



รถตัดหญ้าบังคับวิทยุ
RADIO CONTROLLED LAWN MOWER

ฉันทรรัฐ กาญจนวิวิญ
Chantarat Kanjanawiw
ณัฐดนัย ดวงแก้ว
Natdanai Daungkeaw
ภาคภูมิ ชมภูษ
Pakpoom Chompoonut

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง รถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

RADIO CONTROLLED LAWN MOWER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวฉันทรัฐ กาญจนวิวิญ รหัสนักศึกษา 63201272
2. นายณัฐดนัย ดวงแก้ว รหัสนักศึกษา 63201276
3. นายภาคภูมิ ชมภูนุช รหัสนักศึกษา 63201281



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาบัตร	รศ.ดัดหญ้าบังคัพวิทยุ	
นักศึกษา	นางสาวฉันทรัฐ กาจจนวิวิญ	รหัสนักศึกษา 63201272
	นายณัฐดนัย ดวงแก้ว	รหัสนักศึกษา 63201276
	นายภาคภูมิ ชมภูษ	รหัสนักศึกษา 63201281
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ	
ปีการศึกษา	2565	

บทคัดย่อ

ปริญญาบัตรฉบับนี้นำเสนอการออกแบบรถตัดหญ้าบังคัพวิทยุ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรในการกำจัดวัชพืชในสวน รถตัดหญ้าที่ออกแบบใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 13 แรงม้า สำหรับขับใบตัด ระบบขับเคลื่อนใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 4 ตัว ขนาด 250 วัตต์ ขับล้อ 6 ล้อ ใช้บอร์ด BTS7960 ขับมอเตอร์ ควบคุมทิศทางรถขับเคลื่อนด้วยรีโมท flysky fs-i6x ระยะเวลาในการตัดหญ้าไม่เกิน 60 นาทีต่อ 1600 ตารางเมตร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ เมกา 2560 ควบคุมลิเนียร์มอเตอร์เพื่อปรับระดับการตัดหญ้า แสดงผลพื้นที่ตัดหญ้าบนจอขนาด 5 นิ้ว ด้วยผ่านกล้องระยะไกล

ผลการทดลองของรถตัดหญ้าบังคัพวิทยุพบว่า การควบคุมรถบังคัพวิทยุผ่านรีโมทไร้สายได้ในระยะทาง 0-150 เมตรเช่นเดียวกับการแสดงผ่านกล้องระยะไกล สามารถตัดหญ้า 1600 ตารางเมตรภายในระยะเวลาเฉลี่ย 33.34 นาทีหากหญ้ามีความสูง 1 เมตรจะใช้เวลาในการตัดเฉลี่ย 10 นาทีต่อ 240 ตารางเมตรและสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงโดยแบตเตอรี่ยังคงเหลือค่าเฉลี่ยประมาณ 12.4 โวลต์ รถตัดหญ้าบังคัพวิทยุสามารถขับเคลื่อนสูง 15 องศาและปรับระดับใบตัดได้ 3-10 เซนติเมตร

คำสำคัญ: รถตัดหญ้าบังคัพวิทยุ, กล้อง, เครื่องยนต์เบนซิน, มอเตอร์, รีโมท, การควบคุมแบบไร้สาย, แบตเตอรี่

Project Title	Radio Controlled Lawn Mower	
Student	Ms. Chantarat Kanjanawiwin	Student ID 63201272
	Mr. Natdanai Daungkeaw	Student ID 63201276
	Mr. Pakpoom Chompoonut	Student ID 63201281
Advisor	Asst.Prof.Dr.Montree Chaichanyut	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Robotics and intelligent Electronics Engineering	
Academic Year	2023	

ABSTRACT

This project presents a radio-controlled lawn mower (RC lawn mower). In order to facilitate the farmers to eliminate weeds in the garden. Lawn mowers designed to use a 13-HP gasoline engine to drive the cutting blades. The drive system of radio-controlled lawn mower uses 4 motors, 250 watts, 6-wheel drive, and uses the BTS7960 board to drive the motor. For controls the direction of a radio-controlled lawn mower uses the Flysky fs-i6x wireless remote. The mowing time 60 minutes per 1600 square meters. Displays the mowing area on the 5-inch screen via a remote camera. Arduino Mega 2560 microcontroller used to control the linear motor to adjust the mowing level and all control systems.

From our experimental results: it found that, we can control the direction of the radio-controlled lawn mower and remote camera show of 0-150 meters. Mowing area 1600 square meters of grass, it can be mowed in an average of 33.34 minutes. If the grass height about 1 meter, it takes an average of 10 minutes per 240 square meters, used for 4 hours with the battery still remaining at an average of 12.4 volts. The radio-controlled mower can drive up to a 15-degree slope and adjust the cutting blade 3-10 centimeters were workly.

Keywords: Radio-controlled mower, Camera, Gasoline engine, Motor, Remote control, Wireless control, Battery.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงการจัดรูปแบบเล่มโครงการ ตลอดจนการติดตามเกี่ยวกับโครงการตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการทำโครงการชิ้นนี้ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมา และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆ จนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ฉันทรัฐ กายจนวิวิญ
ฉันทนัย ดวงแก้ว
ภาคภูมิ ชมภูษ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 บอร์ดประมวลผลดุยโนเมกา 2560 (Arduino Mega 2560).....	7
2.1.1 องค์ประกอบของบอร์ดประมวลผลอาดุยโน เมกา.....	9
2.1.2 หน่วยความจำ.....	9
2.1.3 พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต.....	9
2.1.4 ฟังก์ชันอื่น ๆ.....	9
2.2 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960.....	10
2.3 วงจรลดแรงดันไฟ.....	10
2.4 รีเลย์โมดูล (Relay Module).....	11
2.5 ภาษาซี.....	12
2.5.1 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี.....	13
2.6 ไตชาร์จ.....	13
2.6.1 หลักการไฟฟ้าของระบบไฟชาร์จ.....	14
2.6.2 การเลือกไดร์ชาร์จ.....	17
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.7.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า.....	17
2.8 ลิเนียร์มอเตอร์.....	18
2.9 แบทเตอรี่.....	18
2.9.1 ส่วนประกอบของแบทเตอรี่.....	19
2.9.2 ชนิดของแบทเตอรี่.....	19
2.9.3 การทำงานแบทเตอรี่.....	19
2.10 เหล็กแป็บกัลป์วาไนซ์.....	20
2.10.1 ข้อดีของเหล็กกัลป์วาไนซ์.....	21
2.10.2 ข้อจำกัดของเหล็กกัลป์วาไนซ์.....	21
2.11 เหล็กแผ่นดำ.....	21
2.11.1 การใช้งานเหล็กแผ่น.....	22
2.12.2 การนำไปใช้งาน.....	22
2.12 เหล็กแผ่นชุบซิงค์.....	22
2.13 ล้อยางตัน.....	23
2.14 เครื่องยนต์.....	23
2.14.1 จุดเด่นของเครื่องยนต์เบนซิน.....	24
2.14.2 ข้อด้อยของเครื่องยนต์เบนซิน.....	24
2.15 เกียร์เปลี่ยนทิศทาง.....	25
2.15.1 ลักษณะการใช้งาน.....	25
2.15.2 ข้อแนะนำในการใช้งาน.....	25
2.16 ใบตัดหญ้าแบบแหวน.....	25
2.16.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ.....	26
2.16.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง.....	26
2.16.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง.....	26
2.17 พัดลมระบายความร้อน.....	26
2.18 รีโมท.....	27
2.19 มอนิเตอร์.....	28
2.20 ภาควงส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย.....	29
2.21 กล้องถ่ายภาพ.....	30

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.22 ชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด.....	31
2.23 สัญญาณพัลส์.....	32
บทที่ 3 การออกแบบ.....	34
3.1 บทนำการออกแบบ.....	34
3.2 การออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์.....	34
3.2.1 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	34
3.2.2 วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	35
3.2.3 วงจรขับมอเตอร์.....	36
3.2.4 วงจรส่งสัญญาณ.....	37
3.2.5 วงจรแสดงภาพผ่านจอมอนิเตอร์.....	37
3.3 การออกแบบโปรแกรม.....	38
3.3.1 แผนผังการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	38
3.4 การออกแบบโครงสร้าง.....	39
3.4.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	39
3.4.2 ภาพรถตัดหญ้าบังคับวิทยุแบบ 3D และ เครื่องจริง.....	43
3.4.3 การออกแบบชุดควบคุมระบบรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	44
3.4.4 ระบบมอเตอร์.....	46
3.5 บล็อกไดอะแกรมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	49
4.1 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่.....	49
4.1.1 วัตถุประสงค์.....	49
4.1.2 วิธีการทดลอง.....	49
4.1.3 บันทึกผลการทดลอง.....	49
4.1.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	49
4.2 การทดลองปรับระดับใบตัด.....	50
4.2.1 วัตถุประสงค์.....	50
4.2.2 วิธีการทดลอง.....	54
4.2.3 บันทึกผลการทดลอง.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	52
4.3 การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย.....	52
4.3.1 วัตถุประสงค์.....	52
4.3.2 วิธีการทดลอง.....	52
4.3.3 บันทึกผลการทดลอง.....	52
4.3.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	54
4.4 การทดลองปรับความเร็วของตัวรถ.....	54
4.4.1 วัตถุประสงค์.....	54
4.4.2 วิธีการทดลอง.....	54
4.4.3 บันทึกผลการทดลอง.....	55
4.4.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	55
4.5 ทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา.....	56
4.5.1 วัตถุประสงค์.....	56
4.5.2 วิธีการทดลอง.....	56
4.5.3 บันทึกผลการทดลอง.....	56
4.5.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	57
4.6 การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร.....	57
4.6.1 วัตถุประสงค์.....	57
4.6.2 วิธีการทดลอง.....	57
4.6.3 บันทึกผลการทดลอง.....	58
4.6.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	58
4.7 การทดลองการแสดงผลของกล้องในระยะ 300 เมตร.....	59
4.7.1 วัตถุประสงค์.....	59
4.7.2 วิธีการทดลอง.....	60
4.7.3 บันทึกผลการทดลอง.....	60
4.7.4 สรุปผลย่อยการทดลอง.....	60
4.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง.....	60
4.8.1 วัตถุประสงค์.....	60
4.8.2 วิธีการทดลอง.....	61

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.8.3 บันทึกผลการทดลอง.....	61
4.8.4 สรุปผลย่อผลการทดลอง.....	63
4.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง.....	64
4.9.1 วัตถุประสงค์.....	64
4.9.2 วิธีการทดลอง.....	64
4.9.3 บันทึกผลการทดลอง.....	65
4.9.4 สรุปผลย่อผลการทดลอง.....	65
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	66
5.1.1 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่.....	64
5.1.2 การทดสอบปรับระดับใบตัด.....	64
5.1.3 การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย.....	64
5.1.4 การทดลองปรับความเร็วของตัวรถ.....	64
5.1.5 ทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา.....	64
5.1.6 การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร.....	67
5.1.7 การทดลองการแสดงผลของกล้องในระยะ 300 เมตร.....	67
5.1.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง.....	66
5.1.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง.....	66
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	66
5.3 วิธีการแก้ปัญหา.....	67
เอกสารอ้างอิงของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	68
ภาคผนวกภาค ก.....	69
ภาคผนวกภาค ข.....	79
ภาคผนวกภาค ค.....	83
ภาคผนวกภาค ง.....	127
ประวัติผู้เขียน.....	129

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	3
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	4
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 (ต่อ).....	5
4.1 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่.....	49
4.2 การทดลองปรับระดับใบตัด.....	51
4.3 การทดลองขับเคลื่อนด้วยระบบไร้สาย.....	53
4.3 การทดลองขับเคลื่อนด้วยระบบไร้สาย (ต่อ).....	54
4.4 การทดลองปรับความเร็วของตัวรถ.....	55
4.5 ทดลองขับเคลื่อน 15 องศา.....	57
4.6 การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร.....	58
4.7 การทดลองการแสดงผลของกล้องในระยะ 300 เมตร.....	60
4.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง.....	61
4.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง.....	64
4.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง (ต่อ).....	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 บอร์ดประมวลผลอาดุยโนเมกา 2560 (Arduino Mega 2560).....	7
2.2 องค์ประกอบของบอร์ดประมวลผลอาดุยโนเมกา 2560.....	8
2.3 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960.....	10
2.4 วงจรลดแรงดันไฟ (Step-Down Borad).....	11
2.5 สัญลักษณ์ภายในวงจรไฟฟ้ารีเลย์.....	12
2.6 สภาวะปกติและสภาวะจ่ายกระแส.....	12
2.7 ไดชาร์จ (Alternator).....	13
2.8 ชิ้นส่วนประกอบของอัลเทอร์เนเตอร์หลักการเกิดไฟฟ้า.....	14
2.9 เปรียบเทียบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ.....	15
2.10 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า.....	15
2.11 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่ขดลวดโรเตอร์หมุนครบ 1 รอบเกิดกระแสไฟฟ้าเคลื่อนบวก และเคลื่อนลบ.....	16
2.12 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor).....	17
2.13 ลิเนียร์มอเตอร์.....	18
2.14 แบตเตอรี่ 12 โวลต์.....	19
2.15 เหล็กแป๊บกัลป์วาไนซ์.....	20
2.16 เหล็กแผ่นหรือเหล็กแผ่นดำ หรือที่เรียกว่า Steel Plate.....	21
2.17 เหล็กแผ่นชุบซิงค์.....	22
2.18 ล้อยางตัน.....	23
2.19 เครื่องยนต์เบนซิน POWER MAGNUM 13.0HP.....	24
2.20 เกียร์เปลี่ยนทิศทาง.....	25
2.21 ไบมีดคลุมดิน.....	26
2.22 พัดลมระบายความร้อน.....	27
2.23 โครงสร้างภายในของพัดลมระบายอากาศ.....	27
2.24 รีโมท.....	28
2.25 จอมอนิเตอร์.....	29
2.26 ภาคส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย.....	30
2.27 กล้องถ่ายภาพ.....	31
2.28 ชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด.....	32

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 สัญญาณ Pulse Width Modulation.....	33
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน.....	32
3.2 โพล์ชาร์ตการทำงานรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	33
3.3 วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	34
3.4 วงจรชาร์จแบตเตอรี่.....	35
3.5 วงจรภาคแสดงผลภาพ.....	35
3.6 เหล็กแป็บกัลป์วาไนซ์.....	36
3.7 เหล็กแผ่นดำ (Steel Plate).....	36
3.8 เหล็กแผ่นชุบซิงค์.....	37
3.9 ล้อยางตัน.....	37
3.10 การออกแบบโครงสร้างโดยรวม.....	38
3.11 การออกแบบโครงสร้าง.....	39
3.12 การออกแบบฐานของตัวเครื่อง.....	39
3.13 การต่อลิเนียร์มอเตอร์.....	40
3.14 ภายนอกของกล่องควบคุมระบบรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	40
3.15 ภายในของกล่องควบคุมระบบรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ.....	41
4.1 ภาพแสดงค่าแรงดันก่อนชาร์จ.....	44
4.2 ภาพการควบคุมด้วยระบบไร้สาย 300 เมตร.....	46
4.3 ภาพการปรับความเร็วของตัวรถ.....	47
4.4 ภาพการขับรถขึ้นเนิน 15 องศา.....	48
4.5 ภาพความสูงของหญ้าที่จะตัด.....	50
4.6 ภาพก่อนและหลังตัดหญ้า.....	50

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนละวิธีการดำเนินงาน และโครงสร้างปริญญาโท

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันคนหันมาใส่ใจเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมและนิยมนำหญ้ามาปลูกตามสถานที่ อาคาร บ้านเรือนต่างๆ หรือนำมาปลูกในสนามกีฬา เช่น สนามเด็กเล่น สนามฟุตบอล ที่มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและทางด้านสิ่งอำนวยความสะดวกได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับมนุษย์ โดยเฉพาะเครื่องตัดหญ้าที่มีการผลิตออกมาใช้กันอย่างแพร่หลายมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมต่อการใช้งาน การใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดิมๆ ที่มีขายกันอยู่ตามท้องตลาด คนที่ใช้เครื่องต้องใช้วิธีการเช่นหรือวิธีการสพายเครื่องตัดหญ้าท่ามกลางแสงแดดที่ร้อนขึ้นทุกวัน อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อสุขภาพอีกด้วย ผู้จัดทำจึงเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้จัดทำรถตัดหญ้าบังคับวิทยุขึ้นเพื่อเป็นการลดการออกแรง ความเมื่อยล้าจากการเดินตามและการอยู่กลางแจ้งเป็นเวลานานๆ ดังนั้นการทำรถตัดหญ้าบังคับวิทยุครั้งนี้เป็นการเอาวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ มาร่วมกับเครื่องตัดหญ้าเพื่อเป็นการควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยรับส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุ มีระบบไคร์ชาร์จในตัว ระบบปรับระดับการตัดและมีกล้องบันทึกภาพเพื่อแสดงผลส่งกิดขวางที่หน้ารถ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุได้ในระดับหนึ่ง

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาหลักการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ
- 2) เพื่อลดภาระในการทำงานของเกษตรกร
- 3) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับชนิดของใบตัดหญ้า
- 4) เพื่อออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถบังคับผ่านรีโมทได้ เมื่อรถวิ่งผ่านหญ้าจะทำการตัดหญ้าและรถสามารถปรับระดับการตัดหญ้าได้ อีกทั้งยังมีกล้องแสดงภาพอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) เครื่องสามารถควบคุมระบบการสตาร์ทไฟตัดหญ้าผ่านการควบคุมด้วยรีโมทได้
- 2) เครื่องสามารถบังคับไร้สายได้ 300 เมตร
- 3) เครื่องสามารถเคลื่อนที่ผ่านเนินสูงได้ 15 องศา
- 4) เครื่องสามารถปรับระดับการตัดได้ 3-10 เซนติเมตร
- 5) เครื่องสามารถตัดหญ้าที่มีความสูง 1 เมตรได้
- 6) เครื่องสามารถตัดหญ้าได้ 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง
- 7) เครื่องสามารถแสดงผลผ่านกล้องระยะไกลได้ 300 เมตร
- 8) เครื่องสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมง/การชาร์จ 1 ครั้ง
- 9) เครื่องใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ 4 ชั่วโมง
- 10) เครื่องสามารถปรับความเร็วของใบตัดและของตัวรถได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ลดการเกิดอันตรายขณะตัดหญ้า
- 2) ช่วยลดต้นทุนในการจ้างแรงงาน
- 3) ประหยัดเวลาในการทำงานเพราะสะดวกและรวดเร็ว
- 4) ได้รับความรู้เกี่ยวกับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน คือแผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 และ 2 มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1.1 ตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 (กันยายน-ธันวาคม 2565)															
	กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. คิดหัวข้อโครงงาน นำเสนออาจารย์ที่ ปรึกษา	←	→														
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ โครงงาน			←	→												
3. ศึกษาโครงสร้างและ หลักการ			←	→												
4. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ จัดทำโครงสร้างและ ติดตั้งอุปกรณ์							←	→								
5. ศึกษาและออกแบบ วงจร									←	→						
6. ทดลองวงจร													←	→		
7. นำเสนอผลงาน																↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2(มกราคม-พฤษภาคม 2565)																							
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. แก้ไข โครงสร้างตัวรถ																								
2. ศึกษาและ ทดลองชุด ควบคุม มอเตอร์ใหม่																								
3. ศึกษาใช้งาน กล้องวิดีโอใน การจับภาพ																								
4. ศึกษาวงจร ชาร์จแบตเตอรี่																								
5. ทดลองวงจร ชาร์จแบตเตอรี่																								
6. ทดลองการ ใช้งานกล้อง วิดีโอ																								
7. ทดลองปรับ ระดับใบตัด หญ้า																								
8. ทดลองขับ รถตัดหญ้าด้วย ระบบไร้สาย																								
9. ทดลองปรับ ความเร็วของ ตัวรถ																								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการทดลองและตารางผลการทดลองรถตัดหญ้าบังคับวิทยุการทดลองชาร์จแบตเตอรี่ การทดลองปรับระดับใบตัด การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย การทดลองปรับความเร็วรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ การทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร การทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตร การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง เป็นต้น

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึง การสรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะของโครงการรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุและอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ บอร์ดประมวลผลดุยโนเมกา 2560 (Arduino Mega 2560) บอร์ดขับมอเตอร์บีทีเอส 7960 (BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive) วงจรลดแรงดันไฟ (Step-Down Converter) รีเลย์ โมดูล (Relay Module) ภาษาซี (C) ไดชาร์จ (Alternator) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) ลิเนียร์ มอเตอร์ แบตเตอรี่ (Battery) เหล็กแป๊บกล้าปั๊วไนซ์ (Galvanize) เหล็กแผ่น ล้อยางตัน เครื่องยนต์ เกียร์เปลี่ยนทิศทาง (Power Transmission) ใบตัดหญ้าแบบเหน็บ พัดลมระบายความร้อน รีโมท flysky fs-i6x มอนิเตอร์ (Monitor) ภาควงสัญญาณวีดีโอไร้สาย กล้องถ่ายภาพ Mini Pulse Width Modulation

2.1 บอร์ดประมวลผลดุยโนเมกา 2560 (Arduino Mega 2560)

เป็นบอร์ดอีกตัวหนึ่งที่นิยมใช้เป็นที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ [1] นอกจากนี้ยังมีพินอินพุตและเอาต์พุต 54 ขาซึ่งสามารถใช้เป็นเอาต์พุต พัดดับบิวเอ็ม (PWM) ได้ 15 ขานอกจากนี้ยังมีอินพุตอะนาล็อก 16 ขา มีUART 4 ขา สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยสายเคเบิลยูเอสบี (USB) หรือใช้อะแดปเตอร์เอซีทูดีซี (adaptor AC-to-DC) เพื่อเริ่มต้นใช้งาน พร้อมทั้งปุ่มรีเซ็ต (reset) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บอร์ดประมวลผลดุยโนเมกา 2560 (Arduino Mega 2560)

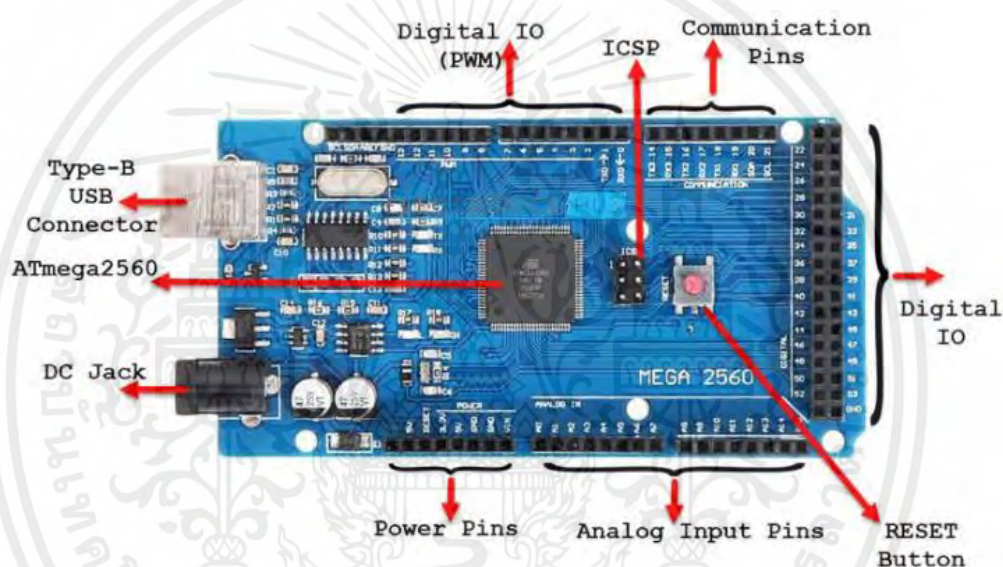
(ที่มา: <https://shorturl.asia/pYK5x>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 องค์ประกอบของบอร์ดประมวลผลอาตยูโน เมกา

อาตยูโน เมกาสามารถรับพลังงานจากการต่อไมโครยูเอสบี หรือ พาวเวอร์ซัพพลายจากภายนอกได้ โดยที่แหล่งพลังงานถูกเลือกโดยอัตโนมัติแหล่งจ่ายไฟภายนอกสามารถมาได้จากอะแดปเตอร์หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับช่องเสียบแหล่งจ่าย และโดยการต่อเข้ากับแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยต่อเข้ากับขาราวด์และวีนิน พินของบอร์ด

บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 โวลต์หากแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 โวลต์ อาจส่งผล มีแรงดันต่ำกว่า 5 โวลต์และบอร์ดอาจจะทำงานได้ไม่เสถียร แต่หากแรงดันมีค่าสูงกว่า 20 โวลต์อาจทำให้บอร์ดโอเวอร์เฮตและทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับ 7 โวลต์ถึง 12 โวลต์ ส่วนประกอบ แสดงรูปที่ดัง 2.2



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของบอร์ดประมวลผลอาตยูโนเมกา 2560

(ที่มา: <http://www.lungmaker.com/arduino-mega-2560>)

คุณสมบัติของอาตยูโนเมกา 2560

- 1) ขา วีนิน เป็นแรงดันอินพุตของบอร์ดโดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
- 2) ขา 5 โวลต์ เป็นเอาต์พุตที่มีแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์
- 3) ขา 3 โวลต์ 3 เป็นเอาต์พุตที่มีแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ ที่สร้างขึ้นจาก วงจรรักษา ระดับแรงดันในบอร์ด และจ่ายกระแสได้สูงสุด 50 มิลลิแอมป์
- 4) ขา ไอโออาอีเอฟ เป็นขาที่ให้แรงดันคงที่ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับอุปกรณ์เสริมที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หน่วยความจำ

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 กิโลไบต์ 8 กิโลไบต์ให้สำหรับเฟรมแวร์ ที่ทำหน้าที่ช่วยในการอัปโหลดโปรแกรม (bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 กิโลไบต์ สำหรับ SRAM และ 4 กิโลไบต์ สำหรับอีอีพรอม

2.1.3 พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

เป็นพอร์ตดิจิทัลทั้งหมด 54 พอร์ต ใช้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตโดยเริ่มทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์และให้กระแสสูงสุด 40 มิลลิแอมป์

2.1.4 ฟังก์ชันอื่น ๆ

- อินเทอร์รัพท์ภายนอกมีอินเทอร์รัพท์0 ขา 2, อินเทอร์รัพท์1 ขา 3, อินเทอร์รัพท์ 2 ขา 21, อินเทอร์รัพท์3 ขา 20, อินเทอร์รัพท์4 ขา 19, อินเทอร์รัพท์5 ขา 18
- พอร์ต พีดับบิวเอ็ม ขา2 ถึง พีดับบิวเอ็ม ขา13 และ พีดับบิวเอ็ม ขา44 ถึง พีดับบิวเอ็ม ขา46 ให้เอาต์พุต พีดับบิวเอ็ม เอาต์พุตขนาด 8 บิต
- พอร์ต เอสพีไอ ขา50 เป็นขา เอ็มแอลเอสโอ, เอสพีไอ ขา51 เป็นขา เอ็มไอเอสแอล, เอสพีไอ ขา52 เป็นขา เอสซีเค, เอสพีไอ ขา53 เป็นขา เอสเอส ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ เอสพีไอ
- พอร์ต แอลอีดี ขา 13 เป็นขาที่มีแอลอีดีต่ออยู่บนบอร์ด (build-in LED) เมื่อขาพอร์ตเป็นลอจิก 1 แอลอีดีจะติด และเมื่อขาพอร์ตเป็นลอจิก 0 แอลอีดีจะดับ - พอร์ต TWI ขา 20 เป็นขา เอสดีเอ และขา 21 เป็นขา เอสซีแอล รองรับการเชื่อมต่อแบบ I2C
- พอร์ตอนาล็อก มีทั้งหมด 16 พอร์ต แต่ละขาจะมีความละเอียด 10 บิต
- ขาแรงดันอ้างอิง (เออาอีเอฟ) เป็นแรงดันอ้างอิงสำหรับอินพุตอนาล็อก
- ขารีเซ็ต ใช้ในการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่ม ปุ่มรีเซ็ตไว้บนบอร์ดซิลด์ด้วย

2.2 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960

บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960 [2] แสดงดังรูปที่ 2.3 เหมาะสำหรับใช้ควบคุมมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงๆ ที่จะนำไปใช้ในการควบคุมซ้ายขวาและความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ในการควบคุมความเร็ว รองรับความเร็วของสัญญาณ รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ได้ถึง 25 กิโลเฮิร์ตซ์ ควบคุมมอเตอร์ได้ 1 ตัวและควบคุมการหมุนได้

คุณสมบัติของบีทีเอส7960

- 1) เหมาะที่จะใช้ขับมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงๆ
- 2) ใช้สัญญาณ Pulse Width Modulation ในการควบคุมความเร็วและรองรับความเร็วของสัญญาณได้ถึง 25 กิโลเฮิร์ตซ์
- 3) ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ความเร็วได้ 1 ตัว และควบคุมการหมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) แรงดันไฟเลี้ยงมอเตอร์ 6-27 โวลต์
- 5) กระแสต้านเอาต์พุตที่รองรับได้ไม่เกิน 43เอ แอมป์
- 6) แรงดันอินพุต (พีดับบิวเอ็ม) สำหรับใช้ควบคุม โวลต์

การต่อใช้งานทางเอาต์พุต

- 1) ขา B+ คือขั้วบวกแหล่งจ่ายไฟสำหรับมอเตอร์
- 2) ขา B- คือกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟสำหรับมอเตอร์
- 3) ขา M+ คือขั้วบวกของมอเตอร์
- 4) ขา M- คือขั้วลบของมอเตอร์

หลักการทำงาน

- 1) ต่อขา อา_อีเอ็น และ แอล_อีเอ็น ด้วยแหล่งจ่ายไฟ 5โวลต์ ไว้ (เป็นการอินาเบลเอาต์พุต)
- 2) ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ก็ให้จ่าย พีดับบิวเอ็ม (หรือ 5โวลต์) ไปที่ขาอาพีดับบิวเอ็ม โดยที่ ขาแอลพีดับบิวเอ็ม ให้ต่อกราวด์ (หรือจ่าย 0 โวลต์) ไว้ ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย ต้องจ่าย พีดับบิวเอ็ม (หรือ 5 โวลต์) ไปที่ขาแอลพีดับบิวเอ็ม โดยที่ขา อาพีดับบิวเอ็ม ให้ต่อกราวด์ไว้ (หรือจ่าย 0 โวลต์)



รูปที่ 2.3 บอร์ดขับมอเตอร์พีทีเอส 7960

(ที่มา: <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/>)

