

ไม้เท้านำทางอัจฉริยะ

SMART CANE



ชนิกันต์ ตั้งมั่นภักดี

CHANIKARN TUNGMANPAKDEE

อภิษฐา พานิช

APISADA PARNICH

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

ไม้เท้านำทางอัจฉริยะ

SMART CANE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ไม้ทำนาทางอัจฉริยะ

SMART CANE

ผู้จัดทำ

นางสาวชนิกานต์ ตังมั่นภักดี

รหัสประจำตัว 58010244

นางสาวอภิษฎา พานิช

รหัสประจำตัว 58011415

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



รองศาสตราจารย์จิววัฒน์ ปานกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ไม้เท้านำทางอัจฉริยะ	
นักศึกษา	นางสาวชนิกานต์ ตั้งมั่นภักดี	รหัสประจำตัว 58010244
	นางสาวอภิษฎา พาณิช	รหัสประจำตัว 58011415
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รองศาสตราจารย์จรัสวัฒน์ ปานกลาง	

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยในการนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา เพื่อให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเดินทางด้วยตนเองได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยหลีกเลี่ยงการเดินชนสิ่งกีดขวางและหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุจากพื้นต่างระดับ โดยอาศัยการทำงานของเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก(Ultrasonic sensor) หลักการทำงานคือตัวอุปกรณ์จะติดกับไม้เท้าที่ผู้ใช้งานจับอยู่ และอุปกรณ์จะเคลื่อนที่เดินหน้าเมื่อผู้ใช้งานกดสวิทช์เปิดการทำงาน และเมื่อเซ็นเซอร์ที่ตัวอุปกรณ์พบสิ่งกีดขวางจะหยุดเคลื่อนที่ จากนั้นจะทำการหาเส้นทางที่ปราศจากสิ่งกีดขวางแล้วเคลื่อนที่ไปยังทิศทางนั้น และหากเซ็นเซอร์ตรวจพบพื้นต่างระดับจะหยุดเคลื่อนที่ พร้อมกับการสั่งจากมอเตอร์สั่นสะเทือนขนาดเล็ก (micro vibration motor) และส่งเสียงเตือนเพื่อให้ทราบว่ามีพื้นต่างระดับอยู่ด้านหน้า แต่เมื่ออุปกรณ์กลับมาอยู่บนพื้นราบ ก็จะสามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้โดยอัตโนมัติ รวมทั้งมีเสียงเตือนเมื่อเซ็นเซอร์ด้านบนตรวจพบเขตแดนที่ต่ำเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานศีรษะชนกับสิ่งกีดขวาง อีกทั้งตัวอุปกรณ์ยังมีไฟแสดงระดับของแบตเตอรี่ และส่งเสียงเตือนเมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดอีกด้วย

Thesis Title	Smart cane	
Student	Miss Chanikarn Tungmanpakdee	Student ID 58010244
	Miss Apisada Parnich	Student ID 58011415
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2018	
Thesis Advisor	Associate professor Jirawath Parnklang	

ABSTRACT

This project is about designing and inventing a navigation device for the blind, to help the blind person move conveniently. This mobility device can help users avoid obstacles and different level floors and even guide them to predetermined locations while reducing the need for supervision. The device is attached to the cane and will power on when the user presses the switch. The device works by measuring distance using the ultrasonic sensors when an obstacle is detected, the device will stop moving for a second to let the ultrasonic sensor find the clear way and then move in that direction. And if the sensor detects different level floor, it will stop moving and vibrating is created by micro vibration motor together with a warning sound and when the device returns to the normal ground, it will continue to move automatically. The device also has the low ceiling warning sound and the battery indicator LED to represent the level of the battery.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “ไม้เท้านำทางอัจฉริยะ” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจาก รองศาสตราจารย์จิรวัดน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือและแนะนำและให้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เคล็ดล็บในการซื้อและทำอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอขอบพระคุณพ่อแม่ของคณะผู้จัดทำที่คอยเป็นกำลังใจหลักและเป็นผู้สนับสนุนเงินทุนหลักในการทำโครงการ รวมไปถึงเพื่อนนักศึกษาชั้นปีสี่ ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือ รวมทั้งแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการนี้ ทำให้ผลของโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชนิกานต์ ตั้งมั่นภักดี
อภิษฎา พานิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 อาดุยโน้ (Arduino)	3
2.1.1 การจ่ายพลังงานให้กับ Arduino.....	3
2.2 มอเตอร์(Motor).....	4
2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor).....	4
2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor).....	4
2.3 เซอร์โว (Servo)	7
2.3.1 Servo motor.....	7
2.3.2 Driver.....	7
2.3.3 Controller.....	7
2.4 หลักการควบคุมมอเตอร์.....	7
2.5 เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor).....	9
2.5.1 หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	9
2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)	10
2.6.1 ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.....	10
2.6.2 ข้อดีของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน.....	11
2.7 Pulse Width Modulation.....	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.8 มอเตอร์สั่นสะเทือน (Vibration Motor).....	13
2.8.1 Eccentric rotating mass vibration motor (ERM).....	13
2.8.2 Linear resonant actuator (LRA).....	13
2.9 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter).....	14
2.9.1 โหมดสวิตช์เปิด (Mode Switch On).....	14
2.9.1 โหมดสวิตช์ปิด (Mode Switch Off)	15
2.10 เซ็นเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor).....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 การออกแบบ.....	17
3.2 Block Diagram.....	18
3.3 โครงสร้างตัวรถ.....	20
3.3.1 โครงสร้างตัวรถชั้นบน.....	20
3.3.2 โครงสร้างตัวรถชั้นล่าง.....	20
3.4 การออกแบบบอร์ดส่วนย่อย.....	21
3.4.1 Schematic และ PCB ของบอร์ดสำหรับควบคุมในส่วนของเสียงเตือน.....	21
3.4.2 Schematic และ PCB ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module.....	22
3.4.3 Schematic และ PCB ในส่วนของวงจรขับ Micro vibration motor.....	23
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	24
4.1 ผลการทดลองการแสดงผลของระดับแบตเตอรี่.....	24
4.2 ผลการทดลองวัดระยะทางการตอบสนองของอุปกรณ์.....	25
4.3 ผลการทดลองความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์.....	25
4.4 ผลการทดลองเสียงแจ้งเตือน.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	27
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	27
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....	27
5.3 สิ่งที่ได้จากโครงการ.....	28
บรรณานุกรม.....	29

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	31
ภาคผนวก ก โค้ดคำสั่งที่เขียนลงในไมโครคอลโทรลเลอร์.....	31
ภาคผนวก ข Data sheet.....	42



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองการแสดงผลของระดับแบตเตอรี่.....	23
4.2 ผลการทดลองวัดระยะเวลาทางการตอบสนองของอุปกรณ์.....	24
4.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์.....	24
4.4 เสียงแจ้งเตือน.....	24



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Arduino Uno R3.....	4
2.2 DC Gear Motor ประเภท Brush.....	6
2.3 Servo Motor.....	6
2.4 การเปลี่ยนแปลง Pulse width เพื่อควบคุมตำแหน่งของ Servo.....	7
2.5 การทำงานของวงจร H-Bridge สำหรับควบคุมการหมุนของ DC Motor.....	8
2.6 Motor drive shield L293D.....	9
2.7 การทำงานของ Ultrasonic sensor ร่วมกับ Microcontroller.....	10
2.8 Ultrasonic sensor hc-sr04.....	10
2.9 แบตเตอรี่ Lithium Ion.....	11
2.10 ลักษณะของสัญญาณ PWM.....	12
2.11 Eccentric rotating mass vibration motor (ERM).....	13
2.12 Linear resonant actuator (LRA).....	14
2.13 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์เปิด.....	14
2.14 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ปิด.....	15
2.15 Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module.....	16
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของไมโครนำทางอัจฉริยะ.....	18
3.2 รูปแสดงโครงสร้างตัวรถชั้นบน.....	19
3.3 รูปแสดงโครงสร้างตัวรถชั้นล่าง.....	20
3.4 Schematic ของบอร์ดควบคุมในส่วนของเสียงเตือน.....	21
3.5 PCB ของบอร์ดควบคุมในส่วนของเสียงเตือน.....	21
3.6 Schematic ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module.....	22
3.7 PCB ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module.....	22
3.8 Schematic วงจรขับ Micro vibration motor.....	23
3.9 PCB วงจรขับ Micro vibration motor.....	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากทุกวันนี้มีผู้พิการทางสายตาคำนวณมาก ที่ไม่ได้รับความสะดวกสบายสำหรับการเดินทางด้วยตนเอง วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือช่วยคนตาบอดหรือผู้พิการทางสายตา ให้ได้รับความปลอดภัยและความสะดวกสบายมากขึ้น โดยประดิษฐ์อุปกรณ์นำทาง ที่จะพาพวกเขาไปในทางที่ไม่มีสิ่งกีดขวางที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อช่วยเหลือพวกเขาให้กิจวัตรประจำวันได้สะดวกมากขึ้น ไม่เท่านั้นทางอัจฉริยะจะควบคุมการทำงานโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน้(Arduino) และใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกในการวัดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับสิ่งกีดขวาง เมื่อตรวจพบสิ่งกีดขวางไม่เท่านั้นทางอัจฉริยะจะหยุดเคลื่อนที่และหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติ และจะส่งเสียงเตือนและสั่นเพื่อเตือนผู้ใช้งานให้ทราบเมื่ออุปกรณ์ตรวจพบพื้นต่างระดับ หรือเพดานต่ำๆ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับนำทางให้แก่ผู้พิการทางสายตา ให้สามารถเดินทางด้วยตนเองได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

1.2.2 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางให้แก่ผู้พิการทางสายตา

1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลากหลายประเภท และการนำไปประยุกต์ใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

สามารถเข้าใจถึงหลักการพื้นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์นำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

สามารถออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับนำทางแก่ผู้พิการทางสายตา โดยอุปกรณ์นั้นสามารถหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางได้โดยอัตโนมัติ และหยุดการเคลื่อนที่ในทันทีที่มีการตรวจพบพื้นต่างระดับ ในระดับที่สูงพอที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ รวมทั้งมีเสียงเตือนให้ผู้พิการทางสายตาทราบว่ามีพื้นต่างระดับอยู่ด้านหน้า หรือมีเพดานที่ต่ำจนอาจทำให้ศีรษะชนได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 อาดูยโน่ (Arduino)

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดูยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย โดย Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ microcontroller เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

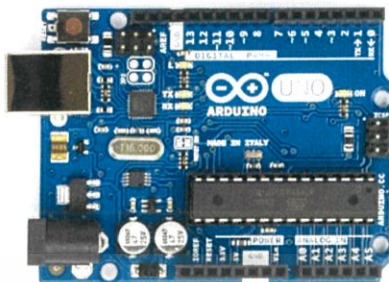
2.1.1 การจ่ายพลังงานให้กับ Arduino

สามารถจ่ายพลังงานให้กับ Arduino ทาง USB หรือ External power supply แหล่งจ่ายจะถูกเลือกเองโดยอัตโนมัติ โดย External power อาจมาจาก AC-to-DC adaptor หรือแบตเตอรี่ โดย adaptor จะจ่ายพลังงานเข้าทาง power jack บอร์ดสามารถทำงานได้ที่ external supply 6-20 Volts หากให้พลังงานแก่บอร์ดน้อยกว่า 7V จะทำให้บอร์ดไม่เสถียร แต่หากจ่ายไฟให้บอร์ด เกิน 12V จะทำให้บอร์ดร้อนและเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่แนะนำคือ 7-12V

2.1.1.1 ขา Vin : สามารถจ่ายแรงดันให้บอร์ดผ่านขานี้ได้ หรือหากจ่ายแรงดันผ่าน power jack ก็ยังสามารถเข้าถึงผ่านขานี้ได้เช่นกัน

2.1.1.2 ขา 5V : ขานี้ให้แรงดันคงที่ 5V จาก regulator บนบอร์ด แต่ข้อควรระวังคือ การจ่ายแรงดันโดยตรงเข้าขา 5V และ 3.3V จะไม่ผ่าน regulator อาจทำให้บอร์ดเสียหายได้

2.1.1.3 ขา 3.3V : ขานี้ให้แรงดัน 3.3V จาก regulator บนบอร์ด



รูปที่ 2.1 Arduino Uno R3

2.2 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปตามความต้องการ ไม่ว่าจะเป็นความเร็ว รอบ หรือกำลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิด จะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้างานนี้

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

2.2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase) จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์มีสายไฟ เข้า 2 สาย มีแรงม้าไม่สูง ส่วนใหญ่ตามบ้านเรือน

- สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เซ็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)

2.2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟส หรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C. Two phase Motor)

2.2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่าทรีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต้องใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ใช้แรงดัน 380 โวลต์ มีสายไฟเข้ามอเตอร์ 3 สาย

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C.MOTOR) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

2.2.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรี่ส์มอเตอร์ (Series Motor)

2.2.2.2 มอเตอร์แบบขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)

2.2.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.2.2.4 ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.2.2.4.1 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) คือ ขดลวดที่ถูกพันอยู่กับ ขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาน้ำยานวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2.2.2.4.2 ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces) คือ แกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็ก ถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบาง ๆ อัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ที่จะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี้

2.2.2.4.3 โครงมอเตอร์ (Motor Frame) คือ ส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

2.2.2.4.4 อาร์เมเจอร์ (Armature) คือ ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกัน ถูกขาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาน้ำยานวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ้มไฟเบอร์อัดแน่นยึดขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมเจอร์ผลัดกันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

2.2.2.4.5 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) คือ ส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากฉนวนทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่าน เพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์

2.2.2.4.6 แปรงถ่าน (Brush) คือ ตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับ

แปร่งถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปร่งถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์

2.2.2.5 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปร่งถ่านไปยังคอมมิวเตเตอร์ ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น เป็นขั้วเหนือ (N) และเป็นขั้วใต้ (S) เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมกับคอมมิวเตเตอร์ หมุนตามไปด้วย แปร่งถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนไปอยู่อีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

2.2.2.6 มอเตอร์เกียร์ (DC Gear Motor) คืออุปกรณ์ที่ผสมผสานระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเกียร์บ็อกซ์ (Gearbox) การเพิ่มเกียร์บ็อกซ์เข้ากับมอเตอร์นั้นเพื่อเป็นการลดความเร็วและเพิ่มทอร์ค (torque) ให้กับเอาพุท (output) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ ความเร็วรอบ (RPM), ทอร์ค (lb-in) และประสิทธิภาพ (%) ดังนั้นก่อนการเลือกซื้อมอเตอร์เกียร์จำเป็นต้องคำนวณค่าของภาระความเร็ว และทอร์คก่อน ส่วนประเภทของ DC Gear Motor ได้แก่ Brushed, Brushless (BLDC), Planetary Gear Motors, Spur Gear Motors, Stepper, Coreless & Coreless Brushless, Servo, Gear heads



รูปที่ 2.2 DC Gear Motor ประเภท Brush



รูปที่ 2.3 มอเตอร์เซอร์โว

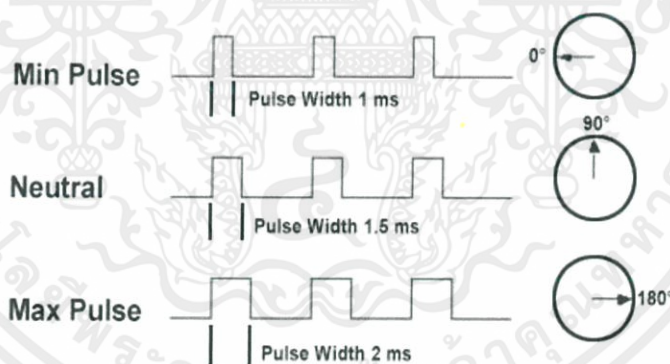
2.3 เซอร์โว (Servo)

เซอร์โว คือระบบควบคุมที่ประกอบด้วยระบบไฟฟ้าคอนโทรลและเครื่องกล ใช้สำหรับงานที่ต้องการควบคุมตำแหน่ง, ความเร็ว, แรงบิด, แม่นยำ และรวดเร็ว เพื่อให้เครื่องกลและไฟฟ้าคอนโทรลทำงานสอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

2.3.1 Servo motor เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ (State) ไม่ว่าจะป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) ซึ่งคุณสมบัติของ Servo motor จะต้องมีดังนี้คือ มีอัตราเร่งที่ดี ตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ย่นการควบคุมกว้างความเร็วในการหมุนต้องคงที่ และชนิดของ Servo Motor แบ่งออกมาได้แก่ DC Servo motor, AC Servo motor และ Stepping motor ในปัจจุบันจะนิยมใช้ AC Servo

2.3.2 Driver เป็นอุปกรณ์ส่งพลังงานไฟฟ้าไปให้ motor เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ตัว Driver จะแบ่งออกตามประเภทการใช้งานได้แก่ Pulse train input driver และ Analog input driver ซึ่งการใช้งานก็จะแตกต่างกันไปตามความต้องการของระบบ

2.3.3 Controller เป็นตัวส่งสัญญาณควบคุม (signal command) ไปยังตัว Driver ตัว Driver จะทำหน้าที่ ขยายสัญญาณและส่งผ่านสัญญาณไปที่ Motor ทำให้ Motor หมุนด้วยความเร็วและไปยังตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลง Pulse width เพื่อควบคุมตำแหน่งของ Servo

2.4 หลักการควบคุมมอเตอร์

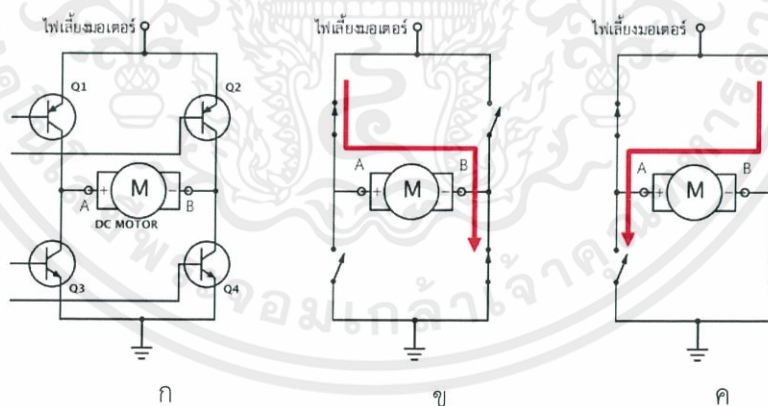
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โครงสร้างภายใน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนหลักๆ สองส่วน ได้แก่ แม่เหล็กถาวรและแกนขดลวด นอกจากนี้ยังมีแปรงถ่าน (Brush) ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อเพื่อรับพลังงานไฟฟ้า

ภายนอกไปยังขดลวดของมอเตอร์ เมื่อขดลวดได้รับไฟฟ้ากระแสตรง จะมีถูกเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ รอบขดลวด

สายของมอเตอร์จะมีเพียงสองเส้น เมื่อต่อมอเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงภายนอก เช่น ถ่านหรือแบตเตอรี่ มอเตอร์จะหมุน แต่หากต่อไฟสลับขั้ว มอเตอร์จะหมุนในทิศตรงกันข้าม หากต้องการลดความเร็วของมอเตอร์ ทำได้โดยปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีราคาถูกและใช้งานง่าย เราจึงพบการนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ของเล่นขนาดเล็ก จักรยานไฟฟ้า แขนกลหุ่นยนต์และเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจาก มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องใช้กระแสสูงในการทำงาน ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จะไม่สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ จึงต้องมีชุดขับกระแส

ชุดขับกระแสดีซีมอเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ H-Bridge ซึ่งวงจรประกอบด้วยทรานซิสเตอร์หรือมอดเฟส โดยทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดปิด จำนวน 4 ชุด (Q1-Q4) โดยต่อกับ DC Motor ดังรูป 2.5 (ก) ซึ่งสามารถควบคุมการทิศทางการไหลของกระแสได้ เมื่อส่งสัญญาณควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ทำงาน และปิดการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 กระแสจะไหลจากจุด A ไปจุด B ดังรูป 2.5 (ข) จึงทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน

