เครื่องช่วยเดิน

AIDED WALKER MACHINE

ปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์
Piyasart Weenuttranont

พิราวรรณ โชตินิคม
Pirawan Chotenikom

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561

เครื่องช่วยเดิน

AIDED WALKER MACHINE

โดย

ปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์

พิราวรรณ โชตินิคม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องช่วยเดิน

AIDED WALKER MACHINE

ผู้จัดทำ นายปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์ รหัสประจำตัว 58010789

นางสาวพิราวรรณ โชตินิคม รหัสประจำตัว 58010900

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องช่วยเดิน	
นักศึกษา	นายปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์	รหัสประจำตัว 58010789
	นางสาวพิราวรรณ โชตินิคม	รหัสประจำตัว 58010900
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องช่วยเดิน โดยหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องช่วยเดินนั้น จะให้ผู้ใช้ควบคุมผ่านสวิทช์ที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง ซึ่งต่ออยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการเขียนชุดคำสั่งการทำงานผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมบอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง เพื่อขับกระแสให้มอเตอร์สำหรับควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อ ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM เครื่องช่วยเดินนี้สามารถขับเคลื่อนไปด้านหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่นี้ ทั้งเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ผู้ใช้สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองผ่านสวิทช์ที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง นอกจากนี้เครื่องช่วยเดินยังมีระบบแจ้งเตือนด้านต่างๆ กล่าวคือ หากผู้ใช้งานล้มจะมีสัญญาณเสียงดังขึ้นเพื่อแจ้งเตือน และระบบแจ้งเตือนหากเครื่องมีสิ่งกีดขวางด้านหน้า ซึ่งเครื่องช่วยเดินยังสามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบที่ผู้ใช้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยตัวเอง และระบบอัตโนมัติ เป็นระบบที่เครื่องช่วยเดินจะเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ โดยการทำงานแต่ละระบบนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถและความต้องการของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Aided Walker Machine	
Student	Mr.Piyasart Weenuttarnont	Student ID 58010789
	Miss.Pirawan Chotenikom	Student ID 58010900
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2018	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Sangrawee Buakaew	

ABSTRACT

This project demonstrates the design and construction of aided walker machine. The basic principle of aided walker machine is controlling via switches of the machine that are connected with microcontroller board by user. There was the set of commands which were coded and programmed via the microcontroller board that was controlling DC motor driver for driving motor to control the direction of wheels movement. The speed of motor was controlled by a PWM signal. The aided walker machine can move towards, backwards, turn left and turn right. All directions of movement can be controlled by user via switches. Moreover, this aided walker machine was equipped with sound alarm system that would be alerted when user fell down and barrier found. The aided walker machine could be operated via both manual and automatic system. The manual system allowed users to control the direction of movement by themselves, on the other hand for the automatic system, machine would be moved by tracking of the black line. To select operation system, it depended on the ability and need of users.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้มีการจัดตั้งวิชานี้ขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้สิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในชีวิตการทำงาน

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว ที่คอยให้คำแนะนำ ตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ที่คอยให้คำแนะนำ ปรึกษา และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของพวกเรา ที่อยู่เบื้องหลังของความสำเร็จ พร้อมทั้งให้คำปรึกษา สถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และสนับสนุน ให้กำลังใจตลอดมา

ปิยศาสตร์ วีณุตตรานนท์

พิราวรรณ โชตินิคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 1

1.4 ขอบเขตในการจัดทำโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3

2.1 หลักการเบื้องต้น 3

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor) 3

2.2.2 Arduino 9

2.3 ทฤษฎีอุปกรณ์ 17

2.3.1 มอเตอร์กระจกไฟฟ้า 17

2.3.2 ล้อโรลเลอร์เบลด 18

2.3.3 ลำโพง 18

2.3.4 เซนเซอร์สะท้อนแสง (IR Reflective Sensor: TCRT 5000) 19

2.3.5 เซนเซอร์อัลตราโซนิค (Ultrasonic sensor: HC-SR04) 20

2.4 ทฤษฎีวงจร 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 ศึกษาหาข้อมูล	22
3.2 สร้างบอร์ดทดลอง	23
3.2.1 วางแผนการทำเครื่องช่วยเดิน	23
3.2.2 ออกแบบการทำงานของเครื่องช่วยเดิน	23
3.2.3 ออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	25
3.2.4 ประกอบเครื่องช่วยเดิน	26
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	27
4.1 การวัดสัญญาณควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	27
4.2 การวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้	31
4.3 การทดสอบสัญญาณรับ-ส่ง ของเซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04)	33
4.4 การทดสอบการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000)	37
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการทดลอง	39
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	40
5.3 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	42
อุปกรณ์สำหรับทำเครื่องช่วยเดิน	44
คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม	44
ข้อมูลอุปกรณ์ (Data Sheet)	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วต่ำสุด.....31

4.2 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วปานกลาง.....32

4.3 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วสูงสุด.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ 5

2.2 แกนขั้วแม่เหล็ก 5

2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก 6

2.4 โรเตอร์ 6

2.5 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบอนุกรม 8

2.6 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 8

2.7 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาว์ดมอเตอร์ 9

2.8 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบลองชั้นท์คอมปาว์ดมอเตอร์ 9

2.9 Arduino UNO R3 10

2.10 Arduino Mage 2560 11

2.11 มอเตอร์กระจกไฟฟ้า 17

2.12 ล้อโรลเลอร์เบลด 18

2.13 ลำโพง 18

2.14 เซนเซอร์สะท้อนแสง (IR Reflective Sensor: TCRT5000) 19

2.15 เซนเซอร์สะท้อนแสง (Ultrasonic sensor: HC-SR04) 20

2.16 วงจรรวม 21

3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 23

3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องช่วยเดิน 23

3.3 แผนผังการทำงานแสดงการทำงานทั้งหมดของเครื่องช่วยเดิน 24

3.4 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง 25

3.5 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง 25

3.6 เครื่องช่วยเดิน 26

4.1 วงจรเพื่อวัดสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 27

4.2 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 19.92 % 28

4.3 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 21.48 % 28

4.4 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 27.73 %.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.5 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 29.32 % 29

4.6 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 35.31 % 30

4.7 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 36.72 % 30

4.8 วงจรเพื่อวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ 31

4.9 วงจรวัดสัญญาณจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04) 33

4.10 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร 34

4.11 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร 34

4.12 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร 35

4.13 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 20 เซนติเมตร 35

4.14 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร 36

4.15 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 30 เซนติเมตร 36

4.16 วงจรเพื่อทดสอบการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) 37

4.17 ค่าแรงดันเมื่อเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) สะท้อนเส้นสีดำ 38

4.18 ค่าแรงดันเมื่อเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) สะท้อนเส้นสีขาว 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปี พ.ศ. 2560 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ได้ให้ข้อมูลว่า ในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยจะมีผู้สูงอายุสูงถึง 1 ใน 5 ของประชากรทั้งหมดและมากกว่าประชากรเด็ก พร้อมเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ต่อมา ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 นายภุชพงค์ โนดไธสง ผู้อำนวยการสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สสช.) เปิดเผยว่า ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยจะมีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึง 20% นั่นจะทำให้สังคมไทยมีจำนวนผู้สูงอายุมากขึ้น และจะก้าวสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่าง “เต็มสูบ” ในปี พ.ศ. 2574 โดยธรรมชาติของผู้สูงอายุแล้ว มักจะประสบปัญหาด้านการเคลื่อนไหว สาเหตุมาจากความเสื่อมตามธรรมชาติของร่างกายและบางรายอาจมีโรคประจำตัวเรื้อรัง ซึ่งการเคลื่อนไหวที่เป็นพื้นฐานและสำคัญมากคือ การเดิน จะได้รับผลกระทบจากภาวะร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ นอกจากกลุ่มผู้สูงอายุจะประสบปัญหาด้านการเดินแล้ว ยังมีผู้พิการหรือผู้ป่วยส่วนหนึ่งที่มีปัญหาอย่างเดียวกันนี้เช่นกัน กลุ่มของข้าพเจ้าจึงออกแบบเครื่องช่วยเดิน เพื่อช่วยเหลือการก้าวเดินทั้งในผู้สูงอายุ ผู้ป่วย และผู้พิการ ที่ประสบปัญหาทางการก้าวเดิน เพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงในการเดิน และเอื้อประโยชน์ในการทำกายภาพบำบัด เพื่อสอดรับไปกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่กำลังเกิดขึ้น ทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความจำเป็นต้องใช้อีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องช่วยเดินให้นำไปใช้เป็นเครื่องทุ่นแรงและเครื่องช่วยกายภาพสำหรับผู้สูงอายุ ผู้พิการ และผู้ป่วยที่ประสบปัญหาทางการก้าวเดิน และเพื่อบุคคลที่สนใจอยากศึกษาไว้เป็นแนวทางเพื่อต่อยอดในการทำงานชิ้นนี้อีกด้วย

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

สร้างเครื่องช่วยเดิน ที่สามารถบังคับทิศทางการเดินได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และมีฟังก์ชั่นเสริมต่างๆ เช่น ระบบแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้ล้ม ระบบป้องกันการชนสิ่งกีดขวาง รวมถึงสามารถเคลื่อนที่ได้ตามเส้นสีดำ หากต้องการใช้เพื่อกายภาพบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตในการจัดทำโครงงาน

- สามารถควบคุมการเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ของเครื่องช่วยเดินได้ผ่านปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่
- ทำงานได้ 2 ระบบคือระบบควบคุมด้วยตัวเอง และระบบอัตโนมัติ
- มีระบบแจ้งเตือนหากผู้ใช้ล้ม
- มีระบบป้องกันการชนสิ่งกีดขวางด้านหน้า
- มีแบตเตอร์รี่ในตัวสามารถใช้งานโดยไม่ต้องเสียบปลั๊กได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างสิ่งต่างๆได้
- ฝึกการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกการวางแผน รวมทั้งแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นได้
- ได้เครื่องช่วยเดินที่สามารถนำไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการเบื้องต้น

หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องเครื่องช่วยเดินนั้น จะถูกควบคุมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นจะใช้ Arduino MEGA โดยการเขียนชุดคำสั่งการทำงานควบคุมให้เครื่องช่วยเดินสามารถเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ ผ่านปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ และสามารถปรับระดับความเร็วได้ด้วยปุ่มซึ่งสามารถหมุนเพื่อปรับความเร็ว นอกจากนี้เครื่องช่วยเดินยังมีระบบแจ้งเตือน คือหากผู้ใช้งานล้มจะมีสัญญาณเสียงดังขึ้น ซึ่งอาศัยการทำงานของแม่เหล็กที่ติดไว้ระหว่างบริเวณตัวเครื่องกับผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานล้มแม่เหล็กจะถูกดึงออกจากกัน และระบบแจ้งเตือนหากเครื่องมีสิ่งกีดขวางด้านหน้า ซึ่งทั้ง 2 ระบบนี้จะมีสัญญาณเตือนดังขึ้นหากผู้ใช้ล้มหรือมีสิ่งกีดขวางด้านหน้า และเครื่องช่วยเดินยังสามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบที่ผู้ใช้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยตัวเองผ่านปุ่มควบคุม และระบบอัตโนมัติเป็นระบบที่เครื่องช่วยเดินจะเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ ซึ่งการทำงานแต่ละระบบนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถและความต้องการของผู้ใช้งาน โดยระบบควบคุมด้วยตัวเอง จะเหมาะเป็นเครื่องทุ่นแรงในการเดินทั่วๆไป แต่สำหรับระบบอัตโนมัติจะสามารถใช้เพื่อการกายภาพบำบัดได้ด้วย เครื่องช่วยเดินอาศัยพลังงานจากแบตเตอร์รี่ในการทำงานโดยไม่ต้องเสียบปลั๊กขณะใช้งาน และสามารถชาร์ตแบตเตอร์รี่เก็บไว้เมื่อหยุดการใช้งาน เครื่องสามารถเป็นเครื่องทุ่นแรงในการเดินให้กับผู้สูงอายุ และผู้ป่วยที่ประสบปัญหาทางด้านการเดิน อีกทั้งยังสามารถเป็นเครื่องช่วยกายภาพของผู้ป่วยได้อีกด้วย

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

2.2.1.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า สลับแบ่งออกได้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส
   - สปลิทเฟสมอเตอร์(Split-Phase motor)
   - คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
   - รีพัลชั่นมอเตอร์(Repulsion-type motor)
   - ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
   - เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงแบ่งออกไดดังนี้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้าโรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์โรงงานถลุงโลหะ เป็นต้น หรือให้กำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

2.2.1.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของ เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วย เหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

รูปที่ 2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์

– ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน

รูปที่ 2.2 แกนขั้วแม่เหล็ก

ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็ก นี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

2. ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย

รูปที่ 2.4 โรเตอร์

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสนั่นสะเทือนได้

2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่น ระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลาย สายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตวัคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับ เส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

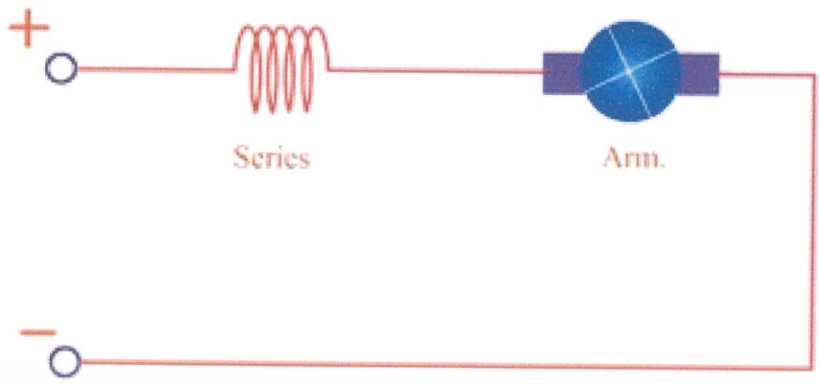
2.2.1.3 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรง เข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ ขั้วจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิด ในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

2.2.1.4 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

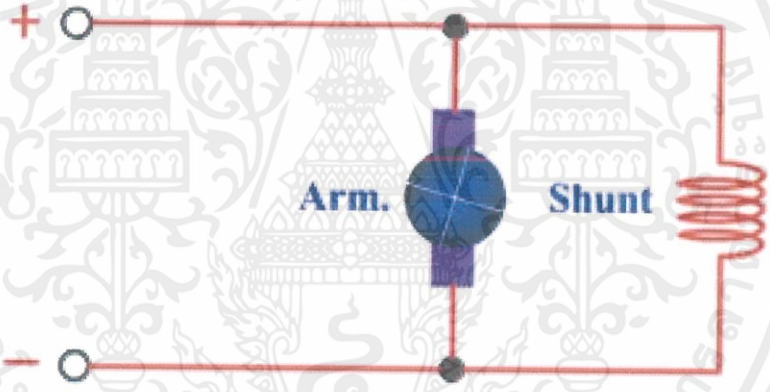
มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่าซีรีสฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของ เครนไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้าจักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนัก ได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจ เกิดอันตรายได้ดังนั้น เมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่แรงบิดเริ่ม หมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้ พัดลมเพราะพัดลมต้องการ ความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

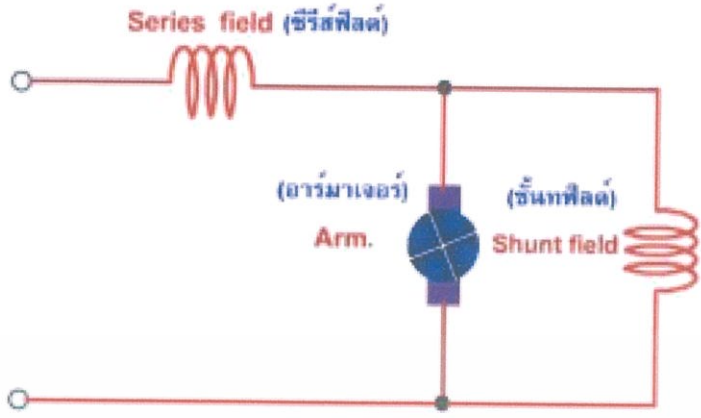


รูปที่ 2.6 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดี ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสม มี คุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจน กระทั่งมีโหลดเต็มที่ มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี

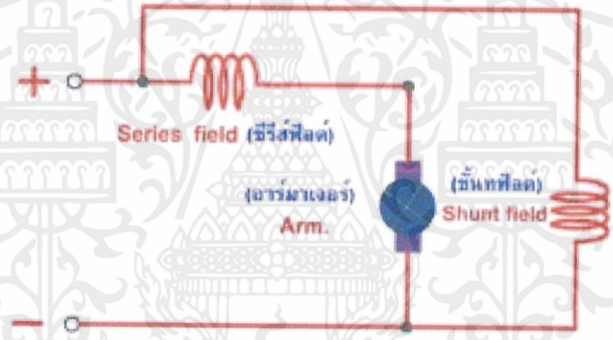
<u>วิธีที่ 1</u> ใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท์(Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาว์ดมอเตอร์

<u>วิธีที่ 2</u> คือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า ลองชันท์ค์อม ปาวดม์อเตอร์(Long shunt motor) ดังรูปวงจร

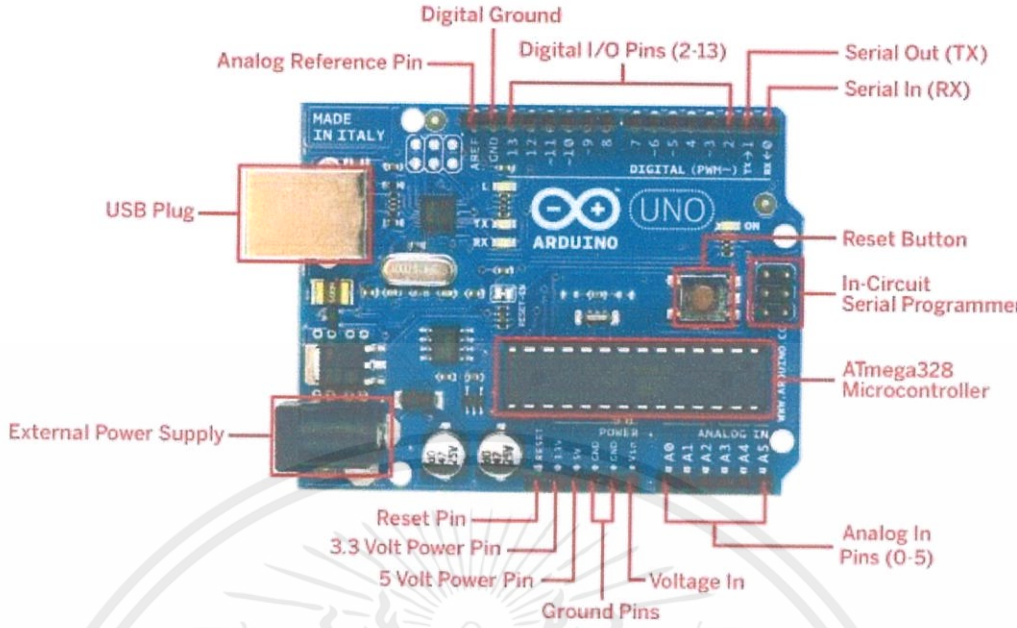


รูปที่ 2.8 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบลองชั้นท์คอมปาว์ดมอเตอร์

2.2.2 Arduino

Arduino คือ บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software โดยด้าน Hardware คือ บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายพกพาได้สะสวดโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญและมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมาประกอบรวมกัน ต่อมาในด้าน Software ตัวบอร์ด Arduino เป็นบอร์ดที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนั้นจึงมีลักษณะภาษาแบบเดียวกับ ภาษา C/C++ซึ่งเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมที่แพร่หลาย ดังนั้นตัวบอร์ด Arduino จึงสามารถใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



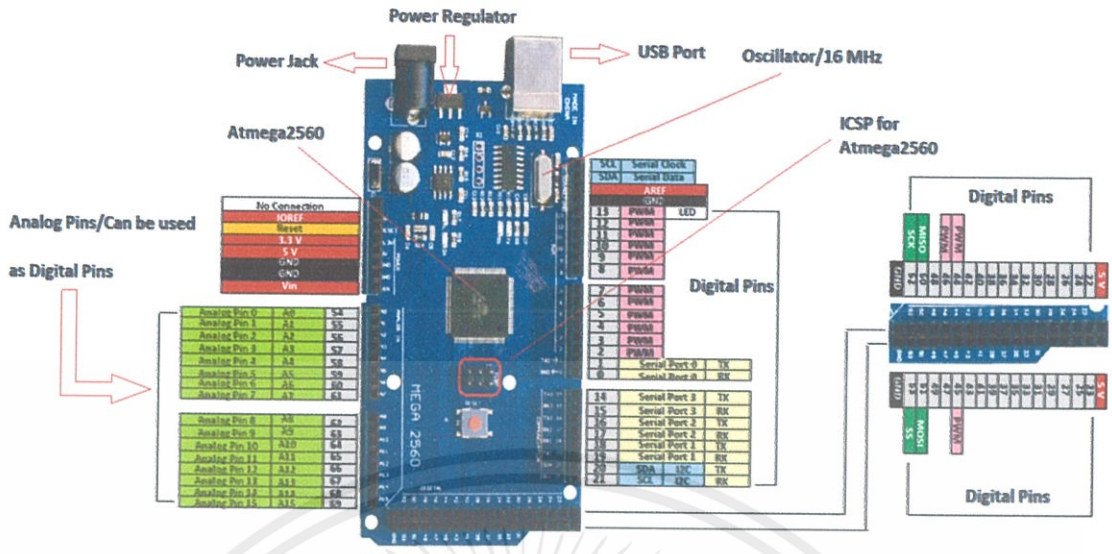
รูปที่ 2.9 Arduino UNO R3

ความสะดวกและไม่ซับซ้อนของบอร์ด Arduino ทำให้สามารถต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆได้อย่างสะดวกนั่นคือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์ต่างๆจากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้

2.2.2.1 โครงสร้างของบอร์ด Arduino Mega 2560

บอร์ด Arduino Mega 2560 จะเหมือนกับ Arduino Mega ADK ต่างกันตรงที่บนบอร์ดไม่มี USB Host มาให้ การโปรแกรมยังต้องทำผ่านโปรโตคอล UART อยู่บนบอร์ดใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmega2560 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ IO มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆตัว ทำให้ Pin IO ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่ เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 Arduino Mage 2560

ข้อมูลจำเพาะ

ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega2560
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 V
พอร์ต Digital I/O	54 พอร์ต
- พอร์ต PWM output	15 พอร์ต
พอร์ต Analog Input	16 พอร์ต
กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต	40 mA
กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ในพอร์ต	3.3V 50 mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	256 KB
- แต่8 KB ถูกใช้โดย Boot Loader	
พื้นที่แรม	8 KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	4 KB
ความถี่คริสตัล	16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino

Arduino ใช้พื้นฐานลักษณะภาษาแบบเดียวกับภาษา C/C++ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเหมือนกับภาษาC/C++ ทั่วไปนั่นเองทำให้ง่ายต่อการศึกษาใช้งานสำหรับผู้ที่มีความรู้ภาษา C/C++ สำหรับผู้เริ่มใช้ Arduino มีหลักสำคัญที่ต้องรู้เกี่ยวกับคำสั่งพื้นฐาน Arduino ดังนี้พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็กทีฟ (Preprocessor directives) คือส่วนที่คอมไพลเลอร์จะทำการประมวลผลและทำตามคำสั่งก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรม ส่วนนี้จะเริ่มด้วยเครื่องหมายไดเร็กทีฟ (directive) หรือสัญลักษณ์เครื่องหมายสี่เหลี่ยม # แล้วตามด้วยชื่อคำสั่งที่ต้องการใช้งาน หรือกำหนด ซึ่งในส่วนนี้จะอยู่ในส่วนบนสุด หรือส่วนหัวของโปรแกรม และต้องอยู่นอกฟังก์ชั่นหลักใดๆก็ตามถ้าให้เข้าใจง่ายๆนั่นคือ #include เป็นคำสั่งที่ใช้อ้างอิงไฟล์ภายนอก เพื่อเรียกใช้ฟังก์ชั่น หรือตัวแปรที่มีการสร้างหรือกำหนดไว้ในไฟล์นั้น

2.2.2.3 รูปแบบการใช้งานคือ #include <ชื่อไฟล์.h>

ตัวอย่างเช่น

```
#include <Wire.h>     //อ้างอิงไฟล์ Wire.h โดยเป็นไลบารี่พื้นฐานที่มีอยู่ใน Arduino
#include <Time.h>     // อ้างอิงไฟล์ Time.h โดยเป็นไลบารี่พื้นฐานที่มีอยู่ใน Arduino
```

การอ้างอิงไฟล์จากภายใน หรือไฟล์ไลบารี่ที่มีอยู่แล้วใน Arduino หรือเป็นไลบารี่ที่เราเพิ่มเข้าไปเอง จะใช้เครื่องหมาย <> ในการคร่อมชื่อไฟล์ไว้ โดยโปรแกรมคอมไพลเลอร์จะเข้าใจว่าจะสามารถไปหาไฟล์ที่สั่งนี้จากในโฟลเดอร์ไลบารี่นั่นเอง และในอีกกรณีถ้าต้องการอ้างอิงไฟล์ที่อยู่ในโฟลเดอร์โปรเจค จะใช้เครื่องหมาย "" คร่อมแทน ซึ่งคอมไพล์เลอร์จะวิ่งไป หาไฟล์นี้โดย อ้างอิงจากไฟล์โปรแกรมที่คอมไพล์เลอร์อยู่ต่อมาเป็นมีความหมายคือ #define เป็นคำสั่งที่ใช้แทนข้อความที่กำหนดไว้ ด้วยข้อความที่กำหนดไว้ ซึ่งการใช้คำสั่งนี้ ข้อดีคือไม่มีการอ้างอิงกับตัวโปรแกรมเลย

2.2.2.4 รูปแบบการใช้งานคือ #define NAME VALUE

ตัวอย่างเช่น

```
#define LEDPIN 14 // ไม่ว่าคำว่า LEDPIN จะอยู่ส่วนใดของโค้ดโปรแกรมก็ตาม คอมไพล์เลอร์จะ
```

