



รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย
SOLAR PV MOWER BY USING WIRELESS CONTROLLER

นายกัมปนาท	สุทธิจิระพันธ์	รหัส 57362798
นายศุภกิตต์	ไกรรักษ์	รหัส 57363535
นางสาวสิริวิมล	ไกลรอด	รหัส 57363559

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2560



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย
ผู้ดำเนินโครงการ นายกัมปนาท สุทธิจิระพันธ์ รหัส 57362798
นายศุภกิตติ ไกรรักษ์ รหัส 57363535
นางสาวสิริวิมล ไกลรอด รหัส 57363559
ที่ปรึกษาโครงการ ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์)

.....กรรมการ
(ดร.สรารุณี วัฒนวงศ์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายกัมปนาท	สุทธิจิระพันธ์	รหัส 57362798
	นายศุภกิตต์	ไกรรักษ์	รหัส 57363535
	นางสาวสิริวิมล	ไกลรอด	รหัส 57363559
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร.จิรวดี	ผลประเสริฐ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอโครงการเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ซึ่งเป็นรถตัดหญ้าขับเคลื่อน 4 ล้อ ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ และใช้มอเตอร์ใบพัดตัดหญ้า 12 โวลต์ โดยรับไฟจากแบตเตอรี่แบบแห้งขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ก้อน ที่ต่อขนานกัน มีการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ 17.2 โวลต์ 0.58 แอมแปร์ เพื่อชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่ ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบนของรถตัดหญ้า ทำมุม 15 องศา กับแนวราบ โดยส่วนประมวลผลและส่วนควบคุมการทำงานของระบบจะใช้ชุดวงจรบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิน นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ตลอดเวลาของการทำงานและมีการแจ้งเตือน เมื่อแรงดันลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งจากผลการทดสอบรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถควบคุมได้ระยะทางไม่เกิน 28 เมตร และเมื่อทำการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพพลังงานดีกว่าไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้ระยะเวลาในการอัดประจุประมาณ 6 ชั่วโมงจากระดับแรงดันต่ำสุดที่รถตัดหญ้าไม่สามารถทำงานได้ โดยที่สามารถกลมกลภาวะทางอากาศและประหยัดค่าเชื้อเพลิง

Project title SOLAR PV MOWER BY USING WIRELESS CONTROLLER
Name Mr. Kampanat Sutijirapan ID. 57362798
Mr. Suppakit kriruk ID. 57363535
Ms. Siriwimon Klairod ID. 57363559
Project advisor Dr. Jirawadee Polprasert
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2017

Abstract

This thesis presents solar PV mower using wireless controller. The mower is propelled by 4 wheels, and direct current (DC) motor 12 volt. Then, the mower blade was rotated motor 12 volt by two 12 volt dry cell batteries. Moreover, solar PV module, 10 Watt, 17.2 Volt, 0.58 Ampere, is installed for battery charging. The battery was set at the top of the solar mower in 15 degree with horizontal. This work uses Arduino's microcontroller for processing and control in the systems. The system will alert if the level of battery voltage is lower than the level that was set up. From the test result, the solar PV mower can be controlled by 28 meter, then when the mower connected with the solar modules, the mower will be got more effective than the mower without connecting solar modules. Moreover, the PV solar mover takes time to charge about 6 hours because the solar mower cannot work with lowest level. It also can decrease air pollution and save fuel.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการทำเกี่ยวกับเรื่องการทำงานของรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ซึ่งจะไม่มีทางสำเร็จไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.จิรวดี ผลประเสริฐ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้แนะนำและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ดำเนินโครงการเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์ และ ดร.สรารุณี วัฒนวงศ์พิทักษ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงการที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในโครงการนี้

รวมทั้งขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนเงินกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนด้านทุนทรัพย์แก่ นายศุภกิตต์ ไกรรักษ์ ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาแก่ผู้ดำเนินโครงการรวมทั้งอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

ในท้ายที่สุดนี้คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

ผู้ดำเนินโครงการ

นายกัมปนาท สุทธิจิระพันธ์

นายศุภกิตต์ ไกรรักษ์

นางสาวสิริวิมล ไกลรอด

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท..... ก	ก
บทคัดย่อภาษาไทย..... ข	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค	ค
กิตติกรรมประกาศ..... ง	ง
สารบัญ..... จ	จ
สารบัญตาราง..... ช	ช
สารบัญรูป..... ฌ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ..... 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ..... 1	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... 1	1
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ..... 1	1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน..... 2	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณ..... 3	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น..... 4	4
2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3..... 4	4
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)..... 8	8
2.2.1 ส่วนประกอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง..... 8	8
2.2.2 ชนิดมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง..... 9	9
2.3 แบตเตอรี่ (Battery)..... 10	10
2.4 รีเลย์ (Relay)..... 10	10
2.4.1 โครงสร้างของรีเลย์..... 10	10
2.4.2 หลักการทำงานของรีเลย์..... 11	11

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 เซลล์แสงอาทิตย์	12
2.5.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....	12
2.5.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.5.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	14
2.5.4 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	15
2.5.5 ลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	15
2.5.6 การติดตั้งวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสงอาทิตย์.....	18
2.5.7 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	18
2.6 ตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า	19
2.6.1 ความหมายของเครื่องควบคุมประจุ	19
2.6.2 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุ	20
2.6.3 ชนิดของเครื่องควบคุมประจุไฟฟ้า	20
2.7 รีโมทควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Joystick PlayStation PS2 Controller).....	23
2.7.1 คุณสมบัติของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย.....	23
2.7.2 กล้องตัวรับสัญญาณจากรีโมทควบคุมแบบไร้สาย.....	24
2.7.3 สัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อ.....	25
2.7.4 วงจรและการทำงาน	27
2.8 ตัวรับรู้แรงดัน	28
2.9 โมดูลเสียง (Buzzer Module).....	28
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	30
3.1 หลักการทำงานของรถตัดหญ้า.....	30
3.1.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ	30
3.2 วงจรควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้า	32
3.2.1 ตัวรับรู้แรงดัน	32

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.2 แผงวงจรรีเลย์.....	33
3.2.3 กล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2.....	35
3.2.4 โมดูลเสียง.....	36
3.2.5 ส่วนประมวลผลของรถตัดหญ้า.....	37
3.3 รีโมทควบคุมแบบไร้สาย.....	37
3.4 การออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้า.....	38
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	44
4.1 การทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้.....	44
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของพลังงาน.....	45
4.3 การทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	52
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	53
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป.....	53
เอกสารอ้างอิง.....	55
ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับของโปรแกรมรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	57
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3.....	64
ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลรีเลย์.....	68
ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลโมดูลเสียง.....	71
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	2
2.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ รุ่น AT mega 2560 R3.....	6
3.1 หน้าที่สวิตช์ควบคุม	38
4.1 ผลการทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้.....	44
4.2 ผลการทดสอบกรณีไม่ได้ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	45
4.3 ผลการทดสอบกรณีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	46
4.4 ผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ	48
4.5 ผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ	48



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผงวงจรด้านหน้าของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3	5
2.2 แผงวงจรด้านหลังของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3	5
2.3 ส่วนประกอบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3	6
2.4 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.5 สัญลักษณ์ของรีเลย์แทนโครงสร้างรีเลย์	11
2.6 สภาพะการทำงานของรีเลย์	11
2.7 แผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง	11
2.8 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน	12
2.9 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน	13
2.10 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	14
2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	15
2.12 การต่อวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.13 ลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)	18
2.14 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	20
2.15 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม	21
2.16 เครื่องควบคุมการประจุแบบขนาน	22
2.17 แสดงตำแหน่งปุ่มกดของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย	24
2.18 ตำแหน่งขาของตัวรับสัญญาณ PS2	25
2.19 อะแดปเตอร์แปลง PS2 แบบขาต่อ	25
2.20 แผนภาพเวลาของการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และรีโมทควบคุมแบบไร้สาย	26
2.21 วงจรสมบูรณของแผงวงจรเชื่อมต่อกับรีโมทควบคุมแบบไร้สายกับไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.22 วงจรแบ่งแรงดัน	28
2.23 วงจรภายในของโมดูลเสียง	29
3.1 การทำงานของระบบรถตัดหญ้า	30
3.2 แผนผังขั้นตอนการทำงานของรถตัดหญ้าพลังแสงอาทิตย์	32
3.3 การเชื่อมต่อใช้งานตัวรับรู้แรงดัน	33
3.4 วงจรการทำงานของรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง	34
3.5 การเชื่อมต่อใช้งานแผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง	35
3.6 การเชื่อมต่อใช้งานกล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2	36
3.7 การเชื่อมต่อใช้งานของโมดูลเสียง	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาคูอิโน	37
3.9 ปุ่มการทำงานของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย	38
3.10 โครงสร้างรถด้านข้าง	39
3.11 โครงสร้างรถด้านล่าง	39
3.12 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวขนาด 10 วัตต์	40
3.13 เครื่องควบคุมการอัดประจุรุ่น CMTD-G ขนาด10 แอมแปร์	41
3.14 แบตเตอรี่แบบแห้ง ขนาด 12 V 5 AH/20 HR	42
3.15 กล่องควบคุมการทำงาน	42
3.16 มอเตอร์ขับเคลื่อน	43
3.17 มอเตอร์ใบพัดตัดหญ้า	43
4.1 ค่ากระแสไฟฟ้าขณะใช้งานโหลดทั้งหมดของรถตัดหญ้า	45
4.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่	47
4.3 การวัดและบันทึกค่า การทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่	47
4.4 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (โวลต์)	49
4.5 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าการอัดประจุแบตเตอรี่ (โวลต์)	49
4.6 กราฟแสดงกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แอมป์)	50
4.7 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนพื้นดินมีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ต้นหญ้าเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และในบริเวณพื้นที่บางส่วนต้องการให้มีหญ้า แต่ต้องควบคุมให้อยู่ระดับที่เหมาะสมกับสนาม เช่น สนามฟุตบอล สนามเด็กเล่น และสวนหย่อมในบริเวณบ้าน อีกทั้งตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ แสงอาทิตย์ น้ำมัน ฯลฯ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตพลังงาน เพื่อที่จะพัฒนาการใช้การอนุรักษ์พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กลุ่มผู้ดำเนินโครงการเห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติซึ่งในปัจจุบันนั้นเทคโนโลยีของเครื่องตัดหญ้า จะมีลักษณะการใช้งานแบบเครื่องตัดหญ้ารถเข็น และแบบใช้คนสะพายเครื่องตัดหญ้า ซึ่งทรัพยากรที่นำมาใช้คือ น้ำมัน ซึ่งเป็นพลังงานที่สิ้นเปลือง มีราคาสูง อีกทั้งส่งผลให้เกิดสภาวะโลกร้อน จากลักษณะการใช้งานข้างต้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานเกิดอาการเมื่อยล้าและอาจเกิดอันตรายจากการใช้งานอย่างไม่ระมัดระวัง นอกจากนี้การอยู่กลางแจ้งที่แดดร้อนจัดเป็นเวลานานๆ ทำให้ผู้ใช้งานเกิดอาการหน้ามืดและเป็นลมได้

จากข้อสังเกตถึงปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดที่สร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย โดยมีการควบคุมผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาคูอิน ที่สามารถควบคุมการเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาและพัฒนาเป็นรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

สร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

1) ออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 10 วัตต์ โดยมีเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า 10 แอมป์ และแบตเตอรี่แบบแห้ง 12 โวลต์ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรงสำหรับการเคลื่อนที่ของล้อรถและใบพัดตัดหญ้า

2) การเคลื่อนที่ของล้อรถจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที (rpm) ระดับแรงดัน 12 โวลต์ และในส่วนของใบพัดตัดหญ้าจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเร็วรอบ 5540 รอบ/นาที (rpm) ระดับแรงดัน 12 โวลต์

3) สร้างรถตัดหญ้าที่ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้า โดยรีโมทคอนโทรลควบคุมในระยะ 20 เมตร

4) รถตัดหญ้าเหมาะสำหรับพื้นที่สนามเรียบ ที่มีหญ้าลักษณะใบเล็ก ใบไม่แข็งกระด้าง ลำต้นเล็ก มีความสูงไม่เกิน 12 เซนติเมตร

5) พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด ความกว้าง 3 เมตร ความยาว 3 เมตร จะทดสอบในช่วงเวลา 8.00 - 16.00 น. ที่มีสภาพอากาศปลอดโปร่ง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2560					ปี 2561			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้	←→								
2) ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ		←→							
3) ออกแบบรถตัดหญ้าและเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ และใช้รีโมทคอนโทรลแบบไร้สายในการควบคุม			←→						
4) ทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน						←→			
5) สรุปผลการดำเนินงานโครงการและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								←→	

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ←→ หมายถึง ระยะเวลาการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย
- 2) ได้รถตัดหญ้าที่ลดปริมาณการใช้น้ำมัน และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม
- 3) รถตัดหญ้าสามารถช่วยอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน

1.6 รายละเอียดงบประมาณ

1) ค่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และค่าอุปกรณ์ต่างๆ	8,436 บาท
2) ค่าถ่ายเอกสาร	700 บาท
รวม(เก้าพันหนึ่งร้อยสามสิบหกบาทถ้วน)	<u>9,136</u> บาท

หมายเหตุ: (ถ้าเฉลี่ยทุกรายการ)



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำให้โครงการรถตัดหญ้าอัตโนมัติจะต้องมีการศึกษาทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบ เพื่อให้สามารถเข้าใจข้อมูลพื้นฐาน หลักการทำงาน ของอุปกรณ์และการวิเคราะห์ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการทำโครงการ ซึ่งเนื้อหาจะกล่าวถึงเรื่อง บอร์ด Arduino AT mega 2560 R3 มอเตอร์กระแสตรง และแบตเตอรี่

2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3

บอร์ดอาดูอิโน (Arduino Board) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (Automatic Voltage Regulator) ในรูปแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ด้วยความสามารถของบอร์ดอาดูอิโนที่หลากหลายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อน ดังนั้นบอร์ดอาดูอิโนจึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย การที่เป็นรูปแบบโอเพนซอร์ส ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน การอัพโหลดโค้ด (Code) เข้าบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในส่วนของควบคุมการทำงานของบอร์ดอาดูอิโนมีลักษณะเป็นภาษาซีพลัสพลัส บอร์ดสามารถนำโมดูล มาต่อเพิ่มได้ ซึ่งทางอาดูอิโนเรียกว่า ชิวด์ (Shield) เพื่อเพิ่มความสามารถของ AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นมีการพัฒนาต่อมาจาก MCS-51 โดยบริษัท ATMEL อันเนื่องมาจากรุ่น MCS-51 ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีการนำมาใช้งานจริง และมีใช้งานแต่เฉพาะในสถาบันการศึกษา เพราะว่าการออกแบบวงจรค่อนข้างมีความซับซ้อน และต้องอาศัยการต่ออุปกรณ์ในการทำงานมาก ดังนั้น AVR จึงเข้ามาเป็นที่นิยมในการทำงานด้านนี้ โดยคุณสมบัติหลักที่น่าสนใจก็คือ สามารถ อินเทอร์เน็ต (Interface) ผ่านพอร์ต หรือช่องทางในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ได้หลากหลายโดยตรง ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคเก่าทำได้โดยผ่านพอร์ต RS-232 แต่เนื่องด้วยคอมพิวเตอร์ยุคใหม่พอร์ต RS-232 ไม่นิยมใช้ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น AVR จึงได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ซึ่งรุ่นที่ผู้ดำเนินโครงการเลือกใช้นั้นเป็นรุ่น Arduino AT mega 2560 R3 จะเหมือนกับ Arduino Mega ADK ต่างกันตรงที่บนบอร์ดไม่มีช่อง USB Host มาให้ การโปรแกรมยังต้องทำผ่านโปรโตคอล UART อยู่บนบอร์ดใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ Arduino AT mega 2560 R3 เป็นบอร์ดอาดูอิโนที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ อินพุต และเอาต์พุตมากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจากเซนเซอร์ หรือควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหลายตัว ทำให้ขาอินพุต และเอาต์พุตของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Arduino AT mega 2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของไมโครโปรเซสเซอร์ที่เท่ากัน ตัวนี้ใช้ชิปและจัดขาใช้งานเหมือนกัน Arduino AT mega 2560 R3 ทุกอย่าง ทำงานได้เหมือนกันแต่มีราคาสูงกว่า เพราะเปลี่ยนชิป USB

Driver เป็น CH 340 ซึ่งเป็นชิพรุ่นใหม่กว่า รองรับการทำงานกับวินโดวส์ได้ทุกรุ่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แผงวงจรด้านหน้าของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาตูดิวโน รุ่น AT mega 2560 R3
ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com>



รูปที่ 2.2 แผงวงจรด้านหลังของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาตูดิวโน รุ่น AT mega 2560 R3
ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com>

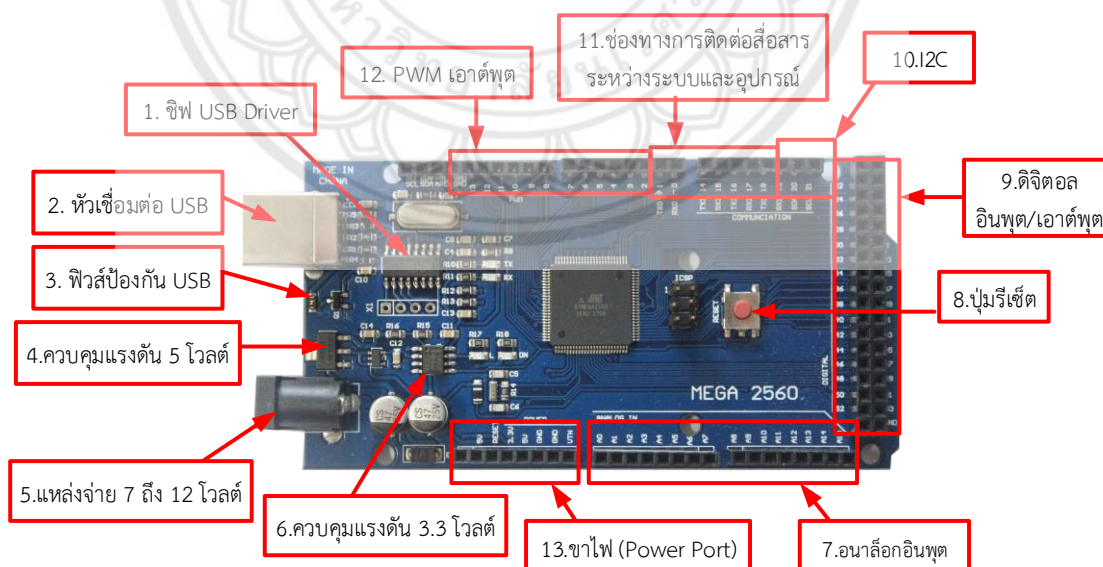
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	AT mega 2560
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 โวลต์
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 โวลต์
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 โวลต์
พอร์ตดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต	54 พอร์ต (มี 14 พอร์ต PWM เอาต์พุต, 4 UART TTL)
พอร์ต อนาล็อกอินพุต	16 พอร์ต
กระแสไฟฟารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต	40 มิลลิแอมป์
กระแสไปที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 โวลต์	50 มิลลิแอมป์
พื้นที่โปรแกรมภายใน	256 กิโลไบต์ แต่ 8 กิโลไบต์ ถูกใช้โดยส่วนที่ออฟโหลด โปรแกรมเข้าบอร์ด (Boot Loader)
พื้นที่แรม	8 กิโลไบต์
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	4 กิโลไบต์
ความถี่คริสตัล	16 เมกะเฮิร์ตซ์

ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com>

2.1.1 ส่วนประกอบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3 มีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3

ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com>

1) ชิพยูเอสบี ใช้สำหรับแปลงพอร์ตยูเอสบีเป็นพอร์ตอนุกรมใช้อับโพลด์โปรแกรมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

2) หัวเชื่อมต่อยูเอสบี ใช้ต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้าไมโครโทรล-เลอร์ และจ่ายไฟให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3) ฟิวส์ป้องกันยูเอสบี ใช้เป็นอุปกรณ์นิรภัยชนิดหนึ่งที่อยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยจะป้องกันการลัดวงจร และการใช้กระแสเกินในวงจรไฟฟ้า โดยจะหลอมละลาย และตัดกระแสไฟออกจากวงจรเพื่อป้องกันบอร์ดเสียหาย

4) ส่วนควบคุมแรงดัน 5 โวลต์ ใช้สำหรับแปลงจากแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายทั้งส่วนยูเอสบี และจากแหล่งจ่ายอะแดปเตอร์ให้เป็นแรงดัน 5 โวลต์

5) แหล่งจ่าย 7 ถึง 12 โวลต์ ใช้สำหรับรับไฟฟ้าจากอะแดปเตอร์ที่ระดับแรงดัน 7 ถึง 12 โวลต์เข้ามาเป็นพลังงานให้บอร์ดอาคูอิน์

6) ส่วนควบคุมแรงดัน 3.3 โวลต์ ใช้สำหรับแปลงจากแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายทั้งส่วนยูเอสบี และจากแหล่งจ่ายอะแดปเตอร์ให้เป็นแรงดัน 3.3 โวลต์

7) อนุาล็อกอินพุต ทำหน้าที่เป็นขาเชื่อมต่อแบบอนุาล็อกของบอร์ดอาคูอิน์ กับเซนเซอร์ต่างๆ อินพุตแล้วไปควบคุมส่วนเอาต์พุต

8) ปุ่มรีเซ็ต เป็นปุ่มรีเซ็ตใช้กดเมื่อต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มการทำงานใหม่

9) ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต ตั้งแต่ขา 22 ถึง 53 นอกจากนี้ บางขาจะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น ขา 20, 39, และ 40 เป็นขา Pulse Width Modulation (PWM)

10) ไอทูซี (I2C) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสาร ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

11) ช่องทางการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบกับอุปกรณ์ (Serial Communication) ใช้สำหรับเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบกับอุปกรณ์เป็นรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนข้อมูลหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปทีละบิตในสายส่งเพียงเส้นเดียว

12) PWM เอาต์พุต ใช้ในการควบคุมวงจร และสร้างค่าเอาต์พุตแบบอนุาล็อกด้วยพอร์ตดิจิตอล โดยปกติแล้วพอร์ตดิจิตอลจะสามารถมีเพียงแค่ 2 สถานะ คือ สถานะ HIGH (5โวลต์) กับ สถานะLOW (0 โวลต์) เท่านั้น จึงทำให้สร้างค่าสัญญาณลอจิกได้เพียง เปิดหรือปิด (1 หรือ 0 , มีไฟหรือไม่มีไฟ) ซึ่งการใช้เทคนิค PWM นั้นจะเป็นการทำให้พอร์ตดิจิตอลสามารถเขียนค่าได้มากกว่า HIGH หรือ LOW โดยทำให้สามารถเขียนค่าเป็นแบบอนุาล็อกได้

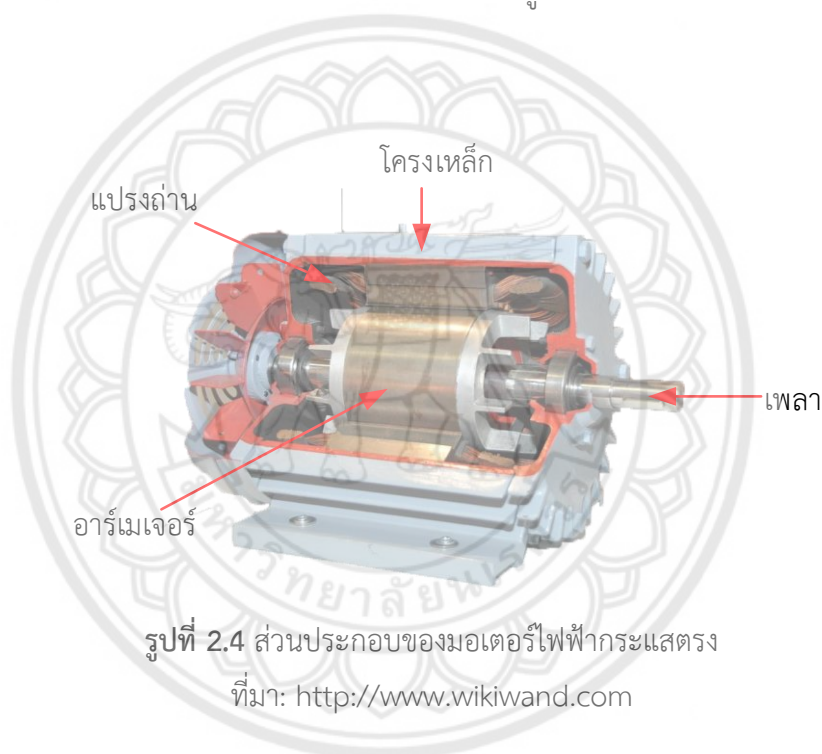
13) ขาไฟ (Power Port) ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 โวลต์, +5 โวลต์, GND, Vin

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่เด่นในด้าน การปรับความเร็วได้ ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดนิยมใช้กันมาก ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

2.2.1 ส่วนประกอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2.4 มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา: <http://www.wikiwand.com>

1) ส่วนที่อยู่กับหรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

1.1) เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาเป็นรูปทรงกระบอก

1.2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็ก และโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผล

ให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุด แล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากส่งผลให้มอเตอร์มีกำลังหมุน

ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอก เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้าง และเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2) ตัวหมุน (Rotor) หรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุน ทำให้เกิดกำลังงาน มีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

2.1) แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลลานั้นจะวางอยู่บนแบร์ริง (Bearing) เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

2.2) แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

2.3) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่ แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (Mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกัน กับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

2.4) ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับารออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

2.2.2 ชนิดมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

ชนิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีทั้งหมด 3 ชนิดดังนี้

1) มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) มีคุณลักษณะที่ดี คือให้แรงบิดสูง นิยมใช้เป็นตัวกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรม เมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วจะลดลง การที่ไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ นิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร เป็นต้น

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ส่วนมากเหมาะกับงานพัดลม

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) เป็นการนำแบบขนาน และแบบอนุกรมมาต่อรวมกัน มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

2.3 แบตเตอรี่ (Battery)

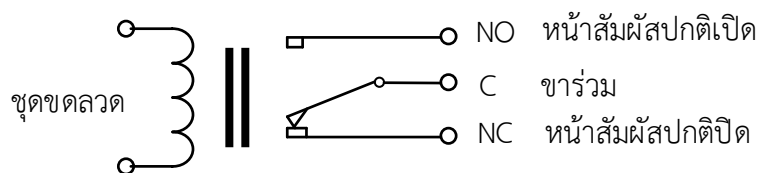
แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อนำไปใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบพร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่า แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้นไม่ได้ผลิตไฟฟ้าสามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100 % จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุและจ่ายประจุ แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และเสียหายได้ง่าย หากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุ และอุณหภูมิ เป็นต้น

2.4 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ จะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้ก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่ใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจากแหล่งจ่ายไฟของเครื่องดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

2.4.1 โครงสร้างของรีเลย์

ภายในโครงสร้างของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.5 จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และหน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close : NC) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (C) และ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (C) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ) ใน รีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

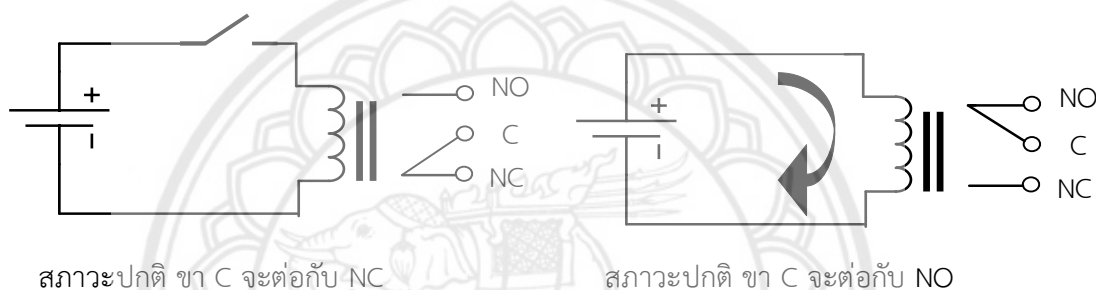


รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ของรีเลย์แทนโครงสร้างรีเลย์

ที่มา: <http://www.semishop.com>

2.4.2 หลักการทำงานของรีเลย์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึงแผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา แต่หน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สภาวะการทำงานของรีเลย์

ที่มา: <http://www.semishop.com>

ในโครงงานนี้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสงแสดงดังรูปที่ 2.7 ซึ่งประกอบด้วยรีเลย์ 4 ตัวโดยแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 แอมแปร์ และการใช้งานสามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ มีหลอดแอลอีดีสำหรับแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งถูกออกแบบให้มีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสง เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์ ทำให้วงจรควบคุมสามารถทำงานได้อย่างเสถียรภาพ



รูปที่ 2.7 แผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง

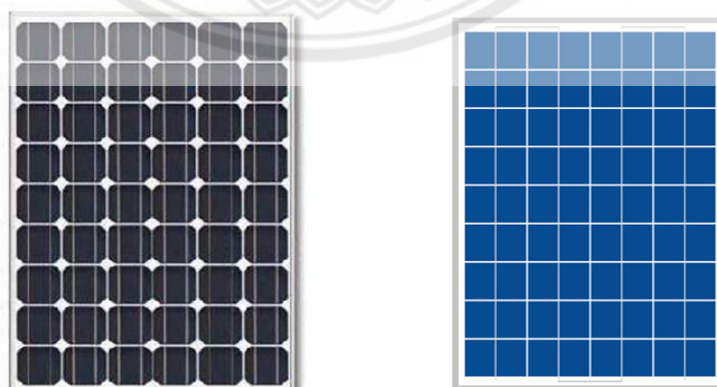
2.5 เซลล์แสงอาทิตย์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ Photovoltaic (PV) มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างมีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้นสรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.5.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์ โดยแยกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือที่ในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก แสดงดังรูปที่ 2.8



(ก) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว

(ข) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม

รูปที่ 2.8 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน

ที่มา: <http://www.leonics.co.th>

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มิลลิเมตร) หนานักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10% แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน

ที่มา: <http://www.leonics.co.th>

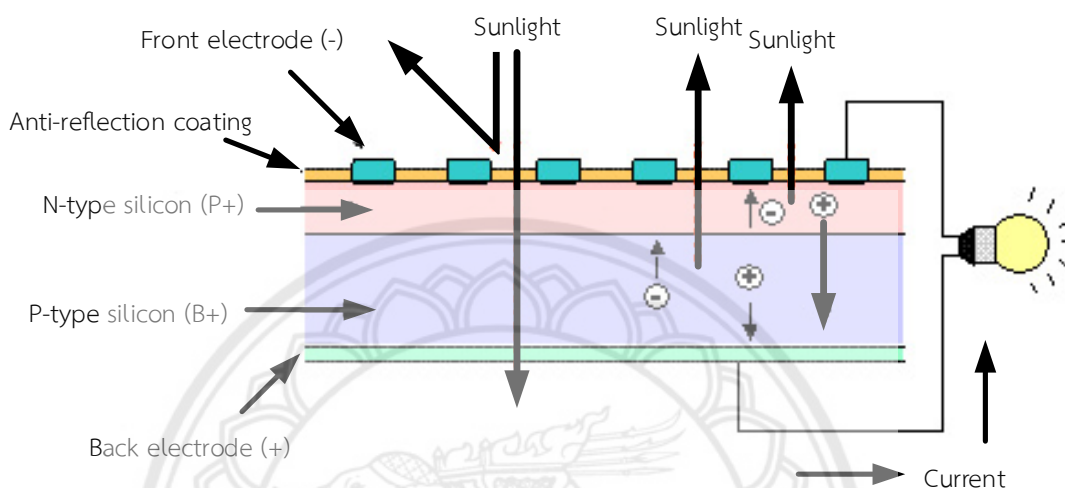
3) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลไนด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไตเซลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.5.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้ารับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.5.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

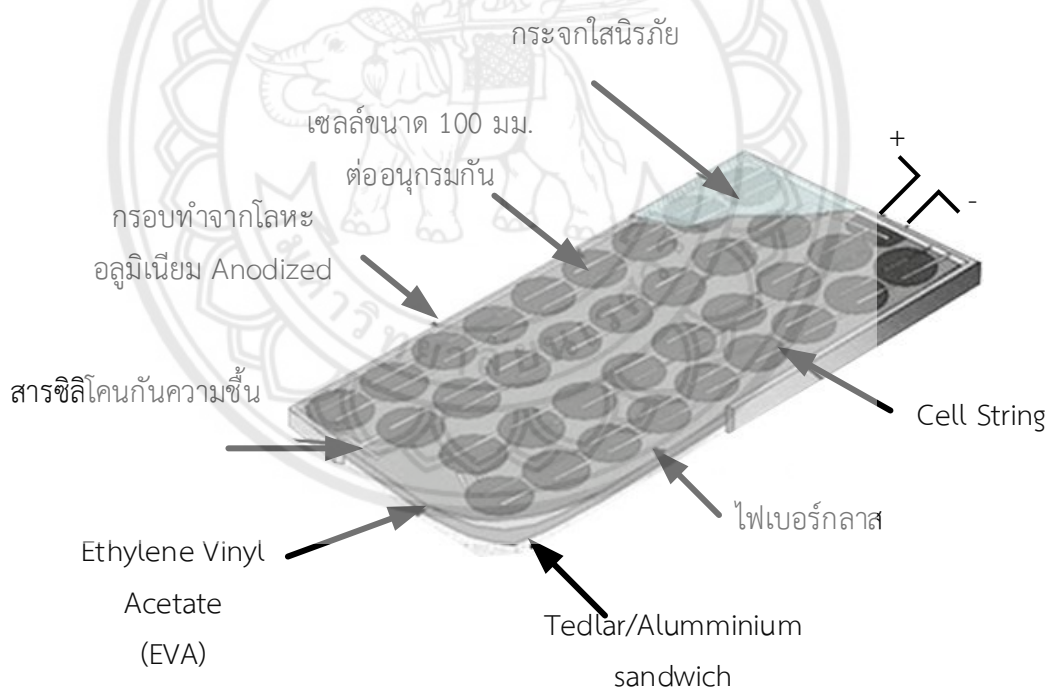
ที่มา: <http://www3.egat.co.th>

จากรูปที่ 2.10 n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ผ่านการโด๊ปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ผ่านการโด๊ปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ก็ยังมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p - type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

2.5.4 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminated) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2.11

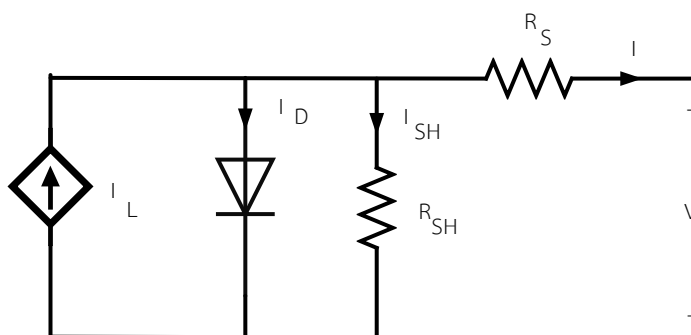


รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: <http://www3.egat.co.th>

2.5.5 ลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

สมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เริ่มต้นที่วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.12 การต่อวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: <http://www.cssckmutt.in.th>

เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแทนด้วยวงจรสมมูลแสดงดังรูปที่ 2.12 ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์ต่อขนานกับไดโอด (รอยต่อพี-เอ็น) และความต้านทานขนาน และต่ออนุกรมกับความต้านทานอนุกรม ตามลำดับ โดยกำหนดให้แหล่งจ่ายกระแสเป็นแบบกระแสคงที่ ซึ่งแปรผันตามความเข้มแสง ความต้านทานอนุกรม เป็นค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นจากจุดเชื่อมต่อระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับเซลล์ ส่วนความต้านทานขนาน เกิดขึ้นเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าในลักษณะไบอัสย้อนกลับให้กับไดโอด เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.1 นั่นคือผลของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เกิดมาจากแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ลบด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด และผ่านความต้านทานขนานขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดขึ้น