เมื่อส่งสัญญาณควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ทำงาน และปิดการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 กระแสจะไหลจากจุด B ไปจุด A ดังรูป 2.5 (ค) เป็นผลให้มอเตอร์หมุนกลับทิศ



รูปที่ 2.5 การทำงานของวงจร H-Bridge สำหรับควบคุมการหมุนของ DC Motor

ปัจจุบันวงจร H-Bridge มีอยู่ในรูปของไอซีวงจรรวม เพื่อลดขนาดของอุปกรณ์ และง่ายต่อการใช้งาน เพียงต่อสัญญาณ PWM และสัญญาณควบคุมทิศทาง ปัจจุบันมีบอร์ดที่มีวงจร H-Bridge เพื่อไว้เป็น

บอร์ดเสริมที่ใช้กับ Arduino เช่น Motor Shield L293D หรือ Motor Shield L298P โดยสองบอร์ดนี้ต่างกันตรงกระแสที่รับได้ สามารถใช้ขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กได้ 4 ตัว หรือประยุกต์ใช้กับมอเตอร์เซอร์โว (servo motor) หรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (stepper motor) ก็ได้



รูปที่ 2.6 Motor drive shield L293D

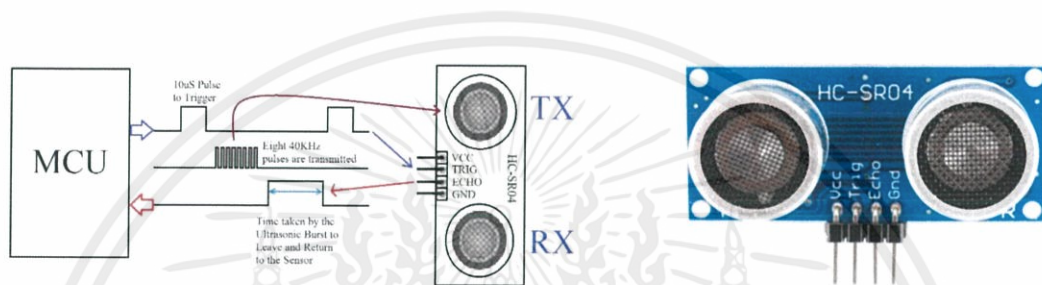
2.5 เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor)

อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ทำงานโดยการส่งสัญญาณพัลส์ของพลังงานซึ่งเป็นการเดินทางของความถี่เสียง การลดทอนของพลังงานที่ถูกสะท้อนกลับมาจากวัตถุเสียงนี้เป็นการสะท้อนกลับจากวัตถุแล้วเดินทางกลับไปยังเซ็นเซอร์ โดยการตรวจจับระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของเสียงเมื่อมีการตกกระทบจากวัตถุแล้วนำมาคำนวณเป็นระยะทาง ประเภทของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบ ตัวรับ-ตัวส่ง อยู่ในตัวเดียวกันเรียก Diffuse Mode กับแบบ ตัวรับ-ตัวส่ง อยู่แยกกันเรียก Opposed Mode ทั้งสองแบบมีหลักการทำงานเหมือนกัน เพียงแต่แบบ Opposed Mode จะเหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุว่ามีหรือไม่มี ซึ่งได้แค่ 2 สถานะเนื่องจากใช้การตัดผ่านคลื่นหรือขวางคลื่นไม่ให้ส่งไปถึงตัวรับได้ แต่จะมีความเร็วในการตอบสนองมากกว่าแบบ Diffuse Mode โหมด สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมมากกว่า 90% จะเป็นแบบ Diffuse Mode เนื่องจากใช้งาน ติดตั้งได้โดยง่าย และสามารถเลือกสัญญาณเอาท์พุทได้ทั้งแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสามารถวัดระดับของวัตถุได้ด้วย จึงตอบโจทย์การใช้งานได้กว้างกว่า

2.5.1 หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ยกตัวอย่างเช่น โมดูล HC-SR04 เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูกสำหรับวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ใช้คลื่นเสียงความถี่ประมาณ 40kHz) มีสองส่วนหลักคือตัวส่งคลื่นที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง ("Ping") แล้วเมื่อไปกระทบวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง คลื่นเสียงถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ภายในโมดูล ถ้าจับเวลาในการเดินทางของคลื่นเสียงในทิศทางไปและกลับและถ้าทราบความเร็วเสียงในอากาศ ก็จะสามารถคำนวณระยะห่างจากวัตถุเกิด

ขวางได้ โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V (4.5V ถึง +5.5V) โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้ มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อย่างเช่น Arduino โดยในการวัดระยะห่างแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบ Pulse ที่มีความกว้าง (Pulse Width) อย่างน้อย 10 μ sec ป้อนให้ขา TRIG และหลังจากนั้นให้วัดความกว้างของสัญญาณช่วง HIGH จากขา ECHO ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่ได้ก็จะน้อย แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลออกไป ก็จะได้ค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่มากขึ้น



รูปที่ 2.7 การทำงานของ Ultrasonic sensor กับ Microcontroller รูปที่ 2.8 Ultrasonic sensor hc-sr04

2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion Battery)

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนเป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้อุปกรณ์ที่เคยมีขนาดใหญ่ เทอะทะ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก รวมถึงมีระยะเวลาใช้งานก่อนจะประจุไฟใหม่นานขึ้นมาก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้า และยังคงมีความพยายามนำแบตเตอรี่ชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านอวกาศ ด้านการทหาร ด้านการไฟฟ้าและสาธารณูปโภค

2.6.1 ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

2.6.1.1 ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ ขั้วแคโทดและขั้วแอโนด

2.6.1.2 แผ่นกั้นในแบตเตอรี่ (separator) ช่วยป้องกันกระแสลัดวงจรโดยทำให้ขั้วแคโทดไม่สัมผัสกับขั้วแอโนด

2.6.1.3 อิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่มีเกลือของลิเทียมผสมอยู่ เป็นตัวนำที่ยอมให้อิออนผ่านแต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน ดังนั้นจึงเป็นตัวนำไอออนิกที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กตรอนิกที่ไม่ดี

2.6.1.4 ตัวรับกระแส (current collector) เป็นโลหะตัวนำทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรมานอก และเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ

ความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่สำคัญขึ้นอยู่กับชนิดและสมบัติของวัสดุที่นำมาทำขั้วแคโทดและแอโนด และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ถูกรู้จักในฐานะแหล่งกำเนิดพลังงานและถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีขนาดที่เล็กลงและสามารถให้พลังงานได้มากขึ้น

2.6.2 ข้อดีของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

2.6.2.1 น้ำหนักเบา ธาตุลิเทียมที่นำมาใช้ผลิตแบตเตอรี่นั้นเป็นโลหะอัลคาไลน์ที่มีน้ำหนักเบาที่สุดในโลก จึงทำให้ตัวแบตเตอรี่มีน้ำหนักเบาตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าจึงใช้พลังงานในการขับเคลื่อนที่น้อยลงเพราะน้ำหนักที่น้อยลง เลยทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

2.6.2.2 อายุการใช้งานนาน เนื่องจากการพัฒนามาหลายรุ่นของแบตเตอรี่ จึงทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีประจุไฟฟ้าที่สูงกว่า และเก็บประจุไฟฟ้าได้นาน (Low Discharge) กว่าแบตเตอรี่เจเนอเรชันอื่น ๆ ทั้งยังมีประสิทธิภาพในเรื่องของการชาร์จที่สูงกว่า และใช้งานได้นาน

2.6.2.3 ให้พลังงานสูง, คงที่ และชาร์จได้เร็ว ในส่วนประกอบของธาตุลิเทียมนั้นมีเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่สูงกว่าเซลล์จากโลหะอื่น เป็นสาเหตุให้แบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน จึงกลายเป็นต้นกำเนิดของขุมพลังงานที่มีความเสถียรที่สุด ถือเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่จะเข้ามาแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.2.4 เป็นเซลล์แห้ง แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนนั้น ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อธรรมชาติ เช่น ของเหลว กรด หรือตะกั่ว จึงสามารถรับประกันเรื่องความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ



รูปที่ 2.9 แบตเตอรี่ Lithium Ion

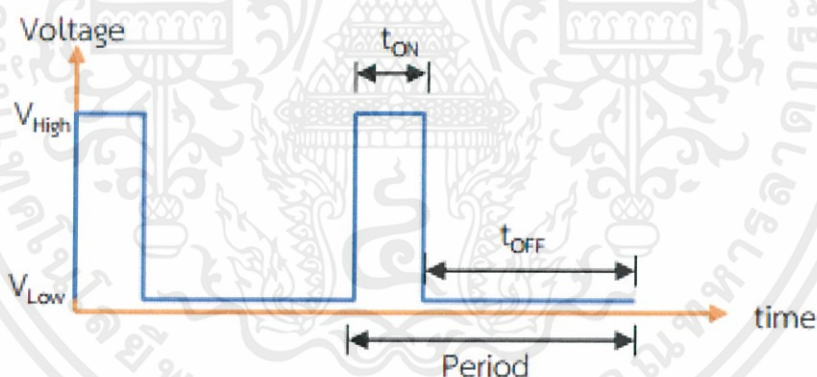
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Pulse Width Modulation (PWM)

Microcontroller สามารถอ่านข้อมูล ประมวลผล ควบคุมและสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ ได้ ต้องมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีความถี่สูง เพื่อกำหนดจังหวะในการประมวลผลข้อมูล รับส่งข้อมูลภายในบัส โดยการทำงานของ Microcontroller จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

นอกจากนี้สัญญาณนาฬิกายังถูกนำไปใช้ในโมดูลต่างๆ ที่อยู่ภายใน Microcontroller เช่น โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล โมดูลการสื่อสารแบบอนุกรมต่างๆ ทั้ง Synchronous และ Asynchronous และโมดูล Timer โดยโมดูล Timer ใน Microcontroller สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่นการตั้งหน่วงเวลา การสร้างสัญญาณแบบคาบเวลา เช่น PWM Output การตรวจจับสัญญาณ (Input Capture)

สัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) คือ สัญญาณแบบมีคาบที่มีความถี่คงที่ แต่มีการปรับความกว้างของพัลส์หรือช่วงเวลา ON ได้อย่างอิสระดังรูป 2.10 โดยอัตราส่วนระหว่างช่วงเวลา ON กับคาบของสัญญาณ เรียกว่า Duty Cycle สามารถคำนวณได้จากสมการ $Duty\ cycle\ (\%) = (t_{ON} \times 100) / Period$ หรือ $= (t_{ON} \times 100) / (t_{ON} + t_{OFF})$



รูปที่ 2.10 ลักษณะของสัญญาณ PWM

สัญญาณ PWM เป็นที่นิยมนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปรับความเร็วของ DC Motor หรือ ความสว่างของหลอดไฟ โดยมีข้อดีคือ ลดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากมีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง และสามารถเชื่อมต่อกับ Microcontroller หรือคอมพิวเตอร์ได้ง่าย ถ้าต้องการส่งพลังงานไปยังอุปกรณ์มาก ให้ปรับ Duty Cycle มาก หากต้องการส่งพลังงานน้อย ให้ปรับ Duty Cycle น้อย เป็นต้น

2.8 มอเตอร์สั่นสะเทือน (Vibration Motor)

Vibration Motor หรือมอเตอร์สั่น แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

2.8.1 Eccentric rotating mass vibration motor (ERM)

หลักการทำงานคือให้กำเนิดแรงเหวี่ยงโดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของมวลไม่สมดุล ด้วยความเร็วรอบมากๆ โดยแอมพลิจูดของมอเตอร์นิยมบอกในรูปของค่า G (Gravitational acceleration) และแรงที่ได้จะทำให้วัตถุที่ติดกับมอเตอร์เกิดการสั่นสะเทือน เราสามารถปรับค่าแอมพลิจูดของมอเตอร์หรือความแรงในการสั่นได้โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์

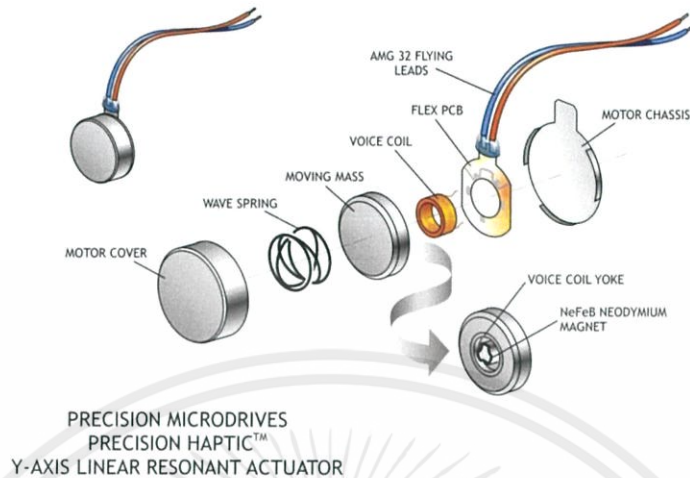


รูปที่ 2.11 Eccentric rotating mass vibration motor (ERM)

2.8.2 Linear resonant actuator (LRA)

ทำงานโดยใช้มวลแม่เหล็กติดกับสปริงอยู่ในมอเตอร์ จะใช้สัญญาณไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดเพื่อให้เกิดแรงยกมวลขึ้นและลงเป็นการสั่นแบบฮาร์มอนิก และการที่อุปกรณ์สั่นด้วยแอมพลิจูดที่มากกว่าที่ความถี่เฉพาะ เรียกว่า เรโซแนนซ์(Resonance) ซึ่งทำให้มวลเคลื่อนที่ในแกน Y แกนเดียว และมอเตอร์ชนิดนี้ต้องขับด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งต่างจากประเภท ERM ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ประเภทนี้จะมีค่า Quality factor(Q) สูง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อย แต่ทำงานได้ในแบนวิทที่แคบ และจะมีอายุการใช้งานมากกว่าอีกประเภท เพราะไม่มีส่วนเคลื่อนที่ ทำให้ไม่มีปัญหาด้านเชิงกล



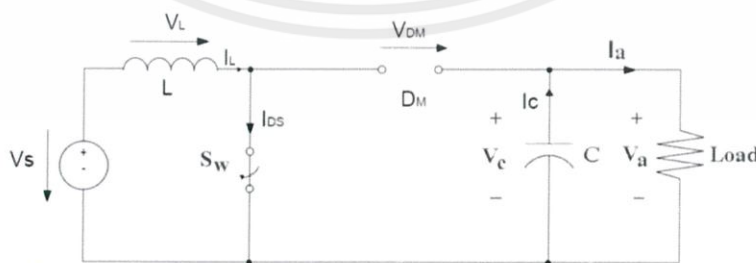
รูปที่ 2.12 Linear resonant actuator (LRA)

2.9 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)

วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับการแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต (Output) ให้มีค่ามากกว่าแรงดันทางด้านอินพุต (Input) ที่ป้อนเข้ามาในวงจร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าวงจรทระดับ (Step-up Converter) วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะใช้ โมสเฟตกำลัง (MOSFET) หรือไอจีบีที(IGBT) ภาพที่ 2.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ จากรูปที่ 2.1 เราสามารถพิจารณาการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์(Boost Converter) ในแต่ละโหมด (Mode) การทำงานตามการปิด-เปิดของสวิตช์ได้ดังนี้

2.9.1 โหมดสวิตช์เปิด (Mode Switch On)

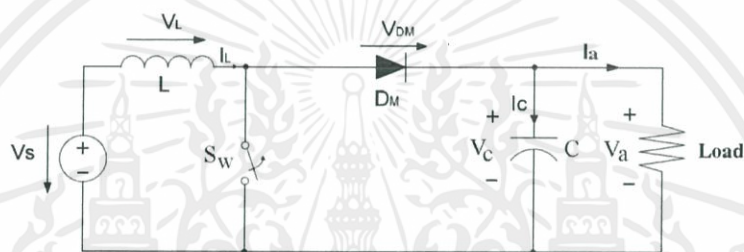
ภาพที่ 2.13 ได้นำเสนอวงจรการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในสภาวะสวิตช์เปิด (Switch On) พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_s) จะจ่ายให้ไปสะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำ ในระยะเวลาหนึ่ง ในช่วงเวลาที่สวิตช์เปิดอยู่ โดยแรงดัน ไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำ จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (V_s) ตามกฎแรงดันของเคอร์ชอฟ



รูปที่ 2.13 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์เปิด

2.9.1 โหมดสวิตช์ปิด (Mode Switch Off)

วงจรการทำงานในโหมดนี้แสดงในภาพที่ 2.14 พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_s) และพลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำ จะถูกส่งมาให้ยังโหลดโดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวเหนี่ยวนำจะเกิดจากการคายพลังงานไฟฟ้า หลังจากที่ได้สะสมพลังงานไว้ในช่วงเวลาที่ทำงานในโหมดสวิตช์เปิด (Mode Switch On) และจากการที่โหลดได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายและจากการคายพลังงานของตัวเหนี่ยวนำ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต (Output) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Input) จากการทำงานของวงจรทั้งสองโหมดจะเห็นได้ชัดว่าวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) จะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะมีบางช่วงที่สวิตช์ไม่ได้เปิดก็ตาม



รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ปิด

2.10 เซ็นเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor)

Infrared sensor หรือ IR Sensor เป็นเซ็นเซอร์แสง (Optical Sensor) ประเภทหนึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่นำโฟโตไดโอด หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ มารวมเข้ากับวงจรควบคุมภายใน เพื่อใช้สำหรับความถี่สูง โดยเฉพาะ IR Sensor นั้นจะตอบสนองกับแสงอินฟราเรดเท่านั้น และใช้งานร่วมกับ LED อินฟราเรด เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน IR Sensor เช่น โทรทัศน์ เครื่องเล่น DVD หรือวิทยุในรถยนต์ กล้องรับดาวเทียม เป็นต้น

ในตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง(Emitter)และตัวรับ(Receiver) ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่งเหมือนแบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือ Reflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์เอง โดยโฟโตเซ็นเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนแบบนี้จะเหมาะสำหรับใช้งานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และอาจทำให้ทำงานผิดพลาดได้

IR Sensor จะมีช่วงในการทำงาน หรือระยะในการตรวจจับจะได้ไกลกว่าแบบ Opposed mode ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector อยู่ตลอดเวลา

หน้าที่หลักของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เมื่อวัตถุผ่านเข้ามาที่หน้าเซ็นเซอร์ จะแสดงค่าเป็น 0 (Low) แต่หากตรวจไม่พบวัตถุใดๆ จะให้เอาพุทเป็น 1 (High)