แทนคำว่า LEDPIN ด้วยเลข 14 แทนซึ่งข้อดีคือเราไม่ต้องสร้างเป็นตัวแปรขึ้นมาเพื่อเปลืองพื้นที่แรมและยังช่วยให้โปรแกรมทำงานเร็วขึ้นอีกด้วยเพราะซีพียูไม่ต้องไปขอข้อมูลมาจากแรมหลายๆทอด ส่วนของการกำหนดค่า (Global declarations) เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดชนิดตัวแปรแบบนอกฟังก์ชั่น หรือประกาศฟังก์ชั่น เพื่อให้ฟังก์ชั่นที่ประกาศสามารถกำหนด หรือเรียกใช้ได้จากทุกส่วนของโปรแกรม เช่น int pin = 13; // ประกาศตัวแปรนอกฟังชั่น ฟังก์ชั่น setup() และฟังก์ชั่น loop() คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ถูกบังคับให้ต้องมีในทุกโปรแกรม โดยฟังก์ชั่น setup() เป็นฟังก์ชั่นแรกที่ถูกเรียกใช้ ใช้กำหนดค่าต่างๆ กำหนดขาในการใช้งานให้เป็น input หรือ output หรือเริ่มต้นใช้งานไลบารี่ต่างๆ เช่น ในฟังก์ชั่น setup() จะมีคำสั่ง pinMode() เพื่อกำหนดให้ขาใดๆก็ตามเป็นดิจิตอลอินพุต หรือเอาต์พุตโดยการกำหนดในส่วนนี้จะกำหนดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ส่วนฟังก์ชั่น loop() จะเป็นฟังก์ชั่นที่ทำงานหลังจากฟังก์ชั่น setup() ได้ทำงานเสร็จสิ้นไปแล้ว โดยการทำงานจะมีการวนลูปแบบไม่รู้จบไปเรื่อยๆหรือกล่าวได้ว่าเมื่อฟังก์ชั่น loop() ทำงานตามคำสั่งครบแล้ว ฟังก์ชั่น loop() ก็จะถูกเรียกขึ้นมาใช้อีกเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ

<u>ตัวอย่างเช่น</u>

```
int pin = 13;                    // ประกาศตัวแปรนอกฟังชั่น
void setup() {
pinMode(pin, OUTPUT);            // ฟังก์ชั่นsetup()กำหนดให้ขาที่ 13 เป็นดิจิตอลเอาต์พุต
}
void loop() {
digitalWrite(pin, HIGH);         // ฟังก์ชั่น loop() มีการกำหนดให้พอร์ต 13 มีลอจิกเป็น 1
delay(1000);                     // ฟังก์ชั่น delay() ในการหน่วงเวลา 1 วินาที
digitalWrite(pin, LOW);          // ให้พอร์ต 13 มีสถานะลอจิกเป็น 0
delay(1000);                     // หน่วงเวลา 1 วินาที
}
```

จากตัวอย่างแสดงว่าในฟังก์ชั่น loop() เมื่อจบคำสั่ง จะเริ่มทำฟังก์ชั่น loop() ใหม่ไปเรื่อยๆ ผลที่ได้คือไฟกระพริบบนบอร์ด Arduino Uno ในพอร์ตที่ 13 ทำงานแบบไม่รู้จบนั่นคือความหมายของ loop การสร้างฟังก์ชั่น และการใช้งานฟังก์ชั่น (Users-defined function) คำสั่งต่างๆที่อยู่ภายในฟังก์ชั่น ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายปีกกาเปิด { และปีกกาปิด } เท่านั้น ภายใต้เครื่องหมาย {} เราสามารถนำฟังก์ชั่นหรือคำสั่งใดๆก็ได้มาใส่ไว้ แต่จะต้องคั่นแต่ละคำสั่งด้วยเครื่องหมายเซมิโคล่อน ; โดยจะนำคำสั่งทั้งหมดไว้บรรทัดเดียวกันเลย หรือแยกบรรทัดกันก็ได้เพื่อความสวยงามของโค้ด

<u>ตัวอย่างเช่น</u>

```
void Mode(int pin) {
pinMode(pin, OUTPUT);            // ฟังก์ชั่นsetup()กำหนดให้pinที่กำหนดเป็นดิจิตอลเอาต์พุต
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setup() {
Mode(13);
}
```

ส่วนอธิบายโปรแกรม (Program comments) มีความหมายอีกอย่างว่าการคอมเม้นโปรแกรมเป็นส่วนที่สำคัญอย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ที่ไม่ได้เขียนโปรแกรม หรือเป็นผู้เขียนโปรแกรมเข้าใจในตัวโปรแกรมได้ง่ายขึ้นโดยสามารถอ่านได้จากคอมเม้น แทนการทำความเข้าใจโปรแกรมโดยอ่านแต่ละฟังก์ชั่น โดยส่วนอธิบายโปรแกรม หรือส่วนคอมเม้นนี้ จะไม่มีผลกระทบใดๆกับขนาดของโปรแกรมหลังคอมไพล์ นั่นเพราะส่วนนี้จะถูกตัดทิ้งทั้งหมดเนื่องจากไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน โดยจะมีผลเพียงแค่ว่าไฟล์โค้ดของโปรแกรมจะใหญ่ขึ้นมา ถ้ามีการคอมเม้นโค้ดเยอะๆ ขนาดก็จะเพิ่มขึ้นตามตัวอักษร ดังนั้นการคอมเม้นโค้ดจึงไม่คิดพื้นที่มากนัก แต่ผู้เขียนแนะนำให้คอมเม้นโค้ดให้สั้น และกระชับเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำความเข้าใจ การคอมเม้นโค้ดมีอยู่ 3 รูปแบบ คือเปิดด้วย /* และปิดด้วย */ และแบบสุดท้าย // เป็นการคอมเม้นโค้ดแบบข้ามบรรทัด คือตราบใดที่ยังไม่มี */ตรงส่วนนั้นจะเป็นคอมเม้นทั้งหมด

2.2.2.5 คำสั่งพื้นฐานในชิป

- pinMode (ขาที่จะใช้ ,OUTPUT) = ตั้งค่าให้ขานั้นเป็นเอาท์พุทใช้ได้ทั้งอะนาลอกและดิจิตอล
- pinMode (ขาที่จะใช้ ,INPUT) = ตั้งค่าให้ขานั้นเป็นอินพุทใช้ได้ทั้งอะนาลอกและดิจิตอล
- digitalWrite (ขาที่จะใช้,สถานะที่จะแสดง) = ใช้สั่งขานั้นเป็นเอาท์พุทดิจิตอล เช่น LED หน้าจอ
- digitalRead (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นรับอินพุทดิจิตอล เช่น สวิตช์กด เซ็นเซอร์ดิจิตอล
- analogWrite (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นเป็นเอาท์พุทอนาลอก เช่น ICควบคุมความเร็วมอเตอร์
- analogRead (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นรับอินพุทอนาลอก เช่น Rเกือกม้า LDR เซ็นเซอร์วัดระยะทาง
- delay (เวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป
- delayMicroseconds (เวลาหน่วยเป็นไมโครวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- int = ใช้ตั้งชื่อตัวแปรสำหรับตั้งค่าเริ่มต้นที่เป็นตัวเลขหรือจองพื้นที่เก็บตัวเลขหรือตั้งชื่อให้ขา
- char = ใช้ตั้งชื่อตัวเปรที่ใช้เก็บตัวอักษร(จองพื้นที่ใช้เก็บอักษร)
- Serial.begin (9600) = ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อัตราเร็ว9600บิตต่อวินาที
- Serial.print (“คำพูด”) = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้แสดงผลบนจอคอมแบบไม่เว้นบรรทัด
- Serial.println (“คำพูด”) = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้แสดงผลบนจอคอมแบบเว้นบรรทัด
- Serial.available () = ใช้ตรวจสอบว่ามีการกดคีย์บอร์ดหรือไม่
- Serial.Read () = ใช้อ่านค่าปุ่มคีย์บอร์ดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์
- ชื่อตัวแปร++ = เพิ่มค่าตัวแปรนั้นทีละหนึ่ง = +1
- ชื่อตัวแปร-- = ลดค่าตัวแปรนั้นทีละหนึ่ง = -1
- / = หาร
- = คูณ
- + = บวก
- _ = ลบ
- = = เท่ากับ
- == = เท่ากันกับ(สามารถใช้เปรียบเทียบคำสั่งกับคำสั่งก็ได้ไม่จำเป็นต้องใช้กับตัวเลข)หรือเทียบความเหมือนกัน
- % = หารเอาเศษ เช่น 6%3 =0 เพราะ 6 หาร 3 ลงตัว ,6%4 เพราะ 6 หาร 4 ได้ 1 เหลือเศษ
- != = ไม่เท่ากับ
- pi = 22/7
- pow(x,y) = ยกกำลัง เช่น pow(2,3) = 23
- sqrt(x) = รากที่สอง
- = มากกว่า
- < = น้อยกว่า
- >= = มากกว่าหรือเท่ากับ
- <= = น้อยกว่าหรือเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.6 คำสั่งเกี่ยวกับเงื่อนไข

1. คำสั่ง do...while

```
do
{
        //คำสั่ง 1
} while(เงื่อนไข);
        //คำสั่ง 2
```

บางครั้งอาจใช้แค่ while อย่างเดียวก็ได้นั่นแปลว่า ทำคำสั่ง 1 เมื่อเงื่อนไขยังคงจริงหรือถูกต้อง ใช้ทำงานตามคำสั่ง 1 เมื่อเงื่อนไขในwhileยังคงเป็นจริง แต่ถ้าเงื่อนไขนั้นไม่เป็นจริงโปรแกรมก็จะหยุดทำคำสั่ง 1 แล้วไปทำตามคำสั่ง 2 แต่ถ้าไม่มีคำสั่ง 2 โปรแกรมก็จะหยุดทำงานเอง

2. คำสั่ง if

```
if(เงื่อนไข) {
        //คำสั่ง
}
```

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่เงื่อนไขถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งนั้นได้

3. คำสั่ง if...else

```
if(เงื่อนไข)
{
        //คำสั่ง 1
}else
{
        //คำสั่ง 2
}
```

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่นั้นเงื่อนไขถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งที่ 1 ได้แต่ถ้ายังไม่เป็นจริงก็ให้ทำคำสั่งที่ 2 รอไปก่อน

4. คำสั่ง if...else if...else โดยตัวคำสั่งนี้สามารถต่อไปได้เรื่อยๆจนกว่าจะพอใจ

```
if(เงื่อนไข 1)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        //คำสั่ง 1
}else if(เงื่อนไข 2)
{
        //คำสั่ง 2
}else
{
        //คำสั่ง 3
} ไปเรื่อยๆ
```

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่นั้นเงื่อนไข 1ถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งที่ 1 ได้ แต่ถ้ายังไม่เป็นจริงก็ไปตรวจสอบที่เงื่อนไขที่ 2 ถ้าเงื่อนไขที่ 2 เป็นจริงก็ทำคำสั่งที่ 2 แต่ถ้าไม่เป็นจริงทั้งสองคำสั่งก็จะทำคำสั่งที่ 3 เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ

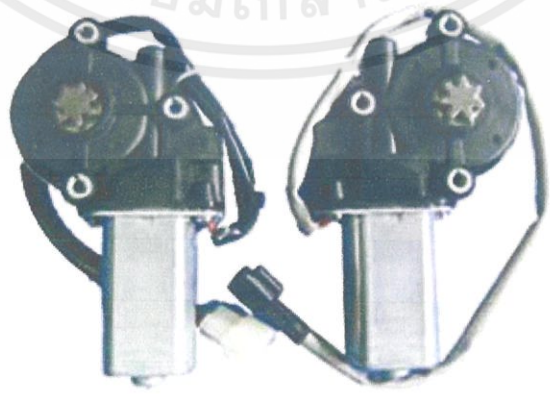
5. คำสั่ง for loop

```
for(เงื่อนไขเริ่มต้น; เงื่อนไขสุดท้าย; การทำงานของเงื่อนไข)
{
//คำสั่ง
}
```

แปลว่า ให้ทำคำสั่งที่ได้ไปจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริงครบทั้ง3ข้อ โดยคำสั่งเหล่านี้จะต้องมีความสัมพันธ์กันโดยตรงด้วย

2.3 ทฤษฎีอุปกรณ์

2.3.1 มอเตอร์กระจกไฟฟ้า



รูปที่ 2.11 มอเตอร์กระจกไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์กระจกไฟฟ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือดีซีมอเตอร์ (DC Motor)ชนิดหนึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โครงสร้างภายในดีซีมอเตอร์ ประกอบด้วยส่วนหลักๆ สองส่วน ได้แก่ แม่เหล็กถาวรและแกนขดลวด นอกจากนี้ยังมีแปรงถ่าน (Brush) ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อเพื่อรับพลังงานไฟฟ้าภายนอกไปยังขดลวดของมอเตอร์ เมื่อขดลวดได้รับไฟฟ้ากระแสตรง จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ขดลวด นอกจากนี้มอเตอร์กระจกไฟฟ้ามีการทำงานคือเมื่อไม่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ มอเตอร์จะไม่ทำงานและไม่สามารถหมุนได้ กล่าวคือจะล็อกไม่สามารถหมุนได้ถ้าไม่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีราคาถูกและใช้งานง่าย จึงพบการนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ของเล่นขนาดเล็ก จักรยานไฟฟ้า แขนกลหุ่นยนต์และเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม

2.3.2 ล้อโรลเลอร์เบลด

รูปที่ 2.12 ล้อโรลเลอร์เบลด

ล้อ คือวัตถุรูปวงกลมถูกยึดไว้ด้วยเพลาที่บริเวณจุดศูนย์กลาง ทำให้ล้อสามารถหมุนรอบเพลาได้ มักใช้ประกอบกับยานพาหนะเพื่อให้เคลื่อนที่ได้โดยง่ายบนพื้น ล้อในปัจจุบันมีอยู่หลายแบบ หลายขนาดโดยทำจากวัสดุหลายอย่างตามการใช้งาน เช่น ล้อเกวียนทำด้วยไม้ ล้อแม็ก ล้อรถยนต์ ที่จะมียางรถยนต์หุ้ม ล้อรถไฟที่ทำด้วยเหล็ก ล้อใส่ตู้ที่ทำจากพลาสติก เป็นต้น แต่ในโครงงานนี้ใช้ล้อโรลเลอร์เบลด ขนาด4.5 นิ้ว หนา2.5 cm. รับน้ำหนักได้สูง

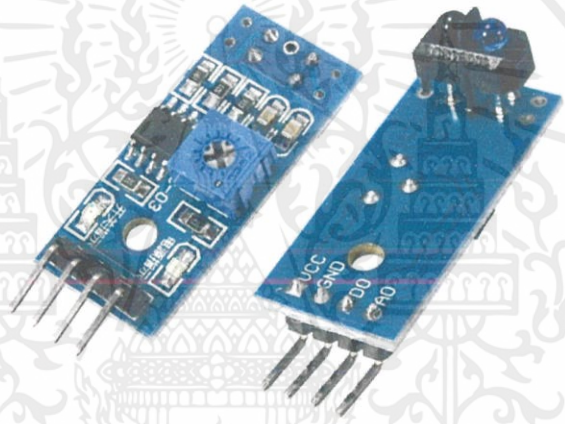
2.3.3 ลำโพง

รูปที่ 2.13 ลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำโพง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลอย่างหนึ่ง ทำหน้าแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียง มีด้วยกันหลายแบบ ลำโพงนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบเครื่องเสียง โดยมีขนาดตั้งแต่เล็กเท่าปลายนิ้วจนถึงใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนับสิบนิ้ว โดยมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน และให้เสียงที่แตกต่างกันด้วย ลำโพงจะมีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ พร้อมเหล็กปะกับบน-ล่าง ซึ่งจะมีแกนโผล่ขึ้นมาด้านบนทำให้เกิดเป็นช่องว่างแคบๆ เป็นวงกลมเราเรียกว่าช่องแก๊ปแม่เหล็ก (Magnetic Gap) ซึ่งแรงแม่เหล็กทั้งหมดจะถูกส่งมารวมกันอย่างหนาแน่นที่ตรงนี้ ถ้าแม่เหล็กมีขนาดเล็กจะให้แรงน้อย (วัตต์ต่ำ) ขนาดใหญ่จะมีแรงมาก (วัตต์สูง) ในปัจจุบันจะมีลำโพงที่ออกแบบให้มีวัตต์สูงเป็นพิเศษ โดยใช้แม่เหล็กขนาดใหญ่ และบางแบบจะซ้อน 2 หรือ 3 ชั้น จะได้วัตต์ที่สูงขึ้น

2.3.4 เซนเซอร์สะท้อนแสง (IR Reflective Sensor: TCRT 5000)



รูปที่ 2.14 เซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000)

โมดูลอ่านค่าสะท้อนกลับของแสง ใช้ไฟ 3.3-5V เหมาะสำหรับใช้กับ Arduino ให้เอาต์พุตออกมา 2 แบบคือแบบดิจิตอลสามารถปรับค่าที่ต้องการได้ เมื่อค่าที่อ่านได้ถึงระดับที่ต้องการก็จะส่งค่า 1 ออกมา ถ้ายังไม่ถึงระดับก็จะส่งค่า 0 ออกมา และอีกแบบคือเอาต์พุตแบบอะนาล็อก อ่านค่าได้เป็นตัวเลข 0-1023 หรือสัญญาณไฟในช่วง 0-5V

สามารถนำไปประยุกต์กับงานได้หลายแบบ เช่น

- ใช้เป็นตัวตรวจจับเส้นสีขาวกับสีดำสำหรับรถ smart car
- ใช้เป็นสวิตช์แบบไร้สัมผัส
- ใช้เป็นเซนเซอร์หลีกเลี่ยงการชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

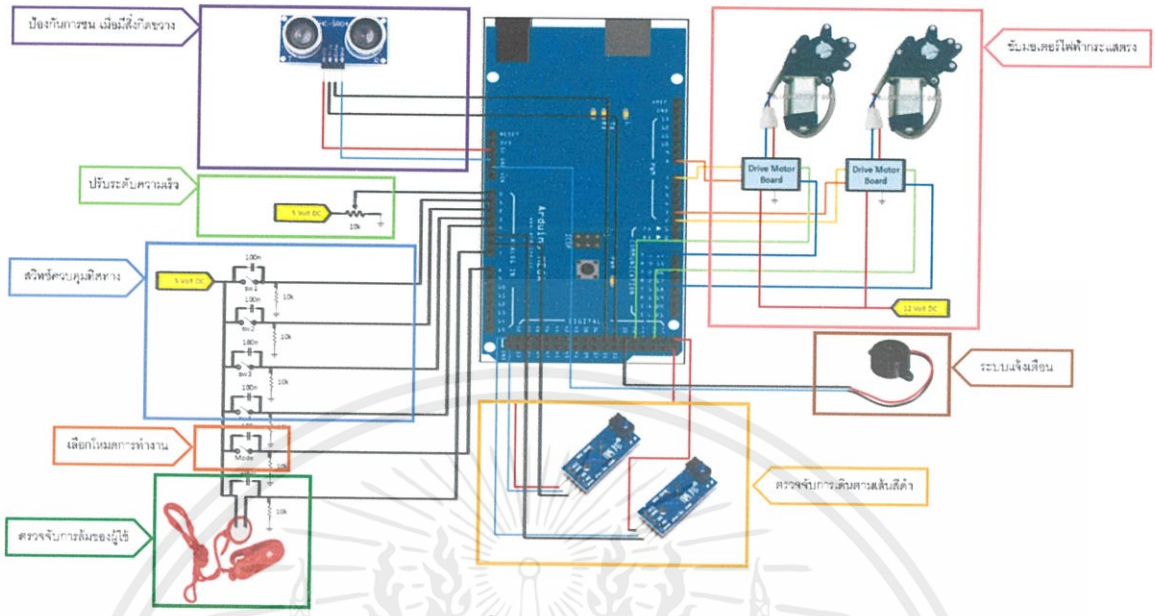
2.3.5 เซนเซอร์อัลตราโซนิค (Ultrasonic sensor: HC-SR04)

รูปที่ 2.15 เซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04)

เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic sensor) เป็นเซนเซอร์ (sensor) ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต (kHz) ซึ่งเป็นคลื่นในย่านที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียง เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิกทำงานโดยอาศัยการกระจาย หรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวของตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงจะแทรกผ่านเข้าไปในตัวกลางนั้น และส่วนใหญ่ของคลื่นความถี่สูงนี้จะสะท้อนกลับเรียกว่า "Echo" โดยช่วงเวลาของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ นิยมใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์สำหรับการวัดระยะทางของวัตถุหรือการวัดระดับของเหลว ตรวจจับวัตถุได้หลายขนาด ไม่เหมาะกับวัตถุที่มีคุณสมบัติการยืดหยุ่นหรือคุณสมบัติการดูดซับเสียง เช่น ผ้า ฝุ่นผง โฟม หรือฟองน้ำ และเนื่องจากลักษณะการสะท้อนกลับของเสียงขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบที่ทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่าง ๆ จึงไม่เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นก้อนๆไม่สม่ำเสมอ สำหรับวัตถุที่มีผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจากพื้นผิวนั้นอย่างมีระเบียบ ค่าความเที่ยงตรงที่ได้จากการวัดจะมีค่าสูงมากกว่า โดยตำแหน่งของเซนเซอร์ที่ตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุจะให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนคลื่นกลับมายังตัวรับมากที่สุด ในสภาวะแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองหรือมีไอน้ำในอากาศ เสียงอาจถูกดูดซึมไปบ้างและสูญเสียพลังงานไปในรูปของพลังงานความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีวงจร



รูปที่ 2.16 วงจรรวม

เครื่องช่วยเดินแบ่งการทำงานเป็นส่วนๆ คือ เขียนชุดคำสั่งผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานมอเตอร์ของเครื่องช่วยเดินให้เคลื่อนที่ได้ โดยการเขียนชุดคำสั่งผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปยังวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งทำหน้าที่ขยายกระแสจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ และสามารถเขียนชุดคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องช่วยเดินให้ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ โดยการทำงานของชุดคำสั่งนั้นขึ้นกับสวิทช์คอนโทรลที่เลือกกด ตามทิศทางที่ต้องการ และเครื่องช่วยเดินยังสามารถปรับระดับความเร็วของเครื่องได้ มีการทำงาน 2 ระบบคือ ระบบควบคุมด้วยตัวเอง และระบบอัตโนมัติ มีระบบแจ้งเตือนหากผู้ใช้งานล้ม และระบบแจ้งเตือนหากมีสิ่งกีดขวางด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาหาข้อมูล

ศึกษาข้อมูลการสร้างเครื่องช่วยเดิน ว่าจะออกแบบในลักษณะใดและจะใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง เมื่อได้ข้อสรุปว่าจะใช้ Arduino ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด จึงมีการศึกษาการใช้งานอาดูโน (Arduino) และการทำงานของเครื่องช่วยเดิน และพบว่าเครื่องช่วยเดินมีส่วนการทำงานที่ใช้โปรแกรมควบคุมจำนวนมาก จึงเลือกใช้ Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนล้อให้กับเครื่องช่วยเดินเนื่องจากขณะไม่จ่ายไฟมอเตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถทำงานได้ทำให้ล้อไม่หมุนเอง และสามารถรับภาระได้สูง โดยมอเตอร์จะสามารถทำงานได้โดยจ่ายไฟให้กับวงจรขับกระแสมอเตอร์และต่อเข้ากับมอเตอร์ จากการศึกษาพบว่ามอเตอร์ใช้กระแสไม่เกิน 3A และต้องการให้มอเตอร์หมุนได้ 2 ทิศทาง จึงสร้างวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้เองโดยใช้ IC TIP412 และ IC TIP417 เพื่อขยายกระแสให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งนำมาใช้ควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ต้องการให้เครื่องช่วยเดินสามารถปรับความเร็วได้จึงใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบ่งแรงดันนำไปแปลงค่าเพื่อเขียนคำสั่ง ใช้การทำงานของแม่เหล็กเป็นระบบเตือนฉุกเฉินหากผู้ใช้ล้มจะทำให้แม่เหล็กหลุดออกจากกัน สัญญาณเตือนจะดังขึ้น ใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic sensor: HC-SR04) ซึ่งเป็นเซนเซอร์วัดระยะทาง นำมาวัดระยะหากมีสิ่งกีดขวางด้านหน้า สัญญาณเตือนจะดังขึ้นเช่นกัน และมีการทำงาน 2 ระบบ โดยระบบแรกคือการควบคุมผ่านปุ่มควบคุม และระบบที่ 2 คือให้เครื่องเคลื่อนที่ตามเส้นโดยใช้เซนเซอร์สะท้อนแสง (IR Reflective Sensor: TCRT 5000) และใช้แบตเตอร์รี่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องช่วยเดิน โดยแบตเตอร์รี่ที่ใช้ต้องจ่ายกระแสได้เพียงพอให้กับมอเตอร์ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

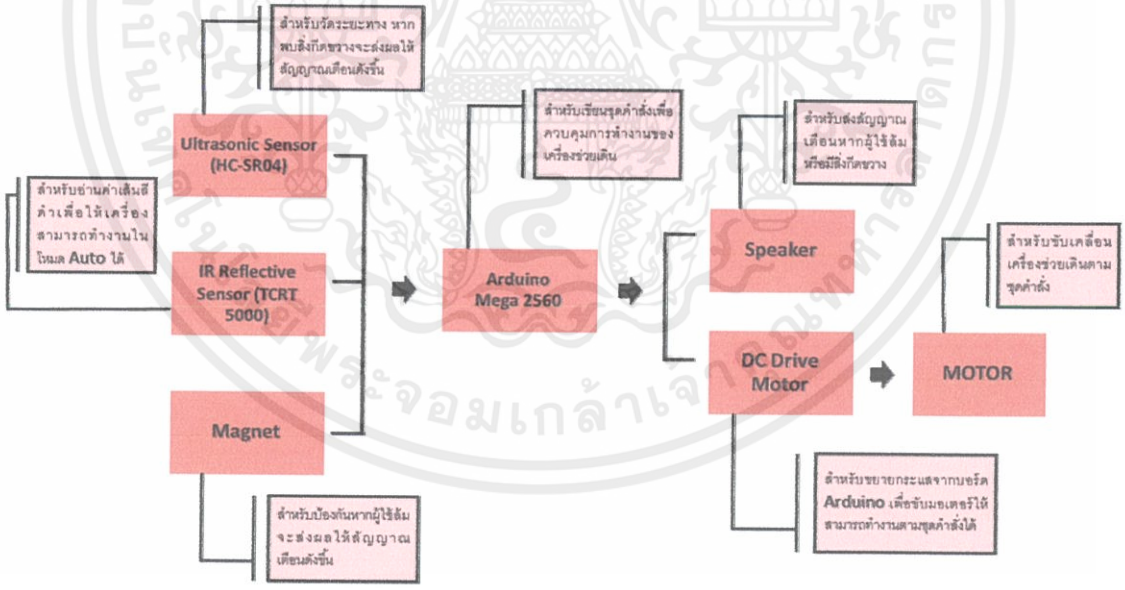
3.2 ขั้นตอนดำเนินงาน

3.2.1 วางแผนการทำเครื่องช่วยเดิน

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

เริ่มออกแบบโดยเขียนบล็อกไดอะแกรมวางแผนงาน โดยทุกๆขั้นตอนนั้นจะเข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาทุกครั้งเพื่อให้อาจารย์ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนจะดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