สมการที่ 2.2 แสดงแรงดันไฟฟ้า ณ จุดใดๆ เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ขาออกบวกด้วยผลคูณระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทานอนุกรม

$$I = I_L - I_D - I_{SH} \quad (2.1)$$

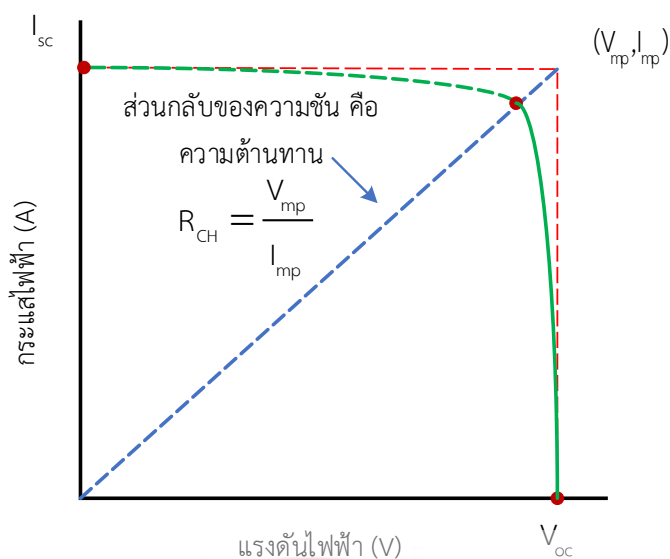
$$V_j = V + IR_S \quad (2.2)$$

โดยที่	I	คือ กระแสไฟฟ้าขาออก : [A]
	I_L	คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ : [A]
	I_D	คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด : [A]
	I_{SH}	คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานขนาน : [A]
	V_j	คือ แรงดันรวมทั้งหมด : [V]
	V	คือ แรงดันไฟฟ้าขาออก : [V]
	R_{SH}	คือ ความต้านทานขนาน : [Ω]
	R_S	คือ ความต้านทานอนุกรม : [Ω]

ในทางอุดมคติจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับ ตรงกันข้ามกับความเป็นจริงจะมีกระแสไหลย้อนกลับในระดับต่ำ นั้นแสดงให้เห็นว่ามีเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ ดังนั้นจึงแทนด้วยความต้านทานขนาน ซึ่งมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับความต้านทานอนุกรมที่มีค่าต่ำมาก สมการที่ 2.3 เป็นสมการทางสถิติของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีโซลิดสเตทฟิสิกส์ (Solid-state physic theory)

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{e(V - IR_s)}{kT} \right] - 1 \right\} - \frac{V}{R_{SH}} \quad (2.3)$$

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง โดยที่แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นกับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแผงเพาเวลารามิเตอร์ที่บ่งบอกประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}), แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) และฟิลต์แพกเตอร์ (FF) รูปที่ 2.13 แสดงกระแสไฟฟ้าลัดวงจร และแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด คือ กระแสไฟฟ้าขณะที่แรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็นศูนย์ เป็นค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้าขณะที่กระแสไฟฟ้าเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ส่วนฟิลต์แพกเตอร์เป็นสัดส่วนระหว่างผลคูณแรงดันไฟฟ้า (V_{mp}) กับกระแสไฟฟ้า (I_{mp}) ที่จุดทำงานสูงสุด และผลคูณของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง นอกจากนี้มีพารามิเตอร์เกี่ยวกับความต้านทานในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นประโยชน์ต่อการติดตามพฤติกรรมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และการพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยคิดจากสัดส่วนระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดสูงสุดต่อกระแสไฟฟ้าที่จุดทำงานสูงสุดหรืออาจใช้สัดส่วนระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ซึ่งลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ลักษณะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (IV-curve)

ที่มา: <http://www.cssckmutt.in.th>

2.5.6 การติดตั้งวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสงอาทิตย์

สำหรับประเทศไทย ในการติดตั้งวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสงอาทิตย์ เพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้ประสิทธิภาพ สูงสุด มีวิธีการดังต่อไปนี้

- 1) ควรติดตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้ เนื่องจาก ประเทศไทยอยู่ในเขตซีกโลกเหนือแนวเส้นทางของดวงอาทิตย์ที่ขึ้นจากทิศตะวันออกและไปตกในทิศตะวันตกจะเป็นแนวอ้อมทิศใต้
- 2) ควรวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เอียงทำมุมประมาณ 10 องศา ถึง 20 องศา กับพื้นดินตามแนว องศาละติจูดของพื้นที่เพื่อให้แสงตกกระทบตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในเวลาเที่ยงตรงมากที่สุด

2.5.7 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบ หรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

- 1) ความเข้มของแสง กระแสไฟ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศ ปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเล ในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวัตต์ ต่อ ตร. ซม. หรือ 1,000 วัตต์ ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม

60 องศา กับพื้นโลก ความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 มิลลิวัตต์ ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 วัตต์ ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2) อุณหภูมิ กระแสไฟจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรมืด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 โวลต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ($0.5\% \times 5$ องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่วงจรมืดจะลดลง 0.525 โวลต์ ($21 \text{ โวลต์} \times 2.5\%$) เหลือเพียง 20.475 โวลต์ ($21 \text{ โวลต์} - 0.525 \text{ โวลต์}$) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้า ก็จะลดลง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลง

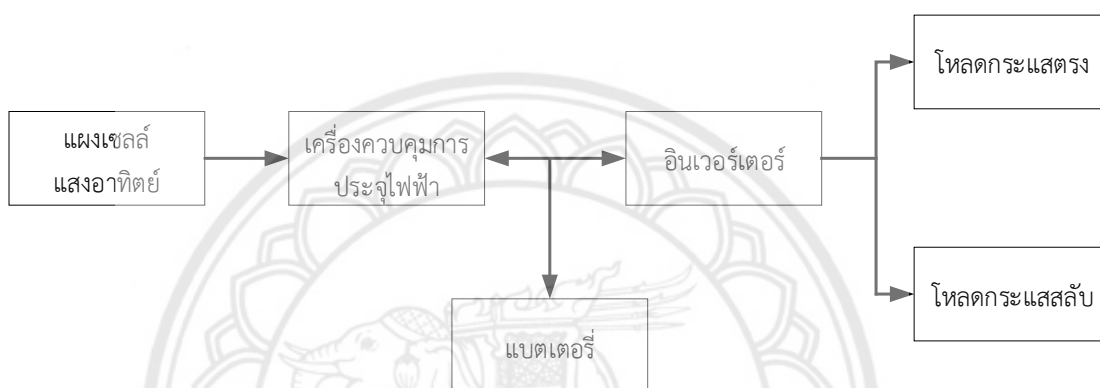
2.6 ตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า

2.6.1 ความหมายของเครื่องควบคุมประจุ

ตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า (Charger controller) มีหน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปโดยการเบี่ยงเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อ มีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้ ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดเล็กที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 1-5 วัตต์ หรือจ่ายไฟฟ้าได้ประมาณ 1/60 ของความจุแบตเตอรี่ต่อวัน หรือน้อยกว่านั้น ก็ไม่จำเป็นต้อง ใช้เครื่องควบคุมการประจุ ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชันพิเศษ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหาย ที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์ อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการ ที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

2.6.2 การทำงานของเครื่องควบคุมประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุแสดงดังรูปที่ 2.14 คือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิทช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหาย เครื่องควบคุมการประจุ จะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

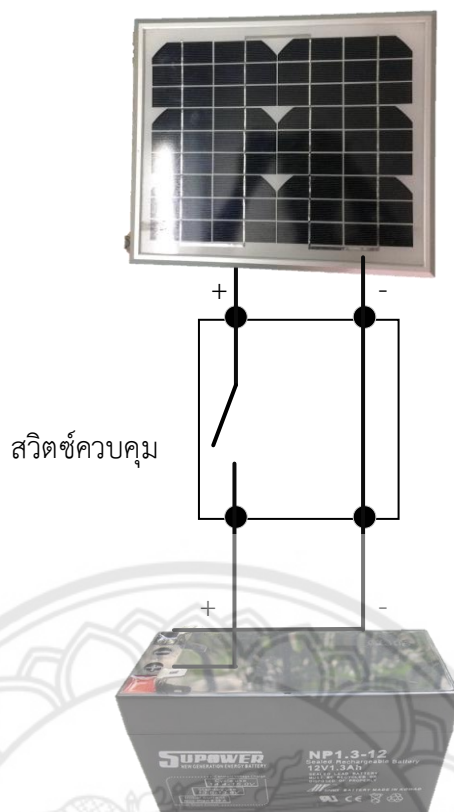


รูปที่ 2.14 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า
ที่มา: <http://www.leonics.co.th>

2.6.3 ชนิดของเครื่องควบคุมประจุไฟฟ้า

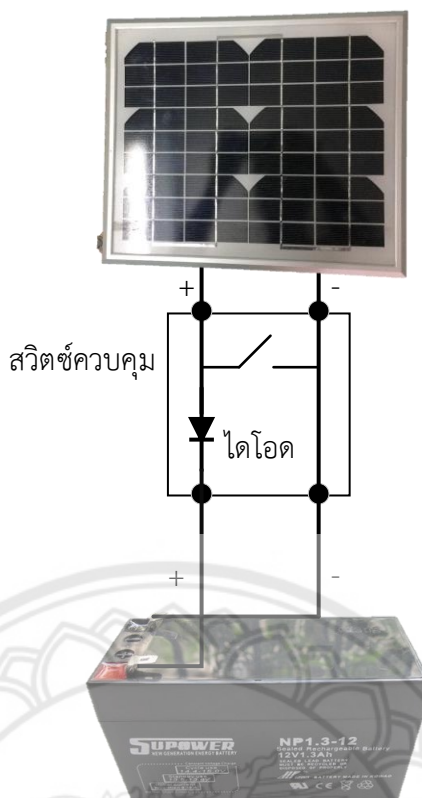
เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ ดังนี้

1) เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller) เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม หรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิทช์ควบคุมใช้สวิทช์ แม่เหล็กที่เรียกว่า รีเลย์ (Relay) หรือสวิชชิงทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม
ที่มา: <http://www.leonics.co.th>

2) เครื่องควบคุมการประจุแบบชันท (Shunt charge controller) เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหายจึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำแสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 เครื่องควบคุมการประจุแบบขนาน

ที่มา: <http://www.leonics.co.th>

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิตช์ได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ On-Off ที่จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดและปิดธรรมดาๆ เท่านั้น และแบบ Pulse Width Modulation (PWM) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมสวิตช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิตช์แบบ On-Off

การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกออกแบบขึ้นและกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 โวลต์, 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ ส่วนกระแสสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบ ส่วนมากแล้วเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องควบคุมการจ่ายประจุจะรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน เท่ากับว่าเครื่อง ควบคุมการประจุมิฟังก์ชันการทำงานของเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมองอยู่ด้วย และเรามีข้อสังเกตที่จะบอกได้ว่าเครื่องควบคุมเป็นแบบใด โดยดูจากการต่อวงจรดังนี้ ถ้ามีการต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องควบคุม แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการประจุมองอยู่ด้วย ถ้ามีการต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมองอยู่ด้วย และเครื่องควบคุมทั้งหมดต้องต่อไปยังแบตเตอรี่ ในขณะที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุเพื่อป้องกันแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้ามากเกินไปและยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเกินไป

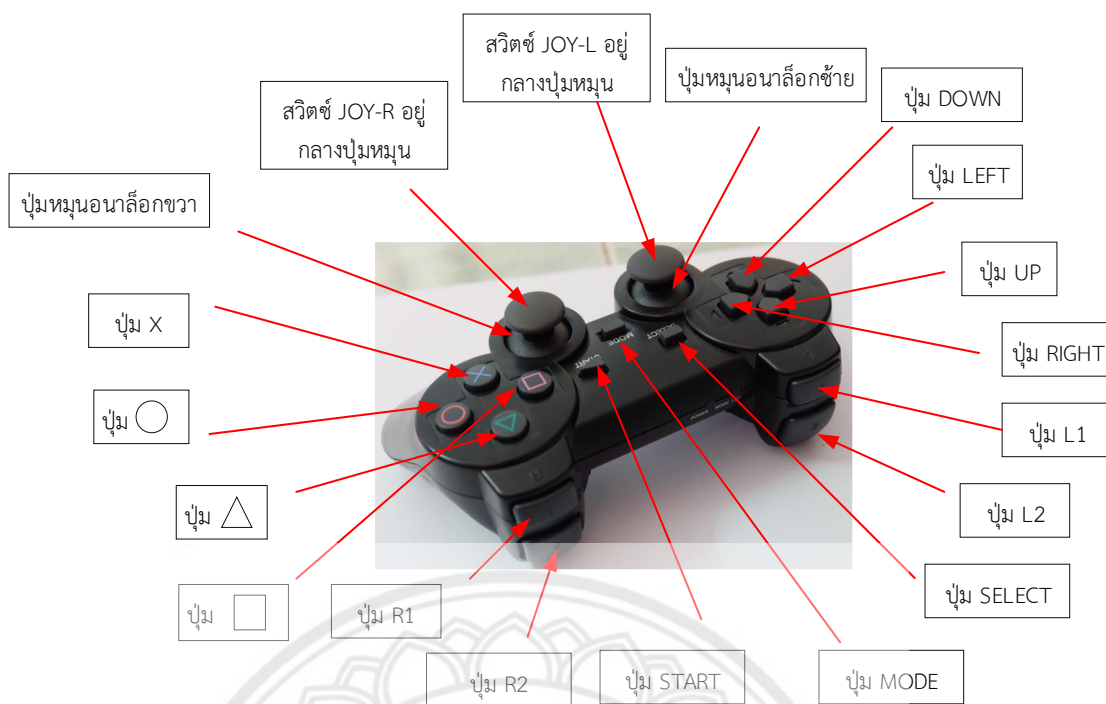
2.7 รีโมทควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Joystick PlayStation PS2 Controller)

PS2 Joystick ถูกดัดแปลงให้สามารถนำมาเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานควบคุมหรือสั่งงานรูปแบบต่าง ๆ สร้างความแปลกใหม่ เริ่มแรกรีโมทควบคุมถูกออกแบบมาสำหรับใช้กับเครื่องเล่นเพลย์สเตชัน ที่ผลิตโดยโซนี่คอมพิวเตอร์เอ็นเตอร์เทนเมนท์ ซึ่งเป็นเครื่องเล่นเกมที่นิยมมากยี่ห้อหนึ่ง เมื่อได้รับความนิยมอะไหล่หรืออุปกรณ์จึงสามารถหาซื้อได้ง่าย รวมถึงตัวรีโมทควบคุมด้วย และตัวรีโมทควบคุมก็จะมีให้เลือกใช้งานทั้งแบบมีสายและแบบไร้สาย สำหรับรุ่นแบบมีสายสามารถเชื่อมต่อเข้ากับขาของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ได้โดยตรง แต่การใช้งานอาจจะไม่สะดวกเท่าที่ควร เนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างรีโมทควบคุมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้จะมีสายยาวทำให้ไม่สะดวกกับการใช้งาน และหากนำมาใช้ในรูปแบบของรบบังคับตามความต้องการของโครงการนี้ ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงการจึงเลือกใช้รีโมทควบคุมที่เป็นแบบไร้สาย แต่การเชื่อมต่อก็มีความยุ่งยาก รวมถึงราคาก็จะสูงกว่าแบบมีสายอยู่ แต่ก็ไร้ความเกินไป ซึ่งก็นับว่าคุ้มค่าเมื่อเทียบกับความสะดวกในการใช้งานและรูปแบบการควบคุมที่มีความทันสมัยมากกว่า

2.7.1 คุณสมบัติของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย

- 1) ใช้สำหรับติดต่อกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับส่งข้อมูลจากรีโมทควบคุมแบบไร้สาย
- 2) ความถี่ในการสื่อสารข้อมูล 2.4 GHz. ระยะทำการ 9 เมตร
- 3) แผงวงจรเชื่อมต่อ ZX-PSX2 รองรับการทำงานทั้งกับรีโมทควบคุมแบบไร้สายและแบบมีสาย มีจุดต่อเพื่อเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 แบบ คือ JST 2 มิลลิเมตร 3 ขา ตัวผู้ 4 ตัว และแบบ IDC 2.54 มิลลิเมตร 6 ขาทั้งตัวผู้และตัวเมีย
- 4) ใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกแบบ
- 5) กล่องรับส่งคลื่นวิทยุใช้ไฟเลี้ยง +3.3 โวลต์ หรือ + 5 โวลต์ โดยต่อกับแผงวงจร ZX-PSX2 ใช้กระแสไฟฟ้า 200 มิลลิแอมป์แปร์ มีไฟแสดงสถานะการเชื่อมต่อ
- 6) ตัวรีโมทควบคุมแบบไร้สาย ทำงานในโหมดอะนาล็อก ใช้งานปุ่มควบคุมได้ครบทุกปุ่ม ใช้งานแบตเตอรี่ AAA ชนิดใดก็ได้ 2 ก้อนเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

รีโมทควบคุมแบบไร้สาย เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับเครื่องเล่น PlayStation 2 และสามารถใช้งาน DualShock แบบที่เครื่องเล่น PlayStation ทำได้ มีปุ่มกดแบบอะนาล็อกสิบสองปุ่ม (X, O, □, △, L1, R1, L2, R2, ขึ้น, ลง, ซ้ายและขวา) ปุ่มดิจิทัล 5 ปุ่ม (L3, R3 Start, Select และ โหมดอะนาล็อก) และคันโยกควบคุมแบบอะนาล็อกสองอัน ตัวควบคุมยังมีมอเตอร์การสั่นสองตัวที่อยู่ฝั่งซ้ายและขวา ซึ่งตัวที่อยู่ด้านซ้ายจะมีขนาดใหญ่และมีประสิทธิภาพมากกว่าด้านขวาแสดงดังรูปที่ 2.17



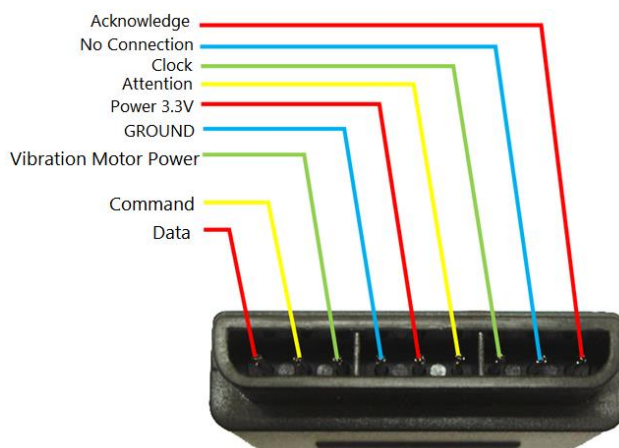
รูปที่ 2.17 แสดงตำแหน่งปุ่มกดของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย

ที่มา: <https://inex.co.th>

2.7.2 กล่องตัวรับสัญญาณจากรีโมทควบคุมแบบไร้สาย

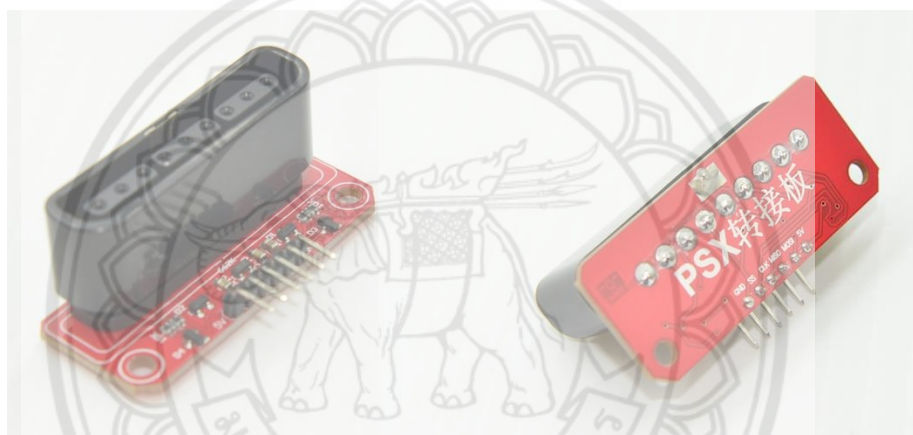
ตำแหน่งขาของตัวรับสัญญาณ PS2 แสดงดังรูปที่ 2.18 และอะแดปเตอร์แปลง PS2 แสดงดังรูปที่ 2.19 ซึ่งหน้าที่ของแต่ละขาต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

- 1) DATA (DAT) เป็นขาข้อมูลที่อ่านจากตัวควบคุม
- 2) COMMAND (CMD) เป็นขาคำสั่งที่ส่งจากเครื่องเล่น PS2/ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3) VIBRATION MOTOR POWER เป็นขาแรงดัน 7.6 โวลต์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ปุ่มหมุนของตัวควบคุม
- 4) GROUND (GND) เป็นขากราวด์
- 5) VCC เป็นขาไฟเลี้ยง (+3.3 โวลต์ หรือ +5 โวลต์)
- 6) SELECT (SEL) หรือ ATTENTION (ATT) เป็นขาเลือกหรือเปิดการติดต่อ
- 7) CLOCK (CLK) เป็นขาสัญญาณนาฬิกา
- 8) ไม่ได้เชื่อมต่อ
- 9) ACKNOWLEDGE (ACK) เป็นขาสัญญาณตอบรับเมื่อมีการส่งข้อมูลครบ 1 ไบต์



รูปที่ 2.18 ตำแหน่งขาของตัวรับสัญญาณ PS2

ที่มา: <https://inex.co.th>



รูปที่ 2.19 อะแดปเตอร์แปลง PS2 แบบขาต่อ

ที่มา: <https://inex.co.th>

2.7.3 สัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

เป็นการเชื่อมต่อระหว่างรีโมทควบคุมแบบไร้สายกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ จะใช้สายสัญญาณ 4 เส้น คือ

- 1) DATA (DAT) เป็นสัญญาณข้อมูลป้อนของตัวควบคุมที่ถูกกด จะถูกส่งมาจากตัวรีโมทควบคุมแบบไร้สาย โดยข้อมูลที่ส่งมีขนาด 8 บิต
- 2) COMMAND (CMD) เป็นสัญญาณคำสั่งสำหรับตัวรีโมทควบคุมแบบไร้สาย สัญญาณนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นผู้ส่ง
- 3) CLOCK (CLK) เป็นสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการทำงาน ฝั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นฝ่ายสร้างสัญญาณส่งมายังตัวรีโมทควบคุมแบบไร้สาย

4) ACKNOWLEDGE (ACK) เป็นสัญญาณเลือกการทำงานหรือเปิดการติดต่อ ซึ่งทางไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องส่งสัญญาณ 0 มาที่ขานี้และต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 ตลอดเวลาที่ติดต่อกัน

การตอบสนองต่อสัญญาณของอุปกรณ์จะเกิดขึ้นขอบขาของสัญญาณนาฬิกา เมื่อมีการรับรู้คำสั่ง (COMMAND) ของรีโมทควบคุมแบบไร้สายจะทำให้ขา ACK กลายเป็นลอจิก 0 (ในที่นี้ไม่ได้ทำงาน)

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากตัวควบคุมหรือรีโมทควบคุมแบบไร้สายจะต้องทำให้ขา ATT หรือ SEL เป็นลอจิก 0 แล้วส่งคำสั่งค่าเริ่มต้น 0x01 ไปยังตัวควบคุมหรือรีโมทควบคุมแบบไร้สาย เมื่อตัวควบคุมหรือรีโมทควบคุมแบบไร้สายได้รับก็จะตอบกลับด้วยรหัส ID ของตัวเอง เพื่อให้รู้ว่า ทำงานอยู่ในโหมดใด ซึ่งมี 4 รหัสหลักคือ



รูปที่ 2.20 แผนภาพเวลาของการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และรีโมทควบคุมแบบไร้สาย
ที่มา: <https://inex.co.th>

0x41 หมายถึง รีโมททำงานในโหมดดิจิทัล

0x23 หมายถึง รีโมททำงานในโหมด NegCon (ในที่นี้ไม่ใช้งาน)

0x73 หมายถึง รีโมททำงานในโหมดอะนาล็อก LED สีแดง ซึ่งรีโมทควบคุมแบบไร้สายได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมดนี้เพียงโหมดเดียว

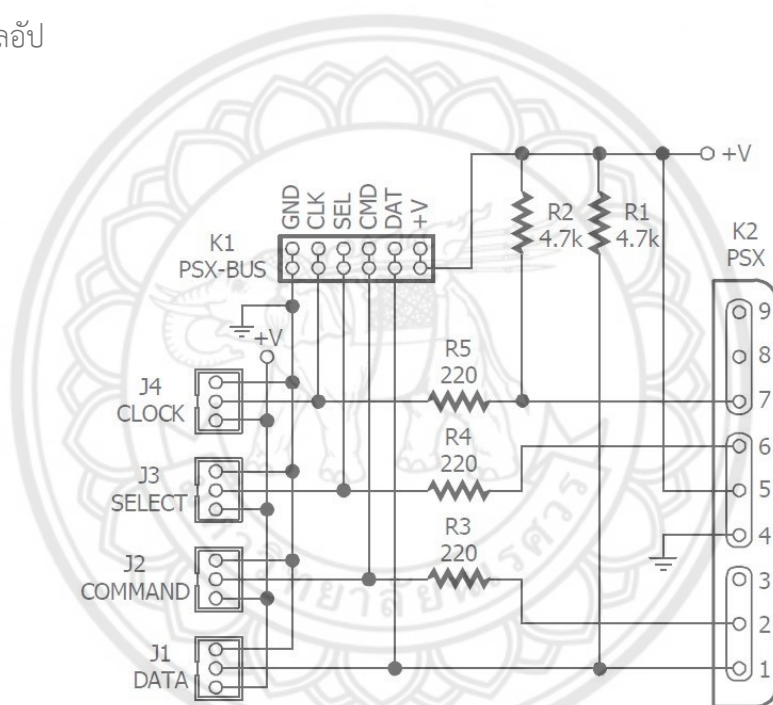
0x53 หมายถึง รีโมททำงานในโหมดอะนาล็อก LED สีเขียว

ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องส่งคำสั่ง 0x42 เพื่อร้องขอข้อมูลสถานะของปุ่มกดจากรีโมทควบคุมแบบไร้สาย จากนั้นขา CMD จะเข้าสู่สถานะสงบ (idle) เพื่อรอให้รีโมทควบคุมแบบไร้สาย ส่งข้อมูลกลับมาที่ขา DAT โดยรีโมทควบคุมแบบไร้สายจะเริ่มต้นด้วยการส่งข้อมูล 0x5A เพื่อบอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่า ข้อมูล 2 ถึง 6 ไบต์ถัดไปจากนี้คือ ข้อมูลสถานะของ

ปุ่มกดทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 2.20 แสดงแผนภาพเวลาของการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และรีโมทควบคุมแบบไร้สาย เมื่อทำงานในโหมดดิจิทัล

2.7.4 วงจรและการทำงาน

วงจรของแผงวงจรติดต่อดีโมทควบคุมแบบไร้สายที่ทำงานเข้ากันได้กับตัวควบคุมแสดงดังรูปที่ 2.21 จะเห็นว่า ชิ้นส่วนสำคัญคือ K2 คอนเนคเตอร์ PSX ที่ใช้ในการติดต่อกับตัวควบคุมโดยตรงในกรณีใช้แบบสาย และติดต่อกับกล่องรับส่งคลื่นวิทยุในกรณีใช้รีโมทควบคุมแบบไร้สาย ต้องมีการกำหนดสถานะลอจิกที่แน่นอนขณะที่ไม่มีการทำงานให้กับขา CLOCK และ DATA เพื่อให้การกำหนดจังหวะของการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง โดยใช้ตัวต้านทานต่อเข้ากับไฟเลี้ยงเพื่อกำหนดสถานะลอจิก 1 ให้กับขาสัญญาณในขณะที่ยังไม่มีการทำงาน จะเรียกการต่อแบบนี้ว่าการต่อตัวต้านทานพูลอัป



รูปที่ 2.21 วงจรสมบูรณ์ของแผงวงจรเชื่อมต่อดีโมทควบคุมแบบไร้สายกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่มา: <https://inex.co.th>

ขาสัญญาณที่ต้องมีการพูลอัปคือ ขา DATA และ CLOCK โดยใช้ R1 และ R2 ในขณะที่ขาสัญญาณ COMMAND และ SELECT เป็นขาเอาต์พุต ซึ่งจะต่อเข้ากับขาของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาต่อร่วมกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่อาจสูงเกินไป เนื่องจากตัวควบคุมใช้งานได้ทั้งไฟเลี้ยง +3.3 โวลต์ และ +5 โวลต์ จึงต้องต่อตัวต้านทาน R3 และ R4 อนุกรมไว้เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าและลดแรงดันที่ขาสัญญาณลงอย่างเหมาะสม เพื่อช่วยให้ทั้งตัวควบคุมและกล่องรับส่งคลื่นวิทยุลดโอกาสความเสียหายลงได้

นอกจากนั้นที่ขา CLOCK ยังมีตัวต้านทาน R5 ต่ออนุกรมไว้ด้วยสาเหตุเดียวกับ R3 และ R4 ทั้งนี้เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาเชื่อมต่อจะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ส่งไปที่รีโมทควบคุมแบบไร้สายและกล่องรับส่งคลื่นวิทยุ (ในกรณีไร้สาย) เพื่อกำหนดจังหวะการทำงาน

จุดเชื่อมต่อสัญญาณมี 2 แบบ คือ แบบ JST 3 ขา มี 4 จุดต่อกันคือ DATA COMMAND SELECT และ CLOCK ซึ่งใช้คอนเนคเตอร์ IDC 6 ขา ทั้งตัวผู้และตัวเมีย โดยรวมขาไฟเลี้ยงและกราวด์ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้แผงวงจร ZX-PSX2 มีความยืดหยุ่นสูงในการนำไปต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลากหลายตระกูล

2.8 ตัวรับรู้แรงดัน

เป็นโมดูลวัดแรงดันไฟฟ้า 0 - 24 โวลต์ สำหรับ Arduino Standard Voltage Sensor Module For Arduino สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0 - 5 โวลต์ ออกมาเป็นค่าดิจิทัล 0 - 1023 โมดูลนี้ใช้วงจรแบ่งแรงดันแสดงดังรูปที่ 2.22 ซึ่งจะทำให้สามารถวัดไฟได้สูงสุดถึง 24.9 โวลต์ โดยใช้ไฟเลี้ยงที่ 5 โวลต์

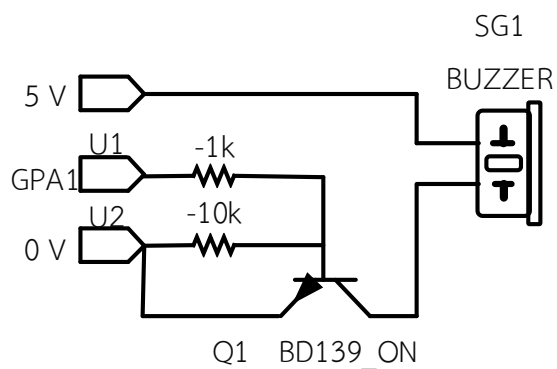


รูปที่ 2.22 วงจรแบ่งแรงดัน

ที่มา: <http://www.myarduino.net>

2.9 โมดูลเสียง (Buzzer Module)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่คล้ายลำโพง โดยออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณเสียงที่มีความถี่สูงๆ สำหรับการใช้งานบนบอร์ดจะต้องมีทรานซิสเตอร์สำหรับช่วยขับกระแสและแรงดัน สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรงด้วยการเขียนคำสั่งสร้างสัญญาณที่เป็นลอจิกสูงกับลอจิกต่ำสลับไปมาในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งวงจรภายในของโมดูลเสียงแสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 วงจรภายในของโมดูลเสียง

ที่มา: <https://www.ioxhop.com>



บทที่ 3

การออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์

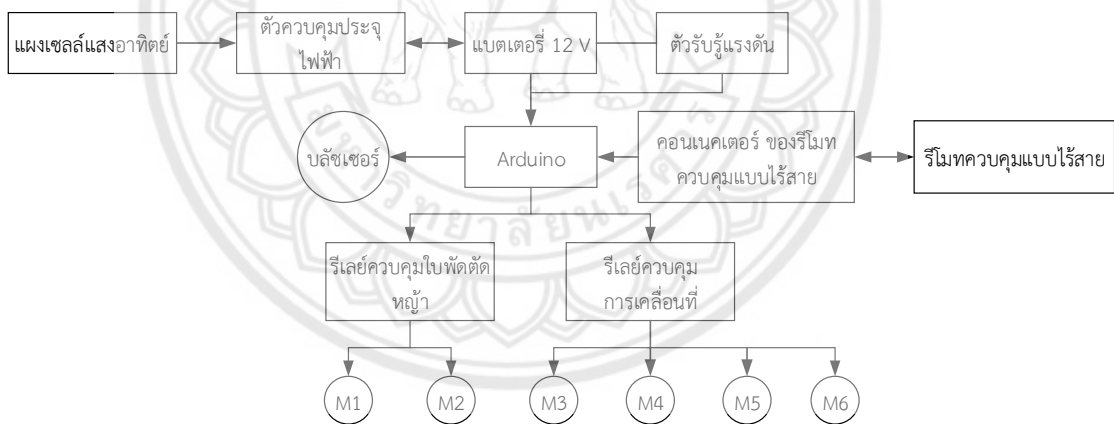
จากการศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของโครงการในบทที่ผ่านมา สามารถนำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ โดยสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทควบคุมแบบไร้สาย ซึ่งคณะผู้จัดทำได้คิดค้นออกแบบและระบบการทำงานในส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วย หลักการการทำงานของรถตัดหญ้า โครงสร้างรถตัดหญ้า วงจรควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้า และส่วนรีโมทควบคุมแบบไร้สาย โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประมวลผล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 หลักการทำงานของรถตัดหญ้า

ในที่นี่จะกล่าวถึงรายละเอียด โครงสร้างการทำงานของระบบรถตัดหญ้า ผังขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

โครงสร้างการทำงานของระบบรถตัดหญ้าแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบรถตัดหญ้า

เมื่อแสงแดดมาตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านตัวควบคุมประจุไฟฟ้า เพื่อควบคุมการชาร์จระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ก็จะทำการจ่ายไฟฟ้าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน เมื่อรีโมทควบคุมแบบไร้สายเชื่อมต่อกับคอนเนคเตอร์ของรีโมทควบคุมแบบไร้สายแล้วตัวควบคุมก็จะส่งข้อมูลจากการกดปุ่มควบคุมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโนไปสั่งให้รีเลย์

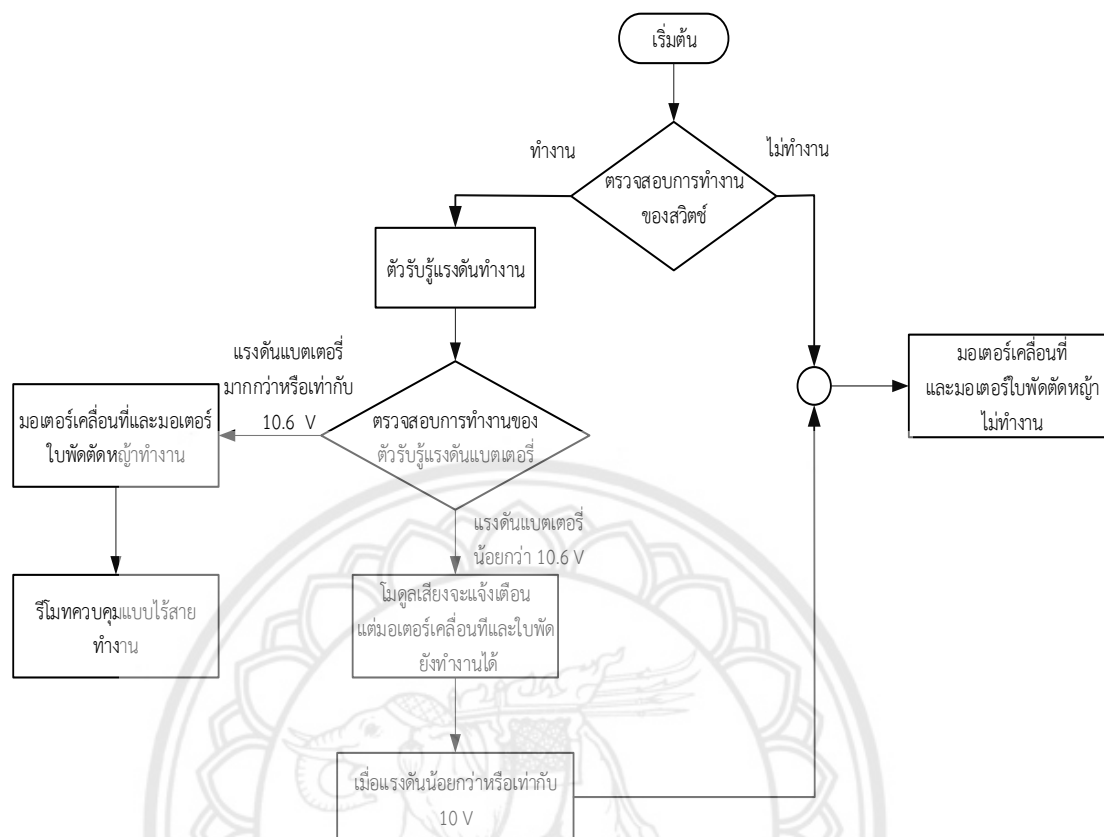
ที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถและรีเลย์ที่ควบคุมใบพัดตัดหญ้าทำงาน รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีการตรวจวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ

โดยส่วนควบคุมการตัดต่อรีเลย์ จ่ายแรงดัน 12 โวลต์ จากแบตเตอรี่ผ่านรีเลย์ไปจ่ายให้มอเตอร์และเป็นไฟเลี้ยงของวงจรอื่น ๆ ระดับแรงดันของแบตเตอรี่ถูกวัดด้วยตัวรับรู้แรงดัน เพื่อส่งค่าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ เมื่อระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 10.6 โวลต์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ จะส่งสัญญาณให้โมดูลเสียงแจ้งเตือน ซึ่งหากระดับแรงดันยังมีค่าต่ำกว่า 10 โวลต์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้จะสั่งให้รีเลย์เปิดหน้าสัมผัส เพื่อตัดการเชื่อมต่อของรีเลย์ โดยค่าแรงดันของแบตเตอรี่ถูกป้อนมายังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ ผ่านตัวรับรู้แรงดันและตรวจวัดระดับแรงดัน การแจ้งเตือนและตัดการเชื่อมต่อของรีเลย์มีรายละเอียดดังนี้

1) เมื่อใช้งานรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่าแรงดันของแบตเตอรี่มากกว่าหรือเท่ากับ 10.6 โวลต์ โมดูลเสียงจะไม่ดัง เพื่อแจ้งให้ทราบว่ายังสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ปกติ หลังจากทีระดับแรงดันลดต่ำกว่า 10.6 โวลต์ โมดูลเสียงจะส่งเสียงดัง ซึ่งระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำแต่รถตัดหญ่ายังคงสามารถทำงานต่อได้

2) หากยังคงให้รถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานต่อไปโดยผู้ใช้งานไม่ควบคุมให้รถตัดหญ่ากลับมาถึงผู้ใช้งาน ค่าแรงดันของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 โวลต์ รีเลย์จะตัดการเชื่อมต่อให้มอเตอร์หยุดหมุนและโมดูลเสียงจะหยุดเสียง เพื่อประหยัดพลังงานหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของตัดหญ้าพลังแสงอาทิตย์ สามารถอธิบายตามผังงานแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แพนผังขั้นตอนการทำงานของรถตัดหญ้าพลังแสงอาทิตย์

3.2 วงจรควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้า

วงจรควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้า จะประกอบด้วย ตัวรับรู้แรงดัน แผงวงจรรีเลย์ กล้องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2 โมดูลเสียง และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ตัวรับรู้แรงดัน

ตัวรับรู้แรงดันทำหน้าที่วัดค่าแรงดันของแบตเตอรี่แล้วส่งค่าแรงดันให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน ซึ่งขาบวกและขาลบของตัวรับรู้แรงดันจะต่อเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ ขา S ของตัวรับรู้แรงดันใช้ส่งค่าไปยังขา Analog 0 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน ส่วนขากราวด์และไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ต่อเข้ากับขา GND และ 5 โวลต์ ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโนตามลำดับ การเชื่อมต่อใช้งานตัวรับรู้แรงดันแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อใช้งานตัวรับรู้แรงดัน

3.2.2 แผงวงจรรีเลย์

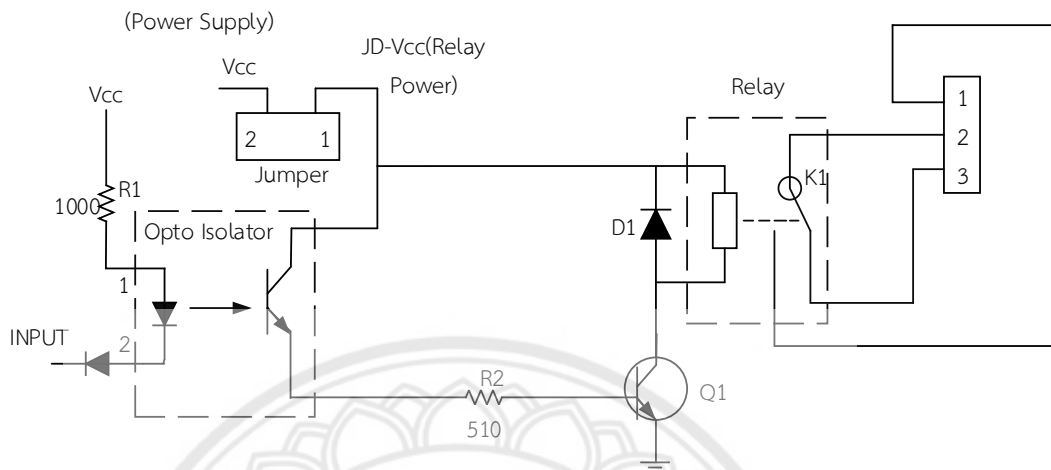
ในโครงการนี้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วยรีเลย์ 8 ตัว แต่ใช้งาน 6 ตัวโดยแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสสูงสุดได้สูงถึง 10 แอมป์ และใช้งานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ รับแรงดันกระแสตรง 5 โวลต์ ในการใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (V_{CC}) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (J_D-V_{CC}) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้นไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งานโมดูลนี้ โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน (V_{CC}) IN1-IN6 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ V_{CC} ของวงจรควบคุม ป้อน ให้กับ J_D-V_{CC} ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูง กระแสสูง หรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำการแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา J_D-V_{CC} และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุม จะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN8 และขา V_{CC} โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม ในการใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สามารถดูได้ที่ตัวรีเลย์ ซึ่งจะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ที่ $12 V_{DC}$ หมายถึงต้องใช้แรงดันที่ $12 V_{DC}$ เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้จะส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก ๆ อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงานในส่วนของ การต่อวงจรนั้นสามารถต่อเข้ากับขั้วใดก็ได้ เพราะรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจาก รีเลย์ชนิดพิเศษ)

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส จะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 แอมแปร์ $220 V_{AC}$ หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ ที่ $220 V_{AC}$ แต่ในการใช้งานจริง ควร ให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิคก เนื่องจากหากมีกระแสสูงจะยิ่งมีผลทำให้หน้าสัมผัสของ รีเลย์นั้นเสียหายได้เร็วขึ้น

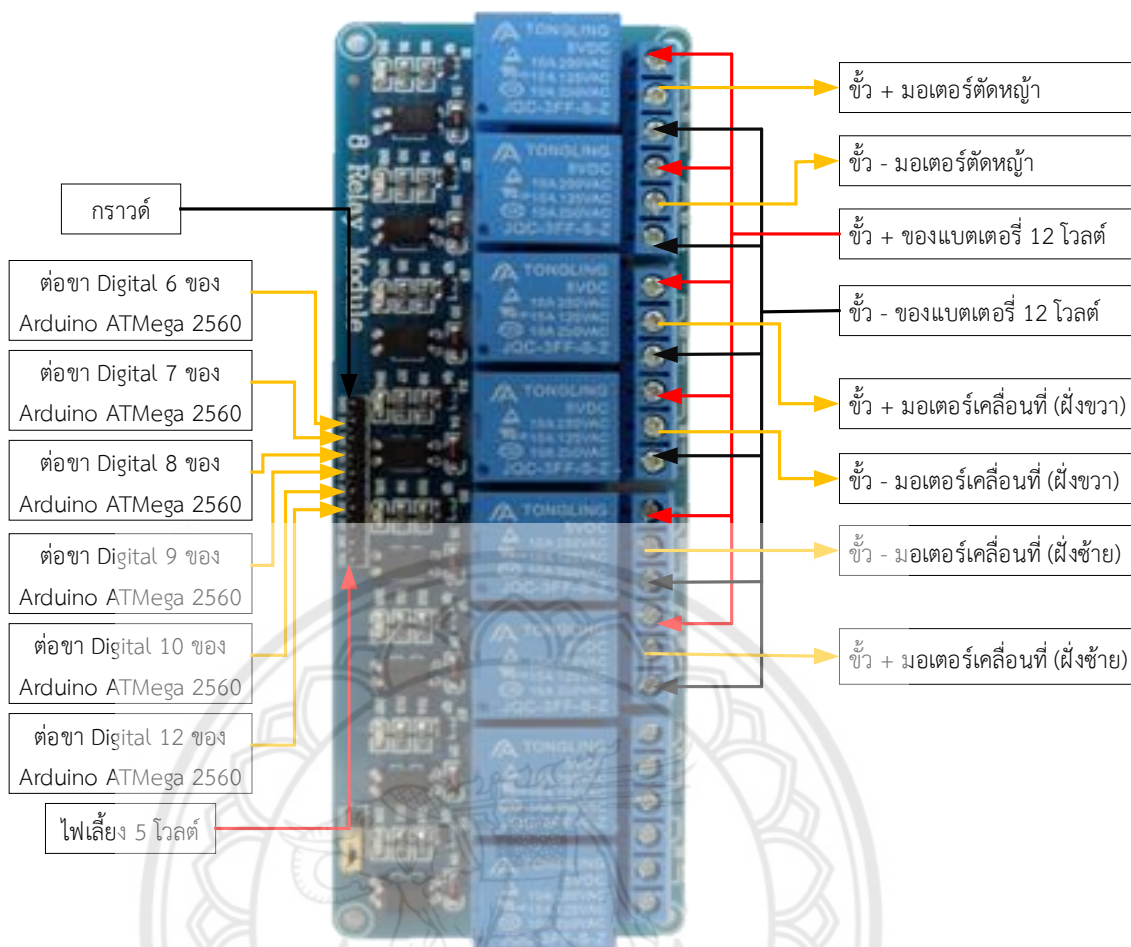
3) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์ โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกให้สอดคล้องกับ การใช้งานในแต่ละวงจร การทำงานของรีเลย์ เริ่มด้วยการจ่ายไฟแรงดัน 5 โวลต์ เข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง และ ขดลวดของรีเลย์ การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่น คือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง ทำให้เกิดการไบแอสไปหน้า ส่งผลทำให้ไดโอดเกิดการเปล่งแสงไปตกกระทบบที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสง ทรานซิสเตอร์จึง

นำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการนำกระแส จึงเกิดความต่างศักย์ที่ขดลวดของรีเลย์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ส่งผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส แผนภาพวงจรการทำงานภายในของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรการทำงานของรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยแสง

การเริ่มและหยุดการทำงานของรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับค่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ โดยจะเริ่มทำงานได้ก็ต่อเมื่อแรงดันแบตเตอรี่สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ นั่นคือ 10 โวลต์ โดยมีตัวรับรู้แรงดัน คอยตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา และส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัดสินใจเพื่อสั่งให้รีเลย์หกตัวทำการต่อวงจรให้รถตัดหญ้าทำงาน เมื่อระดับแรงดันลดลงเหลือเท่ากับ 10 โวลต์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาคูอินจะสั่งให้รีเลย์ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของรถตัดหญ้า โดยการเชื่อมต่อใช้งานแผงวงจรรีเลย์แสดงดังรูปที่ 3.5

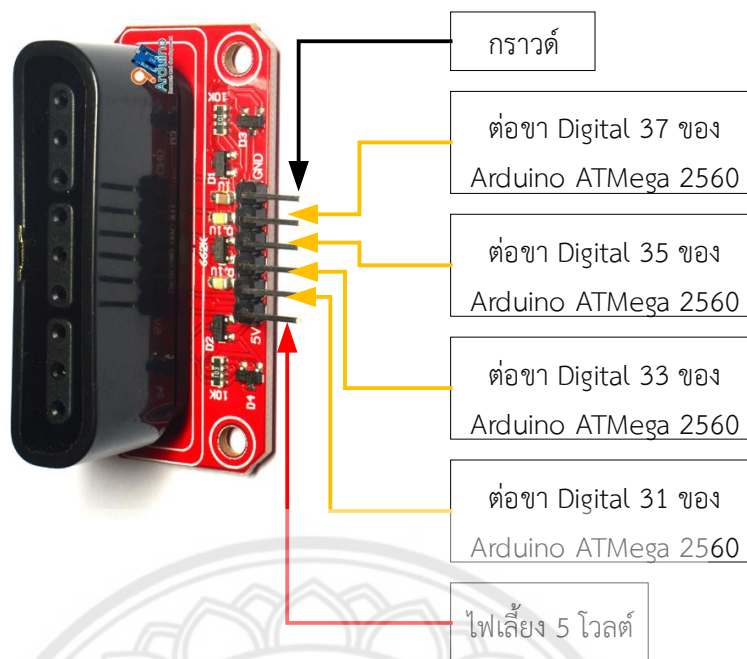


รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อใช้งานแผงวงจรรีเลย์แบบใช้ตัวเชื่อมต่อดำเนินการ

3.2.3 กล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2

กล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2 ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากรีโมทควบคุมแบบไร้สายที่เป็นตัวส่งสัญญาณไป ตัวส่งสัญญาณทำหน้าที่ส่งคำสั่งจากปุ่มควบคุมไปยังรถตัดหญ้า โดยมีโมดูลอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ

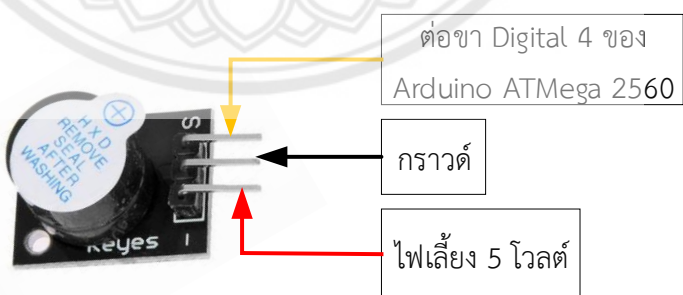
ตัวรับสัญญาณคลื่นวิทยุเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ ขาข้อมูลที่อ่านจากรีโมทควบคุม (DAT) ต่อเข้ากับขา Digital 31 ขาคำสั่งที่ส่งจากรีโมทควบคุม (CMD) ต่อเข้ากับขา Digital 33 ขาเปิดการติดต่อ (ATT) ต่อเข้ากับขา Digital 37 และขาสัญญาณนาฬิกา (CLK) ต่อเข้ากับขา Digital 35 ส่วนขากราวด์และไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ต่อเข้ากับขา GND และ 5 โวลต์ ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ตามลำดับ การเชื่อมต่อใช้งานกล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2 แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อใช้งานกล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2

3.2.4 โมดูลเสียง

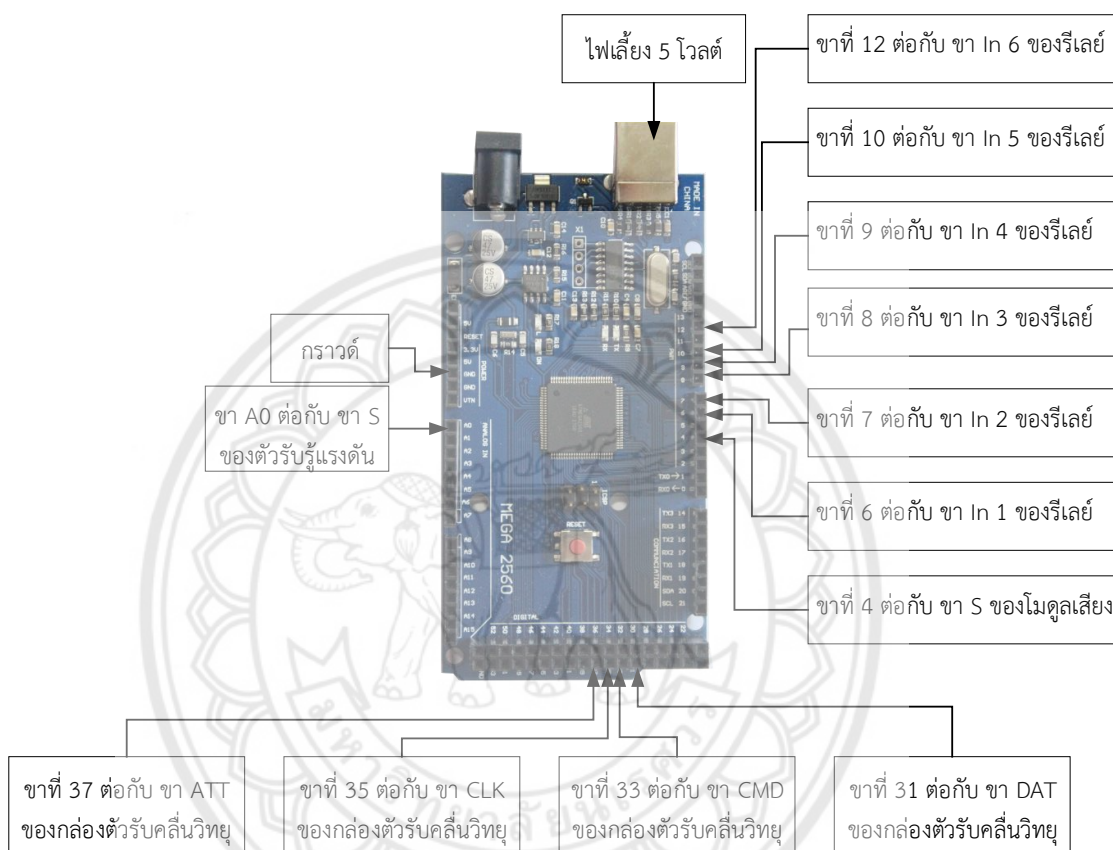
เป็นอุปกรณ์แจ้งเตือนเมื่อแบตเตอรี่ต่ำ ทำงานแบบ Active Low โมดูลเสียงใช้งานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 3.3 - 5 โวลต์ สำหรับโครงการนี้ใช้แรงดัน 5 โวลต์ ขา 5 ของตัวโมดูลเสียงต่อกับขา Digital 4 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ ส่วนขากราวด์ต่อเข้ากับ 5 โวลต์ และขาไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ต่อเข้ากับขากราวด์ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน้ตามลำดับ การเชื่อมต่อใช้งานโมดูลเสียงแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อใช้งานของโมดูลเสียง

