การแสดงภาพขณะปัจจุบันจากรถสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยาก

Real time image from vehicle survey for hard access area

ต่อลาภ ชะเอม
Torlap Chaem

วริยา วชิรปัญญานุกูล
Wariya Washirapanyanugoon

สุธิดา ประชามอญ
Sutida Prachamorn

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

การแสดงภาพขณะปัจจุบันจากรถสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยาก

Real time image from vehicle survey for hard access area

ต่อลาภ ชะเอม

Torlap Chaem

วริยา วชิรปัญญานุกูล

Wariya Washirapanyanugoon

สุธิดา ประชามอญ

Sutida Prachamorn

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2560

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การแสดงภาพขณะปัจจุบันจากรถสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยาก
Real time image from vehicle survey for hard access area

ผู้จัดทำ

นายต่อลาภ ชะเอม	รหัสนักศึกษา	57010491
นางสาววริยา วชิรปัญญานุกูล	รหัสนักศึกษา	57011128
นางสาวสุธิดา ประชามอญ	รหัสนักศึกษา	57011403

ปริญญานิพจน์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การแสดงภาพจริงจากรถสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยาก		
นักศึกษา	นายต่อลาภ	ชะเอม	รหัส 57010491
	น.ส.วริยา	วชิรปัญญานุกูล	รหัส 57011128
	น.ส.สุธิดา	ประชามอญ	รหัส 57011403
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว		

บทคัดย่อ

โลกเป็นดาวเคราะห์หินดวงหนึ่งในระบบสุริยะ ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลานับตั้งแต่โลกเริ่มเกิดจนถึงปัจจุบัน และเพื่อให้สามารถมีชีวิตรอดท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงนี้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนโลกก็ต้องมีการปรับตัวและพัฒนาอยู่เสมอเพื่อให้รอดจากกลไกลการคัดเลือกโดยธรรมชาตินี้

มนุษย์ก็เป็นสิ่งมีชีวิตหนึ่งที่อาศัยบนโลกที่พยายามคิดค้นสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆเพื่อเอาชนะกลไกลการคัดเลือกโดยธรรมชาติ รวมไปถึงเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น มนุษย์ได้สำรวจและนำผลจากการสำรวจมาคิดค้นทดลองสิ่งต่างๆ จนทำให้เกิดสิ่งใหม่เพื่อพัฒนาโลกของเรา แต่ในบางครั้งในการทดลองหรือสำรวจอาจจะต้องเข้าไปในพื้นที่ที่เรายังไม่เคยเข้าถึง ซึ่งไม่อาจรู้ได้เลยว่าอันตรายหรือไม่ อาทิเช่น สถานที่แคบที่ยากแก่การเข้าถึง สถานที่ที่เต็มไปด้วยเชื้อโรค ,แก๊สพิษ ,สัตว์ต่างๆ รวมไปถึงสารกัมมันตรังสีซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์เป็นสาเหตุที่ทำให้การเข้าถึงนั้นยากลำบาก

ทางเราจึงได้ออกแบบและสร้างรถสำรวจ เพื่อใช้เข้าสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยากขึ้นมา ทั้งนี้เพื่อจะลดความเสี่ยงในการได้รับอันตรายจากการสำรวจพื้นที่ที่อันตราย ตลอดจนใช้จับภาพการทดลองที่อันตรายจนเราไม่สามารถเข้าไปอยู่ในพื้นที่เองได้ รถสำรวจได้ทำการควบคุมด้วย Raspberry Pi 3 พร้อมติดตั้งกล้องเพื่อถ่ายทดสดวิดีโอจากนั้นจึงนำภาพที่ได้จากกล้องมาฉายด้วยจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Real time image from vehicle survey for hard access area		
Student	Mr.Torlap	Chaem	Student ID 57010491
	Miss.Wariya	Washirapanyanugoon	Student ID 57011128
	Miss.Sutida	Prachamorn	Student ID 57011403
Degree	Bachelor Engineering		
Department	Electronics Engineering		
Year	2017		
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr.Yuttana Kitjaidure		

Abstract

At present, the world has developed rapidly. Humans too, we don't stop developing and creating new things for a better quality of life. We have explored and experimented to make new things for develop our world. Occasionally, in experiments or explorations, we have to go to dangerous areas that we don't know what will happen when you are in that area, such as a narrow pathogen - gas, toxins, animals or radioactive substances. Which is harmful to humans Cause difficulty in access. So we built a survey vehicle for access the difficult areas to reduce the risk of exposure from the survey or in the experiment. Then we use the raspberry Pi 3 to control the survey vehicle that was equipped with a camera for live streaming video, and the video was projected onto the display.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว คำปรึกษา ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณอาจารย์ ผศ.ประภากร สุวรรณะ จากภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ช่วยให้ทั้ง คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องการเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะกับชิ้นงาน

ขอขอบพระคุณ คุณชัชชัย คาง และ คุณโอบนิธิ กรัณฑรัตน รุ่นพี่ศิษย์เก่า จากภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยให้ความรู้และให้คำปรึกษาให้เรื่องต่างๆในการทำโครงงานครั้งนี้

สุดท้าย ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าในการสนับสนุนการทำโครงงานนี้ ในทุกๆด้าน

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากโครงงานนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ต่อลาภ ชะเอม
วริยา วชิรปัญญานุกูล
สุธิดา ประชามอญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 Raspberry Pi 3

2.1.1 จุดกำเนิดของ Raspberry Pi 4

2.1.2 ความสามารถในการทำงานของ Raspberry Pi 6

2.1.3 รุ่นของบอร์ด Raspberry Pi 7

2.1.4 การเชื่อมต่อ Raspberry Pi 13

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) 14

2.2.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า 14

2.2.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 16

2.2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 18

2.2.4 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 19

2.3 L298N Dual H-Bridge Motor Controller 21

2.3.1 การใช้งาน L298N Dual H-Bridge Motor Controller 21

2.3.2 หลักการทำงานของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller 21

2.3.3 ข้อมูลทางเทคนิคของL298N Dual H-Bridge Motor Controller 21

2.3.4 ขาต่างๆของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 Servo Motor 23
2.4.1 การควบคุมการทำงานของ Servo Motor 23
2.4.2 RC Servo Motor 25
2.4.3 หลักการทำงานของ RC Servo Motor 26
2.4.4 สัญญาณ RC ในรูปแบบ PWM 26
2.4.5 Servo Motor Block Diagram 27
2.5 โปรแกรม SOLIDWORK 2017 28
2.5.1 การใช้งานโปรแกรม SOLIDWORK 2017 28
2.6 โปรแกรม VNC 31
2.7 Lithium battery 32
2.8 โปรแกรม Python 33
2.8.1 คุณสมบัติของ Python 33
2.9 SD Card (Secure Digital Card) 34
2.9.1 การกำหนดความเร็วของSD card association 34
2.9.2 รูปแบบของ SD Card ขนาดมาตรฐาน 35
2.9.3 รูปแบบของ SD Card ขนาดย่อ 36
2.9.4 วิธีการดู Interface ของ SD Card 36
2.10 Switching Regulator 38
2.10.1 Switching Regulator with LM2576T-ADJ 38
2.10.2 การประยุกต์ใช้ LM2576 39
2.11 WIFI 41
2.11.1 ลักษณะการเชื่อต่ออุปกรณ์ 42
2.11.2 กลไกรักษาความปลอดภัย 42

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง 44
3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง 44
3.2.1 ลักษณะข้อมูล 44
3.2.2 การเลือกข้อมูล 45
3.2.3 การทดลอง 45
3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยทดลอง 45
3.3.1 Raspberry Pi 3 45
3.3.2 L298N Drive Motor 47
3.3.3 Lithium battery LG 18650 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.4 DC Motor BO1 51
3.3.5 Servo Motor Tower Pro SG90S 52
3.3.6 จอรับภาพ Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E 53
3.3.7 การใช้งานโปรแกรม SOLIDWORK 2017 54
3.3.8 การใช้โปรแกรม VNC เชื่อต่อ Raspberry Pi กับ Wifi 56
3.3.9 18650 battery 3.7V 5V 2A step-up module Rechargeable 60
3.4 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ 61

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 62
4.1 อุปกรณ์จากการทดลอง 62
4.1.1 Raspberry Pi 3 62
4.1.2 Raspberry Pi camera 62
4.1.3 L298N Drive Motor 63
4.1.4 DC Motor BO1 63
4.1.5 Servo Motor Tower Pro SG90S 64
4.2 ผลการทดลองการสั่นของมอเตอร์ 64
4.3 ผลการทดลองเรื่องการออกแบบและสร้างรถสำรวจ 65
4.3.1 ชิ้นงานรถสำรวจที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม SOLIDWORK 2017 65
4.4 ผลการทดลองทดสอบการเคลื่อนที่ของรถสำรวจ 69

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 70
5.1 สรุปผลการวิจัย 70
5.1.1 การทดลองเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่ไพน์กับคอมพิวเตอร์ 70
5.1.2 การทดลองขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์ 70
5.1.3 การทดลองหมุนเซอโวมอเตอร์ 70
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 70
5.2.1 การทดลองเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่ไพน์กับคอมพิวเตอร์ 70
5.2.2 การทดลองขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์และเซอร์โว 70
5.2.3 การทดลองหมุนเซอโวมอเตอร์ 70

บรรณานุกรม 71

ภาคผนวก 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller 21
ตารางที่ 2.2 ขาของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller 22
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียม 32
ตารางที่ 2.4 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ SD Card ในรูปแบบต่างๆ 35
ตารางที่ 2.5 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ SD Card ขนาดย่อและขนาดปกติ.....36
ตารางที่ 2.6 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ UHS-I Card และ UHS-II Card 37
ตารางที่ 3.1 ตารางคุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 46
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Servo Motor SG90 52
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E 53
ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ 18650 battery 3.7V 5V 2A step up module rechargeable 60
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของ Servo Motor SG90 64
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของรถสำรวจ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Raspberry Pi model B Revision 2.0 3
2.2 Eben Upton ผู้ให้กำเนิดบอร์ด Raspberry Pi 4
2.3 บอร์ดรุ่นแรกของ Raspberry Pi 5
2.4 คอมพิวเตอร์ที่สร้างจาก Raspberry Pi 6
2.5 นาฬิกาย้อนยุคจากหลอด Nixxie ควบคุมด้วย Raspberry Pi 6
2.6 Raspberry Pi Model B 7
2.7 Raspberry Pi Model A 7
2.8 Raspberry Pi Model B+ 8
2.9 Raspberry Pi Model A+ 8
2.10 Raspberry pi compute module development kit 9
2.11 ARM cortex-A7ส่วนประมวลผลของ Raspberry Pi 2 11
2.12 จุดต่ออุปกรณ์ภายนอกของ Raspberry Pi 2 11
2.13 ส่วนติดต่อการ์ดหน่วยความจำ Raspberry Pi 12
2.14 จุดต่อพอร์ต GPIO ของ Raspberry Pi 12
2.15 ตัวอย่างการทำงานของ Raspberry Pi 13
2.16 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) 14
2.17 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) 15
2.18 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) 15
2.19 ส่วนที่อยู่กับที่ หรือ สเตเตอร์ 16
2.20 แกนขั้ว 17
2.21 ขดลวดสนามแม่เหล็ก 18
2.22 ตัวหมุน (Rotor) 18
2.23 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม 19
2.24 วงจรการท างานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 19
2.25 วงจรการทำงานของ Short shunt Compound motor 20
2.26 วงจรการทำงานของ Long shunt Compound motor 20
2.27 L298N Dual H-Bridge Motor Controller 21
2.28 โครงสร้างต่างๆของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller 22
2.29 Servo Motor 23
2.30 Controller Servo Motor 23
2.31 Servo Driver 24
2.32 Servo Motor 24
2.33 ส่วนประกอบภายนอก RC Servo Motor 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.34 ส่วนประกอบภายใน RC Servo Motor 25
2.35 สัญญาณ RC ในรูปแบบ PWM 26
2.36 การหมุนตำแหน่งของ Servo Motor ตามการเปลี่ยนแปลงในการควบคุม 26
2.37 การหมุนตำแหน่งของ Servo Motor ที่มุม 45 องศา 27
2.38 Servo Motor Block Diagram 27
2.39 โปรแกรมSOLIDWORK 2017 28
2.40 แถบเครื่องมือเริ่มต้น 28
2.41 หน้าต่างเลือกการเริ่มต้นชิ้นงานใหม่ 29
2.42 หน้าต่างการออกแบบชิ้นงาน 29
2.43 เครื่องมือออกแบบ 30
2.44 เครื่องมือปรับแต่งชิ้นงาน 30
2.45 โปรแกรม VNC 31
2.46 โปรแกรม VNC ที่ใช้งานกับ IOS 31
2.47 Lithium battery 32
2.48 โปรแกรม Python 33
2.49 การอ่านค่าความเร็วของ SD Card 34
2.50 สัญลักษณ์ของ SD Card แบบต่างๆ 35
2.51 ขนาดของ SD Card ขนาดต่างๆ 36
2.52 Normal Speed/High Speed/UHS-I Card 37
2.53 UHS-II Card 37
2.54 Switching Regulator Block diagram 38
2.55 Switching Regulator with LM2576T-ADJ 38
2.56 LM2576-12 ในรูปแบบ buck-boost เพื่อสร้างเอาต์พุต 12 V 40
2.57 Negative Boost 40
2.58 WIFI 41
3.1 ตำแหน่งของอุปกรณ์บน Raspberry Pi 3 45
3.2 L298N Dual H-Bridge Motor Controller ที่ผู้วิจัยทำการออกแบบเอง 47
3.3 วงจรภายใน IC LM298 47
3.4 Schematic L298N Dual H-Bridge Motor Controller 48
3.5 PCB L298N Dual H-Bridge Motor Controller 49
3.6 lithium battery LG 18650 50
3.7 ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.8 Servo Motor Tower Pro SG90S 52
3.9 Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E 53
3.10 ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานที่กำหนดไว้ 54
3.11 รูปภาพตัวอย่างและที่สำหรับใส่ค่าความหนา 54
3.12 การกำหนดบริเวณที่ต้องการปรับแต่ง 55
3.13 กำหนดค่าบริเวณที่ต้องการปรับแต่งเพิ่มเติม 55
3.14 บริเวณที่เลือกสำหรับทำงานลดขอบ 56
3.15 ชิ้นงานที่ถูกลดขอบแบบโค้งมน (ซ้าย) และชิ้นงานที่ถูกลดขอบแบบตัดเรียบ (ขวา) 56
3.16 การติดตั้ง VNC Server เราใช้ Tight VNC ลงใน Raspberry Pi 57
3.17 ทำการตั้งรหัสผ่านใน Tight VNC ลงใน Raspberry Pi 57
3.18 ทำการตั้ง Remote Desktop นใน Tight VNC ลงใน Raspberry Pi 58
3.19 การติดตั้ง VNC Client ลงในคอมพิวเตอร์ 58
3.20 ลองใส่พาสเวิร์ดตามที่ตั้งค่าไว้ 58
3.21 Remote Desktop 59
3.22 เมื่อเราทำการรีบูท Raspberry Pi 59
3.23 18650 battery 3.7V 5V 2A step-up module Rechargeable 2X USB 60
3.24 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ 61
4.1 Raspberry Pi 3 62
4.2 Raspberry Pi Camera 62
4.3 L298N Dual H-Bridge Motor Controller 63
4.4 ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1 63
4.5 Servo Motor Tower Pro SG90S 64
4.6 การทดลองสั่งการมอเตอร์ 64
4.7 ชิ้นส่วนด้านล่างของรถสำรวจ 65
4.8 ชิ้นส่วนชั้นบนของรถสำรวจ....65
4.9 ฐานยึดอุปกรณ์เสริม 66
4.10 การติดกล้องบริเวรฝาปิดส่วนหน้า 66
4.11 การจัดวางอุปกรณ์บนชั้นล่างของตัวรถ 67
4.12 การจัดวางอุปกรณ์บนชั้นบนของตัวรถ 67
4.13 ฝาปิด 68
4.14 ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีมีความสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งเราปฏิเสธไม่ได้เลยว่าแทบทุกตารางการใช้ชีวิตของมนุษย์ล้วนมีเทคโนโลยีเข้ามาแทรกซึมอยู่ทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันเราได้ใช้นาฬิกาปลุกให้เราตื่นแทนการใช้เสียงไก่ขันในตอนเช้า, เราได้ใช้ยานพาหะนะเช่น รถยนต์ หรือรถจักรยานยนต์เพื่อเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆแทนการเดิน หรือในด้านการสืบหาความรู้ เราได้ใช้คอมพิวเตอร์ในการสืบค้นข้อมูลแทนการเดินไปเปิดหนังสือทีละเล่มในห้องสมุด ตลอดจนถึงด้านความปลอดภัย เราได้มีการใช้กล้องวงจรปิดในการเฝ้าระวังและจับภาพคนร้าย แทนการจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัย และเราได้คิดค้นเครื่องเตือนแก๊สรั่วที่เตือนการรั่วของแก๊สแทนที่จะใช้สิ่งมีชีวิตในห้องทดลองเป็นตัวบอก เป็นต้น ทั้งนี้เพราะมนุษย์เป็นเผ่าพันธุ์ที่มีการพัฒนาและคิดค้นสิ่งใหม่ๆอยู่ตลอดเวลานั่นเอง ทำให้มนุษย์เราสามารถคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิต ตลอดจนคิดค้นสิ่งที่จะสามารถเสริมสร้างความปลอดภัยในการดำรงชีวิตให้การใช้ชีวิต และการทำกิจกรรมต่างๆ มีความปลอดภัยมากขึ้น

จากกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน จะพบว่าเราได้นำสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันมากมายเหลือเกิน ทั้งนี้ก็เพื่อให้การทำงานมีความสะดวก รวดเร็วและสบาย ซึ่งเทคโนโลยีที่โดดเด่นที่เราสามารถพบเห็นได้ในปัจจุบันคือ เทคโนโลยีการแสดงภาพจริงที่ข้อมูลภาพมีลักษณะระบบการประมวลผลข้อมูลที่ทำในทันทีที่ข้อมูลถูกส่งเข้า หรือเรียกอีกชื่อว่า Real-Time Images ซึ่งเทคโนโลยีนี้ก็เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีภาพที่มีบทบาทอย่างมากในปัจจุบันและในอนาคต เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่แสดงภาพสองมิติขณะนั้นๆที่ทำให้เราได้ทราบเหตุการณ์แบบทันทีทันใด เทคโนโลยีภาพ Real-Time Images จึงใดรับความนิยมและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง

พวกเรากลุ่มนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้มีการคิดริเริ่มที่จะประยุกต์นำเทคโนโลยีภาพสามมิติมาใช้กับการสำรวจ ในที่นี้ได้เจาะจงไปกับการสำรวจในพื้นที่เข้าถึงยากที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปสำรวจเองได้ สาเหตุจากขนาดทางกายภาพของมนุษย์และด้านความปลอดภัยในการเข้าถึงพื้นที่นั้นๆด้วยตนเอง เนื่องจากเทคโนโลยีภาพ Real-Time Images มีลักษณะการจับภาพ ประมวลผล และแสดงผลได้ทันทีทันใด เมื่อนำมาประยุกต์กับการสำรวจ ทำให้เราสามารถเห็นภาพพื้นที่นั้นๆที่มีลักษณะเป็นภาพขณะปัจจุบันที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้เราทราบข้อมูลของสถานที่จริง นำไปสู่การเตรียมความพร้อมก่อนสำรวจพื้นที่ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจระบบการทำงานของวงจรทั้งหมดที่ใช้ในการควบคุมการขับเคลื่อนของรถสำรวจ รวมไปถึงระบบการทำงานของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับภาพของตัวรถสำรวจที่ใช้สำรวจในพื้นที่เข้าถึงยาก

1.2.2 เพื่อสามารถทำการออกแบบและสร้างสรรค์อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของตัวรถสำรวจทั้งด้านการขับเคลื่อน ตลอดจนด้านการจำภาพจริงจากภายนอก

1.2.3 เพื่อศึกษา, ออกแบบ,และสร้างรถสำรวจที่ใช้ในการสำรวจพื้นที่เข้าถึงยากที่มีการควบคุมตัวรถแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง, มีขนาดเหมาะสมต่อการใช้งานและมีการใช้งานที่ง่ายต่อการการใช้งาน

1.2.4 เพื่อเรียนรู้ถึงปัญหาที่พบจากการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานจริง ทั้งนี้หมายถึงปัญหาที่อยู่นอกเหนือการคำนวณจากทฤษฎี และปัญหาจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่อยู่เหนือการควบคุมของผู้ทำการวิจัย

1.2.5 เพื่อเรียนรู้ที่จะแก้ไขปัญหาจริงที่พบจากการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 สามารถเข้าใจหลักการทำงานของรถสำรวจทั้งระบบการเคลื่อนที่ของตัวรถสำรวจ, ระบบการรับภาพของตัวกล้องที่ติดกับรถสำรวจ, การออกแบบโครงสร้างของตัวรถสำรวจ, และตลอดจนระบบการแสดงผลภาพที่ได้รับมาจากรถสำรวจ

1.3.2 สามารถสร้างรถสำรวจที่มีการควบคุมแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพ,มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน, และมีการส่งภาพจากพื้นที่เข้าถึงยากแล้วส่งมาที่จุดประมวลผลได้

1.3.3 สามารถแสดงภาพจริงที่มีการรับภาพจากพื้นที่เข้าถึงยากแล้วส่งมาที่จุดประมวลผลได้ในลักษณะ Real-Time Images โดยภาพนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ศึกษาลักษณะของพื้นที่จริงที่จำเป็นต้องใช้รถสำรวจเข้าไปตรวจสอบ

1.4.2 ออกแบบและสร้างรถสำรวจ ที่สามารถจับภาพในพื้นที่เข้าถึงยากและสามารถส่งภาพมายังจุดประมวลผลได้ทันทีในลักษณะ Real-Time Images

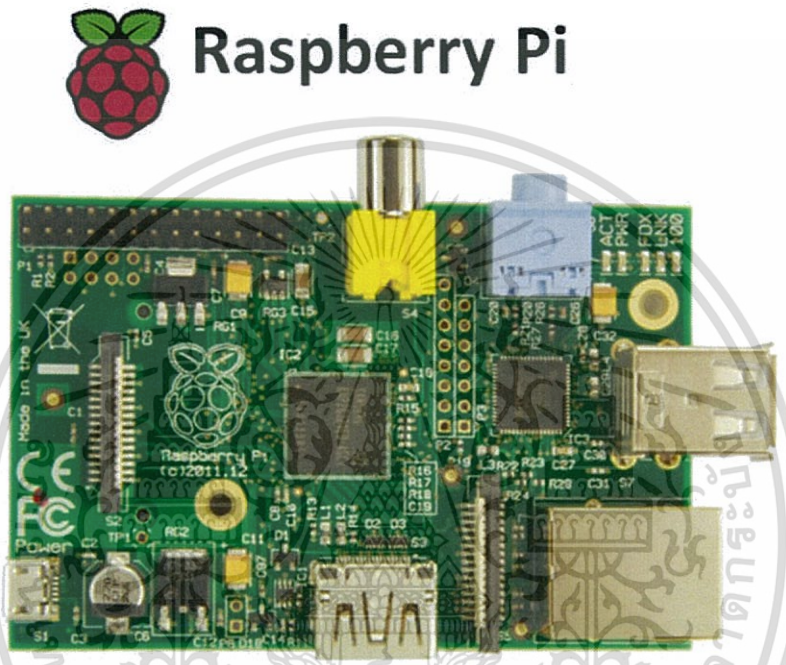
1.4.3 ออกแบบและสร้างตัวแสดงภาพที่รับมาจากรถสำรวจ

1.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาข้อผิดและและนำข้อผิดพลาดไปปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Raspberry Pi



รูปที่ 2.1 Raspberry Pi model B Revision 2.0

Raspberry Pi คือบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีราคาถูก ทว่ามีความสามารถเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์ขนาดย่อมๆ รองรับการใช้งานได้เหมือนคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ต่อจอภาพและอุปกรณ์ USB เพื่อใช้งานได้ ไม่ว่าจะเป็นเมาส์ คีย์บอร์ด หรือ USB WiFi ทั้งยังมีจุดเด่นที่ต่างจากคอมพิวเตอร์ทั่วไปคือ มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตหรือ GPIO ให้ใช้งาน ด้วยสาเหตุนี้เองทำให้เราสามารถประยุกต์นำ Raspberry Pi ไปต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำงานที่เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ได้

จุดประสงค์ของบอร์ด Raspberry Pi คือ ใช้ในด้านการศึกษาและเรียนรู้สำหรับเยาวชน แต่ด้วยความสามารถ ขนาดและราคา ทำให้ Raspberry Pi กลายเป็นบอร์ดยอดนิยมสำหรับนักเล่น นักทดลองเป็นอย่างมาก เพราะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบนั่นเอง

นอกเหนือจากด้านการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นระบบอัตโนมัติอย่าง Home Automation หรือระบบเซิร์ฟเวอร์หรือหน่วยบริการข้อมูลขนาดย่อมก็ทำได้ ในปัจจุบันมีผู้ผลิตสินค้าหลายรายที่นำ Raspberry Pi ไปใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 จุดกำเนิดของ Raspberry Pi

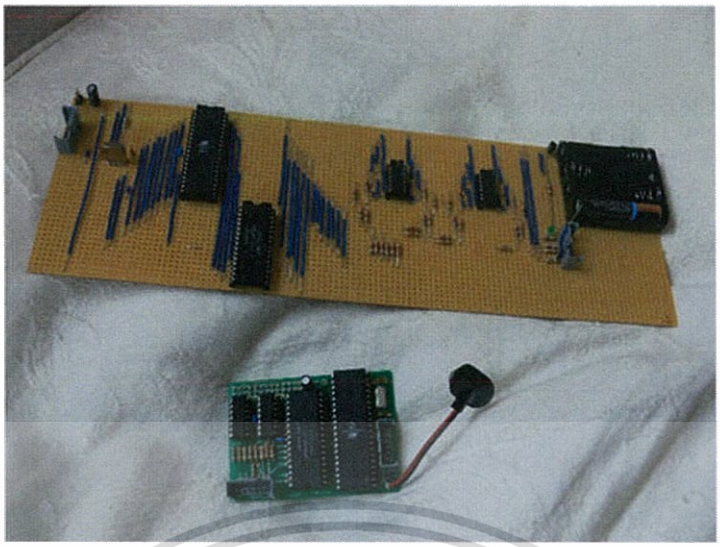
รูปที่ 2.2 Eben Upton ผู้ให้กำเนิดบอร์ด Raspberry Pi

Raspberry Pi ถูกสร้างขึ้นภายใต้แนวคิดที่ไม่ซับซ้อนว่า “ต้องการให้เด็กๆ สามารถหัดเขียนโปรแกรมได้เองโดยใช้เครื่องมือที่ไม่แพง” แนวคิดนี้มาจากมูลนิธิ Raspberry Piทางมูลนิธิ Raspberry Pi ได้คิดหาทางที่จะทำให้เด็กๆสนใจและหัดเขียนโปรแกรมคือหาเครื่องมือให้พวกเขาในรูปแบบฟรี หรือถูกที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ด้วยเหตุนี้เอง Raspberry Pi จึงถูกสร้างขึ้นมาโดย Eben Upton

คณะทำงานในมูลนิธิ Raspberry Pi ได้มีการแจกจ่ายอุปกรณ์นี้ให้กับผู้เรียนในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ สหราชอาณาจักร เพื่อเรียนรู้และระดมสมอง โดยมีเป้าหมายไปสู่การพัฒนาสื่อ เพื่อช่วยให้เด็กสนใจในการเขียนโปรแกรม นั่นเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้มีคนรู้จัก Raspberry Pi แต่ก็ยังจำกัดอยู่ในแวดวงการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยเท่านั้น

ย้อนหลังไปในปี ค.ศ.2006 ต้นแบบแรกของ Raspberry Pi ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega644 ของ Atmel โดยมีการเผยแพร่วงจรและแบบลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์สู่สาธารณะ ด้วยการดำเนินในลักษณะนี้ Eben Upton ผู้ให้กำเนิด Raspberry Pi สามารถรวบรวมกลุ่มของครู อาจารย์ นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ทั้งด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ข้อคิดเห็น จนนำไปสู่การเลือกชิพประมวลผลใหม่ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากเครื่องคอมพิวเตอร์ BBC Micro ของ Acorn ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิพ ARM เดิม Raspberry Pi ถูกตั้งชื่อว่า ABC computer เนื่องจากต้องการสื่อสารทางการตลาดว่า นี่คือคอมพิวเตอร์เพื่อเริ่มต้นเทียบได้กับหนังสือเรียนภาษาอังกฤษ ABC นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 บอร์ดรุ่นแรกของ Raspberry Pi

จากนั้น Upton ได้ผลิตบอร์ดคอมพิวเตอร์ต้นแบบตัวใหม่ออกมาโดยใช้ ARM โปรเซสเซอร์ มีขนาดเท่ากับ USB Flash drive โดยมีจุดต่อพอร์ต USB 1 ช่อง และพอร์ตต่อจอภาพ HDMI อีก 1 ช่อง นั่นแสดงให้เห็นถึงวิสัยทัศน์ของ Upton ที่เชื่อว่าจอแสดงผลความละเอียดสูงที่ใช้ช่องทางการสื่อสารแบบ HDMI จะเป็นคำตอบสำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์ในยุคใหม่ และ Raspberry Pi จะต้องมีความสามารถนี้เป็นหลัก

จากนั้นอีก 5 ปี ในเดือนสิงหาคม ค.ศ.2011 Upton ได้ผลิตบอร์ดเวอร์ชั่น Alpha จำนวน 50 ชุดออกมา ซึ่งได้รับการตอบรับที่ดีขึ้นจากเดิม ในเดือนธันวาคมปีเดียวกันนั้นได้ผลิต Raspberry Pi Model B ในรุ่น Beta จำนวน 25ชุด โดยครั้งนี้ได้ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux ที่สามารถเล่นไฟล์วีดิโอที่มีความละเอียดในระดับ HD ซึ่งความละเอียด 1080p เพราะเหตุนี้เองทำให้วงการ Embedded System และคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหันไปให้ความสนใจ Raspberry Pi มากขึ้น

ในสัปดาห์แรกของ ค.ศ.2012 บอร์ด Raspberry Pi จำนวน 10 บอร์ดถูกส่งไปประมูลในเว็บไซต์ E-Bay และส่วนหนึ่งได้รับการการประมูลจากพิพิธภัณฑ์ The Center for Computing History บอร์ด Raspberry Pi 10 ชุดแรกสามารถสร้างมูลค่าจากการประมูลได้มากกว่า 16,000 ปอนด์ โดยบอร์ดที่มีเลขรหัสประจำตัว 01 มีมูลค่าสูงถึง 3,500 ปอนด์

ต่อมาโครงการ Raspberry Pi นี้ได้รับการขยายผลโดย BBC อันเป็นเครือข่ายวิทยุและโทรทัศน์ที่ทรงอิทธิพลของสหราชอาณาจักรและของโลก ทันทีที่ทั่วโลกได้รับข่าวสารของ Raspberry Pi ยอดการสั่งซื้อก็หลั่งไหล่มาอย่างมากมาย บริษัทที่ดูแลการผลิตและจำหน่ายทั้ง RS และ Element 14 ต้องวางแผนการผลิตใหม่ เพื่อรองรับกับกระแสความนิยมในตัว Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

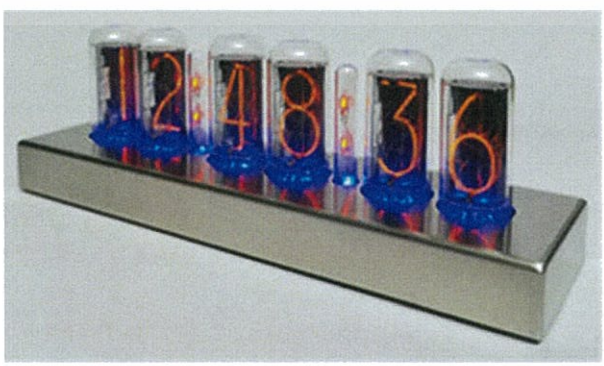
2.1.2 ความสามารถในการทำงานของ Raspberry Pi

Raspberry Pi สามารถทำทุกอย่างที่คอมพิวเตอร์ใหญ่ๆ ทำได้ แต่จุดเด่นคือมีความยืดหยุ่นมากกว่าเมื่อนำไปใช้ในโครงงานระบบสมองกลฝังตัวเพราะมีขนาดเล็ก มีพอร์ต GPIO สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน ทั้งยังสามารถทำการส่งสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆทำได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกทั้งยังมีราคาที่ไม่สูง เหมาะสำหรับคนในทุกระดับ เพียงมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม

มีตัวอย่างการใช้งานจำนวนมาก เช่น การนำไปใช้งานด้านความบันเทิง ทำเป็นเครื่องเล่นสื่อผสมหรือ Media player ราคาประหยัด โดยต่อ Raspberry Pi เข้ากับฮาร์ดดิสที่บรรจุไฟล์เพลงหรือภาพยนตร์ แล้วทำการเรียกออกมาเพื่อเล่นภายใต้คุณภาพในระดับ HD เมื่อใช้กับจอภาพแบบ HDMI หรือตลอดจนนำไปสร้างเป็นสมาร์ตทีวีหรือโทรทัศน์อัจฉริยะที่รับชมรายการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถท่องเว็บไซต์เกมออนไลน์ โดยทั้งหมดนี้ไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่อีกต่อไป เพียงมี Raspberry Pi, แหล่งจ่ายไฟที่มีเสถียรภาพและจอ HDMI ร่วมกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเท่านั้น

นอกจากนั้นยังนำ Raspberry Pi ไปเชื่อมต่อกับตัวตรวจจับและระบบสื่อสารไร้สายเพื่อสร้างระบบดาต้าล็อกเกอร์ หรือระบบมอนิเตอร์ที่ต้องการงานประมวลผลของข้อมูลที่สูงทั้งจำนวนและความเร็ว นำไปสร้างหุ่นยนต์ที่มีขีดความสามารถสูงทั้งเพื่อการเข่งขันและ การใช้ในอุตสาหกรรม ทั้งหมดนี้ทำได้ไม่ยากและเป็นไปได้ด้วยบอร์ด Raspberry Pi

รูปที่ 2.4 คอมพิวเตอร์ที่สร้างจาก Raspberry Pi



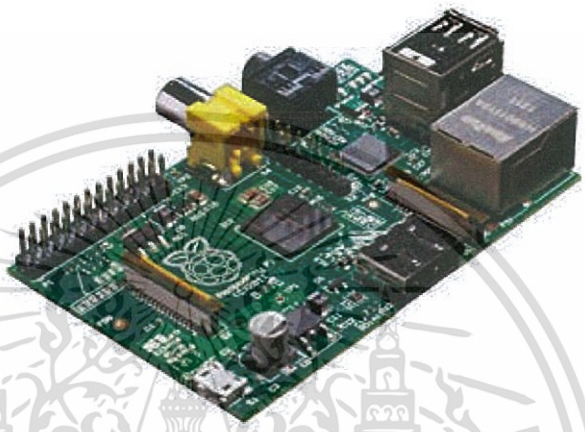
รูปที่ 2.5 นาฬิกาย้อนยุคจากหลอด Nixxie ควบคุมด้วย Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 รุ่นของบอร์ด Raspberry Pi

2.1.3.1 Raspberry Pi Model B

เป็นบอร์ด Raspberry Pi ที่ออกวางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์รุ่นแรก โดยใช้ซีพียู BCM2535 ชิพ ARM11 core ARM1176JZF-S ความเร็ว 700 MHz ที่รวมหน่วยประมวลกราฟิกหรือ GPU ไว้ภายในตัวถังเดียวกัน มีหน่วยความจำแรม 2 5 6 MB ต่อมาเพิ่มเป็น 512 MB