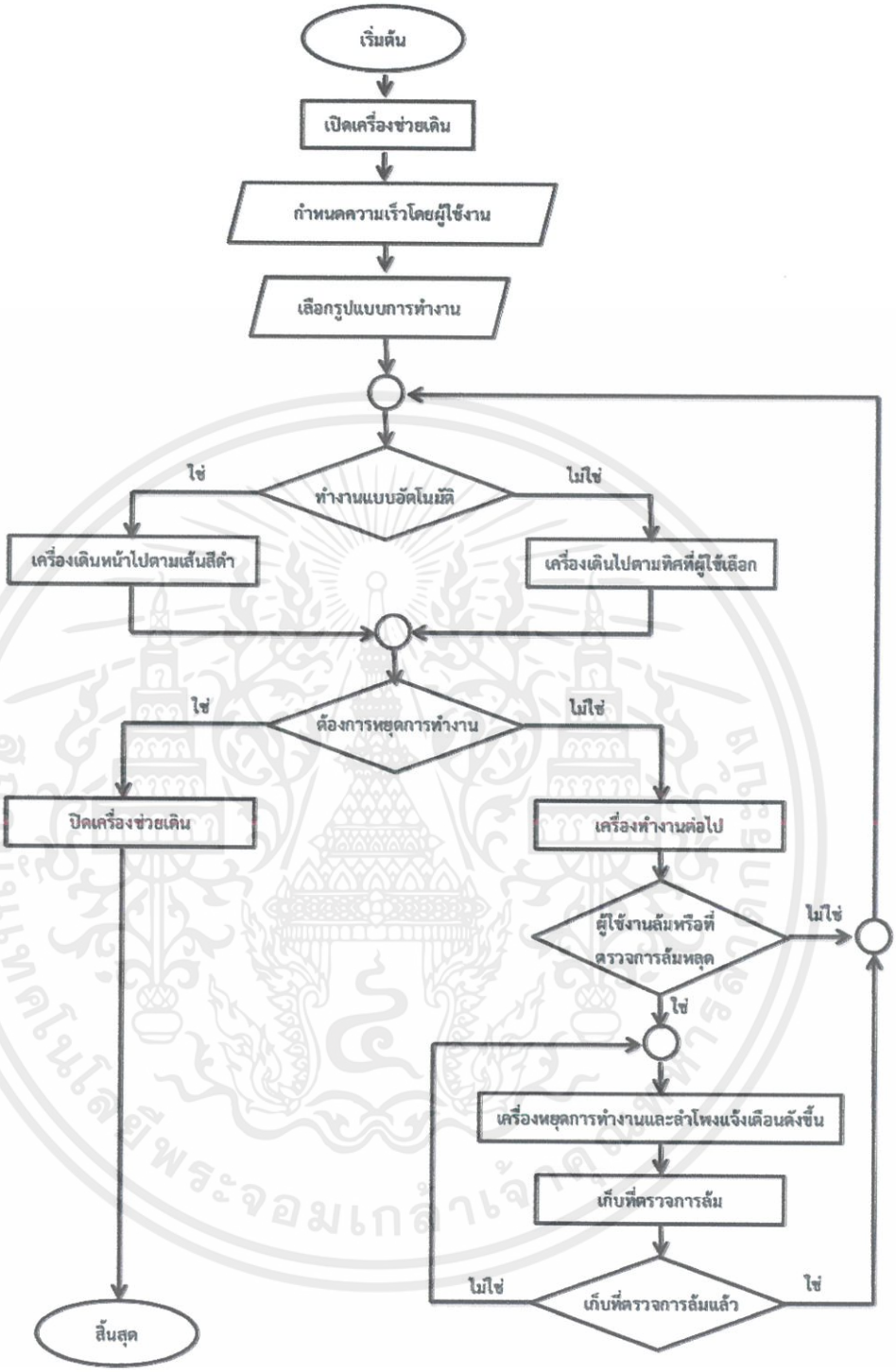
3.2.2 ออกแบบการทำงานของเครื่องช่วยเดิน



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องช่วยเดิน

จากบล็อกไดอะแกรม แสดงให้เห็นว่าเครื่องช่วยเดินจะควบคุมการทำงานโดยวงจรควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ Arduino Mega 2560 ผ่านวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงสั่งให้มอเตอร์ทำงาน ล้อจึงหมุนด้วยความเร็วดังโปรแกรมที่ป้อนให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



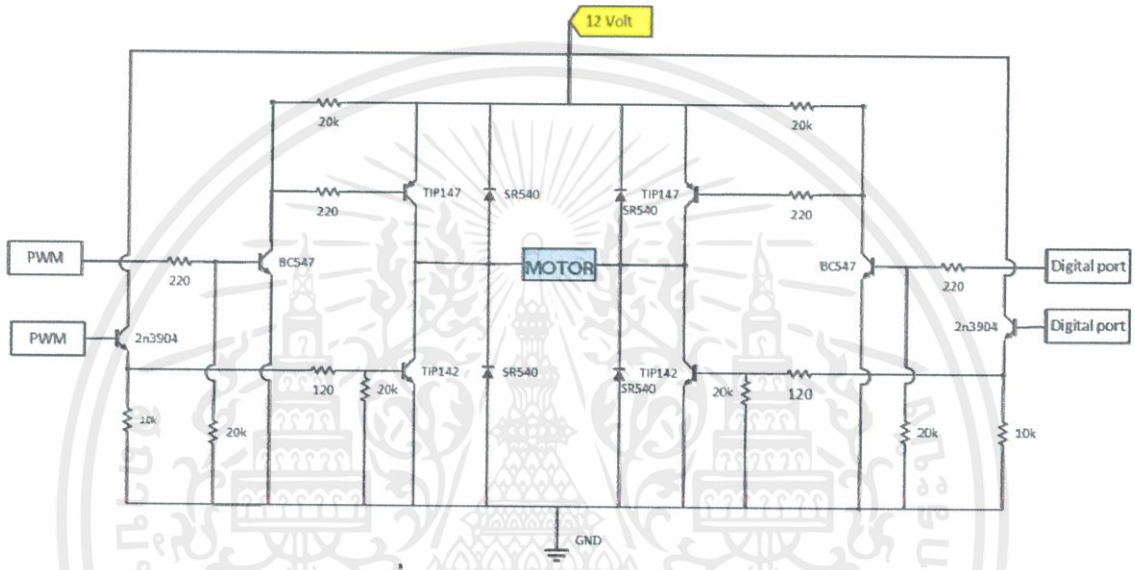
รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานแสดงการทำงานทั้งหมดของเครื่องช่วยเดิน

จากแผนผังการทำงาน แสดงให้เห็นว่าเครื่องช่วยเดินมีการทำงานหลายระบบ คือเมื่อเปิดเครื่องผู้ใช้สามารถกำหนดความเร็วของเครื่อง และเลือกรูปแบบการทำงานของเครื่องช่วยเดินได้ นอกจากนั้นยังมีระบบแจ้งเตือนหากผู้ใช้งานล้ม

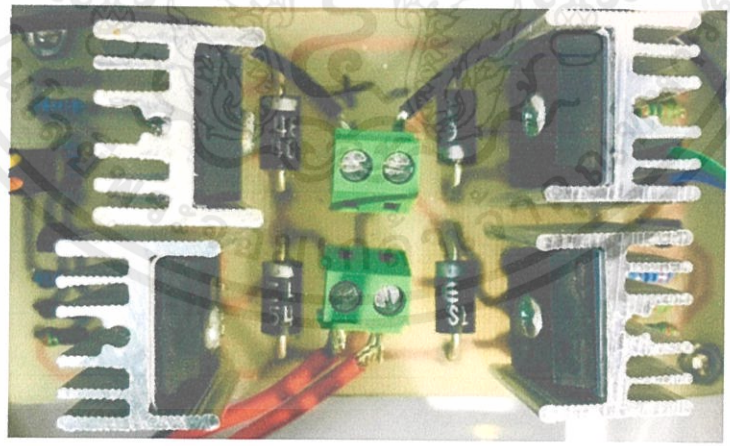
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

เนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่สามารถสั่งการทำงานของมอเตอร์ได้โดยตรง และไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นมีการจ่ายกระแสได้น้อยกว่ากระแสที่เพียงพอให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ จึงออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงซึ่งทำหน้าที่ขยายกระแสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สามารถเขียนชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้โดยใช้ IC TIP142 และ IC TIP147 นั่นเอง ซึ่งวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงนี้สามารถขับกระแสได้ 2 ทิศทาง



รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ 3.5 บอร์ดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ประกอบเครื่องช่วยเดิน

เมื่อได้ส่วนประกอบการทำงานของเครื่องช่วยเดินครบแล้ว จึงประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน และทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยเดิน

ก.

ข.

ค.

รูปที่ 3.6 เครื่องช่วยเดิน
ก. ด้านหลัง
ข. ด้านหน้า
ค. ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

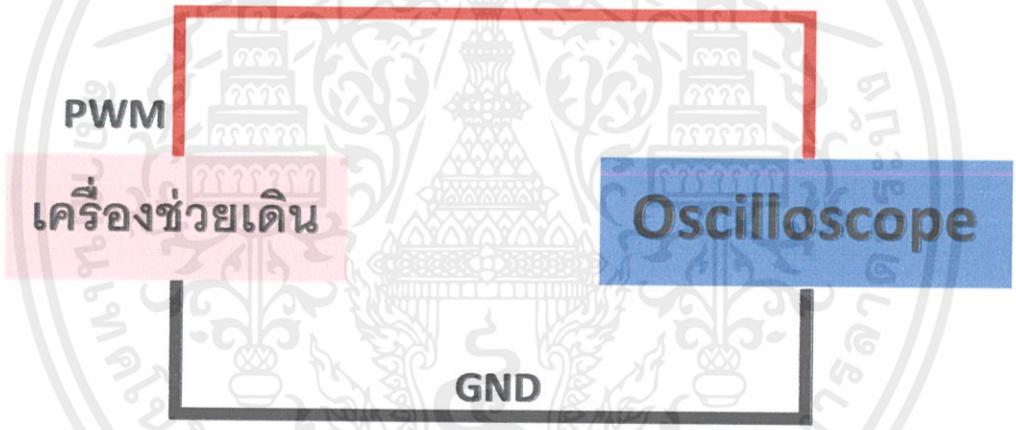
4.1 การวัดสัญญาณควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.1.1 วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดัง รูปที่ 4.1

2. วัดค่าสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ณ ความเร็วต่ำสุด ความเร็วปานกลาง และความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ทั้ง 2 ด้าน

3. ทำการบันทึกค่าสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ณ ความเร็วค่าต่างๆ



รูปที่ 4.1 วงจรเพื่อวัดสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.1.2 ผลการทดลอง

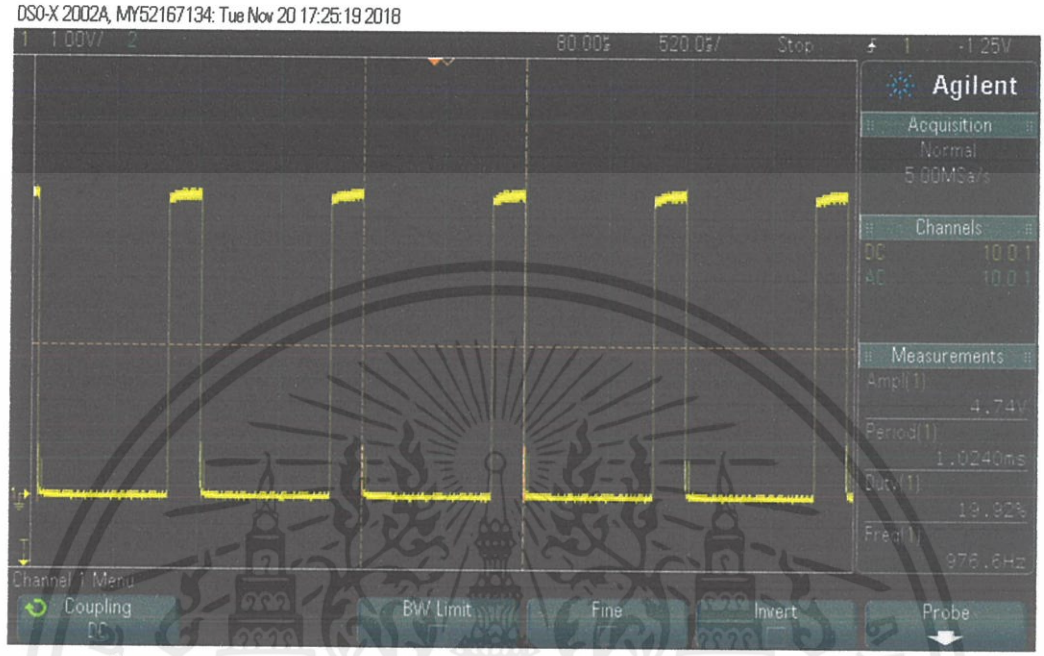
สัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้ มีความถี่ 980 Hz นั่นคือมีคาบเวลาเท่ากับ 1.0 ms ซึ่งป้อนเป็นสัญญาณ PWM ที่มี Duty cycle แตกต่างกันไป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

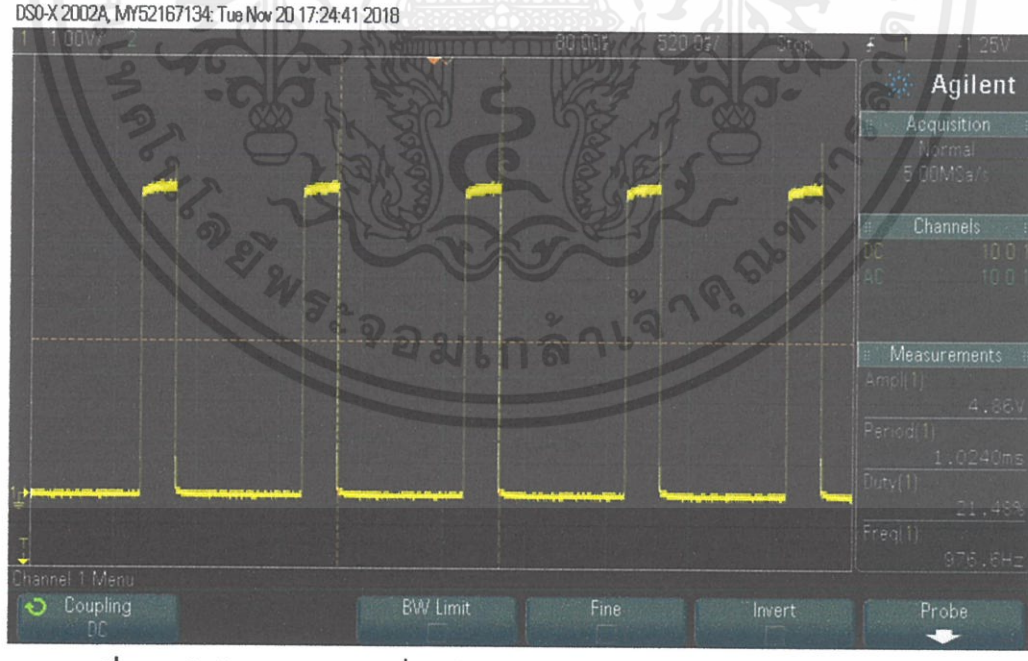
ที่ความเร็วต่ำสุด

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 19.92 % หรือ คิดเป็น 0.1992 ms

- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 21.48 % หรือ คิดเป็น 0.2148 ms



รูปที่ 4.2 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 19.92 %



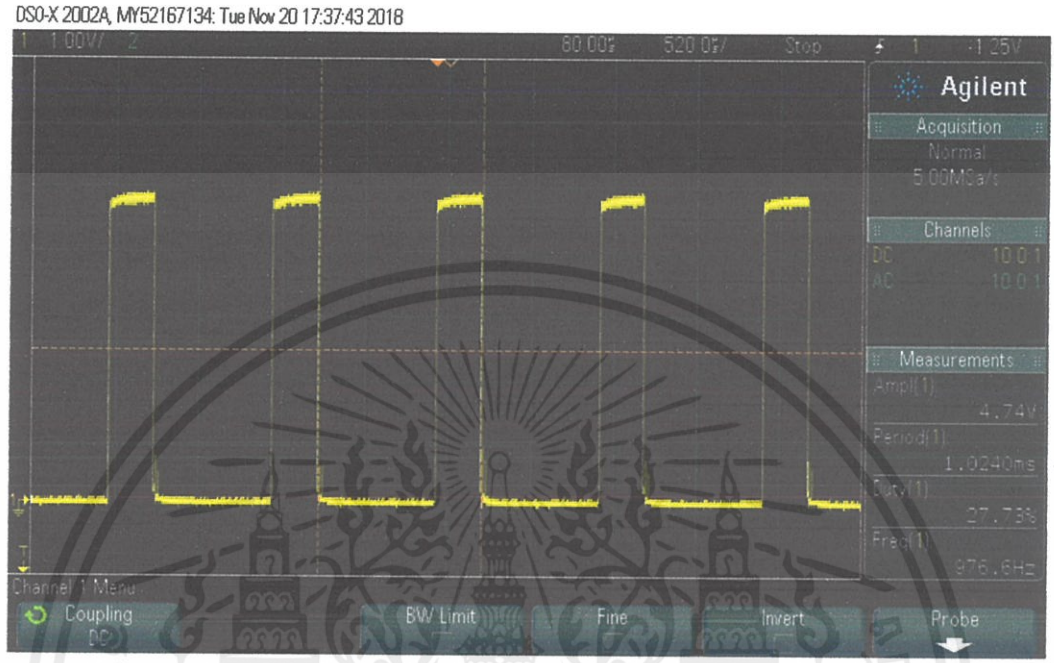
รูปที่ 4.3 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 21.48 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

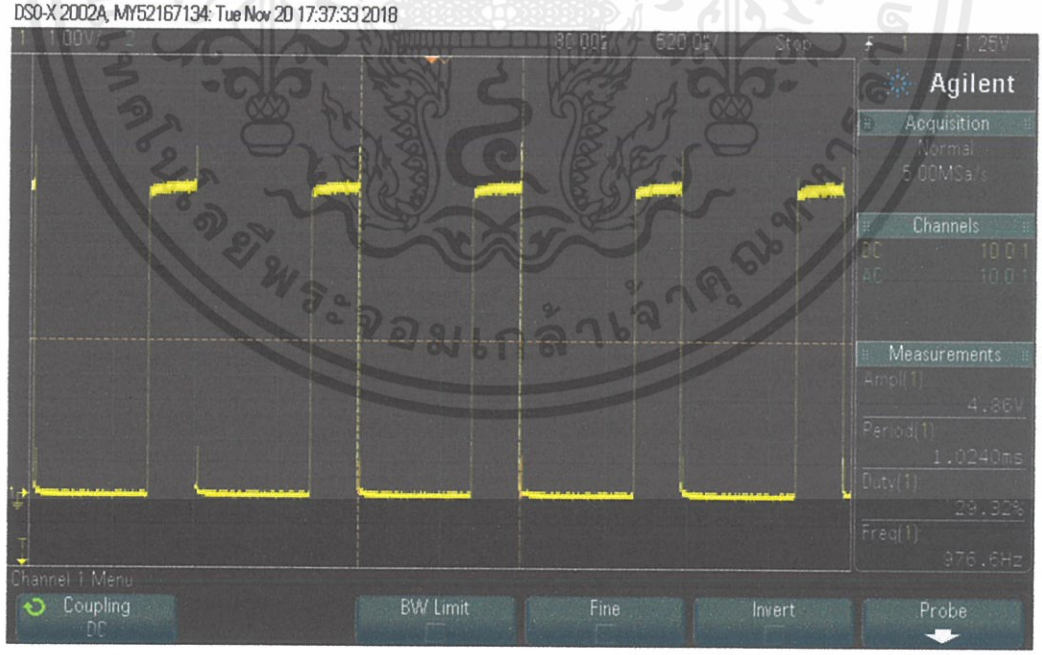
ที่ความเร็วปานกลาง

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 27.73 % หรือ คิดเป็น 0.2773 ms

- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 29.32 % หรือ คิดเป็น 0.2932 ms



รูปที่ 4.4 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 27.73 %



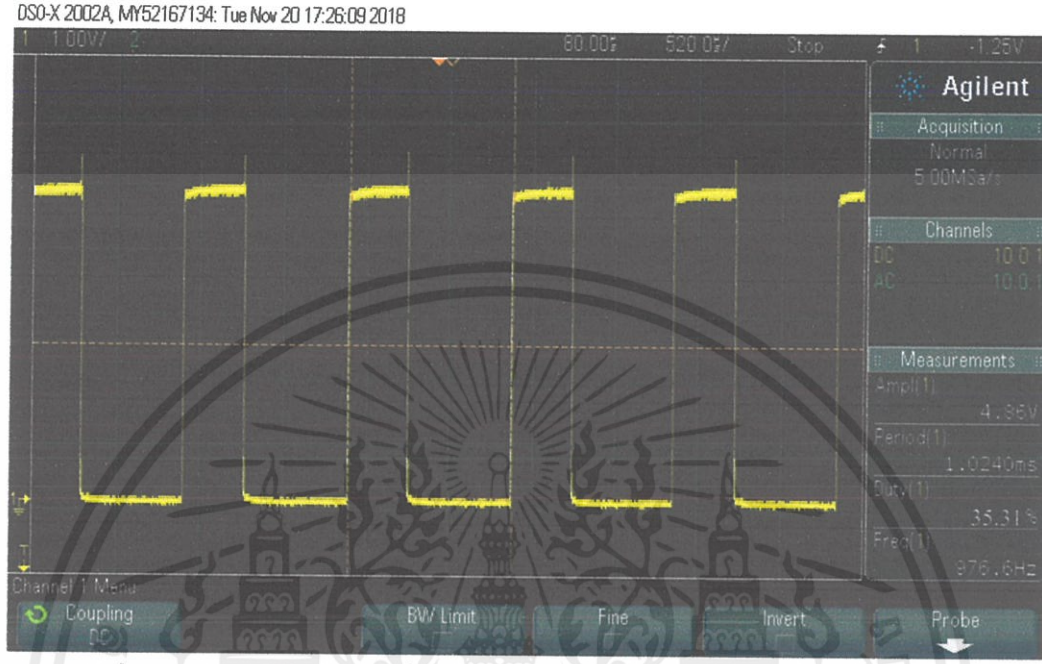
รูปที่ 4.5 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 29.32 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

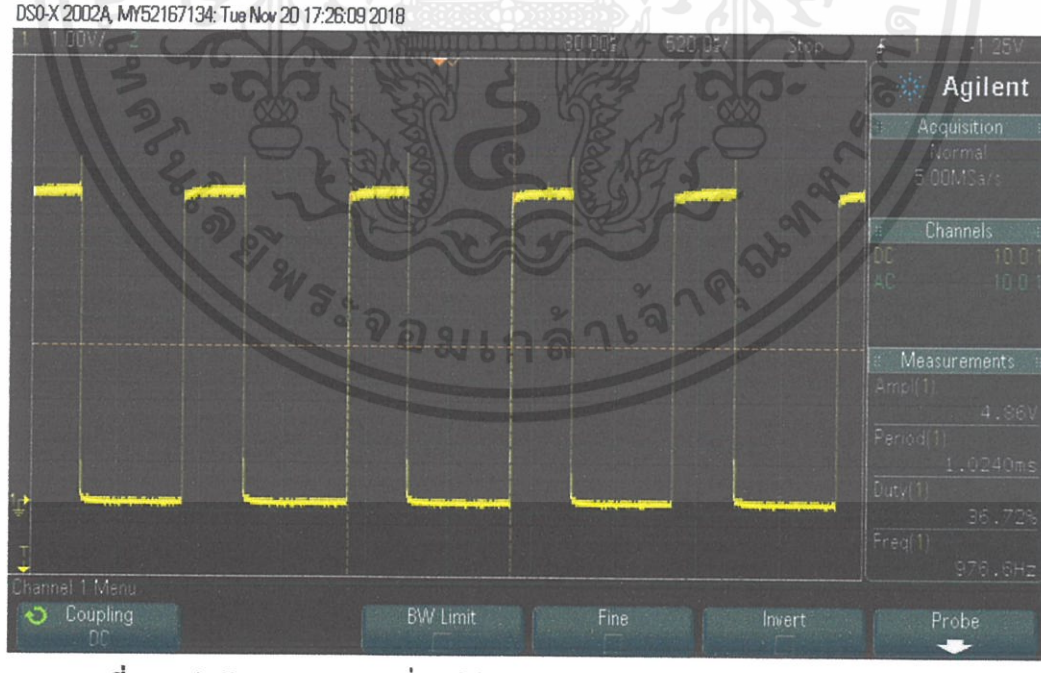
ที่ความเร็วสูงสุด

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 35.31 % หรือ คิดเป็น 0.3531 ms

- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 36.72 % หรือ คิดเป็น 0.3672 ms



รูปที่ 4.6 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านซ้าย มี Duty cycle = 35.31 %



รูปที่ 4.7 ค่าสัญญาณ PWM ที่จ่ายให้มอเตอร์ด้านขวา มี Duty cycle = 36.72 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