3.2.5 ส่วนประมวลผลของรถตัดหญ้า

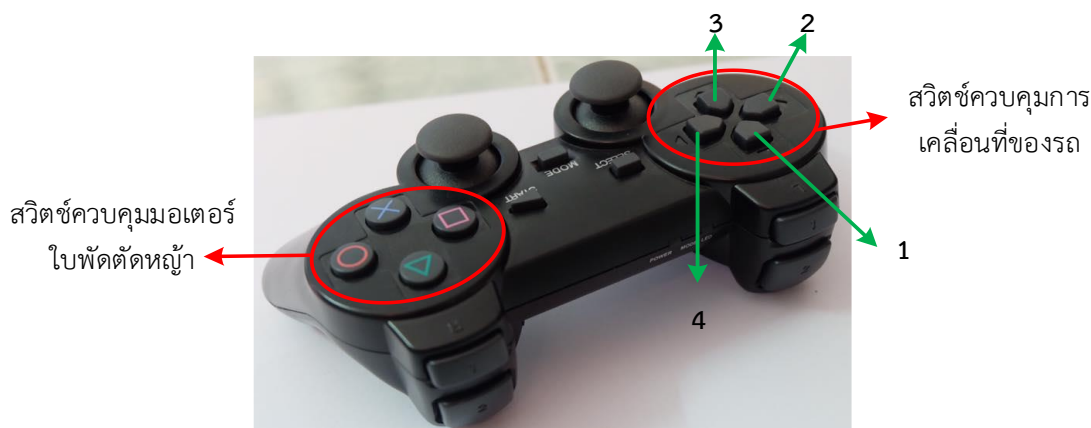
การทำงานของรถตัดหญ้าถูกควบคุมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโนตระกูล AVR รุ่น AT mega 2560 R3 ในการตัดหญ้า รวมทั้งตรวจวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่ เพื่อสั่งตัดการทำงาน โดยมีการเชื่อมต่อการใช้งานของอุปกรณ์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3 แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน


3.3 รีโมทควบคุมแบบไร้สาย

รีโมทควบคุมแบบไร้สายทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณและกล่องตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2 เป็นตัวรับสัญญาณ ปุ่มควบคุมรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยปุ่มคำสั่งต่าง ๆ โดยปุ่มควบคุมที่ใช้ทั้งหมดมี 7 ปุ่ม โดยแบ่งส่วนควบคุมเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรก ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้ามี 4 ปุ่ม และส่วนที่สอง ส่วนควบคุมใบพัดตัวหญ้ามี 3 ปุ่ม แสดงดังรูปที่ 3.9 และในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.9 ปุ่มการทำงานของรีโมทควบคุมแบบไร้สาย

ตารางที่ 3.1 หน้าที่สวิตช์ควบคุม

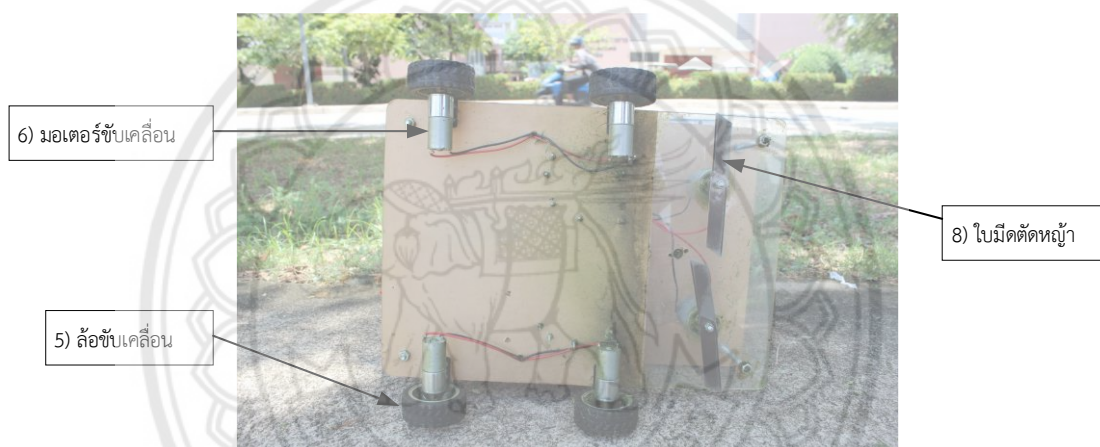
สวิตช์	การทำงานของรถตัดหญ้า
หมายเลข 1	เคลื่อนที่ไปข้างหน้า
หมายเลข 2	เคลื่อนที่หมุนซ้าย
หมายเลข 3	เคลื่อนที่ถอยหลัง
หมายเลข 4	เคลื่อนที่หมุนขวา
	มอเตอร์ใบพัดหมุน
	มอเตอร์ใบพัดหยุดหมุน
	หยุดวิ่ง

3.4 การออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้า

การออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้า ให้มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร สูง 28 เซนติเมตร โครงสร้างแผ่นฐานตัวรถจะทำมาจากแผ่นอะคริลิก ซึ่งโครงสร้างของรถตัดหญ้าจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือด้านบนของตัวรถจะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 2.5 แอมแปร์ และเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า ส่วนที่ 2 คือด้านล่างจะใช้วางแผงวงจรควบคุมและแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ ส่วนที่ 3 คือด้านใต้ของฐานด้านล่างแบ่งเป็น 2 ช่วง ดังนี้ ช่วงด้านหน้าเป็นส่วนของใบพัดตัดหญ้าใช้งาน 2 ใบพัด ช่วงด้านหลังเป็นส่วนของการเคลื่อนที่รถตัดหญ้าด้วยระบบ 4 ล้อ โดยโครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์แสดงได้แสดงดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11



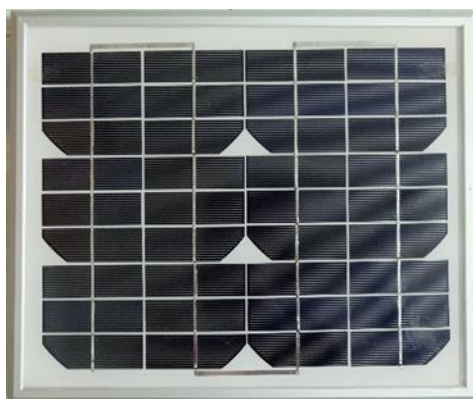
รูปที่ 3.10 โครงสร้างรถด้านข้าง



รูปที่ 3.11 โครงสร้างรถด้านล่าง

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การออกแบบในการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์ที่ดี จึงออกแบบให้วางทำมุม 15 องศากับตัวรถ เพื่อให้สามารถรับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบผลึกเดี่ยว (Mono crystalline) ซึ่งชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ แผงเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงดังรูปที่ 3.12 ขนาดและรูปร่างของเซลล์จะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 3.12 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวขนาด 10 วัตต์

รายละเอียดและคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 10 วัตต์

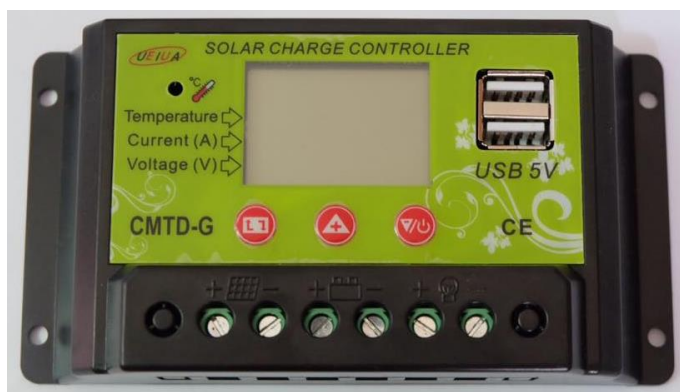
- 1.1) เซลล์เชื่อมต่อกันทั้งหมด 36 เซลล์
- 1.2) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 10 วัตต์
- 1.3) ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 310 มม. × 368 มม. × 18 มม.
- 1.4) น้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1.5 กิโลกรัม
- 1.5) ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ได้จ่ายโหลด 21.6 โวลต์
- 1.6) ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้ดีที่สุด 17.2 โวลต์
- 1.7) ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการทดสอบลัดวงจร 0.66 แอมป์
- 1.8) ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้ดีที่สุด 0.58 แอมป์
- 1.9) ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่อในระบบได้ 715 โวลต์
- 1.10) ค่ากระแสสูงสุดของฟิวส์ จะตัดเมื่อเกิดการลัดวงจร 1 แอมป์
- 1.11) ค่าอุณหภูมิเซลล์ใช้งานที่อ้างอิงถึงโดยการทดสอบ 50 องศาเซลเซียส
- 1.12) ผ่านการทดสอบมาตรฐานการฉายรังสี 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิของ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 องศาเซลเซียส

2) เครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า

ในการหาขนาดเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่นั้น จะต้องมีความเท่ากันหรือมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้นขนาดของเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้ดำเนินโครงการเลือกใช้เครื่องควบคุมการอัดประจุที่รองรับแรงดันไฟฟ้า 12-24 โวลต์ และรองรับกระแสสูงสุด 10 แอมแปร์ แสดงดังรูปที่ 3.13

การทำงานของเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่จะทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เหลือน้อยกว่า 10.6 โวลต์ เครื่องควบคุมการอัดประจุก็จะต่อวงจรเข้ากับแบตเตอรี่แล้วทำการอัดประจุไฟฟ้า และเมื่อได้แรงดันไฟฟ้าที่ 12 โวลต์ ก็จะมีการตัดวงจรการประจุไฟฟ้าออกทันที



รูปที่ 3.13 เครื่องควบคุมการอัดประจุรุ่น CMTD-G ขนาด 10 แอมแปร์

รายละเอียดและคุณลักษณะของเครื่องควบคุมการอัดประจุไฟฟ้า

2.1) เครื่องควบคุมการอัดประจุควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูง

2.2) โหมดการทำงานหลากหลาย การควบคุมหลอดไฟให้ทำงานเวลากลางคืน การตั้งเวลา และการทำงานแบบปกติ

2.3) ป้องกันโหลตเกินและการลัดวงจร

2.4) ควบคุมประสิทธิภาพการอัดประจุด้วยหลักการพีดีบีเปลี่ยเอ็ม

2.5) เครื่องควบคุมการอัดประจุตัวแสดงผล 7 ส่วน แสดงสถานะการทำงาน

2.6) ช่วงอุณหภูมิการทำงานกว้าง ระหว่าง -20 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส

2.7) แรงดันและกระแสเอาต์พุตของช่อง USB 5 โวลต์ 2 แอมป์

3) แบตเตอรี่

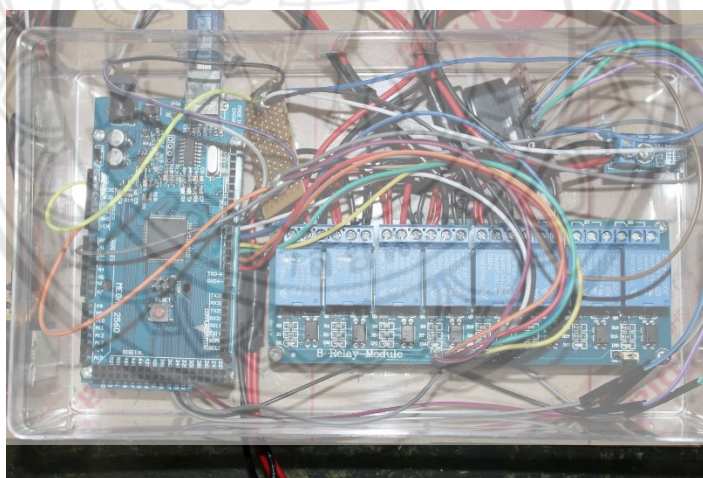
ในโครงการนี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมป์ชั่วโมงและขนาด 12 โวลต์ 2.5 แอมป์ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3.14 เพื่อเก็บประจุไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะนำแบตเตอรี่ทั้งสองลูกมาต่อขนานกันเพื่อให้ได้แรงดัน 12 โวลต์ กระแส 7.5 แอมป์ชั่วโมง เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ รีเลย์ มอเตอร์ส่วนการเคลื่อนที่ มอเตอร์ส่วนใบพัดตัดหญ้า บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยโครงการนี้ใช้แบตเตอรี่ที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ชั่วโมง หมายความว่าแบตเตอรี่สามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 0.375 แอมป์ได้นาน 20 ชั่วโมง แต่ถ้าโหลตที่ใช้งานถึงกระแสสูงมาก แบตเตอรี่ก็ไม่สามารถใช้งานได้ถึง 20 ชั่วโมงลดลงตามค่ากระแสที่ใช้งาน



รูปที่ 3.14 แบตเตอรี่แบบแห้ง ขนาด 12 V 5 AH/20 HR

4) กล่องควบคุมการทำงาน

กล่องควบคุมทำจากพลาสติกทรงแปดเหลี่ยมใช้สำหรับบรรจุวงจรควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งภายในกล่องประกอบด้วย แผงวงจรรีเลย์ ตัวรีเลย์ ตัวรับคลื่นวิทยุที่ต่อกับคอนเนคเตอร์ PS2 และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาตมิโน รุ่น AT Mega 2560 R3 หน้าที่สำคัญของกล่องคือ ป้องกันฝุ่นและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ภายในกล่อง ส่วนไม่ดูแลี่ยงกับสวิตช์ปิดเปิดการทำงานจะติดอยู่ข้างกล่องควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.15 กล่องควบคุมการทำงาน

5) ล้อขับเคลื่อน

ล้อขับเคลื่อนเป็นชิ้นส่วนที่รองรับน้ำหนักของรถตัดหญ้าทั้งหมด และเป็นส่วนที่ยึดติดอยู่กับข้อต่อมอเตอร์ขับเคลื่อน ทำการหมุนขับเคลื่อนเพื่อให้รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ได้ทั้งเดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และถอยหลัง โดยได้รับกำลังมาจากมอเตอร์ขับเคลื่อน แล้วนำมาขับเคลื่อน กลุ่มผู้ศึกษาเลือกใช้ล้อขับเคลื่อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ 65 มิลลิเมตร ขนาดความหนาของล้อ 28 มิลลิเมตร ที่สามารถต่อกับข้อต่อมอเตอร์ได้

6) มอเตอร์ขับเคลื่อน

มอเตอร์ขับเคลื่อนใช้ทั้งหมด 4 ตัว โดยเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีแรงบิดสูง ความเร็วรอบต่ำ เนื่องจากพื้นที่สนามหญ้าต้องใช้แรงบิดมากในการขับเคลื่อนล้อรถ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 100 รอบ/นาที (rpm) และระดับแรงดันที่ใช้ 12 โวลต์



รูปที่ 3.16 มอเตอร์ขับเคลื่อน

7) มอเตอร์ใบพัดตัดหญ้า

มอเตอร์ใบพัดตัดหญ้าใช้ทั้งหมด 2 ตัว โดยเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีแรงบิดต่ำ ความเร็วรอบสูง ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 5540 รอบ/นาที (rpm) และระดับแรงดันที่ใช้ 12 โวลต์



รูปที่ 3.17 มอเตอร์ใบพัดตัดหญ้า

8) ใบมีดตัดหญ้า

ใช้ใบมีดตัดหญ้าทั้งหมดสองอันทำมาจากใบมีดคัตเตอร์ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.25 เซนติเมตร ใบมีดตัดหญ้ายึดติดกับข้อต่อมอเตอร์ใบพัดตัดหญ้าด้วยน็อต

9) สวิตช์เปิด/ปิด

ทำหน้าที่เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าภายในระบบของรถตัดหญ้า

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากที่ได้ทำการกำหนดรูปแบบการทำงานและลงมือสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมด้วยรีโมทไร้สาย แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการนำไปใช้งานจริงของรถตัดหญ้า โดยมีการทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้ การทดสอบประสิทธิภาพของพลังงาน และการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.1 การทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้

ในการทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้ ทำได้โดยการทดสอบรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากระยะทางเริ่มต้น จนถึงระยะทางที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยจะทำการทดสอบ 9 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยดังนี้

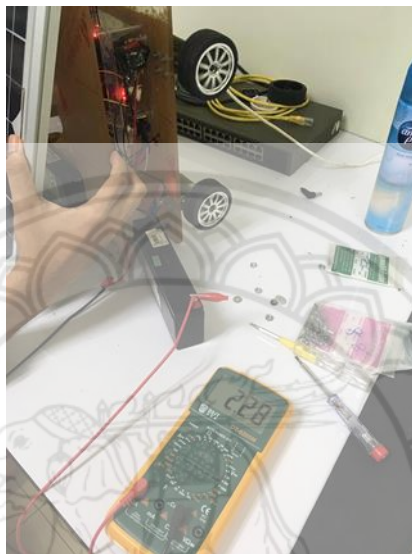
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระยะทางที่รีโมทสามารถควบคุมได้

ครั้งที่	ระยะทางที่สามารถควบคุมได้ (เมตร)
1	25.60
2	25.90
3	27.20
4	27.80
5	31.20
6	25.80
7	30.30
8	29.30
9	30
ค่าเฉลี่ย	28.12

จากผลการทดสอบตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าเฉลี่ยระยะทางที่รีโมทคอนโทรลแบบไร้สายสามารถควบคุมรถตัดหญ้าได้มีค่าเท่ากับ 28.12 เมตร โดยมีพื้นที่โล่งแจ้ง ไม่มีสัญญาณรบกวนหรือสิ่งกีดขวาง (ซึ่งอยู่ในที่ระยะสายตาสามารถมองเห็นรถตัดหญ้าได้) แต่คุณสมบัติของระยะทางที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายกับกล่องรับสัญญาณ ที่มีระยะการควบคุม 9 เมตร เป็นระยะที่มีสัญญาณรบกวนหรือสิ่งกีดขวางบังสัญญาณที่รีโมทคอนโทรลแบบไร้สายสามารถควบคุมรถได้