รูปที่ 2.6 Raspberry Pi Model B

2.1.3.2 Raspberry Pi Model A

เป็นบอร์ด Raspberry Pi ที่ออกมาตามหลังมา โดยมีการตัดอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานออกไป เพื่อทำให้ต้นทุนลดลง สำหรับนำไปผลิตเป็นสินค้าเพื่อให้แข่งขันได้ โดยยังคงใช้ซีพียู BCM2835 หน่วย ความจำแรม 512MB

รูปที่ 2.7 Raspberry Pi Model A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 Raspberry Pi Model B+

ทางมูลนิธิ Raspberry Pi จึงตัดสินใจปรับรูปแบบของบอร์ด Raspberry Pi โดยยังคงใช้ซีพียู BCM2835 หน่วยความจำแรม 512MB มีจุดต่อLAN และ HDMI จุดที่ทำการปรับเพิ่มนั้นมีดังนี้

1. เพิ่ม Port USB 2.0 เป็น 4 พอร์ต (จากเดิม 2)
2. รวมช่องเสียบหูฟัง 3.5mmเข้ากับช่อง RCA กลายเป็นช่อง AV
3. เพิ่ม GPIO เป็น 40 ขา
4. เปลี่ยนช่อง SD card เป็น micro SD card เพื่อรองรับการ์ดที่มีค่าความจุสูงขึ้นกว่าเดิม

รูปที่ 2.8 Raspberry Pi Model B+

2.1.3.4 Raspberry Pi Model A+

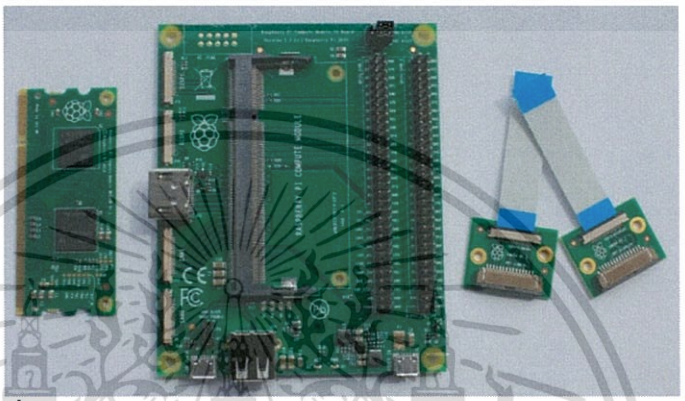
รุ่น A+ ได้รับการออกแบบแผงวงจรใหม่ทั้งหมด โดยไม่ใช้วิธีเดียวกับรุ่น A ทำให้บอร์ดมีขนาดเล็กลงนำไปติดตั้งในผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น และต้นทุนรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยส่วนที่ตัดออกคือ LAN และจำนวนพอร์ต USB เหลือ 1

รูปที่ 2.9 Raspberry Pi Model A+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.5 Raspberry Pi compute module

สำหรับบอร์ด Raspberry Pi รุ่นนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อนำไปสร้างระบบคอมพิวเตอร์ในแบบเฉพาะตัว (custom system) โดยตัดส่วนของซีพียูและอุปกรณ์สำคัญออกมาเป็นโมดูลคล้ายโมดูลหน่วยความจำ ดังรูปที่ 1-9 (ซ้ายสุด) ในโมดูลหลักประกอบด้วย โปรเซสเซอร์ BCN2835, แรม 512MB และหน่วยความจำแฟลช 4GB บรรจุในแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีขนาดเพียง 67.6 x 30 มม. ตามขนาดมาตรฐานของโมดูล DDR2 SODIMM



รูปที่ 2.10 Raspberry pi compute module development kit

เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานโมดูล Raspberry Pi แบบนี้ บอร์ด Compute Module IO จึงเกิดขึ้น

สำหรับนำโมดูล Raspberry Pi compute ไปติดตั้ง โดยบอร์ด IO นี้จะมีจุดต่อไฟเลี้ยง , จุดต่อพอร์ต USB ทั้งแบบ A และ micro USB สำหรับบูทระบบจากโฮสต์ที่ต่อเข้ามาร่วมใช้งานด้วย, จุดต่อพอร์ต GPIO และจุดต่อ HDMI ส่วนการติดต่อกับโมดูลกล้องและจอแสดงผลผ่านพอร์ต CSI และ DSI ก็จะมีบอร์ดอะแดปเตอร์มาช่วยดังในรูปที่ 2.10

2.1.3.6 Raspberry Pi

หลังจากบอร์ด Raspberry Pi ออกวางจำหน่าย ก็มีผู้ผลิตอื่นๆ หลายรายผลิตบอร์ดคอมพิวเตอร์ที่ทำงานในลักษณะเดียวกันออกมาจำนวนมากทางมูลนิธิ Raspberry Pi จึงได้ผลิตบอร์ดรุ่นใหม่ออกมา โดยเปลี่ยนซีพียูเป็นBCM2835 ซึ่งเป็นชิพ Arm Cortex-A7 แบบ 4 แกน และเพิ่มหน่วยความจำเป็น 1GB กำหนดชื่อเป็น Raspberry Pi 2 มีความเร็วในการทำงานสูงขึ้นถึง 6 เท่า

การเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อตลาดในทันที บอร์ด Raspberry Pi 2 ได้รับการตอบรับดีมาก Microsoft ประกาศพัฒนาระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 ในรุ่นพิเศษที่รองรับ Raspberry Pi 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติทางเทคนิคของ Raspberry Pi2 มีดังนี้
  1. ชิพประมวลผลหลัก : Broadcom BCM2836 ARM Cortex-A7 quad core ความเร็ว 900MHz
  2. หน่วยประมวลกราฟิกหรือ GPU : Broadcom VideoCore IV dual-core GPU หรือเทียบเท่ารองรับการแสดงผลผ่านจอ HDMI
  3. หน่วยความจำ SDRAM : 1GB LPDDR2
  4. จุดเชื่อมต่อ : USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ตรองรับการขยายผ่าน USB hub ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB ได้หลายแบบ อาทิ เมาส์, คีย์บอร์ด, WiFi, บลูทูธ, ฮาร์ดดิสก์ภายนอก, USB แฟลชไดรฟ เป็นต้น
  5. Port AV ที่รวมเอาต์พุตเสียงและสัญญาณภาพหรือวีดิโอไว้ด้วยกัน
  6. Port LAN
  7. General Purpose Input/ Output : GPIO 40 ขา ที่มีขาต่อบัส SPI (Serial Peripheral Interface Bus), IC,IS, ขาสัญญาณรับส่งข้อมูลอนุกรม หรือ UART
  8. Port micro SD card สำหรับเสียบ micro SD card
  9. จุดต่อ CSI สำหรับต่อโมดูลกล้อง Raspberry Pi
  10. จุดต่อ DSI สำหรับจอแสดงผล LCD
  11. จุดต่อไฟเลี้ยง +5V ผ่านคอนเน็กเตอร์ microUSB
  12. ความต้องการไฟเลี้ยง : +5V 1.5A เป็นอย่างน้อย แนะนำใช้งานกับอะแดปเตอร์ไฟตรง +5V 2A หรือเครื่องจ่ายไฟสำรองหรือเพาเวอร์แบงก์ +5v ขนาดตั้งแต่ 3,000 mA ขึ้นไป
  13. ขนาด : 85 x 56 มม.

- ส่วนประกอบต่างๆของบอร์ด Raspberry Pi 2

1. ส่วนประมวลผล

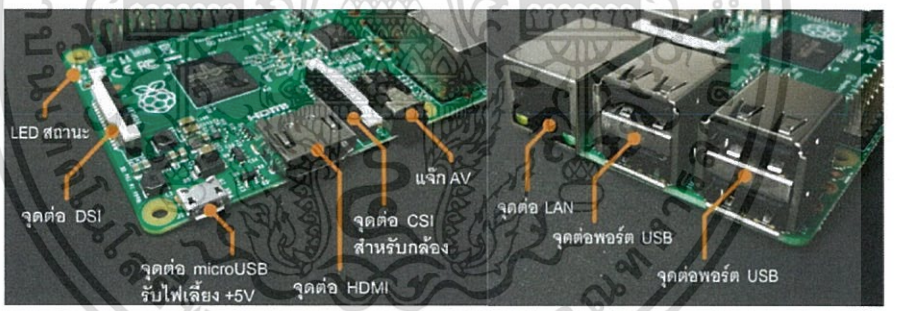
บอร์ด Raspberry Pi 2 ใช้ชิพประมวลผลจาก Broadcom BCM2836 เป็นซีพียู 4 แกนที่ใช้งานสถาปัตยกรรม ARM cortex-A7 ทำงานด้วยความถี่ 900 MHz และมีชิพประมวลผลกราฟิกเป็น VideoCore IV แบบ 2 แกนที่รองรับ OpenGL ES 2.0, OpenVG และรองรับ Decode H.264 ระดับ 1080p30 มีหน่วยความจำข้อมูลแรมแบบ LPDDR2 ความจุ 1GB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 ARM cortex-A7ส่วนประมวลผลของ Raspberry Pi 2

2. จุดต่ออุปกรณ์ภายนอก

มีจุดต่อ HDMI สำหรับต่อกับจอแสดงผลความละเอียดสูง รองรับ HDMI 1.3 และ 1.4 มีแจ๊ก AV 3.5 มม. สำหรับเอาต์พุตเสียงสเตอริโอและสัญญาณ ภาวะแบบ Component Video, มีจุดต่อแหล่งจ่ายไฟ +5V ผ่านทางคอนเน็กเตอร์ microUSB, รองรับการเชื่อมต่อโมดูลกล้องผ่าน Camera Serial Interface, เชื่อมต่อจอแสดงผลผ่านคอนเน็กเตอร์ DSI (Display Serial Interface), รองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายสาย LAN ผ่านจุดต่ออีเธอร์เน็ต และจุดต่อพอร์ต USB 4 ช่อง เพื่อต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

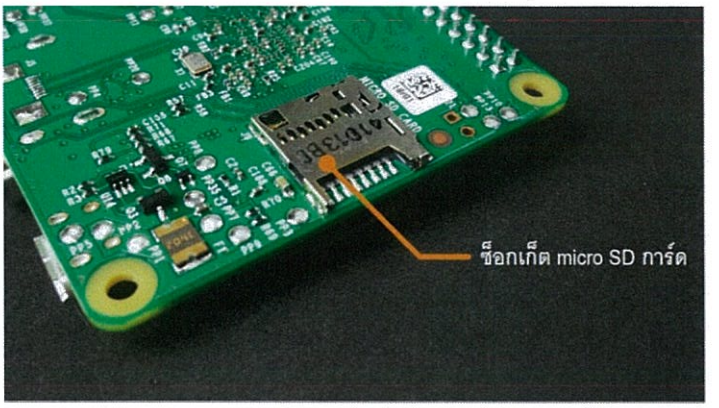


รูปที่ 2.12 จุดต่ออุปกรณ์ภายนอกของ Raspberry Pi 2

3. ส่วนติดต่อการ์ดหน่วยความจำ

หน่วยความจำข้อมูลและระบบปฏิบัติการของบอร์ด Raspberry Pi 2 จะถูกเก็บไว้อยู่ในแผ่นหน่วยความจำ micro SD การ์ด โดยมีช่องเสียบ micro SD อยู่บริเวณที่ใต้บอร์ด

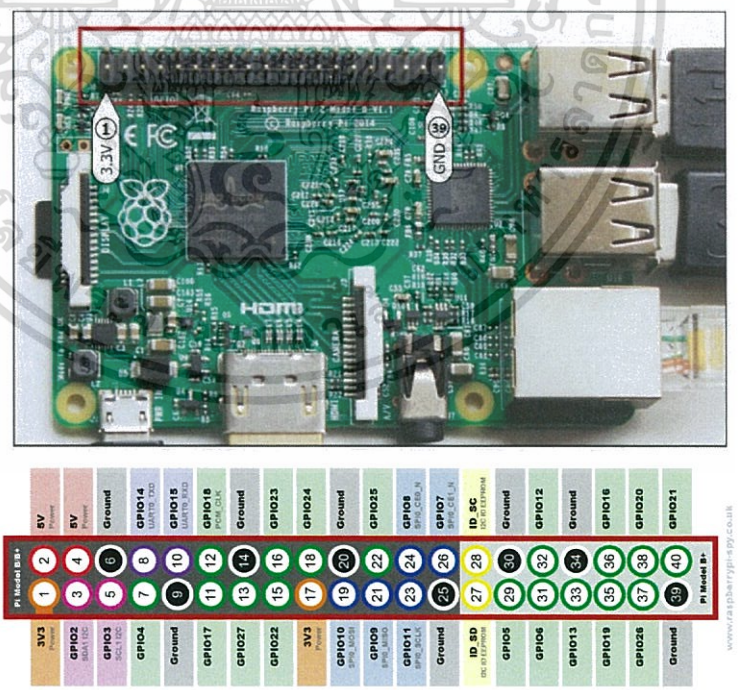
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ส่วนติดต่อการ์ดหน่วยความจำ Raspberry Pi

4. จุดต่อพอร์ต GPIO

ที่ขาดไม่ได้เลยสำหรับบอร์ด Raspberry Pi 2 นั่นคือ พอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอลอเนกประสงค์ หรือ GPIO 40 ขา เพื่อนำไปต่อเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีขาพอร์ตที่รองรับระดับสัญญาณลอจิก 3.3 V ให้ใช้งานรวม 26ขา รองรับUART , I²C และ SPI แต่ไม่รองรับอินพุตเอาต์พุตอนาลอกโดยตรง



รูปที่ 2.14 จุดต่อพอร์ต GPIO ของ Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การเชื่อมต่อ Raspberry Pi

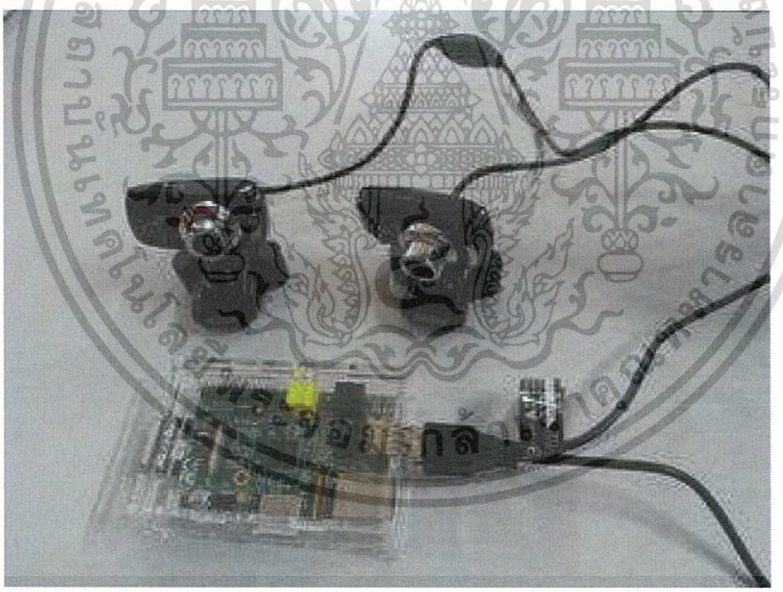
เราสามารถเชื่อมต่อ Raspberry Pi เข้ากับจอคอมพิวเตอร์, จอทีวีหรือจอรับภาพได้ทั้งในการเชื่อมต่อแบบมีสายและไร้สาย

2.1.4.1 การเชื่อต่อแบบใช้สาย โดย Raspberry Pi

สามารถเชื่อมต่อโดยใช้การเชื่อมต่อสายลักษณะ HDMI ได้ หรือถ้าไม่มีพอร์ต HDMI ก็สามารถต่อผ่านสายสัญญาณวิดีโอปกติ (เส้นสีเหลือง) ได้เช่นกัน แต่ความละเอียดอาจจะต่ำกว่า

2.1.4.2 การเชื่อมต่อแบบไร้สาย โดย Raspberry Pi

สามารถเชื่อมต่อโดยผ่าน WIFI นอกจากต่อจอแสดงผลแล้วต้องต่ออุปกรณ์รับข้อมูล Raspberry Pi นี้รองรับเมาส์และ คีย์บอร์ดผ่าน USB port ปกติ เพราะฉะนั้นสามารถนำเมาส์และคีย์บอร์ดที่มีอยู่แล้วมาต่อได้ เลย ระบบจ่ายไฟของ Raspberry Pi ก็ง่ายมากเพียงเสียบสาย Mini USB ที่เราใช้ชาร์จมือถือและอุปกรณ์ อื่นๆ เข้ากับคอมพิวเตอร์ หรือเข้ากับหัวชาร์จไฟมือถือก็ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการทำงานของ Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

รูปที่ 2.16 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

2.2.1 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์นั้นมีหลายแบบหลายชนิด ผู้ใช้งานจะต้องทราบถึงความหมาย และชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดจนคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดก่อนจะนำไปใช้งาน จุดประสงค์เพื่อที่สามารถเลือกมอเตอร์ไปใช้งานตามความเหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ชิ้นงาน

2.2.1.1 ความหมายของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ที่มีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

เราสามารถแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตามการใช้กระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์

เมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้

- ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

1. มอเตอร์อะซิงโครนัส หรือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ

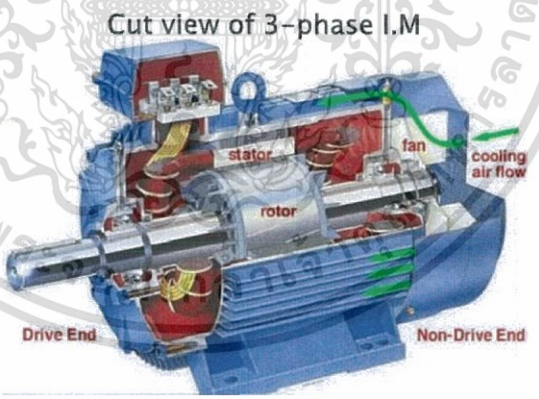
ที่เรียกเช่นนี้เพราะว่ามีการทำงานเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ โรเตอร์ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแต่จะได้จากการเหนี่ยวนำ

