานของโปรแกรม Blynk (ทำงานตามคำสั่งผู้ใช้งาน) ระบบจะทำตามคำสั่งที่ผู้ใช้งานสั่งการใน 3 รูปแบบ คือ **กดตาก กดเก็บ** หรือ **กดเก็บแล้วจบการทำงาน** ดังแสดงในรูปที่ 3.19 อนึ่ง ในกรณีของการกดปุ่มตาก ระบบจะทำการตรวจสอบว่าในขณะนั้นสภาพภูมิอากาศมีแดดและไม่มีฝนหรือไม่ หากเข้าเงื่อนไขดังกล่าวระบบจะทำงานใน**ส่วนตาก** หากไม่เช่นนั้นแล้วระบบจะทำงานใน**ส่วนเก็บ**และกลับเข้าสู่การทำงานในโหมดปกติ (ทำงานอัตโนมัติ) เพื่อป้องกันในกรณีที่ผู้ใช้งานกดตากในกรณีที่มีฝนตกอยู่



รูปที่ 3.19 ผังงานการทำงานของโปรแกรม Blynk

ผังงานการทำงานส่วนตากผ้า

ระบบจะทำการตรวจสอบสถานะของลิมิตสวิตช์ข้างนอกว่ามีล้อของราวตากผ้าสัมผัสอยู่หรือไม่ ถ้ามี นั่นหมายความว่าราวตากผ้าอยู่ด้านนอกมอเตอร์จะไม่ทำงาน หากไม่เช่นนั้นแล้วมอเตอร์จะหมุนทำให้ล้อของราวตากผ้าเลื่อนออกไปจนสัมผัสกับลิมิตสวิตช์ข้างนอกและหยุดการทำงานของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.20