รูปที่ 2.15 Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบ

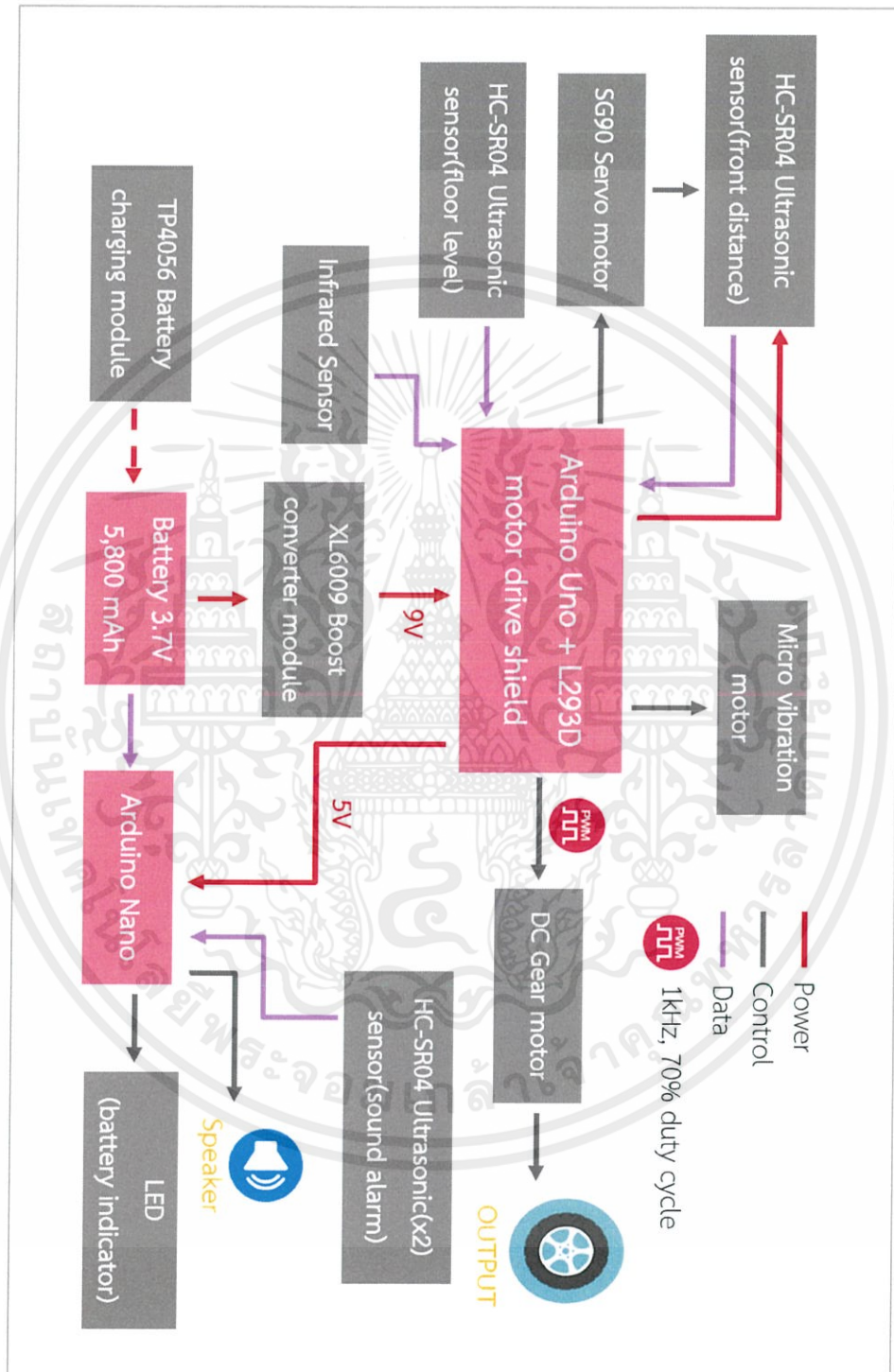
โครงการนี้เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการทางสายตา ให้สามารถเดินทางด้วยตนเองได้อย่างสะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยตัวอุปกรณ์จะเป็นรถ 3 ล้อ และตัวรถจะยึดติดกับไม้เท้า ซึ่งผู้ใช้งานใช้จับขณะเดินทาง หลักการทำงานของอุปกรณ์คือใช้เซ็นเซอร์ 5 ตัว เป็นเซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) 4 ตัว ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการสะท้อนของเสียงในการคำนวณหาระยะทางที่อยู่ข้างหน้าเซ็นเซอร์ โดยตัวที่ 1 จะอยู่ข้างหน้ารถ โดยยึดติดกับมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) ทำหน้าที่บอกระยะทางด้านหน้า ส่วนเซ็นเซอร์ที่เหลือจะอยู่ใต้ท้องรถ ตัวที่ 2 จะทำหน้าที่ตรวจจับพื้นต่างระดับ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานเกิดอุบัติเหตุจากพื้นต่างระดับ ตัวที่ 3 และ 4 จะทำหน้าที่ควบคุมเสียงเตือนให้ผู้ระวังศีรษะและระวังพื้นต่างระดับ

เมื่ออัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ด้านหน้าอุปกรณ์ตรวจพบว่าพื้นที่ข้างหน้ามีสิ่งกีดขวาง ตัวอุปกรณ์จะหยุดเคลื่อนที่ และเซ็นเซอร์จะหมุนหาทางอื่นที่ไม่มีสิ่งกีดขวางหมุนโดยใช้มอเตอร์เซอร์โวเมื่อพบทางที่ไม่มีสิ่งกีดขวางแล้ว อุปกรณ์ก็จะเคลื่อนที่ไปทางดังกล่าว ในส่วนของเซ็นเซอร์ตรวจจับพื้นที่ต่างระดับจะทำงานโดยเมื่อตรวจพบว่าพื้นภายใต้รถมีความสูงเกินกว่าระดับที่กำหนด ตัวรถจะหยุดเคลื่อนที่ พร้อมทั้งเตือนผู้ใช้งานโดยใช้ทั้งมอเตอร์สั่นสะเทือนขนาดเล็ก (Micro Vibration Motor) และส่งเสียงเตือนให้ระวังพื้นต่างระดับ และเมื่ออุปกรณ์กลับมาอยู่ในพื้นระดับปกติ จะเคลื่อนที่ต่อโดยอัตโนมัติ

ในส่วนของเซ็นเซอร์อีก 1 ตัว จะเป็นเซ็นเซอร์แบบอินฟราเรด (IR Sensor) โดยเซ็นเซอร์ตัวนี้จะติดอยู่ด้านหน้าของอุปกรณ์ ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์กันชน คือป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ไปชนกับสิ่งกีดขวาง

อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบย่อยทั้งหมดจะทำงานภายใต้การควบคุมของอาดุยโน(Arduino) 2 บอร์ด คือ Arduino Uno จะควบคุมมอเตอร์และอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 รวมทั้ง อินฟราเรดเซ็นเซอร์ ส่วน Arduino Nano จะทำหน้าที่ควบคุมอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ตัวที่ 3 และควบคุมในส่วนของการแจ้งเตือนทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นเสียงแจ้งเตือนหรือไฟแสดงระดับแบตเตอรี่

3.2 Block Diagram

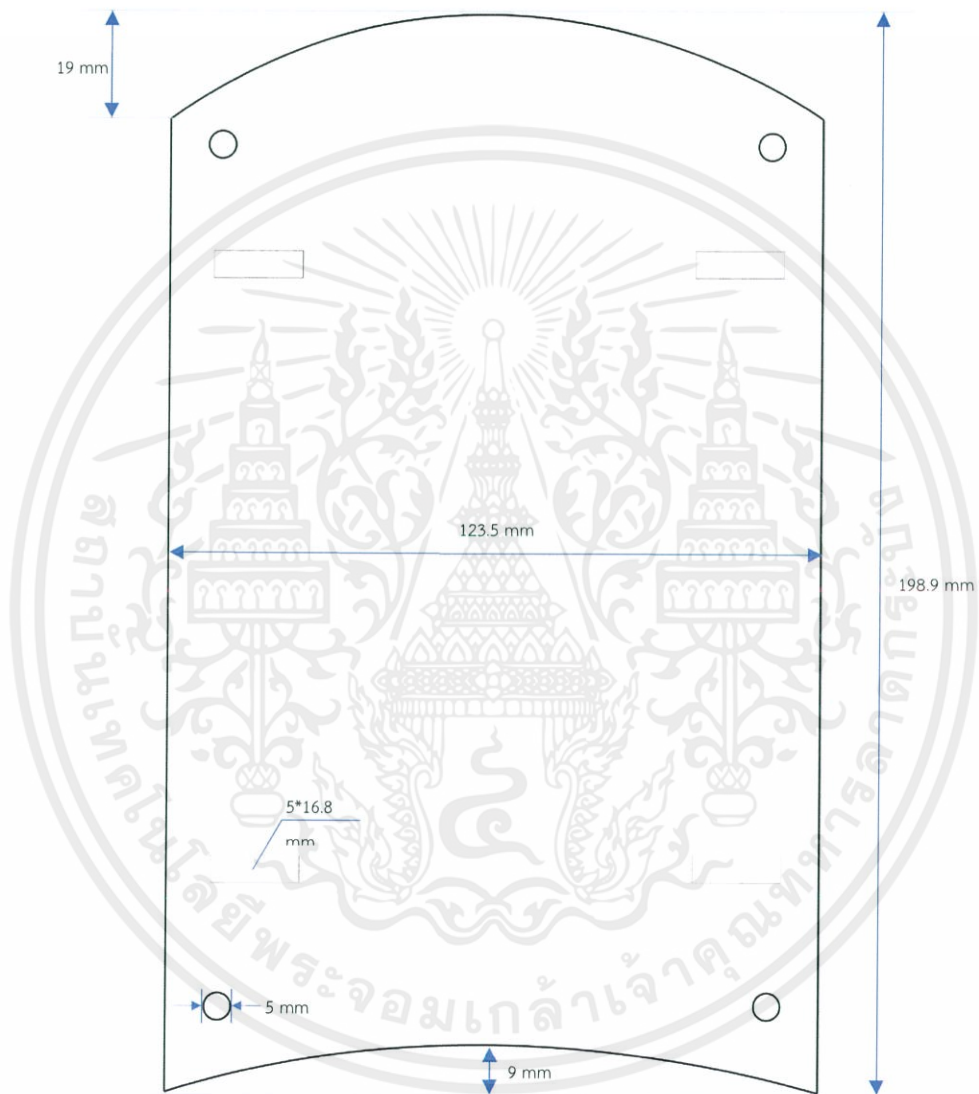


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของไม้เท้านำทางอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างตัวรถ

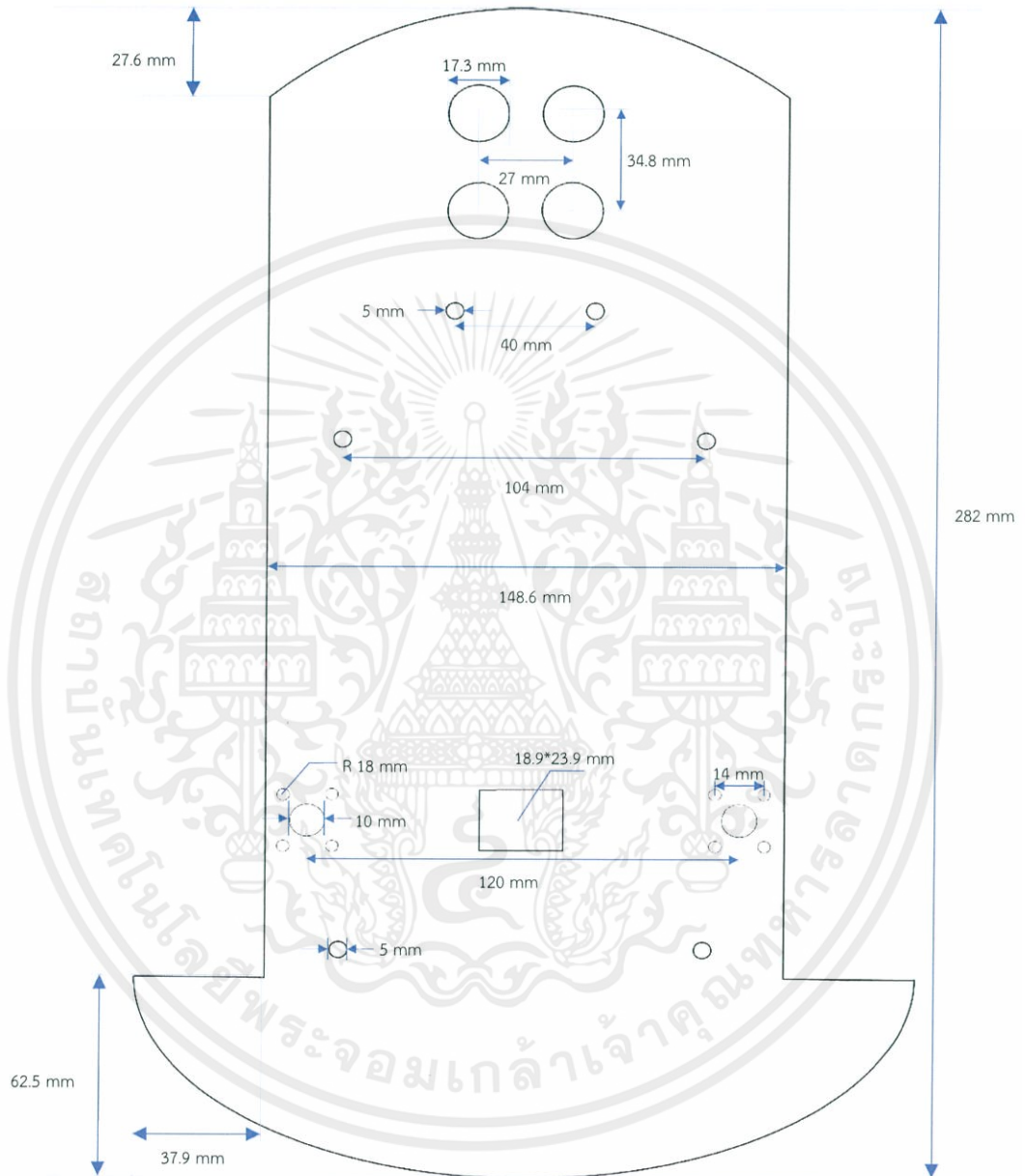
3.3.1 โครงสร้างตัวรถชั้นบน



รูปที่ 3.2 รูปแสดงโครงสร้างตัวรถชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

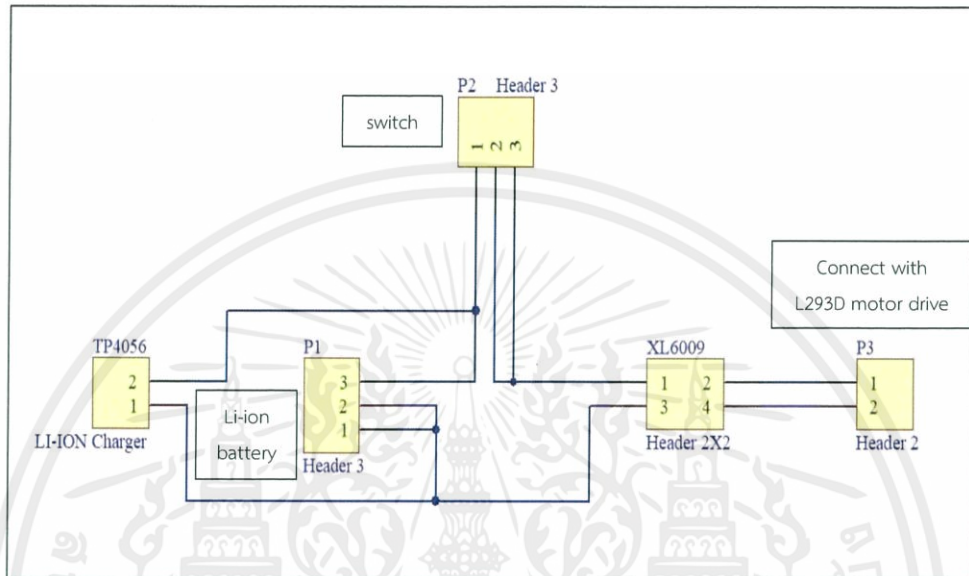
3.3.2 โครงสร้างตัวรถชั้นล่าง



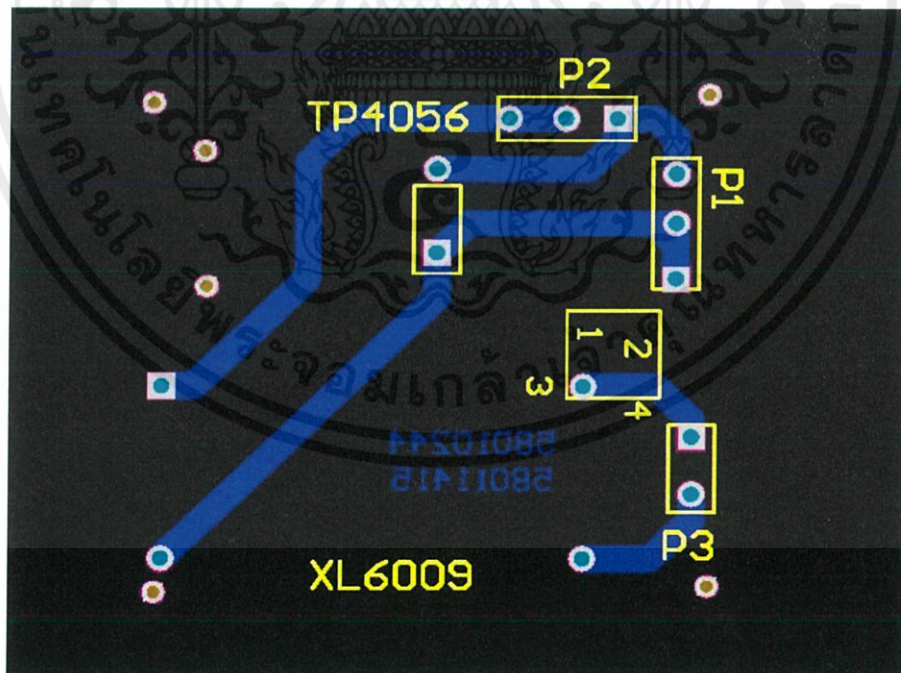
รูปที่ 3.3 รูปแสดงโครงสร้างตัวรถชั้นล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 Schematic และ PCB ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module



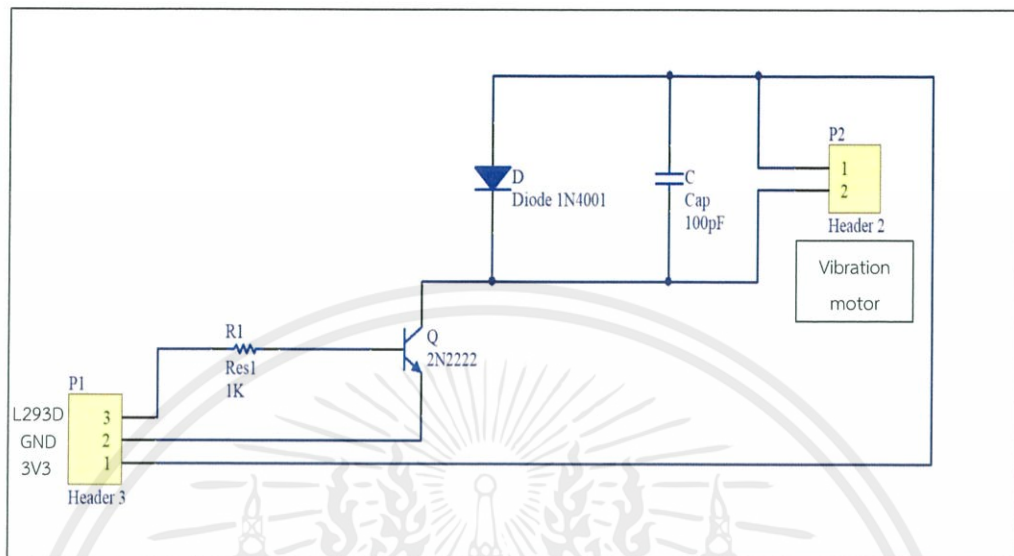
รูปที่ 3.6 Schematic ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module



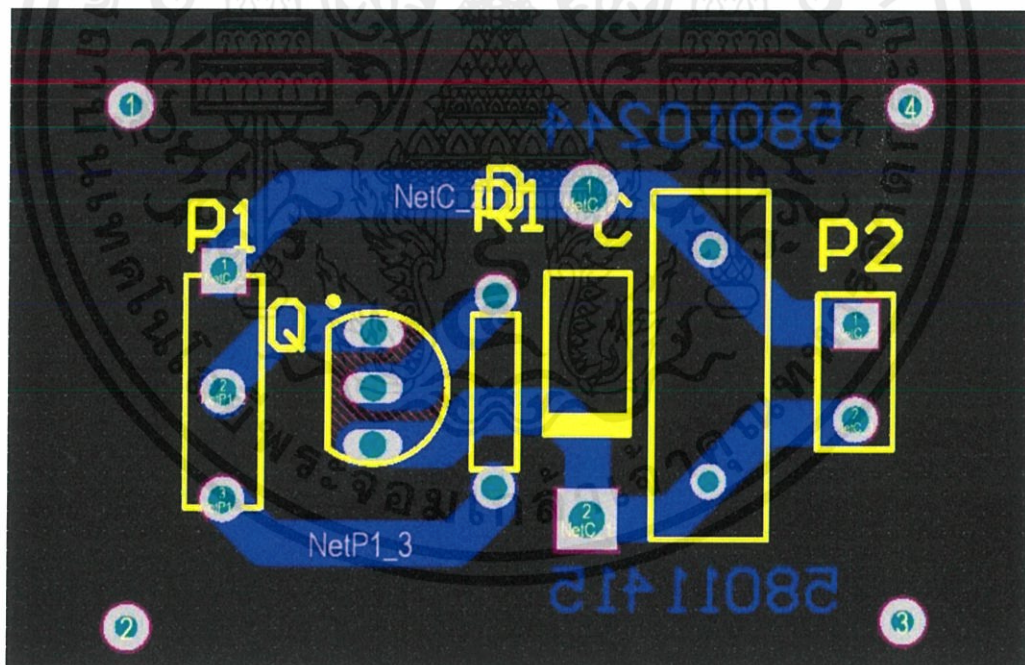
รูปที่ 3.7 PCB ในส่วนของ Battery Charger และ Boost Converter Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 Schematic และ PCB ในส่วนของวงจรขับ Micro vibration motor