มอเตอร์อะซิงโครนัสจะมีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆไปจนถึงขนาดหลายร้อยแรงม้า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1เฟส และ ชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3เฟส มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนั้นส่วนมากแล้วจะหมุนด้วยความเร็วคงที่แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.1. มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก ซึ่งมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส

1.2. มอเตอร์ชนิดขดลวดพันหรือชนิดวาวน์ด์หรือมอเตอร์สลิปริง ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส

2. มอเตอร์ซิงโครนัส



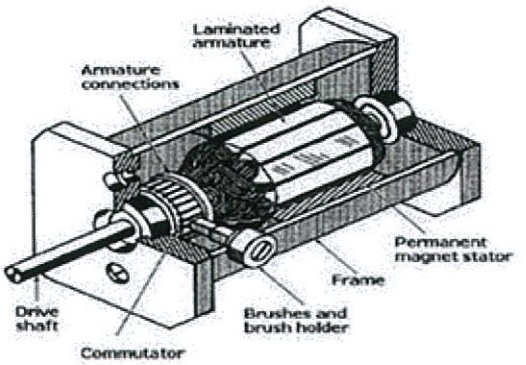
รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)
- มอเตอร์แบบอนุขนาน (Shunt Motor)
- มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสม (Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำ สุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า ,โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน

ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

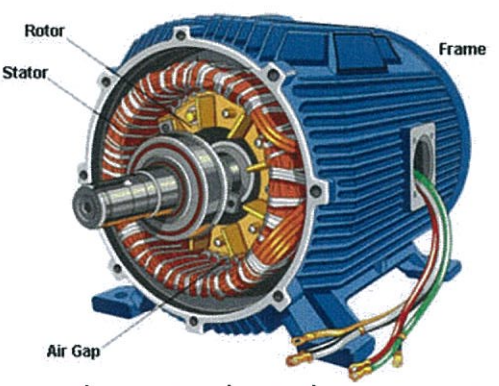
2.2.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

2.2.2.1 สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

1. เฟรม หรือ โยค (Frame Or Yoke)

เป็นโครงภายนอก ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก



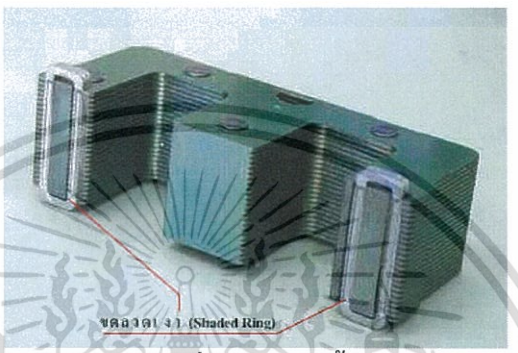
รูปที่ 2.19 ส่วนที่อยู่กับที่ หรือ สเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole)

- ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core)

ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับ เฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะส่งผล ให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดทำให้เกิดกำลังบิดของโรเตอร์ มาทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน



รูปที่ 2.20 แกนขั้ว

- ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

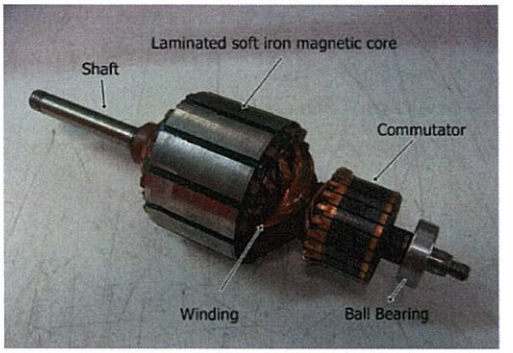
จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างหรือเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิด

รูปที่ 2.21 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

- ตัวหมุน (Rotor)

ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงาน มีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย ของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ตัวหมุน (Rotor)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core)ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลานี้ จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวนเป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ ปลายสายของขดลวด อาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่ สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่ เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าว เรียกปฏิกิริยามอเตอร์
4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ จำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆเพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

2.2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรง เข้าไปในมอเตอร์ส่วนหนึ่งจะแปลงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปใน ขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ - ใต้ ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ ตัดกันทิศทางตรงข้าม จะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้ เรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของแฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.4.1 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า Series Fieldมีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้า หรือ รถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้ จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น , เครื่องผสมอาหาร , สว่านไฟฟ้า , จักรเย็บผ้า หรือ เครื่องเป่าผม เป็นต้น

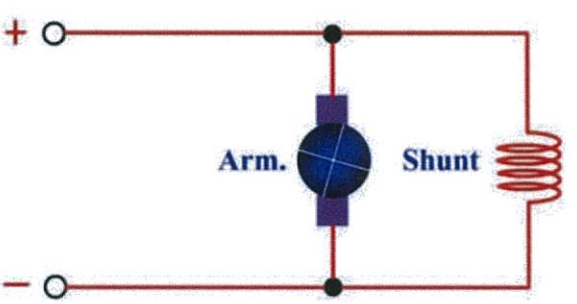
มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมาก ความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้น เมื่อเราเริ่ม สตาทมอเตอร์แบบอนุกรม ต้องมี โหลดมาต่ออยู่

รูปที่ 2.23 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

2.2.4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

มอเตอร์แบบนาดนี้ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะต่อขนาดกับขดลวดชุดอาร์มาเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้คุณลักษณะมีความเร็วคงที่ แรงบิด เริ่มหมุนต่ำแต่ความเร็วรอบคงที่

ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้ พัดลม เพราะพัดลมต้องการความเร็วในการหมุนคงที่และสามารถเปลี่ยนค่าความเร็วได้ง่าย



รูปที่ 2.24 วงจรการท างานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

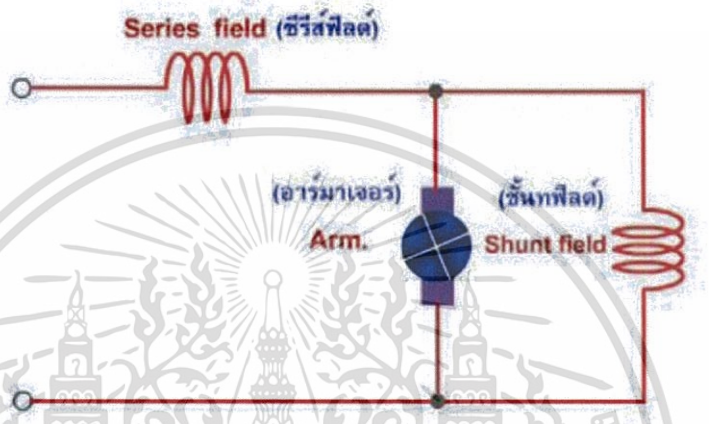
2.2.4.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสผสมชนิดนี้จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน

มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิด แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

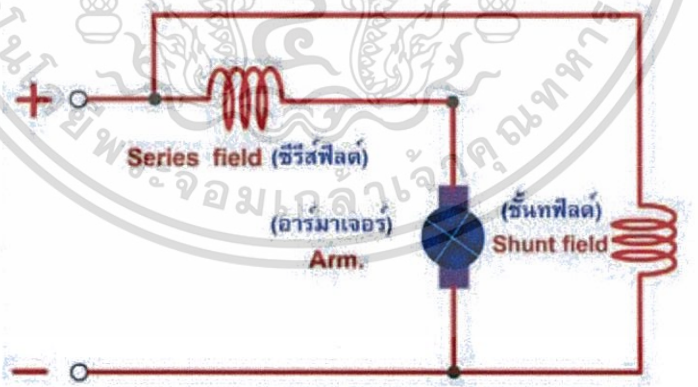
มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี

- วิธีที่ 1 Short Shunt Motor



รูปที่ 2.25 วงจรการทำงานของ Short Shunt Motor

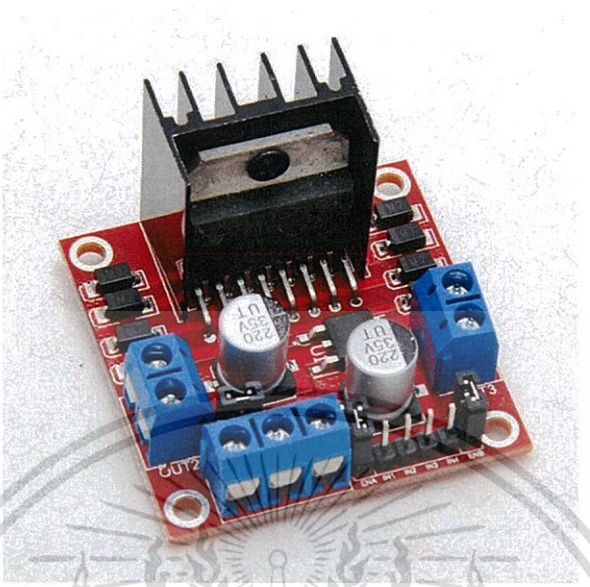
- วิธีที่ 2 Long shunt Compound motor



รูปที่ 2.26 วงจรการทำงานของ Long shunt Compound motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 L298N Dual H-Bridge Motor Controller



รูปที่ 2.27 L298N Dual H-Bridge Motor Controller

2.3.1 การใช้งาน L298N Dual H-Bridge Motor Controller

L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 Channel

2.3.2 หลักการทำงานของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

วงจร H-Bridge ของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิค เพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้ด้วย

2.3.3 ข้อมูลทางเทคนิคของL298N Dual H-Bridge Motor Controller

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

	คุณสมบัติ
Dual H bridge Drive Chip	L298N
แรงดันสัญญาณลอจิค	5V Drive voltage: 5V-35V
กระแสของสัญญาณลอจิค	0 - 36mA
กระแสขับมอเตอร์	สูงสุดที่ 2A (เมื่อใช้มอเตอร์เดียว)
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	25W
ขนาด	43 x 43 x 26 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	26 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ขาต่างๆของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

ตารางที่ 2.2 ขาของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

ชื่อขา	การทำงาน	ชื่อขา	การทำงาน
Out 1	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A	ENA	ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
Out 2	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A	IN1	ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
Out 3	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B	IN2	ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
Out 4	ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B	IN3	ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
12V	ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ (จ่ายได้ตั้งแต่ 5V - 35V)	IN4	ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
GND	ช่องต่อไฟลบ (Ground)	ENB	ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B
5V	ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V		

รูปที่ 2.28 โครงสร้างต่างๆของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Servo Motor

รูปที่ 2.29 Servo Motor

Servo Motor เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว, ควบคุมแรงบิด, และควบคุมแรงตำแหน่ง เพื่อให้มีค่าผลลัพธ์มีความเป็นไปตามความต้องการ โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

Feedback Control คือ ระบบควบคุมที่มีการวัดค่าเอาต์พุตของระบบนำมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมและปรับแต่งให้ค่าเอาต์พุตของระบบให้มีค่า เท่ากับ หรือ ใกล้เคียงกับค่าอินพุต

2.4.1 การควบคุมการทำงานของ Servo Motor

การทำงานเพียงตัว Servo Motor เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้ Servo Motor จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

รูปที่ 2.30 Controller Servo Motor

2.4.1.1 Controller

Controller มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor เคลื่อน ที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทาง ใกล้หรือไกลแค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 Servo Driver

2.4.1.2 Servo Driver

Driver จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว Servo Motor เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการ เพราะเนื่องจาก Servo Driver จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัว Servo Motor ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุม ความเร็ว(Speed Control) , แรงบิด(Toucque) และตำแหน่ง (Position Control) ตัว Servo Driver จะเป็น ตัวกำหนดค่าตัวแปร หรือพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับตัว Servo Motor ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้ Servo Motor ก็จะต้องมี Servo Driver เสมอ

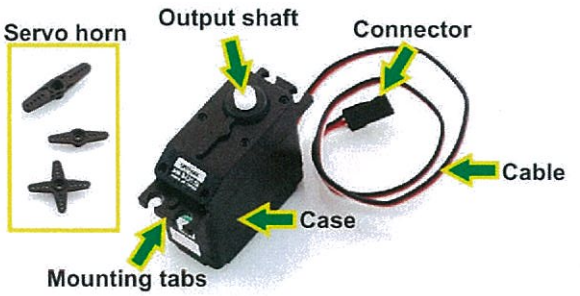
รูปที่ 2.32 Servo Motor

2.4.1.3 Servo Motor

Servo Motor มีหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ ได้รับคำสั่งจากตัว Servo Driver พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัว Servo Driver ว่าตอนนี้ Servo Motor เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไหร่แล้วด้วยสัญญาณ ของตัว Encoder ที่อยู่ภายในตัว Servo Motor ทำให้การเคลื่อนที่ของ Servo Motor นั้นมีความแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 RC Servo Motor



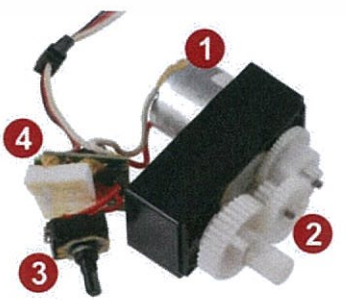
รูปที่ 2.33 ส่วนประกอบภายนอก RC Servo Motor

2.4.2.1 ส่วนประกอบภายนอก RC Servo Motor

1. Case ตัวถัง หรือ กรอบของตัว Servo Motor
2. Mounting Tab ส่วนจับยึดตัว Servo กับชิ้นงาน
3. Output Shaft เพลาส่งกำลัง
4. Servo Horns ส่วนเชื่อมต่อกับ Output shaft เพื่อสร้างกลไกล
5. Cable สายเชื่อมต่อเพื่อ จ่ายไฟฟ้า และ ควบคุม Servo Motor จะประกอบด้วย สายไฟ 3 เส้น และ ใน RC Servo Motor จะมีสีของสายแตกต่างกันไปดังนี้
   - สายสีแดง คือ ไฟเลี้ยง (4.8-6V)
   - สายสีดำ หรือ น้ำตาล คือ กราวด์
   - สายสีเหลือง (ส้ม ขาว หรือฟ้า) คือ สายส่งสัญญาณพัลซ์ควบคุม (3-5V)
6. Connector จุดเชื่อมต่อสายไฟ

2.4.2.2 ส่วนประกอบภายใน RC Servo Motor

1. Motor เป็นส่วนของตัวมอเตอร์
2. Gear Train หรือ Gearbox เป็นชุดเกียร์ทดแรง
3. Position Sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน
4. Electronic Control System เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล



รูปที่ 2.34 ส่วนประกอบภายใน RC Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 หลักการทำงานของ RC Servo Motor

เมื่อจ่ายสัญญาณพัลซ์เข้ามายัง RC Servo Motor ส่วนวงจรควบคุมภายใน Servo จะทำการอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้ Motor หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้น แล้วส่งคำสั่งไปทำการควบคุมให้ Motor หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมี Position Sensor เป็นตัวเซ็นเซอร์คอยวัดค่ามุมที่ Motor กำลังหมุน เป็น Feedback กลับมาให้วงจรควบคุมเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ

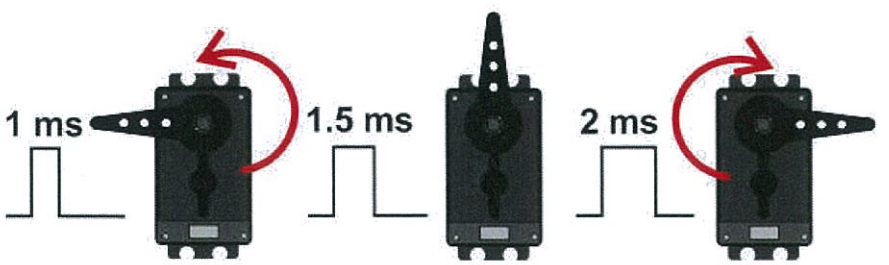
2.4.4 สัญญาณ RC ในรูปแบบ PWM

ตัว RC Servo Motor ออกแบบมาใช้สำหรับรับคำสั่งจาก Remote Control ที่ใช้ควบคุมของเล่นด้วยสัญญาณวิทยุต่างๆ เช่น เครื่องบินบังคับ, รถบังบังคับ, เรือบังคับ เป็นต้น ซึ่ง Remote จำพวกนี้ที่ภาครับจะแปลงความถี่วิทยุออกมาในรูปแบบสัญญาณ PWM

รูปที่ 2.35 สัญญาณ RC ในรูปแบบ PWM

มุมหรือองศาจะขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณพัลซ์ ซึ่งโดยส่วนมากความกว้างของพัลซ์ที่ใช้ใน RC Servo Motor จะอยู่ในช่วง 1-2 ms หรือ 0.5-2.5 ms

ยกตัวอย่างเช่นหากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1 ms Servo Motor จะหมุนไปทางด้ายซ้ายจนสุด ในทางกลับกันหากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 2 ms ตัว Servo Motor จะหมุนไปยังตำแหน่งขวาสุด แต่หากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1.5 ms Servo Motor ก็จะหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง

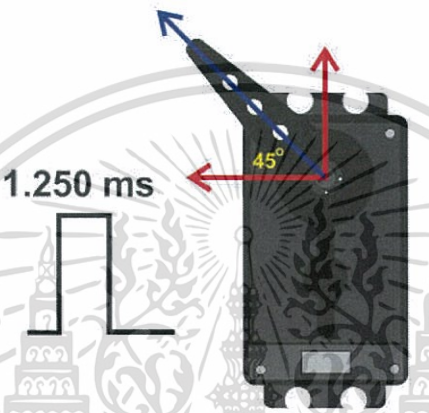


รูปที่ 2.36 การหมุนตำแหน่งของ Servo Motor ตามการเปลี่ยนแปลงในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