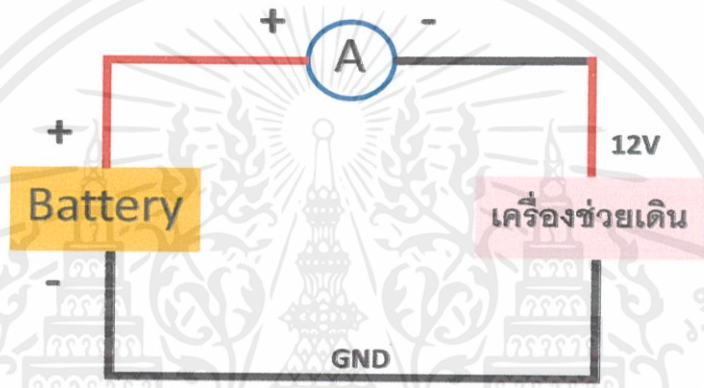
4.2 การวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้

4.2.1 วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเพื่อวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ดัง **รูปที่4.8**

2. วัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ ณ ความเร็วต่ำสุด ความเร็วปานกลาง และความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ทั้ง 2 ด้าน ที่โหลดภาระ 0 (no load), 1.5, 3, และ4.5 kg. ตามลำดับ

3. ทำการบันทึกกระแส ณ ความเร็วค่าต่างๆ ที่โหลดภาระ 0 (no load), 1.5, 3, และ 4.5 kg. ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 วงจรเพื่อวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

ที่ความเร็วต่ำสุด

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 19.92 % หรือ คิดเป็น 0.1992 ms
- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 21.48 % หรือ คิดเป็น 0.2148 ms

ตารางที่ 4.1 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วต่ำสุด

Load (kg.)	Current (A)	เวลาในการเคลื่อนที่ (sec)/60cm.	อัตราเร็วจากการวัด (m/s)
0	1.48	9	0.07
1.5	1.65	12	0.05
3	1.70	20	0.03
4.5	1.72	20	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเร็วปานกลาง

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 27.73 % หรือ คิดเป็น 0.2773 ms
- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 29.32 % หรือ คิดเป็น 0.2932 ms

ตารางที่ 4.2 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วปานกลาง

Load (kg.)	Current (A)	เวลาในการเคลื่อนที่ (sec)/60cm.	อัตราเร็วจากการวัด (m/s)
0	1.70	5	0.12
1.5	2.62	6.5	0.09
3	2.68	7.2	0.08
4.5	2.80	8.5	0.07

ที่ความเร็วสูงสุด

- มอเตอร์ด้านซ้ายมี Duty cycle = 35.31 % หรือ คิดเป็น 0.3531 ms
- มอเตอร์ด้านขวามี Duty cycle = 36.72 % หรือ คิดเป็น 0.3672 ms

ตารางที่ 4.3 กระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตัว ใช้ ณ ความเร็วสูงสุด

Load (kg.)	Current (A)	เวลาในการเคลื่อนที่ (sec)/60cm.	อัตราเร็วจากการวัด (m/s)
0	1.80	3.3	0.18
1.5	2.66	4	0.15
3	2.90	4.3	0.14
4.5	3.38	5	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

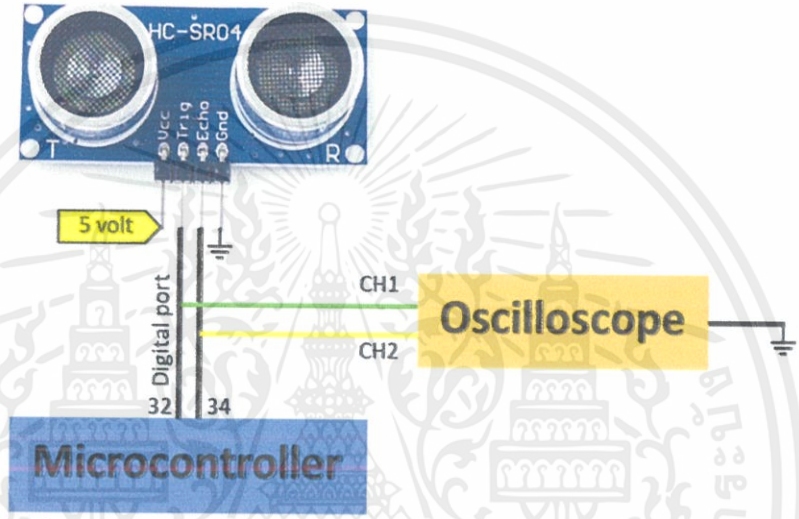
4.3 การทดสอบสัญญาณรับ-ส่ง ของเซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04)

4.3.1 วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04) ดัง **รูปที่4.9**

2. วัดสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ที่ระยะห่าง 10 20 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. ทำการบันทึกค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่างค่าต่างๆ



รูปที่ 4.9 วงจรวัดสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04)

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถนำความกว้างของ Pulse width มาคำนวณหาระยะห่างได้ จาก

$$\text{ระยะห่าง} = (\text{ระยะเวลา} \times \text{อัตราเร็วสียง}) / 2 \quad \text{m} \qquad (4.1)$$

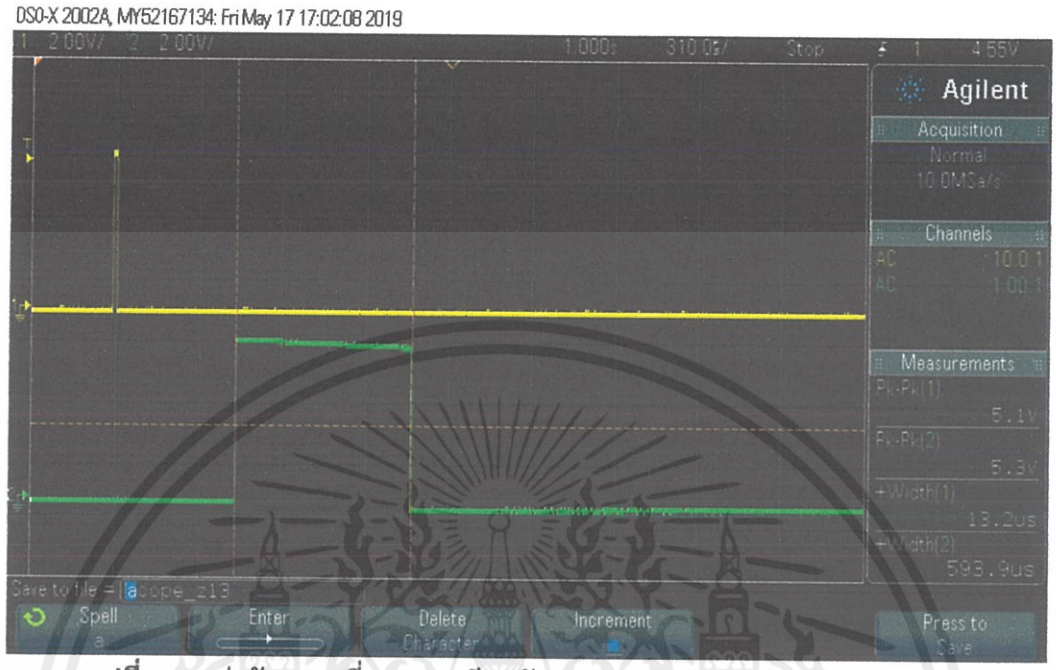
ซึ่ง อัตราเร็วเสียง = $331+(0.606 \times \text{อุณหภูมิหน่วยองศาเซลเซียส})$ m/s (4.2)

อุณหภูมิของประเทศไทย 27 องศาเซลเซียส

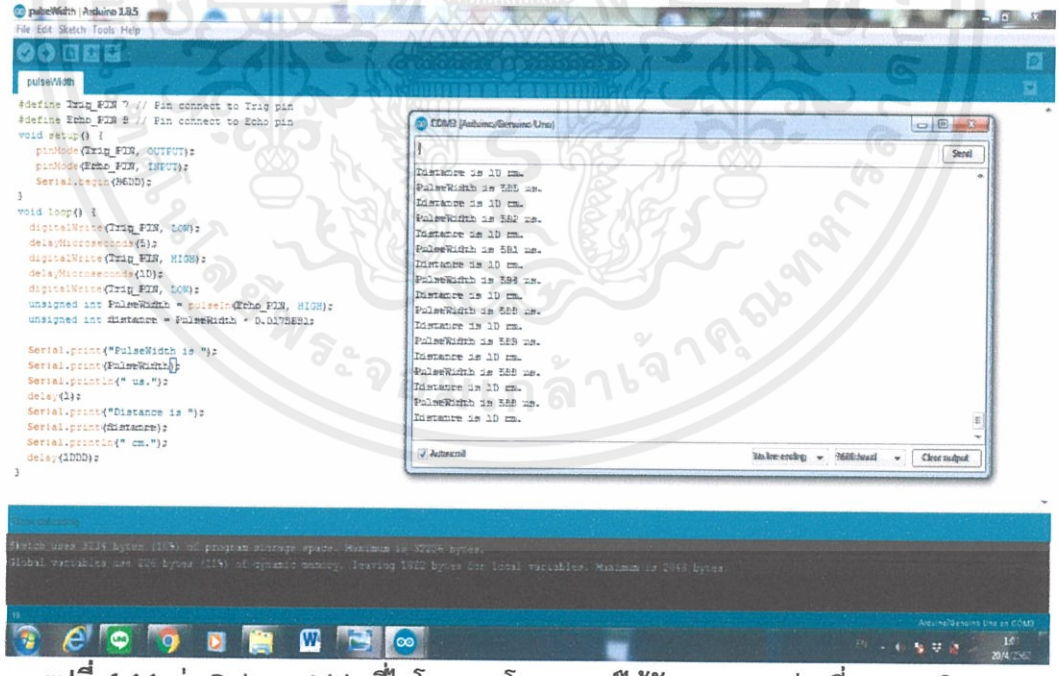
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร

- Pulse width 593.9 us ซึ่งคิดเป็นระยะห่างประมาณ 10.315 เซนติเมตร



รูปที่ 4.10 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร

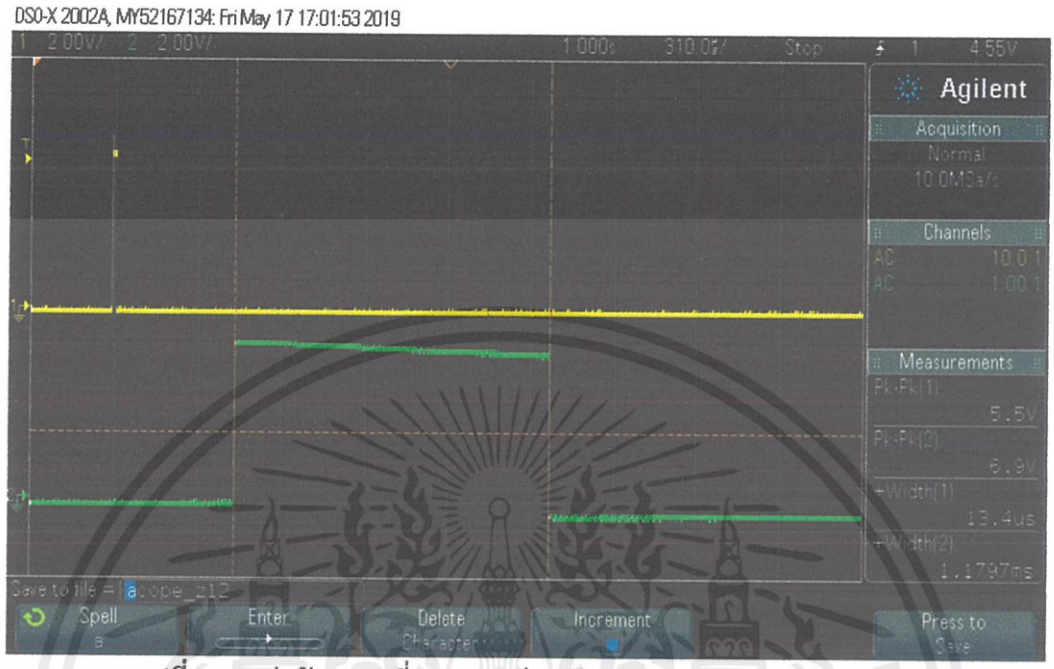


รูปที่ 4.11 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร

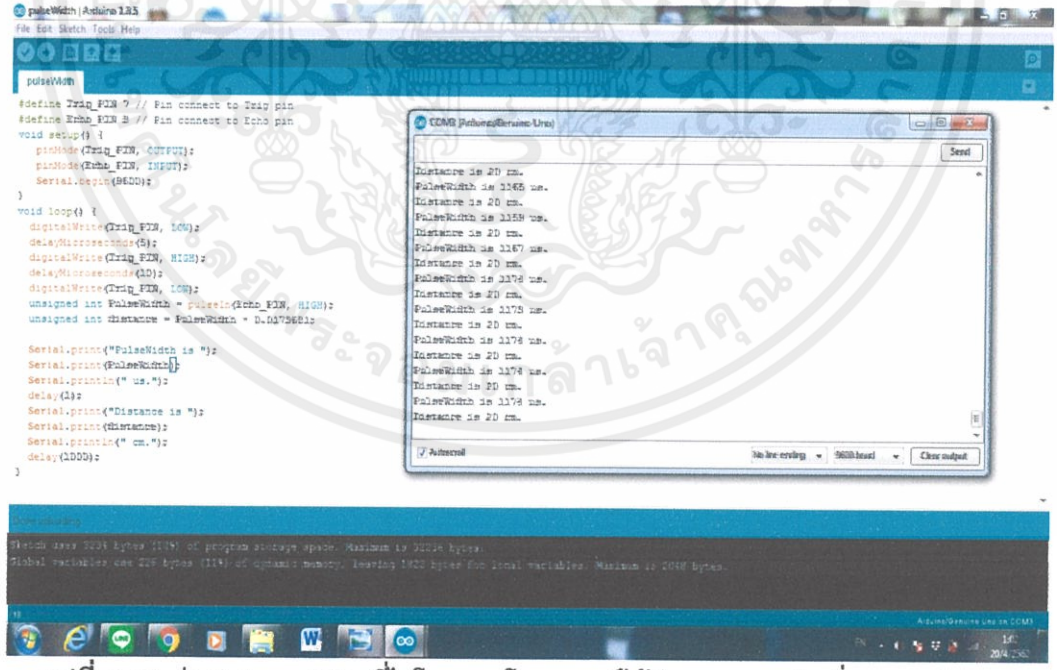
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร

- Pulse width 1.1797 ms ซึ่งคิดเป็นระยะห่างประมาณ 20.489 เซนติเมตร



รูปที่ 4.12 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 20 เซนติเมตร

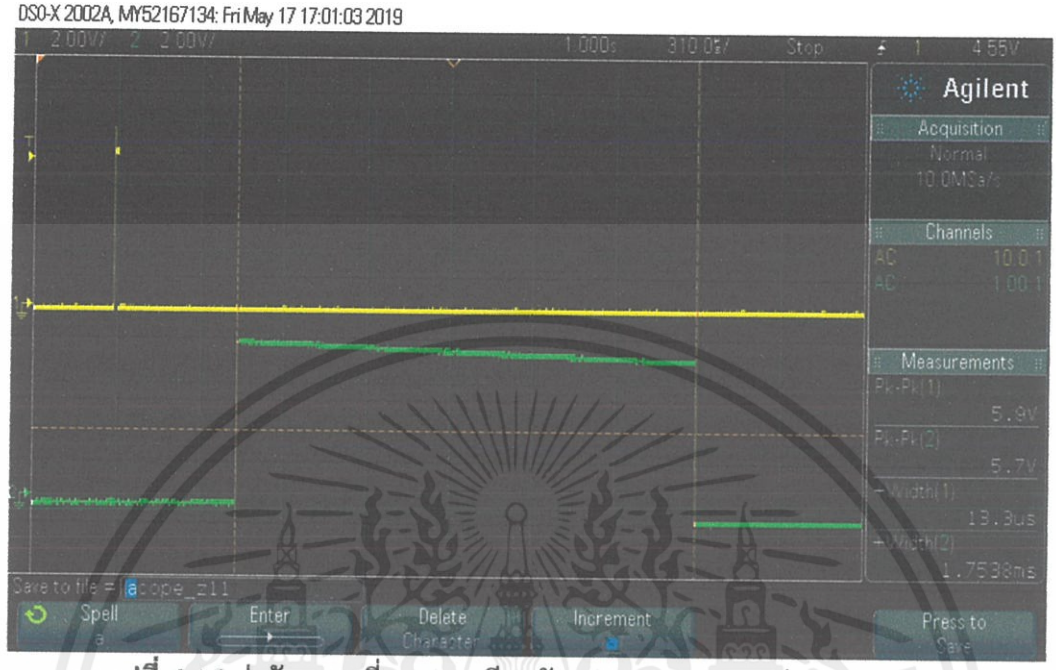


รูปที่ 4.13 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 20 เซนติเมตร

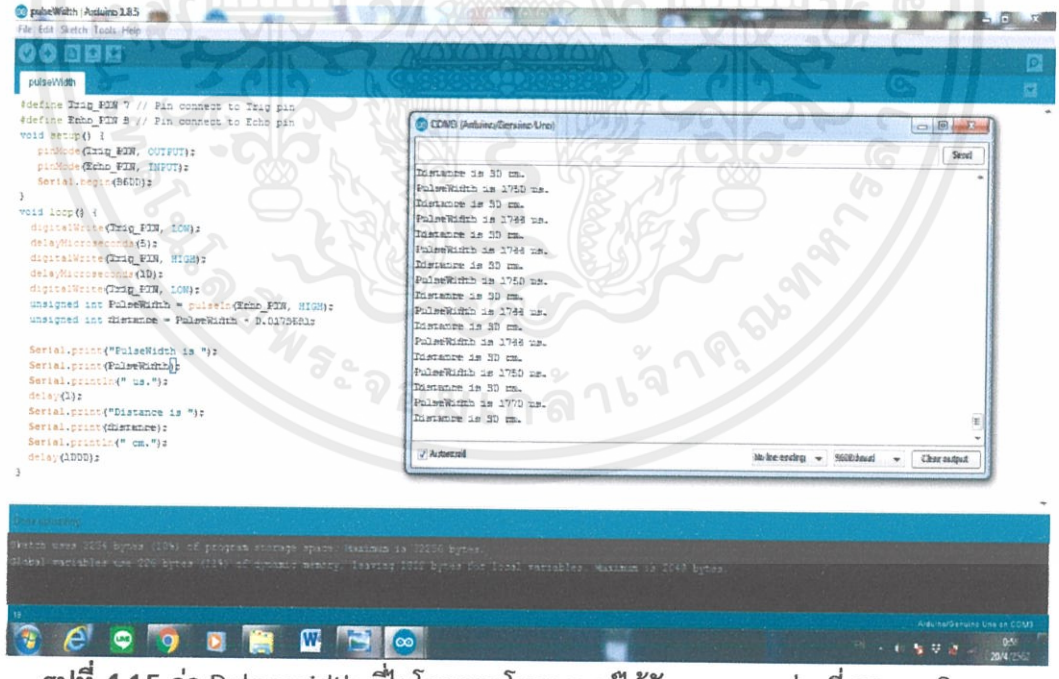
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร

- Pulse width 1.7538 ms ซึ่งคิดเป็นระยะห่างประมาณ 30.460 เซนติเมตร



รูปที่ 4.14 ค่าสัญญาณที่ขา Trig เทียบกับขา Echo ณ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร



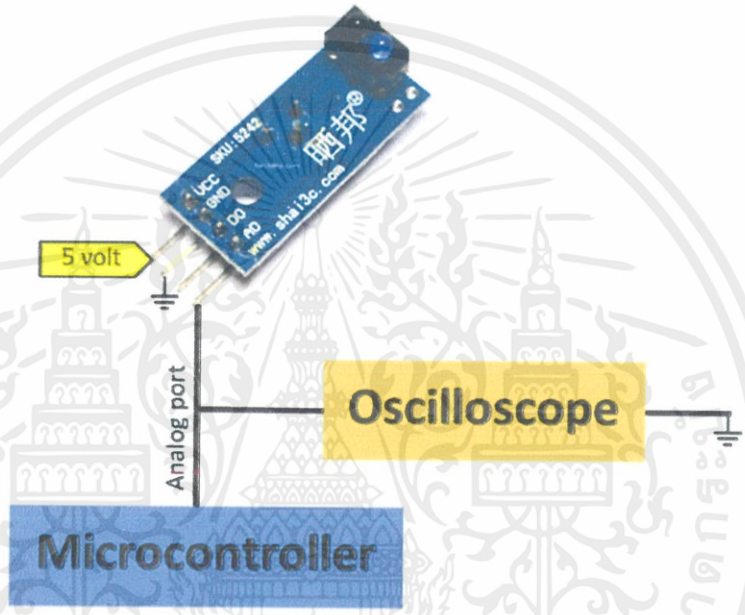
รูปที่ 4.15 ค่า Pulse width ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับ ณ ระยะห่างที่ 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000)

4.4.1 วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเพื่อทดสอบการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) ดัง **รูปที่ 4.16**
2. วัดแรงดันที่ได้จากการสะท้อนแสงจากเส้นสีดำ และเส้นสีขาว
3. บันทึกผลการทดลอง

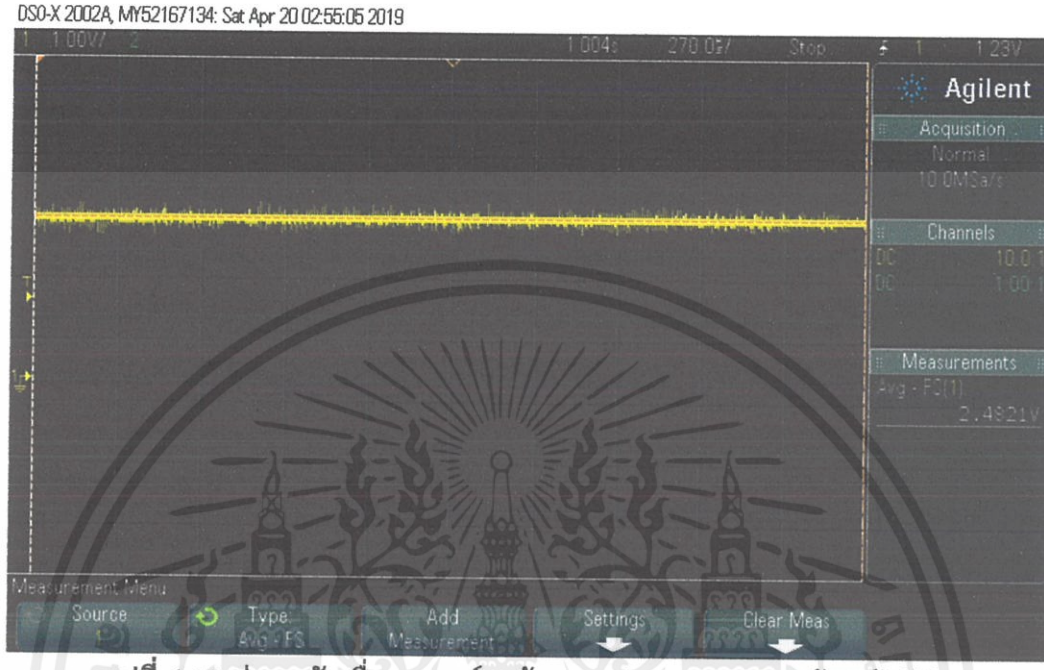


รูปที่ 4.16 วงจรเพื่อทดสอบการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

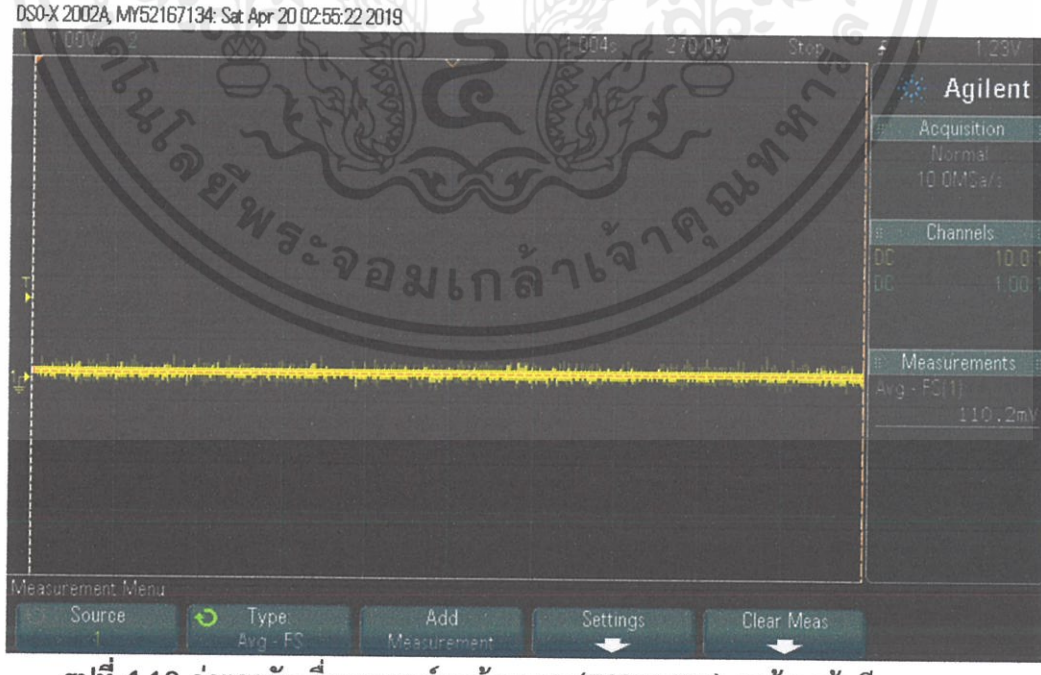
4.4.2 ผลการทดลอง

เส้นสีดำ แรงดันจากการสะท้อนแสง 2.4821 V



รูปที่ 4.17 ค่าแรงดันเมื่อเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) สะท้อนเส้นสีดำ

เส้นสีขาว แรงดันจากการสะท้อนแสง 110.2 mV



รูปที่ 4.18 ค่าแรงดันเมื่อเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) สะท้อนเส้นสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยเดิน พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ทั้งในขณะที่ไม่มีภาระ และมีภาระค่าต่างๆ คือ สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องให้เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ โดยการกดปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ค้างไว้ ในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ และจะหยุดการเคลื่อนที่ก็ต่อเมื่อปล่อยการกดปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่นั้น