2.3 วงจรลดแรงดันไฟ

วงจรลดแรงดันไฟ [3] หรือบัคคอนเวอร์เตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.4 เหมาะสำหรับลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง นำหลักการสวิตชิง-ตัวเหนี่ยวนำมาใช้จึงทำให้มีความร้อนและสูญเสียกำลังไฟน้อยต่างกับการลดแรงดันโดยใช้ ไอซี ทรานซิสเตอร์ 78xx / 317 ทัวไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแสเอาต์พุตเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วงจรลดแรงดันไฟ
(ที่มา: <https://shorturl.asia/Nq9IV>)

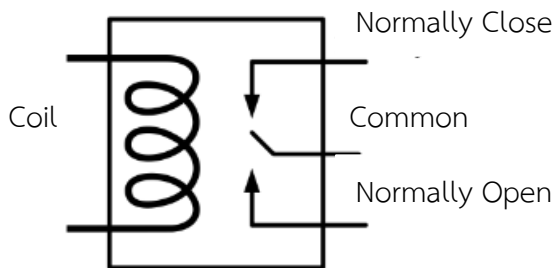
2.4 รีเลย์โมดูล

รีเลย์โมดูล [4] เป็นโมดูลจะประกอบด้วยรีเลย์จำนวนหลายตัวต่ออยู่ในชุดเดียวกัน สำหรับรับ-ส่งสัญญาณ เอซี/ดีซี คอนโทรล โวลต์ แบบไม่ต้องต่อร่วมกับชอคเก็ต โดยอินพุตจะเป็นคอมมอนร่วม ใช้สายแค่ 1 เส้น ประเภท พีเอ็นพี หรือ เอ็นพีเอ็น มีให้เลือกหลายแบบตามจำนวนรีเลย์ที่ใช้งาน ตั้งแต่ 2,4,8,12,16 รีเลย์ เป็นต้น มีทั้งแบบหน้าคอนแทค เอสพีดีที และแบบ ดีพีดีที มีแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว มีขนาดเล็กและประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง โดยรีเลย์โมดูล มีโครงสร้างลักษณะ คือ อินพุต และ เอาท์พุต จะตั้งฝั่งตรงข้ามกันทำให้ต่อสายไฟได้ง่ายและยังประหยัดเวลาอีก โดยรีเลย์โมดูลมีหลักการทำงานดังนี้

หลักการทำงานของวงจรรีเลย์โมดูล คือ จะเปิด-ปิดวงจรด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อขดลวดเหนี่ยวนำมีกระแสไหลผ่านจะมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก สามารถส่งแรงผลักหรือดูดเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งสวิตช์ได้ โดยมีสวิตช์เปิด-ปิดวงจรตามแรงดูดของขดลวด ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักคือ

1) ขดลวด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดึงดูดหน้าสัมผัส แสดงดังรูปที่ 2.5

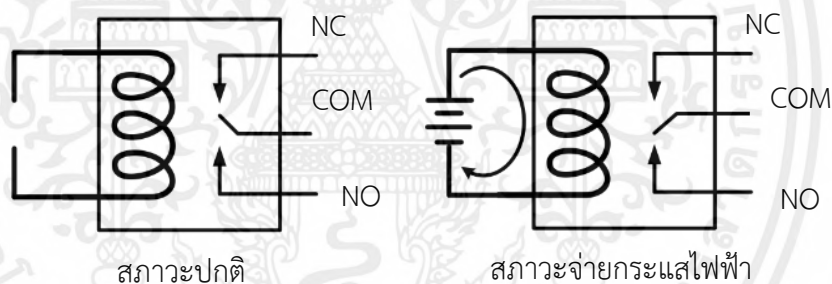
2) หน้าสัมผัส ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ภายในวงจรไฟฟ้ารีเลย์

(ที่มา: <http://www.krurock.com/Arduino/Doc>)

ภายในรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัส โดยหน้าสัมผัสปกติปิดที่สภาวะปกติ หน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขาร่วมและไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหน้าสัมผัสปกติเปิดที่สภาวะปกติจะไม่สัมผัสกับขาร่วมแต่จะสัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ขาร่วมเป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่างหน้าสัมผัสปกติปิดและหน้าสัมผัสปกติเปิด แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สภาวะปกติและสภาวะจ่ายกระแส

(ที่มา: <http://www.krurock.com/Arduino/Doc>)

2.5 ภาษาซี

ภาษาซี [5] เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมทั่วไป ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกสำหรับใช้เป็นภาษาเพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ปฏิบัติการยูนิกซ์แทนภาษาแอสเซมบลีซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถใช้ในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็วแต่จุดอ่อนของภาษาแอสเซมบลีคือความยุ่งยากในการใช้โปรแกรม ความเฉพาะตัว และความแตกต่างกันไป เดนนิสริตซี จึงได้คิดค้นพัฒนาภาษาใหม่ขึ้นมาเมื่อประมาณต้นปี ค.ศ. 1970 โดยการรวบรวมเอาจุดเด่นของแต่ละภาษาระดับสูงผนวกเข้ากับภาษาระดับต่ำเรียกชื่อว่า ภาษาซีโดยภาษาซีใช้ในโปรแกรมอาดุยโน ไอดีอี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี

โปรแกรมในภาษาซีทุกโปรแกรมจะประกอบด้วยฟังก์ชันอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชัน main โดยโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชัน main ก่อน ในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

1) ชื่อฟังก์ชัน ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ argument อยู่ในวงเล็บ

2) การประกาศตัวแปร สำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ที่ใช้ในโปรแกรมจะต้องมีการประกาศการใช้งาน และการเก็บค่าในรูปแบบใดๆ

3) องค์กรประกอบคำสั่ง จะแบ่งออกเป็นประโยคเชิงซ้อนและประโยคนิพจน์ ซึ่งประโยคเชิงซ้อนอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง {และ} โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน มีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย อัฒภาค (;) หลายประโยครวมกัน และอาจมี {} ใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยด้วย

2.6 ไดชาร์จ

ไดชาร์จ [6] คืออุปกรณ์ไฟฟ้าประจำรถยนต์ มีหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อชาร์ตไฟฟ้าเข้าไปเก็บในแบตเตอรี่ การทำงานของมันจะต้องอาศัยสายพานหน้าเครื่องทำให้พูลเลย์หมุนให้ไดชาร์จหมุนกลับมาเป็นกระแสไฟฟ้าหาก ส่วนประกอบของไดชาร์จ

- 1) ทุ่นแม่เหล็ก
- 2) ขดลวดที่มีหน้าที่ตัดสนามแม่เหล็ก
- 3) ไบพัดระบายความร้อน

แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ไดชาร์จ

(ที่มา: <https://mpdynamo.com/alternator/>)

2.6.1 หลักการไฟฟ้าของระบบไฟชาร์จ

แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่สำคัญมาก เมื่อแบตเตอรี่มีประจุไฟลดลงก็ต้องมีการประจุไฟ เข้าไปใหม่ให้เต็มระบบไฟชาร์จก็ได้ถูกออกแบบนำมาใช้ระบบเสริมการขับเคลื่อนรถตัดหญ้า บังคับวิทยุ เพื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้มีประจุไฟเต็มอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ทันทีเมื่อเราต้องการระบบไฟชาร์จ ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่และ วงจรไฟฟ้าต่างๆ ขณะเดียวกันก็ต้องมีการควบคุมการชาร์จให้อยู่ในค่าที่กำหนดเพื่อไม่ให้เกิดการชาร์จ มากเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับระบบไฟชาร์จ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ระบบไฟชาร์จ จะใช้ไดร์ชาร์จเป็นอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้า 2 ชนิดได้แก่ เจเนอเรเตอร์ และ อัลเทอร์เนเตอร์

เจเนอเรเตอร์เป็นอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือ มันจะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากก็ต่อเมื่อความเร็วรอบสูง อัลเทอร์เนเตอร์คืออุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ แต่ถูกแปลงเป็นกระแสตรงโดยไดโอดก่อนประจุเข้าแบตเตอรี่และจ่ายไปยังวงจรไฟฟ้า ต่างๆ คุณสมบัติอัลเทอร์เนเตอร์คือ มันสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จำนวนมากขณะมีความเร็ว รอบต่ำ ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าเพียงพอกับความต้องการทั้งที่ความเร็วรอบต่ำและความเร็วรอบสูง โดย ชิ้นส่วนประกอบของอัลเทอร์เนเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ชิ้นส่วนประกอบของอัลเทอร์เนเตอร์

(ที่มา: <https://www.auto2drive.com/>)

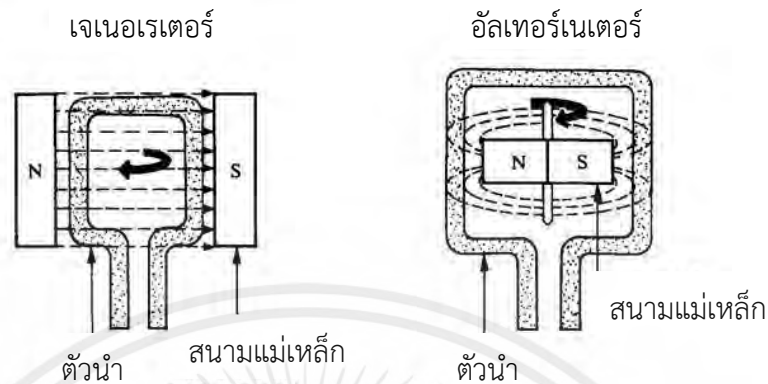
เมื่อขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กหรือให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวด แต่การที่ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กระแสสลับ

อัลเทอร์เนเตอร์ มีส่วนประกอบไปด้วยขดลวดฟิลด์คอยล์ (ประกอบด้วยขั้ว เอ็น และขั้ว เอส) และขดลวดตัวนำทางไฟฟ้า เมื่อตัวโรเตอร์หมุนตัดขดลวดสเตเตอร์ครบ 1 รอบจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะเปรียบเทียบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ แสดงดังรูปที่ 2.9

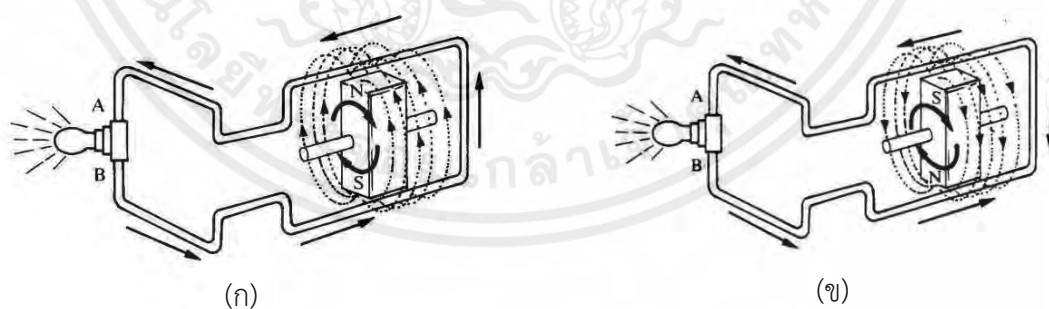


รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ

(ที่มา: <https://www.auto2drive.com/>)

เมื่อสนามแม่เหล็กหรือขดลวดโรเตอร์ หมุนอยู่ในขดลวดตัวนำ จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดโรเตอร์ตัดผ่านขดลวดสเตเตอร์ ทำให้เกิดคลื่นกระแสไฟฟ้าในขดลวด

สเตเตอร์ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลออกมาที่วงจรรภายนอกของอัลเทอร์เนเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.10(ก) แสดงการไหลของกระแสไฟสลับที่เกิดขึ้นในวงจรเมื่อขั้วเหนือ เอ็น หมุนตัดขดลวด ตัวนำทางด้านบนและขั้วใต้ เอส ตัดขดลวดตัวนำทางด้านล่าง จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจาก บี ไป เอ แสดงดังรูปที่ 2.10(ข)



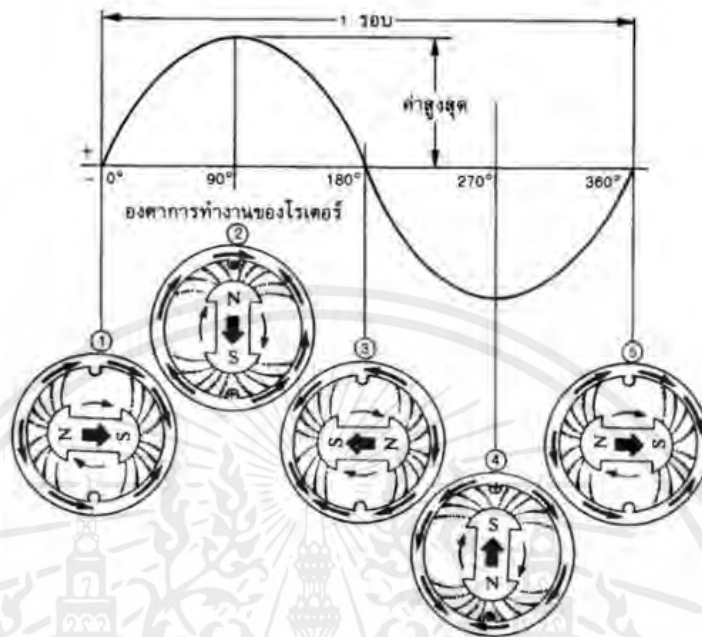
รูปที่ 2.10 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

(ที่มา: <https://www.auto2drive.com/>)

เมื่อขดลวดโรเตอร์เคลื่อนตัวสลับตำแหน่งของขั้วแม่เหล็กโดยขั้วเหนือจะอยู่ในตำแหน่งของ ขั้วใต้ และขั้วใต้ มาอยู่ในตำแหน่งของขั้วเหนือ จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจาก เอ ไป บี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงดังรูปที่ 2.9(ข) เมื่อโรเตอร์เคลื่อนที่ไป 1 รอบทำมุม 360 องศา จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบ แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่ขดลวดโรเตอร์หมุนครบ 1 รอบเกิดกระแสไฟฟ้าคลื่นบวกและคลื่นลบ

(ที่มา: <https://www.auto2drive.com/>)

ตำแหน่งที่ 1 ขดลวดโรเตอร์หมุนทำมุมในระดับแนวตั้งฉากกับขดลวดตัวนำทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้ากับขดลวดตัวนำได้ช่วงนี้จะไม่มกระแสไฟฟ้า

ตำแหน่งที่ 1ถึง2 ขดลวดโรเตอร์จะหมุนไปจนทำมุม 90 องศา ตรงกับขดลวดตัวนำ ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กนั้นจะมีมากจนทำให้ขดลวดตัวนำได้รับการเหนี่ยวนำจะเกิดกระแสไฟฟ้าคลื่นบวกมากที่สุดกระแสไฟฟ้าจะออกจากขดลวดทางด้านล่างกลับเข้าขดลวดทางด้านบน ตำแหน่งที่ 2ถึง3 ขดลวดโรเตอร์จะหมุนไปจนทำมุม 180 องศา ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีน้อยทำให้ขดลวดตัวนำไม่มีการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 เช่นเดียวกับตำแหน่งที่ 1 ในช่วงนี้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนจากคลื่นบวกเป็นคลื่นลบ

ตำแหน่งที่ 3ถึง4 ขดลวดโรเตอร์จะหมุนไปจนทำมุม 270 องศา ตรงกับขดลวดตัวนำ ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กมีมากจึงทำให้ขดลวดตัวนำได้รับการเหนี่ยวนำมาก จนเกิดกระแสสูงที่สุดเช่นเดียวกับตำแหน่งที่ 2 แต่ตัวแม่เหล็กกลับทิศทางทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าคลื่นลบ กระแสไฟฟ้า จะออกจากขดลวดทางด้านบนกลับเข้าขดลวดทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 4 ถึง 5 ขดลวดโรเตอร์จะหมุนไปจนทำมุม 360 องศาพอดี มีการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดตัวนำน้อยจนมีค่าเท่ากับ 0 เช่นเดียวกับตำแหน่งที่ 1 และเมื่อหมุนไปเรื่อยๆ ก็จะกลับมาเริ่มต้นที่ตำแหน่งที่ 1 ใหม่และเป็นเหมือนเดินไปเรื่อยๆ จำนวนคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในทุกๆ รอบต่อวินาที เรียกว่า ความถี่ เมื่อขดลวดโรเตอร์หมุนไปด้วยความเร็ว 60 รอบใน 1 วินาที จะอ่านค่าของกระแสไฟฟ้านี้ได้ 60 รอบ ต่อวินาที

2.6.2 การเลือกไดร์ชาร์จ

การเลือกไดร์ชาร์จควรเลือกที่มีขนาดให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการจะติดตั้งและที่สำคัญคือควรรู้อรอบของไดร์ชาร์จว่ามีรอบสูงหรือรอบต่ำที่เหมาะสมกับการทำไปใช้งานหรือประยุกต์ใช้งานอื่นๆ และควรคำนึงถึงกระแสหรือกำลังของไดร์ชาร์จตัวนั้นๆ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าจะต้องการ แบบไหน

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า [7] มีลักษณะ แสดงดังรูปที่ 2.12 เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ เป็นพลังงานกล ซึ่งการแปลงพลังงานดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายประเภทที่สามารถนำไปใช้งานในทั้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรมต่างๆ

2.7.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไปนั้นจะมี 2 ประเภทหลักๆ คือ

- 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

โดยจะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำการทำรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ



รูปที่ 2.12 มอเตอร์ไฟฟ้า

(ที่มา: <https://shorturl.asia/1R7Vv>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโครงสร้างภายในแตกต่างจาก มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะมีโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในส่วนของโครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมี ส่วนประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

- 1) ส่วนที่อยู่กับที่ จะเรียกว่าสเตเตอร์ ที่มีขดลวดสนาม
- 2) ส่วนที่เคลื่อนที่ จะเรียกว่าโรเตอร์ โดยในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์และ แปร่งถ่าน

หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด ซึ่งขดลวดชุดหนึ่ง อยู่ที่สเตเตอร์เรียกว่าขดลวดสนาม ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กถาวร ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ จ่ายมานั้นจะมาจากแหล่งเดียวกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ แต่บางครั้งสำหรับมอเตอร์เล็กๆ จะใช้ แม่เหล็กถาวรแทนการใช้ขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวร และขดลวดชุดที่สองที่อยู่ในส่วนของ โรเตอร์จะเรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ผ่านแปร่งถ่าน และชุดคอมมูเตเตอร์ ซึ่งตัวขดลวดนั้นจะทำให้เกิด Torque ในการหมุนของโรเตอร์ที่เกิดมาจากการ กระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กของขดลวดในสเตเตอร์และโรเตอร์ ที่ต่างขั้วกันและผลักกันทำให้เกิดการ หมุนขึ้นได้ในที่สุด

2.8 ลิเนียร์มอเตอร์

ลิเนียร์มอเตอร์ [8] มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.13 จะทำงานในแนวราบและแนวตรง สามารถ ทำงานในแนวราบโดยที่ไม่ต้องผ่านระบบส่งกำลังอื่นๆ เช่น โซ่ เฟือง หรือกลไกใดๆ สามารถออกแบบ และประยุกต์ใช้ได้หลากหลายงานอุตสาหกรรม เช่น ระบบ สายพานลำเลียง บานประตูสไลด์ การ เคลื่อนย้ายวัสดุ โดยปกติจะใช้ในงานนิวเมติกและไฮดรอลิกเป็นแขนกล และอื่นๆอีกมากมาย



รูปที่ 2.13 ลิเนียร์มอเตอร์

(ที่มา: <https://shorturl.asia/cKohm>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ [9] เป็นแหล่งพลังงานจ่ายไฟให้แก่สตาร์ทเตอร์ และระบบจุดระเบิดให้แก่เครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์หมุนและติดเครื่องได้ และยังเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ระบบไฟฟ้าอื่นๆในรถยนต์ เมื่อระบบไฟฟ้าในรถยนต์ต้องการกำลังไฟฟ้ามากกว่าที่ระบบจ่ายไฟของรถยนต์จะจ่ายได้ แบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการเป็นชนิดแห้งขนาด 12 โวลต์ 11 แอมป์ แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 11แอมป์
(ที่มา: <https://shorturl.asia/9c2tO>)

2.9.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก

ดังนี้

- 1) ขั้วแบตเตอรี่
- 2) แผ่นธาตุลบ
- 3) แผ่นกั้น
- 4) แผ่นธาตุบวก
- 5) จุกปิด
- 6) เปลือกหม้อและฝาหม้อ
- 7) ขั้ว

2.9.2 ชนิดของแบตเตอรี่

- 1) แบตเตอรี่แบบธรรมดา (เติมน้ำกรดแล้วชาร์จไฟในครั้งแรก จากนั้นต้องหมั่นดูแลระดับน้ำอย่างสม่ำเสมอ)
- 2) แบตเตอรี่แบบไม่ต้องเติมน้ำกลั่น หรือเรียกว่า แบตแห้ง

2.9.3 การทำงานแบตเตอรี่

- 1) แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ประกอบด้วยเซลล์หรือหมู่ของเซลล์ต่อเข้าด้วยกัน ในหมู่ของเซลล์ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มของแผ่นธาตุทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบซึ่งแผ่นธาตุทั้งบวกและลบทำจาก

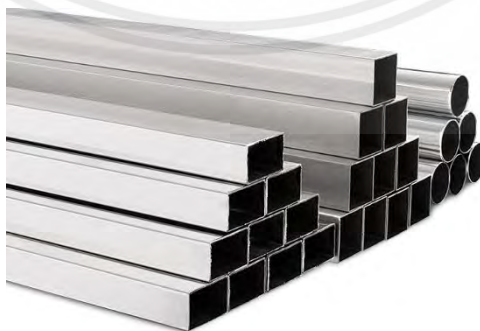
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะต่างชนิดกันกันด้วยฉนวน เรียกว่า “แผ่นกั้น” โดยนำมาจุ่มไว้ในอิเล็กโทรไลต์ หรือที่เรียกว่า น้ำกรดผสม ซึ่งน้ำกรดผสมจะทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุในเชิงเคมีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า และแต่ละเซลล์สามารถจ่ายประจุไฟฟ้าได้ประมาณ 2 โวลต์ เซลล์ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะถูกนำมาต่อเข้ากับ “แบบอนุกรม” ซึ่งจะเพิ่มโวลต์หรือแรงดันขึ้นเรื่อยๆ

2) การเกิดพลังงานไฟฟ้า แผ่นธาตุสองชนิด แผ่นบวก คือตะกั่วไดออกไซด์ และแผ่นลบ คือ ฟองน้ำตะกั่ว ถูกนำมาจุ่มลงในกรดผสม แรงดัน จะเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อระบบแบตเตอรี่ครบวงจร กระแสก็จะไหลทันทีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีออกมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ในกรณีนี้เรียกว่า การคายประจุไฟซึ่งตัวกรดในน้ำกรดผสมจะวิ่งเข้าทำปฏิกิริยาต่อแผ่นธาตุทั้งทางบวกและลบโดยจะค่อยๆ เปลี่ยนสภาพแผ่นธาตุทั้งสองชนิดให้กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต เมื่อแผ่นธาตุทั้งบวกและลบเปลี่ยนสภาพเป็นโลหะชนิดเดียวกัน คือ “ตะกั่วซัลเฟต” แบตเตอรี่ก็จะไม่มีสภาพของความแตกต่างทางแรงดันกระแส ก็จะทำให้กระแสหยุดไหลหรือไฟหมด

2.10 เหล็กแป๊บกล้าป๊าวาไนซ์

เหล็กกล้าป๊าวาไนซ์ [10] มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.15 คือการนำเหล็กที่ขึ้นรูปมาเคลือบด้วยสังกะสี โดยประโยชน์ของการเคลือบสังกะสีคือช่วยป้องกันตัวเหล็ก วิธีการนี้มีชื่อเรียกว่า (Hot-Dip Galvanizing) โดยเหล็กที่ได้รับการชุบด้วยวิธีนี้ จะมีความหนาของชั้นสังกะสีอยู่ประมาณ 65 ถึง 300 ไมครอน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการชุบชั้นของสังกะสีที่เคลือบเหล็กอยู่เอง จะช่วยป้องกันเนื้อเหล็กจากการกัดกร่อน ดังนั้นเหล็กที่ได้รับการชุบกล้าวาไนซ์ จะทนทานต่อการกัดกร่อนและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานข้อแตกต่างระหว่างการชุบกล้าวาไนซ์ กับทาสีกันสนิม นั่นคือ การทาสีป้องกันสนิม จะเป็นการป้องกันไม่ให้ออกซิเจน และความชื้นในอากาศ เข้าไปทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็ก ซึ่งเป็นต้นเหตุของสนิม แตกต่างจากการชุบกล้าวาไนซ์ คือ กล้าวาไนซ์จะให้ตัวเองถูกกัดกร่อนแทนเนื้อเหล็กที่อยู่ภายในโดยที่เฉลี่ยแล้ว 1 ปี ชั้นของสังกะสีจะถูกกัดกร่อนออกไปประมาณ 1 ไมครอน ซึ่งจะช้ากว่าเหล็กจึงสามารถใช้งานได้ยาวนาน



รูปที่ 2.15 เหล็กแป๊บกล้าป๊าวาไนซ์

(ที่มา: <https://shorturl.asia/czFC9>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 ข้อดีของเหล็กกล้าปั๊วไนซ์

- 1) สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่ต้องทาสีเคลือบอีก
- 2) ตัวเหล็กมีกัลวาไนซ์เคลือบอยู่แล้วจึงไม่เป็นสนิม ไม่จำเป็นต้องทาสีกันสนิมอีกชั้น ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย
- 3) ตัวเหล็กสามารถใช้งานได้ในระยะยาว ซึ่งอาจจะยาวนานกว่า 50 ปี และไม่ต้องบำรุงรักษามากนัก
- 4) ทนทาน และแข็งแรงเทียบเท่ากับเหล็กชุบพอร์รอน ความแข็งแรง 2500 ถึง 3500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

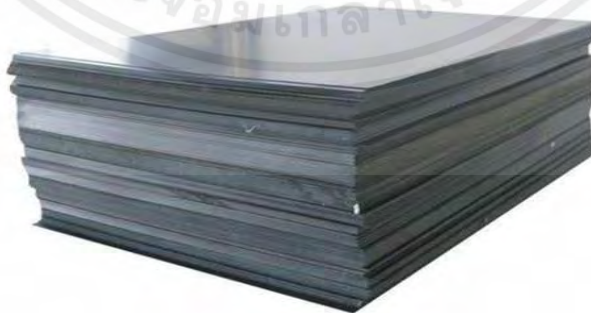
5) สามารถเก็บวัสดุได้ง่าย เพราะไม่ต้องกลัวสนิม

2.10.2 ข้อจำกัดของเหล็กกล้าปั๊วไนซ์

- 1) บริเวณที่เป็นข้อต่อถ้าหากมีการตารบเกลียวทำให้มีโอกาสที่จะเป็นสนิมได้เพราะมีการขัดสังกะสีที่เคลือบตัวเหล็กออก
- 2) เหล็กกล้าไนซ์ไม่เหมาะสำหรับระบบท่อ ระบบส่งน้ำ ระบบประปา เพราะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เพราะสังกะสีสามารถปนเปื้อนลงไปในน้ำได้
- 3) หากไม่มีอุปกรณ์การป้องกันที่เพียงพอ ในระหว่างการเชื่อมเหล็กกล้าไนซ์ อาจทำให้เกิดอันตรายได้ เนื่องจากมีสารพิษที่เกิดจากสังกะสี

2.11 เหล็กแผ่นดำ

เหล็กแผ่นดำ [11] ทำจากเหล็กแผ่นม้วนคุณภาพสูงควบคุมด้วยเครื่องจักรทันสมัยปราศจากเหล็กด้อยคุณภาพปลอมปนเป็นชนิดหนึ่งของเหล็กแผ่น เหล็กแผ่นดำจะมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าผิวเรียบมีหลายขนาดและความหนาเหล็กแผ่นดำของวีซีเอสเอเซียจะเป็นเหล็กแผ่นรีดร้อน แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 เหล็กแผ่นดำ

(ที่มา: <https://www.alibaba.com/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 การใช้งานเหล็กแผ่น

เหล็กแผ่น (สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป การปูพื้น การเชื่อมต่อโครงสร้างยานยนต์ งานต่อเรือ สะพานเหล็ก) มีลักษณะเป็น แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าผิวเรียบ นิยมใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป การปูพื้น การเชื่อมต่อโครงสร้างยานยนต์ งานต่อเรือสะพานเหล็ก ฯลฯ มีหลายขนาดและความหนาตามแต่การใช้งาน

2.11.2 การนำไปใช้งาน

ควรคำนึงถึงงานที่จะนำไปใช้เพราะเหล็กแผ่นรีดร้อนแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันในเรื่องค่าเคมีและองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้ในงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น ควรเลือกเหล็กแผ่นรีดร้อนที่มีมาตรฐานเหล็กเป็น เอบีเอส จีอา.เอเอช หรือ เอบีเอส จีอา.ดีเอช (ขึ้นอยู่กับสภาพที่นำไปใช้งานเช่นอุณหภูมิหรือการรับแรง)

2.12 เหล็กแผ่นชุบสังกะสี

เหล็กแผ่นชุบสังกะสี [12] มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.17 คือเหล็กแผ่นรีดเย็นซึ่งผ่านการชุบสังกะสีด้วยกรดไฟฟ้าเป็นขั้นตอนการชุบแบบใหม่เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานและเพิ่มความทนทานให้กับเนื้อเหล็ก ขนาดมาตรฐานคือ กว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต ความหนา 0.40 มิลลิเมตร - 2.0 มิลลิเมตร มีลักษณะผิวเป็นสีเทาๆ อมฟ้า ผิวเรียบ มีความแข็งแรง ทนทานต่อการสึกกร่อน สามารถป้องกันคราบน้ำมัน และรอยนิ้วมือได้ดี เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความสวยงาม และงานที่ต้องนำไปพ่นสีซ้ำอีกรอบ

การนำไปใช้งาน นิยมนำไปใช้ทั้งงานเชื่อม พับ เฟอร์นิเจอร์ งานตกแต่งภายในสถาปัตยกรรม เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ฝาครอบหม้อแปลง ตัวถังรถยนต์ หม้อกรองอากาศ ถังน้ำมัน และเครื่องเล่นอื่นๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.17 เหล็กแผ่นชุบสังกะสี

(ที่มา: <https://www.maboonyong.co.th/electrogalvanizedsteelplates>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ล้อยางตัน