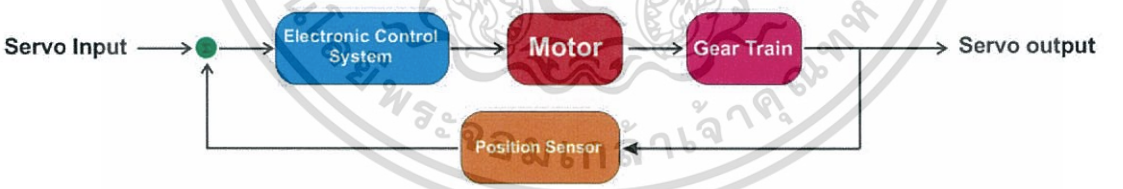
ดังนั้นสามารถกำหนดองศาการหมุนของ RC Servo Motor ได้โดยการเทียบค่า เช่น RC Servo Motor สามารถหมุนได้ 180 องศา โดยที่ 0 องศาใช้ความกว้างพัลซ์เท่ากับ 1000 us ที่ 180 องศาความกว้างพัลซ์เท่ากับ 2000 us เพราะฉะนั้นค่าที่เปลี่ยนไป 1 องศา จะใช้ความกว้างพัลซ์ต่างกัน (2000-1000)/180 เท่ากับ 5.55 us

จากการหาค่าความกว้างพัลซ์ที่มุม 1 องศา หากต้องกำหนดให้ RC Servo Motor หมุนไปที่มุม 45 องศาจะหาค่าพัลซ์ที่ต้องการได้จาก 5.55 x 45 เท่ากับ 249.75 us แต่ที่มุม 0 องศาเราเริ่มที่ความกว้างพัลซ์ 1ms หรือ 1000 us ฉะนั้นความกว้างพัลซ์ที่ใช้กำหนดให้ RC Servo Motor หมุนไปที่ 45 องศา คือ 1000 + 249.75 เท่ากับประมา1250 us



รูปที่ 2.37 การหมุนตำแหน่งของ Servo Motor ที่มุม 45 องศา

2.4.5 Servo Motor Block Diagram



รูปที่ 2.38 Servo Motor Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โปรแกรม SOLIDWORK 2017

รูปที่ 2.39 โปรแกรมSOLIDWORK 2017

SOLIDWORKS 2017 เป็นโปรแกรมสำกรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านการศึกษาและอุตสาหกรรมในปัจจุบัน เพราะเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ที่เป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานง่าย นอกจากนี้ยังเป็นโปรแกรมที่มีมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับการออกแบบและวิศวกรรมอีกด้วย

2.5.1 การใช้งานโปรแกรม SOLIDWORK 2017

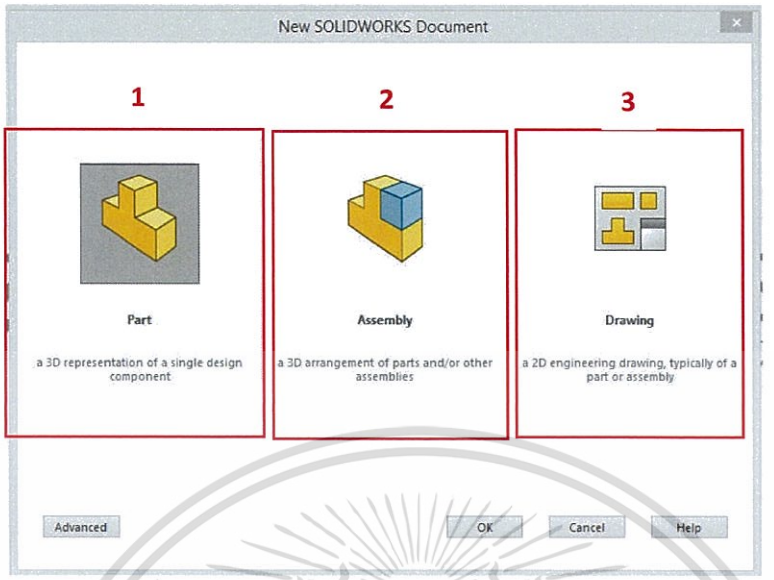
2.5.1.1 แถบเครื่องมือเริ่มต้น

รูปที่ 2.40 แถบเครื่องมือเริ่มต้น

1. เริ่มชิ้นงานใหม่ : ใช้สำหรับเมื่อต้องการเริ่มทำงานออกแบบ
2. เปิดชิ้นงานที่จัดเก็บไว้ : ใช้สำหรับเลือกเปิดชิ้นงานที่เคยบันทึกไว้มาปรับปรุง
3. บันทึกชิ้นงาน : ใช้สำหรับบันทึกชิ้นงานปัจจุบันที่ทำอยู่เพื่อป้องกันการสูญหาย
4. ยกเลิกการกระทำล่าสุด : ใช้สำหรับแก้ไขการกระทำที่ผิดพลาดโดยการย้อนขั้นตอนล่าสุด
5. การตั้งค่า : ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนค่าการแสดงผลหรือการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 เริ่มต้นการใช้งาน

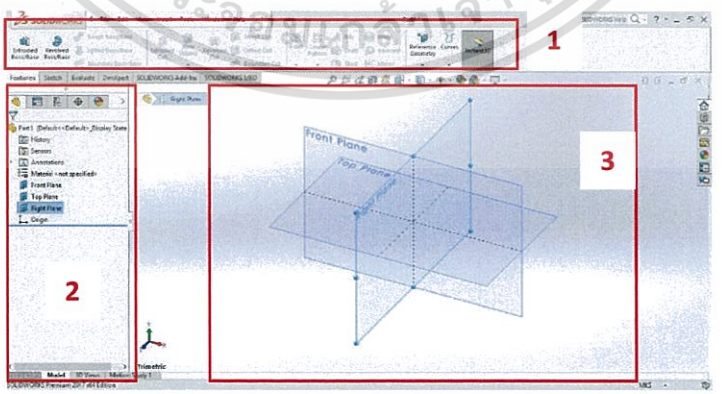


รูปที่ 2.41 หน้าต่างเลือกการเริ่มต้นชิ้นงานใหม่

เมื่อเราต้องการเริ่มต้นชิ้นงานใหม่จะมีตัวเลือกประเภทของชิ้นงานที่เราต้องการจะสร้างมี 3 ประเภทดังนี้

1. เลือกออกแบบชิ้นงานแบบชิ้นส่วนสามมิติที่เราสามารถหมุนหรือปรับมุมมองระหว่างการออกแบบได้อิสระ
2. เลือกออกแบบโดยการนำชิ้นงานที่สร้างไว้แล้วมาประกอบกัน
3. เลือกออกแบบโดยใช้เทคนิคการออกแบบสองมิติ

โดยในรายงานเล่มนี้จะใช้เพียงประเภทที่1และ3เท่านั้น และเมื่อเลือกแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 จะปรากฏหน้าต่างการทำงานขึ้นมาและแบ่งเป็นสามส่วนได้ดังนี้

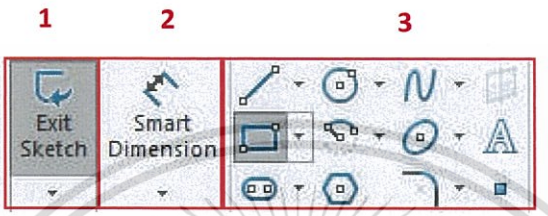


รูปที่ 2.42 หน้าต่างการออกแบบชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แถบเครื่องมือ : เป็นแถบสำหรับเลือกเครื่องมือในการสร้างและปรับปรุง
2. แถบรายละเอียดชิ้นงาน : เป็นแถบสำหรับแสดงรายละเอียดต่างๆของชิ้นงานที่ทำขึ้นมา
3. ส่วนแสดงผล : เป็นบริเวณที่จะแสดงชิ้นงานที่เราออกแบบและสามารถนำเครื่องมือมาแก้ไขชิ้นงานได้ในบริเวณนี้

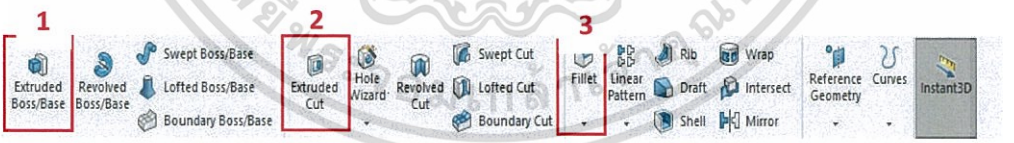
2.5.1.3. เครื่องมือที่สำคัญสำหรับการออกแบบ



รูปที่ 2.43 เครื่องมือออกแบบ

1. เครื่องมือออกแบบแบ่งเป็นสามส่วนดังรูป
   - ตัวเลือกโหมดการร่างเส้น : สำหรับแก้ไขชิ้นงานโดยการร่างสามารถเปิดหรือปิดการใช้งานได้
   - เครื่องมือวัดขนาด : เครื่องมือสำหรับวัดระยะ มุม หรือค่าที่จำเป็นของชิ้นงานได้
   - เครื่องมือเส้น : สำหรับการกำหนดเส้นรูปแบบต่างๆลงบนชิ้นงาน
2. เครื่องมือปรับแต่งชิ้นงาน

   ในการใช้งานเครื่องมือนี้จำเป็นต้องมีการเลือกบริเวณชิ้นงานหรือเส้นบนชิ้นงานก่อนเพื่อใช้เครื่องมือเหล่านี้โดยมีเครื่องมือที่สำคัญได้แก่

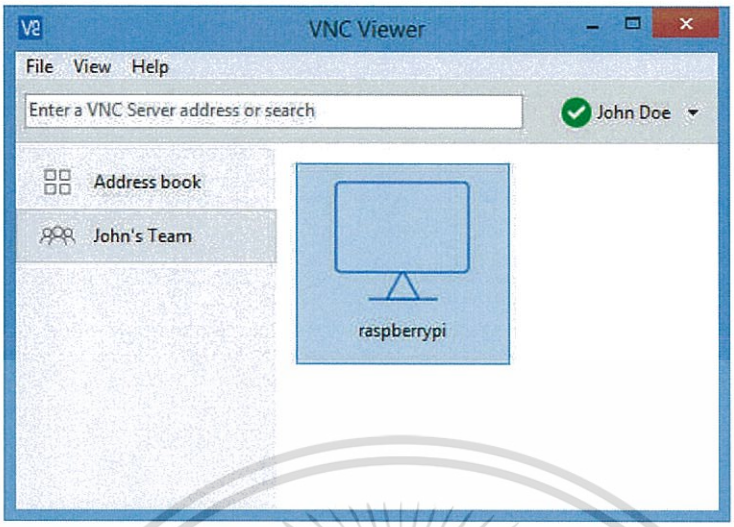


รูปที่ 2.44 เครื่องมือปรับแต่งชิ้นงาน

1. เครื่องมือการยืด สำหรับใช้ยืดหรือขยายบริเวณชิ้นงานหรือเส้นที่เลือกไว้
2. เครื่องมือการเจาะ สำหรับใช้เจาะบริเวณชิ้นงานหรือเส้นที่เลือกไว้
3. เครื่องมือลดขอบ สำหรับการปรับแต่งขอบของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรม VNC



รูปที่ 2.45 โปรแกรม VNC เมื่อใช้งานบน PC

VNC ย่อมาจาก Virtual Network Computing เป็นซอฟต์แวร์ควบคุมระยะไกลซึ่งช่วยให้คุณสามารถดู และโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ("server") โดยใช้โปรแกรมง่ายๆ ("viewer") จากคอมพิวเตอร์อีกหนึ่งเครื่องผ่านอินเทอร์เน็ตได้

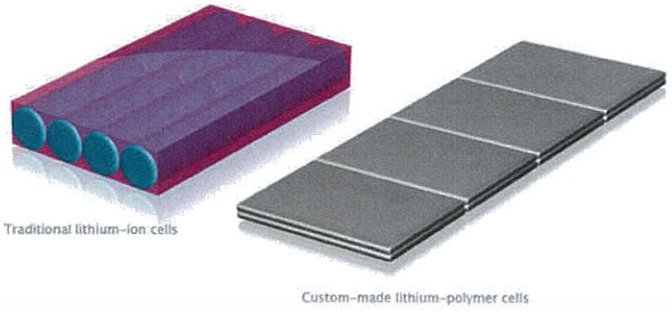
คอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นชนิดเดียวกัน อย่างเช่นคุณจะสามารถใช้ VNC เพื่อดูเครื่อง Linux ของที่ทำงานจากคอมพิวเตอร์ Windows ของคุณที่บ้าน

VNC มีให้ใช้งานฟรีและอย่างเป็นสาธารณะ และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายโดยคนหลายล้านทั้งในการอุตสาหกรรม การศึกษา และแบบส่วนตัว การโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ในระยะไกลเป็นเรื่องที่ง่ายกว่าเดิมมาก

รูปที่ 2.46 โปรแกรม VNC ที่ใช้งานกับ IOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Lithium battery



รูปที่ 2.47 Lithium battery

เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1912 แต่ไม่ถูกใช้อย่างแพร่หลายนัก จนกระทั่ง Sony เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ในปี 1991 (นานเหมือนกันนะครับ กว่าจะเริ่มนิยม) แบตเตอรี่ประเภท Lithium Ion มีความหนาแน่นของพลังงานสูง และที่สำคัญราคาถูกกว่า Lithium Polymer ในการใช้ครั้งแรกไม่ต้องชาร์จก่อน และการปลดปล่อยพลังงานต่ำมาก อย่างไรก็ตาม Lithium Ion จะมีการเสื่อมสภาพตามวัยแม้ไม่ได้ถูกใช้ก็ตาม

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียม

	คุณสมบัติ
ประเภท	กลุ่มที่ 2 (กลุ่มแรก Ni-Cad)
ปฏิกริริยาทางเคมี	แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอิเล็กโทรไลท์
อุณภูมิในการปฏิบัติการ	4° F ถึง 140° F (-20° C ถึง 60° C)
เหมาะแก่การใช้งานกับ	มือถือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์มือถือ (สมาร์ทโฟนนั่นเอง)
แรงดันเริ่มต้น	3.6 & 7.2
ความจุ	แตกต่างกันไป แต่ปกติเป็น 2 เท่าของ Ni-Cad
อัตราการคลายประจุ	น้อย
อายุการใช้งาน	300 – 400 cycles ทุก 100%
อุณภูมิในการชาร์จ	32° F ถึง 140° F (0° C ถึง 60° C)
อายุการเก็บรักษา	สูญเสียประจุน้อยกว่า 0.1% ต่อเดือน
อุณหภูมิในการเก็บ	-4° F ถึง 140° F (-20° C ถึง 60° C)
การกำจัด	สามารถนำไปรีไซเคิลได้
หมายเหตุอื่นๆ	เหมาะแก่การชาร์จภายในอุปกรณ์มากกว่าการชาร์จภายนอก การผลิตขึ้นมา ถูกจำกัดในรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า เบากว่าแบตเตอรีจำพวกนิกเกิล (Ni-Cad และ NiHM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โปรแกรม Python

รูปที่ 2.48 โปรแกรม Python

Python เป็นภาษาเขียนโปรแกรมระดับสูงที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการเขียนโปรแกรมสำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไป ภาษา Python นั้นกำเนิดขึ้นในปลายปี 1980 และการพัฒนาของมันนั้นเริ่มต้นใน December 1989 โดย Guido van Rossum ที่ Centrum Wiskunde & Informatica ในประเทศเนเธอร์แลนด์ เนื่องในผู้ประสบความสำเร็จในการสร้างภาษา ABC ที่มีความสามารถ สำหรับการ exception handling และการติดต่อผสานกับระบบปฏิบัติการ Amoeba ซึ่ง Van Rossum นั้นเป็นผู้เขียนหลักการของภาษา Python และเขาทำหน้าที่เป็นกลางในการตัดสินใจสำหรับทิศทางการพัฒนาของภาษา Python

ภาษา Python ถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี 1991 Python นั้นเป็นภาษาแบบ interprete ที่ถูกออกแบบโดยมีปรัชญาที่จะทำให้โค้ดอ่านได้ง่ายขึ้น และจะทำให้โปรแกรมเมอร์ สามารถเข้าใจแนวคิดการเขียนโค้ดโดยใช้บรรทัดที่น้อยลงกว่าภาษาอย่าง C++ และ Java ซึ่งภาษานั้นถูกกำหนดให้มีโครงสร้างที่ตั้งใจให้การเขียนโค้ดเข้าใจง่ายทั้งในโปรแกรมเล็กไปจนถึงโปรแกรมขนาดใหญ่

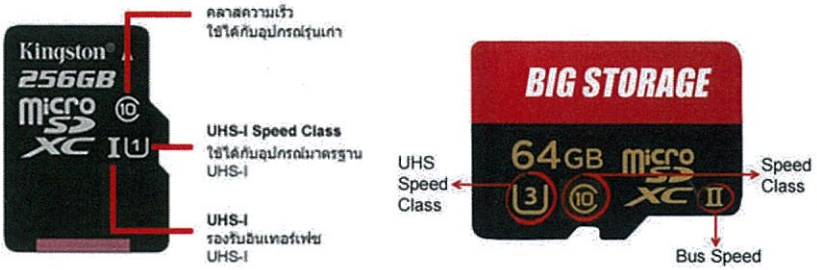
2.8.1 คุณสมบัติของ Python

Python นั้นมีคุณสมบัติเป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบไดนามิกส์และมีระบบการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติและสนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบที่ประกอบด้วยการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ imperative การเขียนโปรแกรมแบบฟังก์ชัน และการเขียนโปรแกรมแบบขั้นตอน มันมีไลบรารี่ที่ครอบคลุมการทำงานอย่างหลากหลาย