รูปที่ 3.8 Schematic วงจรขับ Micro vibration motor



รูปที่ 3.9 PCB วงจรขับ Micro vibration motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

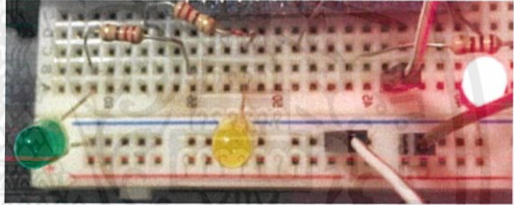
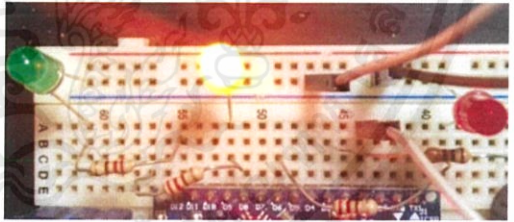
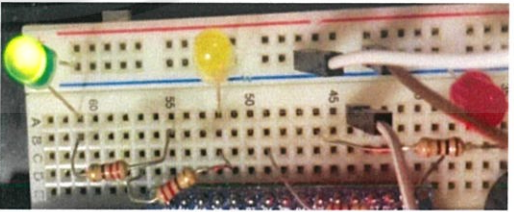
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการแสดงผลของระดับแบตเตอรี่

ทดลองโดยการปรับค่าแรงดันตกคร่อมที่ขา A0 (Analog 0) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นขาที่ถูกเลือกใช้ให้อ่านค่าแรงดัน แล้วสีของไฟ LED ที่สว่างจะแปรผันตามระดับแรงดันที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าได้

ตารางที่ 4.1.1 แสดงผลของไฟ LED ที่ระดับแบตเตอรี่ที่ต่างกัน

V_{BAT} (V)	Analog value	LED
2.85	680	
3.71	890	
4.12	990	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองวัดระยะทางการตอบสนองของอุปกรณ์

การตอบสนองของเซ็นเซอร์ด้านหน้ารถ ทดลองโดยการปล่อยให้ตัวรถเคลื่อนที่ และวัดระยะห่างระหว่างตัวรถกับสิ่งกีดขวางเมื่อรถเจอกับสิ่งกีดขวางแล้วหยุด ส่วนการทดลองการตอบสนองของเซ็นเซอร์ใต้ตัวรถ จะทดลองโดยการค่อยๆเพิ่มระยะทางระหว่างพื้นกับเซ็นเซอร์ และบันทึกค่าระยะทางที่รถตอบสนอง (รถหยุดเคลื่อนที่)

ตารางที่ 4.2.1 แสดงค่าของระยะทางที่น้อยที่สุดและมากที่สุดของเซ็นเซอร์ในแต่ละตำแหน่ง ที่จะทำให้อุปกรณ์ตอบสนองได้

Sensor position	FRONT	FLOOR
Minimum distance (cm)	7.1	6.4
Maximum distance (cm)	24.2	7.9

4.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์

ทดลองโดยการจับเวลาที่รถใช้เคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด แล้วคำนวณออกมาเป็นความเร็ว

ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวรถในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่

Maximum speed	0.30 m/s
Move forward/Move backward	0.27 m/s
Turn left/Turn right	0.18 m/s
Turn around	0.18 m/s

4.4 เสียงแจ้งเตือน

ทดลองโดยการนำรถไปเจอสถานการณ์ต่างๆ คือพื้นต่างระดับ และเพดานที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด เพื่อดูว่ารถมีเสียงเตือนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

ตารางที่ 4.4.1 แสดงผลของเสียงเตือนที่ใช้เตือนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

สถานการณ์	เสียงที่แจ้งเตือน
เตือนให้ระวังศีรษะชน	“โปรดระวังศีรษะ”
เตือนให้ระวังพื้นต่างระดับ	“โปรดระวังพื้นต่างระดับ”
เตือนให้ทราบว่าแบตเตอรี่ใกล้หมด	“แบตเตอรี่ต่ำโปรดชาร์จแบตเตอรี่”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ ของตัวรถ พบว่ารถสามารถทำงานได้ตามที่ได้กำหนดไว้ คือ เมื่อรถเคลื่อนที่เข้าใกล้สิ่งกีดขวางเกินกว่าระยะที่กำหนด รถจะหยุดเคลื่อนที่ และมอเตอร์เซอร์โว จะทำหน้าที่หมุนเพื่อให้อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor) ได้ทำการคำนวณระยะทางทั้งด้านซ้ายและขวา หากทางไหนไม่มีสิ่งกีดขวาง รถจะเคลื่อนที่ไปยังทิศทางนั้น แต่หากมีสิ่งกีดขวางทั้งสองทิศทาง รถจะทำการเลี้ยวกลับทางเดิม และเมื่อรถตรวจพบพื้นต่างระดับในระดับที่สูงกว่าความสูงที่กำหนด รถจะหยุดเคลื่อนที่พร้อมทั้งส่งเสียงเตือน และสั่นเตือน โดยเมื่อรถกลับไปอยู่บริเวณที่พื้นสม่ำเสมอ ก็จะเคลื่อนที่ได้ต่อโดยอัตโนมัติ และเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบว่าระยะด้านบนของตัวรถ มีความสูงน้อยกว่าที่กำหนด จะส่งเสียงเตือนเพื่อให้ผู้ใช้ระวังศีรษะ และสุดท้ายในส่วนของแบตเตอรี่ จะมีไฟ LED แสดงระดับของแบตเตอรี่ และจะส่งเสียงเตือนให้ผู้ใช้ทราบเมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมด

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

5.2.1 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor) มีจุดบอดของการอ่านค่าระยะทาง โดยหากสิ่งกีดขวาง ด้านหน้ามีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือมุม เซ็นเซอร์จะไม่สามารถอ่านค่าได้ ทำให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ชนสิ่งกีดขวางนั้น

5.2.2 การใช้เพียงเสียงเตือนจากบัสเซอร์ (Buzzer) ไม่เพียงพอที่จะใช้สำหรับการเตือนในสถานการณ์ต่าง ๆ

5.2.3 เมื่อใช้บอร์ด Arduino Uno ร่วมกับ Motor Drive Shield ทำให้ขาดิจิตอลของอาดูโน่ ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

5.2.4 ไลบรารี (Library) ที่ใช้ในการควบคุมลำโพง ไม่สามารถทำงานร่วมกับไลบรารีปกติของมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) ได้

5.2.5 มอเตอร์เซอร์โวไม่สามารถกวาดมุมได้ 180 องศาอย่างเต็มที่

5.3 สิ่งที่ได้จากโครงการ

จากการทำโครงการชิ้นนี้ ทำให้ผู้จัดทำได้ความรู้มากมายเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานบอร์ดอาduino วิธีการควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์ การคำนวณและการใช้แบตเตอรี่ในการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ การใช้งานเซ็นเซอร์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ เซ็นเซอร์ประเภทอัลตราโซนิก และเซ็นเซอร์แบบอินฟราเรด และได้ลองใช้อุปกรณ์ใหม่ๆหลากหลายประเภท อีกทั้งยังได้ฝึกทักษะในการวางแผนและปฏิบัติงานตามขั้นตอน และเนื่องจากระหว่างการทำโครงการนี้ได้พบปัญหาในเกือบทุกขั้นตอนการปฏิบัติงาน ทำให้ได้ทักษะการแก้ปัญหาที่ดี และฝึกความอดทนอย่างมาก รวมทั้งทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานที่พร้อมจะปรับเปลี่ยนหรือแก้ไของค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของปัญหา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] อาดูยโน้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> สืบค้น 20 มกราคม 2562
- [2] อาดูยโน้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics> สืบค้น 20 มกราคม 2562
- [3] อาดูยโน้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://embeddedbblog.wordpress.com/2016/03/26/arduino> สืบค้น 20 มกราคม 2562
- [4] มอเตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.pspstech.co.th/A3-19171.page> สืบค้น 20 มกราคม 2562
- [5] มอเตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.islproducts.com/designnote/dc-motor-dc-gearmotor-basics> สืบค้น 22 มกราคม 2562
- [6] เซอร์โว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.xn--c3c2cmw7gpa3e.com/servo> สืบค้น 22 มกราคม 2562
- [7] เซอร์โว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.arduitronics.com/article/27/arduino-and-motor-control-part-4-servo-motor> สืบค้น 22 มกราคม 2562
- [8] เซอร์โว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.jameco.com/jameco/workshop/howitworks/how-servo-motors-work.html> สืบค้น 22 มกราคม 2562
- [9] บอร์ดไทรฟ์มอเตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.arduitronics.com/article/22/arduino-and-motor-control-part-1> สืบค้น 25 มกราคม 2562
- [10] บอร์ดไทรฟ์มอเตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://aimagin.com/blog/motor/?lang=th> สืบค้น 25 มกราคม 2562
- [11] เซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-ultrasonic-sensor/> สืบค้น 29 มกราคม 2562

- [12] เซ็นเซอร์แบบอัลตราโซนิก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=hc-sr04-ultrasonic> สืบค้น
 29 มกราคม 2562
- [13] แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/1852-lithium-ion-battery> สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2562
- [14] แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.nissan.co.th/experience-nissan/Nissan-EV/lithium-ion-battery.html> สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2562
- [15] Pulse Width Modulation [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://aimagin.com/blog/timercounter/?lang=th#i-2> สืบค้น 25 มกราคม 2562
- [16] มอเตอร์สั่นขนาดเล็ก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<https://www.precisionmicrodrives.com/vibration-motors> สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2562
- [17] มอเตอร์สั่นขนาดเล็ก [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<https://www.precisionmicrodrives.com/vibration-motors/linear-resonant-actuators-lras> สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2562
- [18] เซ็นเซอร์แบบอินฟราเรด [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<https://robotsiam.blogspot.com/2016/10/ir-infrared-obstacle-avoidance-sensor.html> สืบค้น 1 เมษายน 2562
- [19] บูตคอนเวอร์เตอร์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://dSPACE.spu.ac.th/bitstream/123456789/4767/10> สืบค้น สืบค้น 5 กุมภาพันธ์ 2562
- [20] Micro SD Card Module [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<https://www.arduinoall.com/product/557/%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5-micro-sd-card-micro-sd-card-module-microsd-card-adapter-catalex> สืบค้น 1 เมษายน 2562



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดคำสั่งที่ป้อนให้กับ Arduino Uno

```

#include <AFMotor.h>
#include <Servo.h>
#include <NewPing.h>
#define TRIG_PIN A0
#define ECHO_PIN A1
#define TRIG_PIN2 A2
#define ECHO_PIN2 A3
#define MAX_DISTANCE 200
#define MAX_SPEED 180
#define MAX_SPEED_OFFSET 20
#define COLL_DIST 40
#define TURN_DIST COLL_DIST+20
#define LEFT_SPEED 100
#define RIGHT_SPEED 100
#define AROUND_SPEED 100
#define SONAR_NUM 2
#define EDGE_DIST 5
NewPing sonar(A0, A1, 200);
NewPing sonar2(A2, A3, 200);
AF_DCMotor leftMotor(3, MOTOR34_8KHZ);
AF_DCMotor rightMotor(4, MOTOR34_8KHZ);
Servo myservo;
int leftDistance, rightDistance;
int curDist = 0;
int curDist2 = 0;
String motorSet = "";

```

```

int speedSet = 0;
const int motorPin = A4;
void setup() {
  pinMode(19,INPUT);
  pinMode(motorPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  digitalWrite(motorPin, LOW);
  curDist = readPing();
  curDist2 = readPing2();
  if (curDist2 > EDGE_DIST)
  {
    moveStop();
    digitalWrite(motorPin, HIGH);
    while(curDist2 > EDGE_DIST)
    {
      curDist2 = readPing2();
    }
    digitalWrite(motorPin, LOW);
  }
  int IR=digitalRead(16);
  if ((curDist < COLL_DIST)&&(curDist!=0)||!(IR==LOW))
  {
    changePath();
  }
  moveForward();
  delay(500);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void changePath()
{
  moveStop();
  myservo.write(36);
  delay(500);
  rightDistance = readPing();
  delay(500);
  myservo.write(144);
  delay(700);
  leftDistance = readPing();
  delay(500);
  myservo.write(90);
  delay(100);
  Serial.print("leftDistance=");
  Serial.println(leftDistance);
  Serial.print("rightDistance=");
  Serial.println(rightDistance);
  compareDistance();
}

void compareDistance()
{
  if ( (leftDistance>rightDistance) && (leftDistance > COLL_DIST) )
  {
    Serial.println("turn left");
    turnLeft();
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if ( (rightDistance>=leftDistance) && (rightDistance > COLL_DIST) )
{
    turnRight();
}
else
{
    turnAround();
}
}
int readPing() {
    delay(70);
    unsigned int uS = sonar.ping();
    int cm = uS/US_ROUNDTRIP_CM;
    return cm;
}
int readPing2() {
    delay(70);
    unsigned int uS = sonar2.ping();
    int cm = uS/US_ROUNDTRIP_CM;
    return cm;
}
void moveStop() {leftMotor.run(RELEASE); rightMotor.run(RELEASE);}
void moveForward()
{
    motorSet = "FORWARD";
    leftMotor.run(FORWARD);
    rightMotor.run(FORWARD);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (speedSet = 0; speedSet < MAX_SPEED; speedSet +=2)
{
    leftMotor.setSpeed(speedSet);
    rightMotor.setSpeed(speedSet);
    delay(5);
}
}

void moveBackward() {
    motorSet = "BACKWARD";
    leftMotor.run(BACKWARD);
    rightMotor.run(BACKWARD);
    for (speedSet = 0; speedSet < MAX_SPEED; speedSet +=2)
    {
        leftMotor.setSpeed(speedSet);
        rightMotor.setSpeed(speedSet);
        delay(5);
    }
}

void turnRight() {
    motorSet = "RIGHT";
    leftMotor.run(FORWARD);
    leftMotor.setSpeed(RIGHT_SPEED);
    rightMotor.run(BACKWARD);
    rightMotor.setSpeed(RIGHT_SPEED+MAX_SPEED_OFFSET);
    delay(1000);
    motorSet = "FORWARD";
    leftMotor.run(FORWARD);

```

```

leftMotor.setSpeed(MAX_SPEED);
rightMotor.run(FORWARD);
rightMotor.setSpeed(MAX_SPEED);
}

void turnLeft() {
motorSet = "LEFT";
leftMotor.run(BACKWARD);
leftMotor.setSpeed(LEFT_SPEED+MAX_SPEED_OFFSET);
rightMotor.run(FORWARD);
rightMotor.setSpeed(LEFT_SPEED);
delay(1000);
motorSet = "FORWARD";
leftMotor.run(FORWARD);
leftMotor.setSpeed(MAX_SPEED);
rightMotor.run(FORWARD);
rightMotor.setSpeed(MAX_SPEED);
}

void turnAround() {
motorSet = "RIGHT";
leftMotor.run(FORWARD);
leftMotor.setSpeed(AROUND_SPEED);
rightMotor.run(BACKWARD);
rightMotor.setSpeed(AROUND_SPEED+MAX_SPEED_OFFSET);
delay(2500);
motorSet = "FORWARD";
leftMotor.run(FORWARD);
leftMotor.setSpeed(MAX_SPEED);

```

```

rightMotor.run(FORWARD);
rightMotor.setSpeed(MAX_SPEED);
}

```

โค้ดคำสั่งที่ป้อนให้กับ Arduino Nano

```

#include <SPI.h>
#include <NewPing.h>
#define TRIG_PIN A2
#define ECHO_PIN A3
#define TRIG_PIN2 A4
#define ECHO_PIN2 A5
#define MAX_DISTANCE 300
#define EDGE_DIST 6
#define UPPER_DIST 155
#define SONAR_NUM 2
NewPing sonar(A2, A3, 300);
NewPing sonar2(A4, A5, 300);
#define red 5
#define yellow 7
#define green 3
#define battery A0
#include <SD.h>
#include <TMRpcm.h>
#define SD_ChipSelectPin 4
TMRpcm tmrpcm;
float batteryV = 0;
int curDist = 0;

```

```

int curDist2 = 0;
void setup() {
  tmrpcm.speakerPin = 9;
  pinMode(red,OUTPUT);
  pinMode(yellow,OUTPUT);
  pinMode(green,OUTPUT);
  pinMode(battery,INPUT);
  Serial.begin(9600);

  if (!SD.begin(SD_ChipSelectPin)) {
    return;
  }
  tmrpcm.setVolume(4);
}
void loop() {
  curDist = readPing();
  Serial.print("floor:");
  Serial.println(curDist);
  delay(2000);

  if ((curDist > EDGE_DIST)&&(curDist!=0))
  {
    tmrpcm.play("3.wav");
    delay(5000);
  }

  curDist2 = readPing2();

```

```

Serial.print("ceil:");
Serial.println(curDist2);
delay(2000);

if ((curDist2 < UPPER_DIST)&&(curDist2!=0))
{
  tmrpcm.play("2.wav");
  delay(5000);
}
batteryV = analogRead(battery);
if(batteryV<696){
  digitalWrite(red,HIGH);
  digitalWrite(yellow,LOW);
  digitalWrite(green,LOW);
  tmrpcm.play("1.wav");
  delay(2500);
}
if(batteryV>913){
  digitalWrite(red,LOW);
  digitalWrite(yellow,LOW);
  digitalWrite(green,HIGH);
}
if(batteryV>696 && batteryV<913){
  digitalWrite(red,LOW);
  digitalWrite(yellow,HIGH);
  digitalWrite(green,LOW);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}  
int readPing() {  
    delay(70);  
    unsigned int uS = sonar.ping();  
    int cm = uS/US_ROUNDTRIP_CM;  
    return cm;  
}  
int readPing2() {  
    delay(70);  
    unsigned int uS = sonar2.ping();  
    int cm = uS/US_ROUNDTRIP_CM;  
    return cm;  
}
```

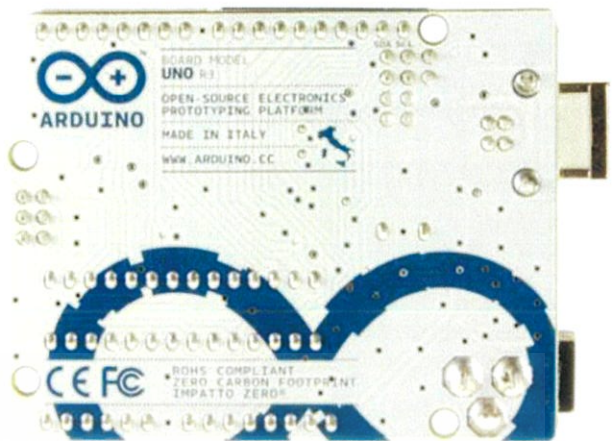
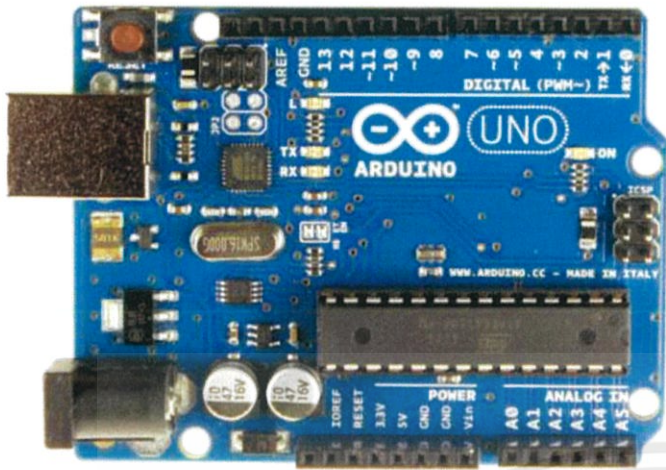


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front

Arduino Uno R3 Back

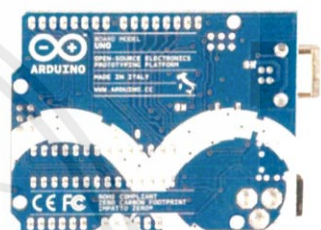


Arduino Uno R2 Front

Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, 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 Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

Revision 3 of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno 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 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.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno 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).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** 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: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

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.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial 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 Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno 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.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available . The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno 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 ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 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 Uno 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 Uno. 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 Uno 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 Uno 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

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four 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.