ล้อยางตัน [13] เป็นล้อที่ไม่มียางนอก ยางในเป็นเนื้อยางโพลียูรีเทนทั้งเส้น แสดงดังรูปที่ 2.18 ซึ่งคุณสมบัติของล้อยางตันที่เป็นเนื้อยางโพลียูรีเทน นั้นจะทำให้ยางมีความยืดหยุ่นไม่แข็งแรงด่างเหมือนเนื้อยางพลาสติกทั่วไป เวลาใช้งานผู้ใช้งานจะรู้สึกเหมือนใช้งานรถเข็นไฟฟ้าหรือวีลแชร์ไฟฟ้าที่ใช้เป็นล้อยางลมแล้วเติมลมยางแน่นๆ



รูปที่ 2.18 ล้อยางตัน
(ที่มา: <https://www.achasoda.com>)

ข้อดี

ซึ่งล้อยางตันที่ทำจากเนื้อยางโพลียูรีเทน จะมีความให้ตัวขณะวิ่งพื้นขรุขระการวิ่งก็จะไม่กระเทือนมาก เนื่องจากเป็นเนื้อยางโพลียูรีเทนทั้งเส้นทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเป็นกังวลเรื่องยางจะรั่ว สามารถใช้งานได้ทุกสภาพพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นพื้นขรุขระ พื้นหินกรวด ทางลูกรังก็ สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องกังวลเรื่องยาง มีอายุการใช้งานนานหลายปี ใช้งานจนกว่าล้อจะสึกหรือแตก หากโดนหนาม ตะปู หรือของที่แหลมคมที่มเข้าไปที่เนื้อยาง ยางก็จะไม่รั่วผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลสามารถดึงตะปูดึงหนามออกแล้วใช้งานรถเข็นไฟฟ้าหรือวีลแชร์ไฟฟ้าต่อได้เลย

ข้อเสีย

เพราะเป็นล้อยางตันราคาของยางก็จะสูงกว่าล้อยางลม และค่อนข้างที่จะเปลี่ยนยางได้ยากกว่าอาจจะต้องหาร้านที่มีอุปกรณ์ในการเปลี่ยนยางตันหรือหากเป็นล้อยางตันที่เป็นล้อแม็กหากล้อเกิดการเสื่อมสภาพก็สามารถเปลี่ยนยางพร้อมแม็กได้

2.14 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์เบนซิน [14] หรือเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แสดงดังรูปที่ 2.19 จะเป็นการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน โซฮอแก๊ส หรือแม้แต่เอทานอล เป็นส่วนผสมในกระบวนการจุดระเบิด ร่วมกับอากาศ และไฟจุดระเบิด โดยมีหัวเทียนเป็นตัวจุดประกายไฟ และมีหัวฉีดเป็นตัวจ่ายเชื้อเพลิง โดยการทำงานเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นแบบ 4 จังหวะ คือ จังหวะ ดูด อัด ระเบิด และคาย จังหวะทั้งหมดนี้เกิดขึ้นภายในกระบอก จึงเรียกว่าสันดาปภายใน เครื่องยนต์เบนซินนี้จะทำงานแบบวนไปเรียกว่า กลวัตร พลังงานภายในจะถูกส่งต่อไปยังชิ้นส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ลูกสูบ ก้านสูบ ต่อกันจนไปถึงเพลาค้อเหวี่ยง จนทำให้เกิดกำลังในการขับเคลื่อน



รูปที่ 2.19 เครื่องยนต์เบนซิน POWER MAGNUM 13.0HP
(ที่มา: <https://www.lazada.co.th/>)

2.14.1 จุดเด่นของเครื่องยนต์เบนซิน

เครื่องยนต์จะความเงียบกว่าเพราะมีกำลังอัดที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ดีเซล น้ำหนักเครื่องยนต์ที่เบา เพราะการออกแบบ ใช้วัสดุที่ไม่ต้องหนักและหนา เพื่อมารองรับแรงอัดที่สูงภายใน เครื่องยนต์จะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เพราะการใช้น้ำมันเบนซินจำเป็นต้องมีหัวเทียนในการจุดระเบิด จึงเผาไหม้ได้หมดจุดเครื่องยนต์รีดพลังกำลังแรงม้าออกมาได้มาก เพราะสามารถลากรอบเครื่องได้สูงได้ถึง 8,000 – 11,000 รอบต่อนาที

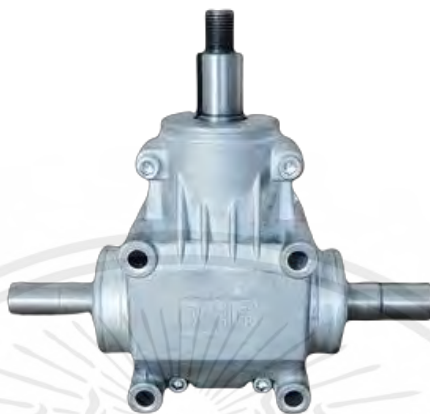
2.14.2 ข้อด้อยของเครื่องยนต์เบนซิน

เครื่องยนต์เบนซินนั้นจะมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันนั้นมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อเทียบความจุของเครื่องยนต์ที่อยู่ในระดับเท่ากัน ความทนทานของระบบภายในเครื่องยนต์จะน้อยกว่าของทางดีเซล เพราะมีชิ้นส่วนภายในที่มีขนาดเล็กและซับซ้อน แรงบิดที่รอบต่ำของเครื่องยนต์น้อยกว่า ทำให้เครื่องยนต์เบนซินจะมีความสามารถในการดูดลากจูงที่ต่ำ เพราะกำลังของเครื่องจะมาเต็มที่ ต้องรอรอบเครื่องยนต์ที่ค่อนข้างสูง ทำให้ไม่ค่อยมีพลังกำลังในการทำงานเพื่อบรรทุก

2.15 เกียร์เปลี่ยนทิศทาง

เกียร์เปลี่ยนทิศทาง [15] เป็นตัวแปรการส่งกำลังให้สามารถใช้งานในทิศทางที่ต้องการ โดยใช้ระบบเฟืองที่ใช้เป็นแบบดอกจอก ตัวเกียร์เปลี่ยนทิศทางจะเป็นสี่เหลี่ยม เพลากลางเป็นด้านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต และ เพลา เอาท์พุต จะตั้งฉากกันทำมุม 90 องศา รูปทรงตัวเกียร์จะมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับที่ว่าจะใช้งานแบบใด แต่จะมีหลักการคือเอาท์พุต จะต้องตั้งฉากกับอินพุตเสมอไม่ว่าจะซ้ายหรือ ขวา บนหรือล่าง จะต้องทำมุม 90 องศาเสมอ แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 เกียร์เปลี่ยนทิศทาง

(ที่มา: <https://shopee.co.th/>)

2.15.1 ลักษณะการใช้งาน

การใช้งานขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการว่าต้องการให้งานขับเคลื่อนไปในทิศทางใด เกียร์เปลี่ยนทิศทางมีส่วนประกอบสำคัญ 3 อย่าง คือ

- 1) ฐานยึดติดกับพื้น
- 2) เฟืองดอกจอกที่อยู่ตรงแกนเพลา
- 3) แกนเพลา ซึ่งจะมี 2 อัน คืออินพุต และ เอาท์พุต โดยจะต่อกับมู่เลย์ก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

2.15.2 ข้อแนะนำในการใช้งาน

การต่อเกียร์เปลี่ยนทิศทางกับมู่เลย์ต้องตั้งให้ได้ศูนย์ ถ้าตั้งไม่ได้ศูนย์ ไม่ว่าจะเยื้องไปทางใดทางหนึ่งจะทำให้เกียร์กับมู่เลย์ขบกัน จะทำให้ลูกปืนแตกหรือเกียร์อาจเสียหายได้ และควรกำหนดเกียร์ให้พอดีกับแรงม้าของมอเตอร์ ถ้าความเร็วมากไปจะทำให้ดอกจอกเสียเร็ว

2.16 ใบตัดหญ้าแบบแหวน

ใบตัดหญ้าแบบแหวน [16] โดยใบตัดหญ้าชนิดนี้จะผลิตจากกล้าคาร์บอนชนิดเดียวกับที่ใช้ผลิตแหวนรถยนต์ ออกแบบให้สามารถลดแรงต้านทานแรงกระแทก ทนต่อการเสียดสี แรงบิด ทำให้ใบมีดชนิดนี้มีความแข็งแรง เหมาะแก่การตัดหญ้าทั่วไป หญ้ารกหน้า หรือว่างานตัดหญ้าหนักๆ แสดงดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ใบมีดแบบแหวน

(ที่มา: <https://th.raptorsupplies.com/pd/stens/330736>)

เหล็กกล้าคาร์บอน คือเหล็กที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมลงไป และอาจมีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่ เข้าไปด้วยตามปริมาณที่กำหนด มีคุณสมบัติในการรับแรงดึง แรงกระแทก ทนต่อการกัดกร่อน การเสียดสี และสามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้ง่าย จึงทำให้นิยมใช้งานกันในอุตสาหกรรมการผลิต และงานก่อสร้าง ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.16.1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ, คุณสมบัติ, การประยุกต์ใช้งาน

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนน้อยกว่า 0.25% มีความแข็งแรงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าชนิดอื่น มีคุณสมบัติในการขึ้นรูปผ่านเครื่องมือกลได้ง่าย เหล็กประเภทนี้สามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น เหล็กเส้น ทำชิ้นส่วนยานยนต์ต่างๆ

2.16.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง, คุณสมบัติ, การประยุกต์ใช้งาน

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางเป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนระหว่าง 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรง สามารถรับแรงดึงได้มากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ นำมาอบชุบความร้อนได้ และใช้ทำเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น แกนล้อ แกนเพลลา ก้านสูบ และเฟือง เป็นต้น

2.16.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง, คุณสมบัติ, การประยุกต์ใช้งาน

เหล็กกล้าคาร์บอนสูงเป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนมากที่สุด อยู่ระหว่าง 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงสูงมาก สามารถทำการชุบแข็งได้แต่จะเปราะขึ้นรูปได้ยากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่นๆ เหมาะสำหรับงานที่ทนต่อการสึกหรอสูงใช้ในการทำเครื่องมือตัด ทำสปริงแหวน ลูกปืน และเครื่องมือทางการเกษตร

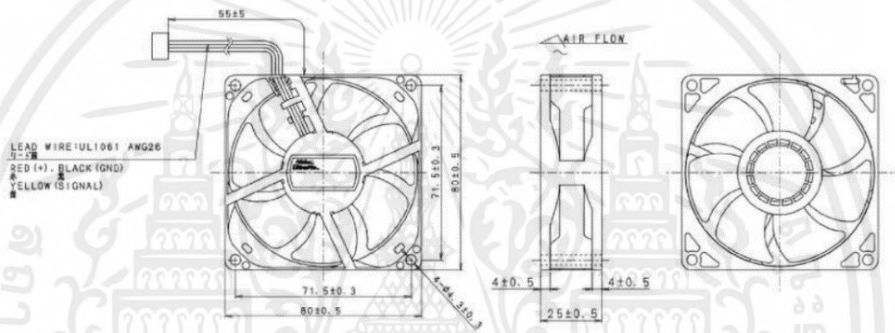
2.17 พัฒนาระบายความร้อน

พัฒนาระบายความร้อน [17] เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมาก ถ้าหากพัดลมไม่ทำงาน หรือทำงานได้ไม่เต็มที่ จะทำให้อุปกรณ์บางชนิดภายในเกิดความร้อนอย่างมากทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพช่วยในการระบายความร้อนภายในตัวของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ แสดงดังรูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของพัดลมระบายอากาศ แสดงดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 พัดลมระบายความร้อน
(ที่มา: <https://www.cybertice.com/product/1151>)



รูปที่ 2.23 โครงสร้างภายในของพัดลมระบายอากาศ
(ที่มา: <https://shorturl.asia/uwfbU>)

2.18 รีโมทฟลายสกี เอฟเอส-ไอ6เอ็กซ์

รีโมทฟลายสกี เอฟเอส-ไอ6เอ็กซ์ [18] มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.24 โดยตัวรีโมทมีช่องสัญญาณเป็นพื้นฐานของการสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุ เช่นวิทยุ เอเอ็ม/เอฟเอ็ม วอล์คกี้ทอล์คกี้ หรือตัวไวไฟที่อาศัยช่องสัญญาณในการทำงานแต่ใช้ย่านความถี่ต่างกัน

2.4GHz เป็นย่านความถี่เสรีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่ใช่แค่อุปกรณ์ไวไฟ แต่รวมถึงโทรศัพท์บ้านแบบเคลื่อนที่ กล้องวงจรปิดไร้สาย อุปกรณ์บลูทูธ อุปกรณ์ซิกบี รวมถึงรถบังคับก็ใช้คลื่นวิทยุในย่านนี้เช่นกัน ซึ่งจะมีย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ จะกว้างประมาณ 100 เมกะเฮิรตซ์ เริ่มจาก 2.401 ถึง 2.495 แต่ใช้ได้จริงๆประมาณ 60 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 80 เมกะเฮิรตซ์ และจะถูกแบ่งให้เป็นช่องทั้งหมด 14 ช่องโดยมีความกว้างของช่องสัญญาณอยู่ที่ 22 เมกะเฮิรตซ์ และแต่ละช่องสัญญาณจะห่างกัน 5 เมกะเฮิรตซ์

คุณสมบัติของรีโมท

- 1) การทำงานของสัญญาณระบบ 2.4จี คือ เอฟเอสดีเอส 2เอ และ เอฟเอสดีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) รองรับช่องสัญญาณ 6 แชนแนล
- 3) มีประสิทธิภาพที่รวดเร็วและเสถียรมาก
- 4) ช่วงความถี่ อาเอฟในช่อง 2.405-2.475 กิกะเฮิรท์
- 5) แบนด์วิดท์ได้สูงสุด 500 กิโลเฮิรท์
- 6) สามารถแจ้งเตือนแรงดันต่ำกว่า 4.2 โวลต์



รูปที่ 2.24 รีโมท

(ที่มา: <http://www.rankrc.com/FLYSKY-2.4Ghz-FS-i6X>)

2.19 มอนิเตอร์

มอนิเตอร์ [19] เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่แสดงผลที่ได้จากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ โดยรับข้อมูลแล้วแปลงออกมาเป็นสัญญาณภาพ ไม่ว่าจะเป็นภาพ ตัวอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ รวมไปถึงสีสันต่าง ๆ ด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ถูกแสดงออกมานั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ได้ ในภาษาไทยคนจะนิยมเรียกว่า จอภาพมอนิเตอร์ จอคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่มีชื่อเรียกมากมาย เช่น มอนิเตอร์ ซีอาที สามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ เช่น แบ่งเป็นจอแบบตัวอักษรกับจอแบบกราฟิก โดยจอภาพแบบตัวอักษรจะมีหน่วยวัดเป็นจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัด เช่น 80 ตัวอักษร 25 บรรทัด สำหรับจอคอมพิวเตอร์แบบกราฟิก จะมีหน่วยวัดเป็นจุด (พิกเซล) เช่น 640 พิกเซล x 480 พิกเซล

จอภาพมอนิเตอร์ เป็นอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลผลลัพธ์ มีรูปร่างลักษณะคล้ายเครื่องรับโทรทัศน์ สามารถแสดงผลได้ทั้งตัวหนังสือ ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวจะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- 1) จอซีอาที คือจอภาพที่รับสัญญาณภาพแบบอะนาล็อก พัฒนามาจากหลอดภาพโทรทัศน์ โดยใช้หลอดภาพในการแสดงผลเช่นเดียวกัน จอซีอาร์ที จะทำงานโดยอาศัยหลอดภาพที่สร้างภาพโดยการยิงลำแสงอิเล็กตรอนไปยังที่ผิวหน้าจอ ซึ่งมีสารประกอบของฟอสฟอรัสฉาบอยู่ที่ผิว เมื่อถูกแสงอิเล็กตรอนมากระทบสารเหล่านี้จะเกิดการเรืองแสงขึ้นมาทำให้เกิดเป็นภาพจอภาพสีเดียวที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่าโมโนโครม หรือ เอ็มทีเอ และแสดงผลได้เฉพาะภาวะตัวอักษรแค่อำยแต่มีความละเอียดสูง หากต้องการแสดงผลในภาวะกราฟิกก็ต้องเลือกภาวะการแสดงผลอีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า ซีจีเอ ที่สามารถแสดงสีและกราฟิกได้แต่ความละเอียดน้อย

2) เทคโนโลยีมอเนออร์แอลซีดี ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบดิจิทัล แสดงดังรูปที่ 2.25 โดยภาพที่ปรากฏจะเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพผ่านชั้นกรองแสงแล้ววิ่งไปยัง คริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงิน กลายเป็น พิกเซล หลักการทำงานของมอเนออร์แบบ แอลซีดี จะทำงานโดยการให้แสงขาวผ่านตัวแอ็คทีฟฟิลเตอร์ ซึ่งหมายความว่า แม่สีแสง (สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน) นั้นได้มาจากการกลั่นกรองแสงขาว

คุณสมบัติของจอร์ับสัญญาณภาพ ฮอว์คอาย 4

- 1) สามารถบันทึกลง เอสดี การ์ด ได้
- 2) เสาสัญญานรรับ 5.8 จิกะเฮิรท์ซ ทั้งสองเสา
- 3) มีแบตเตอรี่ในตัว
- 4) มีช่องชาร์จไมโคร ยูเอสบี
- 5) ใช้งานต่อเนื่องได้มากที่สุด 3 ชั่วโมง



รูปที่ 2.25 จอมอนิเตอร์

(ที่มา: <https://shorturl.asia/PlxFH>)

2.20 ภาคส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย

ภาคส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย [20] หลักการรับ-ส่งคลื่นวิทยุ คลื่นวิทยุที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้น จะมีการแพร่กระจายออกไปทุกทิศทางคลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเดินทางไปด้วยความเร็วเท่ากับแสง แต่สัญญาณที่เครื่องรับจะรับได้ก็อ่อนลงไปเรื่อยๆ ระบบสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ เครื่องส่งวิทยุ แสดงดังรูปที่ 2.26 จะนำสัญญาณข่าวสารได้แก่ เสียง ภาพ ข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่ำไปทำการผสมกับสัญญาณพาห้ความถี่สูงที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ จากนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะป้อนเข้าสู่วงจรขยายกำลังความถี่วิทยุเพื่อส่งผ่านสายส่งไปยังสายอากาศของเครื่องส่ง เพื่อทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านช่องทางการสื่อสาร ซึ่งได้แก่อากาศหรือชั้นบรรยากาศออกไปยังเครื่องรับวิทยุ ทางด้านเครื่องรับวิทยุสายอากาศรับจะทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่วิทยุจากอากาศป้อนเข้าสู่วงจรจุดความถี่โดยจะทำการเลือกรับความถี่เพียงความถี่เดียวเท่านั้นเข้ามาตามความต้องการและทำการแยกสัญญาณข่าวสารออกจากความถี่คลื่นพาห์โดยวงจรดีมอดูเลเตอร์ กลับคืนมาก่อนที่จะส่งสัญญาณข่าวสารไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต ได้แก่ หลอดภาพโทรทัศน์ ลำโพง เป็นต้น

ขั้นตอนการปรับกำลังส่ง

- 1) กดปุ่มค้างไว้จนไฟ เอลอีดี สีแดงติด
- 2) กดปุ่มแล้วปล่อยเพื่อเปลี่ยนค่ากำลังส่ง
- 3) เอลอีดี ติด 1 ดวงคือ 25 มิลลิวัตต์
- 4) เอลอีดี ติด 3 ดวง คือ 600 มิลลิวัตต์
- 5) เมื่อได้ค่าที่ต้องการ ให้ออกแล้วตัวเครื่องจะจดจำค่าล่าสุดไว้



รูปที่ 2.26 ภาคส่งสัญญาณวิดีโอไร้สาย

(ที่มา: <https://shorturl.asia/GBXCu>)

2.21 กล้องถ่ายภาพ

เป็นกล้องถ่ายภาพ วิดีโอ [21] ที่มีค่าจำนวนเส้นที่กล้องสามารถแสดงภาพได้ ซึ่งมีผลต่อความคมชัดของตัวกล้องวงจรปิด ยิ่งมีค่ายิ่งมากภาพก็จะยิ่งชัดขึ้นละเอียดขึ้น เช่น กล้องวงจรปิด ความคมชัด 520 เส้น จะให้ภาพที่ชัดกว่ากล้องวงจรปิดที่มีความคมชัด 420 เส้น เป็นต้น กล้องอ

นาล็อกเป็นกล้องวงจรปิดยุคแรกๆที่นิยมใช้กัน โดยการส่งสัญญาณภาพนั้นจะใช้สายประเภทโคแอกเซียลมีประเภทดังนี้

1) กล้องอนาล็อกคือกล้องวงจรปิดรุ่นแรกที่มีน้ำหนักความละเอียดแบบทีวีแอล (ทีวี ไลน์) ตั้งแต่ 450-800 ทีวีไลน์เป็นหน่วยวัดความละเอียดของกล้องวงจรปิดที่เป็นระบบอนาล็อก ถ้าตัวเลขมากก็หมายความว่ากล้องตัวนั้นมีความละเอียดสูงซึ่งทุกวันนี้มีมากถึง 1,200 ทีวีไลน์ แสดงดังรูปที่ 2.27

2) กล้อง เอเอชดี (อนาล็อก เอชดี) คือกล้องวงจรปิดที่พัฒนาต่อมาจากกล้องอนาล็อกเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นกล้องประเภทนี้น้ำหนักความละเอียดเป็น เอ็มพี (เมกะ พิกเซล = ล้าน) ให้ความคมชัดและสีที่สวยขึ้นไปอีกและเครื่องบันทึกที่รองรับกล้องเอเอชดียังสามารถรองรับกล้องอนาล็อกแบบเดิมได้อีกด้วย

3) กล้อง เอชดี-ซีวีแอล คือกล้องวงจรปิดที่ต่อยอดมาจากเอเอชดี ซึ่งความละเอียดต่างๆจะมีหน่วยและการเปรียบเทียบเดียวกันกับระบบเอเอชดี แต่กล้องประเภทเอชดี-ซีวีแอล ได้พัฒนาความละเอียดถึง 3-5 เอ็มพี

4) กล้อง เอชดี-ทีวีไอ คือกล้องวงจรปิดที่ต่อยอดมาจาก เอเอชดี ซึ่งความละเอียดต่างๆจะมีหน่วยและการเปรียบเทียบเดียวกันกับระบบ เอเอชดี แต่กล้องประเภท เอชดี-ทีวีแอล ได้พัฒนาความละเอียดถึง 3-4 เอ็มพี

คุณสมบัติของกล้อง

- 1) ประเภทเซนเซอร์คือ 1/3 ซีมอส
- 2) มีความละเอียด 1200 ทีวีแอล
- 3) ระยะเลนส์มีขนาด 2.1 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.27 กล้อง Foxeer Razer 1200TVL Mini

(ที่มา: <https://guru.sanook.com/2574/>)

2.22 ชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด

ชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด [21] สามารถปรับกระแสในการชาร์จได้ตั้งแต่ 150 มิลลิแอมป์ – 2 มิลลิแอมป์ ซึ่งวงจรนี้ต้องใช้กับหม้อแปลงขนาด 15 โวลต์ 3 แอมป์ โดยให้ SW1 ใช้สำหรับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

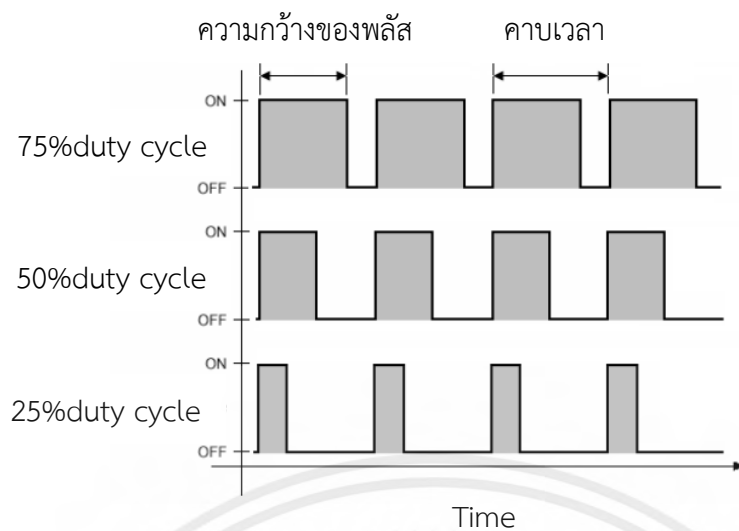
เลือกขนาดแรงดันของแบตเตอรี่ที่เราต้องการนำไปชาร์จ มีแบบ 6 โวลต์ กับ 12 โวลต์ ให้ SW2 เป็นปุ่มกดเมื่อต้องการเริ่มชาร์จ และให้ VR1 ใช้เป็นตัวปรับกระแสที่เราต้องการชาร์จ VR2 ใช้เป็นตัวตั้งจุดตัดการชาร์จก็คือ 13.8 โวลต์ เมื่อนำไปชาร์จกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ VR3 ใช้เป็นตัวตั้งจุดตัดการชาร์จ เมื่อนำไปชาร์จกับแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด
(ที่มา: <https://shorturl.asia/H7qvkl>)

2.23 สัญญาณพัลส์

พีดีบีวีเอ็ม [23] คือสัญญาณพัลส์ ที่มีค่าความถี่ที่คงที่แต่ความกว้างของพัลส์ที่เปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 2.29 เป็นเทคนิคที่ทำให้เราสามารถอ่านและเขียนข้อมูลแบบอนาล็อกด้วยสัญญาณดิจิทัล ได้โดยตัวควบคุมการสร้างสัญญาณแบบดิจิทัล โดยจะเป็นการสร้างสัญญาณในรูปแบบสี่เหลี่ยม นำมาเปรียบเทียบกับแล้ววิเคราะห์ ซึ่งในระบบสัญญาณแบบดิจิทัลนั้น จะสร้างสัญญาณแบบสลับกันเปิด(ฮาย) กับ ปิด(โลว) เท่านั้น ถ้าต้องการจะนำระบบดิจิทัลไปควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องควบคุมด้วยสัญญาณอนาล็อก ซึ่งมักนิยมมาใช้ในการควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 2.29 สัญญาณ Pulse Width Modulation

(ที่มา: <https://shorturl.asia/0kE2q>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

บทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยมีบทนำการออกแบบ การออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบโปรแกรม การออกแบบโครงสร้าง บล็อกไดอะแกรมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

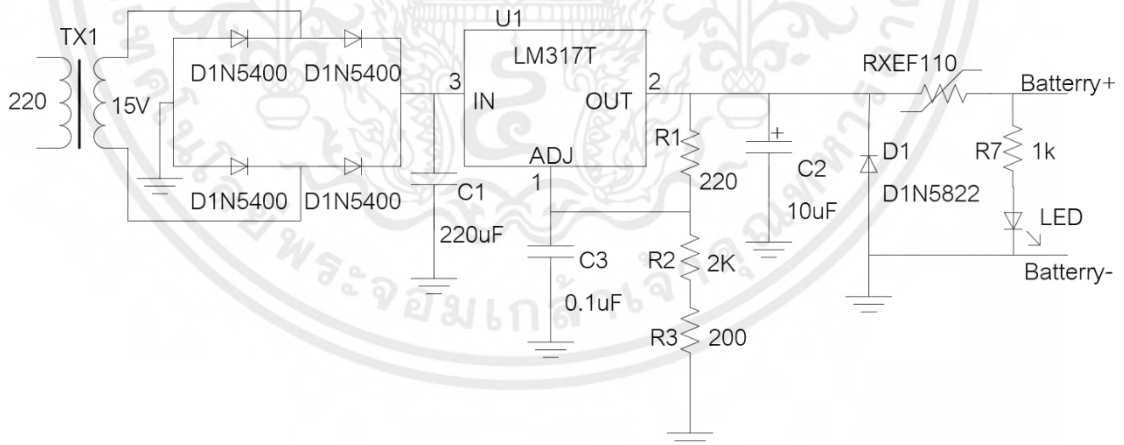
3.1 บทนำการออกแบบ

การออกแบบไม่ว่าจะเป็น การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบโปรแกรม และการออกแบบโครงสร้าง ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญทั้งสิ้น เนื่องจากการออกแบบจะส่งผลกระทบต่อการทำงาน และทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโครงสร้างของงานชิ้นนั้นอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบต่างๆจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของตัวรถตัดหญ้าอย่างยิ่ง

3.2 การออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์

3.2.1 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

วงจรชาร์จแบตเตอรี่ของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ แสดงดังรูปที่ 3.1

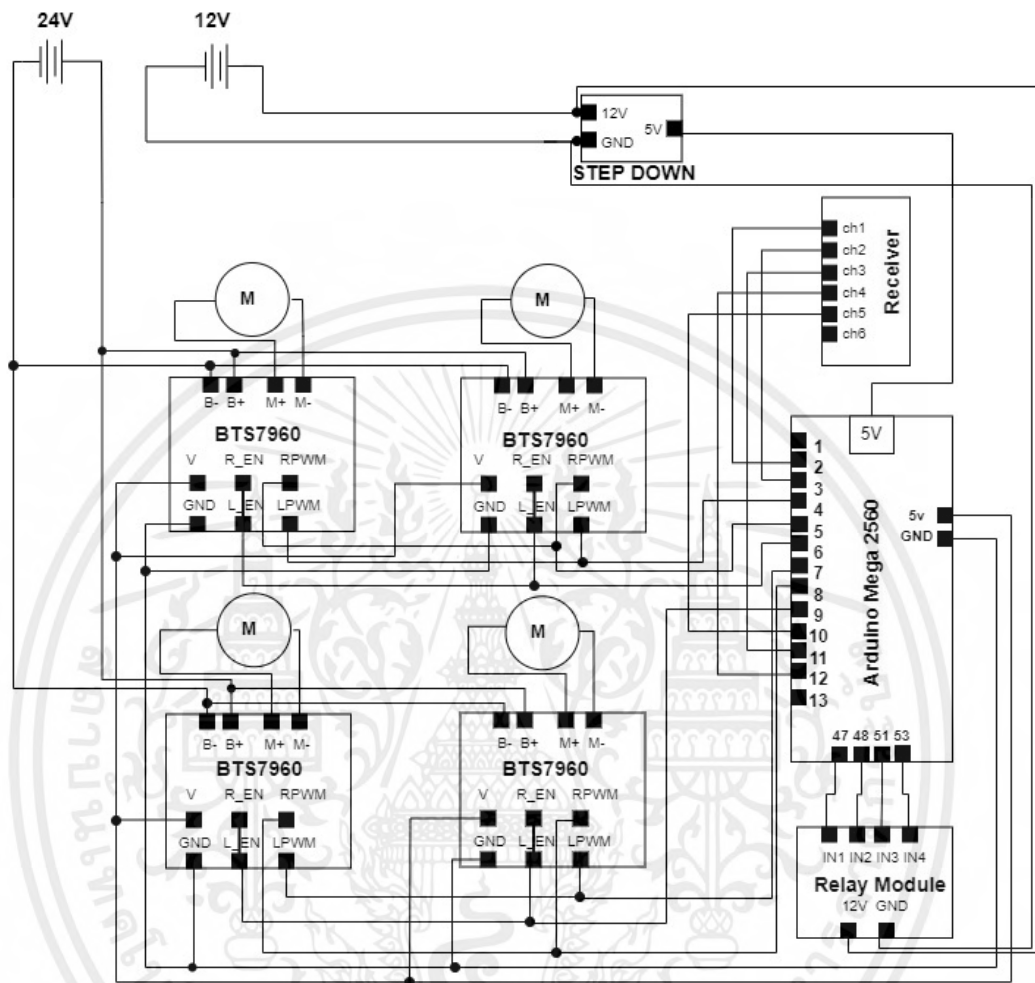


รูปที่ 3.1 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

จากรูปที่ 3.1 วงจรชาร์จของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุโดยการทำงานจะเริ่มจาก ไฟฟ้ากระแสสลับจะเข้าผ่านไดโอดบริททำให้ไฟฟ้าที่ออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแต่ยังไม่มีควมเรียบมากพอจึงใส่คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เพื่อกรองให้เรียบขึ้นต่อมามีการใช้ไอซี LM137 เพื่อจะทำหน้าที่รักษาแรงดันให้คงที่ หลังจากนั้นจะมีตัว polyfused ความคุมกระแสให้เอาต์พุตก่อนออกเอาต์พุต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ แสดงดังรูปที่ 3.2