จากการทดลองเพื่อวัดกระแสที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ ณ ค่าความเร็วค่าต่างๆ ที่โหลดภาระ 0 (no load), 1.5, 3, และ4.5 kg. ตามลำดับ พบว่าที่ค่าความเร็วค่าต่ำสุด มอเตอร์ทำงานได้ไม่เสถียรมากนัก เมื่อมีโหลดภาระมากขึ้นกระแสในการขับมอเตอร์ก็มากขึ้นเช่นกัน และเมื่อเพิ่มค่าความเร็วมากขึ้นที่ระดับปานกลาง และค่าสูงสุด มอเตอร์สามารถทำงานได้เสถียรมากขึ้น กระแสในการขับมอเตอร์เพิ่มขึ้นสูงกว่า 1A มีความสามารถในการขับเคลื่อนมากขึ้นเมื่อมีโหลดภาระมากขึ้น

จึงสามารถสรุปได้ว่าความช้า-เร็วของเครื่องช่วยเดินขึ้นกับค่าสัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้ และกระแสที่ใช้ขับมอเตอร์ ผู้ใช้สามารถปรับระดับของความเร็วของเครื่องช่วยเดิน ซึ่งเท่ากับเป็นการปรับค่าสัญญาณ PWM ให้กับมอเตอร์ โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้ มีความถี่ 980 Hz นั่นคือมีคาบเวลาเท่ากับ 1.0 ms ซึ่งป้อนเป็นสัญญาณ PWM ที่มี Duty cycle แตกต่างกันไป ดังนี้ Duty cycle ที่ 19.92%-35.31% ของมอเตอร์ด้านซ้าย และ Duty cycle ที่ 21.48%-36.72% ของมอเตอร์ด้านขวา เพื่อให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้นที่โหลดภาระซึ่งเทียบเท่าแรงกดของผู้ใช้ที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งเครื่องช่วยเดินนี้ได้มีการติดตั้งแบตเตอร์รี่ในตัว ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยไม่ต้องเสียบปลั๊กให้ยากลำบากนั่นเอง

จากการทดลองเพื่อวัดสัญญาณรับ-ส่งของเซนเซอร์อัลตราโซนิค (HC-SR04) พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับสิ่งกรีดขวางด้านหน้าเพิ่มขึ้น Pulse width จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อนำค่า Pulse width มาคำนวณดังสมการ4.1 เพื่อหาระยะห่างจากการคำนวณ พบว่าระยะห่างที่ได้ตรงกับระยะห่างที่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากการทดลองการสะท้อนแสงของเซนเซอร์สะท้อนแสง (TCRT5000) พบว่าเมื่อสะท้อนจากเส้นสีดำสามารถแปลงเป็นแรงดันได้ 2.482 V และเมื่อสะท้อนจากเส้นสีขาวสามารถแปลงเป็นแรงดันได้ 110.2 mV

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการทดลองพบปัญหาคือ

- การจัดวางอุปกรณ์ในบอร์ด ของวงจรต่างๆไม่เหมาะสมทำให้ต้องทำบอร์ดใหม่
- การวางแผนในการซื้ออุปกรณ์ไม่รอบครอบ ส่งผลให้ซื้ออุปกรณ์ผิด ไม่ครบ ต้องกลับไปซื้อใหม่หลายรอบ
- อุปกรณ์ที่ซื้อมามีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน
- การต่อสายไฟที่ไม่ดี ส่งผลให้วงจรเกิดความเสียหาย

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ควรออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ให้เหมาะสม
- ควรเลือกอุปกรณ์ในการทำโครงงานให้เหมาะสม
- วางแผนการซื้ออุปกรณ์ให้รอบครอบ
- มีการเตรียมพร้อมสำหรับการแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จำนวนประชากร [ออนไลน์]. 1 กันยายน 2561. เข้าถึงได้จาก : https://www.thairath.co.th/content/1253407

เซนเซอร์อัลตราโซนิค [ออนไลน์]. 1 กุมภาพันธ์ 2562. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/ wiki/word/4348/ultrasonic-sensor-เซนเซอร์ชนิดใช้เสียง-หรือเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิค

เดชฤธิ์ มณีธรรม. 2560. **คัมภีร์การใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์ Arduino.** กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชัน,บมจ.

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [ออนไลน์]. 13 ตุลาคม 2561. เข้าถึงได้จาก : http://www.cr-engineer.com/images/pulldown_1304840984/DC%20electric%20motors.pdf

สุเมธ มามาตย์. 2559. **Embedded Microcontroller ไมโครคอนโทลเลอร์ล่องหน.** พิมพ์ครั้งที่2 ปทุมธานี : สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต.

Analog Read [ออนไลน์]. 13 ตุลาคม 2561. เข้าถึงได้จาก : https://www.gravitechthai.com/guru2.php?p=226

Arduino [ออนไลน์]. 13 ตุลาคม 2561. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html

LM7805 [ออนไลน์]. 23 ตุลาคม 2561. เข้าถึงได้จาก : http://hades.mech.northwestern.edu/images/6/6c/LM7805.pdf

TIP142 [ออนไลน์]. 23 ตุลาคม 2561. เข้าถึงได้จาก : https://www.onsemi.com/pub/Collateral/TIP140-D.PDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำหรับทำเครื่องช่วยเดิน

อุปกรณ์สำหรับบอร์ดวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง สำหรับมอเตอร์ 1 ตัว

- TIP142	2
- TIP147	2
- BC547	2
- 2n3904	2
- Resistor 20 kOhm $\frac{1}{4}$ W	6
- Resistor 10 kOhm $\frac{1}{4}$ W	2
- Resistor 220 Ohm $\frac{1}{4}$ W	4
- Resistor 120 Ohm $\frac{1}{4}$ W	2
- Diode SR540	4
- PIN Header	
- Heat sink	

อุปกรณ์สำหรับแปลงไฟ 12V เป็น 5V

- LM7805	1
- Capacitor 100 u	2
- Diode 1N4002	1

อุปกรณ์สำหรับต่อกับสวิทช์ 1 ตัว

- Resistor 10 kOhm $\frac{1}{4}$ W	1
- Capacitor 100 n	1
Microcontroller (Arduino mega2560)	1
Ultrasonic sensor (HC-SR04)	1
IR Reflective sensor (TCRT5000)	1
Walker	1
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (มอเตอร์กระจกไฟฟ้า)	2
ล้อโรลเลอร์เบลด	2
ลำโพงขนาดเล็ก 12V	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กลู่วิ่ง	1
กล่องสำหรับใส่บอร์ด	1
แบตเตอร์รี่ 12V 9A	1
Switch on-off	2
Switch กดติด ปล่อยดับ	4
R ปรับค่าได้ 10 k	1
สายไฟขนาดต่างๆ	
ท่อหด	
หางปลาสวม	

คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม

```
#define Trig_PIN 32
#define Echo_PIN 34
int pwm_out_left1 = 2;
int pwm_out_left2 = 3;
int digi_out_left1 = 22;
int digi_out_left2 = 24;

int pwm_out_right1 = 7;
int pwm_out_right2 = 8;
int digi_out_right1 = 26;
int digi_out_right2 = 28;

int pwm_left1;
int pwm_left2;
int pwm_right1;
int pwm_right2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int Ana1;
int Ana2;
int Ana3;
int Ana4;

int TagLL = 0;
int TagRR = 0;
int Ana7;
int Ana8;
int val = 0;

void setup() {
        pinMode(pwm_out_left1, OUTPUT);
        pinMode(pwm_out_left2, OUTPUT);
        pinMode(digi_out_left1, OUTPUT);
        pinMode(digi_out_left2, OUTPUT);
        pinMode(pwm_out_right1, OUTPUT);
        pinMode(pwm_out_right2, OUTPUT);
        pinMode(digi_out_right1, OUTPUT);
        pinMode(digi_out_right2, OUTPUT);
        pinMode(30, OUTPUT);
        pinMode(Trig_PIN, OUTPUT);
        pinMode(Echo_PIN, INPUT);
        Serial.begin(9600);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void loop() {
        val = analogRead(A0);
        Serial.print("val = ");
        Serial.println(val);
        Serial.println(" - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -");
        pwm_left1 = map(val, 0, 1023, 100, 240);
        pwm_right1 = pwm_left1 + 2;
        Serial.print("pwm_left1 ");
        Serial.println(pwm_left1);
        Serial.println(" - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -");
        Serial.print("pwm_right1 ");
        Serial.println(pwm_right1);
        Serial.println(" - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -");
        Ana1 = analogRead(A1);
        Ana2 = analogRead(A2);
        Ana3 = analogRead(A3);
        Ana4 = analogRead(A4);
        TagLL = analogRead(A5);
        TagRR = analogRead(A6);
        Ana7 = analogRead(A7);
        Ana8 = analogRead(A8);
        Ana9 = analogRead(A9);
        digitalWrite(Trig_PIN, LOW);
        delayMicroseconds(5);
        digitalWrite(Trig_PIN, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(Trig_PIN, LOW);
unsigned int PulseWidth = pulseIn(Echo_PIN, HIGH);
unsigned int distance = PulseWidth * 0.0173681;
Serial.print("Distance is ");
Serial.print(distance);
Serial.println(" cm.");
if ( (Ana8>900)&&(Ana8<=1023) ) {
    if ( (Ana7>900)&&(Ana7<=1023) ) {
    digitalWrite(30, LOW);
        if (distance>=20) {
        digitalWrite(30, LOW);
        if ( ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500)) &&
((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) && ((Ana4>=0)&&(Ana4<500)) ) {
        analogWrite(pwm_out_left1,0);
        analogWrite(pwm_out_left2,0);
        analogWrite(pwm_out_right1,0);
        analogWrite(pwm_out_right2,0);
        digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
        digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
        digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
        digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
        }
        if ( ((Ana1>900)&&(Ana1<=1023)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&& ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) && ((Ana4>=0)&&(Ana4<500)) ) {
        analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1);
        analogWrite(pwm_out_left2,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1);
                analogWrite(pwm_out_right2,0);
                digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                }
                if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>900)&&(Ana2<=1023))
&&  ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
                analogWrite(pwm_out_left1,0);
                analogWrite(pwm_out_left2,pwm_left1);
                analogWrite(pwm_out_right1,0);
                analogWrite(pwm_out_right2,pwm_right1);
                digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_left2, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right2, HIGH);
                }
                if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&&  ((Ana3>900)&&(Ana3<=1023)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
                analogWrite(pwm_out_left1,0);
                analogWrite(pwm_out_left2,0);
                analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1 + 3);
                analogWrite(pwm_out_right2,0);
                digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&&  ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>900)&&(Ana4<=1023))  ) {
analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1 + 5);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
}
if (distance<20) {
digitalWrite(30, HIGH);
if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))  &&
((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                }
                if (  ((Ana1>900)&&(Ana1<=1023)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&&  ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
                analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1);
                analogWrite(pwm_out_left2,0);
                analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1);
                analogWrite(pwm_out_right2,0);
                digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                }
                if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>900)&&(Ana2<=1023))
&&  ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
                analogWrite(pwm_out_left1,0);
                analogWrite(pwm_out_left2,pwm_left1);
                analogWrite(pwm_out_right1,0);
                analogWrite(pwm_out_right2,pwm_right1);
                digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_left2, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right2, HIGH);
                }
                if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&&  ((Ana3>900)&&(Ana3<=1023)) &&  ((Ana4>=0)&&(Ana4<500))  ) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    analogWrite(pwm_out_left1,0);
                    analogWrite(pwm_out_left2,0);
                    analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1);
                    analogWrite(pwm_out_right2,0);
                    digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
                    digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
                    digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
                    digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                    }
                    if (  ((Ana1>=0)&&(Ana1<500)) && ((Ana2>=0)&&(Ana2<500))
&&  ((Ana3>=0)&&(Ana3<500)) &&  ((Ana4>900)&&(Ana4<=1023))  ) {
                    analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1);
                    analogWrite(pwm_out_left2,0);
                    analogWrite(pwm_out_right1,0);
                    analogWrite(pwm_out_right2,0);
                    digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
                    digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
                    digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
                    digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                    }
                    }
          }
          if ( (Ana7>=0) && (Ana7<500 ) ) {
          digitalWrite(30, HIGH);
          analogWrite(pwm_out_left1,0);
          analogWrite(pwm_out_left2,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        analogWrite(pwm_out_right1,0);
        analogWrite(pwm_out_right2,0);
        digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
        digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
        digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
        digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
        }
}
if ( (Ana8>=0) && (Ana8<500 )) {
        if ( (Ana7>900)&&(Ana7<=1023) ) {
        digitalWrite(30, LOW);
            if (distance>=20) {
            digitalWrite(30, LOW);
            if (((TagLL>=0)&&(TagLL<100))&&((TagRR>=0)&&(TagRR<100))) {
            analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1);
            analogWrite(pwm_out_left2,0);
            analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1);
            analogWrite(pwm_out_right2,0);
            digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
            digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
            digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
            digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
            }
            if (((TagLL>100)&&(TagLL<=700))&&((TagRR>=0)&&(TagRR<100))) {
            analogWrite(pwm_out_left1,0);
            analogWrite(pwm_out_left2,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
delay(100);
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1 + 5 );
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
if (((TagLL>=0)&&(TagLL<100))&&((TagRR>100)&&(TagRR<=700))) {
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
delay(100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1 + 10);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
}
if (distance<20) {
digitalWrite(30, HIGH);
delay(100);
if (((TagLL>=0)&&(TagLL<100))&&((TagRR>=0)&&(TagRR<100))) {
analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
if (((TagLL>100)&&(TagLL<=700))&&((TagRR>=0)&&(TagRR<100))) {
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
delay(100);
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,pwm_right1 + 5 );
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, HIGH);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
}
if (((TagLL>=0)&&(TagLL<100))&&((TagRR>100)&&(TagRR<=700))) {
analogWrite(pwm_out_left1,0);
analogWrite(pwm_out_left2,0);
analogWrite(pwm_out_right1,0);
analogWrite(pwm_out_right2,0);
digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
delay(100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                analogWrite(pwm_out_left1,pwm_left1 + 10);
                analogWrite(pwm_out_left2,0);
                 analogWrite(pwm_out_right1,0);
                analogWrite(pwm_out_right2,0);
                digitalWrite(digi_out_left1, HIGH);
                digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
                digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
                }
                }
            }
            if ( (Ana7>=0) && (Ana7<500 ) ) {
            digitalWrite(30, HIGH);
            analogWrite(pwm_out_left1,0);
            analogWrite(pwm_out_left2,0);
            analogWrite(pwm_out_right1,0);
            analogWrite(pwm_out_right2,0);
            digitalWrite(digi_out_left1, LOW);
            digitalWrite(digi_out_left2, LOW);
            digitalWrite(digi_out_right1, LOW);
            digitalWrite(digi_out_right2, LOW);
            }
        }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general−purpose low−power applications.

Features

- Shipped in Plastic Bags, 1000 per bag
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Available in Fan−Fold Packaging, 3000 per box, by adding a "FF" suffix to the part number
- Pb−Free Packages are Available

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds, 1/16 in. from case
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

LEAD MOUNTED RECTIFIERS 50−1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION

CASE 59−10
AXIAL LEAD
PLASTIC

MARKING DIAGRAM

A = Assembly Location
1N400x = Device Number
x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7
YY = Year
WW = Work Week
▪ = Pb−Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 5 of this data sheet.

*For additional information on our Pb−Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
†Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
†Non−Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	V
†RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
†Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, T_A = 75°C)	I_O	1.0							A
†Non−Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	−65 to +175							°C

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.
†Indicates JEDEC Registered Data

THERMAL CHARACTERISTICS

Rating	Symbol	Max	Unit
Maximum Thermal Resistance, Junction−to−Ambient	$R_{\theta JA}$	Note 1	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS†

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, (i_F = 1.0 Amp, T_J = 25°C)	v_F	0.93	1.1	V
Maximum Full−Cycle Average Forward Voltage Drop, (I_O = 1.0 Amp, T_L = 75°C, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	−	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) (T_J = 25°C) (T_J = 100°C)	I_R	 0.05 1.0	 10 50	μA
Maximum Full−Cycle Average Reverse Current, (I_O = 1.0 Amp, T_L = 75°C, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	−	30	μA

†Indicates JEDEC Registered Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

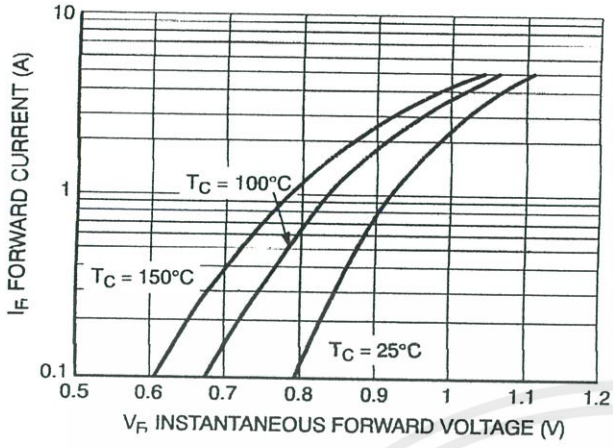


Figure 1. Typical Forward Voltage

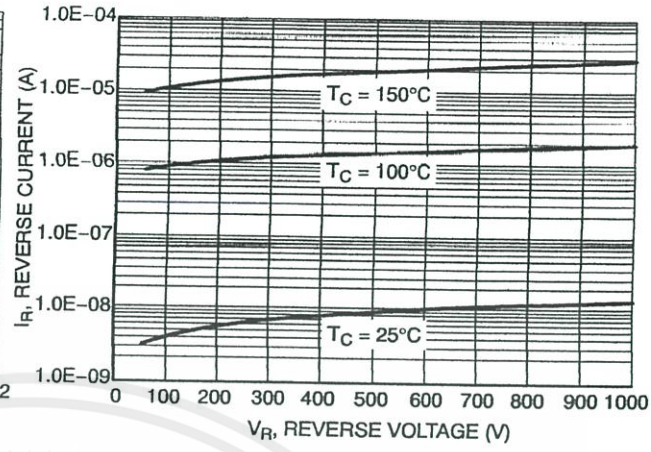


Figure 2. Typical Reverse Current

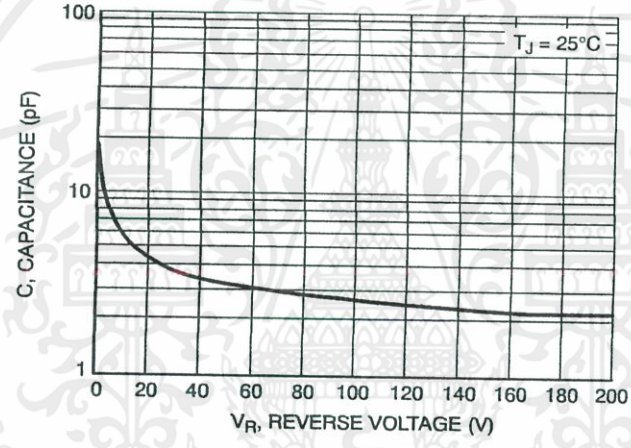


Figure 3. Typical Capacitance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

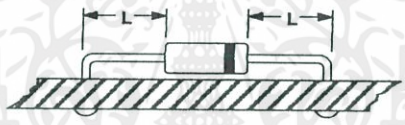
NOTE 1. – AMBIENT MOUNTING DATA

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

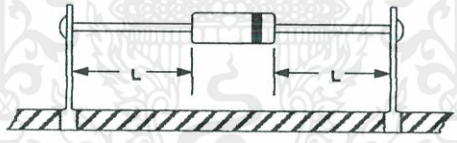
TYPICAL VALUES FOR $R_{\theta JA}$ IN STILL AIR

Mounting Method		Lead Length, L			Units
		1/8	1/4	1/2	
1	$R_{\theta JA}$	52	65	72	°C/W
2		67	80	87	°C/W
3		50			°C/W

MOUNTING METHOD 1

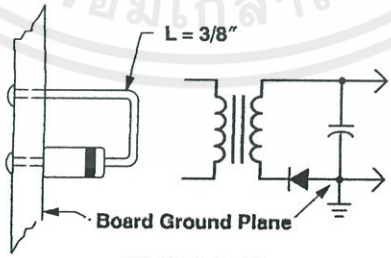


MOUNTING METHOD 2



Vector Pin Mounting

MOUNTING METHOD 3



P.C. Board with
1–1/2″ X 1–1/2″ Copper Surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N3903, 2N3904