Cytron Technologies



User's Manual

V1.0

May 2013

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Cytron Technologies Incorporated with respect to the accuracy or use of such information or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Cytron Technologies's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Cytron Technologies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Index

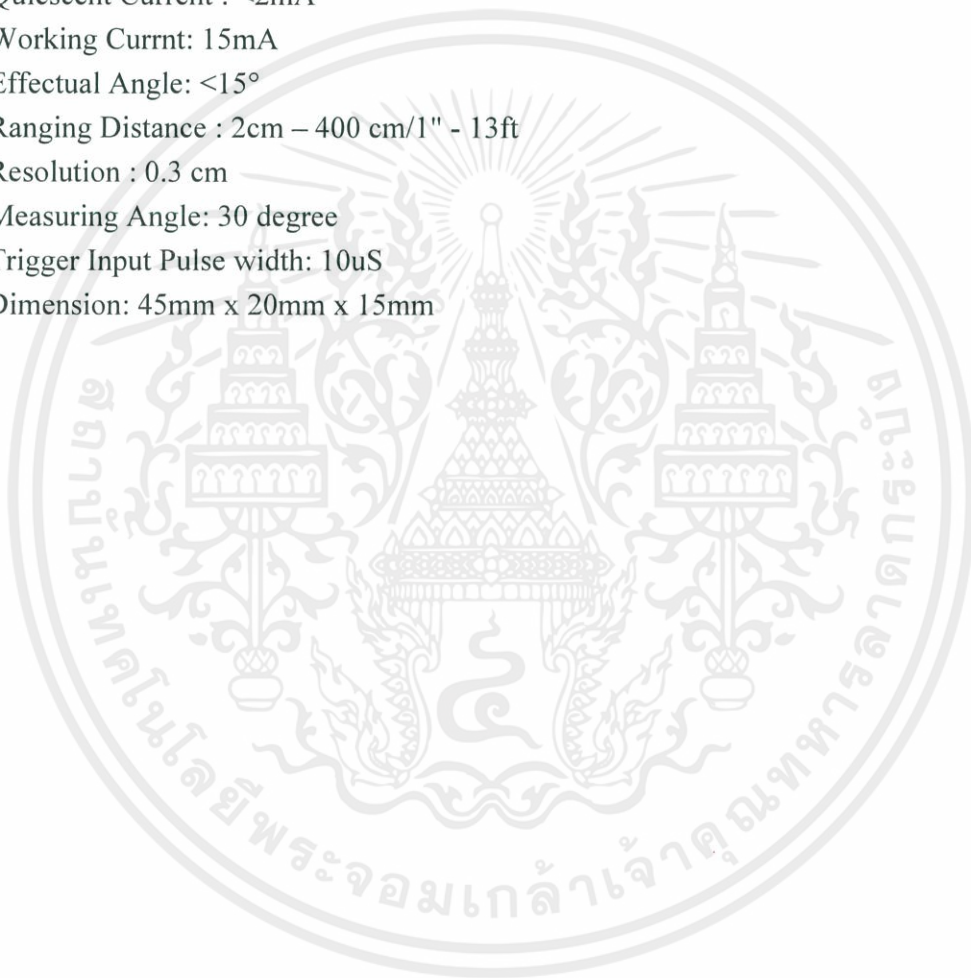
1. Introduction	3
2. Packing List	4
3. Product Layout	5
4. Product Specification and Limitation	6
5. Operation	7
6. Hardware Interface	8
7. Example Code	9
8. Warranty	10

1.0 INTRODUCTION

The HC-SR04 ultrasonic sensor uses sonar to determine distance to an object like bats or dolphins do. It offers excellent non-contact range detection with high accuracy and stable readings in an easy-to-use package. From 2cm to 400 cm or 1" to 13 feet. Its operation is not affected by sunlight or black material like Sharp rangefinders are (although acoustically soft materials like cloth can be difficult to detect). It comes complete with ultrasonic transmitter and receiver module.

Features:

- Power Supply :+5V DC
- Quiescent Current : <2mA
- Working Current: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance : 2cm – 400 cm/1" - 13ft
- Resolution : 0.3 cm
- Measuring Angle: 30 degree
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm

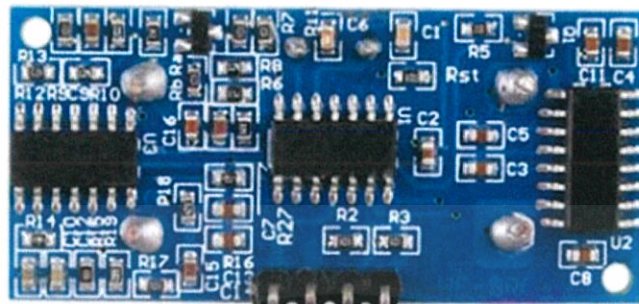


2.0 PACKING LIST

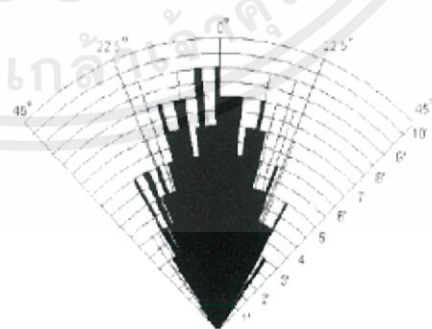
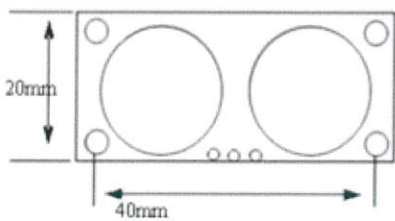
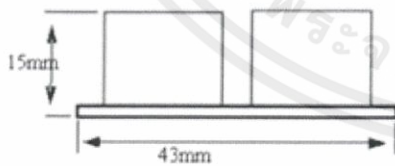


1. 1 x HC-SR04 module

3.0 PRODUCT LAYOUT



VCC = +5VDC
Trig = Trigger input of Sensor
Echo = Echo output of Sensor
GND = GND



Practical test of performance,
Best in 30 degree angle

4.0 PRODUCT SPECIFICATION AND LIMITATIONS

Parameter	Min	Typ.	Max	Unit
Operating Voltage	4.50	5.0	5.5	V
Quiescent Current	1.5	2	2.5	mA
Working Current	10	15	20	mA
Ultrasonic Frequency	-	40	-	kHz

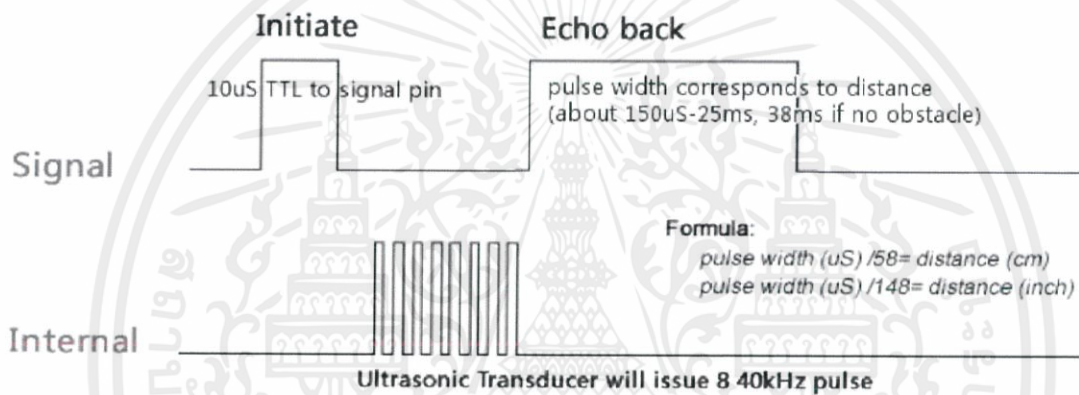


5.0 OPERATION

The timing diagram of HC-SR04 is shown. To start measurement, Trig of SR04 must receive a pulse of high (5V) for at least 10us, this will initiate the sensor will transmit out 8 cycle of ultrasonic burst at 40kHz and wait for the reflected ultrasonic burst. When the sensor detected ultrasonic from receiver, it will set the Echo pin to high (5V) and delay for a period (width) which proportion to distance. To obtain the distance, measure the width (Ton) of Echo pin.

Time = Width of Echo pulse, in uS (micro second)

- Distance in centimeters = Time / 58
- Distance in inches = Time / 148
- Or you can utilize the speed of sound, which is 340m/s

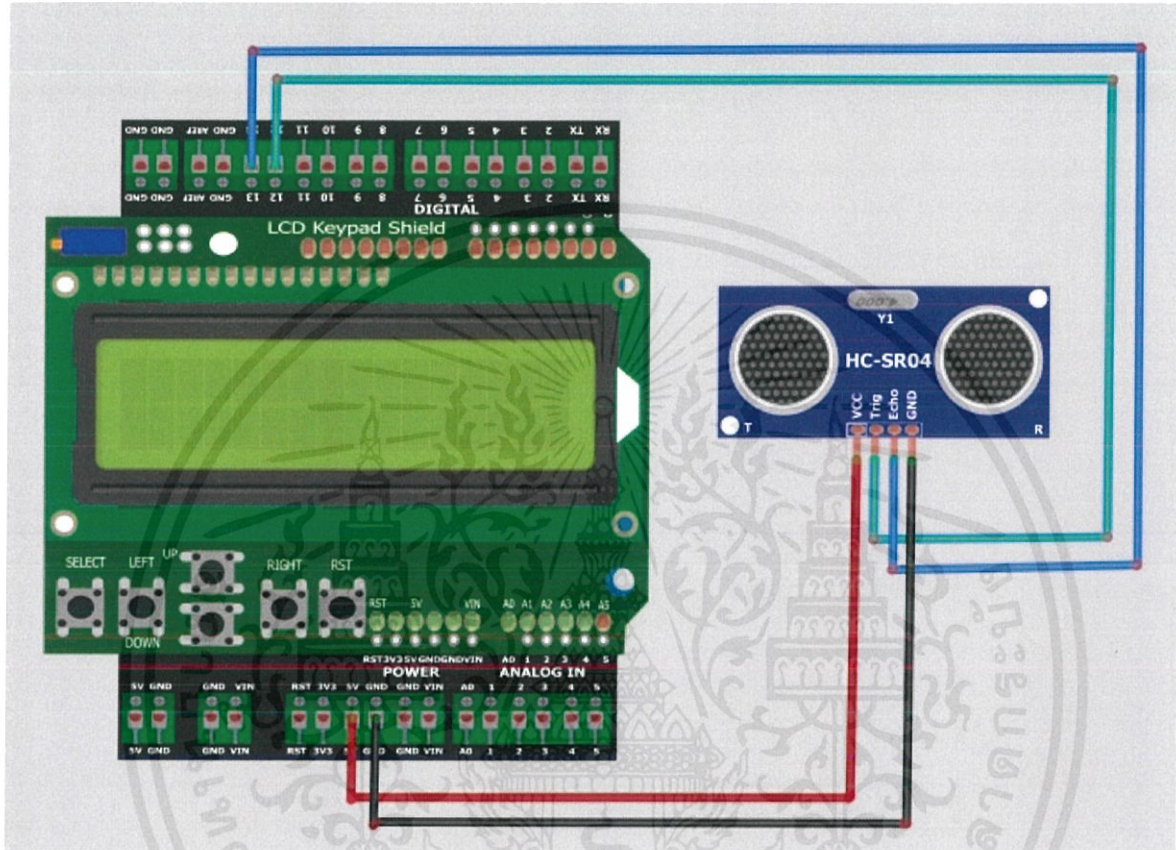


Note:

- Please connect the GND pin first before supplying power to VCC.
- Please make sure the surface of object to be detect should have at least 0.5 meter² better performance.

6.0 HARDWARE INTERFACE

Here is example connection for Ultrasonic Ranging module to Arduino UNO board. It can be interface with any microcontroller with digital input such as [PIC](#), [SK40C](#), [SK28A](#), [SKds40A](#), [Arduino series](#).



7.0 EXAMPLE CODE

This is [example code](#) Ultrasonic Ranging module. Please download the complete code at the product page.

```
#include "Ultrasonic.h"
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
Ultrasonic ultrasonic(12,13);

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("HC-SR4 testing..");
  delay(1000);
}

void loop()
{
  //lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(ultrasonic.Ranging(CM));
  lcd.print("cm ");

  delay(100);
}
```

8.0 WARRANTY

- Product warranty is valid for 6 months.
- Warranty only applies to manufacturing defect.
- Damaged caused by miss-use is not covered under warranty
- Warranty does not cover freight cost for both ways.



Prepared by
Cytron Technologies Sdn. Bhd.

19, Jalan Kebudayaan 1A,
Taman Universiti,
81300 Skudai,
Johor, Malaysia.

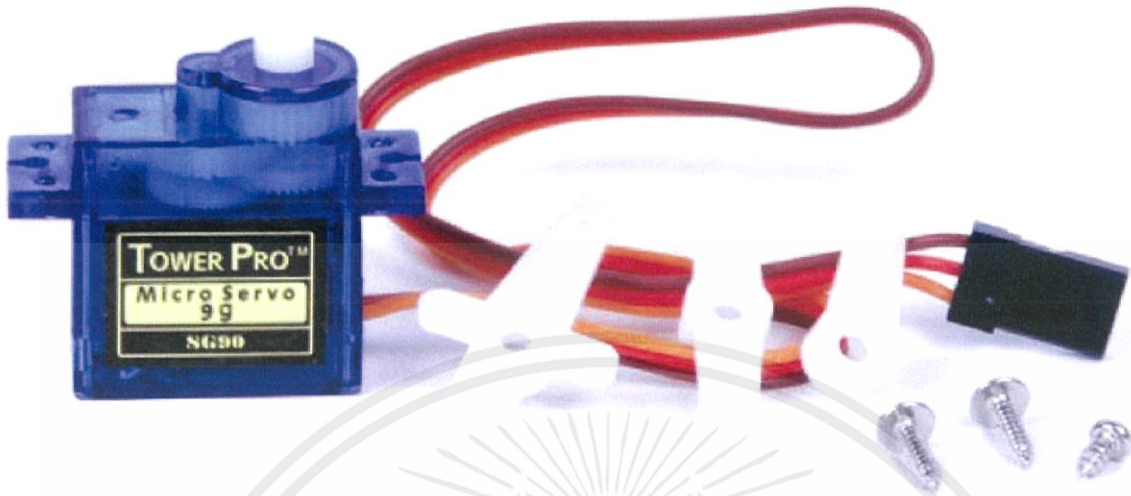
Tel: +607-521 3178

Fax: +607-521 1861

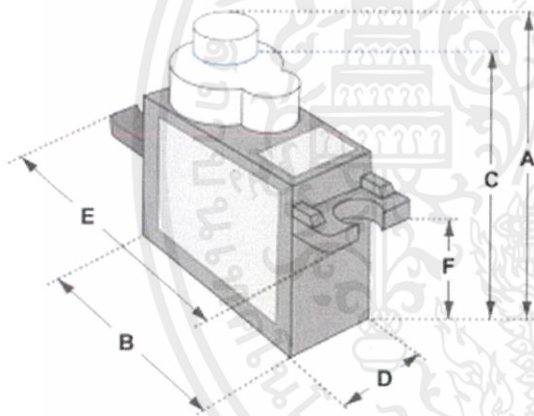
URL: www.cytron.com.my

Email: support@cytron.com.my

sales@cytron.com.my

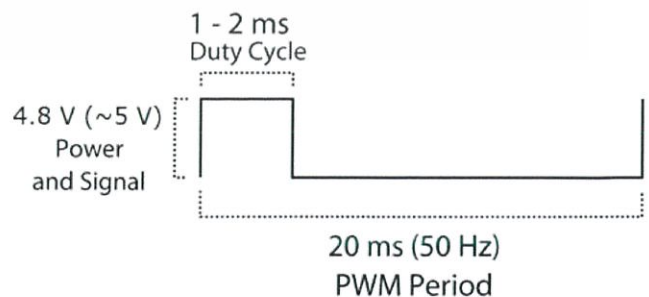
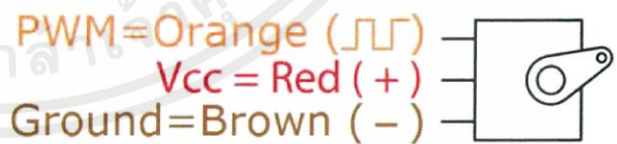


Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



Dimensions & Specifications	
A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Panasonic

Lithium Ion NCR18650PF

Features & Benefits

- High energy and power density
- Long, stable, high power
- High safety performance
- Ideal for power assisted bicycles, 2-way radios, medical devices and robotics.

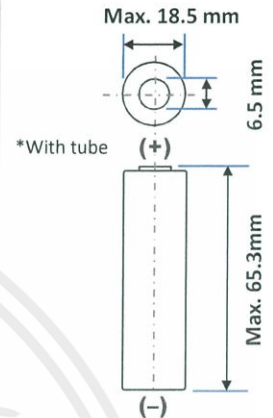
* At temperatures below 10°C, charge at a 0.25C rate.

Specifications

Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 2700mAh
Capacity ⁽²⁾	Min. 2750mAh Typ. 2900mAh
Nominal voltage	3.6V
Charging	CC-CV, Std. 1375mA, 4.20V, 4.0 hrs
Weight (max.)	48.0 g
Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C
Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 577 Wh/l Gravimetric: 207 Wh/kg

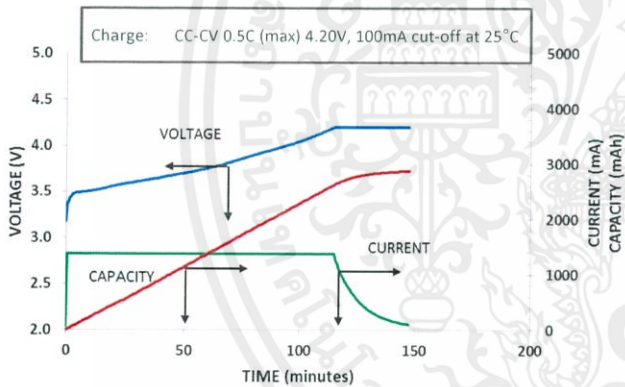
⁽¹⁾ At 20°C ⁽²⁾ At 25°C ⁽³⁾ Energy density based on bare cell dimensions

Dimensions

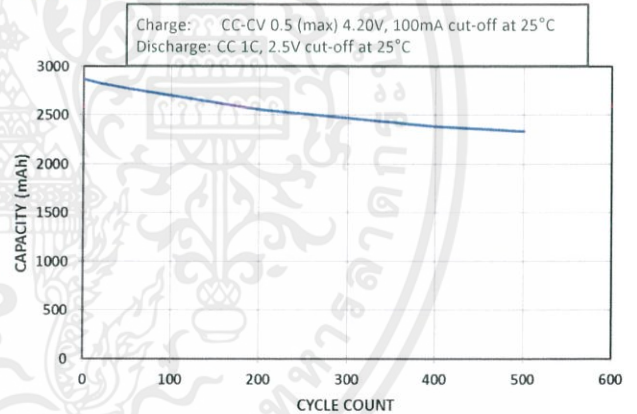


For Reference Only

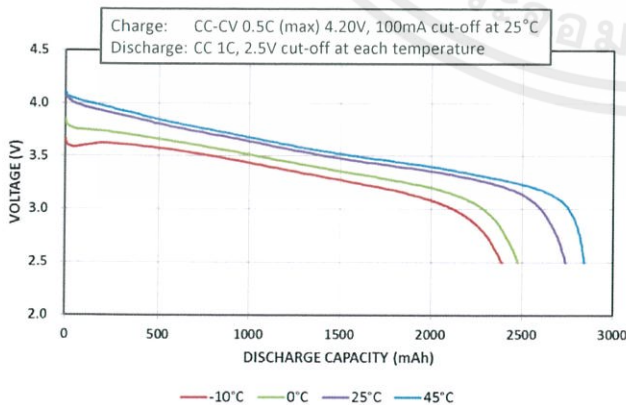
Charge Characteristics



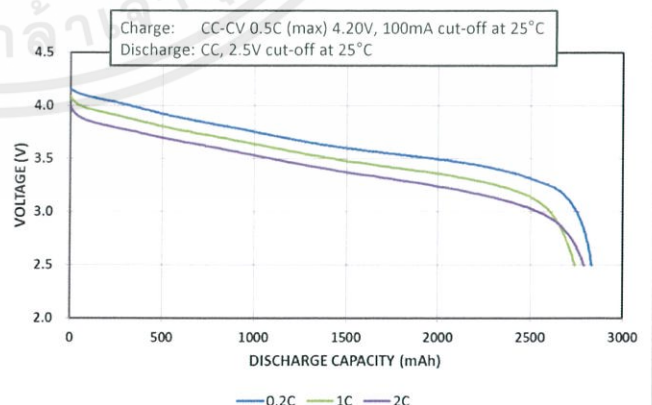
Cycle Life Characteristics



Discharge Characteristics (by temperature)



Discharge Characteristics (by rate of discharge)



The data in this document is for descriptive purposes only and is not intended to make or imply any guarantee or warranty.