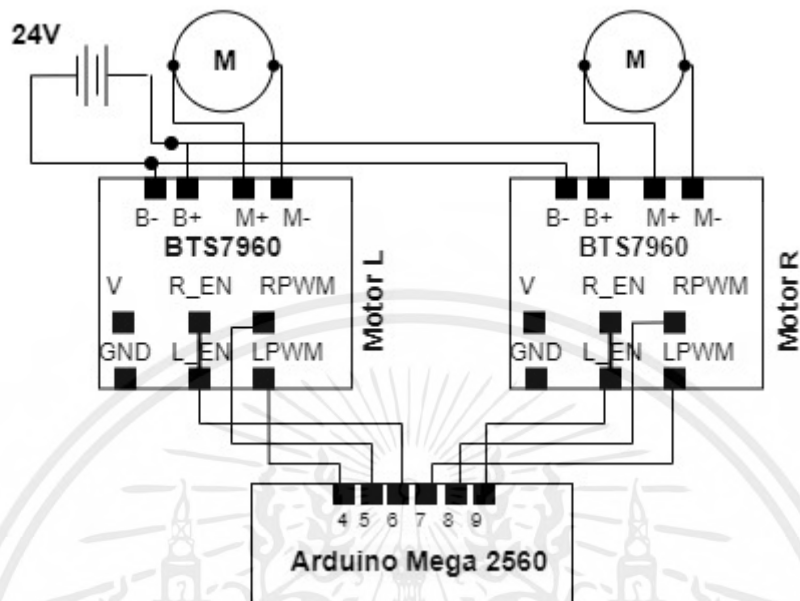
รูปที่ 3.2 วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

จากรูปที่ 3.2 คือวงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ อาศัยโนเป็นส่วนควบคุมหลักโดยควบคุมการทำงานของไดร์มอเตอร์ รับค่าความเร็วของรถ อาศัยโนควบคุมการทำงานของบอร์ดไดร์มอเตอร์ โดยมอเตอร์ควบคุมมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว ซึ่งเป็นมอเตอร์เดินหน้าถ้อยหลังและเลียซ้ายขวา และควบคุมระดับใบตัดผ่านรีโมท มีภาพวงจรจริงอยู่ในภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.3

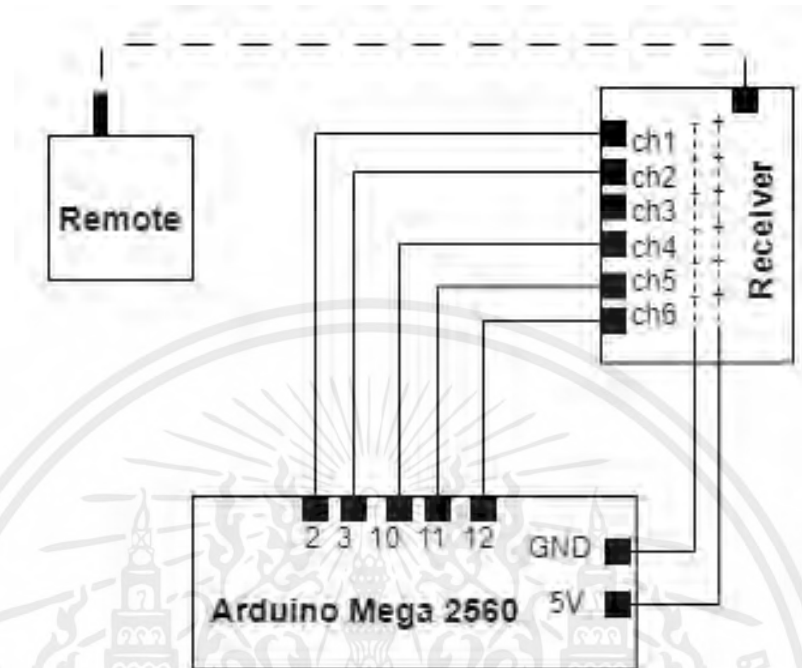


รูปที่ 3.3 วงจรขับมอเตอร์

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรขับมอเตอร์ การทำงานคือเริ่มจากรับค่าอาดูโนเมกะ 2560 ส่งค่าเข้าบอร์ดพีทีเอส 7960 โดยให้ขา R_EN ต่อเข้ากับขา LEN เพื่อให้เป็นขาควบคุมอินาเบลและต่ออาพีดับบีวเอ็ม กับขาแอลพีดับบีวเอ็มจ่ายสัญญาณพีดับบีวเอ็ม เพื่อให้ควบคุมหมุนซ้ายหรือหมุนขวา ต่อขา B+ B- เข้ากับแบตเตอรี่และต่อขา M+ M- เข้ากับมอเตอร์

3.2.4 วงจรส่งสัญญาณ

วงจรส่งสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.4

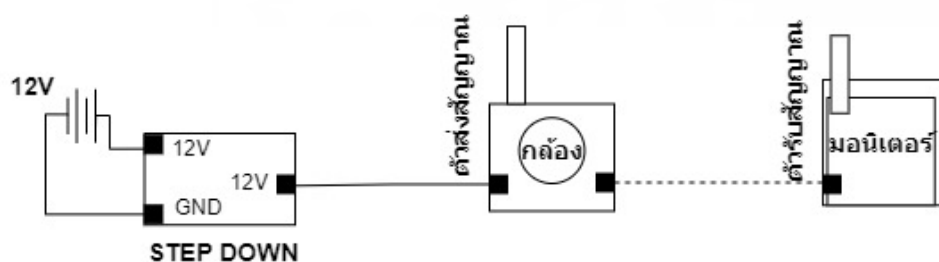


รูปที่ 3.4 วงจรส่งสัญญาณ

จากรูปที่ 3.4 เป็นวงจรส่งสัญญาณ มีรีโมทหลายสกาย เอฟเอส-ไอ6เอ็กซ์ เป็นตัวรับส่งสัญญาณ ซึ่งจะเป็นสัญญาณคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิรท์ซ ที่รองรับสัญญาณ 6 แชนเนล โดยให้รีซีฟเวอร์เป็นตัวรับสัญญาณจากรีโมทเพื่อส่งให้อา두โนเมกะ 2560 เพื่อใช้ในการควบคุมบอร์ดบีทีเอส7960 โมดูลรีเลย์ และเซอร์โว

3.2.5 วงจรแสดงภาพผ่านจอมอนิเตอร์

วงจรแสดงภาพผ่านจอมอนิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรแสดงภาพผ่านจอมอนิเตอร์

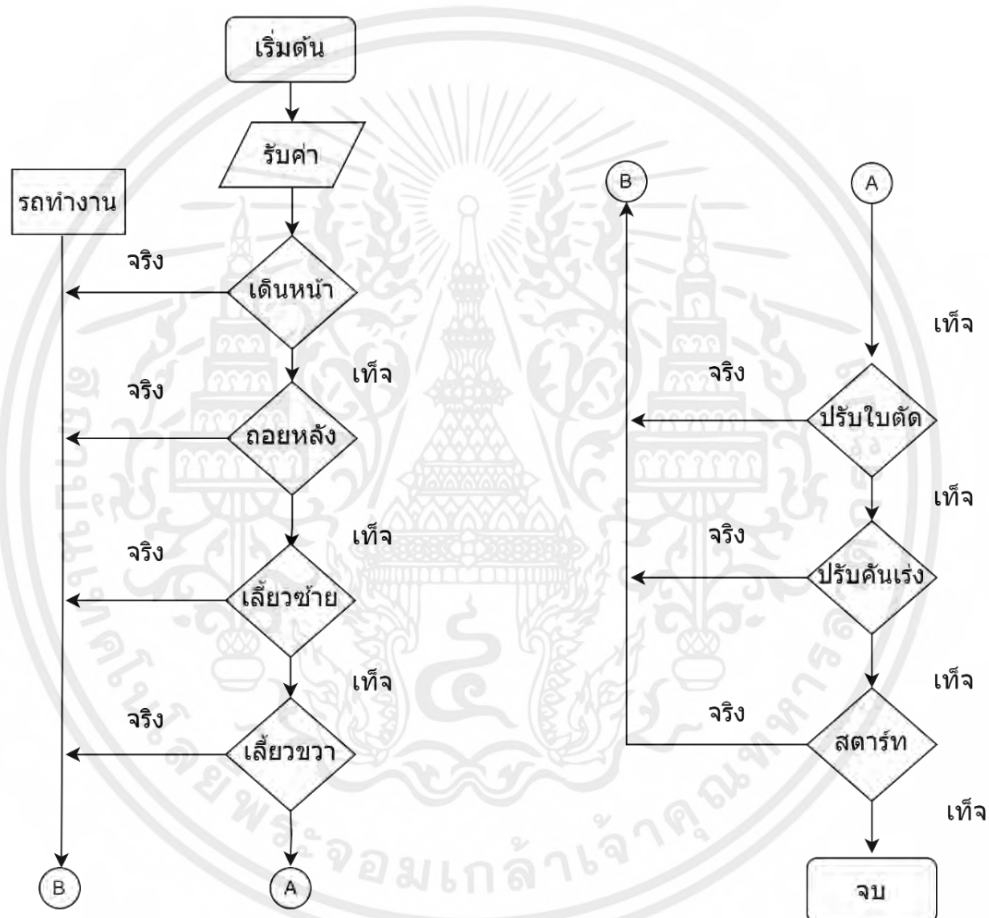
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เริ่มจากแหล่งจ่ายก็คือแบตเตอรี่ 12 โวลต์ จ่ายไฟให้กับสแต็ปดาวนเพื่อทำให้มีแรงดันคงที่และป้องกันไม่ให้เกิดกระแสเกิน 3 แอมป์และจ่ายไปยังภาคส่งสัญญาณที่มีกล้องติดอยู่ หลังจากนั้นจอมอนิเตอร์จะทำการรับสัญญาณจากภาคส่งมาแสดงผลแบบเรียลไทม์

3.3 การออกแบบโปรแกรม

3.3.1 แผนผังการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

แผนผังการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

จากรูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุโดยการทำงานเมื่อมีการกดรีโมท เริ่มต้นการทำงานรับค่าจากรีโมท กดสตาร์ท เพื่อให้รถบังคับสตาร์ทเครื่องยนต์ กดเดินหน้า เพื่อให้รถบังคับเดินไปด้านหน้า กดถอยหลัง เพื่อให้รถบังคับเดินถอยหลัง กดเลี้ยวซ้าย เพื่อให้รถบังคับเดินไปด้านซ้าย กดเลี้ยวขวา เพื่อให้รถบังคับเดินไปด้านขวา กดปรับใบตัด เพื่อให้รถบังคับปรับระดับใบตัดขึ้นหรือลงและ กดปรับคันเร่ง เพื่อให้รถบังคับปรับคันเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุมีความสำคัญมาก ถ้าโครงสร้างไม่แข็งแรง จะทำให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพและจะทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานตามมา ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของตัวรถตัดหญ้าอย่างยิ่ง

3.4.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

1) ออกแบบโครงสร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยมีขนาดกว้าง 120×100×30 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

2) ออกแบบชุดขับเคลื่อน

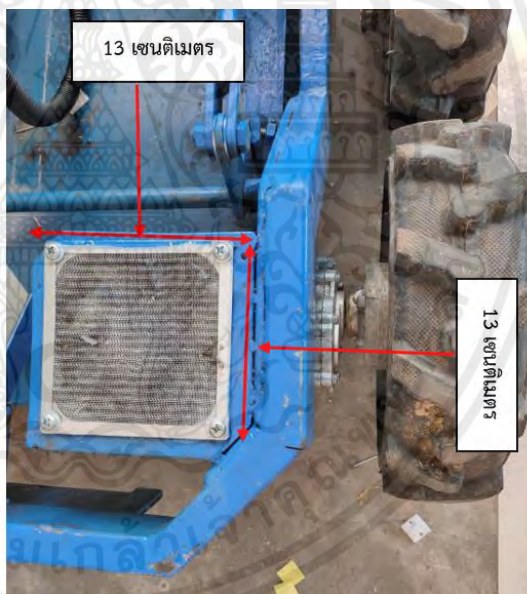
ออกแบบโดยใช้ล้อยางตันจำนวน 6 ล้อ แต่ละล้อนี้นิว 11 นิ้ว โดยมีมอเตอร์ 4 ตัว อยู่ที่สองล้อหน้ากับสองล้อหลังและให้ล้อหลังทั้งสองฝั่งมีเฟืองเพื่อใส่โซ่จากล้อหลังไปยังล้อกลาง เพื่อให้ล้อหลังเป็นตัวส่งกำลังให้ล้อกลางในการขับเคลื่อน และออกแบบให้มีพัดลมระบายอากาศให้มอเตอร์ทั้ง 4 ตัว ซึ่งจะให้มีขนาด 5×5×3 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.8



(ก)



(ข)



(ค)

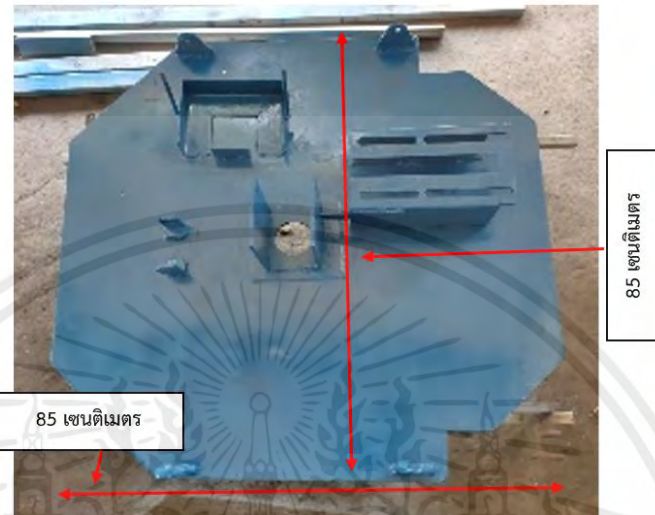
รูปที่ 3.8 ชุดขับเคลื่อน

(ก)โครงสร้างล้อ (ข)ชุดล้อหลัง (ค)ชุดล้อหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ออกแบบฐานตัวเครื่องของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

โดยมีขนาด 85×85×9 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.8 และออกแบบให้มีที่ติดตั้งแบตเตอรี่ 2 ก้อน เครื่องยนต์ 1 เครื่อง เกียร์เปลี่ยนทิศทาง 1 ชุดและไดชาร์จ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ฐานตัวเครื่องของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4) ออกแบบชุดใบตัด

ออกแบบโดยใช้เหล็กหนาตามของใบตัดมีความหนา 9 มิลลิเมตร ส่วนเฉพาะใบตัดมีความหนา 6 มิลลิเมตรทั้งสองข้างมีความยาวข้างละ 9 เซนติเมตร โดยมีความยาวรวม 80 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.10



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 3.10 ชุดใบตัด

(ก)ด้ามใบตัดหญ้า (ข)ใบตัดหญ้า

5) ออกแบบที่ยึดลิเนียร์มอเตอร์

ออกแบบให้จุดเริ่มต้นถึงจุดปลายของลิเนียร์มอเตอร์ให้มีขนาดยาว 40 เซนติเมตร โดยตั้งศูนย์ขององศาให้เท่ากัน และเสริมตัวยึดลิเนียร์มอเตอร์กลับหัวทั้งสองข้าง แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ที่ยึดลิเนียร์มอเตอร์

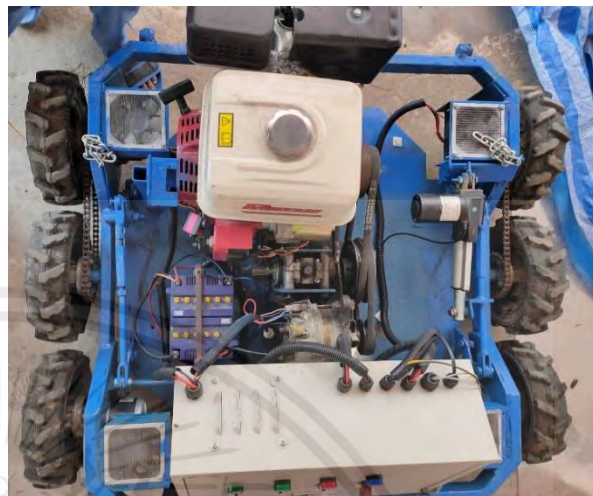
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์

นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 3.12



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.12 ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์

(ก)ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ (ข)หลังติดตั้งอุปกรณ์

3.4.2 ภาพรถตัดหญ้าบังคับวิทยุแบบ 3D และ เครื่องจริง



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 3.13 ภาพรถตัดหญ้าบังคับวิทยุแบบ 3D และ เครื่องจริง

(ก)ภาพ 3D (ข)ภาพเครื่องจริง (ค)ภาพเครื่องจริง (ง)ภาพเครื่องจริง (จ)ภาพเครื่องจริง

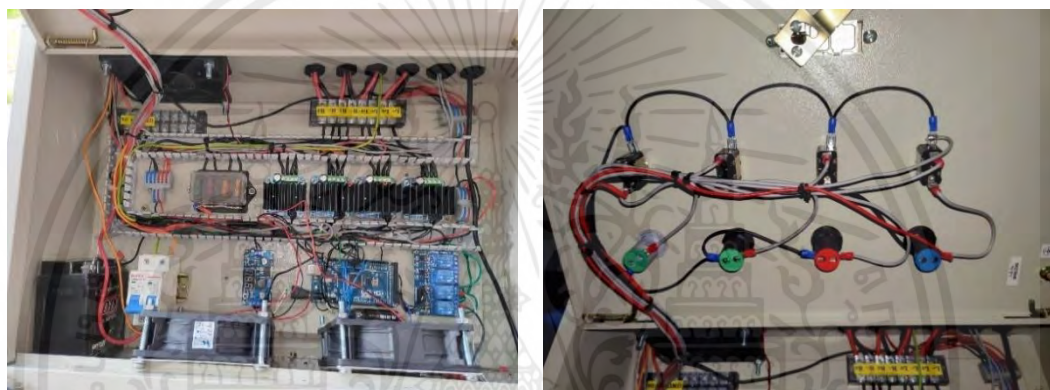
3.4.3 การออกแบบชุดควบคุมระบบรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

กล่องควบคุมระบบจะอยู่ข้างในรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษหิน กระเด็นโดนกล่องอาจจะทำให้เสียหายอีกทั้งยังง่ายต่อการป้องกันน้ำเข้าในกล่อง โดยในส่วนของกล่องควบคุมนั้นมีขนาด 350×520×170 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.14 ในส่วนของกล่องควบคุมนั้น จะประกอบไปด้วยพัดลม บอร์ดคอยน์เมกา 2560 บีทีเอส7960 สเต็ปดาวาร์ โมดูลรีเลย์ รีซีฟเวอร์ ฟิวส์ และอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

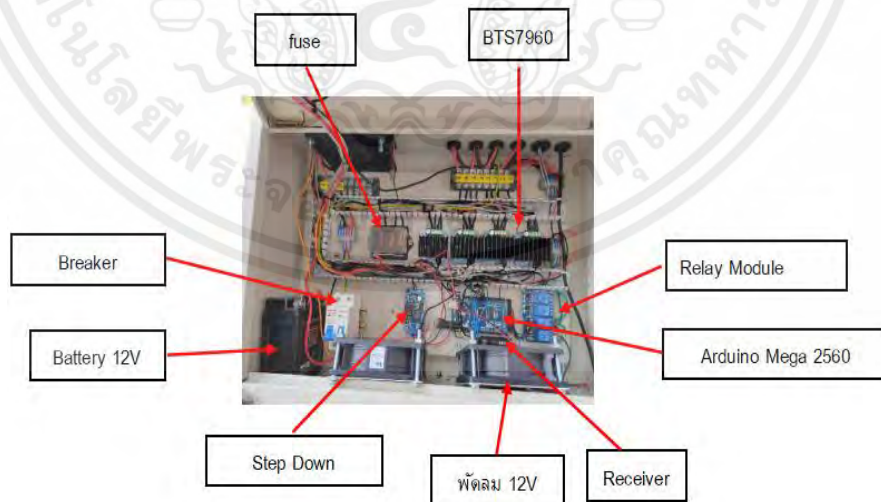


รูปที่ 3.14 ภายนอกของกล่องควบคุมระบบรดตัดหญ้าบังคับวิทยุ



(ก)

(ข)



(ค)

รูปที่ 3.15 ภายในของกล่องควบคุมระบบรดตัดหญ้าบังคับวิทยุ

(ก)การต่อชุดควบคุม (ข)การต่อสวิตช์ (ค)อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ระบบมอเตอร์

มอเตอร์ขับเคลื่อนรถ 24 โวลต์ ความเร็วรอบ 306 RPM กินกระแสสูงสุด 13 แอมป์ 250 วัตต์ โดยสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แต่ละตัวได้ดังสมการที่ 3.1

$$I = P / V \quad (3.1)$$

เมื่อ I = กระแสมอเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

P = กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

แทนค่าสมการที่ 3.1

$$I = 250 / 24$$

$$I = 10.41 \text{ แอมป์}$$

การหาลำดับกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 3.2

$$P = V \times I \times \text{Eff}$$

(3.2)

เมื่อ I = กระแสมอเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

P = กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

Eff = ประสิทธิภาพมอเตอร์ (มีค่า 0.85)

แทนค่าสมการที่ 3.2

$$P = V * I * \text{Eff}$$

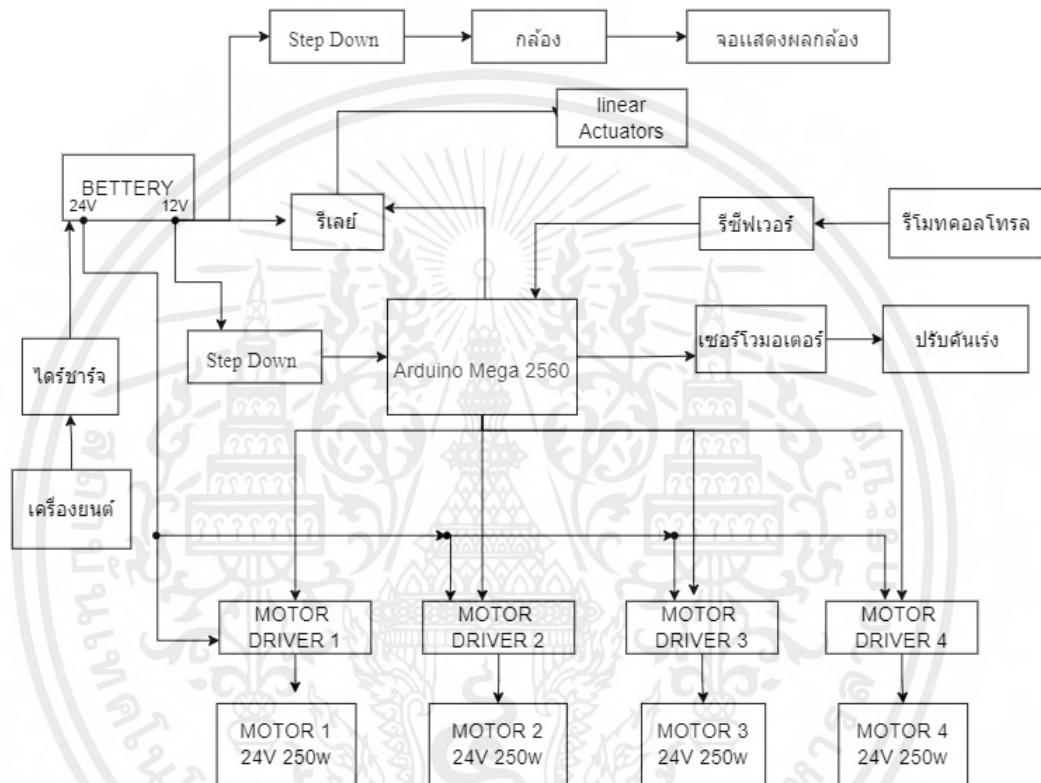
$$P = 24 * 10.4 * 0.85$$

$$P = 212.16 \text{ วัตต์}$$

ดังนั้น มอเตอร์กระแสตรง /24 โวลต์ มีกำลังไฟฟ้า 212.16 วัตต์

3.5 บล็อกไดอะแกรมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ การทำงานคืออาศัยโน้ตทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณจากสวิทช์ รีโมทคอนโทรล รีเลย์ กล้อง เพื่อประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังจอแสดงผลกล้อง ลิเนียร์มอเตอร์และมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว อีกการทำงานคือเครื่องยนต์ปั่นไฟเข้าไดร์ชาร์จและนำไปเก็บในแบตเตอรี่อีกทีแล้วจ่ายไฟไปให้บอร์ดไดร์มอเตอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทั้ง 4 ตัว แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

จากรูปที่ 3.1 แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ การทำงานแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

- 1) Battery ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับระบบขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไร้สาย
- 2) Step down ทำหน้าที่ลดแรงดันแบตเตอรี่ จาก 12 โวลต์ให้เหลือ 5 โวลต์เพื่อจ่ายไฟให้กับอาดยูโน่ เมกา 2560 และป้องกันกระแสไม่ให้เป็น 3 แอมป์ เพื่อจ่ายไฟให้ภาคส่งสัญญาณภาพ
- 3) Arduino mega 2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากรีซีฟเวอร์เพื่อส่งสัญญาณให้บอร์ดพีทีเอส7960 โมดูลรีเลย์ และเซอร์โวทำงาน
- 4) พีทีเอส7960 ทำหน้าที่รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) ไมครูลี่เลย์ ทำหน้าที่รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งให้ลิเนียร์มอเตอร์ทำงาน
- 6) เซอร์โว ทำหน้าที่รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการปรับคันเร่ง
- 7) เครื่องยนต์ ทำหน้าที่ส่งกำลังให้ใบตัดงานโดยผ่านเกียร์เปลี่ยนทิศทางและที่ส่งกำลังให้ได้

ชาร์จ

- 8) ไตชาร์จ ทำหน้าที่ผลิตไฟให้แบตเตอรี่
- 9) รีโมท ทำหน้าที่ส่งสัญญาณผ่านรีซีฟเวอร์เพื่อควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์

ทั้งหมด

- 9) กล้อง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังจอมอนิเตอร์
- 10) จอมอนิเตอร์ รับสัญญาณจากกล้องเพื่อมาแสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลองชาร์จแบตเตอรี่, การทดลองปรับระดับใบตัด, การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย การทดลองปรับความเร็วของตัวรถ ทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร การทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตร การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง การทดลองควบคุมระบบการสตาร์ทใบตัดหญ้าด้วยรีโมทซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองที่ 1 เรื่องการทดลองชาร์จแบตเตอรี่

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ เพื่อทดลองหาระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่

4.1.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองการชาร์จแบตเตอรี่
- 2) เพื่อทราบระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่

4.1.2 วิธีการทดลอง

- 1) วัดค่าแรงดันที่มีอยู่ของแบตเตอรี่และเช็คชุดชาร์จ
- 2) เสียบปลั๊กต่อกับไฟ 220 โวลต์ (ไฟบ้าน) และต่อสายชาร์จบวก ลบ เข้าที่แบตเตอรี่
- 3) กดปุ่มเพื่อทำการเริ่มชาร์จแบตเตอรี่ จะมีไฟแอลอีดีสีเขียวแสดงสถานะการชาร์จ
- 4) เมื่อไฟแอลอีดีสีเขียวดับแบตเตอรี่จะเต็มจึงทำการวัดค่าแรงดันอีกครั้งและบันทึกผล

4.1.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การทดลองชาร์จแบตเตอรี่

ชาร์จครั้งที่	แรงดันก่อนชาร์จ (โวลต์)	แรงดันหลังชาร์จ (โวลต์)	เวลาในการชาร์จ	
			ก่อนและหลัง	รวม
1	11.97	12.32	17.20น.-19.38น.	2 ชม. 18 นาที
2	11.12	12.31	22.00น.-00.26น.	2 ชม. 26 นาที
3	10.22	12.32	02.50น.-05.35น.	2 ชม. 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการทดลองชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ จำนวน 3 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งจะมีค่าแรงดัน ที่ต่างกัน เช่น การชาร์จครั้งที่ 1 จะใช้เวลา 2 ชั่วโมง 18 นาที การชาร์จครั้งที่ 2 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 26 นาที และชาร์จครั้งที่ 3 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 45 นาที สรุปผลได้ว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ทั้ง 3 ครั้ง จะใช้เวลาโดยประมาณ 2 ชั่วโมง 29 นาที



รูปที่ 4.1 ภาพแสดงค่าแรงดันก่อนชาร์จ

4.2 การทดลองที่ 2 เรื่องการทดลองปรับระดับใบตัด

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองปรับระดับใบตัดโดยเริ่มจาก 3 ถึง 10 เซนติเมตร โดยการทดลองนี้คือการทดลองปรับระดับใบตัดด้วยรีโมท เพื่อต้องการทราบระดับต่ำสุดและสูงสุดของใบตัดหญ้า

4.2.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองวัดการปรับระดับต่ำสุดและสูงสุดของใบตัด
- 2) เพื่อทดลองการทำงานของลิเนียร์มอเตอร์
- 3) เพื่อทดลองการทำงานของรีโมทไร้สายในการควบคุมชุดลิเนียร์มอเตอร์

4.2.2 วิธีการทดลอง

1) ตรวจสอบความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเข็มน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม

2) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กดปุ่มรีโมทให้ลิเนียร์มอเตอร์ทำงาน

4) ทำการวัดขอบใบตัดโดยเริ่มจาก 3 เซนติเมตรจนถึง 10 เซนติเมตรและทำการบันทึกผล

4.2.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 การทดลองปรับระดับใบตัด

ภาพการวัดระดับใบตัด	ระดับใบตัด (เซนติเมตร)	การปรับระดับใบตัดครั้งที่		
		1	2	3
	3	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	5	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	7	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	10	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองพบว่ารถบังคับวิทยุสามารถปรับระดับใบพัดโดยเริ่มปรับระดับ 3 เซนติเมตร ผ่านทั้ง 3 ครั้ง ปรับระดับ 5 เซนติเมตร ผ่านทั้ง 3 ครั้ง ปรับระดับ 7 เซนติเมตร ผ่านทั้ง 3 ครั้งและปรับระดับ 10 เซนติเมตร ผ่านทั้ง 3 ครั้ง

4.3 การทดลองที่ 3 เรื่องการทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย

การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สายโดยตั้งระยะการวัดไว้ที่ 0 ถึง 300 เมตรเพื่อต้องการทราบระยะการส่งสัญญาณที่ส่งจากรีโมทไร้สายไปยังอากาศยาน เมกา 2560 ส่งงานให้บอร์ดพีซี เอส7960 ควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4.3.1 วัตถุประสงค์




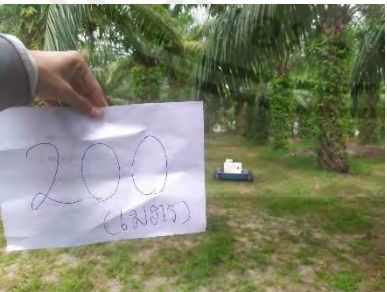
- 1) เพื่อทดลองการทำงานของรีโมทไร้สายในการควบคุมรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ
- 2) เพื่อทดลองการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยรีโมทไร้สาย
- 3) เพื่อทดลองวัดระยะการส่งสัญญาณของตัวรีโมทกับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4.3.2 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการวัดระยะเริ่มต้นถึงปลายทางจากระยะ 0 ถึง 300 เมตร โดยทำสัญลักษณ์ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุด 50 เมตร 100 เมตร 150 เมตร 200 เมตร 250 เมตรและ 300 เมตร
- 2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม
- 3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน
- 4) กดรีโมทให้รถเริ่มวิ่งตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึง 50 เมตร 100 เมตร 150 เมตร 200 เมตร 250 เมตรและ 300 เมตรและทำการบันทึกผลว่ารีโมทสามารถควบคุมรถบังคับวิทยุให้สามารถทำงานได้หรือรีโมทไม่สามารถควบคุมรถบังคับวิทยุให้สามารถทำงานได้

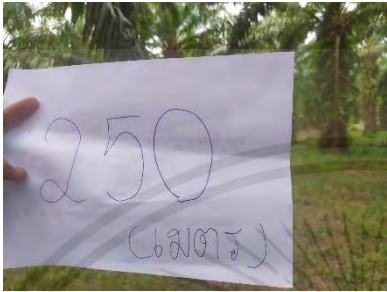

4.3.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย

ระยะทาง (เมตร)	ภาพประกอบ	การส่งสัญญาณ					
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
50		✓		✓		✓	
100		✓		✓		✓	
150		✓		✓		✓	
200			✓		✓		✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สาย (ต่อ)

ระยะทาง (เมตร)	ภาพประกอบ	การส่งสัญญาณ					
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
250			✓		✓		✓
300			✓		✓		✓

4.3.4 บันทึกผลย่อผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถส่งสัญญาณจากรีโมทเพื่อควบคุมในระยะทาง 50 เมตรผ่าน 3 ครั้งระยะทาง 100 เมตรผ่าน 3 ครั้งระยะทาง 150 เมตรผ่าน 3 ครั้งระยะทาง 200 เมตรไม่ผ่าน 3 ครั้งระยะทาง 250 เมตรไม่ผ่าน 3 ครั้งและระยะทาง 300 เมตรไม่ผ่าน 3 ครั้ง

4.4 การทดลองที่ 4 เรื่องการทดลองปรับความเร็วรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

การทดลองปรับความเร็วรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยการทดลองนี้คือการทดลองที่ใช้รีโมทไร้สายในการควบคุมความเร็วของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ โดยจะส่งสัญญาณไปยังอายุโน้ เมกา2560 สั่งงานให้บอร์ดพีซีเอส7960 ควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4.4.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองการปรับความเร็วรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ
- 2) เพื่อทดลองการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4.4.2 วิธีการทดลอง

- 1) เตรียมสถานที่ให้รถวิ่งเพื่อทำการทดลองการเคลื่อนที่และปรับความเร็วของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตรวจสอบความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม

3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน

4) กดรีโมทให้รถวิ่งเดินหน้าเพื่อปรับระดับความเร็วรถจากช้า ปานกลาง เร็วและทำการบันทึกผลทำซ้ำ 3 ครั้ง วิ่งถอยเพื่อปรับระดับความเร็วรถจากช้า ปานกลาง เร็วและทำการบันทึกผลทำซ้ำ 3 ครั้ง วิ่งเลี้ยวซ้ายเพื่อปรับระดับความเร็วรถจากช้า ปานกลาง เร็วและทำการบันทึกผลทำซ้ำ 3 ครั้งและวิ่งเลี้ยวขวาเพื่อปรับระดับความเร็วรถจากช้า ปานกลาง เร็วและทำการบันทึกผลทำซ้ำ 3 ครั้ง

4.4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดลองปรับความเร็วของตัวรถ

การเคลื่อนที่	ปรับความเร็ว ครั้งที่ 1		ปรับความเร็ว ครั้งที่ 2		ปรับความเร็ว ครั้งที่ 3	
	ช้า	เร็ว	ช้า	เร็ว	ช้า	เร็ว
เดินหน้า	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ถอยหลัง	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เลี้ยวซ้าย	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เลี้ยวขวา	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

4.4.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถเคลื่อนที่เดินหน้าด้วยการปรับความเร็ว ความช้าและเร็ว ผ่านทั้ง 3 ครั้ง เคลื่อนที่ถอยหลังด้วยการปรับความเร็ว ความเร็ว ผ่านทั้ง 3 ครั้ง เคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายด้วยการปรับความเร็ว ความเร็วผ่านทั้ง 3 ครั้ง และเคลื่อนที่เลี้ยวขวาดด้วยการปรับความเร็วช้า ปานกลาง เร็วผ่านทั้ง 3 ครั้ง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.3 ภาพการเคลื่อนที่ของตัวรถ
(ก)เดินหน้า (ข)ถอยหลัง (ค)เลี้ยวซ้าย (ง)เลี้ยวขวา

4.5 การทดลองที่ 5 เรื่องการทดลองขับเคลื่อนเนิน 15 องศา

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองขับเคลื่อนเนิน 15 องศา โดยจะทำการวัดองศาของเนินถนนที่ต้องการจะทดลอง เพื่อดูว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถขับเคลื่อนเนิน 15 องศาได้หรือไม่

4.5.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองการขึ้นเนินของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ
- 2) เพื่อทดลองรถตัดหญ้าบังคับวิทยุว่าสามารถขึ้นเนินได้กี่องศา

4.5.2 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการวัดองศาของเนินถนนให้ได้ไม่ต่ำกว่า 15 องศา เพื่อทำการทดลอง
- 2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คน้ำมัน

ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเซ็นสัญญานโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน

4) กดรีโมทให้รถวิ่งเพื่อขับขึ้นเนิน 15 องศาที่โรงเรียนชุมชนบ้านหินกบกับชอยสะพานหินกบและทำการบันทึกผล

4.5.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา

สถานที่	รูปประกอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
โรงเรียนชุมชนบ้านหินกบ		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ชอยสะพานหินกบ		ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

4.5.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถขับขึ้นเนินทางเข้าโรงเรียนชุมชนบ้านหินกบเนินสูง 15 องศาได้ทั้ง 3 ครั้ง และขับขึ้นเนินทางเข้าชอยสะพานหินกบเนินสูง 15 องศาได้ทั้ง 3 ครั้ง

4.6 การทดลองที่ 6 เรื่องการทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร โดยหาสถานที่และทำการวัดความสูงของหญ้าให้ได้ขนาด 1 เมตรและทำการตัดหญ้า เพื่อต้องการทราบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้าสูง 1 เมตรได้หรือไม่

4.6.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดลองการตัดหญ้าของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพื่อต้องการทราบความสูงของหญ้าที่สามารถตัดได้

3) เพื่อทดลองการทำงานของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

4.6.2 วิธีการทดลอง

1) ทำการวัดความสูงของหญ้าให้ได้ขนาด 1 เมตรในพื้นที่ 240 ตารางเมตร

2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม

3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน

4) เริ่มจับเวลาแล้วกดรีโมทให้รถวิ่งเพื่อทำการตัดหญ้าในพื้นที่ที่กำหนดไว้ที่ 240 ตารางเมตรและบันทึกผล

4.6.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 การทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร

ครั้งที่	ภาพประกอบ	ตัดหญ้าสูง 1 เมตร		เวลาที่ใช้ตัด (นาท)
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1		✓		10.32
2		✓		8.45

4.6.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้าสูงได้มากกว่า 1 เมตรในพื้นที่ 240 ตารางเมตร ครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการตัดหญ้า 10.32 นาทีและครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการตัดหญ้า 8.45 นาที รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้า 240 ตารางเมตรใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 9.38 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

(ค)

รูปที่ 4.5 ภาพการทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตร

(ก)ภาพความสูงของหญ้าที่จะตัด (ข)ภาพก่อนตัดหญ้า (ค)ภาพหลังตัดหญ้า

4.7 การทดลองที่ 7 เรื่องการทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตร

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตร โดยทำการวัดระยะจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด เราจะทำสัญลักษณ์ไว้ 3 จุดก็คือ 100 200 และ 300 เมตร เพื่อต้องการทราบว่ากล้องสามารถแสดงผลได้ในระยะกี่เมตร

4.7.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองระยะของสัญญาณที่สามารถส่งได้
- 2) เพื่อทดลองความชัดของภาพที่แสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์
- 3) เพื่อหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่สัญญาณส่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการวัดถนนระยะเริ่มต้นถึงปลายทางจากระยะ 0 ถึง 300 เมตร โดยทำสัญลักษณ์ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุด 100 เมตร 200 เมตรและ 300 เมตร
- 2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม
- 3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน
- 4) ทำการเชื่อมต่อกล้องเพื่อให้เห็นผ่านหน้าจอ
- 5) กดรีโมทให้รถวิ่งตามระยะทางที่กำหนดไว้โดยดูผ่านจอแสดงผลและทำการบันทึกผล

4.7.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.7 การทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตร

ระยะทาง (เมตร)	การส่งสัญญาณภาพ ครั้งที่ 1			การส่งสัญญาณภาพ ครั้งที่ 2			การส่งสัญญาณภาพ ครั้งที่ 3		
	มี	อ่อน	ไม่มี	มี	อ่อน	ไม่มี	มี	อ่อน	ไม่มี
100	✓			✓			✓		
200		✓			✓			✓	
300			✓			✓			✓

4.7.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.7 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถส่งสัญญาณภาพได้ดีในระยะ 100 เมตรแต่เมื่ออยู่ในระยะ 200 เมตรขึ้นไปสัญญาณภาพจะอ่อนทำให้จอภาพแสดงสัญญาณน้อยลงและเมื่ออยู่ในระยะ 300 เมตร หน้าจอแสดงผลจะดับเนื่องจากเป็นระยะที่สัญญาณส่งไม่ถึง

4.8 การทดลองที่ 8 เรื่องการทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองขับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุในระยะเวลา 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง โดยทำการขับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุให้ครบ 4 ชั่วโมงและวัดโวลต์กับกระแสทุกชั่วโมง

4.8.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองความสามารถของรถในการตัดหญ้าในเวลาที่กำหนด
- 2) เพื่อทดลองชุดควบคุมสามารถใช้งานได้นานหรือไม่
- 3) เพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าต่อหนึ่งชั่วโมง
- 4) เพื่อทดลองแบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ตามเวลาที่กำหนด

4.8.2 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการเตรียมสถานที่
- 2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม
- 3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน
- 4) กดรีโมทให้รถวิ่งเพื่อทำการตัดหญ้าโดยจับเวลา 4 ชั่วโมง ให้วัดโวลต์และแอมป์ทุกชั่วโมงและบันทึกผล

4.8.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

ภาพประกอบ	ค่าแรงดันที่วัดได้จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ก้อน (โวลต์)		เวลาที่ใช้ (นาที)
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	
	12.22	13.06	30

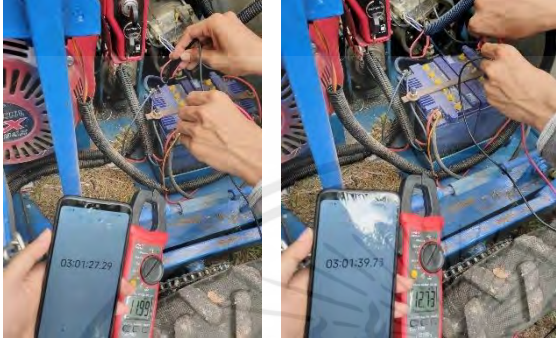


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (ต่อ)

ภาพประกอบ	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ก้อน (โวลต์)		เวลาที่ใช้ (นาที)
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	
	11.07	13.21	60
	11.32	12.57	90
	12.17	12.96	120
	12.11	12.77	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดลองรถสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (ต่อ)

ภาพประกอบ	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ก้อน (โวลต์)		เวลาที่ใช้ (นาที)
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	
	11.99	12.73	180
	12.53	13.18	210
	12.20	12.68	240

4.8.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.8 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง โดยตัดในพื้นที่สวนปาล์ม แบ่งในการตัดหญ้าออกเป็นครั้งละ 30 นาที ครั้งที่ 1 แบตเตอรี่วัดได้ก้อนที่ 1 อยู่ที่ 12.22 โวลต์ ก้อนที่ 2 อยู่ที่ 13.06 โวลต์ ครั้งที่ 2 แบตเตอรี่วัดได้ก้อนที่ 1 อยู่ที่ 11.07 โวลต์ ก้อนที่ 2 อยู่ที่ 13.21 โวลต์ ครั้งที่ 3 แบตเตอรี่วัดได้ก้อนที่ 1 อยู่ที่ 11.32 โวลต์ ก้อนที่ 2 อยู่ที่ 12.57 โวลต์ ครั้งที่ 4 แบตเตอรี่วัดได้ก้อนที่ 1 อยู่ที่ 12.17 โวลต์ ก้อนที่ 2 อยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.96 โวลต์ ครั้งที่ 5 แบตเตอรี่วัดได้ก่อนที่ 1 อยู่ที่ 12.11 โวลต์ ก่อนที่ 2 อยู่ที่ 12.77 โวลต์ ครั้งที่ 6 แบตเตอรี่วัดได้ก่อนที่ 1 อยู่ที่ 11.99 โวลต์ ก่อนที่ 2 อยู่ที่ 12.73 โวลต์ ครั้งที่ 7 แบตเตอรี่วัดได้ก่อนที่ 1 อยู่ที่ 12.53 โวลต์ ก่อนที่ 2 อยู่ที่ 13.18 โวลต์ ครั้งที่ 8 แบตเตอรี่วัดได้ก่อนที่ 1 อยู่ที่ 12.20 โวลต์ ก่อนที่ 2 อยู่ที่ 12.68 โวลต์ รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมง แบตเตอรี่วัดได้เฉลี่ยก่อนที่ 1 อยู่ที่ 11.95 โวลต์ และก่อนที่ 2 อยู่ที่ 12.98 โวลต์

4.9 การทดลองที่ 9 เรื่องการทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง

การทดลองนี้จะทำการทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมงโดยทำการเตรียมสถานที่ โดยทำการขับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุให้ครบ 1600 ตารางเมตรและทำการตัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

4.9.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดลองความสามารถของรถในการตัดหญ้าในเวลาที่กำหนด
- 2) เพื่อทดลองการกินน้ำมันของเครื่องยนต์ต่อการใช้งาน 1600 ตารางเมตร
- 3) เพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าต่อหนึ่งชั่วโมง

4.9.2 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการเตรียมสถานที่และวัดให้ได้ 1600 ตารางเมตร
- 2) ตรวจสอบเช็คความพร้อมพร้อมของตัวรถให้พร้อมทำงาน เช่น ตรวจสอบเช็คค่าน้ำมัน ตรวจสอบเช็คแบตเตอรี่ และสวิตช์ของชุดควบคุม
- 3) เชื่อมต่อสัญญาณตัวรถกับรีโมท ทดลองเช็คสัญญาณโดยการกดปุ่มสตาร์ทผ่านรีโมทให้ตัวรถทำงาน
- 4) เริ่มจับเวลาแล้วกดรีโมทให้รถวิ่งตัดหญ้าตามสถานที่ที่กำหนดไว้และเมื่อตัดหญ้าเสร็จแล้วทำการหยุดเวลาแล้วบันทึกผล

4.9.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง

ภาพประกอบ (ก่อนตัดและหลังตัด)	ทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้ตัด (นาที)
	1	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตร/ชั่วโมง (ต่อ)

ภาพประกอบ (ก่อนตัดและหลังตัด)	ทดลองครั้งที่	เวลาที่ใช้ตัด (นาที)
	2	31
	3	33

4.9.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากตารางที่ 4.9 ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้าในพื้นที่ 1600 ตารางเมตรต่อชั่วโมง โดยตัดในพื้นที่สวนปาล์ม 3 ไร่ แบ่งในการตัดหญ้าออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการตัด 36 นาที ครั้งที่ 2 ใช้เวลาตัด 31 นาทีและครั้งที่ 3 ใช้เวลาตัด 33 นาที รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้า 1600 ตารางเมตรใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 33.34 นาที

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค และวิธีแก้ไข ปัญหา ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองปรับระดับใบตัดโดยเริ่มจาก 3 ถึง 10 เซนติเมตร รถบังคับวิทยุสามารถปรับระดับใบตัดโดยเริ่มปรับระดับ 3 เซนติเมตรปรับระดับ 5 เซนติเมตรปรับระดับ 7 เซนติเมตรและปรับระดับ 10 เซนติเมตร และจากการทดลองขับรถตัดหญ้าด้วยระบบไร้สายโดยตั้งระยะการวัดไว้ที่ 0 ถึง 300 เมตรเครื่องรองรับระยะทางได้ไกลสุดอยู่ที่ 150 เมตร และจากการทดลองปรับความเร็วรถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ด้วยการปรับความเร็ว ความช้าและเร็ว ผ่านทั้ง 3 ครั้ง และจากการทดลองการทดลองขับขึ้นเนิน 15 องศา รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถขับขึ้นเนินทางเข้าโรงเรียนชุมชนบ้านหินกบและทางเข้าซอยสะพานสูง 15 ได้ทั้ง 3 ครั้ง และจากการทดลองตัดหญ้าสูง 1 เมตรรถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้าสูงได้มากกว่า 1 เมตรในพื้นที่ 240 ตารางเมตรใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 9.38 นาที และจากการทดลองการแสดงผลผ่านกล้องระยะ 300 เมตรเครื่องรองรับระยะทางได้ไกลสุดอยู่ที่ 150 เมตร และจากการทดลองขับรถตัดหญ้าบังคับวิทยุในระยะเวลา 4 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง รถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถใช้งานได้ 4 ชั่วโมง แบตเตอรี่วัดได้เฉลี่ยก้อนที่ 1 อยู่ที่ 11.95 โวลต์และก้อนที่ 2 อยู่ที่ 12.98 โวลต์ และจากการทดลองตัดหญ้า 1600 ตารางเมตรต่อชั่วโมงรถตัดหญ้าบังคับวิทยุสามารถตัดหญ้า 1600 ตารางเมตรใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 33.34 นาที และจากการทดลองชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาจะใช้ประมาณ 2 ชั่วโมง 29 นาที

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) ตัวรถใช้เวลาในการสร้างและแก้ไขเป็นเวลานานจึงทำให้เวลาไม่เพียงพอสำหรับการ
- 2) ผู้จัดทำไม่มีความชำนาญในการเขียนโค้ดจึงต้องใช้เวลาในการศึกษา
- 3) บอร์ดไดร์มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองพังเนื่องจากเมื่อมอเตอร์ทำงานจะจ่ายกระแสสูงเกินกว่าที่บอร์ดไดร์รับได้จึงทำให้ลายทองแดงขาดและบอร์ดพัง
- 4) วงจรชาร์จแบตเตอรี่ที่ออกแบบจ่ายกระแสได้ไม่เท่าตามที่กำหนดไว้
- 5) ลิเธียมมอเตอร์จ่อเข้าข้างในเนื่องจากเชื่อมศูนย์กลางไม่สมดุลกับฐานใบตัด
- 6) ใบตัดหลวมและน็อตที่ใบตัดชูดกับฐานใต้ท้องรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีการแก้ปัญหา