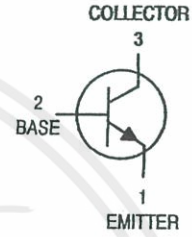
2N3903 is a Preferred Device

General Purpose Transistors

NPN Silicon

ON Semiconductor™

http://onsemi.com



STYLE 1

TO–92
CASE 29
STYLE 1

MAXIMUM RATINGS

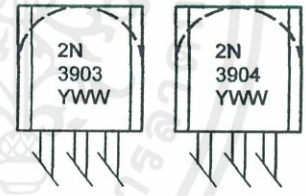
Rating	Symbol	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	40	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	60	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	200	mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1.)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

1. Indicates Data in addition to JEDEC Requirements.

MARKING DIAGRAMS



Y = Year
WW = Work Week

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
2N3903	TO–92	5000 Units/Box
2N3903RLRM	TO–92	2000/Ammo Pack
2N3904	TO–92	5000 Units/Box
2N3904RLRA	TO–92	2000/Tape & Reel
2N3904RLRE	TO–92	2000/Tape & Reel
2N3904RLRM	TO–92	2000/Ammo Pack
2N3904RLRP	TO–92	2000/Ammo Pack
2N3904RL1	TO–92	2000/Tape & Reel
2N3904ZL1	TO–92	2000/Ammo Pack

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

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector–Emitter Breakdown Voltage (Note 2.) (I_C = 1.0 mAdc, I_B = 0)		$V_{(BR)CEO}$	40	–	Vdc
Collector–Base Breakdown Voltage (I_C = 10 μAdc, I_E = 0)		$V_{(BR)CBO}$	60	–	Vdc
Emitter–Base Breakdown Voltage (I_E = 10 μAdc, I_C = 0)		$V_{(BR)EBO}$	6.0	–	Vdc
Base Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, V_{EB} = 3.0 Vdc)		I_{BL}	–	50	nAdc
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, V_{EB} = 3.0 Vdc)		I_{CEX}	–	50	nAdc
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain (Note 2.)		h_{FE}			–
(I_C = 0.1 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		20	–	
	2N3904		40	–	
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		35	–	
	2N3904		70	–	
(I_C = 10 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		50	150	
	2N3904		100	300	
(I_C = 50 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		30	–	
	2N3904		60	–	
(I_C = 100 mAdc, V_{CE} = 1.0 Vdc)	2N3903		15	–	
	2N3904		30	–	
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2.)		$V_{CE(sat)}$			Vdc
(I_C = 10 mAdc, I_B = 1.0 mAdc)			–	0.2	
(I_C = 50 mAdc, I_B = 5.0 mAdc			–	0.3	
Base–Emitter Saturation Voltage (Note 2.)		$V_{BE(sat)}$			Vdc
(I_C = 10 mAdc, I_B = 1.0 mAdc)			0.65	0.85	
(I_C = 50 mAdc, I_B = 5.0 mAdc)			–	0.95	
SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current–Gain – Bandwidth Product		f_T			MHz
(I_C = 10 mAdc, V_{CE} = 20 Vdc, f = 100 MHz)	2N3903		250	–	
	2N3904		300	–	
Output Capacitance (V_{CB} = 5.0 Vdc, I_E = 0, f = 1.0 MHz)		C_{obo}	–	4.0	pF
Input Capacitance (V_{EB} = 0.5 Vdc, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ibo}	–	8.0	pF
Input Impedance		h_{ie}			k Ω
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		1.0	8.0	
	2N3904		1.0	10	
Voltage Feedback Ratio		h_{re}			X 10^{-4}
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		0.1	5.0	
	2N3904		0.5	8.0	
Small–Signal Current Gain		h_{fe}			–
(I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)	2N3903		50	200	
	2N3904		100	400	
Output Admittance (I_C = 1.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 1.0 kHz)		h_{oe}	1.0	40	μmhos
Noise Figure		NF			dB
(I_C = 100 μAdc, V_{CE} = 5.0 Vdc, R_S = 1.0 k Ω, f = 1.0 kHz)	2N3903		–	6.0	
	2N3904		–	5.0	
SWITCHING CHARACTERISTICS					
Delay Time	(V_{CC} = 3.0 Vdc, V_{BE} = 0.5 Vdc,	t_d	–	35	ns
Rise Time	I_C = 10 mAdc, I_{B1} = 1.0 mAdc)	t_r	–	35	ns
Storage Time	(V_{CC} = 3.0 Vdc, I_C = 10 mAdc, 2N3903	t_s	–	175	ns
	I_{B1} = I_{B2} = 1.0 mAdc) 2N3904		–	200	
Fall Time		t_f	–	50	ns

2. Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs; Duty Cycle ≤ 2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C

Amplifier Transistors

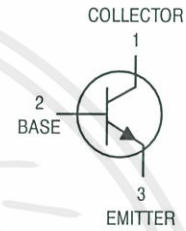
NPN Silicon

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

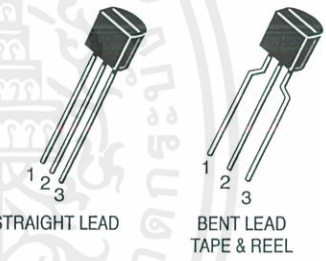
Features

- Pb–Free Packages are Available*



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector - Emitter Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CEO}	 65 45 30	Vdc
Collector - Base Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CBO}	 80 50 30	Vdc
Emitter - Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	100	mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–55 to +150	°C

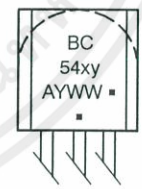


THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction–to–Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

MARKING DIAGRAM



x = 6, 7, or 8
y = A, B or C
A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
▪ = Pb–Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 5 of this data sheet.

*For additional information on our Pb–Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector – Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1.0 mA, I_B = 0)	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	–	–	V
	BC547		45	–	–	
	BC548		30	–	–	
Collector – Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μAdc)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	–	–	V
	BC547		50	–	–	
	BC548		30	–	–	
Emitter – Base Breakdown Voltage (I_E = 10 μA, I_C = 0)	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	–	–	V
	BC547		6.0	–	–	
	BC548		6.0	–	–	
Collector Cutoff Current		I_{CES}				
(V_{CE} = 70 V, V_{BE} = 0)	BC546		–	0.2	15	nA
(V_{CE} = 50 V, V_{BE} = 0)	BC547		–	0.2	15	
(V_{CE} = 35 V, V_{BE} = 0)	BC548		–	0.2	15	
(V_{CE} = 30 V, T_A = 125°C)	BC546/547/548		–	–	4.0	μA
ON CHARACTERISTICS						
DC Current Gain		h_{FE}				–
(I_C = 10 μA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A		–	90	–	
	BC546B/547B/548B		–	150	–	
	BC548C		–	270	–	
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC546		110	–	450	
	BC547		110	–	800	
	BC548		110	–	800	
	BC547A		110	180	220	
	BC546B/547B/548B		200	290	450	
	BC547C/BC548C		420	520	800	
(I_C = 100 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A/548A		–	120	–	
	BC546B/547B/548B		–	180	–	
	BC548C		–	300	–	
Collector – Emitter Saturation Voltage		$V_{CE(sat)}$				V
(I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA)			–	0.09	0.25	
(I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA)			–	0.2	0.6	
(I_C = 10 mA, I_B = See Note 1)			–	0.3	0.6	
Base – Emitter Saturation Voltage (I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA)		$V_{BE(sat)}$	–	0.7	–	V
Base – Emitter On Voltage		$V_{BE(on)}$				V
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)			0.55	–	0.7	
(I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V)			–	–	0.77	
SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS						
Current – Gain – Bandwidth Product (I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 100 MHz)	BC546	f_T	150	300	–	MHz
	BC547		150	300	–	
	BC548		150	300	–	
Output Capacitance (V_{CB} = 10 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{obo}	–	1.7	4.5	pF
Input Capacitance (V_{EB} = 0.5 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ibo}	–	10	–	pF
Small – Signal Current Gain		h_{fe}				–
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 1.0 kHz)	BC546		125	–	500	
	BC547/548		125	–	900	
	BC547A		125	220	260	
	BC546B/547B/548B		240	330	500	
	BC547C/548C		450	600	900	
Noise Figure (I_C = 0.2 mA, V_{CE} = 5.0 V, R_S = 2 kΩ, f = 1.0 kHz, Δf = 200 Hz)		NF				dB
	BC546		–	2.0	10	
	BC547		–	2.0	10	
	BC548		–	2.0	10	

1. I_B is value for which I_C = 11 mA at V_{CE} = 1.0 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC547/BC548

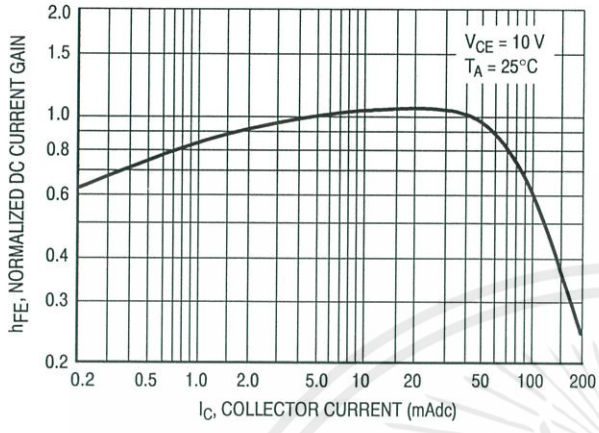


Figure 1. Normalized DC Current Gain

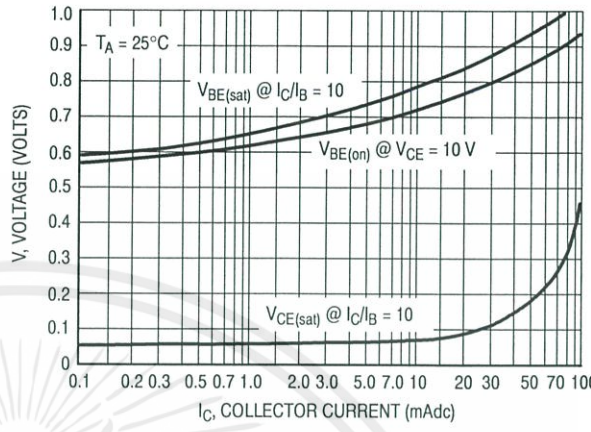


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

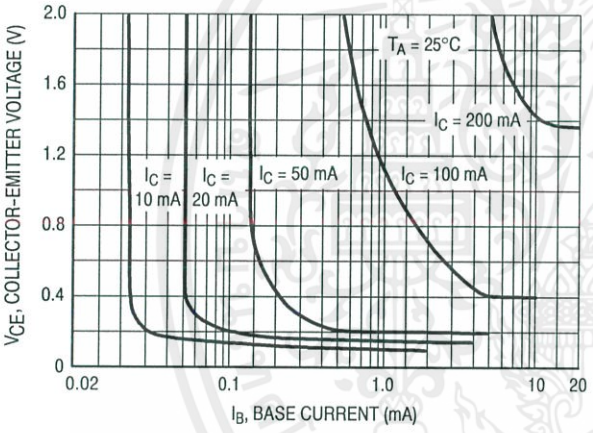


Figure 3. Collector Saturation Region

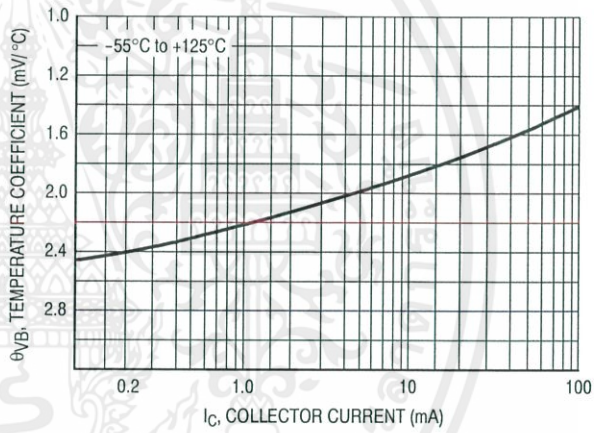


Figure 4. Base–Emitter Temperature Coefficient

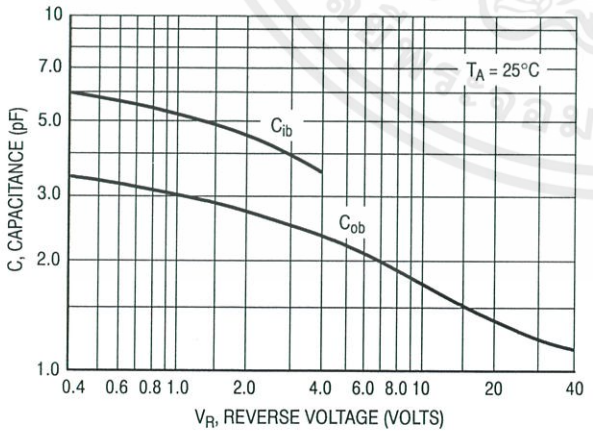


Figure 5. Capacitances

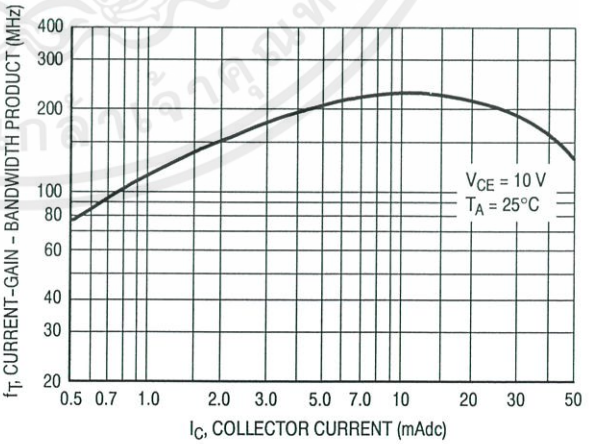


Figure 6. Current–Gain – Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546

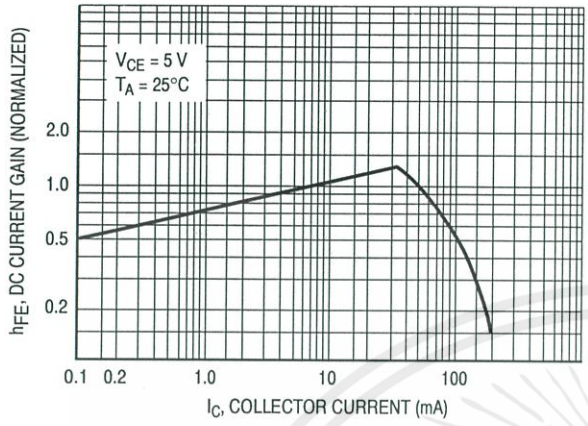


Figure 7. DC Current Gain

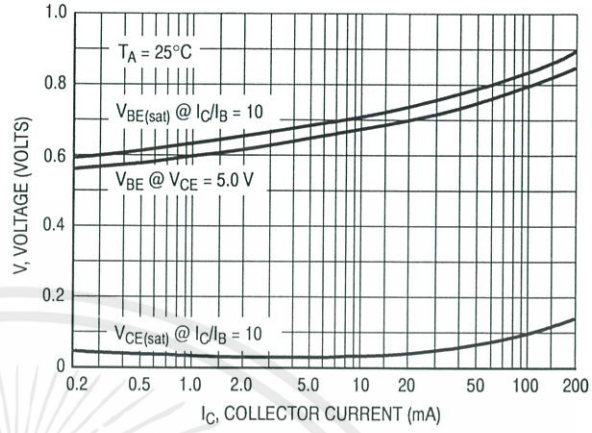


Figure 8. "On" Voltage

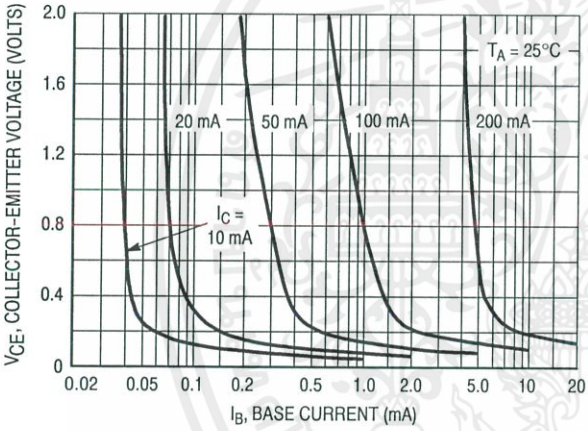


Figure 9. Collector Saturation Region

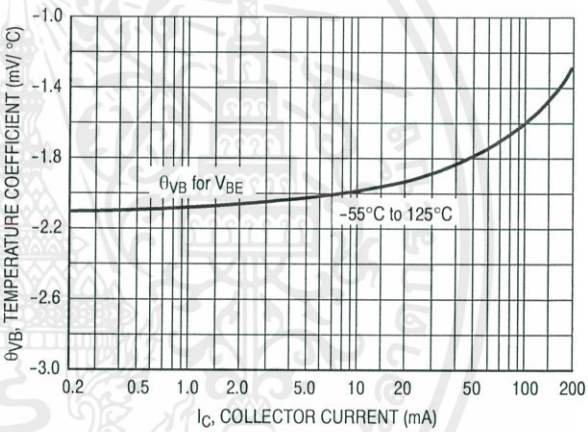


Figure 10. Base–Emitter Temperature Coefficient

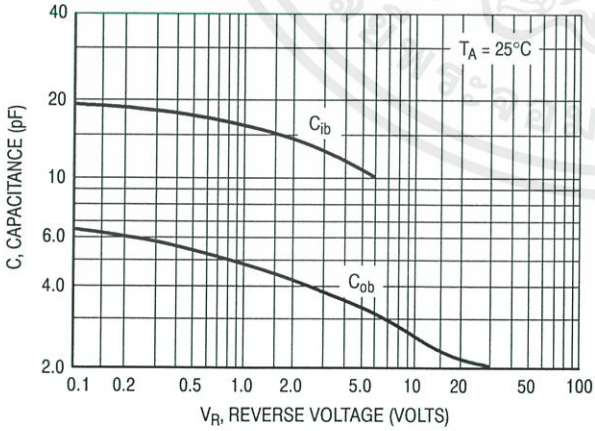


Figure 11. Capacitance

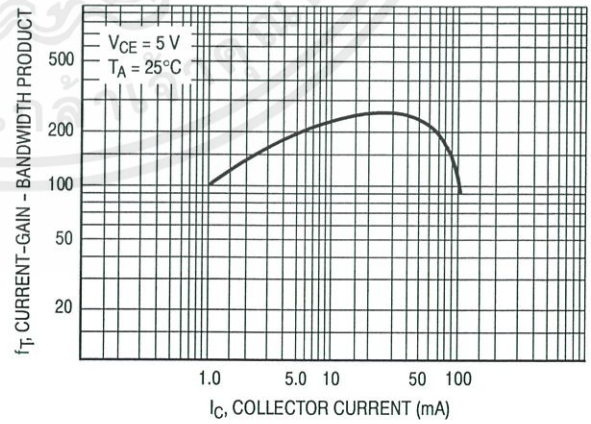


Figure 12. Current–Gain – Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

May 2006

LM78XX/LM78XXA
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220	-40°C to +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT	±2%		0°C to +125°C
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7815ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			

©2006 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

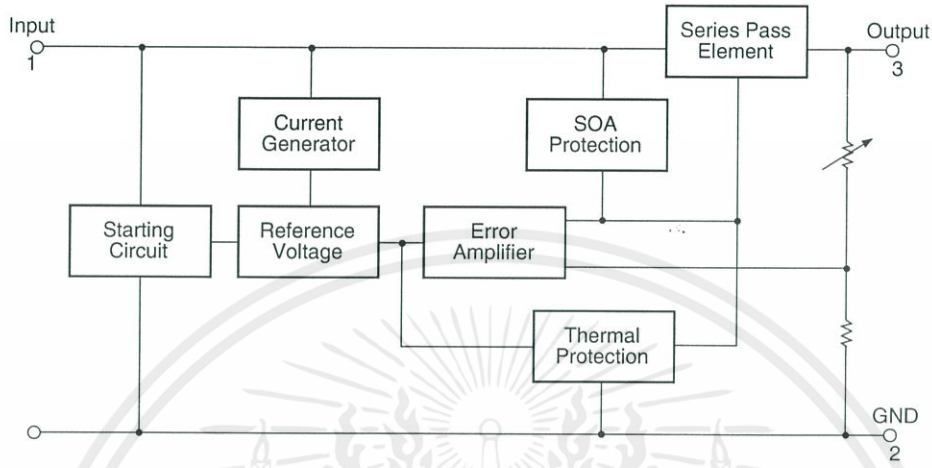


Figure 1.

Pin Assignment

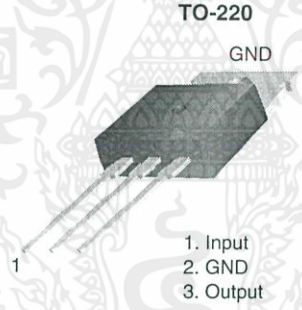


Figure 2.

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Symbol	Parameter		Value	Unit
V_I	Input Voltage	V_O = 5V to 18V	35	V
		V_O = 24V	40	V
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)		5	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)		65	°C/W
T_{OPR}	Operating Temperature Range	LM78xx	-40 to +125	°C
		LM78xxA	0 to +125	
T_{STG}	Storage Temperature Range		-65 to +150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits. -40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 10V, C_I = 0.1µF, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	T_J = +25°C		4.8	5.0	5.2	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Regline	Line Regulation(1)	T_J = +25°C	V_O = 7V to 25V	–	4.0	100	mV
			V_I = 8V to 12V	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation(1)	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5A	–	9.0	100	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	T_J = +25°C		–	5.0	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	I_O = 5mA to 1A		–	0.03	0.5	mA
		V_I = 7V to 25V		–	0.3	1.3	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift(2)	I_O = 5mA		–	-0.8	–	mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	f = 10Hz to 100kHz, T_A = +25°C		–	42.0	–	µV/V_O
RR	Ripple Rejection(2)	f = 120Hz, V_O = 8V to 18V		62.0	73.0	–	dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
r_O	Output Resistance(2)	f = 1kHz		–	15.0	–	mΩ
I_{SC}	Short Circuit Current	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	230	–	mA
I_{PK}	Peak Current(2)	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

Notes:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

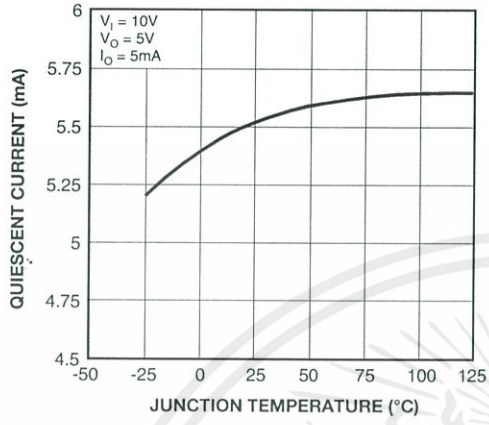


Figure 3. Quiescent Current

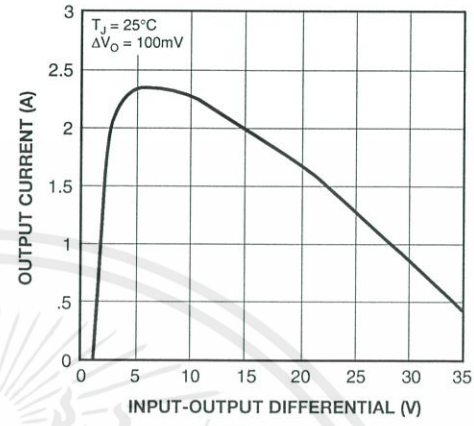


Figure 4. Peak Output Current

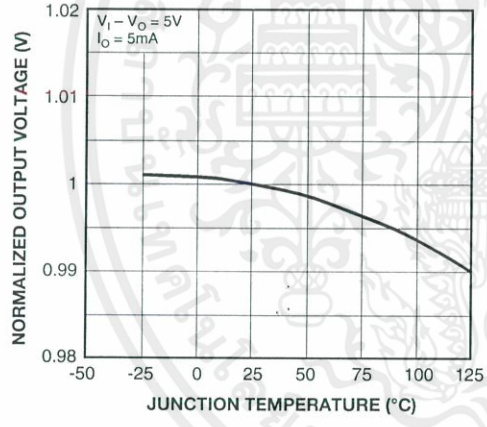


Figure 5. Output Voltage

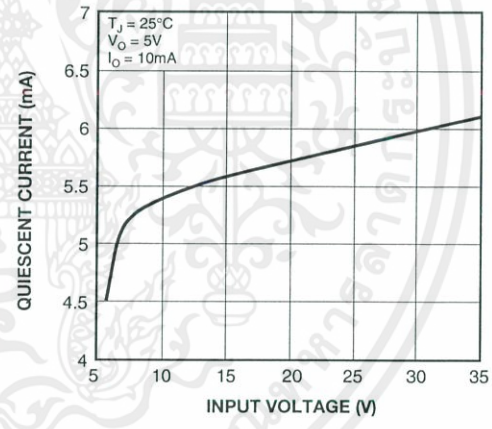


Figure 6. Quiescent Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

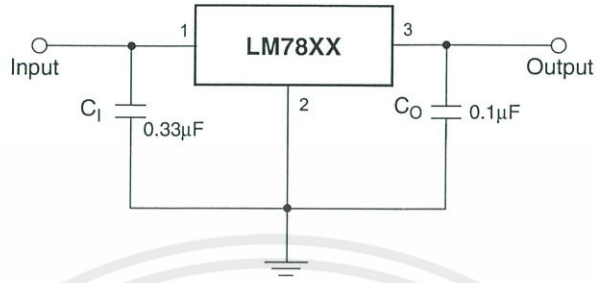


Figure 7. DC Parameters

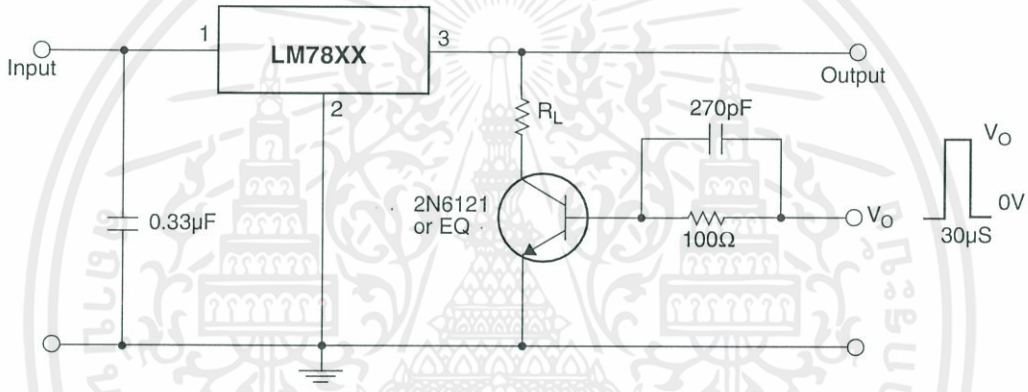


Figure 8. Load Regulation

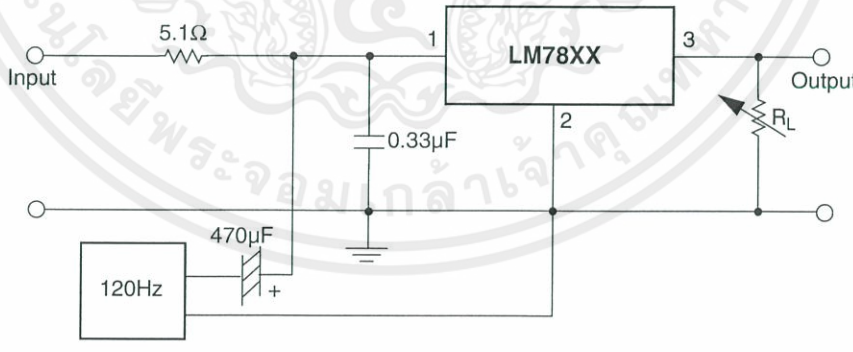


Figure 9. Ripple Rejection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

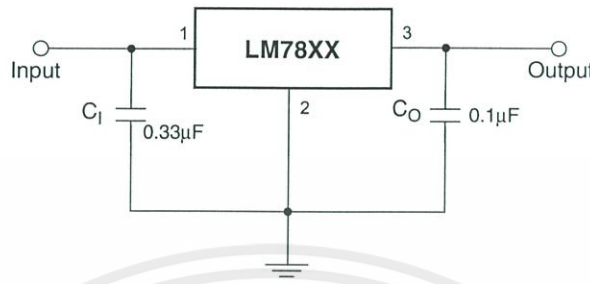
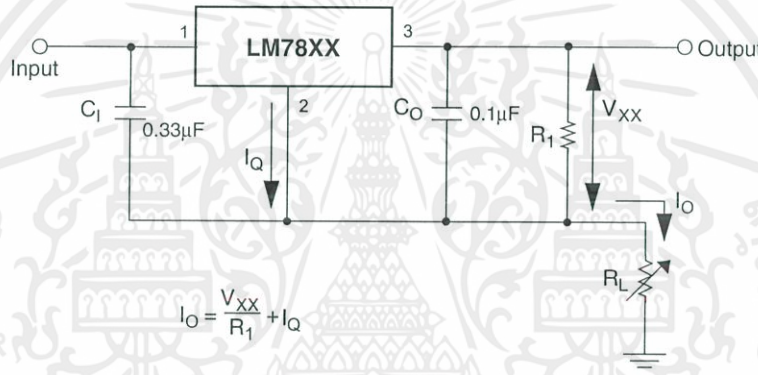


Figure 10. Fixed Output Regulator



Notes:

1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX." A common ground is required between the input and the output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.
2. C_I is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
3. C_O improves stability and transient response.

Figure 11.

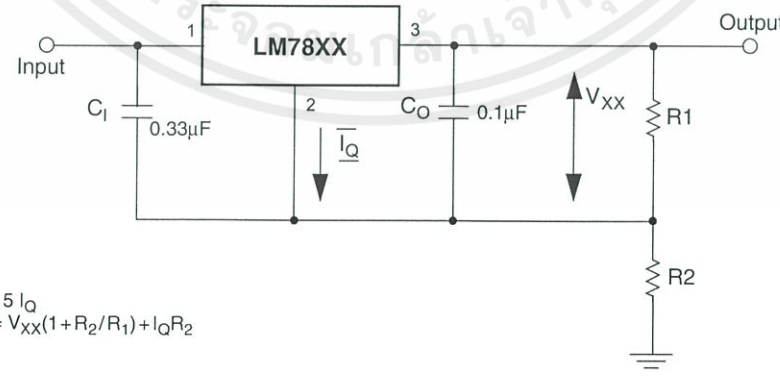


Figure 12. Circuit for Increasing Output Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

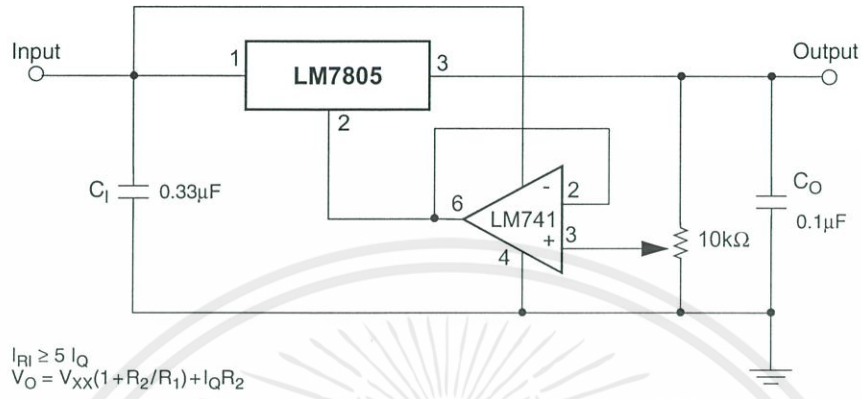


Figure 13. Adjustable Output Regulator (7V to 30V)

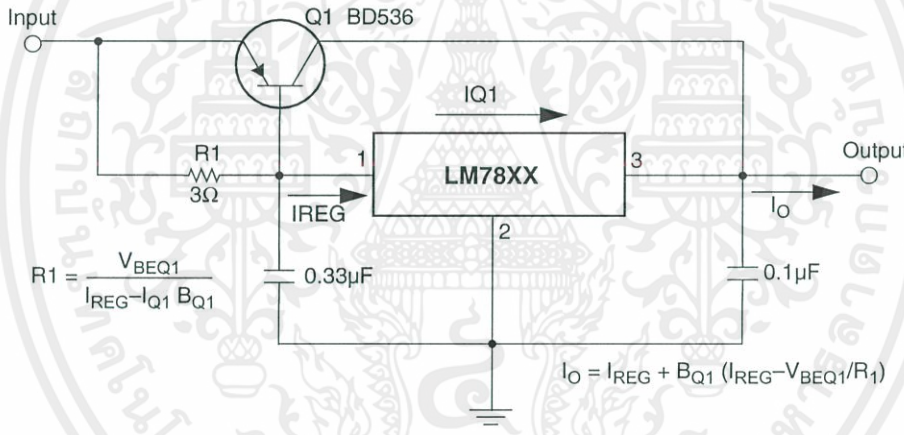


Figure 14. High Current Voltage Regulator

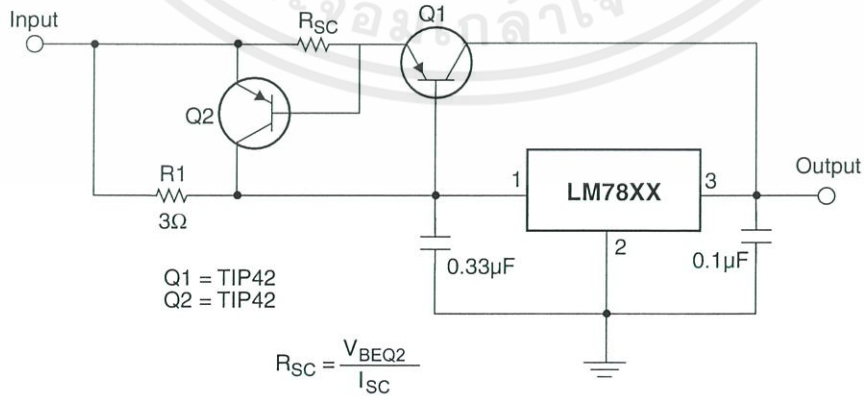


Figure 15. High Output Current with Short Circuit Protection

เอกสารนี้จัดเตรียมไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

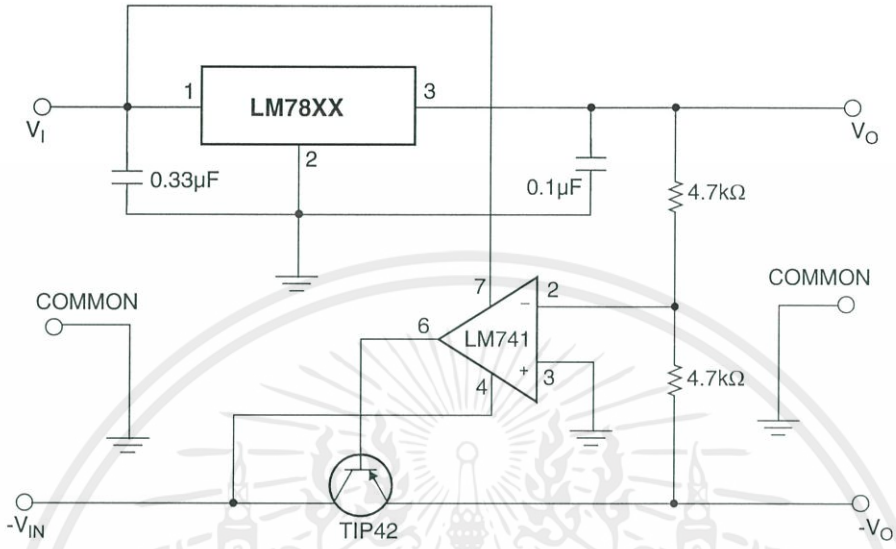


Figure 16. Tracking Voltage Regulator

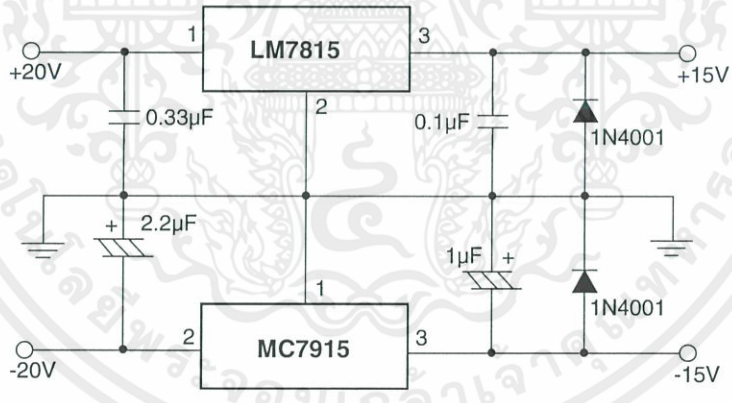


Figure 17. Split Power Supply (±15V – 1A)

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

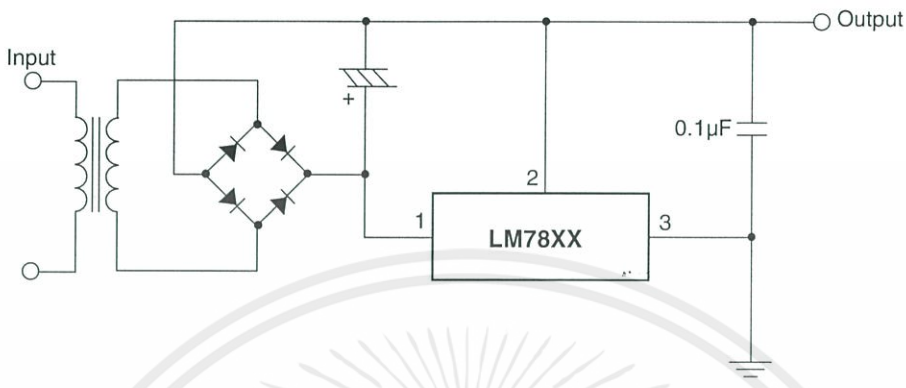


Figure 18. Negative Output Voltage Circuit

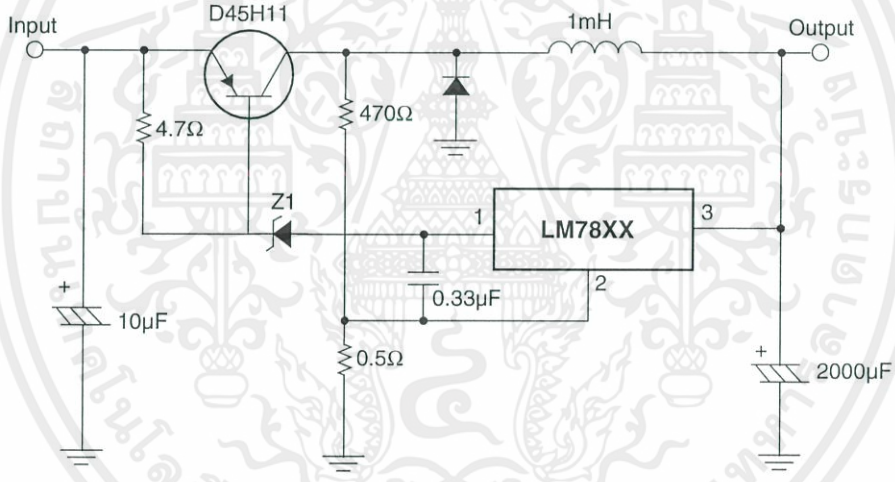


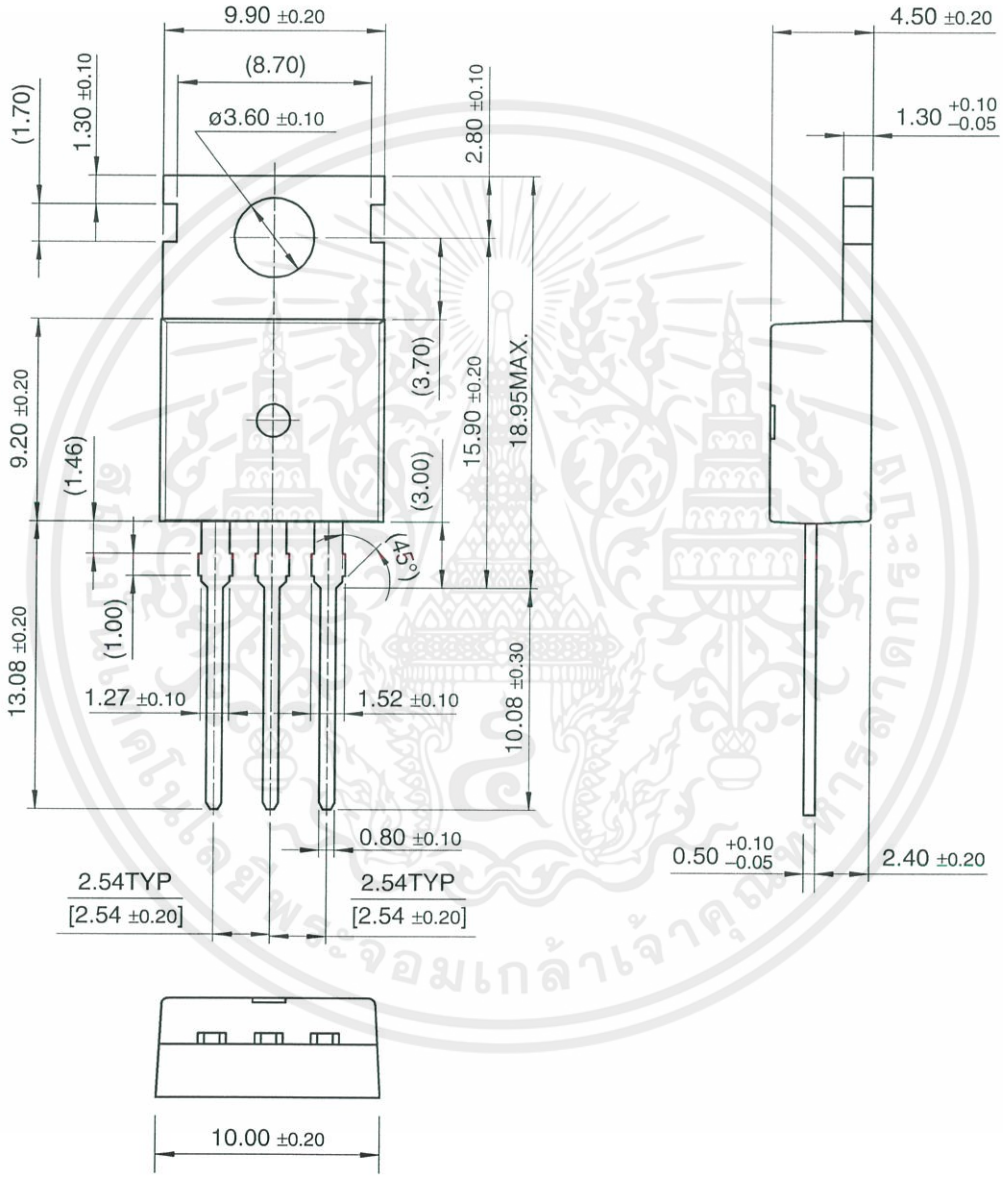
Figure 19. Switching Regulator

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Dimensions in millimeters

TO-220



เอกสารนี้จัดเป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate Number: Q10561

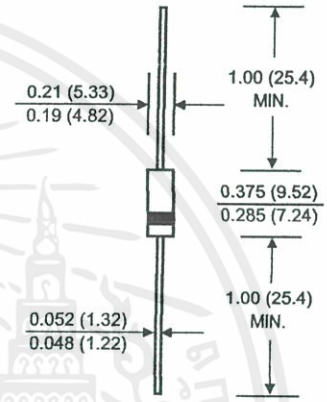
Certificate Number: E17276

SR520 - SR560

SCHOTTKY BARRIER RECTIFIER DIODES

PRV : 20 - 60 Volts
Io : 5.0 Amperes

DO-201AD



Dimensions in inches and (millimeters)

FEATURES :

* High current capability
* High surge current capability
* High reliability
* High efficiency
* Low power loss
* Low cost
* Low forward voltage drop
* Pb / RoHS Free

MECHANICAL DATA :

* Case : DO-201AD Molded plastic
* Epoxy : UL94V-O rate flame retardant
* Lead : Axial lead solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
* Polarity : Color band denotes cathode end
* Mounting position : Any
* Weight : 1.1 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

RATING	SYMBOL	SR520	SR530	SR540	SR550	SR560	UNIT
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	20	30	40	50	60	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	14	21	28	35	42	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	20	30	40	50	60	V
Maximum Average Forward Current 0.375", 9.5mm Lead Length See Fig.1	$I_{F(AV)}$	5.0					A
Maximum Peak Forward Surge Current, 8.3ms single half sine wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	150					A