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

- Featuring Unitorde L293 and L293D Products Now From Texas Instruments
- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- Thermal Shutdown
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functional Replacements for SGS L293 and SGS L293D
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

description

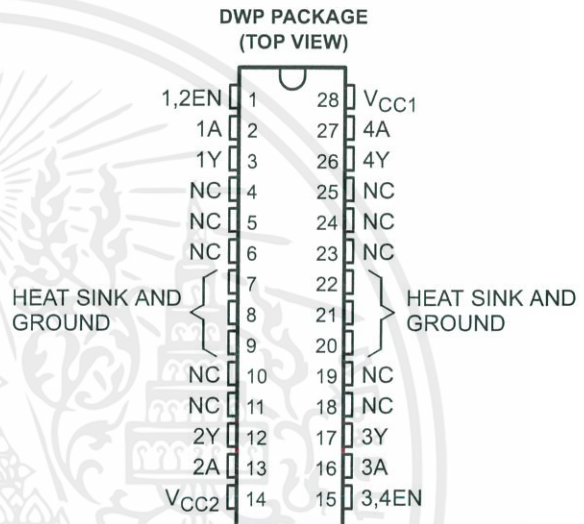
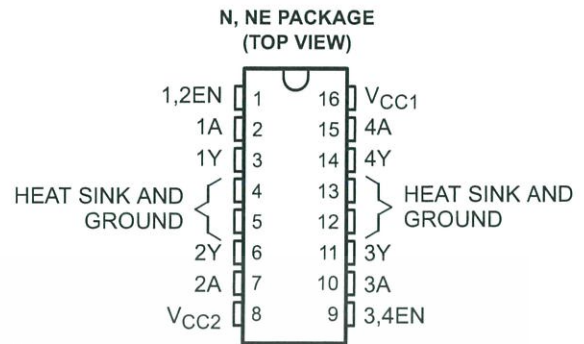
The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression.

A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

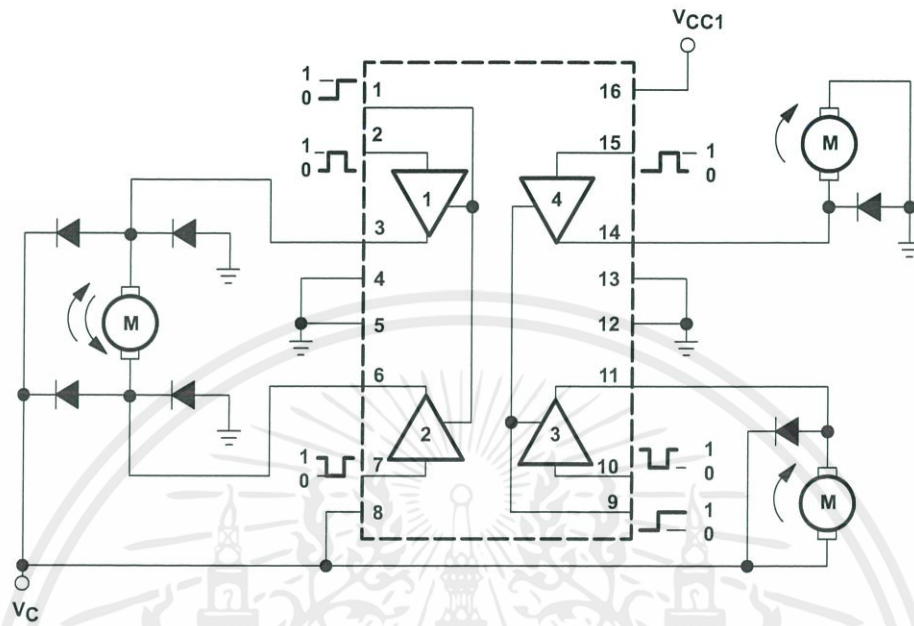
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

TEXAS INSTRUMENTS AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGE
	PLASTIC DIP (NE)
0°C to 70°C	L293NE L293DNE

Unitrode Products from Texas Instruments AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGED DEVICES	
	SMALL OUTLINE (DWP)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	L293DWP L293DDWP	L293N L293DN

The DWP package is available taped and reeled. Add the suffix TR to device type (e.g., L293DWPTR).



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

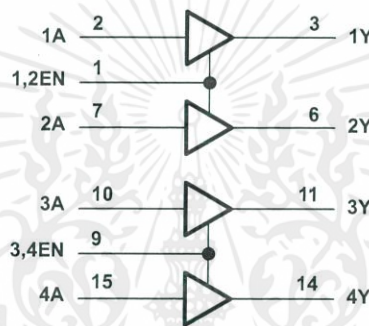
FUNCTION TABLE
(each driver)

INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

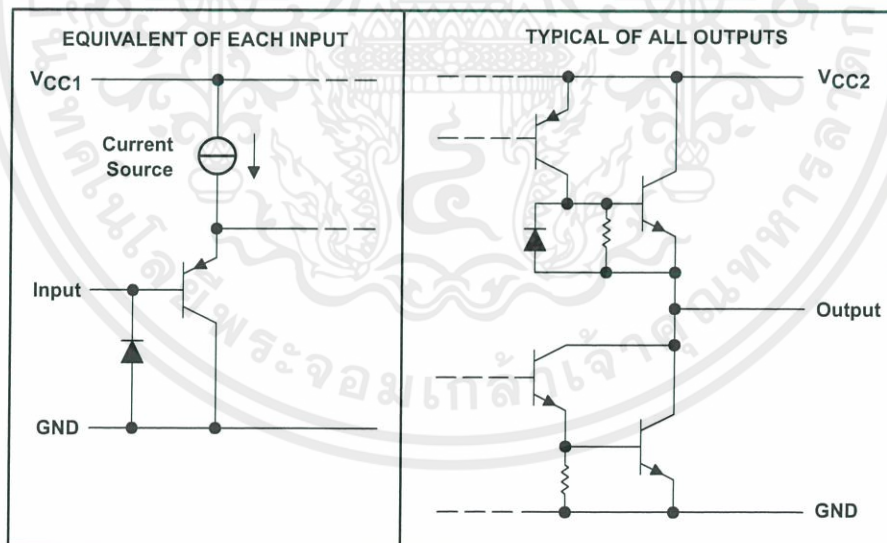
H = high level, L = low level, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

† In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

logic diagram



schematics of inputs and outputs (L293)

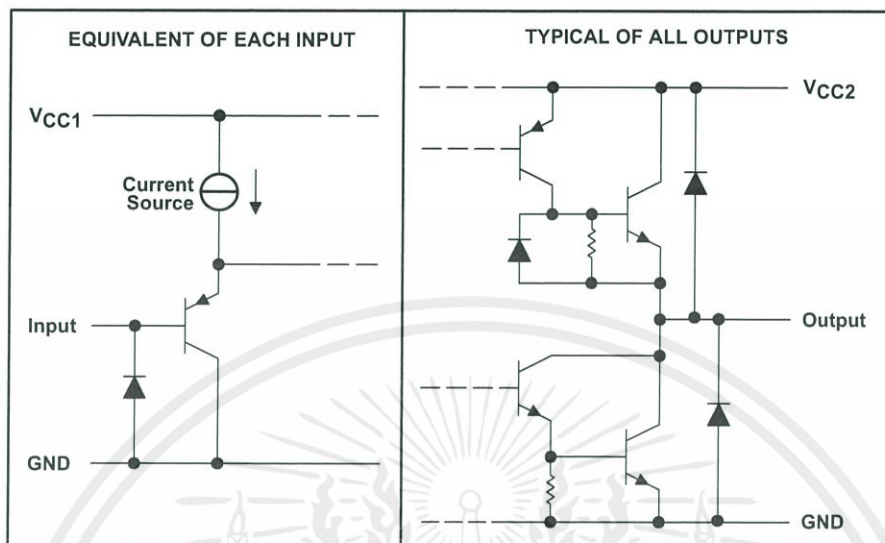


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

schematics of inputs and outputs (L293D)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC1} (see Note 1)	36 V
Output supply voltage, V_{CC2}	36 V
Input voltage, V_I	7 V
Output voltage range, V_O	-3 V to $V_{CC2} + 3$ V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 5$ ms): L293	± 2 A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 100 \mu\text{s}$): L293D	± 1.2 A
Continuous output current, I_O : L293	± 1 A
Continuous output current, I_O : L293D	± 600 mA
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 2 and 3)	2075 mW
Continuous total dissipation at 80°C case temperature (see Note 3)	5000 mW
Maximum junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
 2. For operation above 25°C free-air temperature, derate linearly at the rate of 16.6 mW/°C.
 3. For operation above 25°C case temperature, derate linearly at the rate of 71.4 mW/°C. Due to variations in individual device electrical characteristics and thermal resistance, the built-in thermal overload protection may be activated at power levels slightly above or below the rated dissipation.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	V _{CC1}	4.5	7	V
	V _{CC2}	V _{CC1}	36	
V _{IH} High-level input voltage	V _{CC1} ≤ 7 V	2.3	V _{CC1}	V
	V _{CC1} ≥ 7 V	2.3	7	V
V _{IL} Low-level output voltage		-0.3†	1.5	V
T _A Operating free-air temperature		0	70	°C

† The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

electrical characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	L293: I _{OH} = -1 A L293D: I _{OH} = -0.6 A		V _{CC2} -1.8	V _{CC2} -1.4		V
V _{OL}	Low-level output voltage	L293: I _{OL} = 1 A L293D: I _{OL} = 0.6 A			1.2	1.8	V
V _{OKH}	High-level output clamp voltage	L293D: I _{OK} = -0.6 A			V _{CC2} + 1.3		V
V _{OKL}	Low-level output clamp voltage	L293D: I _{OK} = 0.6 A			1.3		V
I _{IH}	High-level input current	A	V _I = 7 V		0.2	100	μA
		EN			0.2	10	
I _{IL}	Low-level input current	A	V _I = 0		-3	-10	μA
		EN			-2	-100	
I _{CC1}	Logic supply current	I _O = 0	All outputs at high level		13	22	mA
			All outputs at low level		35	60	
			All outputs at high impedance		8	24	
I _{CC2}	Output supply current	I _O = 0	All outputs at high level		14	24	mA
			All outputs at low level		2	6	
			All outputs at high impedance		2	4	

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	L293NE, L293DNE			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input		800		ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input		400		ns
t _{TLH}	Transition time, low-to-high-level output	C _L = 30 pF, See Figure 1	300		ns
t _{THL}	Transition time, high-to-low-level output		300		ns

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	L293DWP, L293N L293DDWP, L293DN			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input		750		ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input		200		ns
t _{TLH}	Transition time, low-to-high-level output	C _L = 30 pF, See Figure 1	100		ns
t _{THL}	Transition time, high-to-low-level output		350		ns

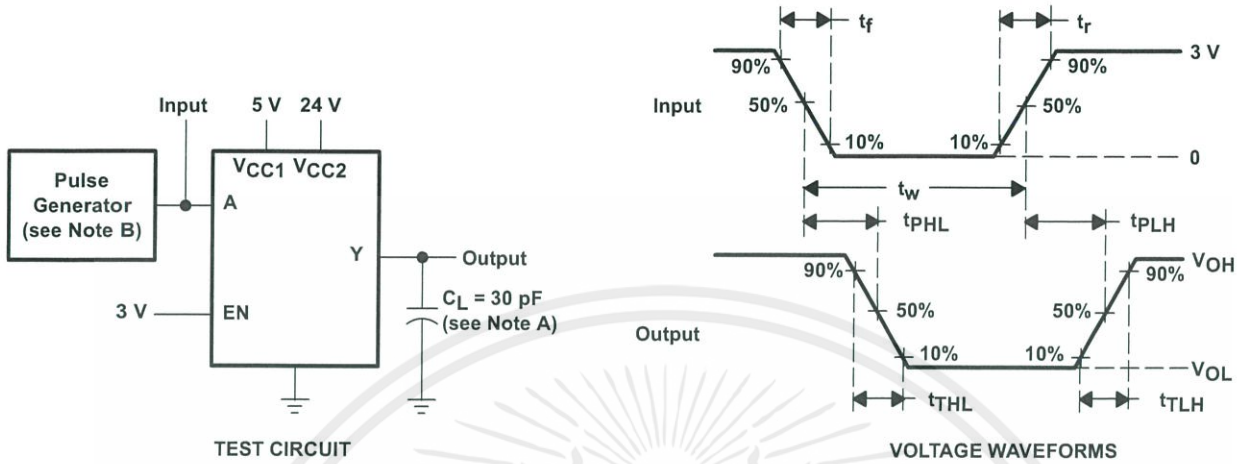


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
 B. The pulse generator has the following characteristics: $t_r \leq 10 \text{ ns}$, $t_f \leq 10 \text{ ns}$, $t_w = 10 \mu\text{s}$, $\text{PRR} = 5 \text{ kHz}$, $Z_O = 50 \Omega$.

Figure 1. Test Circuit and Voltage Waveforms

APPLICATION INFORMATION

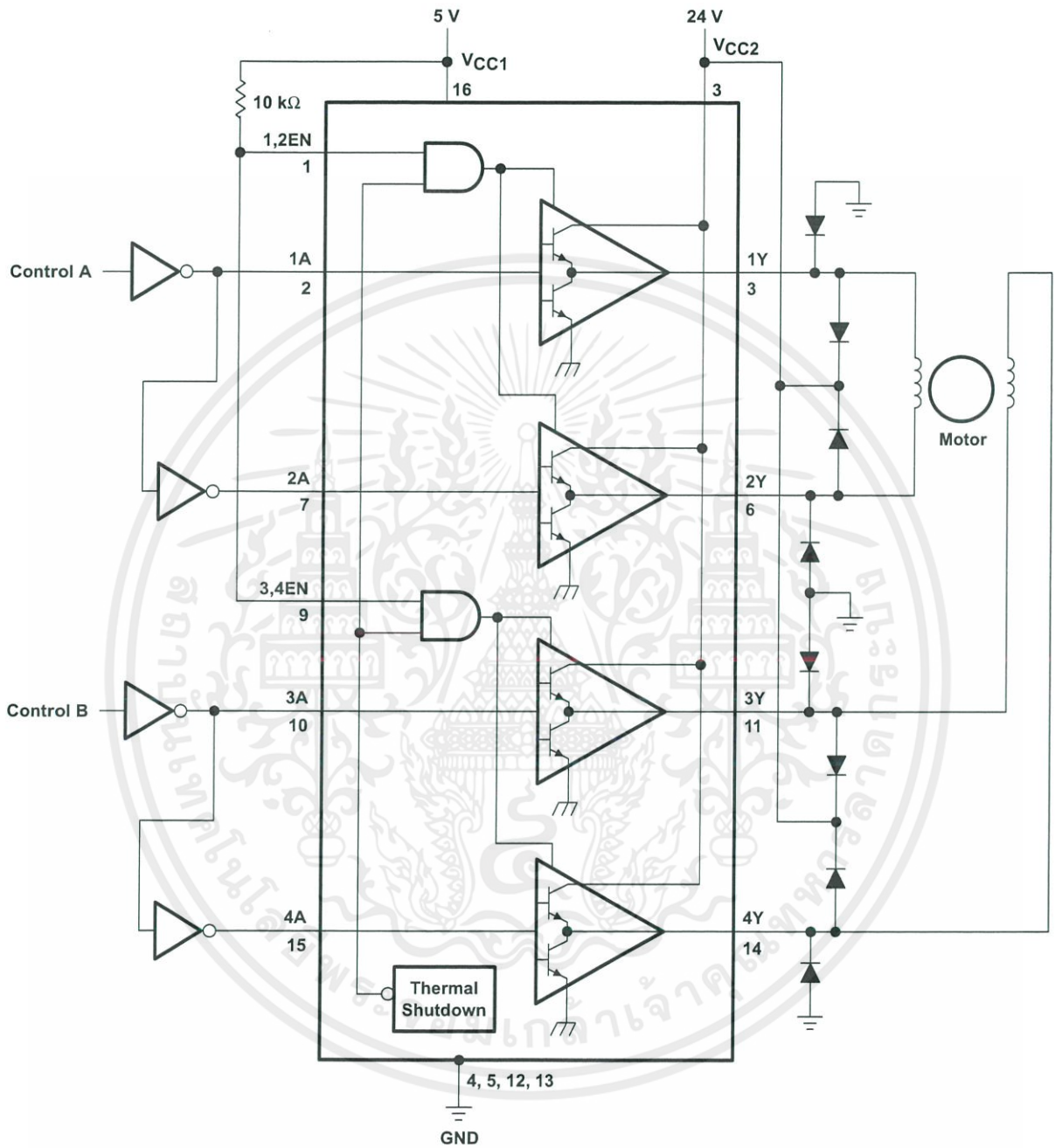


Figure 2. Two-Phase Motor Driver (L293)