- 1) วางแผนการทำงานแบบเป็นขั้นตอนและเผื่อเวลาเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาหากเกิดความผิดพลาด
- 2) ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและสอบถามผู้รู้
- 3) ใช้ชุดซาร์จในการทดลองซาร์จแบตเตอรี่แทนชุดซาร์จที่ออกแบบเอง
- 4) เปลี่ยนบอร์ดไดร์มอเตอร์ที่รองรับกระแสได้มากกว่าที่มอเตอร์จ่ายให้
- 5) ทำการตั้งศูนย์กลางและเชื่อมลิเธียมมอเตอร์ใหม่
- 6) เชื่อมใบตัดใหม่ให้แน่นกว่าเดิมและเปลี่ยนน็อตตัวผู้ที่ใบตัดให้มีขนาดสั้นกว่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จีราวุธ วารินทร์, Arduino Uno พื้นฐานสำหรับงาน IoT, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ. บริษัท ธีโวว่า จำกัด, 2561
- [2] ดอนสัน ปงผาบ, ภาษาซีและArduino, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2560.
- [3] นายสุชาติ แต่ตระกูล, ชนิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง, 2561.
- [4] ความรู้เกี่ยวกับเหล็กคาร์บอน แหล่งที่มา: เหล็กกล้าคาร์บอน วัสดุยอดนิยมในงานอุตสาหกรรม | MISUMI Thailand (misumi-ec.com)
- [5] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ.บริษัท วีพีรินทร์(1991) จำกัด, 2552.
- [6] Hsiang Neng. (2564). มอเตอร์กระแสตรง 12V . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.hsiangneng.com/th/product/6V-12V-21--Carbon-Brushed-Micro-Electric-DC-Mini-Motors/icro-dc-motors_HN210.html
- [7] The Invention. (2564). ArduinoUNO R3. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/>
- [8] วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.sunskyonline.com/th/view/839729/LDTRWG0256>
- [9] “ไดร์ชาร์จ (Alternator)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mpdynamo.com/alternator/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 ธันวาคม 2564
- [10] “เหล็กกล่อง 1x2 นิ้ว” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://globalhouse.co.th/product/detail/3222005360256> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 ธันวาคม 2564
- [11] “ เหล็กกล้าคาร์บอน (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.misumi-ec.com/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 ธันวาคม 2564
- [12] “ มอเตอร์แนวราบ (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 ธันวาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดควบคุมการทำงานรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

```
#include <Servo.h>
```

```
int in1 = 4;//motor_r
```

```
int in2 = 5;
```

```
int en1 = 6;
```

```
int ch1 = 2;
```

```
int pwm1 = 0;
```

```
int in3 = 7;//motor_l
```

```
int in4 = 8;
```

```
int en2 = 9;
```

```
int ch2 = 3;
```

```
int pwm2 = 0;
```

```
int val = 0;
```

```
Servo myservo;
```

```
int ch4=10;
```

```
int relay1=47;
```

```
int relay2=49;
```

```
int ch5=11;//servo
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int ch6=12;//start

int relay3=51;

int relay4=53;

void setup() {

  pinMode(ch1, INPUT);

  pinMode(ch2, INPUT);

  pinMode(ch4, INPUT);

  pinMode(ch5, INPUT);

  pinMode(ch6, INPUT);

  pinMode(relay1,OUTPUT);

  pinMode(relay2,OUTPUT);

  pinMode(relay3,OUTPUT);

  pinMode(relay4,OUTPUT);

  pinMode(in1, OUTPUT);

  pinMode(in2, OUTPUT);

  pinMode(en1, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(in3, OUTPUT);

pinMode(in4, OUTPUT);

pinMode(en2, OUTPUT);

myservo.attach(13);

myservo.write(0);

Serial.begin(115200);
}

void loop() {

int value1 = pulseIn(ch1, HIGH);

int value2 = pulseIn(ch2, HIGH);

int value3 = pulseIn(ch4, HIGH);

int value4 = pulseIn(ch5, HIGH);

int value5 = pulseIn(ch6, HIGH);

Serial.println(value1);

// Serial.println(value2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//Serial.println(value3);

// Serial.println(value4);

//Serial.println(value5);

delay(10);

val = map(value4 ,990,1987,0,150);

myservo.write(val);

Serial.println(val);

delay(20);

if((value1==0)&&(value2==0)&&(value3==0)&&(value4==0)&&(value5==0))//สัญญาณ
วิทยุเป็นศูนย์ เพราะยังไม่เป็นวิทยุบังคับ
{

digitalWrite(in1, LOW);

digitalWrite(in2, LOW);

analogWrite(en1, 0);

digitalWrite(in3, LOW);

digitalWrite(in4, LOW);

analogWrite(en2, 0);

digitalWrite(relay1, LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay2, LOW);

// digitalWrite(relay3, LOW);

// digitalWrite(relay4, LOW);

}

else if((value1 < 1460)&&(value2 < 1460))//forward
{
    pwm1 = map(value1,1460,1200,0,255);//motor_Left
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    analogWrite(en1, pwm1);
    pwm2 = map(value2,1460,1240,0,255);//motor_Right
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, HIGH);
    analogWrite(en2, pwm1);
}

else if((value1 > 1500)&&(value2 > 1500))//backward
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pwm1 = map(value1,1500,1738,0,255);

digitalWrite(in1, HIGH);

digitalWrite(in2, LOW);

analogWrite(en1, pwm1);

pwm2 = map(value2,1500,1738,0,255);

digitalWrite(in3, HIGH);

digitalWrite(in4, LOW);

analogWrite(en2, pwm2);
}
else if((value1 < 1460)&&(value2 > 1500))//turn_right
{
pwm1 = map(value1,1460,1200,0,255);//motor_Left

digitalWrite(in1, LOW);

digitalWrite(in2, HIGH);

analogWrite(en1, pwm1);

pwm2 = map(value2,1500,1738,0,255);

digitalWrite(in3, HIGH);

digitalWrite(in4, LOW);

analogWrite(en2, pwm2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

else if((value1 > 1500)&&(value2 < 1460))//turn_left

{

    pwm1 = map(value1,1500,1738,0,255);//motor_Left

    digitalWrite(in1, HIGH);

    digitalWrite(in2, LOW);

    analogWrite(en1, pwm1);

    pwm2 = map(value2,1460,1240,0,255);//motor_Right

    digitalWrite(in3, LOW);

    digitalWrite(in4, HIGH);

    analogWrite(en2, pwm1);

}

else if (value3 < 1100)

{

    digitalWrite(relay1, HIGH);

}

else if (value3 > 1750)

{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay2, HIGH);

}

// else if (value5 < 1000)

//{{

//digitalWrite(relay3, HIGH);

//}}

// else if (value5 > 1900)

//{{

// digitalWrite(relay4, HIGH);

//}}

else

{

digitalWrite(in1, LOW);

digitalWrite(in2, LOW);

analogWrite(en1, 0);

digitalWrite(in3, LOW);

digitalWrite(in4, LOW);

analogWrite(en2, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(relay1, LOW);  
  
digitalWrite(relay2, LOW);  
  
// digitalWrite(relay3, LOW);  
  
// digitalWrite(relay4, LOW);  
  
}  
  
delay(10);  
  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รถตัดหญ้าบังคับวิทยุ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
 ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

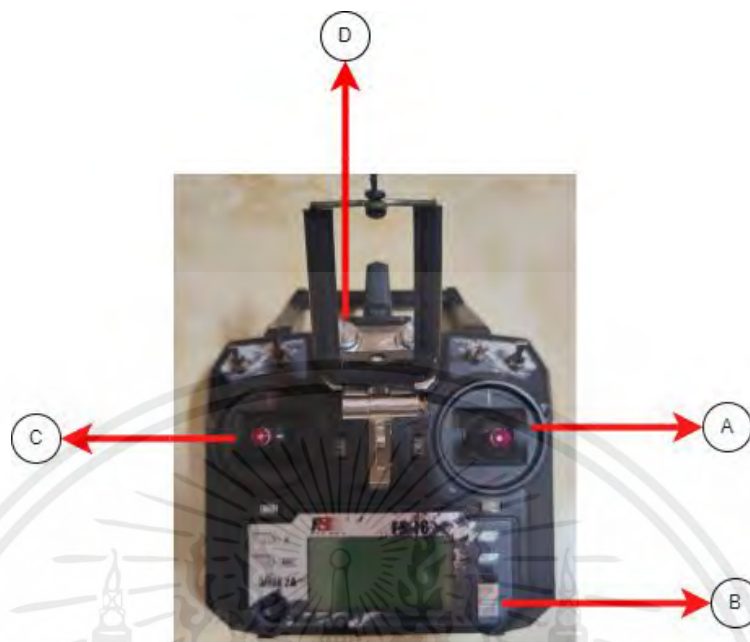
ส่วนประกอบสำคัญของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ

- 1) เครื่องยนต์อเนกประสงค์ 13 แรง
- 2) โซ่
- 3) มูเลย์
- 4) เกียร์อเนกประสงค์
- 5) แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 11 แอมป์
- 6) ล้อยางตัน 29 เซนติเมตร
- 7) คลัทช์แรงเหวี่ยง ร่อง B
- 8) มอเตอร์ 75 รอบต่อนาที
- 9) ลิเนียร์มอเตอร์
- 10) สายพาน
- 11) ไดรฟ์ชาร์จ 24 โวลต์
- 12) พัดลมระบายความร้อน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- 1) เติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้เต็มถัง
- 2) เติมน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
- 3) เปิดสวิตช์วงจรควบคุมและเลื่อนปุ่มสวิตช์เปิดที่รีโมท
- 4) เช็การเชื่อมต่อตู้ควบคุมกับรีโมท โดยเช็คได้จากหน้าจอของรีโมท
- 5) ทดลองบังคับการขับเคลื่อนที่ก่อนสตาร์ทเครื่องยนต์
- 6) ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ผ่านรีโมท

วิธีการควบคุมรถตัดหญ้าบังคับวิทยุด้วยรีโมท



A คันโยกบังคับทิศทางของรถ

- 1) โยกไปด้านหน้า รถเดินไปข้างหน้า
- 2) โยกไปด้านหลัง รถเดินถอยหลัง
- 3) โยกไปด้านขวา รถเดินเลี้ยวขวา
- 4) โยกไปด้านซ้าย รถเดินเลี้ยวซ้าย

B ปุ่ม เปิด-ปิด การใช้งานของรีโมท

- 1) เลื่อนขึ้นเพื่อเปิดการใช้งาน
- 2) เลื่อนลงเพื่อหยุดการใช้งาน

C คันโยกบังคับปรับระดับใบตัด

- 1) โยกไปด้านขวาเพื่อปรับระดับใบตัดลง
- 2) โยกไปด้านซ้ายเพื่อปรับระดับใบตัดขึ้น

D หมุนระดับความแรงของเครื่องยนต์

- 1) หมุนซ้าย เบาเครื่องยนต์
- 2) หมุนขวา แรงเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by 1N5400D

Axial-Lead Standard Recovery Rectifiers

Lead mounted standard recovery rectifiers are designed for use in power supplies and other applications having need of a device with the following features:

- High Current to Small Size
- High Surge Current Capability
- Low Forward Voltage Drop
- Void-Free, Economical Plastic Package
- Available in Volume Quantities

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.1 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 5,000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 1,500 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N5400, 1N5401, 1N5402, 1N5404, 1N5405, 1N5407, 1N5408

**1N5400
thru
1N5408**

 1N5404 and 1N5405 are
 Motorola Preferred Devices

**STANDARD
RECOVERY RECTIFIERS
50-1000 VOLTS
3.0 AMPERE**


CASE 267-03

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5400	1N5401	1N5402	1N5404	1N5405	1N5407	1N5408	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Non-repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	100	200	300	525	800	1000	1200	Volts
Average Rectified Forward Current (Single Phase Resistive Load, 1/2" Leads, $T_L = 105^\circ\text{C}$)	I_O	3.0							Amp
Non-repetitive Peak Surge Current (Surge Applied at Rated Load Conditions)	I_{FSM}	200 (one cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +170 -65 to +175							$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Typ	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient (PC Board Mount, 1/2" Leads)	$R_{\theta JA}$	53	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Instantaneous Forward Voltage (1) ($I_F = 9.4$ Amp)	V_F	—	—	1.2	Volts
Average Reverse Current (1) DC Reverse Current (Rated dc Voltage, $T_L = 80^\circ\text{C}$)	$I_{R(AV)}$ I_R	—	—	500 500	μA

* JEDEC Registered Data.

 (1) Measured in a single phase halfwave circuit such as shown in Figure 6.25 of EIA RS-282, November 1963. Operated at rated load conditions
 $T_L = 80^\circ\text{C}$, $I_O = 3.0$ A, $V_F = V_{RWM}$.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

60 Hz resistive or inductive loads.

For capacitive load, derate current by 20%.

Rev 2

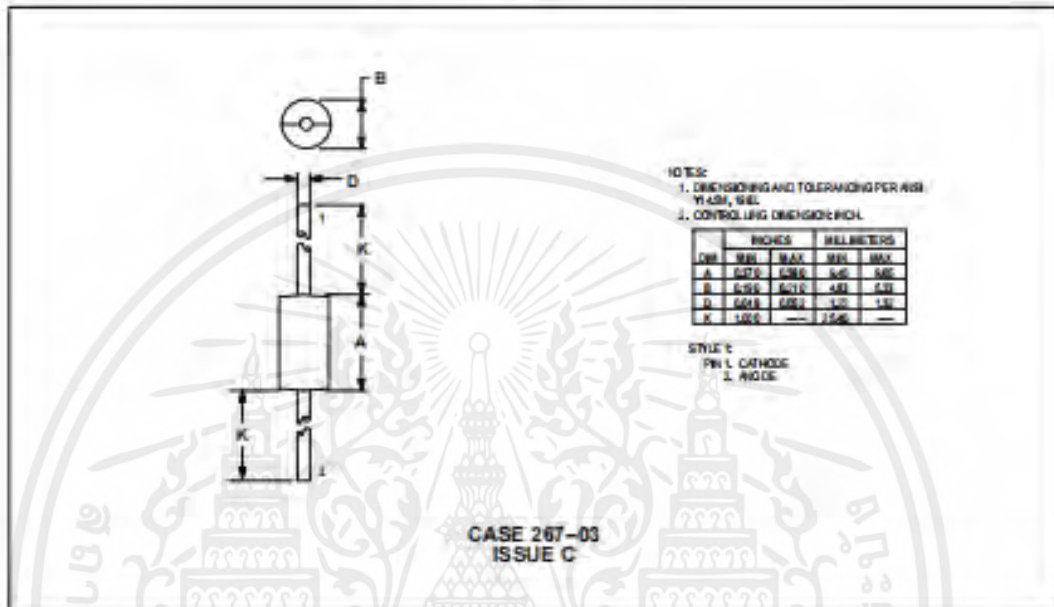
© Motorola, Inc. 1996



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5400 thru 1N5408

PACKAGE DIMENSIONS



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Motorola is a trademark of Motorola, Inc.

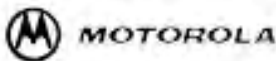
How to reach us:
 USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distributor,
 P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217, 303-575-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd., Tabuchi-SPD-JLDC, 6F Saito-Subsuryo-Center,
 3-14-2 Tabuchi-Kohji-KU, Tokyo 135, Japan. 81-3-35 21-8315

Mexico: RIFA@mx.mot.com - TOUCHTONE: 800-244-6909
 - US & Canada ONLY 1-800-774-1848

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductor HK Ltd, 80 Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26922228

INTERNET: <http://motorola.com/jsp>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-Terminal Adjustable Output Positive Voltage Regulators

DESCRIPTION

The LM317 is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator capable of supplying in excess of 1.5A over an output voltage range of 1.2V to 37V. This voltage regulator is exceptionally easy to use and requires only two external resistors to set the output voltage. Further, it employs internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making it essentially blow-out proof.

FEATURES

- Output current in excess of 1.5 amperes
- Output adjustable between 1.2V and 37V
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limiting constant with temperature
- Output transistor safe-area compensation
- Floating operation for high voltage applications
- Eliminates stocking many fixed voltages
- TO-220 and TO-263 packages



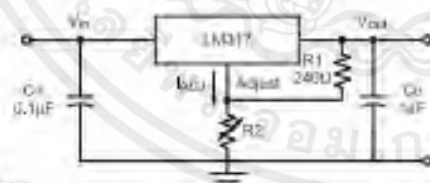
TO-220



TO-263

1. Adjust
2. V_{out}
3. V_{in}
Wiring is provided in pin 2

Standard Application



Notes:

C1 is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

C2 is not needed for stability; however, it does improve transient response.

$V_{out} = (1.25V) (1 + R2/R1) \approx I_{adj} R2$

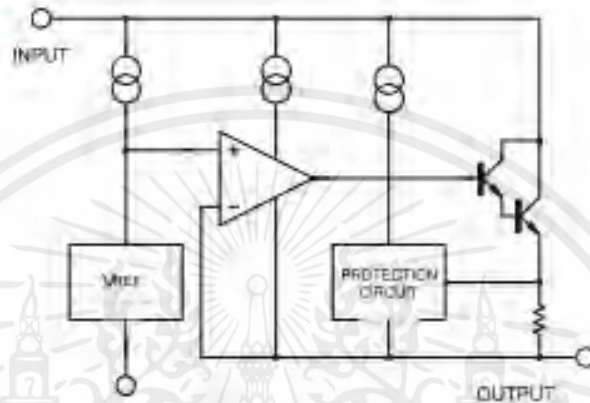
Since I_{adj} is controlled to less than 100µA, the error associated with this term is negligible in most applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM317

■ BLOCK DIAGRAM



Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	V_{IO}	40	Vdc
Junction-to-Case Thermal Resistance	$R_{\theta JC}$	3.0	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
		3.0	
Power Dissipation, 25 $^{\circ}\text{C}$ Case Temperature	P_D	1.5	W
Operating Junction Temperature Range	T_J	0 to +125	$^{\circ}\text{C}$
Storage Junction Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_I - V_O = 5V$, $I_O = 0.5A$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} (see Note 1), I_{max} and P_{max} per Note 2, unless otherwise noted.

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Line Regulation (Fig. 1) ⁽¹⁾ $3.0V \leq V_I - V_O \leq 40V$	REG _{line}	$T_A = 25^\circ C$	—	0.01	0.04	% V_O/V
		$T_A = 0^\circ C$ thru $125^\circ C$	—	0.02	0.07	
Load Regulation (Fig. 2) ⁽²⁾ $T_J = 25^\circ C$, $10mA \leq I_O \leq 1.5A$	REG _{load}	$V_O \leq 5.0$	—	5	25	mV
		$V_O \geq 5.0$	—	0.1	0.5	% V_O
Load Regulation (Fig. 2) ⁽³⁾ $10mA \leq I_O \leq 1.5A$	REG _{load}	$V_O \leq 5.0$	—	20	70	mV
		$V_O \geq 5.0$	—	0.1	1.5	% V_O
Thermal Regulation	REG _{temp}	$T_J = 25^\circ C$, 20ms Pulse	—	0.03	0.07	% V_O/W
Adjustment Pin Current (Fig. 3)	I_{adj}		—	50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	ΔI_{adj}	$10mA \leq I_O \leq 1.5A$ $2.5V \leq V_I - V_O \leq 40V$	—	0.2	5	μA
Reference Voltage (Fig. 3) ⁽⁴⁾	V_{ref}	$10mA \leq I_O \leq 1.5A$ $3V \leq V_I - V_O \leq 40V$	1.225	1.25	1.275	V
Temperature Stability (Fig. 3)	T_S	$T_{low} \leq T_J \leq T_{high}$	—	—1	—	% V_O
Min. Load Current to Maintain Regulation (Fig. 3)	I_{min}	$V_I - V_O = 40V$	—	3.5	10	mA
Maximum Output Current (Fig. 3)	I_{max}	$V_I - V_O \leq 15V$	1.5	2.2	—	A
		$V_I - V_O = 40V$, $T_J = 25^\circ C$	0.15	0.4	—	
RMS Noise, % of V_O	N	$T_J = 25^\circ C$, $10Hz \leq f \leq 10kHz$	—	0.003	—	% V_O
Ripple Rejection (Fig. 4)	RR	$V_O = 10V$, $f = 120Hz^{(5)}$ $C_{adj} = 10\mu F$	—	65	—	dB
Long-Term Stability (after 1000 hr) (Fig. 3)	S	$T_J = 125^\circ C^{(6)}$, $T_J = 25^\circ C$, for Endpoint Measurements	—	0.3	1.0	%
Thermal Resistance (junction to Case)	$R_{\theta(jc)}$	$T_{low} \leq T_J \leq T_{high}$	—	—5.0	—	$^\circ C/W$

Notes:

(1) $T_{low} = 0^\circ C$, $T_{high} = 125^\circ C$

(2) $I_{min} = 1.5A$, P_{max} is thermally limited.

(3) Load and line regulation are specified as constant (load/regulation, change in V_O due to loading effect) must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is permitted.

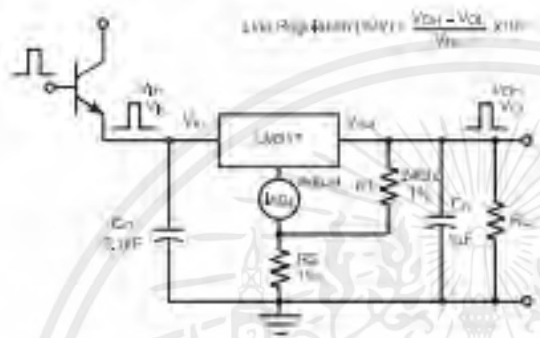
(4) Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

(5) In Case, often used, is considered between the adjustment pin and ground.

(6) Bruce Long-term stability cannot be measured on each device before shipment. This specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

■ **APPLICATION CIRCUITS**

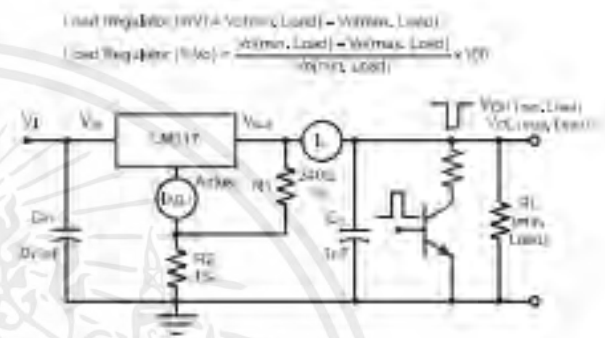
Fig. 1 – Line Regulation Test Circuit



$$\text{Line Regulation (\%)} = \frac{V_{OUT} - V_{OUT, \text{min}}}{V_{OUT, \text{min}}} \times 100$$

Adjust Testing Requirement:
1% Duty Cycle is Suggested

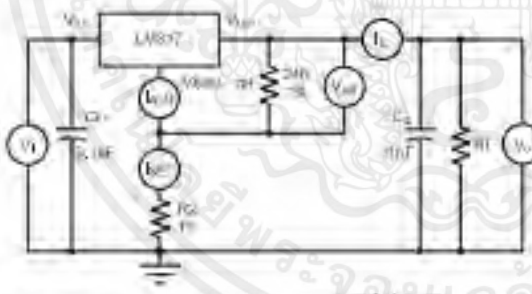
Fig. 2 – Load Regulation and ΔI_{adj} /Load Test Circuit



$$\text{Load Regulation (\%)} = \frac{V_{OUT}(\text{min. Load}) - V_{OUT}(\text{max. Load})}{V_{OUT}(\text{min. Load})} \times 100$$

Adjust Testing Requirement:
1% Duty Cycle is Suggested

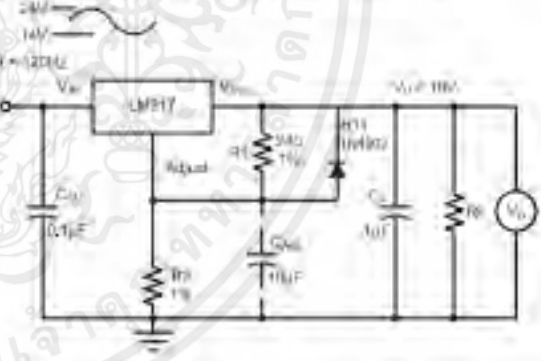
Fig. 3 – Standard Test Circuit



Adjust Testing Requirement:
1% Duty Cycle is Suggested

to calculate I_{adj}
 $I_{adj} = I_{OUT} \times R_2 \times T \times 200\mu\text{V}$
Assume $I_{OUT} = 100\text{mA}$

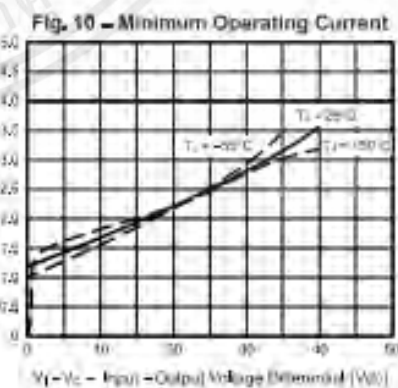
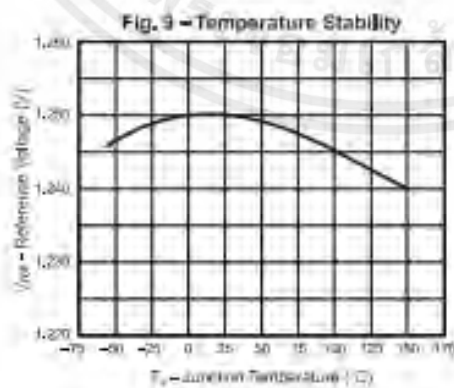
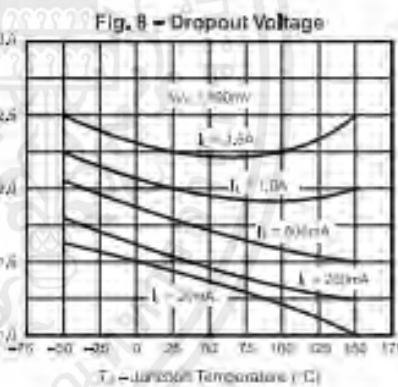
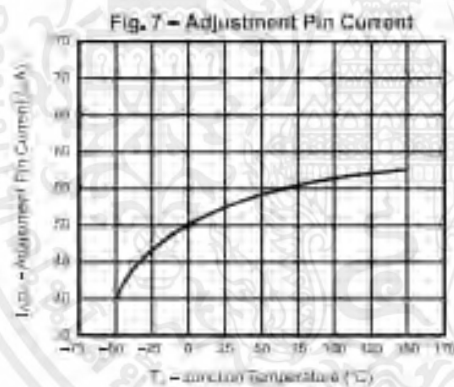
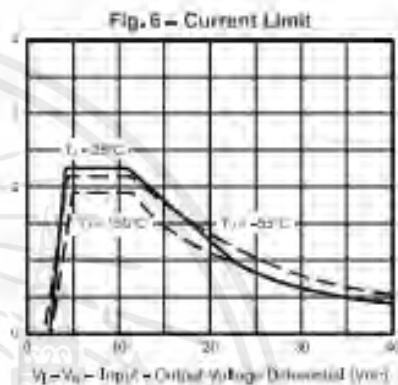
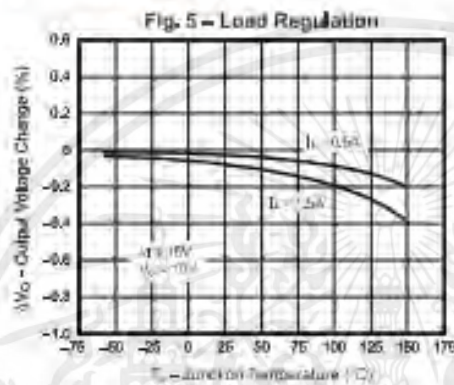
Fig. 4 – Ripple Rejection Test Circuit



*Di-Directional & 200µV Threshold Shown to Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ **TYPICAL CHARACTERISTICS**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ TYPICAL CHARACTERISTICS

Fig. 11 – Ripple Rejection vs. Output Voltage

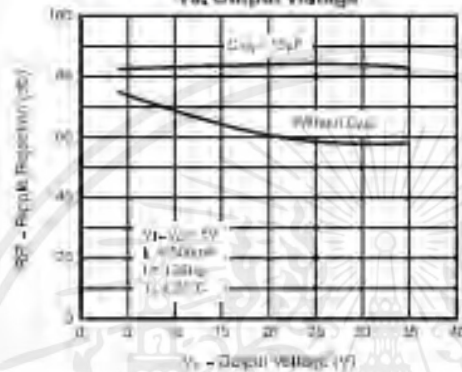


Fig. 12 – Ripple Rejection vs. Output Current

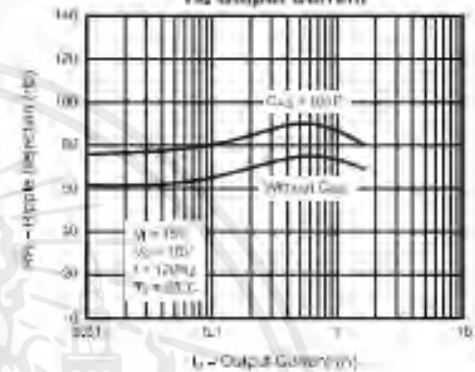


Fig. 13 – Ripple Rejection vs. Frequency

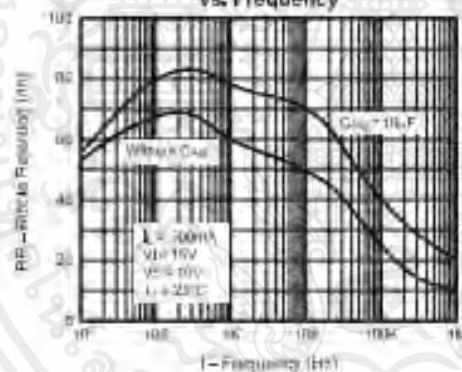


Fig. 14 – Output Impedance

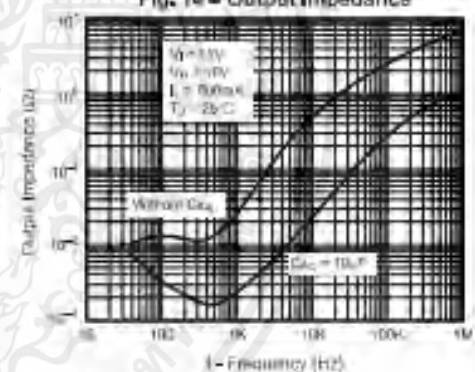


Fig. 15 – Line Transient Response

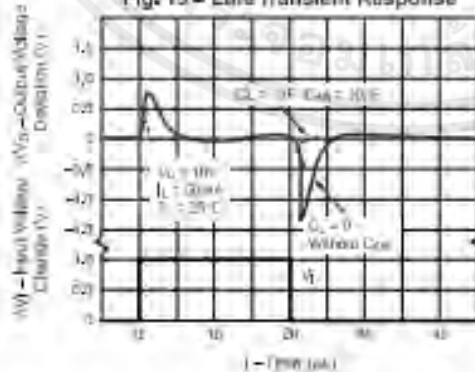
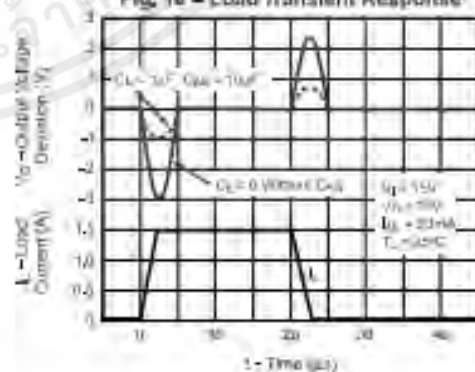