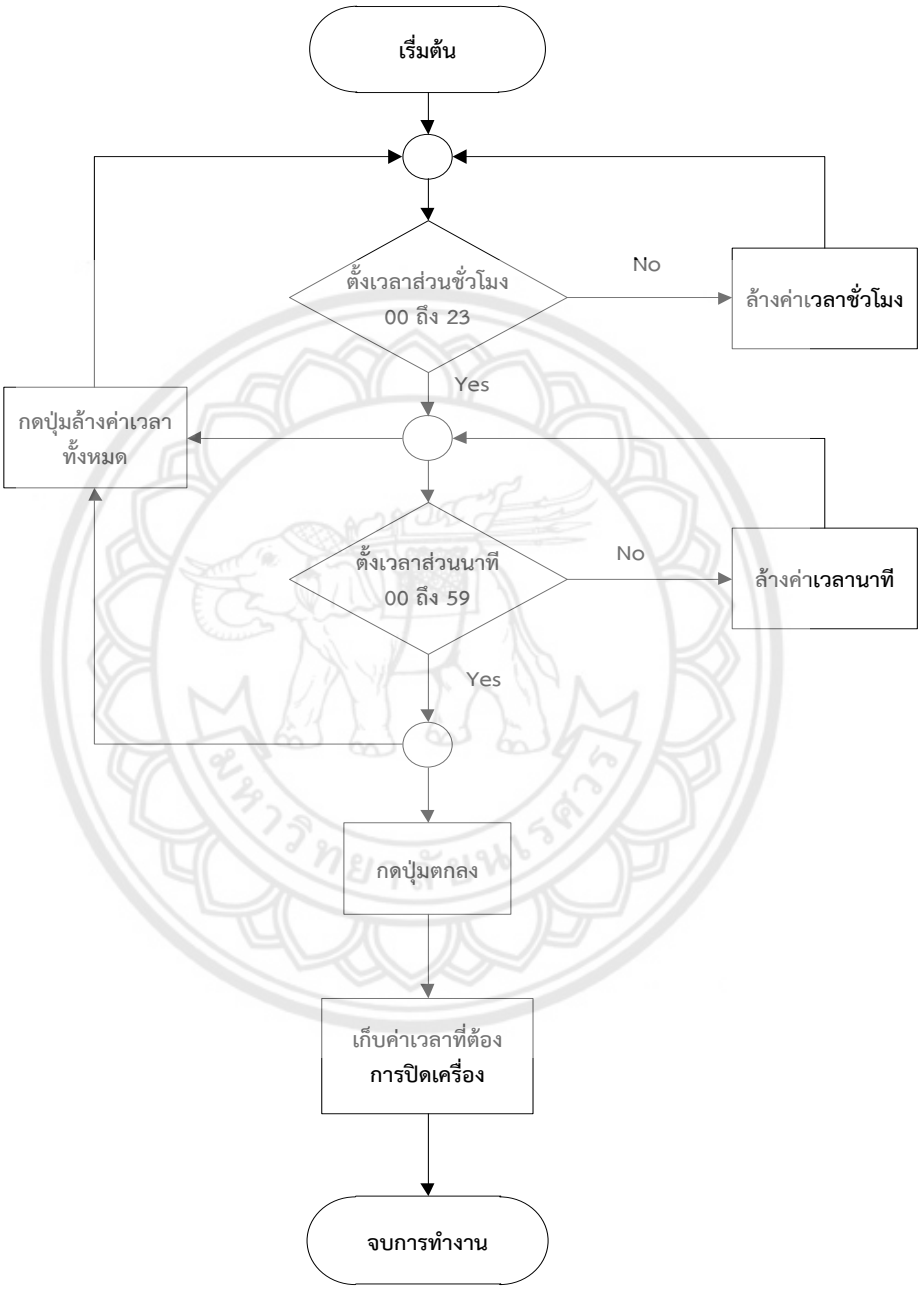
รูปที่ 3.20 ผังงานการทำงานส่วนตากผ้า

ผังงานการทำงานส่วนเก็บผ้า

ระบบจะทำการตรวจสอบสถานะของลิมิตสวิตซ์ข้างในว่ามีล้อของราวตากผ้าสัมผัสอยู่หรือไม่ ถ้ามี นั่นหมายความว่าราวตากผ้าอยู่ด้านในมอเตอร์จะไม่ทำงาน หากไม่เช่นนั้นแล้วมอเตอร์จะหมุนทำให้ล้อของราวตากผ้าเลื่อนออกไปจนสัมผัสกับลิมิตสวิตซ์ข้างในและหยุดการทำงานของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 ผังงานการทำงานส่วนเก็บผ้า

ผังงานการตั้งเวลาในการปิดเครื่อง



รูปที่ 3.22 ผังงานการตั้งเวลาในการปิดเครื่อง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้นำเสนอผลการทดลองการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน ดังนี้

4.1 การทดสอบการทำงานของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน

4.2 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์และลิมิตสวิตช์

4.3 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานที่สั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk

4.4 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานในส่วนการทำงานแบบปกติ

4.1 การทดสอบการทำงานของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการทำงานของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน โดยนำมอดูลทั้งสองไปวัดค่าความเข้มแสงและปริมาณน้ำฝนในช่วงที่มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลค่าของแสงที่อ่านได้จากมอดูลในช่วงเวลา 1 วัน

เวลา	ค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง	เวลา	ค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง	เวลา	ค่าที่อ่านได้จากมอดูลแสง
00.00 น.	961	08.00 น.	33	16.00 น.	15
01.00 น.	958	09.00 น.	21	17.00 น.	30
02.00 น.	943	10.00 น.	23	18.00 น.	83
03.00 น.	961	11.00 น.	24	19.00 น.	196
04.00 น.	913	12.00 น.	14	20.00 น.	920
05.00 น.	864	13.00 น.	13	21.00 น.	973
06.00 น.	211	14.00 น.	17	22.00 น.	972
07.00 น.	91	15.00 น.	17	23.00 น.	965

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลค่าร้อยละของน้ำที่หยดบนเซนเซอร์ 10 ครั้ง

ค่าร้อยละของหยดน้ำบนเซนเซอร์	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
0 – 20	932	925	937	944	936	936	997	941	945	1023
20 – 40	785	923	854	804	879	889	826	820	791	915
40 – 60	696	708	715	711	669	670	751	763	681	689
60 – 80	593	591	634	622	459	547	552	573	661	655
80 – 100	246	212	170	431	459	321	350	306	298	310

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดค่าของมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน

ช่วงเวลา	เวลา	ค่าเฉลี่ยของมอดูลแสง $\bar{x}$	ค่าร้อยละของหยดน้ำบนเซนเซอร์	ค่าเฉลี่ยของมอดูลตรวจจับน้ำฝน $\bar{x}$
แสงช่วงกลางคืน	00:00 – 6:00 และ 19:00 – 24:00	431.5	0 – 20	955.7
แสงช่วงเช้าตรู่–ใกล้ค่ำ	6:00 – 7:30 และ 17:30 – 19:00	164.3	20 – 40	848.6
แสงช่วงเช้า – เย็น	7:30 – 8:00 และ 16:30 – 17:30	53.9	40 – 60	705.3
แสงช่วงเวลากลางวันท้องฟ้ามีเมฆ	8:00 – 16:30	23.2	60 – 80	588.7
แสงช่วงเวลากลางวันท้องฟ้าปลอดโปร่ง	8:00 – 16:30	15.6	80 – 100	310.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนสอดคล้องกับค่าในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่ามอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนสามารถนำมาใช้งานในโครงงานนี้ได้

4.2 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์และลิมิตสวิตช์

ถัดมาเป็นการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ บอร์ดขับมอเตอร์และลิมิตสวิตช์ว่าสามารถทำให้ราวตากผ้าเลื่อนเข้าแล้วหยุด หรือเลื่อนออกแล้วหยุด ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการหมุนและการหยุดมอเตอร์

สถานะการทำงาน	ผลการทดสอบ	
	สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
เลื่อนออกแล้วหยุดการทำงาน	✓	
เลื่อนเข้าแล้วหยุดการทำงาน	✓	

4.3 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานที่สั่งการผ่านโปรแกรม Blynk

ในส่วนนี้จะทดสอบการทำงานของชิ้นงานที่ได้พัฒนาเมื่อมีการสั่งงานผ่านทางโปรแกรม Blynk ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานที่สั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk

สถานะการกด	ผลการทดสอบ	
	สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
กดตากผ้า	✓	
กดเก็บผ้า	✓	
กดเก็บผ้าแล้วหยุดการทำงาน	✓	

4.4 การทดสอบการทำงานโดยรวมของชิ้นงานในส่วนการทำงานแบบปกติ

หัวข้อนี้จะทำการทดสอบการทำงานของชิ้นงานว่าสามารถทำงานได้ตามแผนผังการทำงานในส่วนการทำงานแบบปกติที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ได้หรือไม่โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง โดยตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของราวตากผ้าอยู่ในที่ร่ม ในขณะที่ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่โล่งแจ้งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของราวตากผ้าอยู่ในที่ร่ม

ช่วงเวลา	ค่าร้อยละของหยดน้ำบนเซนเซอร์	สถานะการทำงาน	
		อยู่กับที่	เคลื่อนที่
แสงช่วงกลางวัน ท้องฟ้าปลอดโปร่ง	100 – 80	10	0
	80 – 60	10	0
	60 – 40	10	0
	40 – 20	8	2
	20 – 0	0	10
แสงช่วงกลางวัน ท้องฟ้ามีเมฆ	100 – 80	10	0
	80 – 60	10	0
	60 – 40	10	0
	40 – 20	8	2
	20 – 0	0	10
แสงช่วงเช้า – เย็น	100 – 80	10	0
	80 – 60	10	0
	60 – 40	10	0
	40 – 20	10	0
	20 – 0	10	0
แสงช่วงเช้าตรู่ – ใกล้ค่ำ	100 – 80	10	0
	80 – 60	10	0
	60 – 40	10	0
	40 – 20	10	0
	20 – 0	10	0

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นงานเมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของราวตากผ้าอยู่ที่โล่งแจ้ง

ช่วงเวลา	ค่าร้อยละของหยดน้ำบนเซนเซอร์	สถานะการทำงาน	
		อยู่กับที่	เคลื่อนที่
แสงช่วงกลางวัน ท้องฟ้าปลอดโปร่ง	100 – 80	0	10
	80 – 60	0	10
	60 – 40	0	10
	40 – 20	1	9
	20 – 0	10	0
แสงช่วงกลางวัน ท้องฟ้ามีเมฆ	100 – 80	0	10
	80 – 60	0	10
	60 – 40	0	10
	40 – 20	2	8
	20 – 0	10	0
แสงช่วงเช้า – เย็น	100 – 80	0	10
	80 – 60	0	10
	60 – 40	0	10
	40 – 20	0	10
	20 – 0	0	10
แสงช่วงเช้าตรู่ – ใกล้ค่ำ	100 – 80	0	10
	80 – 60	0	10
	60 – 40	0	10
	40 – 20	0	10
	20 – 0	0	10

รูปที่ 4.1 ราวตากผ้าที่มีผ้าแขวนอยู่ 30 กิโลกรัม

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้นำเสนอสรุปผลที่ได้จากการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินงานโครงงาน

จากการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานร่วมกับมอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝนพบว่า อุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือ สามารถเลื่อนราวตากผ้าเข้าเก็บในที่ร่มได้เมื่อมีฝนหรืออากาศมืดครึ้มและสามารถเลื่อนราวตากผ้าออกสู่ที่แจ้งได้เมื่อมีสภาวะอากาศที่ดี มีแดดและไม่มีฝน เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ราวตากผ้าจะถูกเลื่อนเข้าเก็บในที่ร่ม เมื่อทดลองร่วมกับการทำงานของโปรแกรม Blynk ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่พบว่า อุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถตอบสนองคำสั่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการพัฒนา

1) เนื่องจากส่วนขับเคลื่อนต้องถูกยึดติดกับส่วนของราวตากผ้าจึงทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก ดังนั้นจึงควรพัฒนาให้โครงสร้างของส่วนขับเคลื่อนมีความสะดวกต่อการแยกออกและประกอบใหม่เพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น

2) เนื่องจากรางเหล็กที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ถูกยึดติดไว้กับพื้นอย่างมั่นคงจึงทำให้รางเหล็กเคลื่อนออกจากตำแหน่งที่ตั้งไว้ทุกครั้งที่ราวตากผ้าเคลื่อนที่ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้ใช้งานจึงควรยึดรางเหล็กให้ติดแน่นกับพื้นก่อนใช้งาน

3) บ่อยครั้งค่าที่ตรวจวัดได้จากมอดูลตรวจจับน้ำฝนและมอดูลแสงแปรเปลี่ยนด้วยความรวดเร็วมีความไวสูง ทำให้อุปกรณ์ควบคุมเลื่อนราวตากผ้าเข้า-ออกตามค่าที่ตรวจวัดได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้มอดูลตรวจจับน้ำฝนและมอดูลแสงที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

4) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบในโครงงานนี้ถูกยึดติดทำมุมเอียง 15 องศาเทียบกับพื้นโลก จึงทำให้แสงแดดไม่อยู่ในแนวตั้งฉากกับเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงควรออกแบบให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหมุนตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อให้แสงแดดอยู่ในแนวตั้งฉากกับเซลล์แสงอาทิตย์จึงจะทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น

5) ชิ้นงานที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้อาศัยเวลาปัจจุบันจากมอดูลนาฬิกาซึ่งมีแบตเตอรี่สำรองติดตั้งอยู่ หากมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่ดังกล่าวจะทำให้เวลาปัจจุบันถูกตั้งค่าใหม่เป็น 00:00 น. การปรับแก้เวลา

ปัจจุบันให้ถูกต้องนั้นต้องอาศัยการเขียนคำสั่งส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งยุ่งยากต่อผู้ใช้งานทั่วไป ดังนั้นจึงควรออกแบบให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถตั้งเวลาปัจจุบันได้เองจากปุ่มกดในลักษณะเดียวกับการตั้งเวลาในการเก็บผ้า หรือควรเลือกใช้แบตเตอรี่สำรองที่สามารถอัดประจุได้ (Rechargeable battery)

6) ในโครงการนี้เลือกใช้การต่อวงจรบนแผ่นวงจรทดลอง (Breadboad) เพื่อความสะดวก เนื่องจากเป็นต้นแบบ ในการผลิตเพื่อจำหน่ายหรือใช้งานจริงควรเปลี่ยนจากแผ่นวงจรทดลองให้เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed circuit board) เพื่อความสะดวก สวยงามและช่วยลดปริมาณสายไฟภายในกล่องอุปกรณ์ควบคุมลง

7) ควรออกแบบให้กล่องใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะกล่องใส่มอดูลแสงและมอดูลตรวจจับน้ำฝน ซึ่งต้องวางไว้ภายนอกอาคารให้สามารถทนแดด ทนฝนและทนความชื้นได้มากขึ้น

8) ควรออกแบบอุปกรณ์เพื่อใช้ในการเก็บสายไฟที่ต่อไปยังมอเตอร์เพื่อให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยในทำนองเดียวกับวิธีการเก็บสายไฟของเครื่องดูดฝุ่น

9) เนื่องจากบอร์ด NodeMCU ที่เลือกมาใช้ในโครงงานนี้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) เมื่อทำงานในรูปแบบ AP (Access Point) โดยจะสร้าง Host ID ขึ้นมาให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อแต่มีข้อจำกัดคือสามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ประมาณ 3-4 เครื่อง หากต้องการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่มากกว่านี้จึงควรเลือกบอร์ดรุ่นอื่นแทน เช่น บอร์ด NB-IoT Shield รุ่น DEVIO NB-SHIELD I