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

APPLICATION INFORMATION

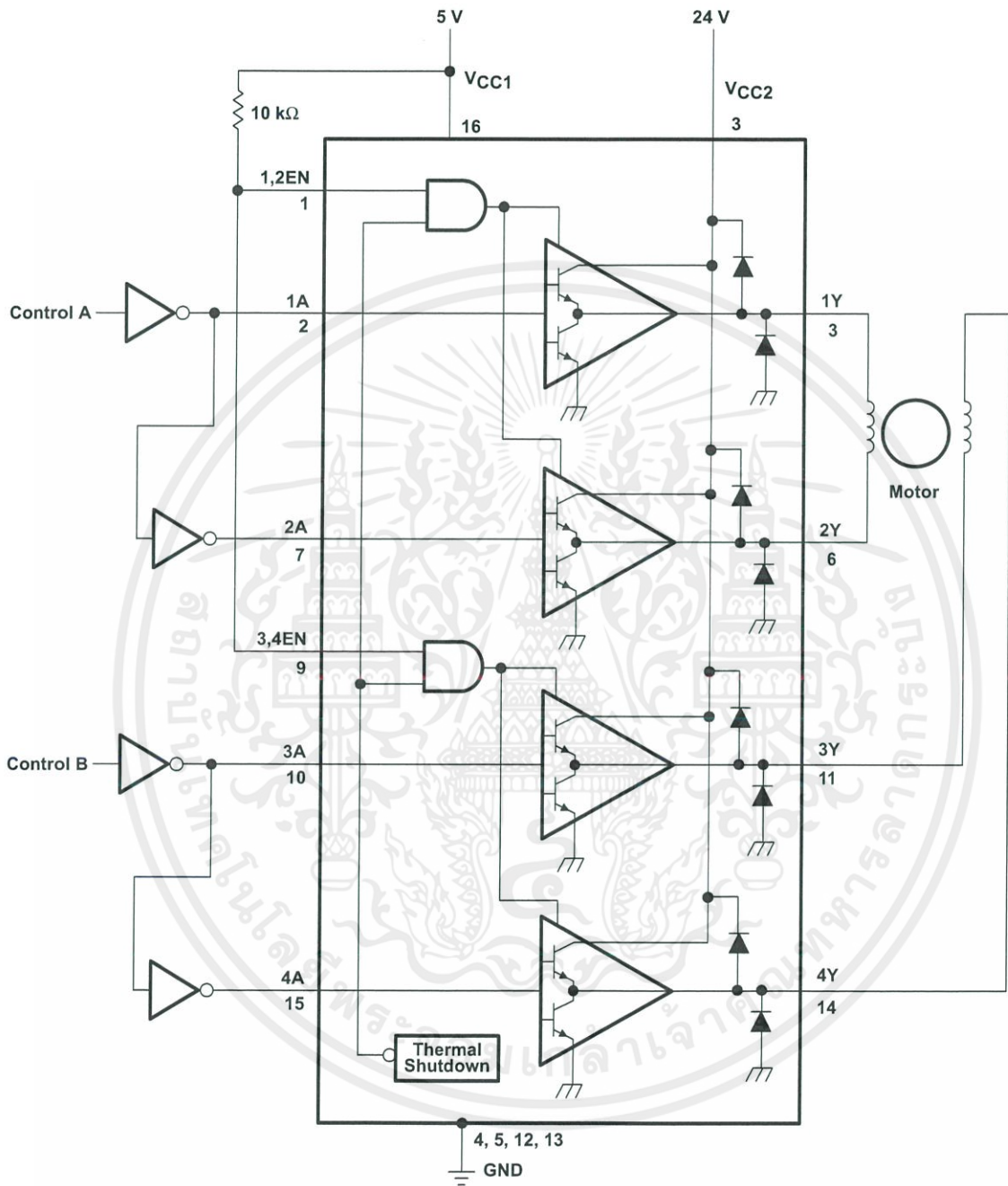
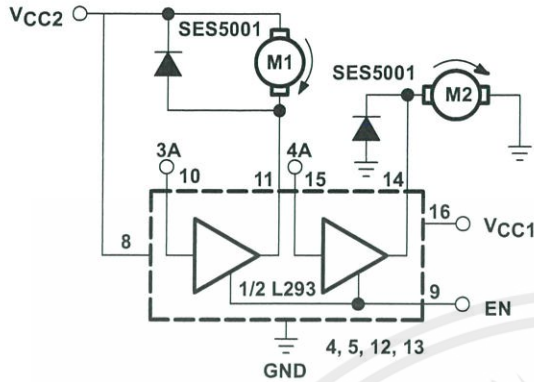


Figure 3. Two-Phase Motor Driver (L293D)



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

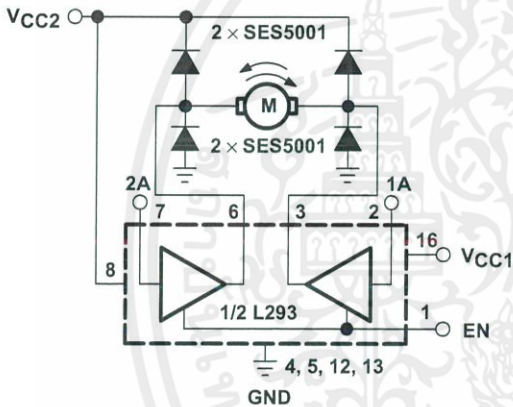
APPLICATION INFORMATION



EN	3A	M1	4A	M2
H	H	Fast motor stop	H	Run
H	L	Run	L	Fast motor stop
L	X	Free-running motor stop	X	Free-running motor stop

L = low, H = high, X = don't care

Figure 4. DC Motor Controls
 (connections to ground and to supply voltage)



EN	1A	2A	FUNCTION
H	L	H	Turn right
H	H	L	Turn left
H	L	L	Fast motor stop
H	H	H	Fast motor stop
L	X	X	Fast motor stop

L = low, H = high, X = don't care

Figure 5. Bidirectional DC Motor Control

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

APPLICATION INFORMATION

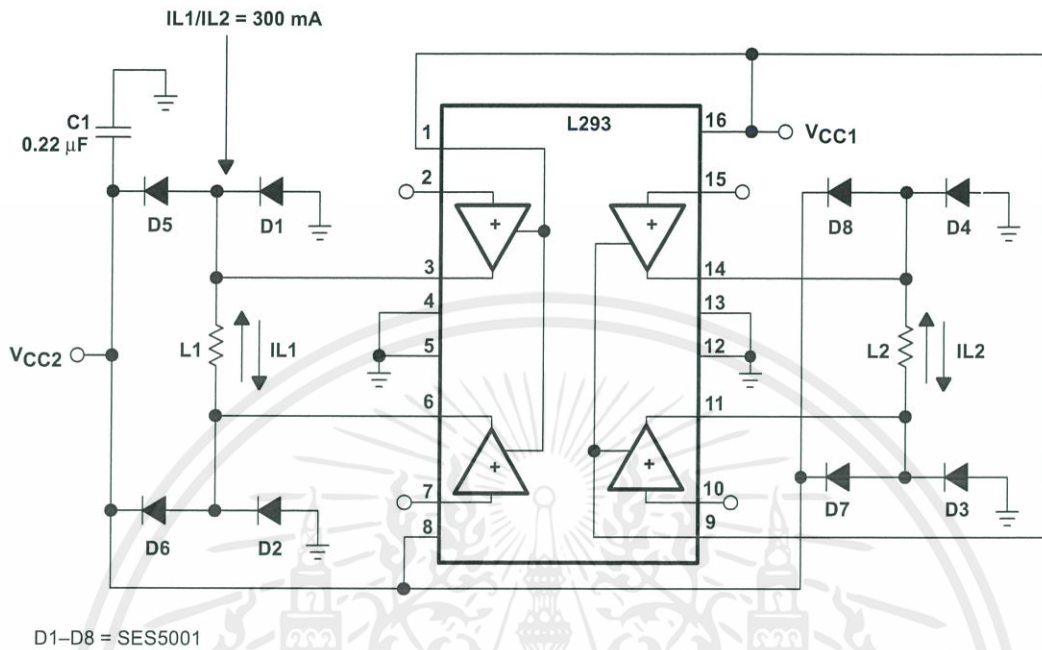


Figure 6. Bipolar Stepping-Motor Control

mounting instructions

The $R_{thj-amp}$ of the L293 can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board or to an external heatsink.

Figure 9 shows the maximum package power P_{TOT} and the θ_{JA} as a function of the side l of two equal square copper areas having a thickness of $35\ \mu\text{m}$ (see Figure 7). In addition, an external heat sink can be used (see Figure 8).

During soldering, the pin temperature must not exceed 260°C , and the soldering time must not be longer than 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

APPLICATION INFORMATION

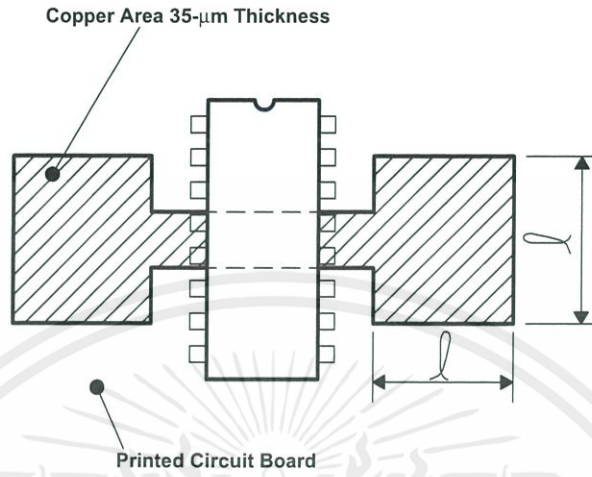


Figure 7. Example of Printed Circuit Board Copper Area (used as heat sink)

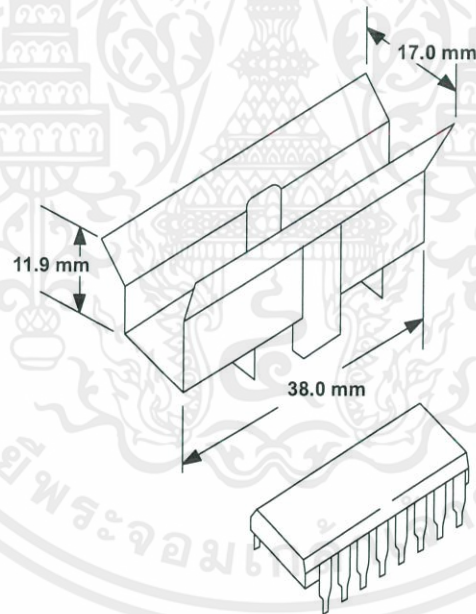


Figure 8. External Heat Sink Mounting Example ($\theta_{JA} = 25^{\circ}\text{C/W}$)

**L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS**

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

APPLICATION INFORMATION

**MAXIMUM POWER AND JUNCTION
vs
THERMAL RESISTANCE**

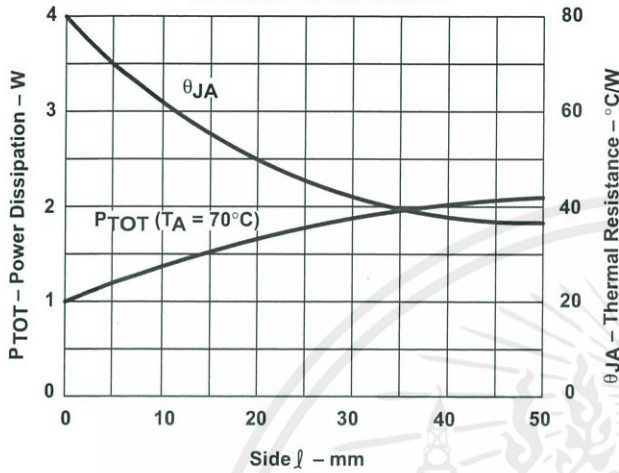


Figure 9

**MAXIMUM POWER DISSIPATION
vs
AMBIENT TEMPERATURE**

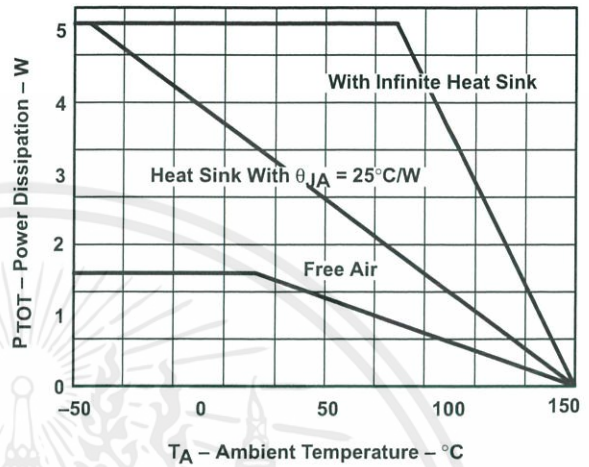


Figure 10



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Features

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 400KHz Switching Frequency
- Maximum 4A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

Applications

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment

General Description

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.



TO263-5L

Figure1. Package Type of XL6009

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Pin Configurations

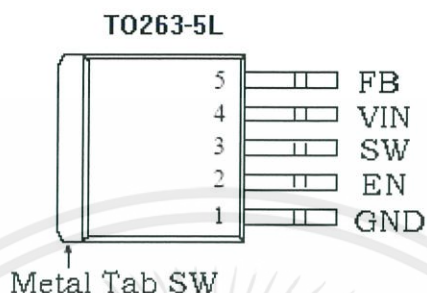


Figure2. Pin Configuration of XL6009 (Top View)

Table 1 Pin Description

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6009 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Function Block

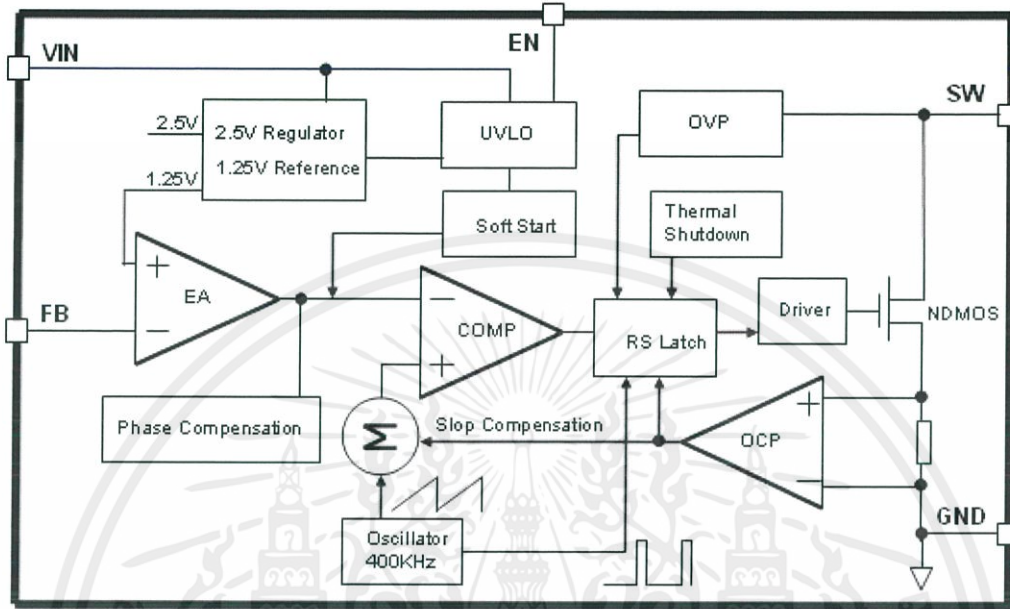


Figure3. Function Block Diagram of XL6009

Typical Application Circuit

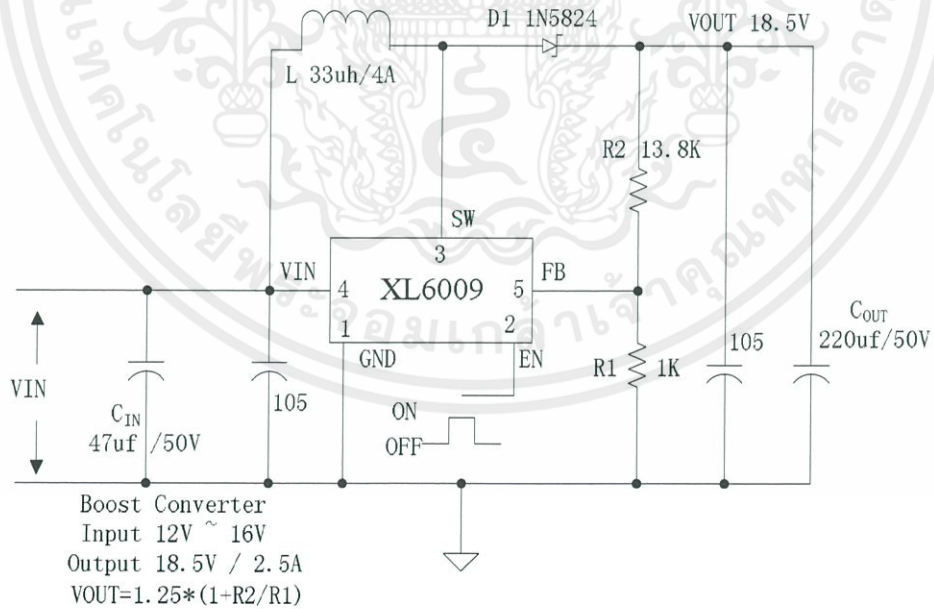


Figure4. XL6009 Typical Application Circuit (Boost Converter)

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Ordering Information

Package	Temperature Range	Part Number	Marking ID	Packing Type
		Lead Free	Lead Free	
		XL6009E1	XL6009E1	Tube
		XL6009TRE1	XL6009E1	Tape & Reel

XLSEMI Pb-free products, as designated with “E1” suffix in the par number, are RoHS compliant.

Absolute Maximum Ratings (Note1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V _{in}	-0.3 to 36	V
Feedback Pin Voltage	V _{FB}	-0.3 to V _{in}	V
EN Pin Voltage	V _{EN}	-0.3 to V _{in}	V
Output Switch Pin Voltage	V _{Output}	-0.3 to 60	V
Power Dissipation	P _D	Internally limited	mW
Thermal Resistance (TO263-5L) (Junction to Ambient, No Heatsink, Free Air)	R _{JA}	30	°C/W
Operating Junction Temperature	T _J	-40 to 125	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-65 to 150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	T _{LEAD}	260	°C
ESD (HBM)		>2000	V

Note1: Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

XL6009 Electrical Characteristics

T_a = 25°C ;unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
<i>System parameters test circuit figure4</i>						
VFB	Feedback Voltage	V _{in} = 12V to 16V, V _{out} =18V I _{load} =0.1A to 2A	1.213	1.25	1.287	V
Efficiency	η	V _{in} =12V ,V _{out} =18.5V I _{out} =2A	-	92	-	%

Electrical Characteristics (DC Parameters)

V_{in} = 12V, GND=0V, V_{in} & GND parallel connect a 220uf/50V capacitor; I_{out}=0.5A, T_a = 25°C ; the others floating unless otherwise specified.