Maximum Forward Voltage at I_F = 5 A (Note 1)	V_F	0.57			0.70		V
Maximum Reverse Current at Ta = 25 °C	I_R	10					mA
Rated DC Blocking Voltage (Note 1) Ta = 100 °C	$I_{R(H)}$	50			25		mA
Junction Temperature Range	T_J	- 55 to + 150					°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	- 55 to + 150					°C

Note :

(1) Pulse Test : Pulse Width = 300 µs, Duty Cycle = 2%.

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (SR520 - SR560)

FIG.1 - FORWARD CURRENT DERATING CURVE

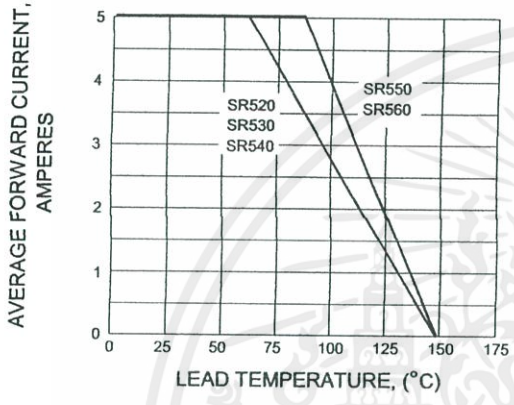


FIG.2 - MAXIMUM NON-REPETITIVE PEAK FORWARD SURGE CURRENT

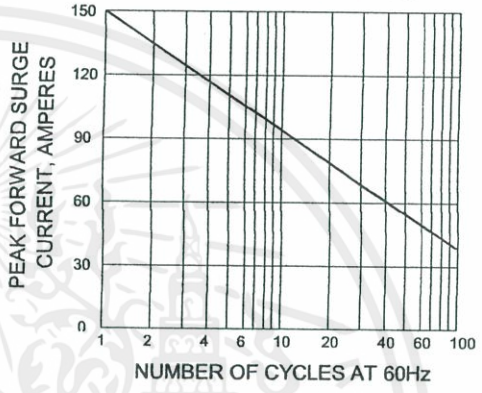


FIG.3 - TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

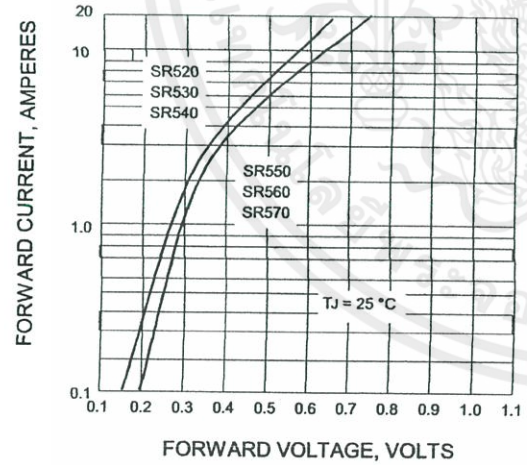
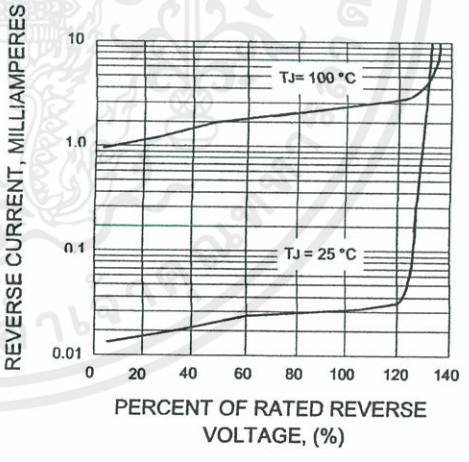


FIG.4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS



Rev. 02 : March 25, 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIP140, TIP141, TIP142, (NPN); TIP145, TIP146, TIP147, (PNP)

Darlington Complementary Silicon Power Transistors

Designed for general–purpose amplifier and low frequency switching applications.

Features

- High DC Current Gain –
  Min h_{FE} = 1000 @ I_C
  = 5.0 A, V_{CE} = 4 V
- Collector–Emitter Sustaining Voltage – @ 30 mA
  $V_{CEO(sus)}$ = 60 Vdc (Min) – TIP140, TIP145
  = 80 Vdc (Min) – TIP141, TIP146
  = 100 Vdc (Min) – TIP142, TIP147
- Monolithic Construction with Built–In Base–Emitter Shunt Resistor
- These are Pb–Free Devices*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP140 TIP145	TIP141 TIP146	TIP142 TIP147	Unit
Collector – Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	Vdc
Collector – Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter – Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current – Continuous – Peak (Note 1)	I_C	10 15			Adc
Base Current – Continuous	I_B	0.5			Adc
Total Power Dissipation @ T_C = 25°C	P_D	125			W
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–65 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction–to–Case	$R_{\theta JC}$	1.0	°C/W
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	$R_{\theta JA}$	35.7	°C/W

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

1. 5 ms, ≤ 10% Duty Cycle.

*For additional information on our Pb–Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

10 AMPERE DARLINGTON COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS 60–100 VOLTS, 125 WATTS

SOT–93 (TO–218)
CASE 340D
STYLE 1

TO–247
CASE 340L
STYLE 3

NOTE: Effective June 2012 this device will be available only in the TO–247 package. Reference FPCN# 16827.

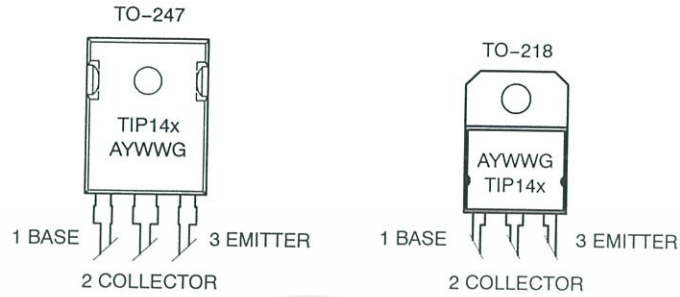
ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2012

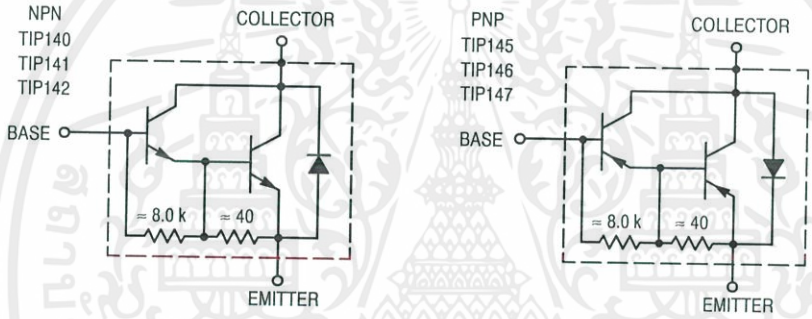
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MARKING DIAGRAMS



TIP14x	= Device Code
A	= Assembly Location
Y	= Year
WW	= Work Week
G	= Pb−Free Package

DARLINGTON SCHEMATICS



ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
TIP140G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP141G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP142G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP145G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP146G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP147G	SOT−93 (TO−218) (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP140G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP141G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP142G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP145G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP146G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail
TIP147G	TO−247 (Pb−Free)	30 Units / Rail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector–Emitter Sustaining Voltage (Note 2) (I_C = 30 mA, I_B = 0)	TIP140, TIP145 TIP141, TIP146 TIP142, TIP147	$V_{CEO(sus)}$	 60 80 100	 – – –	 – – –	Vdc
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 30 Vdc, I_B = 0) (V_{CE} = 40 Vdc, I_B = 0) (V_{CE} = 50 Vdc, I_B = 0)	TIP140, TIP145 TIP141, TIP146 TIP142, TIP147	I_{CEO}	 – – –	 – – –	 2.0 2.0 2.0	mA
Collector Cutoff Current (V_{CB} = 60 V, I_E = 0) (V_{CB} = 80 V, I_E = 0) (V_{CB} = 100 V, I_E = 0)	TIP140, TIP145 TIP141, TIP146 TIP142, TIP147	I_{CBO}	 – – –	 – – –	 1.0 1.0 1.0	mA
Emitter Cutoff Current (V_{BE} = 5.0 V)		I_{EBO}	–	–	2 0	mA
ON CHARACTERISTICS (Note 2)						
DC Current Gain (I_C = 5.0 A, V_{CE} = 4.0 V) (I_C = 10 A, V_{CE} = 4.0 V)		h_{FE}	 1000 500	 – –	 – –	–
Collector–Emitter Saturation Voltage (I_C = 5.0 A, I_B = 10 mA) (I_C = 10 A, I_B = 40 mA)		$V_{CE(sat)}$	 – –	 – –	 2.0 3.0	Vdc
Base–Emitter Saturation Voltage (I_C = 10 A, I_B = 40 mA)		$V_{BE(sat)}$	–	–	3.5	Vdc
Base–Emitter On Voltage (I_C = 10 A, V_{CE} = 4.0 Vdc)		$V_{BE(on)}$	–	–	3.0	Vdc
SWITCHING CHARACTERISTICS						
Resistive Load (See Figure 1)						
Delay Time	(V_{CC} = 30 V, I_C = 5.0 A, I_B = 20 mA, Duty Cycle ≤ 2.0%, I_{B1} = I_{B2}, R_C & R_B Varied, T_J = 25°C)	t_d	–	0.15	–	µs
Rise Time		t_r	–	0.55	–	µs
Storage Time		t_s	–	2.5	–	µs
Fall Time		t_f	–	2.5	–	µs

2. Pulse Test: Pulse Width = 300 µs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

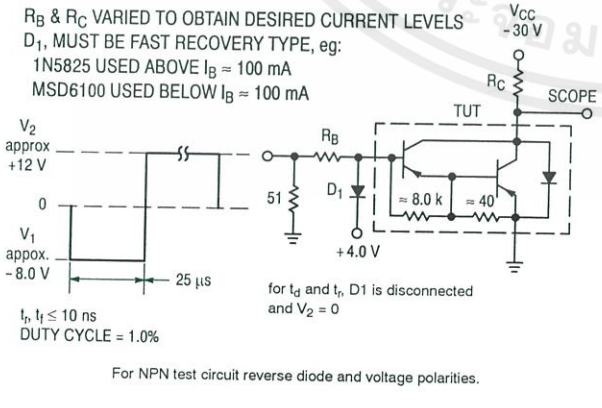


Figure 1. Switching Times Test Circuit

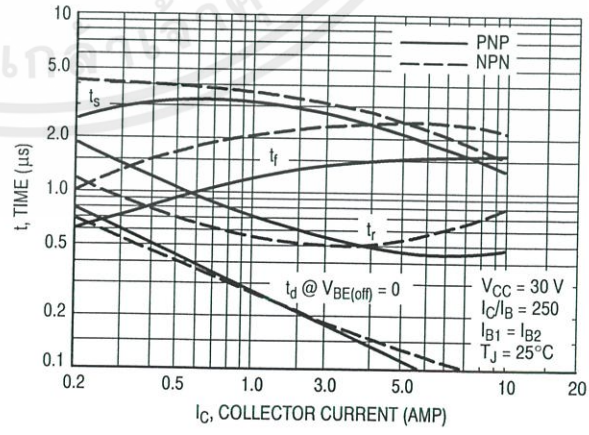


Figure 2. Switching Times

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

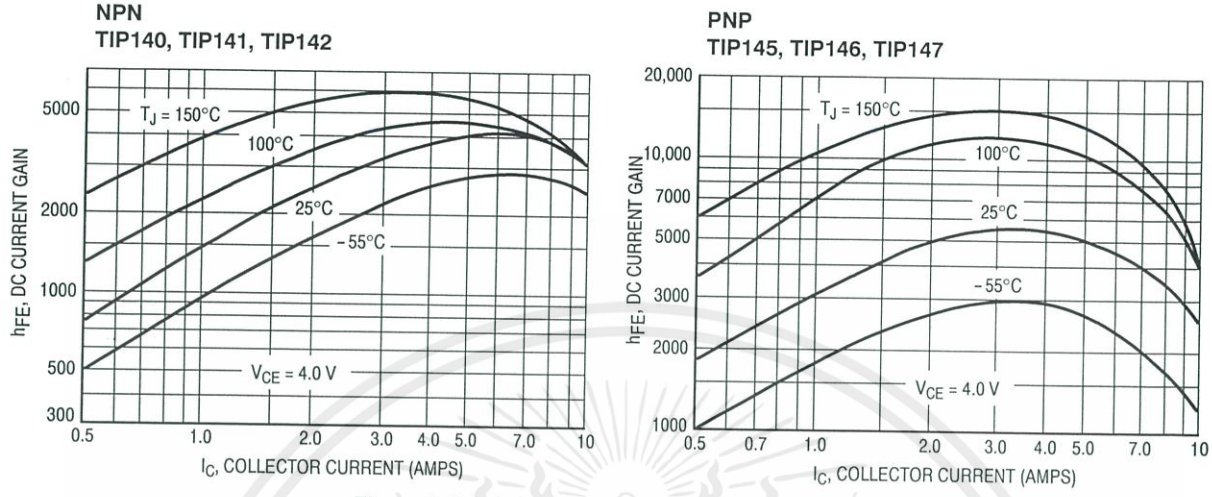


Figure 3. DC Current Gain versus Collector Current

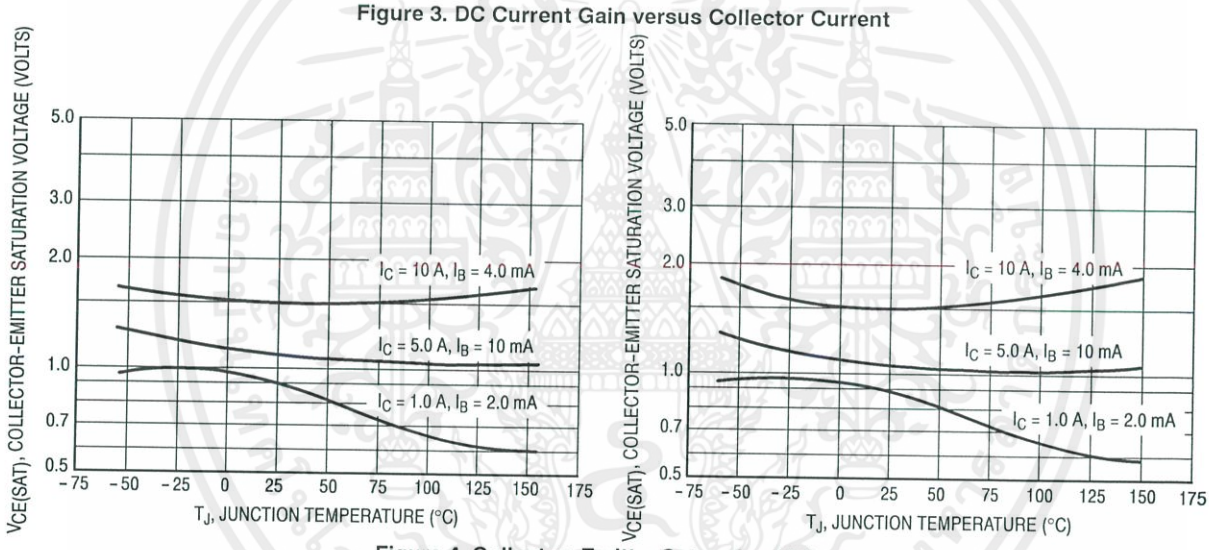


Figure 4. Collector–Emitter Saturation Voltage

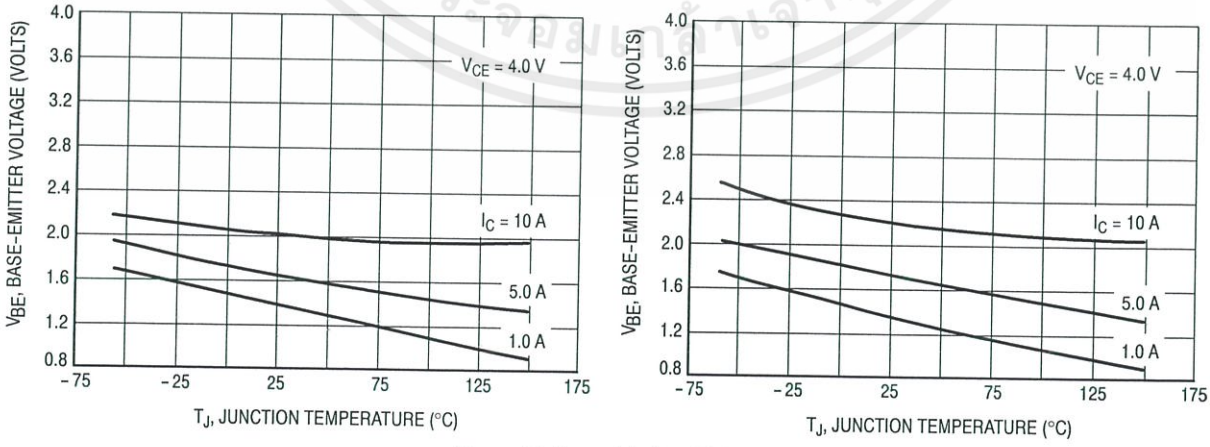


Figure 5. Base–Emitter Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACTIVE-REGION SAFE OPERATING AREA

There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate $I_C - V_{CE}$ limits of the transistor that must be observed for reliable operation; i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the curves indicate.

The data of Figure 6 is based on $T_{J(pk)} = 150°C$; T_C is variable depending on conditions. At high case temperatures, thermal limitations will reduce the power that can be handled to values less than the limitations imposed by second breakdown.

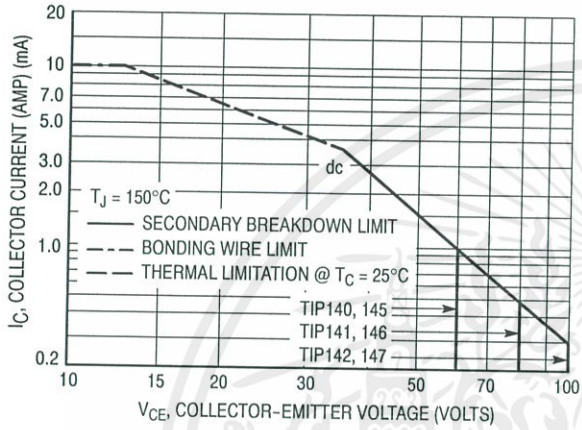


Figure 6. Active-Region Safe Operating Area

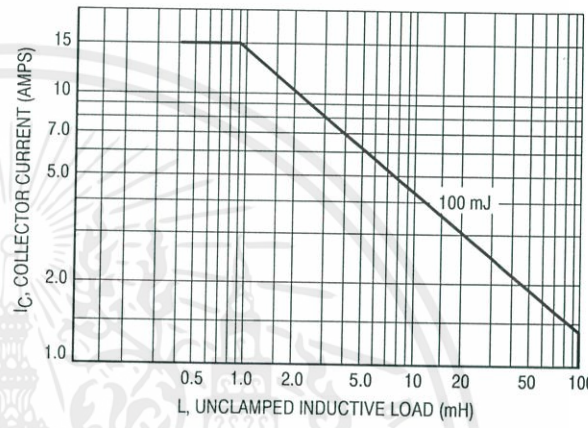
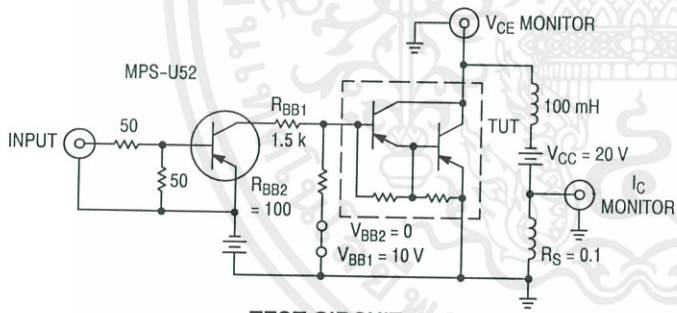
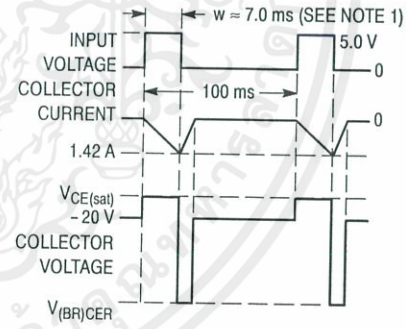


Figure 7. Unclamped Inductive Load



TEST CIRCUIT



VOLTAGE AND CURRENT WAVEFORMS

NOTE 1: Input pulse width is increased until I_{CM} = 1.42 A.
NOTE 2: For NPN test circuit reverse polarities.

Figure 8. Inductive Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

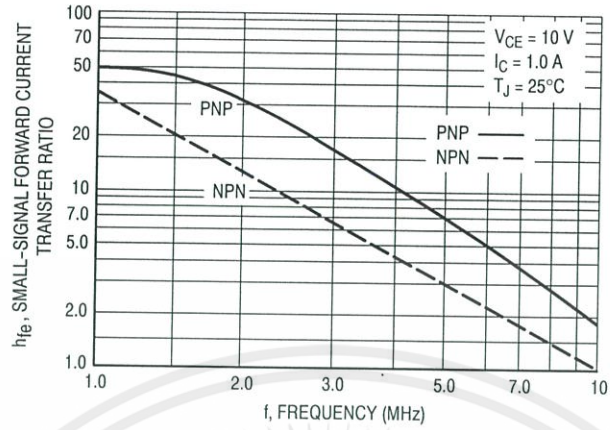


Figure 9. Magnitude of Common Emitter Small–Signal Short–Circuit Forward Current Transfer Ratio

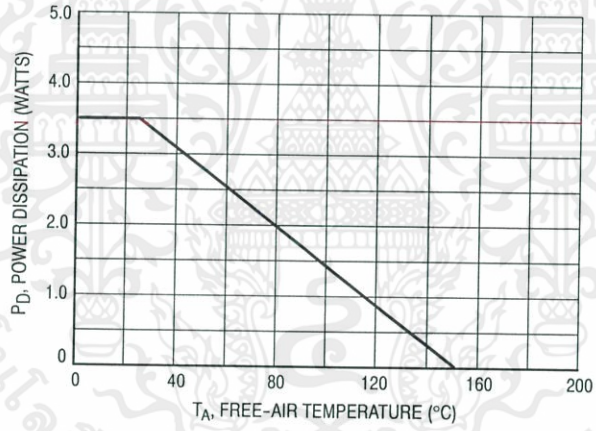
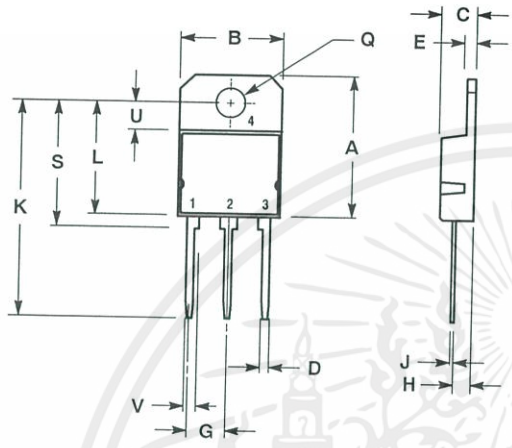


Figure 10. Free–Air Temperature Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

SOT−93 (TO−218)
CASE 340D−02
ISSUE E

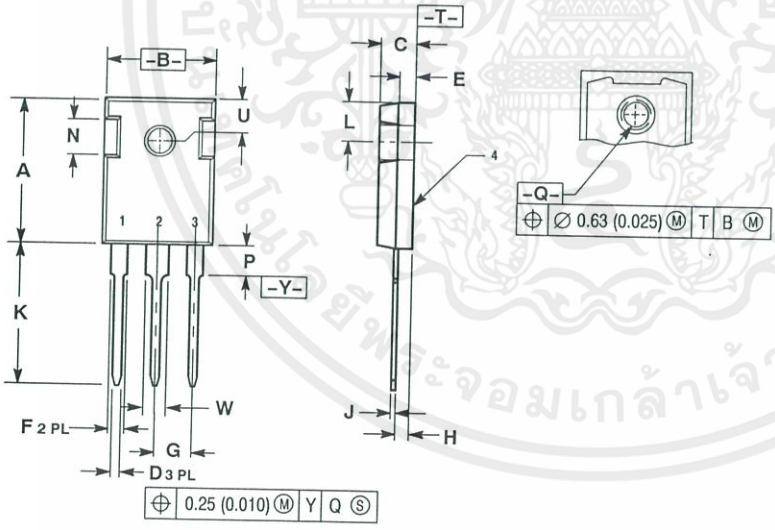


NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.

DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	INCHES MIN	INCHES MAX
A	---	20.35	---	0.801
B	14.70	15.20	0.579	0.598
C	4.70	4.90	0.185	0.193
D	1.10	1.30	0.043	0.051
E	1.17	1.37	0.046	0.054
G	5.40	5.55	0.213	0.219
H	2.00	3.00	0.079	0.118
J	0.50	0.78	0.020	0.031
K	31.00 REF		1.220 REF	
L	---	16.20	---	0.638
Q	4.00	4.10	0.158	0.161
S	17.80	18.20	0.701	0.717
U	4.00 REF		0.157 REF	
V	1.75 REF		0.069	

STYLE 1:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

TO−247
CASE 340L−02
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.

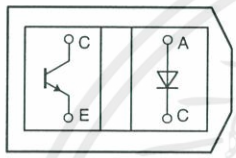
DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	INCHES MIN	INCHES MAX
A	20.32	21.08	0.800	8.30
B	15.75	16.26	0.620	0.640
C	4.70	5.30	0.185	0.209
D	1.00	1.40	0.040	0.055
E	1.90	2.60	0.075	0.102
F	1.65	2.13	0.065	0.084
G	5.45 BSC		0.215 BSC	
H	1.50	2.49	0.059	0.098
J	0.40	0.80	0.016	0.031
K	19.81	20.83	0.780	0.820
L	5.40	6.20	0.212	0.244
N	4.32	5.49	0.170	0.216
P	---	4.50	---	0.177
Q	3.55	3.65	0.140	0.144
U	6.15 BSC		0.242 BSC	
W	2.87	3.12	0.113	0.123

STYLE 3:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reflective Optical Sensor with Transistor Output

19156_2



Top view 19156_1

FEATURES

- Package type: leaded
- Detector type: phototransistor
- Dimensions (L x W x H in mm): 10.2 x 5.8 x 7
- Peak operating distance: 2.5 mm
- Operating range within > 20 % relative collector current: 0.2 mm to 15 mm
- Typical output current under test: I_C = 1 mA
- Daylight blocking filter
- Emitter wavelength: 950 nm
- Lead (Pb)-free soldering released
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC

Pb-free

e2

RoHS COMPLIANT

DESCRIPTION

The TCRT5000 and TCRT5000L are reflective sensors which include an infrared emitter and phototransistor in a leaded package which blocks visible light. The package includes two mounting clips. TCRT5000L is the long lead version.

APPLICATIONS

- Position sensor for shaft encoder
- Detection of reflective material such as paper, IBM cards, magnetic tapes etc.
- Limit switch for mechanical motions in VCR
- General purpose - wherever the space is limited

PRODUCT SUMMARY

PART NUMBER	DISTANCE FOR MAXIMUM CTR_{rel} (1) (mm)	DISTANCE RANGE FOR RELATIVE I_{out} > 20 % (mm)	TYPICAL OUTPUT CURRENT UNDER TEST (2) (mA)	DAYLIGHT BLOCKING FILTER INTEGRATED
TCRT5000	2.5	0.2 to 15	1	Yes
TCRT5000L	2.5	0.2 to 15	1	Yes

Notes

(1) CTR: current transfere ratio, I_{out}/I_{in}

(2) Conditions like in table basic charactristics/sensors

ORDERING INFORMATION

ORDERING CODE	PACKAGING	VOLUME (1)	REMARKS
TCRT5000	Tube	MOQ: 4500 pcs, 50 pcs/tube	3.5 mm lead length
TCRT5000L	Tube	MOQ: 2400 pcs, 48 pcs/tube	15 mm lead length

Note

(1) MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (1)

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT (EMITTER)				
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10$ µs	I_{FSM}	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (1)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
OUTPUT (DETECTOR)				
Collector emitter voltage		V_{CEO}	70	V
Emitter collector voltage		V_{ECO}	5	V
Collector current		I_C	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 55$ °C	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	°C
SENSOR				
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	P_{tot}	200	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	- 25 to + 85	°C
Storage temperature range		T_{stg}	- 25 to + 100	°C
Soldering temperature	2 mm from case, t ≤ 10 s	T_{sd}	260	°C

Note
(1) T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

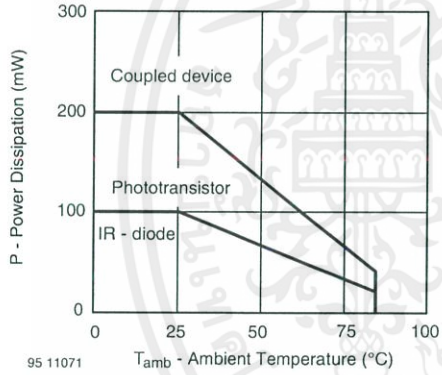


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS (1)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT (EMITTER)						
Forward voltage	I_F = 60 mA	V_F		1.25	1.5	V
Junction capacitance	V_R = 0 V, f = 1 MHz	C_j		17		pF
Radiant intensity	I_F = 60 mA, t_p = 20 ms	I_e			21	mW/sr
Peak wavelength	I_F = 100 mA	λ_P	940			nm
Virtual source diameter	Method: 63 % encircled energy	d		2.1		mm
OUTPUT (DETECTOR)						
Collector emitter voltage	I_C = 1 mA	V_{CEO}	70			V
Emitter collector voltage	I_e = 100 µA	V_{ECO}	7			V
Collector dark current	V_{CE} = 20 V, I_F = 0 A, E = 0 lx	I_{CEO}		10	200	nA
SENSOR						
Collector current	V_{CE} = 5 V, I_F = 10 mA, D = 12 mm	I_C (2) (3)	0.5	1	2.1	mA
Collector emitter saturation voltage	I_F = 10 mA, I_C = 0.1 mA, D = 12 mm	V_{CEsat} (2) (3)			0.4	V

Note
(1) T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified
(2) See figure 3
(3) Test surface: mirror (Mfr. Spindler a. Hoyer, Part No. 340005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

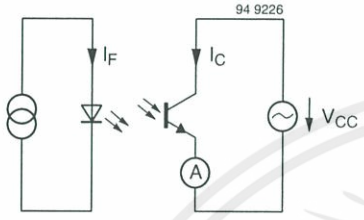


Fig. 2 - Test Circuit

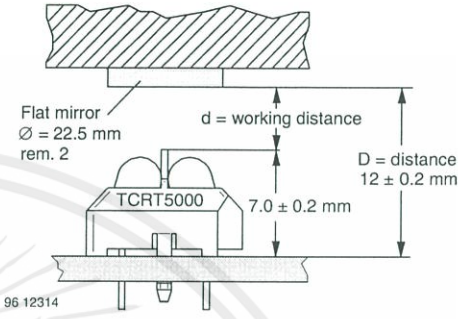


Fig. 3 - Test Circuit

BASIC CHARACTERISTICS

T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified

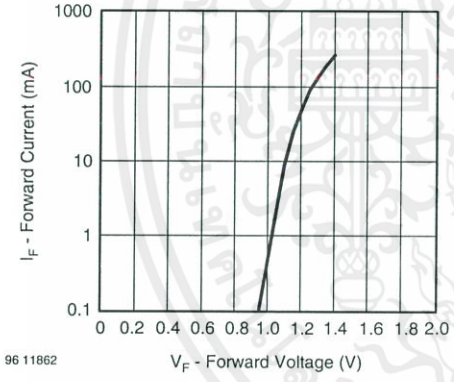


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

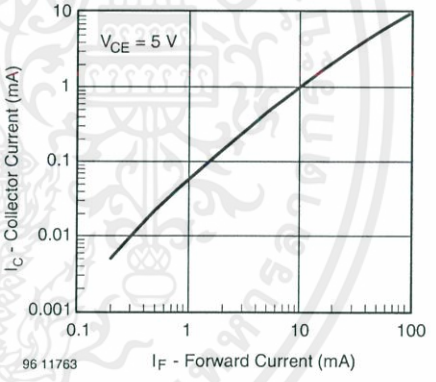


Fig. 6 - Collector Current vs. Forward Current

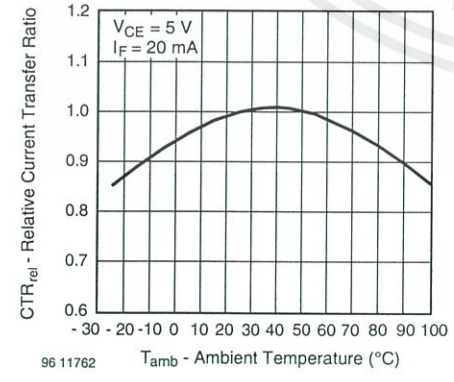


Fig. 5 - Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

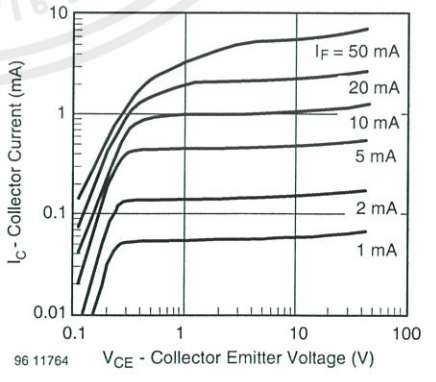


Fig. 7 - Collector Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

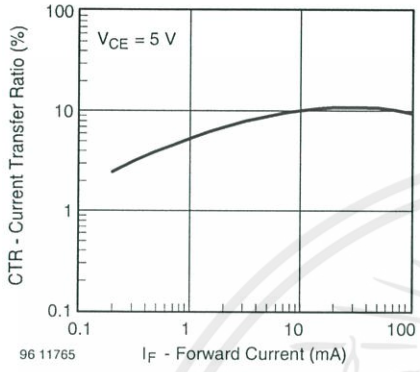


Fig. 8 - Current Transfer Ratio vs. Forward Current

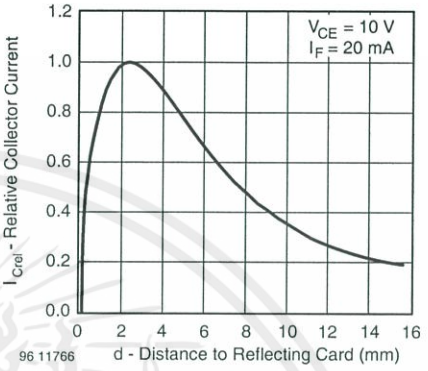
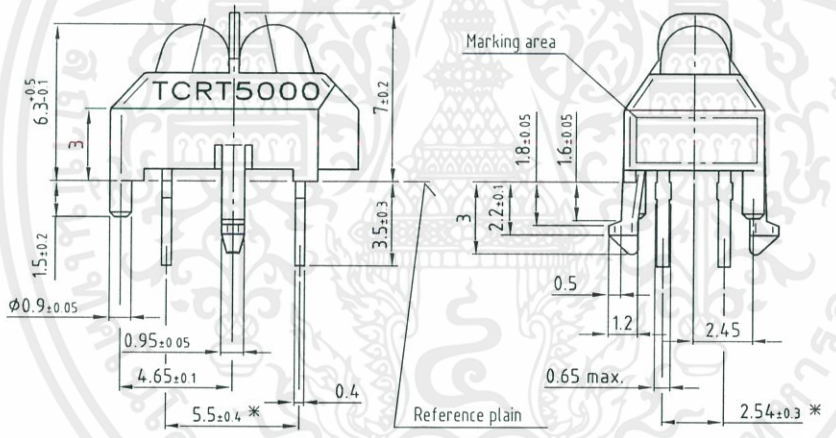


Fig. 9 - Relative Collector Current vs. Distance

PACKAGE DIMENSIONS in millimeters, TCRT5000



For technical questions, contact: sensorstechsupport@vishay.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:
(1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
(2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
(3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.
Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

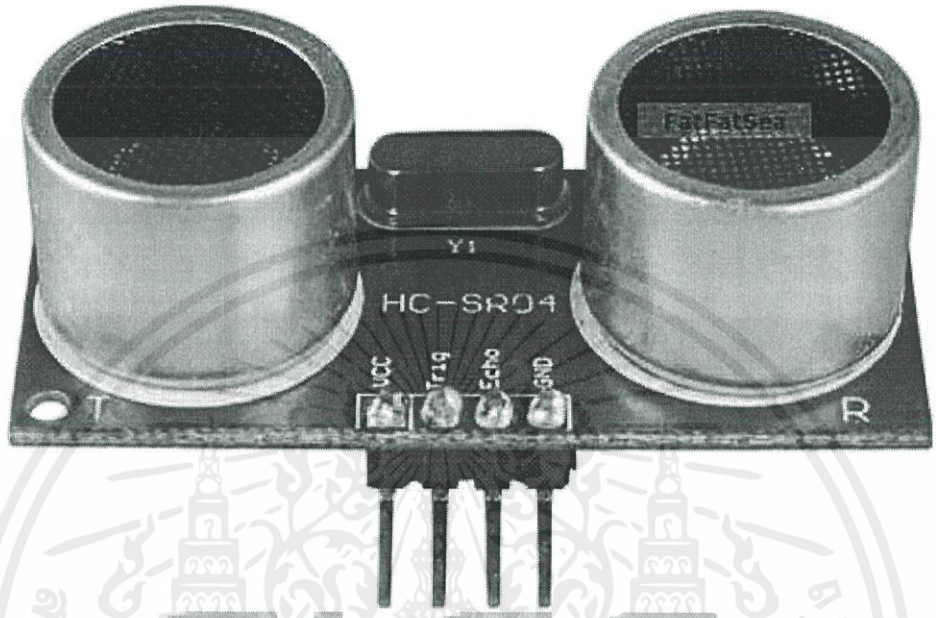
Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	**DC 5 V**
Working Current	**15mA**
Working Frequency	**40Hz**
Max Range	**4m**
Min Range	**2cm**
MeasuringAngle	**15 degree**
Trigger Input Signal	**10uS TTL pulse**
Echo Output Signal	**Input TTL lever signal and the range in proportion**
Dimension	**45*20*15mm**

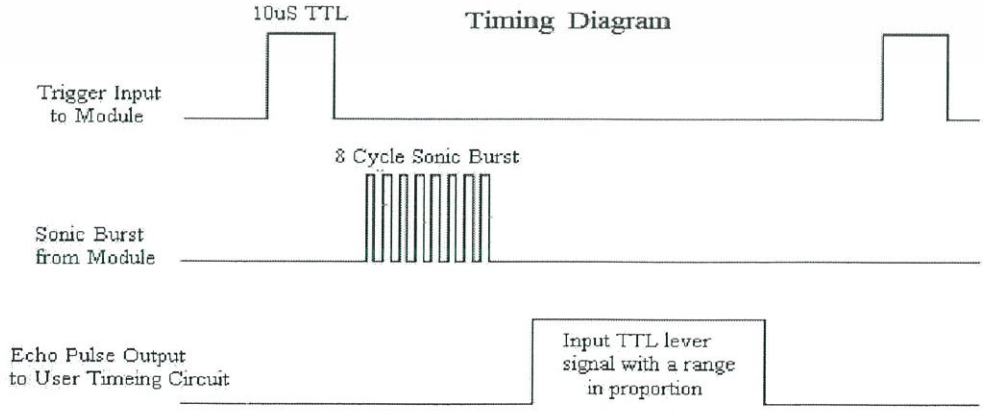
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Vcc Trig Echo GND

Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion .You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: uS / 58 = centimeters or uS / 148 =inch; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Attention:

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

www.Elecfreaks.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้