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของพลังงาน

การทดสอบประสิทธิภาพของพลังงานจะทำการทดสอบการตัดหญ้ากรณีไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และกรณีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก่อนการนำไปทดสอบประสิทธิภาพของพลังงานกลุ่มผู้ดำเนินโครงการทำการปรับใบพัดมอเตอร์ให้ต่ำกว่า 3 เซนติเมตรจากระดับพื้นจนถึงระดับใบมีดตัดหญ้าและวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะใช้งานโหลดทั้งหมดของรถตัดหญ้า พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 2.28 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่ากระแสไฟฟ้าขณะใช้งานโหลดทั้งหมดของรถตัดหญ้า

การทดสอบรถตัดหญ้ากรณีไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์และต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการทดสอบเพื่อเทียบประสิทธิภาพของการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยให้ทราบถึงระดับแรงดันหลังตัดหญ้า เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าที่มีความสูงเฉลี่ยต่างกัน โดยมีการกำหนดปัจจัยในการตัดหญ้า คือ ระดับแรงดันก่อนตัดหญ้าเท่ากันอยู่ที่ 12.6 โวลต์ รูปแบบการเคลื่อนที่รถตัดหญ้าเหมือนกัน พื้นที่การทดสอบกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตรเท่ากัน และหญ้าที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งเป็นหญ้าที่มีลักษณะใบเล็ก ใบไม่แข็งกระด้าง ลำต้นเล็ก

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกรณีไม่ได้ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ความสูงเฉลี่ยของหญ้า (เซนติเมตร)	ระดับแรงดัน แบตเตอรี่ (โวลต์)		เวลาทั้งหมดที่ใช้ใน การตัดหญ้า (นาท)	ประสิทธิภาพ (%)
	ก่อนตัด	หลังตัด		
5	12.6	12.2	04.40	96.83%
8	12.6	12.1	06.46	96.03%
12	12.6	11.9	08.07	94.44%

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพพลังงานของรถตัดหญ้ากรณีไม่ได้ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า ความสูงเฉลี่ยของหญ้าที่ต่างกัน 5, 8 และ 12 เซนติเมตรตามลำดับ ทำให้ได้ระดับแรงดันหลังการตัดหญ้าต่างกัน และเวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าต่างกันเช่นกัน เนื่องจากระดับแรงดันมีการลดลงตลอดเวลา ส่งผลให้ความเร็วมอเตอร์ลดลงตาม จึงทำให้ใช้เวลาในการตัดหญ้านาน จากในตารางการหาประสิทธิภาพ หาได้จากสูตร

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบกรณีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ความสูงเฉลี่ยของหญ้า (เซนติเมตร)	ระดับแรงดัน แบตเตอรี่ (โวลต์)		เวลาทั้งหมดที่ใช้ใน การตัดหญ้า (นาที)	ประสิทธิภาพ (%)
	ก่อนตัด	หลังตัด		
5	12.8	12.6	03.57	98.44%
8	12.8	12.5	05.10	97.66%
12	12.8	12.2	06.35	95.31%

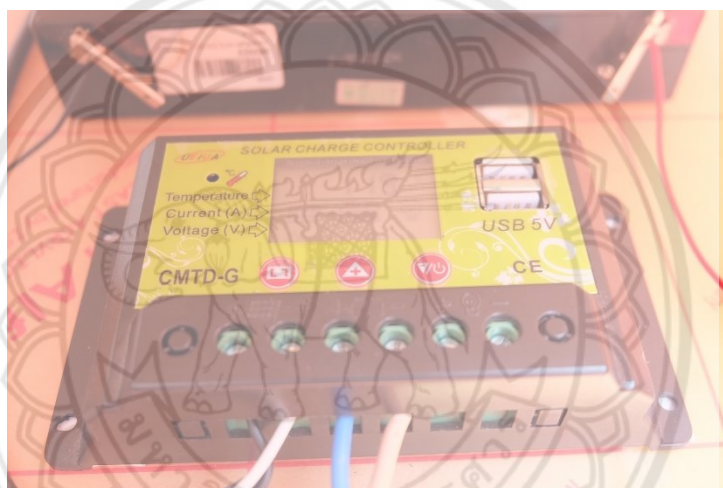
หมายเหตุ: ระดับแรงดันก่อนตัดหญ้าเท่ากับ 12.8 โวลต์ เนื่องจากทำการชาร์จประจุแรงดันจนเต็มเท่ากับ 12.6 โวลต์ และเมื่อนำไปต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้มีการชาร์จไฟเข้ามาจากแสงแดดจึงทำให้ระดับแรงดันก่อนตัดหญ้าเท่ากับ 12.8 โวลต์

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพพลังงานของรถตัดหญ้ากรณีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า ความสูงเฉลี่ยของหญ้าที่ต่างกัน 5, 8 และ 12 เซนติเมตรตามลำดับ ทำให้ได้ระดับแรงดันหลังตัดหญ้าต่างกัน และเวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าต่างกันเช่นกัน แต่ระดับแรงดันหลังตัดหญ้าไม่ลดลงมากเมื่อเทียบกับกรณีไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์และใช้เวลาในการตัดหญ้าเร็วกว่าเมื่อเทียบกับกรณีไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากมีอัตราประจุจากแสงอาทิตย์เข้าแบตเตอรี่ตลอดเวลา ส่งผลให้ความเร็วมอเตอร์ลดลงช้ากว่า และใช้เวลาในการตัดหญ้าเร็วกว่าแบบไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอุณหภูมิขณะนั้นอยู่ที่ 36 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 10:00 น. ถึง 12:00 น.

ผลการทดสอบทั้ง 2 กรณี ยังพบว่าความสูงหญ้าเฉลี่ยที่ต่างกันทำให้เกิดแรงต้านและแรงเสียดทาน ถ้าความสูงหญ้ามักทำให้รถตัดหญ้ามีความเร็วในการตัดหญ้าช้า ใช้เวลาในการตัดหญ้านานและถ้าความสูงหญ้าน้อยทำให้รถตัดหญ้ามีความเร็วในการตัดหญ้าเร็ว ใช้เวลาในการตัดหญ้าน้อย จาก การคำนวณประสิทธิภาพของทั้ง 2 กรณี พบว่า ประสิทธิภาพของกรณีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการทำงานดีกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า แบบกรณีไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.3 การทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงการนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ เพื่อเก็บประจุจนเต็มให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ชั่วโมง โดยการทดสอบนี้ใช้ค่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำสุดที่รถตัดหญ้าไม่สามารถทำงานได้อยู่ที่ 11.30 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่หน้าสัมผัสรีเลย์ส่วนการเคลื่อนที่กับใบพืดตัดหญ้าไม่สามารถต่อวงจรได้ การทดสอบนี้เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งการเก็บผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่จะเก็บผลโดยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วนำมาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ รวมทั้งวัดค่าแรงดันไฟฟ้าการอัดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งการเก็บผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ครั้งด้วยกัน โดยในแต่ละครั้งจะเก็บผลการทดสอบเป็นช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมงคือตั้งแต่เวลา 08:00 ถึง 17:00 น.ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่



รูปที่ 4.3 การวัดและบันทึกค่า การทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่

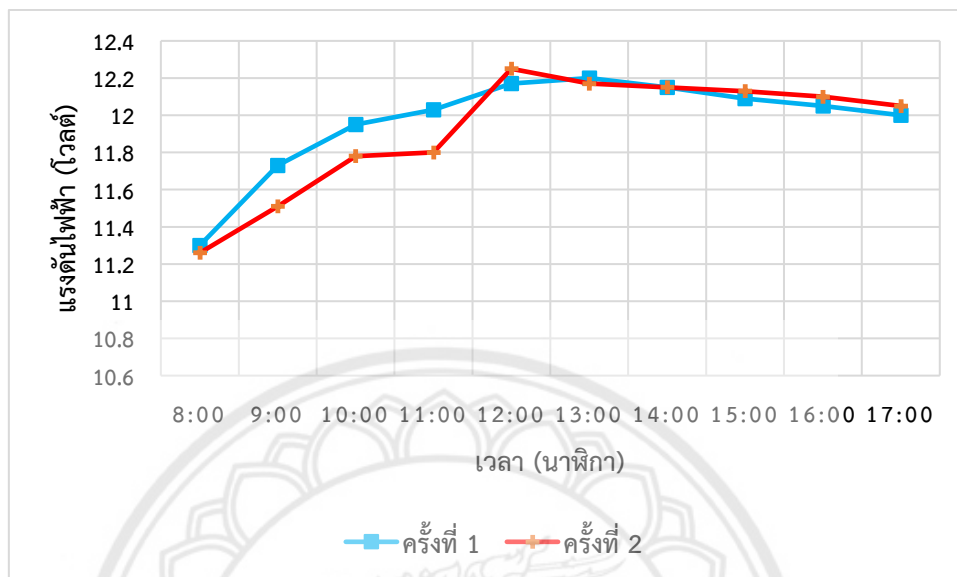
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ
ครั้งที่ 1 วันที่ 26 เมษายน 2561

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แรงดันแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (โวลต์)	กระแสแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้าแผง เซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)	แรงดัน แบตเตอรี่ (โวลต์)
8:00 AM	32	11.30	0.26	2.787	11.20
9:00 AM	35	11.73	0.39	4.575	11.30
10:00 AM	36	11.95	0.49	5.856	11.89
11:00 AM	37	12.03	0.53	6.376	12.02
12:00 PM	38	12.17	0.54	6.572	12.10
13:00 PM	38.5	12.20	0.53	6.466	12.18
14:00 PM	41	12.15	0.48	5.832	12.22
15:00 PM	40	12.09	0.37	4.473	12.10
16:00 PM	38.5	12.05	0.35	4.216	12.10
17:00 PM	38	12	0.23	2.76	11.98
ค่าเฉลี่ย	37.4	11.967	0.417	5	11.909

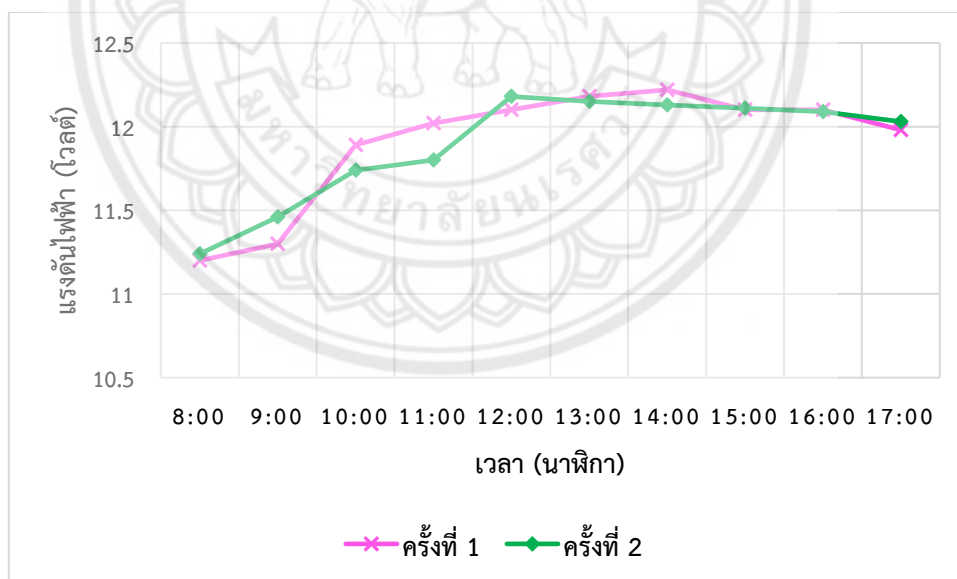
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ
ครั้งที่ 2 วันที่ 4 พฤษภาคม 2561

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แรงดันแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (โวลต์)	กระแสแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้าแผงเซลล์ แสงอาทิตย์(วัตต์)	แรงดัน แบตเตอรี่ (โวลต์)
8:00 AM	31	11.26	0.08	0.901	11.24
9:00 AM	33	11.51	0.27	3.108	11.46
10:00 AM	35	11.78	0.47	5.538	11.74
11:00 AM	37	11.80	0.56	6.726	11.80
12:00 PM	38	11.25	0.60	7.350	12.18
13:00 PM	38	12.17	0.58	7.059	12.15
14:00 PM	38	12.15	0.53	6.440	12.13
15:00 PM	39	12.13	0.48	5.822	12.11
16:00 PM	38.5	12.10	0.37	4.477	12.09
17:00 PM	38	12.05	0.25	3.013	12.03
ค่าเฉลี่ย	36.55	11.92	0.419	5.043	11.893

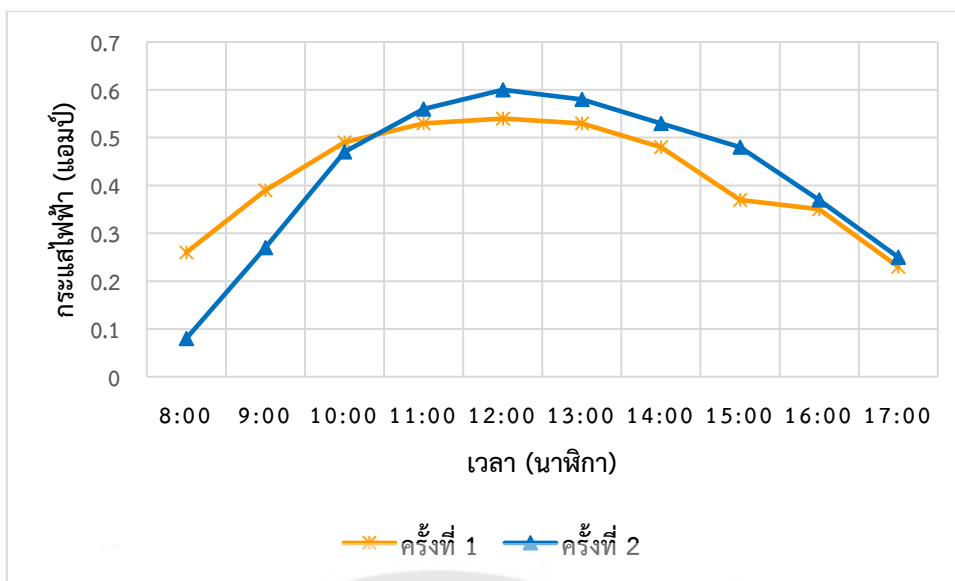
ผลการทดสอบจากตารางที่ 4.4 และ 4.5 เมื่อนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้าการอัดประจุแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับช่วงเวลาต่าง ๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.4 – 4.7



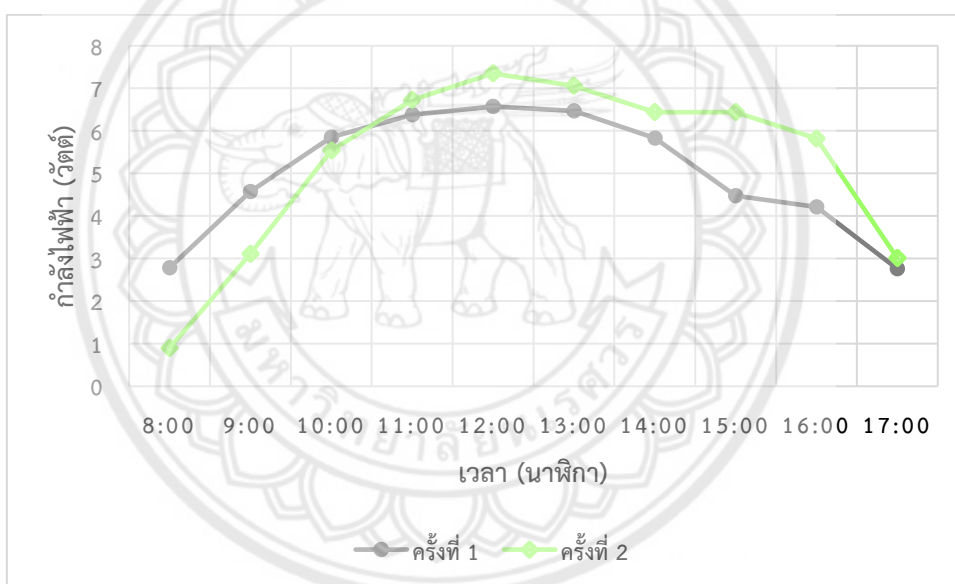
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (โวลต์)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงดันไฟฟ้าการอัดประจุแบตเตอรี่ (โวลต์)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (แอมป์)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (วัตต์)

จากข้อมูลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า การอัดประจุแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับช่วงเวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าการอัดประจุจนถึงระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่ 12 โวลต์ อยู่ในช่วงเวลา 10:00–14:00 น. ช่วงอุณหภูมิเท่ากับ 35-41 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ 6 ชั่วโมง และช่วงเวลา 10:00–14:00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่สูงสุดตลอดช่วงเวลาที่มิแสงจากดวงอาทิตย์

ผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากโซลาร์เซลล์ก็จะสูงขึ้น (ความเข้มแสงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนถึงเที่ยงและจะค่อยๆลดลงมา) ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก และกระแสไฟฟ้าจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผลการดำเนินโครงการ และชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

โครงการนี้ได้ออกแบบสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ออกแบบให้ตัวรถมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านบนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ทำมุม 15 องศากับแนวราบ ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรง 4 ตัว และส่วนใบพัดตัดหญ้าใช้มอเตอร์กระแสตรง 2 ตัว โดยมอเตอร์กระแสตรงถูกควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาคูอิโนและได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ชั่วโมง ตัวรถตัดหญ้าถูกออกแบบให้สามารถทำงานควบคุมด้วยมือที่ให้ผู้ควบคุมเครื่องผ่านรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายไปยังกล่องรับสัญญาณโดยใช้สัญญาณวิทยุเป็นสื่อกลาง และออกแบบให้การเริ่มและหยุดทำงานของรถตัดหญ้าขึ้นอยู่กับระดับแรงดันของแบตเตอรี่ โดยกำหนดให้รถตัดหญ้าทำงานไม่ได้ในช่วงที่แบตเตอรี่มีระดับแรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์ เพื่อรักษาอายุการใช้งานแบตเตอรี่ และที่ระดับแรงดันของแบตเตอรี่น้อยกว่า 10.6 โวลต์มีการแจ้งเตือนด้วยโมดูลเสียง แต่รถยังสามารถทำงานได้