Parameters	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input operation voltage	V _{in}		5		32	V
Shutdown Supply Current	I _{STBY}	V _{EN} =0V		70	100	uA
Quiescent Supply Current	I _q	V _{EN} =2V, V _{FB} =V _{in}		2.5	5	mA
Oscillator Frequency	F _{osc}		320	400	480	Khz
Switch Current Limit	I _L	V _{FB} =0		4		A
Output Power NMOS	R _{dson}	V _{in} =12V, I _{sw} =4A		110	120	mohm
EN Pin Threshold	V _{EN}	High (Regulator ON) Low (Regulator OFF)		1.4 0.8		V
EN Pin Input Leakage Current	I _H	V _{EN} =2V (ON)		3	10	uA
	I _L	V _{EN} =0V (OFF)		3	10	uA
Max. Duty Cycle	D _{MAX}	V _{FB} =0V		90		%

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Schottky Diode Selection Table

Current	Surface Mount	Through Hole	VR (The same as system maximum input voltage)				
			20V	30V	40V	50V	60V
1A		✓	1N5817	1N5818	1N5819		
		✓	1N5820	1N5821	1N5822		
3A		✓	MBR320	MBR330	MBR340	MBR350	MBR360
	✓		SK32	SK33	SK34	SK35	SK36
	✓			30WQ03	30WQ04	30WQ05	
		✓		31DQ03	31DQ04	31DQ05	
		✓	SR302	SR303	SR304	SR305	SR306
5A		✓	1N5823	1N5824	1N5825		
		✓	SR502	SR503	SR504	SR505	SR506
		✓	SB520	SB530	SB540	SB550	SB560
	✓			50WQ03	50WQ04	50WQ05	

Typical System Application for EPC/Notebook Car Adapter – Boost (Output 18.5V/2.5A)

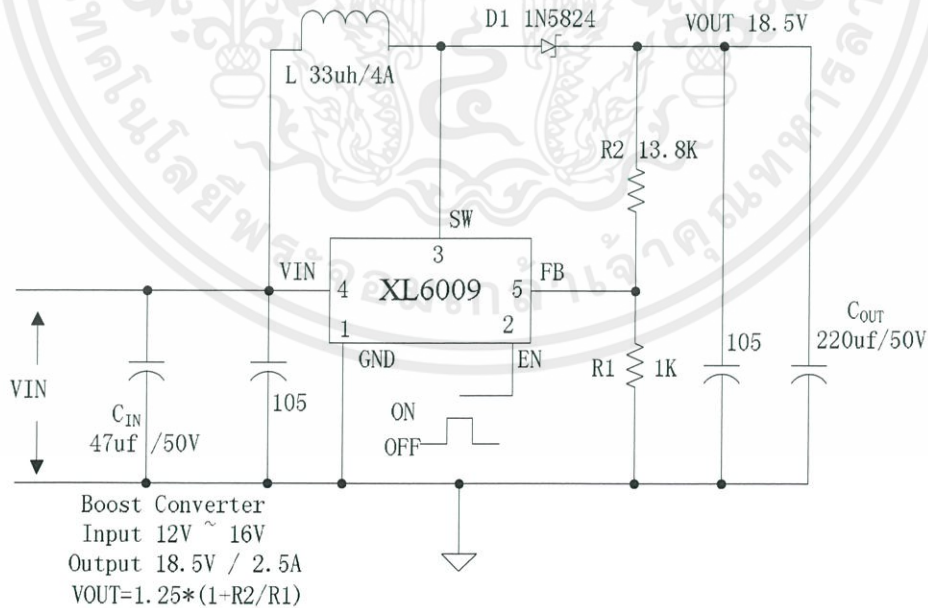


Figure5. XL6009 Typical System Application (Boost Converter)

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application for Portable Notebook Car Adapter
– SEPIC Buck-Boost Topology (Input 10V~30V, Output 12V/2A)

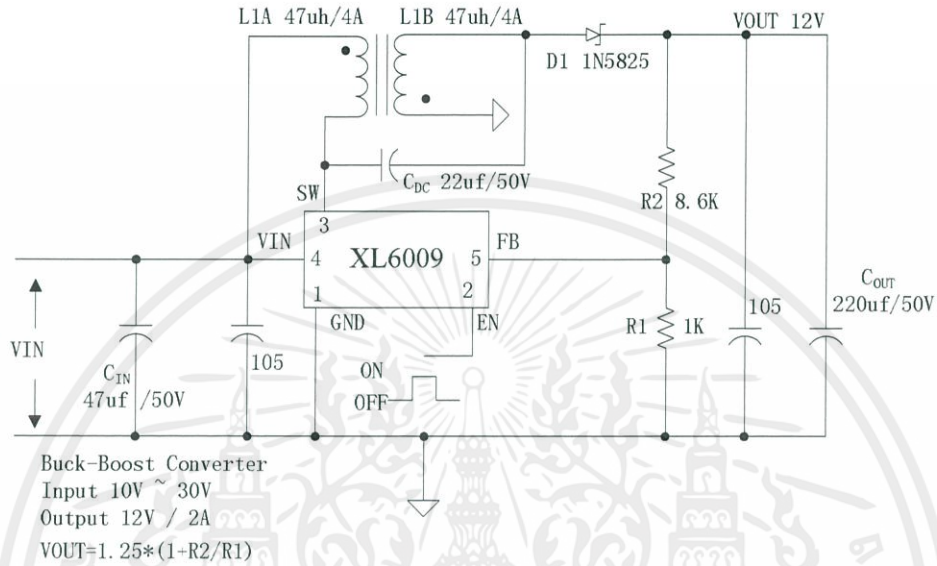


Figure6. XL6009 Typical System Application (SEPIC Buck-Boost Converter)

Typical System Application for Inverting Converter
– SEPIC Inverting Topology (Input 10V~30V, Output +-12V/1A)

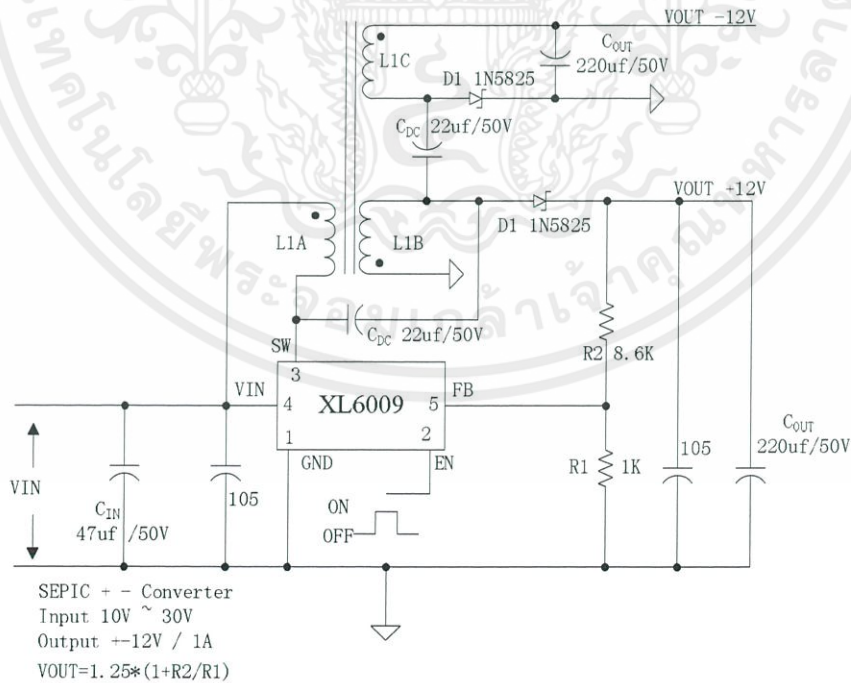
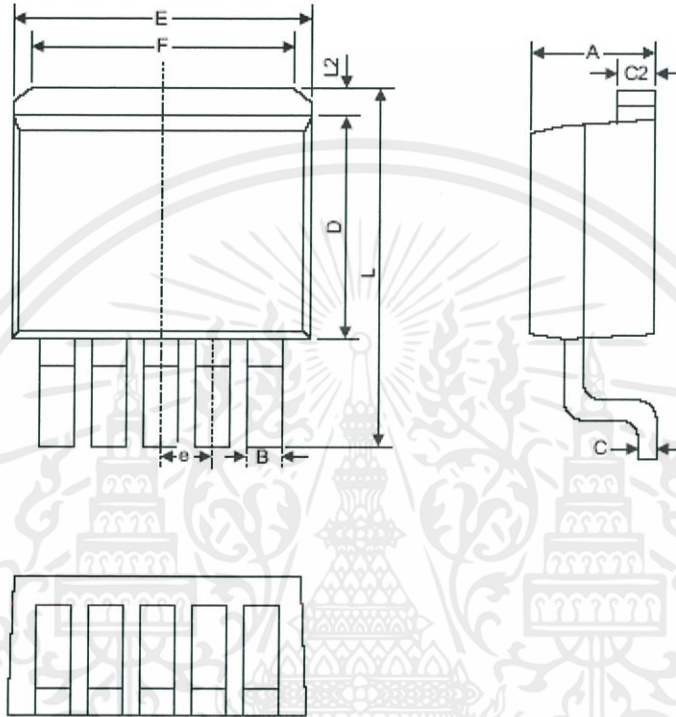


Figure7. XL6009 Typical System Application (SEPIC Inverting Converter)

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Package Information

TO263-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	4.06	4.83	0.160	0.190
B	0.76	1.02	0.030	0.040
C	0.36	0.64	0.014	0.025
C2	1.14	1.40	0.045	0.055
D	8.64	9.65	0.340	0.380
E	9.78	10.54	0.385	0.415
e	1.57	1.85	0.062	0.073
F	6.60	7.11	0.260	0.280
L	15.11	15.37	0.595	0.605
L2	-	1.40	-	0.055

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

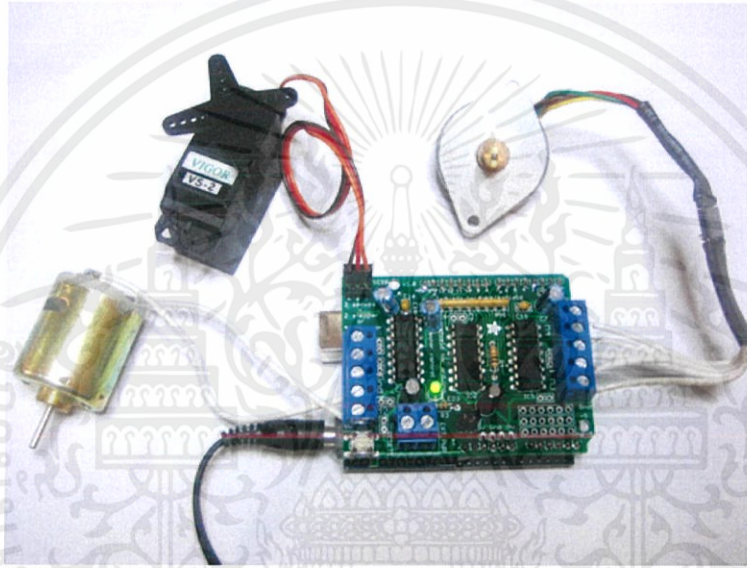
Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adafruit Motor Shield

Created by lady ada



Last updated on 2018-08-22 03:31:35 PM UTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guide Contents

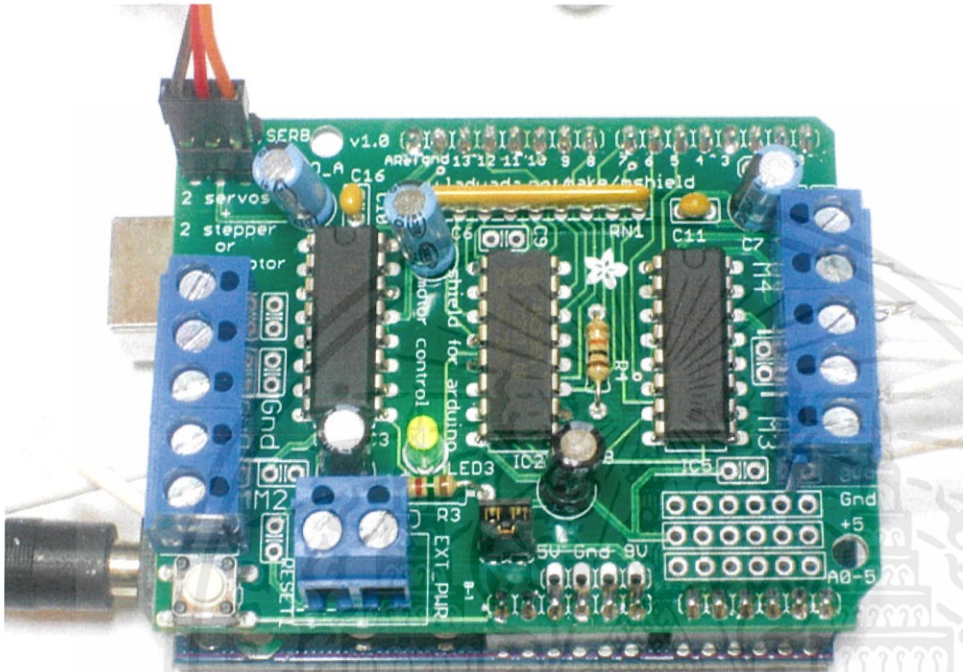
Guide Contents	2
Overview	4
FAQ	6
How many motors can I use with this shield?	6
Can I connect more motors?	6
HELP! My motor doesnt work! - HELP! My motor doesnt work!...But the servos work FINE!	6
What is the LED for?	6
I'm trying to build this robot and it doesn't seem to run on a 9V battery....	6
Can this shield control small 3V motors?	6
What is the power connector on the shield for? How do I power my motors?	6
My Arduino freaks out when the motors are running! Is the shield broken?	6
I have good solid power supplies, but the DC motors seem to 'cut out' or 'skip'.	6
What if I need more than 600mA per motor?	6
What pins are not used on the motor shield?	6
Which pins are connected to the DC/Stepper motors?	7
Huh? I don't understand...	7
How can I connect to the unused pins?	7
I get the following error trying to run the example code: "error: AFMotor.h: No such file or directory...."	7
How do I install the library?	7
I have two stepper motors and I want to run them simulaneeously but the example code can only control one and then the other?	7
What are some 'suggested motors'?	8
Is the motor shield compatible with the UNO R3 or Mega R3? What about the extra pins?	8
I'm using a 4WD robot platform and I can't get anything to work.	8
But my motor already has a capacitor on it and it still doesn't work.	8
Why don't you just design capacitors into the shield?	8
Make It!	10
Lets go!	10
Preparation	11
Tutorials	11
Tools	11
Parts List	16
Solder It	17
Use It!	34
Library Install	35
First Install the Arduino Library	35
Power Usage	36
Powering your DC motors, vottage and current requirements	36
How to set up the Arduino + Shield for powering motors	36
Using RC Servos	38
Using Stepper Motors	39
Using DC Motors	41
DC motors are used for all sort of robotic projects.	41
AF_DCMotor Class	43
AF_DCMotor motername(portnum, freq)	43

setSpeed(speed)	44
run(cmd)	44
AF_Stepper Class	46
AF_Stepper steppername(steps, portnumber)	46
step(steps, direction, style)	47
setSpeed(RPMspeed)	47
onestep(direction, stepstyle)	48
release()	48
Resources	49
Motor ideas and tutorials	49
Downloads	50
Schematics & Layout	50
Firmware	50
Forums	51



Overview

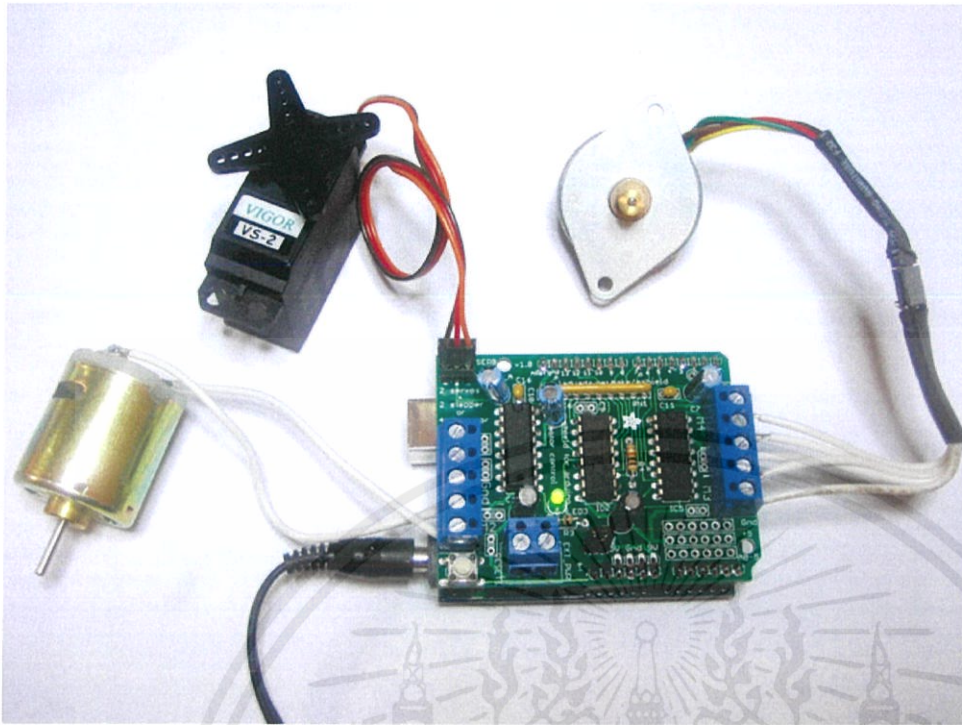
This tutorial is for the now ancient V1 Motor shield. Chances are you have a V2, check out the tutorial <https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-shield-v2-for-arduino> This tutorial is for historical reference and previous customers only!



Arduino is a great starting point for electronics, and with a motor shield it can also be a nice tidy platform for robotics and mechatronics. Here is a design for a full-featured motor shield that will be able to power many simple to medium-complexity projects.

- 2 connections for 5V 'hobby' servos connected to the Arduino's high-resolution dedicated timer - no jitter!
- Up to 4 bi-directional DC motors with individual 8-bit speed selection (so, about 0.5% resolution)
- Up to 2 stepper motors (unipolar or bipolar) with single coil, double coil, interleaved or micro-stepping.
- 4 H-Bridges: L293D chipset provides 0.6A per bridge (1.2A peak) with thermal shutdown protection, 4.5V to 25V
- Pull down resistors keep motors disabled during power-up
- Big terminal block connectors to easily hook up wires (10-22AWG) and power
- Arduino reset button brought up top
- 2-pin terminal block to connect external power, for separate logic/motor supplies
- Tested compatible with Mega, Diecimila, & Duemilanove
- Full kit available for purchase from the Adafruit shop. (<http://adafru.it/81>)
- Download the easy-to-use Arduino software libraries and you're ready to go! (<https://adafru.it/aON>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAQ

This tutorial is for the now ancient V1 Motor shield. Chances are you have a V2, check out the tutorial <https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-shield-v2-for-arduino> This tutorial is for historical reference and previous customers only!

How many motors can I use with this shield?

You can use 2 DC servos that run on 5V and up to 4 DC motors or 2 stepper motors (or 1 stepper and up to 2 DC motors)

Can I connect more motors?

No, at this time it is not possible to stack the shield or otherwise connect it up easily to control 4 steppers, for example.

HELP! My motor doesnt work! - HELP! My motor doesnt work!...But the servos work FINE!

Is the LED lit? The Stepper and DC motor connections wont do a single thing if the LED is not lit

Don't bother writing up uploading code or wiring up motors if the LED doesn't light up, its not going to work.

What is the LED for?

The LED indicates the DC/Stepper motor power supply is working. If it is not lit, then the DC/Stepper motors will not run. The servo ports are 5V powered and does not use the DC motor supply.

I'm trying to build this robot and it doesn't seem to run on a 9V battery....

Please read the [user manual](#) for information about appropriate power supplies.

Can this shield control small 3V motors?

Not really, its meant for larger, 6V+ motors. It does not work for 3V motors unless you overdrive them at 6V and then they will burn out faster

What is the power connector on the shield for? How do I power my motors?

Please read the [user manual](#) for information about appropriate power supplies.

My Arduino freaks out when the motors are running! Is the shield broken?

Motors take a lot of power, and can cause 'brownouts' that reset the Arduino. For that reason the shield is designed for separate (split) supplies - one for the electronics and one for the motor. Doing this will prevent brownouts.

Please read the [user manual](#) for information about appropriate power supplies.

I have good solid power supplies, but the DC motors seem to 'cut out' or 'skip'.

Try soldering a ceramic or disc 0.1uF capacitor between the motor tabs (on the motor itself!) this will reduce noise that could be feeding back into the circuit ([thanks macegr!](#))

What if I need more than 600mA per motor?

You can substitute SN754410's (at your risk) or piggyback solder some more L293D drivers on top of the existing ones.

What pins are not used on the motor shield?

All 6 analog input pins are available. They can also be used as digital pins (pins #14 thru 19)

Digital pin 2, and 13 are not used.

The following pins are in use only if the DC/Stepper noted is in use:

Digital pin 11: DC Motor #1 / Stepper #1 (activation/speed control)
Digital pin 3: DC Motor #2 / Stepper #1 (activation/speed control)
Digital pin 5: DC Motor #3 / Stepper #2 (activation/speed control)
Digital pin 6: DC Motor #4 / Stepper #2 (activation/speed control)

The following pins are in use if any DC/steppers are used

Digital pin 4, 7, 8 and 12 are used to drive the DC/Stepper motors via the 74HC595 serial-to-parallel latch

The following pins are used only if that particular servo is in use:

Digital pin 9: Servo #1 control
Digital pin 10: Servo #2 control

Which pins are connected to the DC/Stepper motors?

The DC/Stepper motors are NOT connected to the Arduino directly. They are connected to the 74HC595 latch which is spoken to by the Arduino. You CANNOT talk directly to the motors, you MUST use the motor shield library.

Huh? I don't understand...

[You can try reading this nice overview written by Michael K](#)

How can I connect to the unused pins?

The analog pins (analog 0-5 also known as digital pins 14-19) are broken out in the bottom right corner.

Pin 2 has a small breakout since its the only truly unused pin

The remaining pins are not broken out because they could be used by the motor shield. If you are sure that you are not using those pins then you can connect to them by using stacking headers when assembling the kit or soldering onto the top of the header with wires, or using a "Wing shield"

I get the following error trying to run the example code: "error: AFMotor.h: No such file or directory...."

Make sure you have installed the AFMotor library

How do I install the library?

[Read our tutorial on libraries](#)

I have two stepper motors and I want to run them simultaneously but the example code can only control one and then the other?

The stepper motor library step() routine does not have the ability to run both motors at a time. Instead, you will have to 'interleave' the calls. For example, to have both motors step forward 100 times you must write code like this:

```
for (i=0; i<100; i++) {  
  motor1.step(1, FORWARD, SINGLE);  
  motor2.step(1, FORWARD, SINGLE);  
}
```

If you want more intelligent control, check out the AccelStepper library (in the Downloads section) which has some