ตัวแปรในภาษา Python นั้นมีให้ใช้ในหลายระบบปฏิบัติการ ทำให้โค้ดของภาษา Python สามารถรันในระบบต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง CPython นั้นเป็นการพัฒนาในขั้นต้นของ Python ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบ open source และมีชุมชนสำหรับเป็นต้นแบบในการพัฒนา เนื่องจากมันได้มีการนำไปพัฒนากระจายไปอย่างหลากหลาย CPython นั้นจึงถูกจัดการโดยองค์กรไม่แสวงหาผลกำไรอย่าง Python Software Foundation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 SD Card (Secure Digital Card)



รูปที่ 2.49 การอ่านค่าความเร็วของ SD Card

Secure Digital Card คือ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบ non-volatile memory card ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงก็สามารถคงสภาพข้อมูลไว้ใน NAND flash ได้

ด้วยความที่ SD Card มีขนาดเล็กมาก ทำให้แรกเริ่มนั้นมีราคาค่อนข้างสูงและมีความจุต่ำมากในช่วงปี 1999 แต่เมื่อเข้าสู่ยุคนาโนเทคโนโลยีสามารถผลิตให้มีความจุที่มากขึ้นและราคาก็ถูกลงจนสามารถจับต้องได้ โดยปัจจุบันก็มีให้เลือกใช้งานกันตั้งแต่ 2GB 4GB 8GB 16GB 32GB 64GB 128GB 256GB 512GB และ 2TB

SD Card มีหลากหลายขนาดและรูปร่าง ทั้ง micro SD และ mini SD มันคืออุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูล แบบ NAND Flash Memory ที่มีการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์หลายอย่าง เช่น กล้องดิจิตอล โทรศัพท์มือถือ หรือแม้กระทั่งแท็บเล็ต สาเหตุสำคัญที่ทำให้มันเป็นที่นิยม คือ ราคาที่ค่อนข้างถูก เมื่อเทียบกับหน่วยความจำอื่นๆ ผู้ผลิตสมาร์ทโฟนจึงเลือกใช้ microSD Card เป็นส่วนใหญ่ และปัจจุบันมีการพัฒนา microSD ให้ดีมากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของความเร็วในการบันทึก ซึ่งมีการแบ่งออกเป็น Class ต่างๆ

2.9.1 การกำหนดความเร็วของSD card association

1. Speed Class

เป็นคลาสความเร็วที่ใช้งานกับอุปกรณ์รุ่นเก่า โดยใช้ตัวเลขเพื่อระบุความเร็ว มีดังนี้

- Class 2 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 2 MB/s
- Class 4 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 4 MB/s
- Class 6 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 6 MB/s
- Class 10 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 10 MB/s

2. UHS Speed Class

Ultra High Speed ใช้ความเร็วในการเขียนขั้นต่ำเพื่อแยกความแตกต่างของการ์ด

- UHS-I Speed Class 1 มีความเร็วในการเขียนขั้นต่ำที่ 10MB/s
- UHS-I Speed Class 3 มีความเร็วในการเขียนขั้นต่ำที่ 30MB/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 รูปแบบของ SD Card ขนาดมาตรฐาน

SD Standard

SDHC Standard

SDXC Standard

รูปที่ 2.50 สัญลักษณ์ของ SD Card แบบต่างๆ

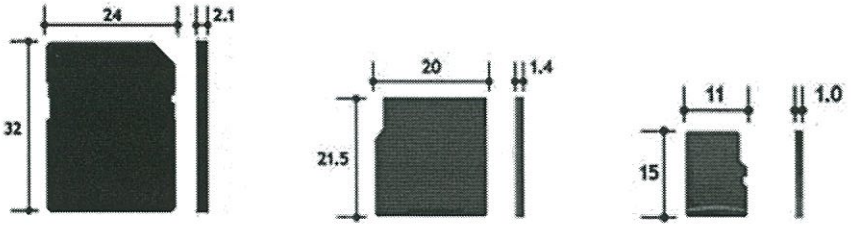
ในปัจจุบันมี SD Card ขนาดมาตรฐานทั้งหมด 3 รูปแบบ ซึ่งจะมีหน้าตาภายนอกจะแตกต่างกันตรง Interface ซึ่งจะให้ความเร็ว และรูปแบบในการจัดเก็บไฟล์จะแตกต่างกัน การเลือกซื้อให้เข้ากันกับอุปกรณ์ที่เราจะใช้งานด้วย ควรศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ ว่ารองรับได้ถึงรูปแบบไหน SD,SDHC หรือ SDXC โดยพิจารณาจากขนาดของไฟล์ที่เราต้องการใช้นั่นเอง โดยสามารถนำมาจำแนกเปรียบเทียบเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ SD Card ในรูปแบบต่างๆ

		SD Standard	SDHC Standard	SDXC Standard
Capacity		up to 2GB	more than 2GB up to 32GB	more than 32GB up to 2TB
File System		FAT 12, 16	FAT 32	ex FAT
Card Specifications	SD	32 x 24 x 2.1 mm, Approx 2g		
	mini SD	20 x 21.5 x 1.4 mm, Approx 1g		
	micro SD	11 x 15 x 1.0 mm, Approx 0.5g		
Bus Speed		Normal Speed (NS) High Speed (HS)	NS, HS UHS-I	NS, HS UHS-I
Speed Classes	NS, HS mode	Speed Class	Speed Class	Speed Class
	UHS-I mode		Speed Class UHS Speed Class	Speed Class UHS Speed Class

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 รูปแบบของ SD Card ขนาดย่อ



SD Card minimal mini SD micro SD

รูปที่ 2.51 ขนาดของ SD Card ขนาดต่างๆ

รูปแบบของกการ์ดแบบย่อขนาด ก็จะมีเป็น mini SD และ microSD (TF) ซึ่งย่อส่วนลงมาเพื่อให้ใช้งานกับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่นสมาร์ทโฟน, กล้องติดรถ, กล้อง Action Came และ Raspberry Pi เป็นต้น ส่วนใหญ่ที่นิยมกันก็คือ microSD (TF) ที่มีขนาดเพียงปลายนิ้วก้อย มีทั้ง รูปแบบ SD,SDHC และ SDXC

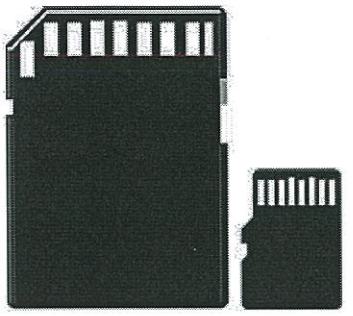
ตารางที่ 2.5 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ SD Card ขนาดย่อและขนาดปกติ

		SD Card	mini SD	micro SD
Card Type		SD, SDHC, SDXC	SD, SDHC	SD, SDHC, SDXC
Physical	Area	768 mm2 (100)	430 mm2	165 mm2
	Card Volume	1,613 mm3 (100)	602 mm3	165 mm3
	Thickness	2.1 mm	1.4 mm	1.0 mm
	Weight	Approx. 2g	Approx. 1g	Approx. 0.5g
	Number of pins	9 pins	11 pins	8 pins
	File System	FAT16/32	FAT16/32	FAT16/32
	Operating Voltage	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V	2.7V - 3.6V
	Write-protect Switch	YES	NO	NO
Copyright protection		CPRM	CPRM	CPRM

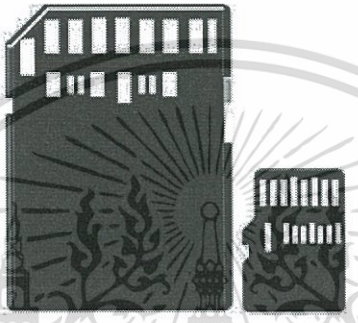
2.9.4 วิธีการดู Interface ของ SD Card

วิธีการดูว่าตัวไหนใช้ Interface แบบไหนให้ดูที่หน้ากล่อง หรือหน้าโลโก้ของ SD Card ได้เลย ว่าเป็น ชนิด UHS-I หรือ ชนิด UHS-II ถ้าไม่มีพิมพ์บอกไว้ให้สังเกตจากตัว SD Card โดยสามารถแยกความแตกต่างได้ดังภาพ โดย UHS-II ที่มีหน้าสัมผัสเยอะกว่า จะมีประสิทธิภาพในการโอนถ่ายข้อมูลไวกว่า แต่ต้องใช้งานกับอุปกรณ์ที่รองรับ UHS-II เท่านั้นจึงจะใช้งานความเร็วได้เต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.52 Normal Speed/High Speed/UHS-ICard



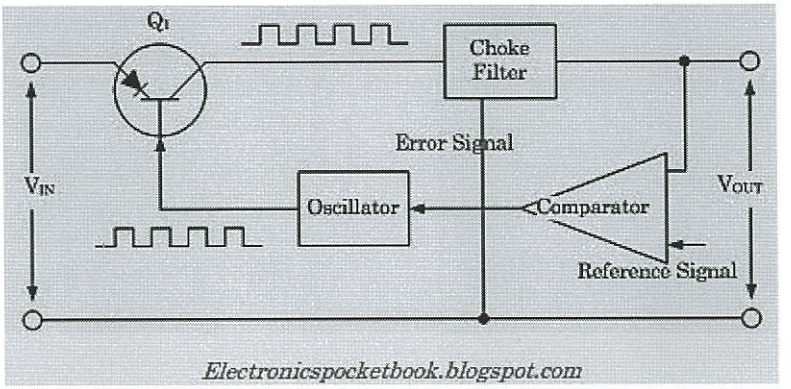
รูปที่ 2.53 UHS-II Card

ตารางที่ 2.6 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ UHS-I Card และ UHS-II Card

	Card Type	Bus Mark	Bus Speed	Spec Version
Normal Speed	SD, SDHC and SDXC	—	12.5MB/s	1.01
High Speed	SD, SDHC and SDXC	—	25MB/s	2.00
UHS-I	SDHC and SDXC	SDHC I SDXC I	50MB/s (SDR50, DDR50) 104MB/s (SDR104)	3.01
UHS-II	SDHC and SDXC	SDHC II SDXC II	156MB/s 312MB/s	4.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 Switching Regulator



รูปที่ 2.54 Switching Regulator Block diagram

เรกูเลเตอร์แบบสวิตชิ่งมีขนาดเล็กและมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเรกูเลเตอร์แบบลิเนียร์ที่มีขนาดใหญ่และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากที่พิกัดกำลังไฟฟ้า (Rated Power) เท่ากัน โดยการทำงานของสวิตชิ่งเรกูเลเตอร์สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป

ทรานซิสเตอร์ Q1จะมีหน้าที่เป็นสวิตช์คอยเปิดและปิดวงจร ดังนั้น เอาต์พุตที่ขาคอลเลคเตอร์จึงมีลักษณะเป็นพัลส์ตามสัญญาณควบคุมที่เข้ามากระตุ้นที่ขาเบสของ Q1 ซึ่งแรงดันพัลส์เอาต์พุตของ Q1 จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรกรองแรงดันที่มีโช้คหรือตัวเหนี่ยวนำเป็นตัวกรองกระแส ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมา

ขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตรงกับความกว้างพัลส์ ดังนั้น เพื่อให้ระดับแรงดันมีค่าคงที่ พัลส์จึงต้องมีการควบคุมให้มีความกว้างคงที่ด้วย วงจรออสซิเลเตอร์และวงจรเปรียบเทียบจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ควบคุมการป้อนพัลส์ให้แก่ Q1และคอยตรวจสอบสภาวะแรงดันเอาต์พุตว่าคงที่อยู่หรือไม่

จากหลักการทำงานแบบสวิตชิ่ง ทำให้เกิดความสูญเสียจากการทำงานน้อย ประกอบกับสามารถลดขนาดของตัวเหนี่ยวนำให้มีขนาดลดลงได้ ส่งผลให้อุปกรณ์โดยรวมมีขนาดเล็กลง จึงสามารถลดขนาดของวงจรรวมลงไปได้มาก

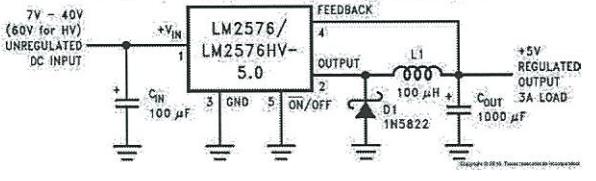
2.10.1 Switching Regulator with LM2576T-ADJ

Device Information[1]

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2576 LM2576HV	TO-220 (5)	10.16 mm × 8.51 mm
	DDPAK/TO-263 (5)	10.16 mm × 8.42 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Fixed Output Voltage Version Typical Application Diagram



รูปที่ 2.55 Switching Regulator with LM2576T-ADJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุม LM2576 เป็นวงจรรวมที่มีฟังก์ชั่นที่สำหรับตัวควบคุมการเปลี่ยนสวิทช์แบบ step-down (buck) ซึ่งสามารถขับกระแสะโหลด 3-A ได้ด้วยการควบคุมเส้นและโหลดที่ยอดเยี่ยม อุปกรณ์นี้สามารถใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้าขาออกคงที่ 3.3 V, 5 V,12 V,15 V และรุ่นเอาท์พุทปรับได้ จำเป็นต้องมีส่วนประกอบภายนอกจำนวนน้อยตัวควบคุมเหล่านี้ใช้งานง่ายและรวมถึงการป้องกันความผิดพลาด และออสซิเลเตอร์ความถี่คงที่

ซีรีส์ LM2576 นำเสนอการทดแทนที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับตัวควบคุมเชิงเส้นแบบเทอร์มินัลสามตัวที่เป็นที่นิยม อุปกรณ์นี้ลดขนาดของตัวระบายความร้อนลงอย่างมากและในบางกรณีไม่จำเป็นต้องมีตัวระบายความร้อนเลย ชุดตัวเหนี่ยวนำมาตรฐานที่เหมาะสำหรับใช้กับ LM2576 มีให้เลือกใช้จากผู้ผลิตหลายราย คุณลักษณะนี้ช่วยลดความยุ่งยากในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าในโหมดสวิตช์

คุณสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ ความทนทานต่อแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ ±4% ภายในแรงดันไฟฟ้าอินพุตที่กำหนด และสภาวะโหลดเอาท์พุทและ ±10% สำหรับความถี่ของออสซิเลเตอร์ การปิดระบบภายนอกพร้อมด้วยกระแสสแตนด์บาย 50 uA (ปกติ) สวิตช์เอาท์พุท

รวมถึงการจำกัดกระแสตลอดทั้งวงจร เช่นเดียวกับการปิดระบบระบายความร้อนเพื่อการป้องกันอย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะความผิดพลาด

2.10.2 การประยุกต์ใช้ LM2576

- ตัวควบคุมแบบอินเวิร์ท

รูปที่ 2.55 แสดง LM2576-12 ในรูปแบบ buck-boost เพื่อสร้างเอาต์พุต 12 V เป็นลบจากแรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่เป็นบวก สำหรับแรงดันไฟฟ้าขาเข้า 12 V หรือมากกว่า กระแสไฟขาออกสูงสุดที่สามารถใช้ได้ในการกำหนดค่านี้จะอยู่ที่ประมาณ 700 mA เมื่อโหลดน้อย แรงดันไฟฟ้าอินพุตต่ำสุดต้องลดลงเหลือประมาณ 4.7 โวลต์

กระแสการสลับในรูปแบบ buck-boost นี้สูงกว่าการออกแบบโหมดBuckแบบมาตรฐานซึ่งจะลดกระแสเอาต์พุตที่พร้อมใช้งาน นอกจากนี้กระแสอินพุตเริ่มต้นของตัวแปลง buck-boost สูงกว่าตัวควบคุมโหมดBuckทั่วไป และอาจทำให้โหลดเกินแหล่งจ่ายไฟเข้าที่การจำกัดกระแสน้อยกว่า 5 A. การใช้วงจรเปิดเครื่องล่าช้าหรือวงจรล็อกวงจรไฟฟ้าที่ไม่ต่อเนื่องจะช่วยให้แรงดันไฟฟ้าอินพุตเพิ่มขึ้นไปถึงระดับที่สูงพอที่จะสามารถเปิดสวิตช์ได้

เนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างระหว่างตัวควบคุมแบบbuck และตัวควบคุมแบบ buck-boost ขั้นตอนการออกแบบควบคุมแบบbuck ไม่สามารถใช้เพื่อเลือกตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุเอาท์พุทได้ช่วงของค่าเหนี่ยวนำที่แนะนำสำหรับการออกแบบ buck-boost อยู่ระหว่าง 68 uHและ 220 uH และค่าตัวเก็บประจุเอาท์พุทจะต้องใหญ่กว่าค่าปกติที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ buck แรงดันไฟฟ้าขาเข้าต่ำหรือกระแสไฟขาออกที่สูงต้องใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุดซึ่งเป็นเช่นเดียวกับสวิตช์สูงสุดในปัจจุบันสามารถคำนวณได้ในสมการดังนี้

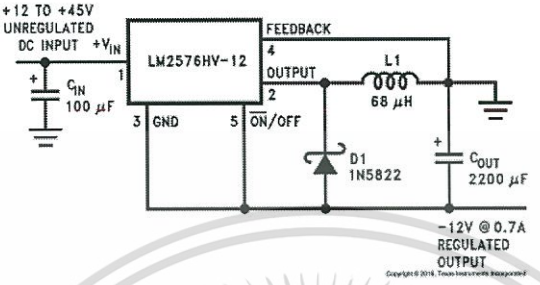
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_p \approx \frac{I_{LOAD}(V_{IN} + |V_O|)}{V_{IN}} + \frac{V_{IN}|V_O|}{V_{IN}+|V_O|} \times \frac{1}{2L_1 f_{osc}}$$

where

- f_{osc} = 52 kHz

ภายใต้สภาวะการทำงานของตัวเหนี่ยวนำกระแสอย่างต่อเนื่อง VIN ต่ำสุดเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด เลือกเหนี่ยวนำที่ได้รับการจัดอันดับสำหรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่คาดการณ์ไว้

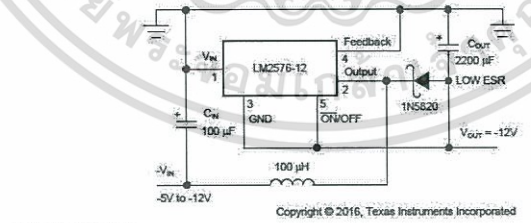


รูปที่ 2.56 LM2576-12 ในรูปแบบ buck-boost เพื่อสร้างเอาต์พุต 12 V

นอกจากนี้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ปรากฏในตัวควบคุมคือผลรวมของแรงดันขาเข้าและขาออก สำหรับเอาต์พุต -12V แรงดันไฟฟ้าขาเข้าสูงสุดสำหรับ LM2576 คือ +28 V หรือ +48 V สำหรับ LM2576HV

- ตัวควบคุมแบบ Negative Boost

รูปแบบอื่น ๆ ของโครงสร้างแบบ buck-boost คือ negative boost วงจรในรูปที่ 2.57 ยอมรับ แรงดันไฟฟ้าขาเข้าตั้งแต่ -5 V ถึง -12 V และมีการควบคุมเอาต์พุตที่ -12 V แรงดันไฟฟ้าขาเข้าสูงกว่า-12 V ทำให้เอาท์พุทสูงขึ้นกว่า -12 V แต่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับตัวควบคุม



Typical Load Current
400 mA for V_{IN} = −5.2 V
750 mA for V_{IN} = −7 V
Heat sink may be required.