Fig. 16 – Load Transient Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by 1N5820/D

Designer's™ Data Sheet
Axial Lead Rectifiers

... employing the Schottky Barrier principle in a large area metal-to-silicon power diode. State-of-the-art geometry features chrome barrier metal, epitaxial construction with oxide passivation and metal overlap contact. Ideally suited for use as rectifiers in low-voltage, high-frequency inverters, free wheeling diodes, and polarity protection diodes.

- Extremely Low v_f
- Low Power Loss/High Efficiency
- Low Stored Charge, Majority Carrier Conduction

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.1 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220° C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 5,000 per bag
- Available Tape and Reeled, 1500 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode indicated by Polarity Band
- Marking: 1N5820, 1N5821, 1N5822

1N5820
1N5821
1N5822

 1N5820 and 1N5822 are
 Motorola Preferred Devices

SCHOTTKY BARRIER
RECTIFIERS
3.0 AMPERES
20, 30, 40 VOLTS

 CASE 267-03
 PLASTIC

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5820	1N5821	1N5822	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	20	30	40	V
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	V
Average Rectified Forward Current (2) $V_{R(equiv)} \leq 0.2 V_{R(dc)}$ $T_L = 95^\circ\text{C}$ ($R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$, P.C., Board Mounting, see Note 2)	I_D	3.0			A
Ambient Temperature Rated $V_{R(dc)}$, $P_{F(AV)} = 0$ $R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$	T_A	90	85	80	$^\circ\text{C}$
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, half wave, single phase 60 Hz, $T_L = 75^\circ\text{C}$)	I_{FSM}	80 (for one cycle)			A
Operating and Storage Junction Temperature Range (Reverse Voltage applied)	T_J , T_{stg}	-65 to +125			$^\circ\text{C}$
Peak Operating Junction Temperature (Forward Current applied)	$T_{J(pk)}$	150			$^\circ\text{C}$

***THERMAL CHARACTERISTICS (Note 2)**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	28	$^\circ\text{C/W}$

 (1) Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle = 2.0%.

(2) Lead Temperature reference is cathode lead 1/32" from case.

* Indicates JEDEC Registered Data for 1N5820-22.

Designer's Data for "Worst Case" Conditions — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. 50A Limit curves — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5820 1N5821 1N5822

***ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($T_L = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (2)

Characteristic	Symbol	1N5820	1N5821	1N5822	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (1) ($I_F = 1.0$ Amp) ($I_F = 3.0$ Amp) ($I_F = 9.4$ Amp)	V_F	0.370 0.475 0.850	0.380 0.500 0.900	0.390 0.525 0.950	V
Maximum Instantaneous Reverse Current @ Rated dc Voltage (1) $T_L = 25^\circ\text{C}$ $T_L = 100^\circ\text{C}$	I_R	2.0 20	2.0 20	2.0 20	mA

(1) Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle = 2.0%.

(2) Lead Temperature reference is cathode lead 1/32" from case.

* Indicates JEDEC Registered Data for 1N5820-22.

NOTE 1 — DETERMINING MAXIMUM RATINGS

Reverse power dissipation and the possibility of thermal runaway must be considered when operating this rectifier at reverse voltages above 0.1 V_{RM} . Proper derating may be accomplished by use of equation (1).

$$T_{A(max)} = T_{J(max)} - R_{\theta JA} P_{F(AV)} - R_{\theta JA} P_{R(AV)} \quad (1)$$

where $T_{A(max)}$ = Maximum allowable ambient temperature

$T_{J(max)}$ = Maximum allowable junction temperature
(125°C or the temperature at which thermal runaway occurs, whichever is lowest)

$P_{F(AV)}$ = Average forward power dissipation

$P_{R(AV)}$ = Average reverse power dissipation

$R_{\theta JA}$ = Junction-to-ambient thermal resistance

Figures 1, 2, and 3 permit easier use of equation (1) by taking reverse power dissipation and thermal runaway into consideration. The figures solve for a reference temperature as determined by equation (2).

$$T_R = T_{J(max)} - R_{\theta JA} P_{R(AV)} \quad (2)$$

Substituting equation (2) into equation (1) yields:

$$T_{A(max)} = T_R - R_{\theta JA} P_{F(AV)} \quad (3)$$

Inspection of equations (2) and (3) reveals that T_R is the ambient temperature at which thermal runaway occurs or where $T_J = 125^\circ\text{C}$, when forward power is zero. The transition from one boundary condition to the other is evident on the curves of Figures 1, 2, and 3 as a difference in the rate of change of the slope in the vicinity of 115°C .

The data of Figures 1, 2, and 3 is based upon dc conditions. For use in common rectifier circuits, Table 1 indicates suggested factors for an equivalent dc voltage to use for conservative design, that is:

$$V_{R(equiv)} = V_{(FM)} \times F \quad (4)$$

The factor F is derived by considering the properties of the various rectifier circuits and the reverse characteristics of Schottky diodes.

EXAMPLE: Find $T_{A(max)}$ for 1N5821 operated in a 12-volt dc supply using a bridge circuit with capacitive filter such that $I_{DC} = 2.0$ A ($I_{F(AV)} = 1.0$ A), $I_{(FM)}/I_{(AV)} = 10$, Input Voltage = 10 V(rms), $R_{\theta JA} = 40^\circ\text{C/W}$.

Step 1. Find $V_{R(equiv)}$. Read $F = 0.65$ from Table 1.

$$\therefore V_{R(equiv)} = (1.41)(10)(0.65) = 9.2 \text{ V.}$$

Step 2. Find T_R from Figure 2. Read $T_R = 108^\circ\text{C}$

@ $V_R = 9.2$ V and $R_{\theta JA} = 40^\circ\text{C/W}$.

Step 3. Find $P_{F(AV)}$ from Figure 6. **Read $P_{F(AV)} = 0.85$ W

@ $\frac{I_{(FM)}}{I_{(AV)}} = 10$ and $I_{F(AV)} = 1.0$ A.

Step 4. Find $T_{A(max)}$ from equation (3).

$$T_{A(max)} = 108 - (0.85)(40) = 74^\circ\text{C.}$$

**Values given are for the 1N5821. Power is slightly lower for the 1N5820 because of its lower forward voltage, and higher for the 1N5822. Variations will be similar for the MBR-prefix devices, using $P_{F(AV)}$ from Figure 7.

Table 1. Values for Factor F

Circuit	Half Wave		Full Wave, Bridge		Full Wave, Center Tapped*†	
	Resistive	Capacitive*	Resistive	Capacitive	Resistive	Capacitive
Sine Wave	0.5	1.3	0.5	0.65	1.0	1.3
Square Wave	0.75	1.5	0.75	0.75	1.5	1.5

*Note that $V_{R(PK)} = 2.0 V_{in(PK)}$. †Use line to center tap voltage for V_{in} .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

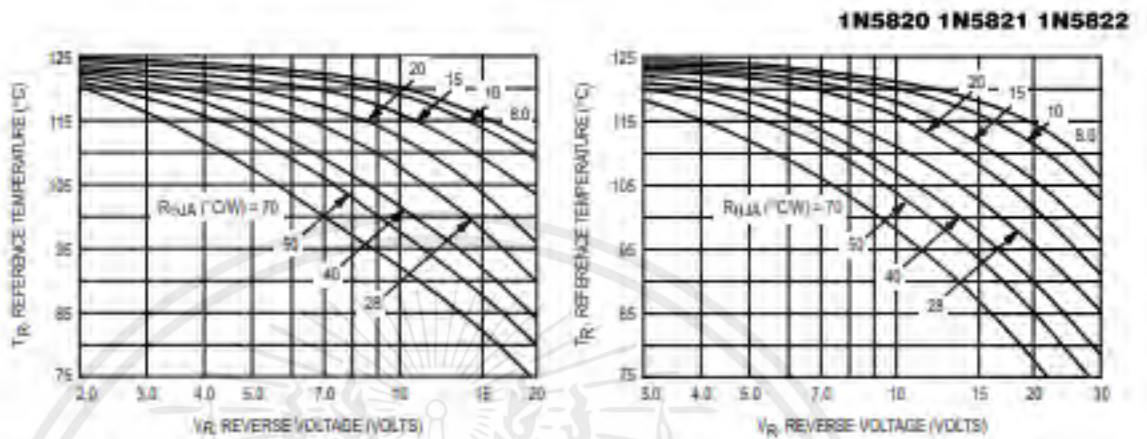


Figure 1. Maximum Reference Temperature
1N5820

Figure 2. Maximum Reference Temperature
1N5821

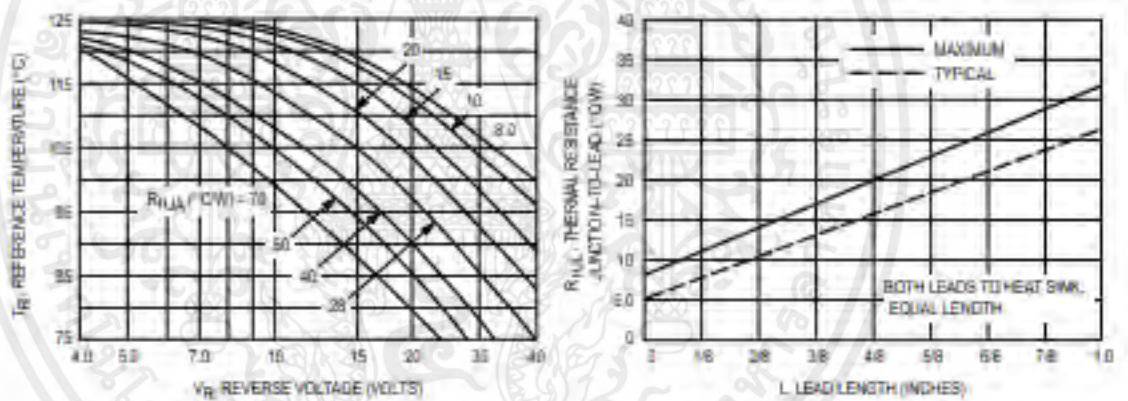


Figure 3. Maximum Reference Temperature
1N5822

Figure 4. Steady-State Thermal Resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5820 1N5821 1N5822

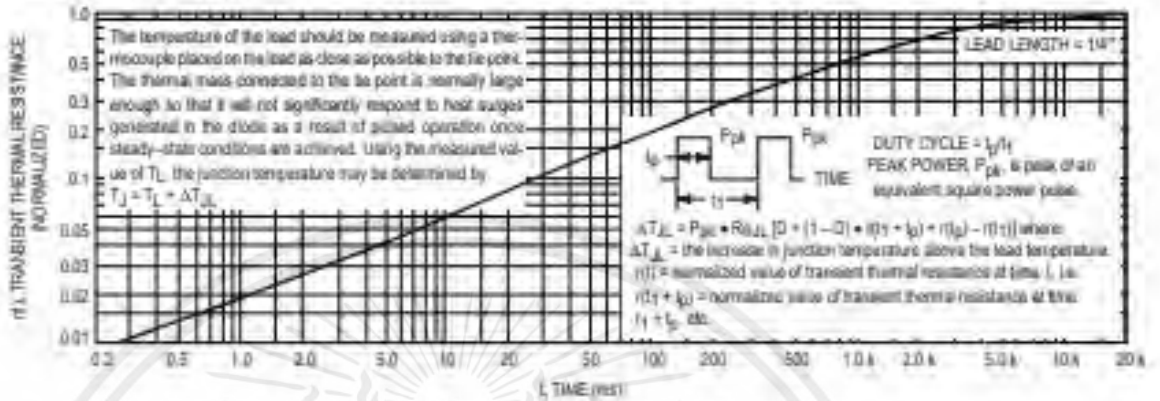


Figure 5. Thermal Response

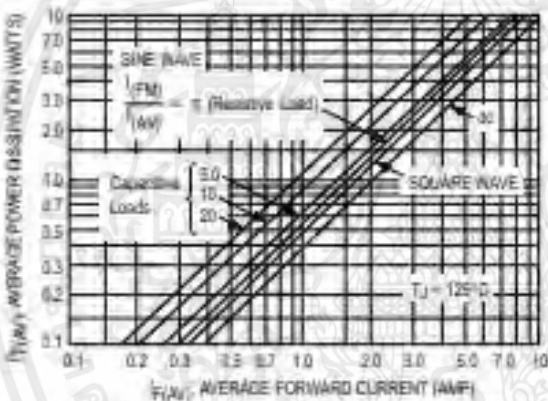
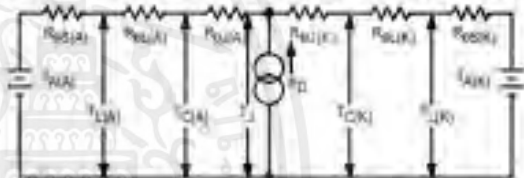


Figure 6. Forward Power Dissipation 1N5820-22

NOTE 3 — APPROXIMATE THERMAL CIRCUIT MODEL



Use of the above model permits junction to lead thermal resistance for any mounting configuration to be found. For a given total lead length, lowest values occur when one side of the rectifier is brought as close as possible to the heat sink. Terms in the model signify:

- T_A = Ambient Temperature
 - T_C = Case Temperature
 - T_L = Lead Temperature
 - T_J = Junction Temperature
 - $R_{\theta(S)}$ = Thermal Resistance, Heat Sink to Ambient
 - $R_{\theta(L)}$ = Thermal Resistance, Lead to Heat Sink
 - $R_{\theta(J)}$ = Thermal Resistance, Junction to Case
 - P_D = Total Power Dissipation = $P_F + P_R$
 - P_F = Forward Power Dissipation
 - P_R = Reverse Power Dissipation
- (Subscripts (A) and (K) refer to anode and cathode sides, respectively.) Values for thermal resistance components are:
 $R_{\theta(L)} = 42^\circ\text{C/W}$ in typically and 48°C/W in maximum
 $R_{\theta(J)} = 10^\circ\text{C/W}$ typically and 18°C/W maximum
 The maximum lead temperature may be found as follows:
 $T_L = T_J(\text{max}) - \Delta T_{JL}$
 where $\Delta T_{JL} = R_{\theta JL} \cdot P_D$

NOTE 2 — MOUNTING DATA

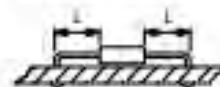
Data shown for thermal resistance junction-to-ambient ($R_{\theta JA}$) for the mountings shown is to be used as typical guideline values for preliminary engineering, or in case the tie-point temperature cannot be measured.

TYPICAL VALUES FOR $R_{\theta JA}$ IN STILL AIR

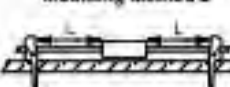
Mounting Method	Lead Length, L (in)				$R_{\theta JA}$
	5/8	1/4	1/2	3/4	
1	58	51	53	55	$^\circ\text{C/W}$
2	58	58	61	63	$^\circ\text{C/W}$
3	28				$^\circ\text{C/W}$

Mounting Method 1

P.C. Board where available copper surface is small.



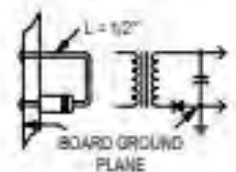
Mounting Method 2



VECTOR PUSH-IN TERMINALS T-28

Mounting Method 3

P.C. Board with 2-1/2" x 2-1/2" copper surface.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

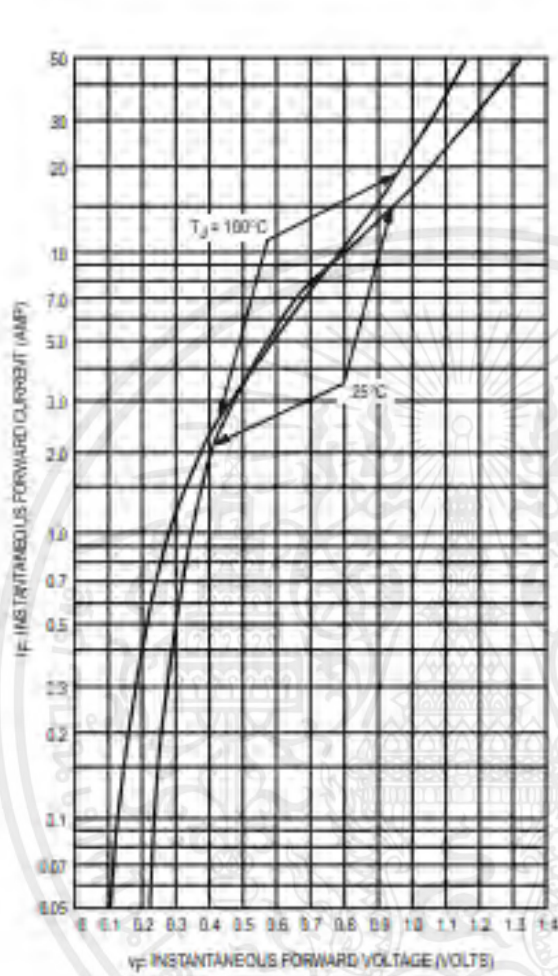


Figure 7. Typical Forward Voltage

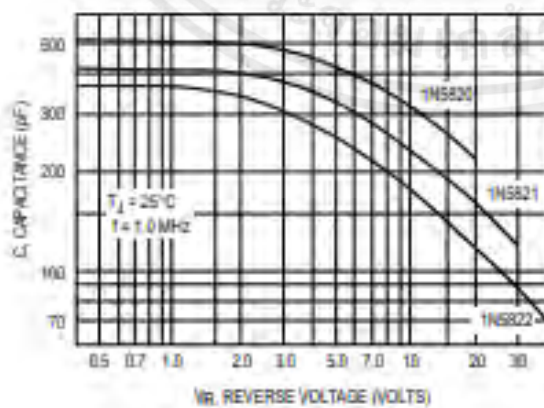


Figure 10. Typical Capacitance

1N5820 1N5821 1N5822

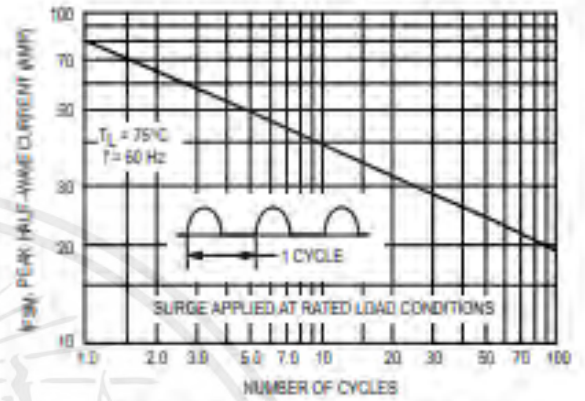


Figure 8. Maximum Non-Repetitive Surge Current

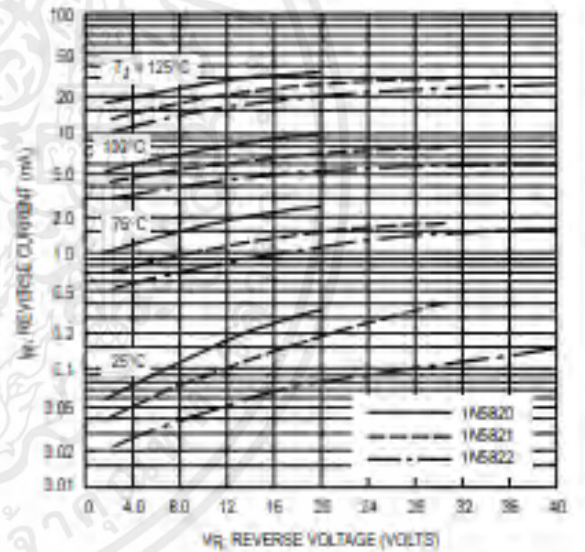


Figure 9. Typical Reverse Current

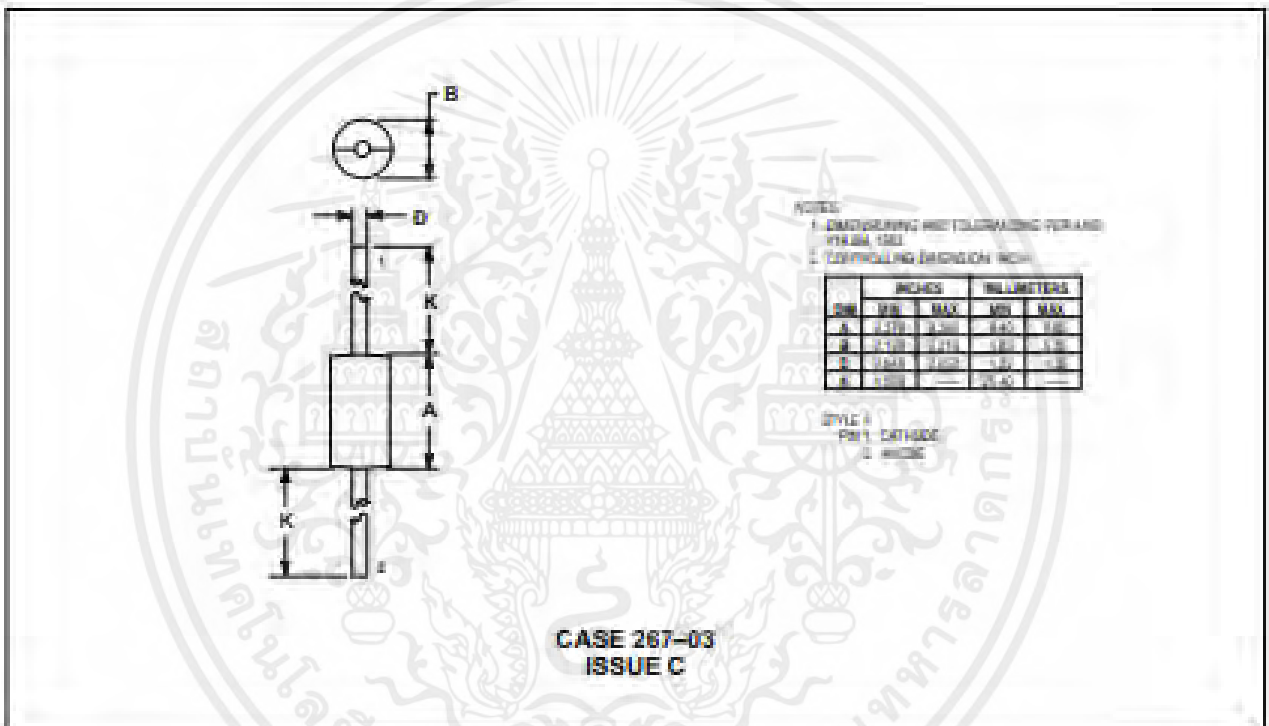
NOTE 4 — HIGH FREQUENCY OPERATION

Since current flow in a Schottky rectifier is the result of majority carrier conduction, it is not subject to junction diode forward and reverse recovery transients due to minority carrier injection and stored charge. Satisfactory circuit analysis work may be performed by using a model consisting of an ideal diode in parallel with a variable capacitance. (See Figure 11.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5820 1N5821 1N5822

PACKAGE DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Arduino Mega 2560 Datasheet



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

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

Communication

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

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

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

Programming

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

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

communicates using the original STK500 protocol ([reference, C header files](#)). You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

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 Mega2560 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 Mega2560 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.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and*



High Current PN Half Bridge NovalithIC™

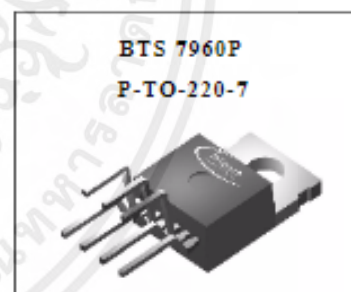
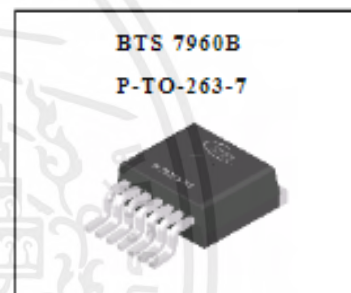
BTS 7960B

BTS 7960P

Product Summary

The BTS 7960 is a fully integrated high current half bridge for motor drive applications. It is part of the NovalithIC™ family containing one p-channel highside MOSFET and one n-channel lowside MOSFET with an integrated driver IC in one package. Due to the p-channel highside switch the need for a charge pump is eliminated thus minimizing EMI. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit.

The BTS 7960 provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives with very low board space consumption.



Basic Features

- Path resistance of typ. 16 mΩ @25 °C
- Low quiescent current of typ. 7 μA @ 25 °C
- PWM capability of up to 25 kHz combined with active freewheeling
- Switched mode current limitation for reduced power dissipation in overcurrent
- Current limitation level of 43 A typ.
- Status flag diagnosis with current sense capability
- Overtemperature shut down with latch behaviour
- Overvoltage lock out
- Undervoltage shut down
- Driver circuit with logic level inputs
- Adjustable slew rates for optimized EMI

Type	Ordering Code	Package
BTS 7960B	Q67060-S6160	P-TO-263-7
BTS 7960P	on request	P-TO-220-7

1 Overview

The **BTS 7960** is part of the **NovalithIC** family containing three separate chips in one package: One p-channel highside MOSFET and one n-channel lowside MOSFET together with a driver IC, forming a fully integrated high current half-bridge. All three chips are mounted on one common leadframe, using the chip on chip and chip by chip technology. The power switches utilize vertical MOS technologies to ensure optimum on state resistance. Due to the p-channel highside switch the need for a charge pump is eliminated thus minimizing EMI. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit. The **BTS 7960** can be combined with other **BTS 7960** to form H-bridge and 3-phase drive configurations.

1.1 Block Diagram

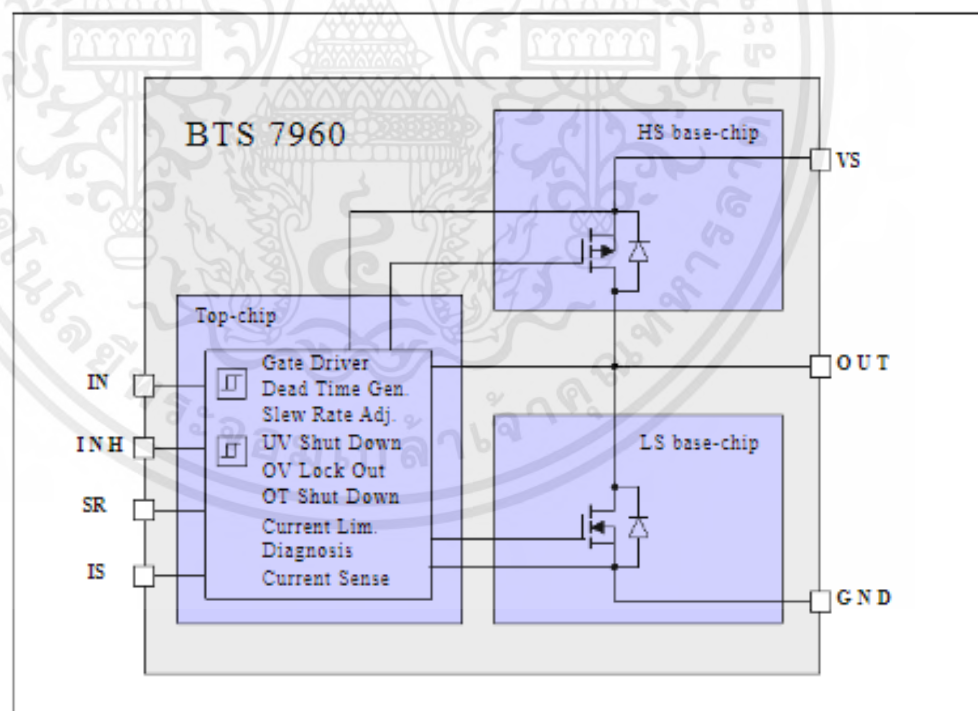


Figure 1 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 Terms

Following figure shows the terms used in this data sheet.

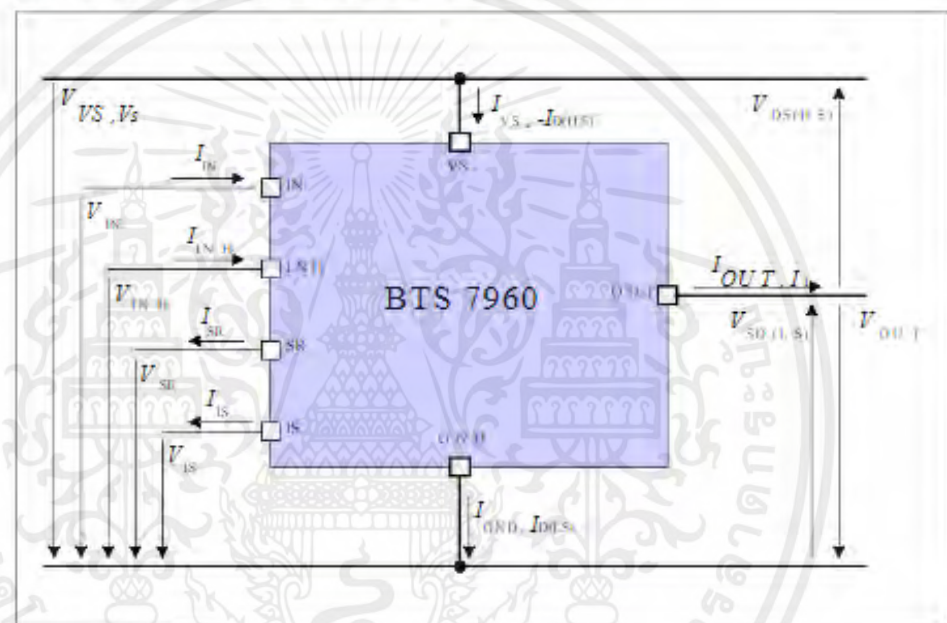


Figure 2 Terms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Pin Configuration

2.1 Pin Assignment

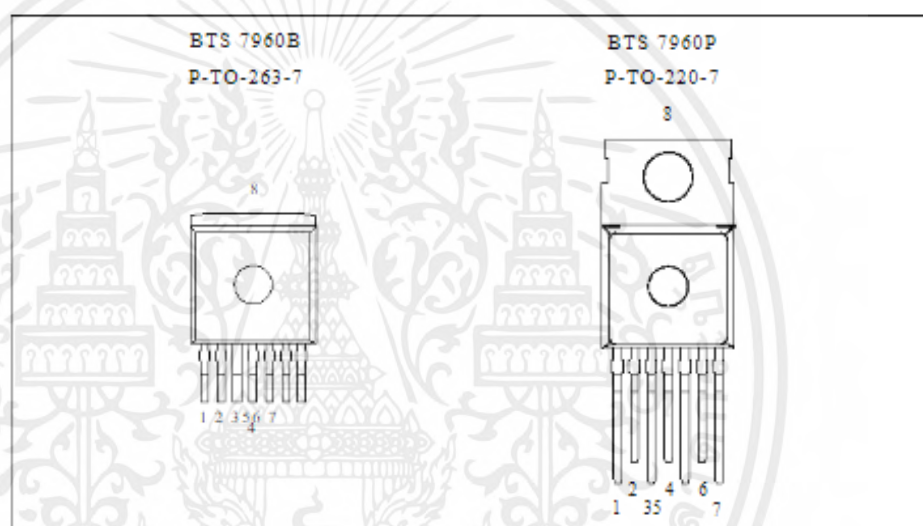


Figure 3 Pin Assignment BTS 7960B and BTS 7960P (top view)

2.2 Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	I/O	Function
1	GND	-	Ground
2	IN	I	Input Defines whether high- or lowside switch is activated
3	INH	I	Inhibit When set to low device goes in sleep mode
4,8	OUT	O	Power output of the bridge
5	SR	I	Slew Rate The slew rate of the power switches can be adjusted by connecting a resistor between SR and GND
6	IS	O	Current Sense and Diagnosis
7	VS	-	Supply

Bold type: pin needs power wiring



3 Maximum Ratings

-40 °C < T_j < 150 °C (unless otherwise specified)

Pos	Parameter	Symbol	Limits		Unit	Test Condition
			min	max		
Electrical Maximum Ratings						
3.0.1	Supply voltage	V_{VS}	-0.3	45	V	
3.0.2	Logic Input Voltage	V_{IN} V_{INH}	-0.3	5.3	V	
3.0.3	HS/LS continuous drain current	$I_{D(HS)}$ $I_{D(LS)}$	-40	40 ¹⁾	A	$T_c < 85^\circ\text{C}$ switch active
3.0.4	HS pulsed drain current	$I_{D(HS)}$	-60	60 ¹⁾	A	$T_c < 85^\circ\text{C}$
3.0.5	LS pulsed drain current	$I_{D(LS)}$	-60	60 ¹⁾	A	$t_{\text{pulse}} = 10\text{ms}$
3.0.6	Voltage at SR pin	V_{SR}	-0.3	1.0	V	
3.0.7	Voltage between VS and IS pin	$V_{VS} - V_{IS}$	-0.3	45	V	
3.0.8	Voltage at IS pin	V_{IS}	-20	45	V	
Thermal Maximum Ratings						
3.0.9	Junction temperature	T_j	-40	150	°C	
3.0.10	Storage temperature	T_{stg}	-55	150	°C	
ESD Susceptibility						
3.0.11	ESD susceptibility HBM	V_{ESD}			kV	according to EIA/ JESD 22-A 114B
	IN, INH, SR, IS OUT, GND, VS		-2 -6	2 6		

1) Maximum reachable current may be smaller depending on current limitation level

Note: Maximum ratings are absolute ratings; exceeding any one of these values may cause irreversible damage to the device. Exposure to maximum rating conditions for extended periods of time may affect device reliability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4 Block Description and Characteristics

4.1 Supply Characteristics

$-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T_j < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $8\text{ V} < V_S < 18\text{ V}$, $I_L = 0\text{ A}$ (unless otherwise specified)

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
			min.	typ.	max.		
General							
4.1.1	Operating Voltage	V_S	5.5	–	27.5	V	
4.1.2	Supply Current	$I_{VS(on)}$	–2		3	mA	$V_{INH} = 5\text{ V}$ $V_{IN} = 0\text{ V}$ or 5 V $R_{SR} = 0\ \Omega$ DC-mode normal operation (no fault condition)
4.1.3	Quiescent Current	$I_{VS(off)}$	–	7	15	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{IN} = 0\text{ V}$ or 5 V $T_j < 85\text{ }^{\circ}\text{C}$
			–	–	65	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{IN} = 0\text{ V}$ or 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Power Stages

The power stages of the BTS 7960 consist of a p-channel vertical DMOS transistor for the high side switch and a n-channel vertical DMOS transistor for the low side switch. All protection and diagnostic functions are located in a separate top chip. Both switches can be operated up to 25 kHz, allowing active freewheeling and thus minimizing power dissipation in the forward operation of the integrated diodes.

The on state resistance R_{ON} is dependent on the supply voltage V_S as well as on the junction temperature T_J . The typical on state resistance characteristics are shown in Figure 4.

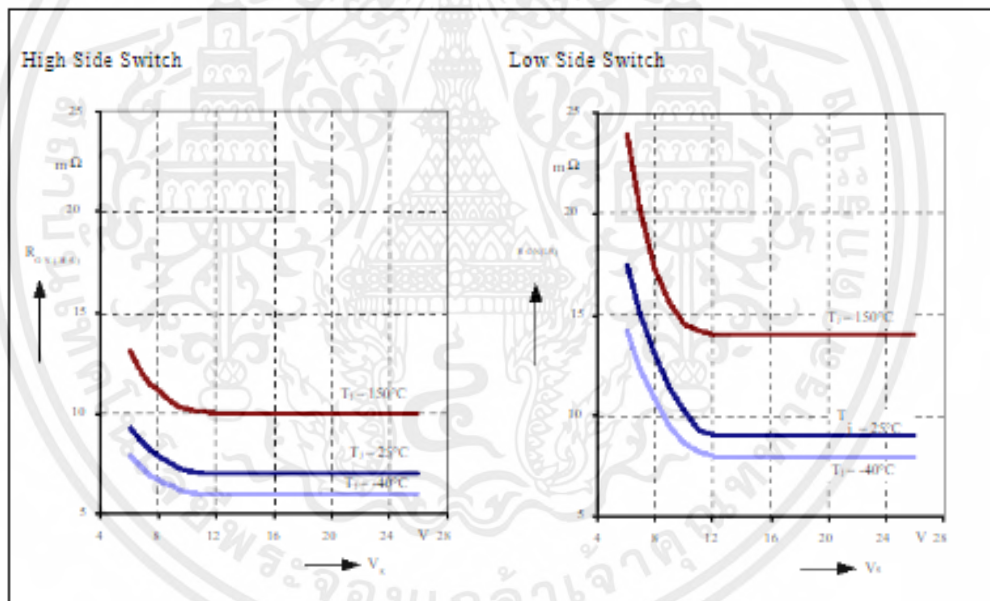


Figure 4 Typical On State Resistance vs. Supply Voltage


Block Description and Characteristics
4.2.1 Power Stages - Static Characteristics
 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T_j < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $8\text{ V} < V_S < 18\text{ V}$ (unless otherwise specified)

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