10) ในช่วงเวลาเช้าตรู่และช่วงพลบค่ำ ราวตากผ้าจะเกิดการเลื่อนเข้าเลื่อนออกสลับไปมา เนื่องจากการออกแบบตัวควบคุมในโครงงานนี้คือการควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-Off control) กล่าวคือ กำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) ของมอดูลแสงเพียงค่าเดียวที่ใช้ในการตัดสินใจของตัวควบคุม ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มแสงเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ตัวควบคุมตัดสินใจผิดพลาดได้ ในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรสร้างตัวควบคุมชนิดอื่น เช่น PI control หรือ Fuzzy logic control มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจเพื่อให้ชิ้นงานสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐชา คงศรีวรกุลชัย. (2555). **ราวตากผ้าอัตโนมัติ.** ปริญญานิพนธ์ อส.บ. (อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2] นภาพร พิมปรุและจันทิมา ชาสิงห์แก้ว. (2554). **ราวตากผ้าอัตโนมัติ.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3] มนทิรา มาเม้าและวิษณุ จิตมณี. (2554). **ราวตากผ้าอัตโนมัติ.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] เรวัตร วงษ์ลา. (2552). **ราวตากผ้าอัตโนมัติ.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[5] ไชยชาญ หินเกิด. (2559). **เครื่องกลไฟฟ้าเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[6] ทันพงษ์ ภู่รักษ์. (2555). **การควบคุมทิศทางมอเตอร์.** เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น. วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี.

[7] Auto2drive. (2556). **แรงต้านการหมุนของล้อ.** สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560, จาก http://www.auto2drive.com/แรงต้านการหมุนของล้อ.

[8] MEDIA CENTER. (2556). **สูตรการหาค่ากำลังขับมอเตอร์.** สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560, จาก http://www.tngroup.co.th/media/article_detail/174

[9] กนกวรรณ ดีอุดม. (2555). **ความเข้มแสงและปริมาณแสง.** สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2560, จาก https://www.gotoknow.org/posts/492770

[10] Arduinoall. (2561). **เซนเซอร์สภาพแวดล้อม.** สืบค้นเมื่อ 4 มกราคม 2561, จาก https://www.arduinoall.com

[11] ThaiEasyElec. (2560). **บอร์ด Ardunio MEGA 2560.** สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2561, จาก https://www.thaieasyelec.com/products/developmentboards/esp/arduino-mega-2560-detail.html

[12] Creativecommons. (2557). **การอ่านและแสดงวันเวลาจากโมดูล DS3231 RTC.** สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2561, จาก http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.phparticle=ds3231-i2c-rtc

[13] Natthaya Sakprayun. (2556). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2561, จาก https://natthayaipecm.blogspot.com/2013/02/

[14] ฝ่ายตำราวิชาการคอมพิวเตอร์. (2557). **คู่มือเรียนเครือข่ายคอมพิวเตอร์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[15] ธนศรสวรรค์ วรธนมงคลชัย. (2558). **รู้จักกับ Arduino ESP8266 (NodeMCU).** สืบค้นเมื่อ 21 มกราคม 2561, จาก http://www.ayarafun.com/2015/08/introductioarduino-esp8266-nodemcu/

[16] ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2555). **เครือข่ายคอมพิวเตอร์.**กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

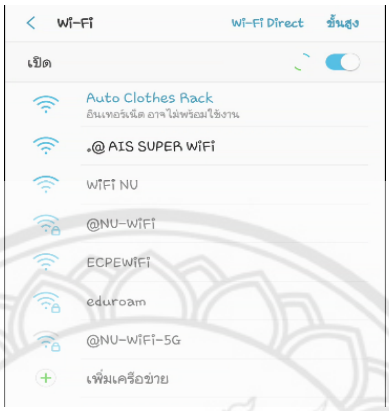
[17] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). **สรุปผลการตรวจวัดข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย ปีพ.ศ. 2559.** สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2561, จาก http://www. dede.go.th/article_attach