รูปที่ 2.57 Negative Boost

เนื่องจากboostฟังก์ชันของตัวควบคุมชนิดนี้ กระแสไฟสลับจึงค่อนข้างสูง โดยเฉพาะแรงดันไฟฟ้าขาเข้าต่ำ การจำกัดกระแสไฟฟ้าขาออกเป็นผลลัพธ์จากอัตราสูงสุดของกระแสสวิตช์

นอกจากนี้ตัวควบคุมแบบ boost ไม่สามารถให้การป้องกันการจำกัดกระแสโหลดในกรณีที่โหลดลัดวงจรอาจจำเป็นต้องมีวิธีอื่น ๆ เช่น ฟิวส์ อาจมีความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 WIFI

รูปที่ 2.58 WIFI

ไวไฟ (Wi-Fi) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมที่ช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุ คำ ๆ นี้เป็นเครื่องหมายการค้าของ Wi-Fi Alliance ที่ได้ให้คำนิยามของไวไฟว่าหมายถึง "ชุดผลิตภัณฑ์ใด ๆ ที่สามารถทำงานได้ตามมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (แลนไร้สาย) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11" อย่างไรก็ตามเนื่องจากแลนไร้สายที่ทันสมัยส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานเหล่านี้ คำว่า "ไวไฟ" จึงนำมาใช้ในภาษาอังกฤษทั่วไปโดยเป็นคำพ้องสำหรับ "แลนไร้สาย" เดิมทีไวไฟออกแบบมาใช้สำหรับอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ และใช้เครือข่าย LAN เท่านั้น แต่ปัจจุบันนิยมใช้ไวไฟเพื่อต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ เช่นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องเล่นเกมส์ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต กล้องดิจิทัลและเครื่องเสียงดิจิทัล สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าแอคเซสพอยต์รือ ฮอตสปอต และบริเวณที่ระยะทำการของแอคเซสพอยต์ครอบคลุมอยู่ที่ประมาณ 20 ม. ในอาคาร แต่ระยะนี้จะไกลกว่าถ้าเป็นที่โล่งแจ้ง

ภาพของอุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังอุปกรณ์อื่นทั้งที่เชื่อมต่อกับแลนไร้สายและเครือข่ายท้องถิ่นใช้สายในการพิมพ์เอกสาร

Wi-Fi มีความปลอดภัยน้อยกว่าการเชื่อมต่อแบบมีสาย (เช่น Ethernet) เพราะผู้บุกรุกไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อทางกายภาพ หน้าเว็บที่ใช้ SSL มีความปลอดภัย แต่การใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่ได้เข้ารหัสสามารถจะตรวจพบโดยผู้บุกรุก ด้วยเหตุนี้ Wi-Fi ได้พัฒนาเทคโนโลยีการเข้ารหัสต่าง ๆ มากมาย WEP เป็นการเข้ารหัสรุ่นแรก ๆ พิสูจน์แล้วว่าง่ายต่อการบุกรุก โพรโทคอลที่มีคุณภาพสูงกว่าได้แก่ WPA, WPA2 มีเพิ่มขึ้นมาในภายหลัง คุณลักษณะตัวเลือกที่เพิ่มเข้ามาในปี 2007 ที่เรียกว่า Wi-Fi Protected Setup (WPS) มีข้อบกพร่องร้ายแรงที่ยอมให้ผู้โจมตีสามารถกู้คืนรหัสผ่านของเราเตอร์ได้Wi-Fi Alliance ได้ทำการปรับปรุงแผนการทดสอบและโปรแกรมการรับรองตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาเพื่อให้แน่ใจว่า อุปกรณ์ที่ได้รับการรับรองใหม่ทั้งหมดสามารถต่อต้านการโจมตีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 ลักษณะการเชื่อต่ออุปกรณ์

ไวไฟ ได้กำหนดลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายแลน ไว้ 2 ลักษณะ คือโหมด Infrastructure และโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

2.11.1.1 โหมด Infrastructure

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่ายไวไฟ จะเชื่อมต่อกันในลักษณะของโหมด Infrastructure ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายใน LAN สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นได้ ในโหมด Infrastructure นี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ประเภทได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (แล็ปท็อป, หรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่านไวไฟ และสถานีแม่ข่ายซึ่งทำหน้าที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่น (ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN) การทำงานในโหมด Infrastructure มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการ แก่สถานีผู้ใช้นั้นอยู่เท่านั้น ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อ(forward) ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่ได้ รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้

2.11.1.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

เครือข่ายไวไฟ.ในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer เป็นเครือข่ายที่ปิดคือไม่มีสถานีแม่ข่ายและไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น บริเวณของเครือข่ายไวไฟในโหมด Ad-Hoc จะเรียกว่า Independent Basic Service Set (IBSS) ซึ่งสถานีผู้ใช้หนึ่งสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับสถานีผู้ใช้อื่น ๆ ในเขต IBSS เดียวกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสถานีแม่ข่าย แต่สถานีผู้ใช้จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายอื่น ๆ ได้

2.11.2 กลไกรักษาความปลอดภัย

ไวไฟได้กำหนดให้มีทางเลือกสำหรับสร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่ายแลนแบบไร้สาย ด้วยกลไกซึ่งมีชื่อเรียกว่า WEP (Wired Equivalent Privacy) ซึ่งออกแบบมาเพื่อเพิ่มความปลอดภัยกับเครือข่าย LAN แบบไร้สายให้ใกล้เคียงกับความปลอดภัยของเครือข่ายแบบที่ใช้สายนำสัญญาณ (IEEE 802.3 Ethernet) บทบาทของ WEP แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ การเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) และ การตรวจสอบผู้ใช้ (Authentication)

2.11.2.1 การเข้าและถอดรหัสข้อมูล

การเข้าและถอดรหัสข้อมูล (WEP Encryption/Decryption) ใช้หลักการในการเข้าและถอดรหัสข้อมูลที่เป็นแบบ symmetrical (นั่นคือรหัสที่ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลจะเป็นตัวเดียวกันกับรหัสที่ใช้ สำหรับการถอดรหัสข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ การทำงานของการเข้ารหัสข้อมูลในกลไก WEP Encryption

1. Key ขนาด 64 หรือ 128 บิต สร้างขึ้นโดยการนำเอารหัสลับซึ่งมีความยาว 40 หรือ 104 บิต มาต่อรวมกับข้อความเริ่มต้น IV (Initialization Vector) ขนาด 24 บิตที่กำหนดแบบสุ่มขึ้นมา
2. Integrity Check Value (ICV) ขนาด 32 บิต สร้างขึ้นโดยการคำนวณค่า 32bit Cyclic Redundant Check จากข้อมูลดิบที่จะส่งออกไป (ICV) ซึ่งจะนำไปต่อรวมกับข้อมูลดิบ มีไว้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหลังจากการถอดรหัสแล้ว)
3. ข้อความที่มีความสุ่ม (Key Stream) ขนาดเท่ากับความยาวของข้อมูลดิบที่จะส่งกับอีก 32 บิต (ซึ่งเป็นความยาวของ ICV) สร้างขึ้นโดยหน่วยสร้างข้อความที่มีความสุ่มหรือ PRNG (Pseudo-Random Number Generator) ที่มีชื่อเรียกว่า RC4 ซึ่งจะใช้ Key ที่กล่าวมาข้างต้นเป็น Input (หรือ Seed) หมายเหตุ PRNG จะสร้างข้อความสุ่มที่แตกต่างกันสำหรับ Seed แต่ละค่าที่ใช้
4. ข้อความที่ได้รับการเข้ารหัส (Ciphertext) สร้างขึ้นโดยการนำเอา ICV ต่อกับข้อมูลดิบแล้วทำการ XOR แบบบิตต่อบิตกับข้อความสุ่ม (Key Stream) ซึ่ง PRNG ได้สร้างขึ้น
5. สัญญาณที่จะส่งออกไปคือ ICV และข้อความที่ได้รับการเข้ารหัส (Ciphertext)

■ การทำงานของการเข้ารหัสข้อมูลในกลไก WEP Decryption

1. Key ขนาด 64 หรือ 128 บิต สร้างขึ้นโดยการนำเอารหัสลับซึ่งมีความยาว 40 หรือ 104 บิต (ซึ่งเป็นรหัสลับเดียวกับที่ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูล) มาต่อรวมกับ IV ที่ส่งมากับสัญญาณที่ได้รับ
2. PRNG สร้างข้อความสุ่ม (Key Stream) ที่มีขนาดเท่ากับความยาวของข้อความที่ได้รับการเข้ารหัสและส่งมา โดยใช้ Key ที่กล่าวมาข้างต้นเป็น Input
3. ข้อมูลดิบและ ICV ได้รับการถอดรหัสโดยการนำเอาข้อความที่ได้รับมา XOR แบบบิตต่อบิตกับข้อความสุ่ม (Key Stream) ซึ่ง PRNG ได้สร้างขึ้น
4. สร้าง ICV' โดยการคำนวณค่า CRC-32 จากข้อมูลดิบที่ถอดรหัสแล้วเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า ICV ที่ส่งมา หากค่าทั้งสองตรงกัน (ICV' = ICV) แสดงว่าการถอดรหัสถูกต้องและผู้ที่ส่งมาได้รับอนุญาต (มีรหัสลับของเครือข่าย) แต่หากค่าทั้งสองไม่ตรงกันแสดงว่าการถอดรหัสไม่ถูกต้องหรือผู้ที่ส่งมาไม่ได้รับอนุญาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้วิธีการในการค้นคว้าและวิจัยดังนี้

3.1.1 สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ เช่น Datasheet, หนังสือและอินเตอร์เน็ต

3.1.2 ศึกษาและเรียนรู้จากผู้ที่มีความชำนาญการในการใช้อุปกรณ์นั้นๆ หรือผู้ใช้งานอุปกรณ์มีทั้งจากสื่อทางอินเตอร์เน็ต รวมไปถึงสอบถามโดยตรงจากรุ่นพี่

3.1.3 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสิ่งที่เหมาะสมที่สุดกับโครงงาน และทำการทดลองทันที

3.1.3 ขณะทำการทดลองเพื่อดูผลการทดลองที่ได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ เราได้ทำการจดบันทึกสิ่งที่เกิดกับการทดลอง รวมไปถึงผลการทำลองทั้งหมด และได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎีเพื่อหาสาเหตุและทำการแก้ไข

3.1.4 ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจนได้ผลการทดลองที่เป็นไปตามทฤษฎี

3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง

3.2.1 ลักษณะข้อมูล

ลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณ

3.2.1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ

เนื่องด้วยบางการทดลอง ข้อมูลของผลการทดลองนั้น เราสามารถบันทึกได้ในลักษณะคุณสมบัติ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในขณะการทำวิจัยเท่านั้น โดยบางการทดลองผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลที่อ้างอิงจากคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้น จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่าต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใด มีคุณสมบัติอย่างไรผู้ทดลองจึงจะได้ค่าที่ต้องการ เป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลที่ได้มีลักษณะเชิงคุณภาพ

3.2.1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ

เนื่องด้วยบางการทดลอง ข้อมูลของผลการทดลองผู้วิจัยสามารถใช้เวลาหรือระยะทางมาเป็นบรรทัดฐานในการบันทึกได้ ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นค่าคงที่หรือเป็นตัวเลข หรือเรียกได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเลือกข้อมูล

ในการเลือกข้อมูล ทางผู้ทำวิจัยได้เลือกข้อมูลตามความเหมาะสมของการใช้งาน โดยความเหมาะสมนี้ทางผู้ทำวิจัยได้ใช้สภาพแวดล้อมจริงเมื่อใช้งาน ,ราคาต้นทุนในการผลิตชิ้นงานไปใช้งานจริง รวมไปถึงผลการทดลองจากการทดลองที่เหมาะสมที่สุด มาเป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ เพื่อที่จะได้ชิ้นงานที่สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมจริง เช่น สถานที่ที่ใช้อุปกรณ์นี้ในการเข้าสำรวจคือสถานที่ทีมีลักษณะใด รวมไปถึงสถานที่ในการจัดแสดงชิ้นงานว่าเป็นสถานที่ที่มีลักษณะเช่นไร มีสภาพแวดล้อมเป็นเช่นไร มีแสงมากหรือไม่ เป็นต้น

3.2.3 การทดลอง

ในการทดลองทางผู้ทำวิจัยได้กำหนดค่าที่ต้องการใช้งานจริงออกมาก่อนจากนั้นค่อยเลือกวัสดุว่าต้องใช้วัสดุแบบใดจึงจะได้ผลการทดลองตามที่ต้องการ จากนั้นจึงมาทดลองตามค่าที่คำนวณอีกทีว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ ถ้าหากไม่ก็หาข้อผิดพลาด และปรับแก้ไขจนได้ค่าตามที่ผู้วิจัยต้องการ

3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยทดลอง

3.3.1 Raspberry Pi 3

รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของอุปกรณ์บน Raspberry Pi 3

Raspberry Pi 3 คือบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน Spreadsheet Word Processing ใช้งานอินเตอร์เน็ต รวมไปถึงการเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วีดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

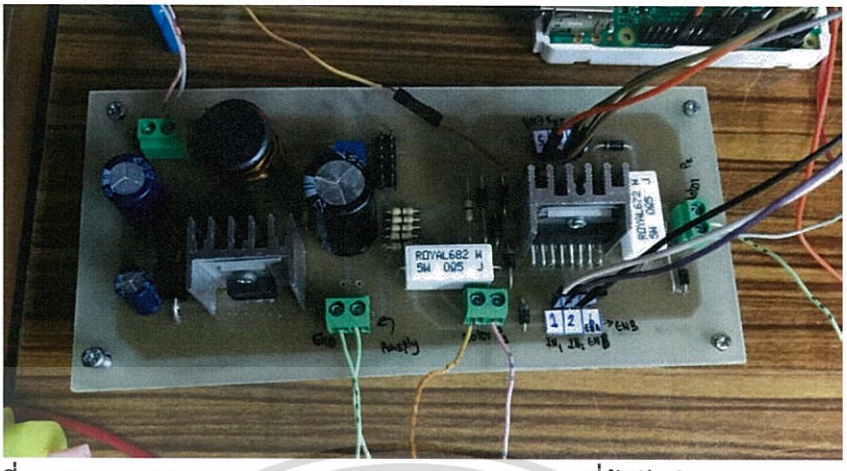
บอร์ด Raspberry Pi รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card บอร์ด Raspberry Pi นี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้ ซึ่งเทียบกับ Raspberry Pi 3 แล้ว ประสิทธิภาพสูงกว่า Raspberry Pi 2ถึง 50%

ตารางที่ 3.1 ตารางคุณสมบัติของ Raspberry Pi 3

	คุณสมบัติ
System on a chip	Broadcom BCM2835 (CPU, GPU, DSP, SDRAMandSingle USB Port)
CPU	Quad-core 1.2 GHz ARM Cortex-A53 แบบ 64 bits
GPU	Broadcom VideoCore IV @ 400 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS) MPEG-2 and VC-1, 1080p 30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decoder andencoder
Memory (SDRAM)	1 GB (LPDDR2-900 SDRAM) (Shared with GPU)
Internet	802.11n Wireless LAN LAN Speed 10/100Mbps
USB 2.0 Ports	4 USB ports
Bluetooth	Bluetooth 4.0
Video Input	A CSI input connector allows for the connection of RPF designed camera module
Video Outputs	Composite RCA (PAL and NTSC) HDMI (rev 1.3 & 1.4) ,raw LCD Panels via DSI 14 HDMI resolutions from 640x350 to 1920x1200 plus various PAL and NTSC standards.
Audio Outputs	3.5 mm jack, HDMI as of revision 2 boards, I2S audio (also potentially for audio input)
Onboard storage	SD/ MMC/ SDIO card slot (3.3V card power support only)
Onboard network	10/100 Ethernet (8P8C) USB adapter on the 4 port of the USB hub
Low-level peripheralsLow-level peripherals	GPIO 40 pins UART I2C Bus SPI Bus with two chip selects I2S audio +3.3V, +5V, Ground
Power ratings	700 mA (3.5 W)
Power source	5 Volt via Micro USB or GPIO header
Size	85.60 mm x 56. mm (3.370 inch x 2.125 inch)
Weight	45 g. (1.6 oz.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 L298N Drive Motor