			min.	typ.	max.		

High Side Switch - Static Characteristics

4.2.1	On state high side resistance	$R_{ON(HS)}$	-	7 10	9 12.5	$\text{m}\Omega$	$I_{OUT} = 9\text{ A}$ $V_S = 13.5\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
4.2.2	Leakage current high side	$I_{L(LKHS)}$	-	-	1	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = 0\text{ V}$ $T_j < 85\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	-	50	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = 0\text{ V}$ $T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
4.2.3	Reverse diode forward-voltage high side 1)	$V_{DS(HS)}$	-	0.9	1.5	V	$I_{OUT} = 9\text{ A}$ $T_j = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	0.8	1.1	V	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	0.6	0.8	V	$T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

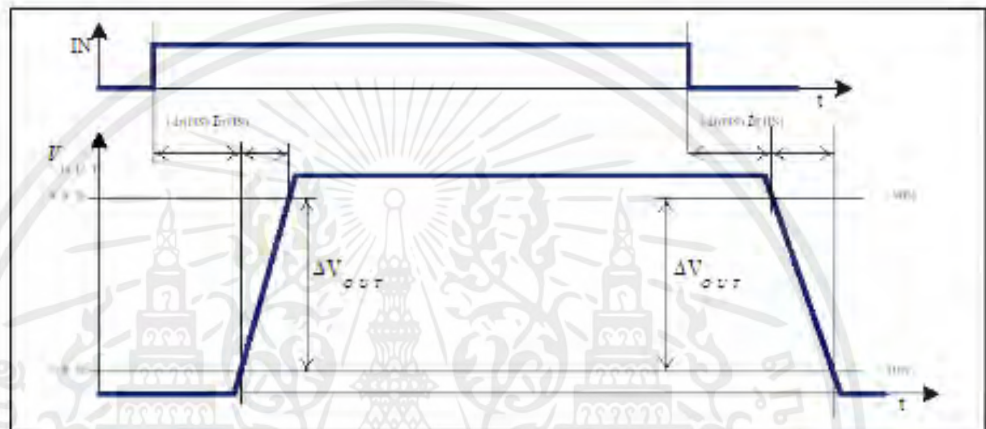
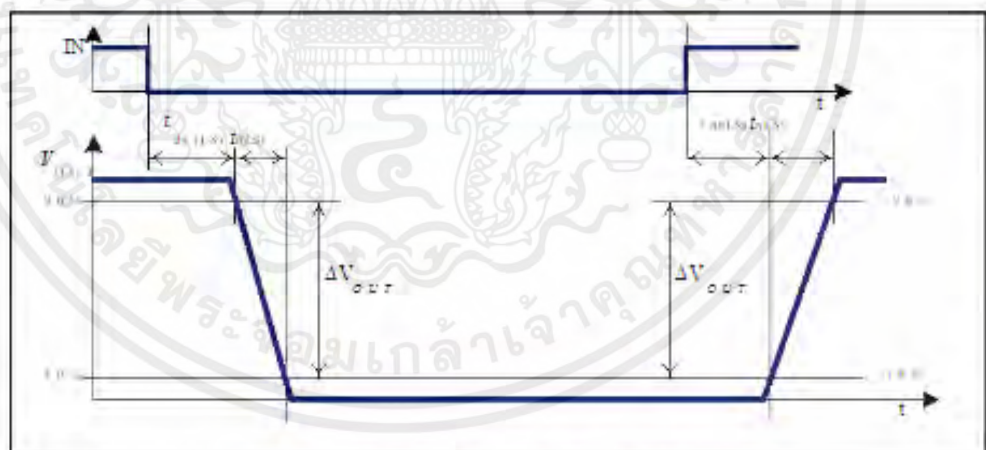
Low Side Switch - Static Characteristics

4.2.4	On state low side resistance	$R_{ON(LS)}$	-	9 14	12 18	$\text{m}\Omega$	$I_{OUT} = 9\text{ A}$ $V_S = 13.5\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
4.2.5	Leakage current low side	$I_{L(LKLS)}$	-	-	1	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = V_S$ $T_j < 85\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	-	15	μA	$V_{INH} = 0\text{ V}$ $V_{OUT} = V_S$ $T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
4.2.6	Reverse diode forward-voltage low side 1)	$V_{SD(LS)}$	-	0.9	1.5	V	$I_{OUT} = 9\text{ A}$ $T_j = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	0.8	1.1	V	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
			-	0.6	0.8	V	$T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

 1) Due to active freewheeling, diode is conducting only for a few μs , depending on R

SR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 Switching Times

Figure 5 Definition of switching times high side (Rload to GND)

Figure 6 Definition of switching times low side (Rload to VS)

Due to the timing differences for the rising and the falling edge there will be a slight difference between the length of the input pulse and the length of the output pulse. It can be calculated using the following formulas:

- Δt
- $\Delta t_{HS} = (t_{dr}(HS) + 0.5 t_{r}(HS)) - (t_{dr}(HS) + 0.5 t_{f}(HS))$
- $\Delta t_{LS} = (t_{dr}(LS) + 0.5 t_{f}(LS)) - (t_{dr}(LS) + 0.5 t_{r}(LS))$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Block Description and Characteristics
4.2.3 Power Stages - Dynamic Characteristics
 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T$
 $j < 150\text{ }^{\circ}\text{C}, V_s = 13.5\text{ V}, R_{\text{load}} = 2\Omega$ (unless otherwise specified)

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
			min.	typ.	max.		
High Side Switch Dynamic Characteristics							
4.2.7	Rise-time of HS	$t_r(\text{HS})$	0.5 – 2.8	1 2 7	1.5 – 11	μs	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$
4.2.8	Slew rate HS on	$\frac{\Delta V_{\text{OUT}}}{t_r(\text{HS})}$	– – –	11 6 1.6	– – –	$\text{V}/\mu\text{s}$	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$
4.2.9	Switch on delay time HS	$t_{\text{d}}(\text{HS})$	1.7 – 5.6	3.1 4.4 14	4.5 – 22.4	μs	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$
4.2.10	Fall-time of HS	$t_f(\text{HS})$	0.5 – 2.8	1 2 7	1.5 – 11	μs	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$
4.2.11	Slew rate HS off	$-\frac{\Delta V_{\text{OUT}}}{t_f(\text{HS})}$	– – –	11 6 1.6	– – –	$\text{V}/\mu\text{s}$	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$
4.2.12	Switch off delay time HS	$t_{\text{d}}(\text{HS})$	1.2 – 4	2.4 3.4 10	3.6 – 16	μs	$R_{\text{SR}} = 0\ \Omega$ $R_{\text{SR}} = 5.1\ \text{k}\Omega$ $R_{\text{SR}} = 51\ \text{k}\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



High Current PN Half Bridge
BTS 7960

Block Description and Characteristics

$-40\text{ }^{\circ}\text{C} < T_j < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{in} = 13.5\text{ V}$, $R_{SR} = 20\text{ }\Omega$ (unless otherwise specified)

Pos.	Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
			min.	typ.	max.		
Low Side Switch Dynamic Characteristics							
4.2.13	Rise-time of LS	$t_{r(LS)}$	0.5 – 2.8	1 2 7	1.5 – 11	μs	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$
4.2.14	Slew rate LS switch off	$\frac{\Delta V_{OUT}}{t_{r(LS)}}$	– – –	11 6 1.6	– – –	$\text{V}/\mu\text{s}$	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$
4.2.15	Switch off delay time LS	$t_{d(LS)}$	0.7 – 2.8	1.3 2.2 7	1.9 – 11.2	μs	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$
4.2.16	Fall-time of LS	$t_{f(LS)}$	0.5 – 2.8	1 2 7	1.5 – 11	μs	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$
4.2.17	Slew rate LS switch on	$-\frac{\Delta V_{OUT}}{t_{f(LS)}}$	– – –	11 6 1.6	– – –	$\text{V}/\mu\text{s}$	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$
4.2.18	Switch on delay time LS	$t_{d(LS)}$	2.2 – 6.4	4 5.6 16	5.8 – 25.4	μs	$R_{SR} = 0\text{ }\Omega$ $R_{SR} = 5.1\text{ k}\Omega$ $R_{SR} = 51\text{ k}\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

DESCRIPTION

The LM124/SA534/LM2902 series consists of four independent, high-gain, internally frequency-compensated operational amplifiers designed specifically to operate from a single positive supply over a wide range of voltages.

UNIQUE FEATURES

In the linear mode, the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

The unity-gain crossover frequency and the input bias current are temperature-compensated.

FEATURES

- Internally frequency-compensated for unity gain
- Large DC voltage gain (100dB)
- Wide bandwidth (unity gain): 5MHz (temperature-compensated)
- Wide power supply range: Single supply: 3V to 15V; Dual supply: ±1.5V to ±15V; V_{IC} to V_{OV} over dual
- Very low supply current drain (usually independent of supply voltage)
- Low input biasing current: 40nA or (temperature-compensated)
- Low input offset voltage: 2mV or (temperature-compensated)
- Differential input voltage range equal to the positive supply voltage
- Low output voltage: 0V to V_{OV} - 1.5V to 1.5V

PIN CONFIGURATION

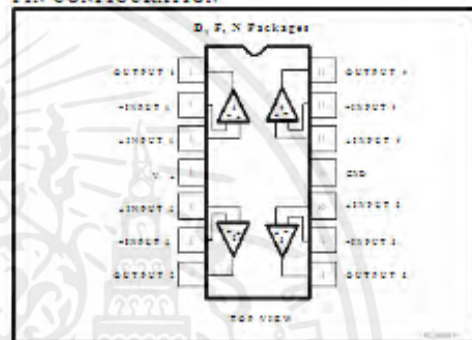


Figure 1. Pin Configuration

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	LM124N	SOT27-1
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CE DIP)	-55°C to +125°C	LM124C	05810
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-25°C to +85°C	LM224N	SOT27-1
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CE DIP)	-25°C to +85°C	LM224C	05810
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-25°C to +85°C	LM234N	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0°C to +70°C	LM324N	SOT27-1
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CE DIP)	0°C to +70°C	LM324C	05810
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0°C to +70°C	LM334N	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0°C to +70°C	LMC324N	SOT27-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0°C to +70°C	LM324AD	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA534N	SOT27-1
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CE DIP)	-40°C to +85°C	SA534C	05810
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA534D	SOT108-1
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +125°C	LM2902N	SOT108-1
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +125°C	LM2902N	SOT27-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	±12 or ±15	V
V_{IN}	Differential input voltage	±12	V
V_{IO}	Input voltage	-0.3 to +12	V
P_D	Maximum power dissipation $T_c = 25^\circ\text{C}$ (outline)		
	N package	1420	mW
	T package	1190	mW
	D package	2040	mW
	Output short-circuit to GND on amplifier	Continuous	
I_{IN}	Input current ($V_{IO} = 0\text{V}$)	50	mA
T_c	Operating ambient temperature range		$^\circ\text{C}$
	LM224A	+10 to -75	$^\circ\text{C}$
	LM224	+25 to +55	$^\circ\text{C}$
	SA224	+40 to +55	$^\circ\text{C}$
	LM2902	+40 to +125	$^\circ\text{C}$
	LM124	+55 to +125	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage temperature range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
T_{SOL}	Lead soldering temperature (100% mass)	300	$^\circ\text{C}$

NOTES:

- Derate above 25°C at the following rates:
 - N package at $0.5\text{mW}/^\circ\text{C}$
 - T package at $0.4\text{mW}/^\circ\text{C}$
 - D package at $0.7\text{mW}/^\circ\text{C}$
- Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40mA, independent of the magnitude of V_{CC} . Values of supply voltage in excess of ±15V in continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.
- This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input bias diodes. In addition, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This action can cause the output voltages of the op amps to go to the V_{CC} rail (or to ground for a large overdrive) during the time that the input is driven negative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC} = 5V, T_{amb} = 25°C unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124/LM224			LM224/SA534/LM2902			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{OS}	Offset voltage	R ₁ =R ₂ R ₃ =R ₄ over temp.		±2	±5		±2	±5	mV
V _{OS(T)}	Temperature drift	R ₁ =R ₂ R ₃ =R ₄ over temp.		7					µV/°C
I _{BIAS}	Input current	V _{IN} =0V R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =10kΩ		±5	±10		±5	±10	nA
I _{BIAS(T)}	Temperature drift	Over temp.		50			50		nA/°C
I _{IO}	Offset current	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ R ₁ & R ₂ over temp.		±2	±10		±2	±10	nA
I _{IO(T)}	Temperature drift	Over temp.		10			10		nA/°C
V _{CM}	Common-mode voltage range	V _{OUT} =0V V _{IN} =0V over temp.	0		±2.5	0		±0.5	V
C _{MBW}	Common-mode rejection ratio	V _{IN} =0V	70	85		65	70		dB
V _{OH}	Output voltage (high)	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =10kΩ over temp.	25			26			V
V _{OL}	Output voltage (low)	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ over temp.	27	28		11	28		V
I _{CC}	Supply current	R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ =10kΩ over temp.		1.5	2		1.5	2	mA
		R ₁ =R ₂ over temp.		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
A _{OL}	Large-signal voltage gain	V _{IN} =0V for open V _{OUT} R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ V _{IN} =15V for open V _{OUT} R ₁ =R ₂ =R ₃ =R ₄ over temp.	50	140		25	100		V/mV
	Amplitude-spectrum analyzer	f=10 Hz to 20 kHz, output referred		-120			-120		dB
PSRR	Power supply rejection ratio	R ₁ =R ₂	65	100		65	100		dB
I _{OUT}	Output current source	V _{IN} =0V, V _{OUT} =0V, V _{CC} =5V	20	40		20	40		mA
		V _{IN} =1V, V _{OUT} =0V, V _{CC} =5V, over temp.	10	20		10	20		
	Output sink	V _{IN} =0V, V _{OUT} =0V, V _{CC} =5V	10	20		10	20		
		V _{IN} =-1V, V _{OUT} =0V, V _{CC} =5V, over temp.	5	8		5	8		
		V _{IN} =0V, V _{OUT} =0V, V _{CC} =5V	19	30		12	30		µA
I _{SC}	Short-circuit current		10	40	50	10	40	50	mA
GBW	Unity-gain bandwidth			1			1		MHz
SR	Slew rate			0.5			0.5		V/µs
V _{CMR}	Input common-mode voltage	±5kΩ		40			40		mV/Hz
V _{CMR}	Differential input voltage			100			100		V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

V_{CC}=5V, T_a=25°C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124A			UNIT
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Offset voltage	R _L =0Ω D ₁ =0L, over temp.	-0.2	0.2	±1	mV
ΔV _{OS/ΔT}	Temperature drift	D ₁ =0L, over temp.	-	7	50	μV/°C
I _{IB}	Input current	R _L =0Ω, over temp. I _{OUT} per R _L over temp.	45	100	100	nA
ΔI _{IB/ΔT}	Temperature drift	Over temp.	50	-	-	nA/°C
I _{OS}	Offset current	I _{OUT} =0A, over temp. I _{OUT} =1mA, over temp.	0.5	1.0	±1.0	nA
ΔI _{OS/ΔT}	Temperature drift	Over temp.	70	500	-	nA/°C
V _{CM}	Common-mode voltage range	V _{CC} =5V V _{CC} =5V, over temp.	0.5	-	±0.5	V
CMRR	Common-mode rejection ratio	V _{OUT} =0V	65	85	-	dB
V _{OH}	Output voltage swing	D ₁ =0L, V _{CC} =5V, over temp.	2.5	-	-	V
V _{OL}	Output voltage sink	R _L =10kΩ, V _{CC} =5V, over temp.	27	25	-	V
V _{OH}	Output voltage low	R _L =10kΩ, over temp.	5	20	-	mV
I _{CP}	Supply current	I _{OUT} =0, V _{CC} =5V, over temp. R _L =∞, over temp.	1.5	3	5.2	mA
V _{CE}	Largest signal voltage gain	V _{CC} =5V (for large V _{OUT} swing), R _L =2kΩ V _{CC} =5V (for large V _{OUT} amp), R _L =2kΩ, over temp.	25	100	-	V/mV
	Amplifier-to-amplifier coupling	f=1kHz to 20kHz, input referred	-	120	-	dB
PSRR	Power supply rejection ratio	R _L =0L	65	100	-	dB
I _{OUT}	Output current source	V _{CC} =5V, V _{IN} =0V, V _{CC} =5V	20	40	-	mA
	Output current sink	V _{CC} =5V, V _{IN} =0V, V _{CC} =5V, over temp.	10	20	-	mA
		V _{CC} =5V, V _{IN} =0V, V _{CC} =5V	10	20	-	mA
		V _{CC} =5V, V _{IN} =0V, V _{CC} =5V, over temp.	5	8	-	mA
		V _{CC} =5V, V _{IN} =0V, V _{CC} =5V	12	50	-	μA
I _{SC}	Short-circuit current		10	40	60	mA
V _{DM}	Differential input voltage		-	-	±0.5	V
GBW	Unity gain bandwidth		-	1	-	MHz
SR	Slew rate		-	0.1	-	V/μs
V _{INRMS}	Input noise voltage	f=1kHz	-	40	-	μV/√Hz

NOTES:

1. $r_{e1} = 1.4V_{CC}$, $R_L = 0\Omega$ with V_{CC} from 5V to 50V and over full input common-mode range (0V to $V_{CC} - 1.5V$).

2. The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output if no loading change exists at the input pins.

3. The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.5V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC} - 1.5V$, but either or both input can go to 52V without damage.4. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . At values of supply voltage in excess of 15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Excessive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

5. Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of coupling increases at higher frequencies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

EQUIVALENT CIRCUIT

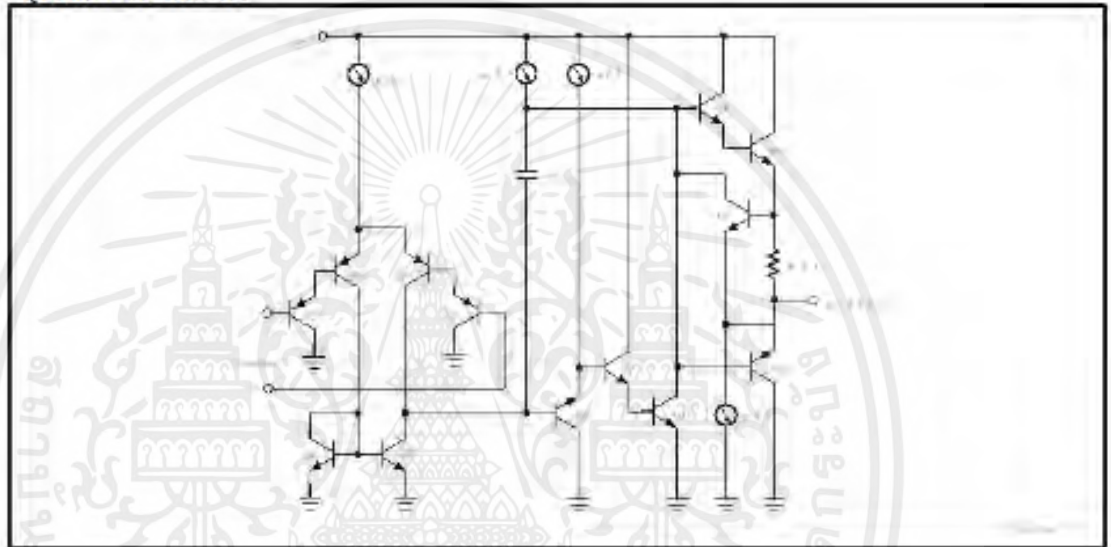


Figure 5. Equivalent Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

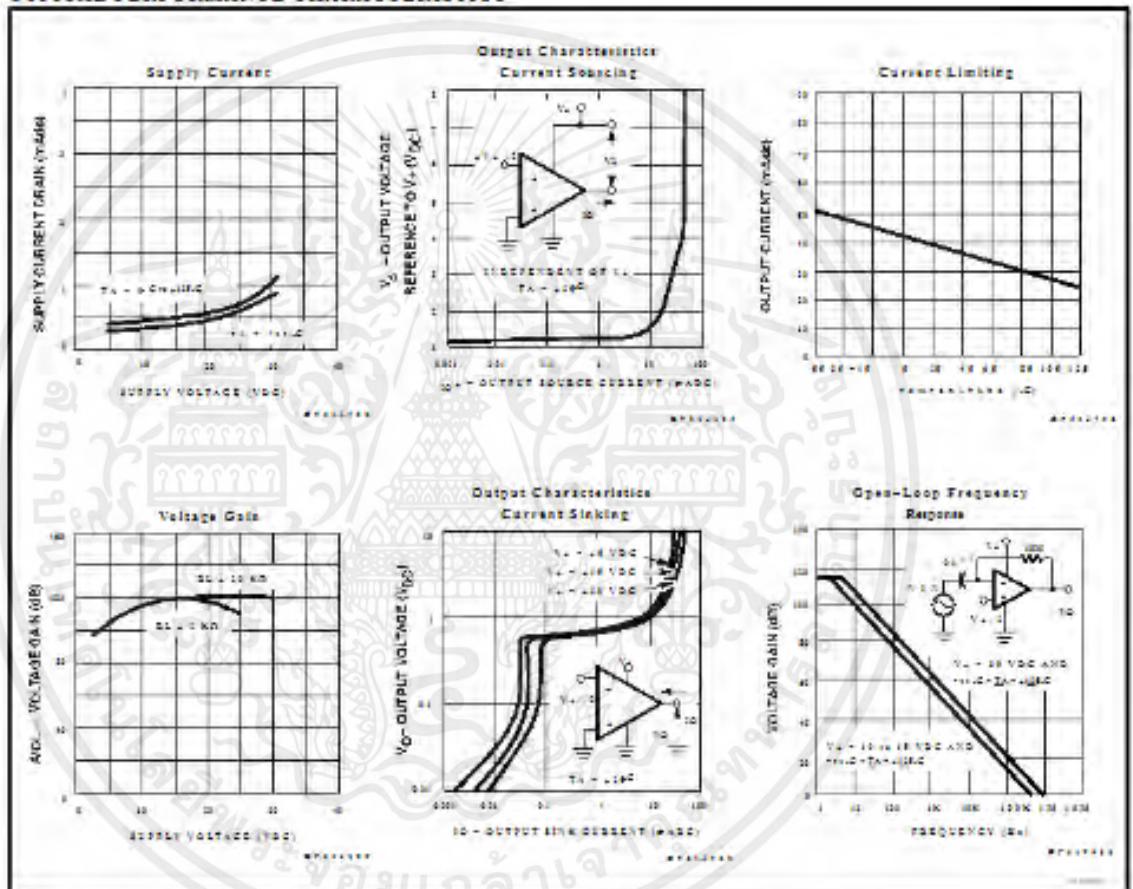


Figure 5. Typical Performance Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low power quad op amps

LM124/224/324/324A/
SA534/LM2902

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)

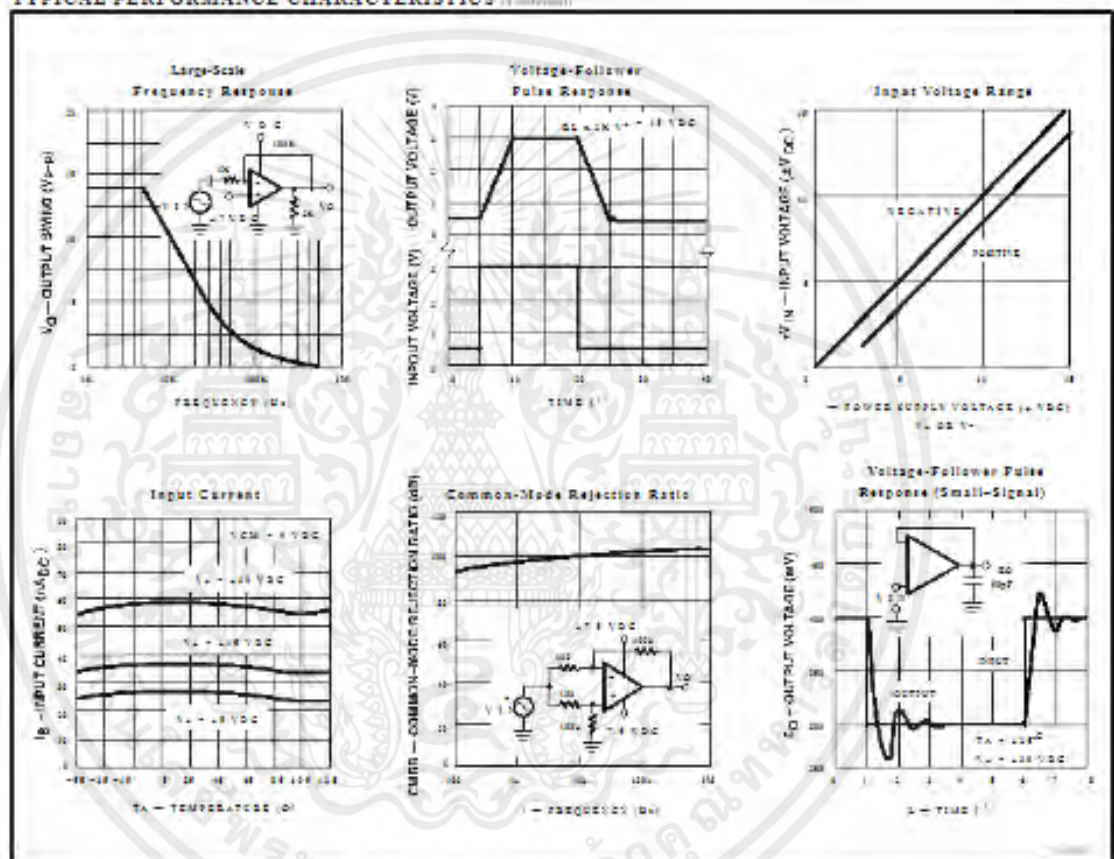


Figure 4. Typical Performance Characteristics (cont.)

TYPICAL APPLICATIONS

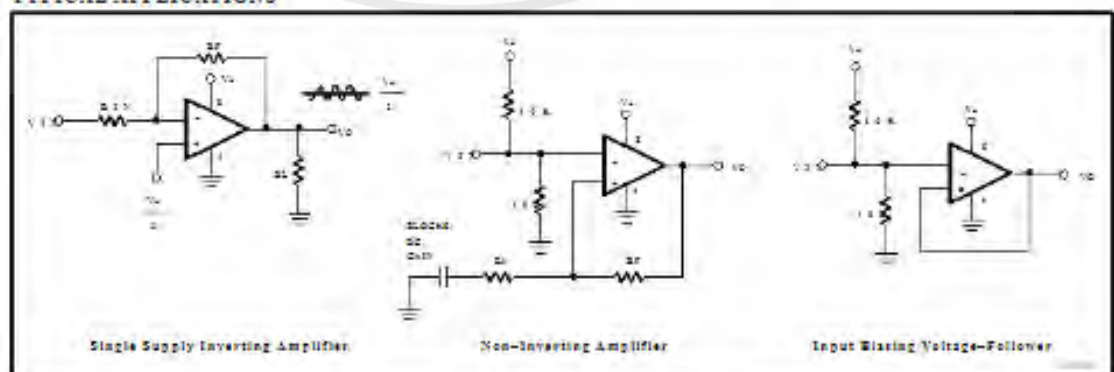
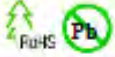


Figure 5. Typical Applications

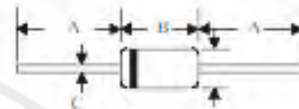
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1N4148 
FAST SWITCHING DIODE

Features

- 1 Fast Switching Speed
- 1 Glass Package Version for High Reliability
- 1 High Conductance
- 1 Available in Both Through-Hole and Surface Mount Versions



Mechanical Data

- 1 Case: DO-35, Molded Glass
- 1 Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- 1 Polarity: Cathode Band
- 1 Weight: 0.13 grams
- 1 Marking: Type Number
- 1 **Lead Free: For RoHS / Lead Free Version, Add "-LF" Suffix to Part Number, See Page 4**

DO-35		
Dim	Min	Max
A	2.940	—
B	—	3.20
C	—	0.60
D	—	2.60

All Dimensions in mm

Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Value	Units
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RM}	100	V
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RSM} V_{RSM}	75	V
RMS Reverse Voltage	V_{RRM}	55	V
Forward Continuous Current (Note 1)	I_{FM}	200	mA
Rectified Current (Average): Half-Wave Rectification with Resistive Load and $f < 50$ MHz (Note 1)	I_{R}	150	mA
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current $t_p < 1.0 \mu s$ $t_p < 5 \mu s$	I_{FSM}	3.0 2.0	A
Power Dissipation (Note 1) Derate Above 25°C	P_D	500 1.69	mW mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient, etc (Note 1)	θ_{JA}	300	°C/W
Operating and Storage Temperature Range	T_{op}, T_{stg}	-65 to 175	°C

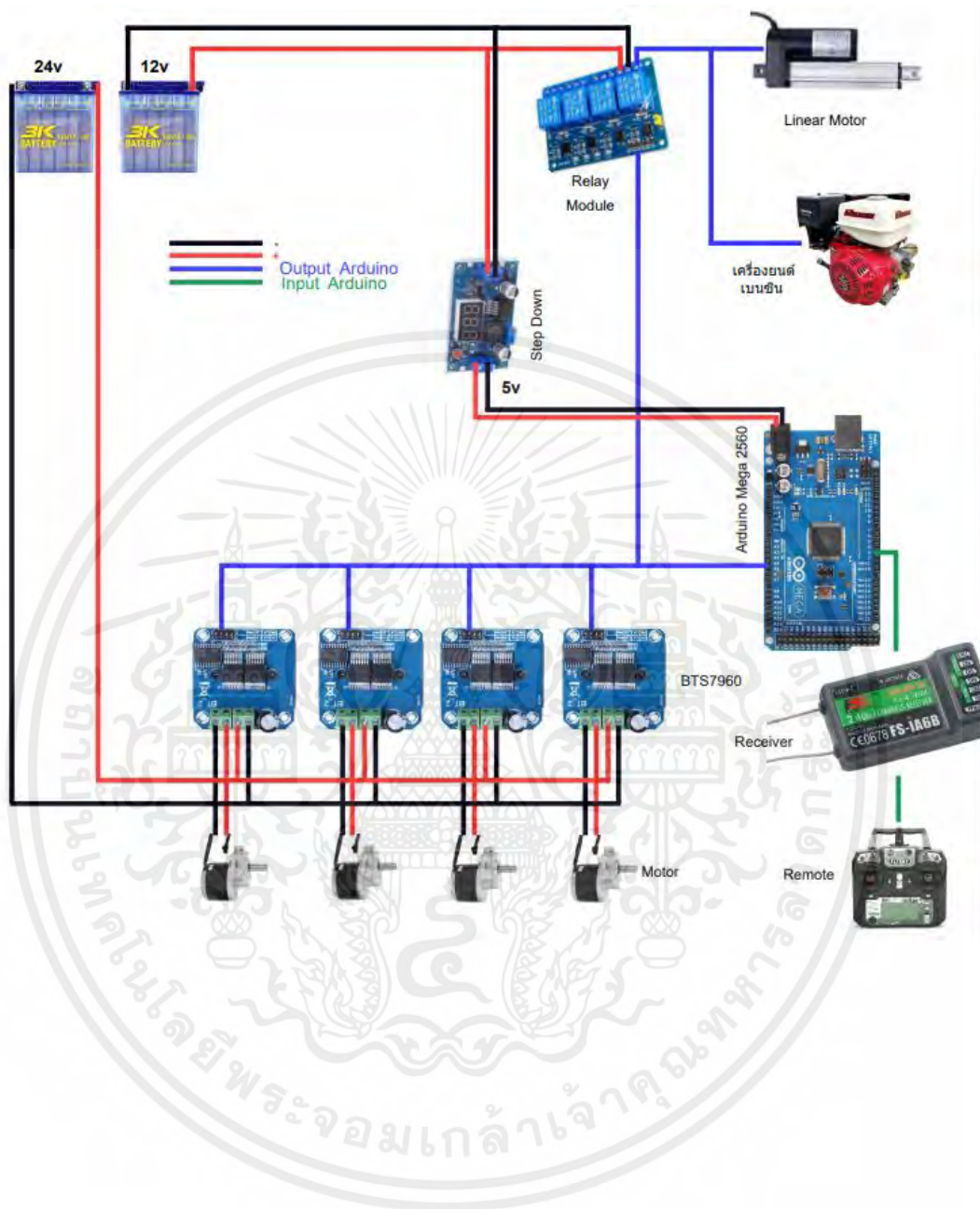
Note 1: Diode on Ceramic Substrate Through Hole A, B, Trm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วงจรรวมของรถตัดหญ้าบังคับวิทยุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ- นามสกุล นางสาวฉันทนา กาญจนวิวิญ
 วันเดือนปีเกิด 9 เมษายน 2543
 ที่อยู่ 482/2 หมู่1 ต.ปากพูน อ.เมือง
 จ.นครศรีธรรมราช 80000
 ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
 Tel.0955397578
 Email.63201272@kmitl.ac.th



ชื่อ- นามสกุล นายณัฐดนัย ดวงแก้ว
 วันเดือนปีเกิด 27 กันยายน 2542
 ที่อยู่ 22 หมู่.7 ต.ท้ายสำเภา อ.พระพรหม
 จ.นครศรีธรรมราช 80000
 ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
 Tel.0954432985
 Email.63201276@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ- นามสกุล	นายภาคภูมิ ชมภูษุช
วันเดือนปีเกิด	6 พฤษภาคม 2541
ที่อยู่	209 หมู่.5 ต.ปากพูน อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช Tel.0936846100 Email.63201281@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้