ภาคผนวก ก
การทำงานเมื่อสั่งการผ่านโปรแกรม Blynk

วิธีการเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI กับ บอร์ด NodeMCU

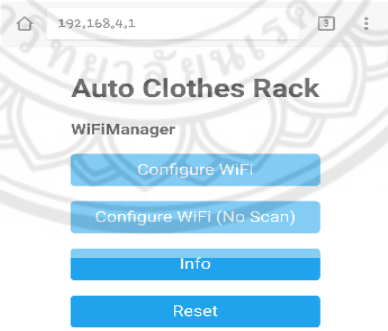
ในส่วนขั้นตอนการเชื่อมต่อ WIFI กับบอร์ด NodeMCU จะสามารถทำได้ดังนี้

1) ผู้ใช้งานเปิด WIFI บนโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วค้นหา WIFI ที่มีชื่อว่า Auto Clothes Rack แล้วทำการเชื่อมต่อดังแสดงในรูปที่ ก-1



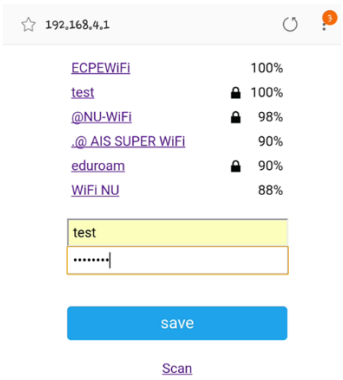
รูปที่ ก-1 ค้นหาสัญญาณ WIFI

2) เมื่อทำการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Configure WIFI ดังแสดงในรูปที่ ก-2



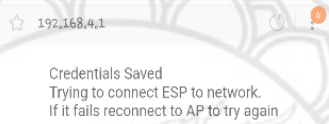
รูปที่ ก-2 การตั้งค่า WIFI ที่จะใช้งาน

3) เลือกอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) ที่ต้องการใช้งานแล้วทำการกรอกชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านแล้วกด save ถ้าไม่พบอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) ที่ต้องการใช้งานให้กดปุ่ม Scan เพื่อทำการค้นหาอีกครั้งดังแสดงในรูปที่ ก-3



รูปที่ ก-3 การเลือกอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) ที่จะใช้งาน

4) เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยจะปรากฏข้อความดังแสดงในรูปที่ ก-4

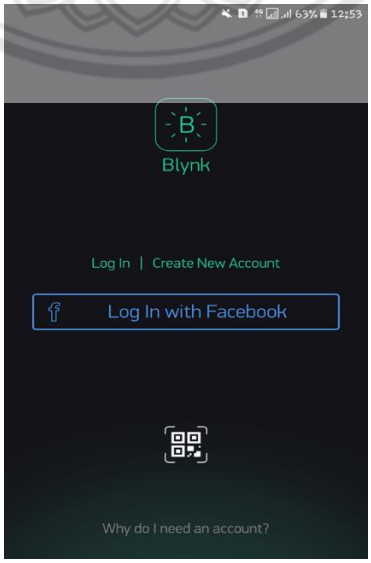


รูปที่ ก-4 หน้าจอของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อทำการตั้งค่าเสร็จเรียบร้อย

การสั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk

ในส่วนการสั่งงานผ่านโปรแกรม Blynk จะสามารถทำได้ดังนี้

1) กดเข้าโปรแกรม Blynk บนโทรศัพท์เคลื่อนที่จากนั้นกด scan QR code

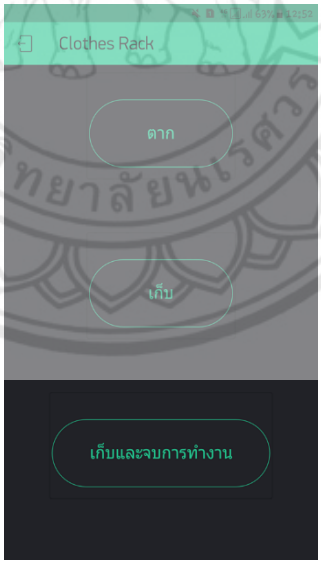


รูปที่ ก-5 โปรแกรม Blynk

2) เข้าหน้าจอ scan QR code และทำการ scan

รูปที่ ก-6 รูปขณะที่ scan QR code

3) หลังจาก scan เสร็จจะปรากฏหน้าจอที่ใช้สั่งงานอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้า**อัตโนมัติ**



รูปที่ ก-7 หน้าจอที่ใช้สั่งงานอุปกรณ์ควบคุมราวตากผ้าอัตโนมัติ