จากผลการทดสอบรถตัดหญ้าพบว่าระยะทางเฉลี่ยที่รีโมทสามารถควบคุมรถตัดหญ้าอยู่ที่ 28.12 เมตร และในขณะที่รถตัดหญ้าเคลื่อนที่กับพื้นคอนกรีตมีความเร็ว 21 เมตรต่อวินาที โดยที่มีพื้นที่โล่งแจ้งไม่มีสัญญาณรบกวนหรือสิ่งกีดขวาง (ซึ่งอยู่ในที่ระยะสายตาสสามารถมองเห็นรถตัดหญ้าได้) แต่คุณสมบัติของระยะทางที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายกับกล่องรับสัญญาณ ที่มีระยะการควบคุม 9 เมตร เป็นระยะที่มีสัญญาณรบกวนหรือสิ่งกีดขวางบดบังสัญญาณที่รีโมทคอนโทรลแบบไร้สายสามารถควบคุมรถได้

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของพลังงานรถตัดหญ้า โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกไม่ได้ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และกรณีที่สองต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการกำหนดปัจจัยในการตัดหญ้าคือ ระดับแรงดันก่อนตัดหญ้ามีการอัดประจุจนเต็มเท่ากันอยู่ที่ 12.6 โวลต์ รูปแบบการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าเหมือนกัน พื้นที่การทดสอบกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตรเท่ากัน และหญ้าที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งเป็นหญ้าที่มีลักษณะใบเล็ก ใบไม่แข็งกระด้าง ลำต้นเล็ก แต่มีความสูงเฉลี่ยหญ้าต่างกันคือ 5, 8 และ 12 เซนติเมตรตามลำดับ พบว่าเมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการอัดประจุเข้าแบตเตอรี่ตลอดเวลา ส่งผลให้ความเร็วมอเตอร์ส่วนการเคลื่อนที่และมอเตอร์ส่วนใบพัดขณะทำการตัดหญ้ามีความเร็วคงที่ในระยะเวลานึง จึงใช้เวลาในการตัดหญ้าน้อยและยังส่งผลให้ระดับแรงดันหลังการตัดหญ้าไม่ลดลงมาก เมื่อเทียบกับกรณีไม่ได้ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าระดับแรงดันหลังการตัดหญ้า

ลดลงมาก และยังส่งผลให้มอเตอร์ส่วนการเคลื่อนที่และมอเตอร์ส่วนใบพัดขณะทำการตัดหญ้ามีความเร็วลดลงเร็วกว่า จึงใช้เวลาในการตัดหญ้านาน อีกทั้งยังพบว่าหญ้าที่มีความสูงเฉลี่ยไม่สูงมาก รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ได้เร็ว แต่ถ้ายหญ้ามีความสูงเฉลี่ยมาก รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ได้ช้า เนื่องจากหญ้าที่มีความสูงมากจะมีแรงเสียดทานมากทำให้รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ช้า แต่หญ้าที่มีความสูงน้อยจะมีแรงเสียดทานน้อยทำให้รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ได้เร็ว

ในส่วนผลการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ข้อมูลวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวันจากตารางที่ 4.5 พบว่าในช่วงเวลา 12:00 น. มีค่ากระแสไฟฟ้า 0.60 แอมแปร์ อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และกำลังไฟฟ้า 7.350 วัตต์ เทียบกับ ช่วงเวลา 15:00 น. มีค่ากระแสไฟฟ้า 0.48 แอมแปร์ อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส และกำลังไฟฟ้า 5.822 วัตต์ มีค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าต่างกัน กล่าวคือช่วงเช้าถึงเที่ยงจะมีค่าความเข้มแสงที่ดี และค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่ออุณหภูมิของเนื้อสารเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นตาม จะทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ซึ่งการทดสอบการอัดประจุลงแบตเตอรี่จะใช้เวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ 6 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามผลของการอัดประจุยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพของภูมิอากาศว่าในแต่ละวันมีเมฆมากน้อยเพียงใด ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทิศทางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุมกับดวงอาทิตย์

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) จากการออกแบบรถตัดหญ้าแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย พบว่า ล้อรถมีขนาดเล็กและต้องรองรับน้ำหนักที่มากจนเกินไป เมื่อนำไปเคลื่อนที่บนสนามหญ้าในบริเวณที่มีหญ้าหนาแน่นมากๆ จะทำให้การเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าในช่วงของการเลี้ยวรถเกิดอาการล้อฝืด ส่งผลให้มอเตอร์ไม่หมุน รีเลย์ทำงานผิดพลาด ซึ่งแนวทางในการแก้ไข คือ ออกแบบล้อรถตัดหญ้าให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม เพื่อสามารถรองรับน้ำหนักของรถได้ และเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับขนาดของล้อรถที่ออกแบบไว้ หรืออาจจะปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ล้อรถให้เหมาะสมกับสนามหญ้า

2) ในระหว่างทำการทดสอบการอัดประจุแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และการทดสอบการใช้งานรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในบางช่วงเวลามีสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีเมฆมาบดบังแสงอาทิตย์ จึงทำให้ได้ค่าปริมาณไฟฟ้าต่ำกว่าที่ควรจะได้

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

1) ควรออกแบบโครงสร้างรถเป็นแบบโครงเหล็ก การเคลื่อนที่แบบล้อตะขาบ ก็คือล้อตะขาบสามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่ต่างระดับได้ดี และใช้เฟืองโซ่ทดรอบขับเคลื่อนล้อตะขาบ

2) ควรมีการเพิ่มการใช้งานที่สะดวกมากขึ้น จากระบบการขับเคลื่อนด้วยรีโมทควบคุมเป็นระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยอ้างอิงจากรูปพื้นที่จากดาวเทียม

3) ควรมีการเพิ่มรูปแบบกล่องเก็บหญ้า เพื่อไม่ให้เกิดความสกปรกกับพื้นที่ สะดวกสบายต่อการทำความสะอาด

4) ควรมีการเพิ่มกล้องติดตามตัวรถตัดหญ้า ทำให้สามารถมองภาพที่ได้จากกล้องและควบคุมรถตัดหญ้าได้ แม้เราจะไม่ได้อยู่ใกล้กับรถตัดหญ้าก็ตาม



เอกสารอ้างอิง

- ThaiEasyElec. **Arduino คืออะไร**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2560,
จาก <https://www.thaieasyelec.com>.
- Wikiwand. **มอเตอร์**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2560, จาก <http://www.wikiwand.com>.
- ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2560,
จาก <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm>.
- ลีโอนิกส์. **แบตเตอรี่**. สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2560,
จาก <http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway14.php>.
- บ้านอิเล็กทรอนิกส์. **อุปกรณ์ ตอน รีเลย์**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2560,
จาก http://www.semishop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=28.
- ลีโอนิกส์. **ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2560,
จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์**.
สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2560,
จาก <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์**.
สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2560, จาก
http://www.cssckmutt.in.th/cssc/cssc_training/doc/Designer_CH1toCH5.pdf.
- iEnergyGuru. **หลักการออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์**. สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2560,
จาก <https://ienergyguru.com/2016/06/ติดตั้งโซลาร์เซลล์>.
- Solar Gen. **คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์**. สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2560,
จาก <http://www.solargen.co.th/th/blog/1004/blog-1004>.
- ลีโอนิกส์. **เครื่องควบคุมการประจุ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2560,
จาก <http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway13.php>.
- inex. **คู่มือการใช้งาน Wireless Joystick kit**. สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2560,
จาก <https://inex.co.th/shop/wireless-joystick-kit.html>

โมดูล วัดแรงดันไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2560,

จาก <http://www.myarduino.net/product/57/voltage-sensor-module-for-arduino>.

โมดูลเสียง. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2560,

จาก <https://www.ioxhop.com/product/229/passive-buzzer-module>.





ภาคผนวก ก

รหัสต้นฉบับของโปรแกรมรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์

```
#include <PS2X_lib.h>
//กำหนดขาตัวรับสัญญาณ PS2
#define PS2_DAT 31
#define PS2_CMD 33
#define PS2_CLK 35
#define PS2_ATT 37
//กำหนดขาตัวส่งเสียง
#define buzzer 8
//กำหนดขามอเตอร์เคลื่อนที่
#define BLACK_R 7
#define GO_R 6
#define BLACK_L 5
#define GO_L 4
//กำหนดขามอเตอร์ใบมีดตัดหญ้า
#define Moter_2 3
#define Moter_1 2
//กำหนดการเก็บค่าเพื่อวัดแรงดัน
int val1;
float val2;
PS2X ps2x;
void setup()
{
  delay(1000);
  Serial.begin(57600);
  Serial.println("Connecting");
  while (true)
  {
    int error = ps2x.config_gamepad(PS2_CLK, PS2_CMD, PS2_ATT, PS2_DAT, false, false);
    if (error == 0)
    {
      Serial.println("OK");
      delay(1000);
      break;
    }
  }
}
```

```

}
}
// กำหนดขาที่ควบคุมมอเตอร์ ให้เป็นขา เออาท์พุท
pinMode(GO_R, OUTPUT);
pinMode(BLACK_R, OUTPUT);
pinMode(GO_L, OUTPUT);
pinMode(BLACK_L, OUTPUT);
pinMode(Moter_1 , OUTPUT);
pinMode(Moter_2, OUTPUT);
pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

void loop()
{
ps2x.read_gamepad(false, false);
float temp;
val1=analogRead(A0);
temp=val1/4.092;
val1=(int)temp;//
val2=((val1%1000)/10.0);
Serial.println(val2);
//คำสั่งหลัก
if(val2>=10.6)
{
digitalWrite(buzzer, HIGH);
if (ps2x.Button(PSB_CIRCLE))
coast(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_UP))
forward(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_DOWN))
backward(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_LEFT))
turnLeft(1);
}
}

```

```
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_RIGHT))
turnRight(1);
else if (ps2x.Button(PSB_SQUARE))
cut(1);
else if (ps2x.Button(PSB_CROSS))
stopcut(1);
delay(50);
}
if(val2<10.6)
{
digitalWrite(buzzer, LOW);
if (ps2x.Button(PSB_CIRCLE))
coast(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_UP))
forward(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_DOWN))
backward(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_LEFT))
turnLeft(1);
else if (ps2x.Button(PSB_PAD_RIGHT))
turnRight(1);
else if (ps2x.Button(PSB_SQUARE))
cut(1);
else if (ps2x.Button(PSB_CROSS))
stopcut(1);
delay(50);
}
if(val2<=10.0)
{
digitalWrite(buzzer, HIGH);
coast(1);
stopcut(1);
}
```

```
}  
//ส่วนคำสั่งควบคุมมอเตอร์  
void forward(int time)  
{  
  Serial.println("Forward");  
  digitalWrite(GO_R, HIGH);  
  digitalWrite(BLACK_R, LOW);  
  digitalWrite(GO_L, HIGH);  
  digitalWrite(BLACK_L, LOW);  
  digitalWrite(buzzer, HIGH);  
  delay(time);  
  
}  
  
void backward(int time)  
{  
  Serial.println("Backward");  
  digitalWrite(GO_R, LOW);  
  digitalWrite(BLACK_R, HIGH);  
  digitalWrite(GO_L, LOW);  
  digitalWrite(BLACK_L, HIGH);  
  delay(time);  
}  
  
void turnLeft(int time)  
{  
  Serial.println("TurnLeft");  
  digitalWrite(GO_R, LOW);  
  digitalWrite(BLACK_R, HIGH);  
  digitalWrite(GO_L, HIGH);  
  digitalWrite(BLACK_L, LOW);  
  delay(time);  
}
```

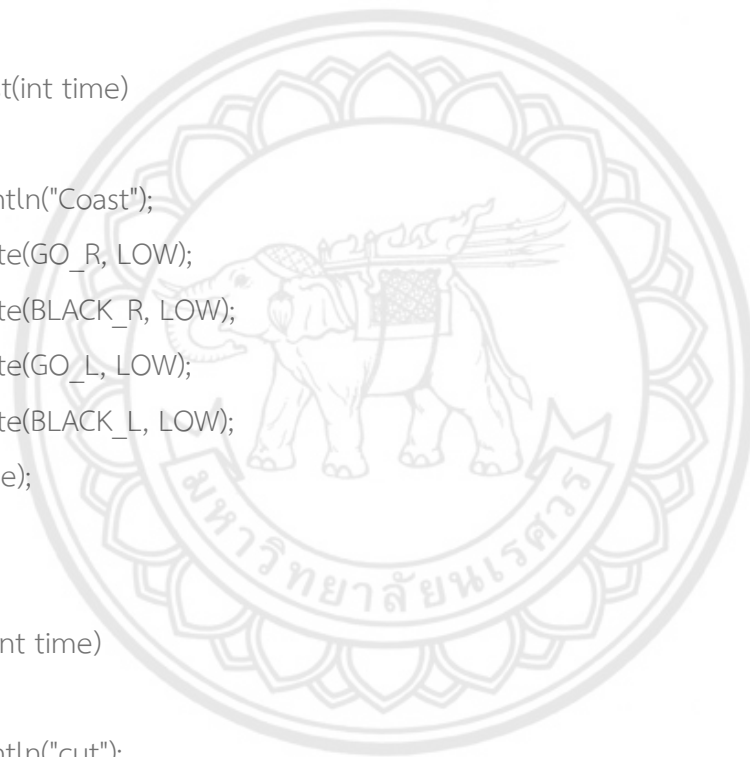



```
void turnRight(int time)
{
  Serial.println("TurnRight");
  digitalWrite(GO_R, HIGH);
  digitalWrite(BLACK_R, LOW);
  digitalWrite(GO_L, LOW);
  digitalWrite(BLACK_L, HIGH);
  delay(time);
}
```

```
void coast(int time)
{
  Serial.println("Coast");
  digitalWrite(GO_R, LOW);
  digitalWrite(BLACK_R, LOW);
  digitalWrite(GO_L, LOW);
  digitalWrite(BLACK_L, LOW);
  delay(time);
}
```

```
void cut(int time)
{
  Serial.println("cut");
  digitalWrite(Moter_1, HIGH);
  digitalWrite(Moter_2, LOW);
  delay(time);
}
```

```
void stopcut(int time)
{
  Serial.println("stopcut");
  digitalWrite(Moter_1, LOW);
}
```



```
digitalWrite(Moter_2, LOW);  
delay(time);  
}
```



ภาคผนวก ข
รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิโน รุ่น AT mega 2560 R3



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.
- I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C 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 it is 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 than 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.

ภาคผนวก ค
รายละเอียดข้อมูลรีเลย์



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.)

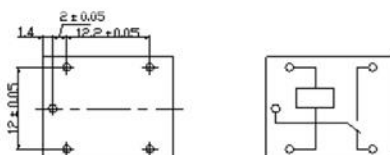
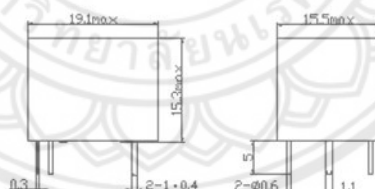
3. ORDERING INFORMATION

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
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B 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) $\pm 10\%$	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				
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			

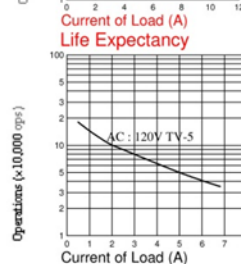
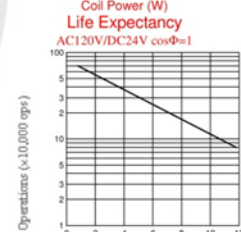
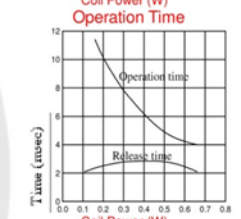
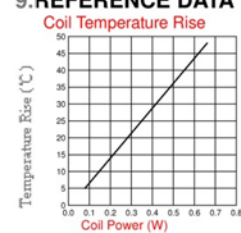
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD
		FORM C
		FORM A
Contact Capacity		7A 28VDC
Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		10A 125VAC
		10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC
		5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W
Contact Material		AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

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

9. REFERENCE DATA





Buzzer

pro-SIGNAL



Features

- Black in colour
- With internal drive circuit
- Sealed structure
- Wave solderable and washable
- Housing material: Noryl

RoHS
Compliant

Applications

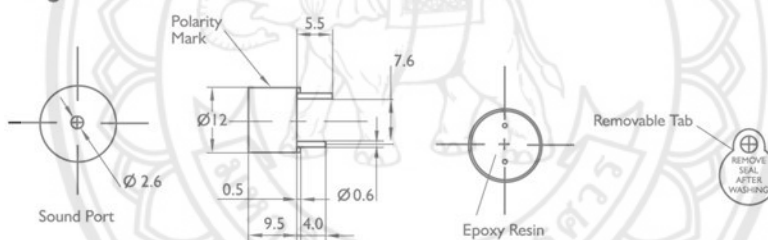
- Computer and peripherals
- Communications equipment
- Portable equipment
- Automobile electronics
- POS system
- Electronic cash register

Specifications:

Rated Voltage	: 6V DC
Operating Voltage	: 4 to 8V DC
Rated Current*	: ≤30mA
Sound Output at 10cm*	: ≥85dB
Resonant Frequency	: 2300 ±300Hz
Tone	: Continuous
Operating Temperature	: -25°C to +80°C
Storage Temperature	: -30°C to +85°C
Weight	: 2g

*Value applying at rated voltage (DC)

Diagram



Dimensions : Millimetres
Tolerance : ±0.5mm

Part Number Table

Description	Part Number
Buzzer, Electromech, 6V DC	ABI-009-RC

Important Notice : This data sheet and its contents (the "Information") belong to the members of the Premier Farnell group of companies (the "Group") or are licensed to it. No licence is granted for the use of it other than for information purposes in connection with the products to which it relates. No licence of any intellectual property rights is granted. The Information is subject to change without notice and replaces all data sheets previously supplied. The Information supplied is believed to be accurate but the Group assumes no responsibility for its accuracy or completeness, any error in or omission from it or for any use made of it. Users of this data sheet should check for themselves the Information and the suitability of the products for their purpose and not make any assumptions based on information included or omitted. Liability for loss or damage resulting from any reliance on the Information or use of it (including liability resulting from negligence or where the Group was aware of the possibility of such loss or damage arising) is excluded. This will not operate to limit or restrict the Group's liability for death or personal injury resulting from its negligence. pro-SIGNAL is the registered trademark of the Group. © Premier Farnell plc 2012.

www.element14.com
www.farnell.com
www.newark.com
www.cpc.co.uk

pro-SIGNAL