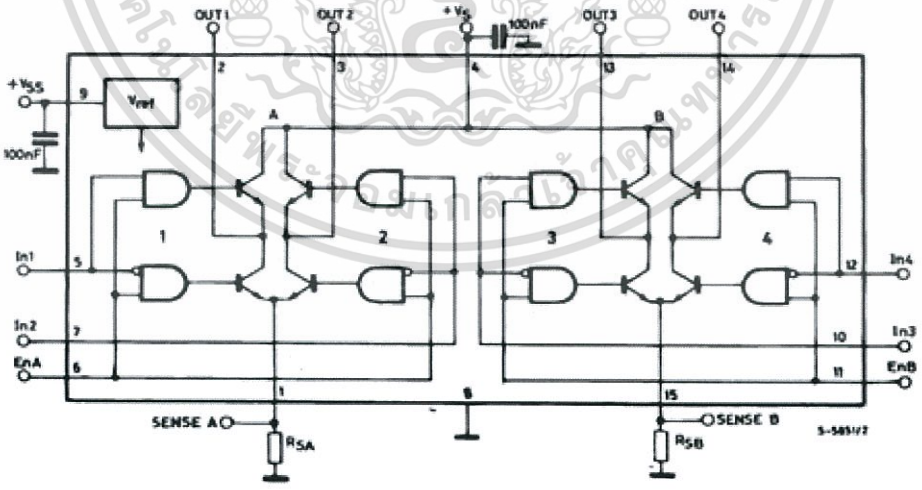
รูปที่ 3.2 L298N Dual H-Bridge Motor Controller ที่ผู้วิจัยทำการออกแบบเอง

3.3.2.1 การใช้งาน L298N Dual H-Bridge Motor Controller

L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ช่อง

3.3.2.2 หลักการทำงานของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

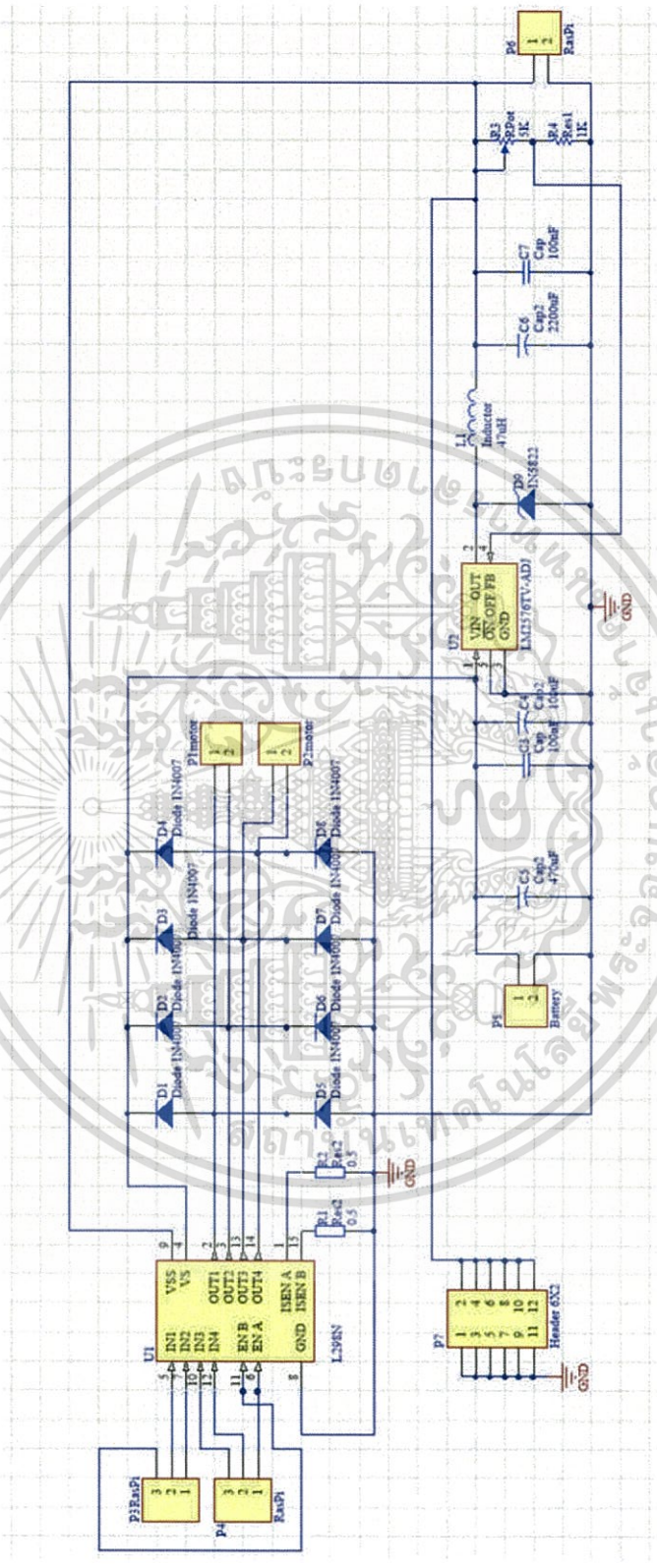
วงจร H-Bridge ของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิคเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ (Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้ เหมาะสมกับมอเตอร์



รูปที่ 3.3 วงจรภายใน IC LM298

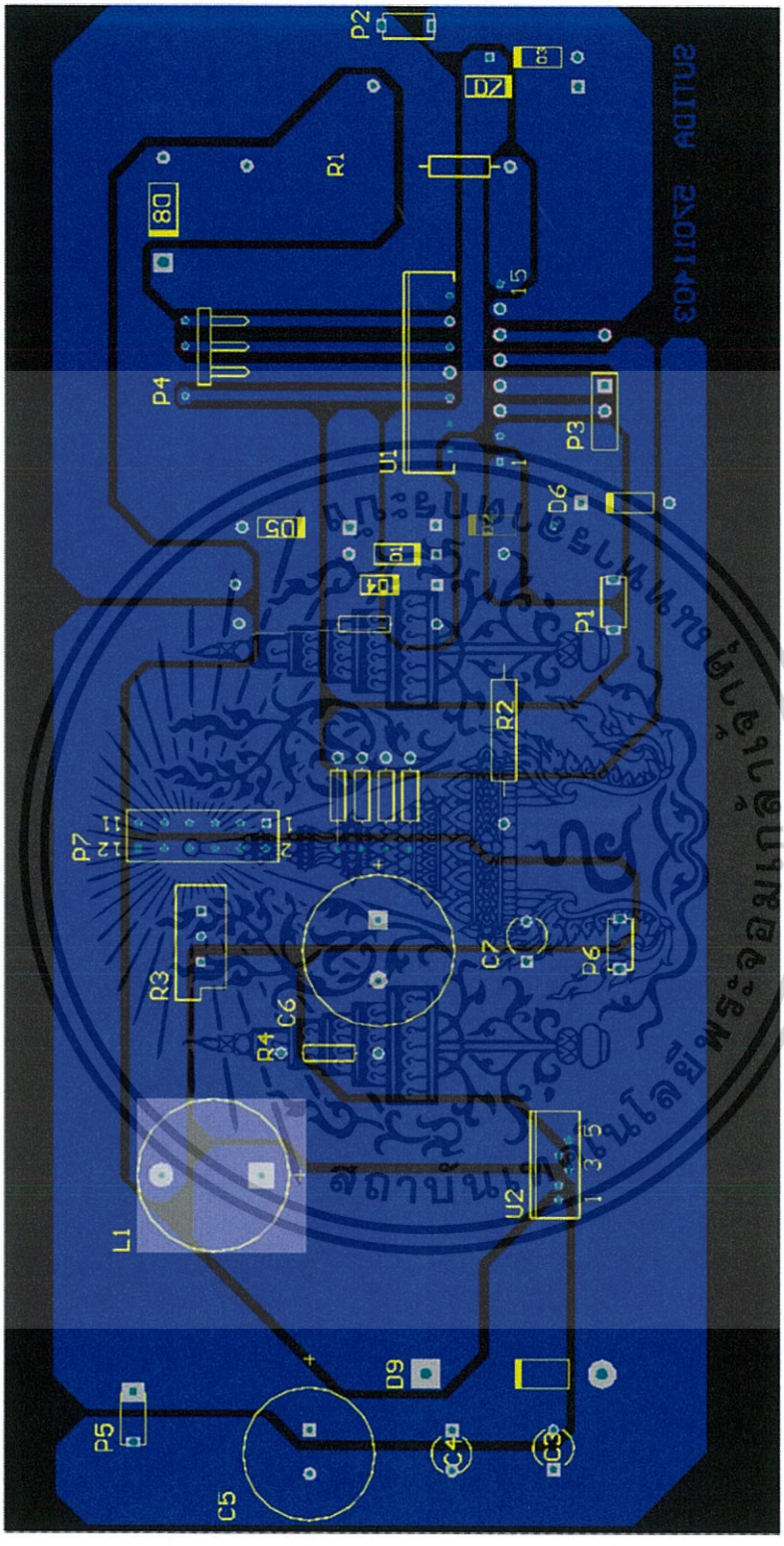
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 Schematic



รูปที่ 3.4 Schematic L298N Dual H-Bridge Motor Controller

3.3.2.4 PCB



รูปที่ 3.5 PCB L298N Dual H-Bridge Motor Controller

3.3.3 Lithium battery LG 18650

รูปที่ 3.6 lithium battery LG 18650

ถ่านชาร์จ Li-ion 18650 ยี่ห้อ LG รุ่น LGDBHG21865 LG HG2 ความจุเต็ม 3000mAh จ่ายกระแสสูงสุด 20A จำนวน 1 ก้อน

3.3.3.1 คุณสมบัติของ Lithium battery LG 18650

- แบรนด์: LG
- รุ่น: INR18650-HG2
- รูปแบบ: 18650
- ประเภท: Li(NiMnCo)O2
- สามารถชาร์จซ้ำได้ถึง 500 ครั้ง
- ความจุปกติ: 3000mAh / 11.1Wh
- ต่ำสุด: 2900mAh
- แรงดันไฟฟ้า: การชาร์จไฟ: 4.2 ± 0.03V
- มาตรฐาน: 3.7V
- แรงดันไฟฟ้าเมื่อชาร์จเต็ม และไม่มีแบตเตอรี่ 4.2V & 2.7V respectively
- วิธีการชาร์จ: CC-CV (แรงดันไฟฟ้าคงที่และกระแสไฟ จำกัด)
- การชาร์จกระแสไฟฟ้า ชาร์จช้า: 500mAh, 4.2V | 50mA กระแสไฟท้าย
- ค่ามาตรฐาน: 1500mA, 4.2V | 50mA กระแสไฟท้าย
- Rapid Charge (MAX.): 4000mA, 4.2V | 100mA สิ้นสุดในปัจจุบัน
- เวลาในการชาร์จ: Slow Charge: 387 นาที / 6.45 ชั่วโมง
- ค่ามาตรฐาน: 147 นาที / 2.45 ชั่วโมง
- Rapid Charge: 72 นาที / 1.2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สูงสุด กระแสไฟในการคายประจุ: ต่อเนื่อง: กระแสคงที่ 20A
- Peak: 30A โหลดกระแสไฟฟ้า
- แนะนำ: กระแสคงที่ 3A
- อุณหภูมิในการทำงาน: ชาร์จ: 0 ถึง 50 ° C
- การคายประจุ: -20 ถึง 75 ° C
- อุณหภูมิในการจัดเก็บ: 1 ปี: -20 ~ 25 ° C
  3 เดือน: -20 ~ 45 ° C
  1 เดือน: -20 ~ 60 ° C
- น้ำหนัก: 45g / pc
- ขนาด: Ø 18.5 มม. x 65 มม. Ø 1.85 ซม. x 6.5 ซม

3.3.4 DC Motor BO1

รูปที่ 3.7 ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1

ผู้ทดลองใช้ DC Motor ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1
มีคุณสมบัติดังนี้ 1. มีอัตราทด 120:1
2. เป็นมอเตอร์ DC แบบ 2 Output
3. มีสายต่อมอเตอร์แบบ IDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 Servo Motor Tower Pro SG90S

รูปที่ 3.8 Servo Motor Tower Pro SG90S

Servo คืออุปกรณ์มอเตอร์ ที่สามารถควบคุมการหมุนที่แม่นยำ เซอร์โวชุดนี้มีขนาดเล็กแรงบิด 1.2-1.4 KG/cm สีน้ำตาลสายกราวด์ สีแดงไฟเข้า 4.8-7.2V สีส้มสัญญาณอินพุต หมุนได้ 90 องศา

3.3.5.1 คุณสมบัติของ Servo Motor SG90

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Servo Motor SG90

Basic Information	
Modulation	Analog
Torque	4.8V : 25.0 oz -in (1.80 kg-cm)
Speed	4.8V : 0.12 sec/60°
Weight	0.32 oz (9.0g)
Dimensions	Length : 0.91 in (23.0 mm) Width : 0.48 in (12.2 mm) Height : 1.14 in (29.0 mm)
Motor Type	3 - pole
Gear Type	Plastic
Rotation/Support	Bushing
Pulse Width	500 – 2400 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 จอรับภาพ Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E

รูปที่ 3.9 Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E

3.3.6.1 คุณสมบัติของ Sony TV UHD LED (43", 4K, Smart) รุ่น KD-43X7000E

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ Sony TV UHD LED (43",4K,Smart) รุ่น KD-43X7000E

Basic Information	
ขนาดจอ	43 in
ระบบภาพ	UHD/4K
ความละเอียดหน้าจอ	3840x 2160 Pixels
Contrast Ration	Over 1 Million
Brightness (CD/M)	500
Response Time (MS)	1
Dimensions	Length : 97.1 cm Width : 7 cm Height : 57.1 cm
Connector	USB 3 ช่อง HDMI 3 ช่อง Composite 1 ช่อง
Features	WEB Browser , Media Player ,Digital TV ,and HDR
Network	LAN and Built – in
มุมมองของภาพ	178 °
Weight	10 Kg

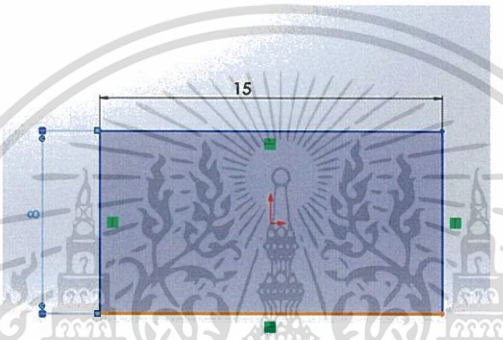
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การใช้งานโปรแกรม SOLIDWORK 2017

ในโปรเจคนี้พวกเราได้ใช้โปรแกรม SOLIDWORK 2017 ในการออกแบบตัวรถเพื่อให้สามารถบรรจุชิ้นส่วนวงจรและอุปกรณ์ต่างๆได้ โดยการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆนั้นจะมีขั้นตอนพื้นฐานดังนี้

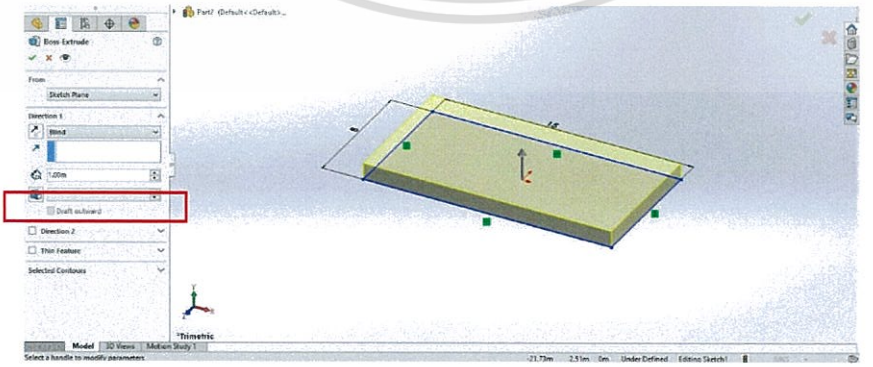
3.3.7.1 ขั้นตอนการกำหนดขนาดของชิ้นงาน

เริ่มด้วยการกดใช้ตัวเลือกโหมดการร่างเส้นก่อน จากนั้นจึงใช้เครื่องมือกำหนดเส้นวาดเป็นรูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการ และใช้เครื่องมือวัดกำหนดขนาดของเส้นชิ้นงานดังรูป



รูปที่ 3.10 ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานที่กำหนดไว้

จากนั้นให้เลือกบริเวณที่กำหนดไว้แล้ว และใช้ใช้เครื่องมือยืดเพื่อทำให้เกิดความหนาของชิ้นงานขึ้น โดยขณะที่กำลังกำหนดความหนานั้นสามารถกำหนดได้ในบริเวณกรอบสีแดงและจะมีรูปภาพแสดงตัวอย่างเป็นสีเหลืองดังรูป หลังจากที่ได้ความหนาที่ต้องการแล้วให้กดตกลงจึงจะได้ชิ้นงานที่มีความหนาตามต้องการเกิดขึ้น

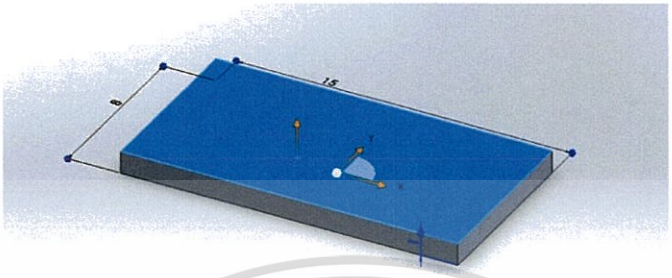


รูปที่ 3.11 รูปภาพตัวอย่างและที่สำหรับใส่ค่าความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

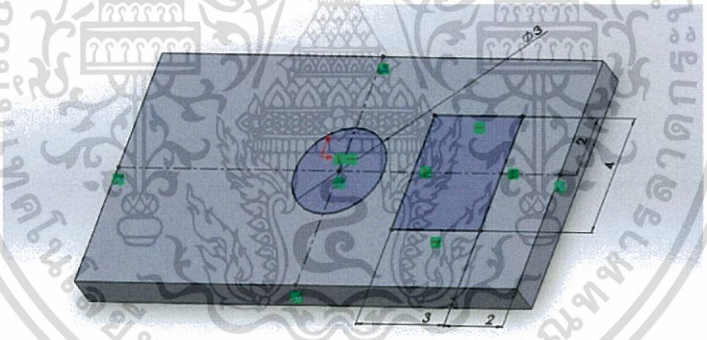
3.3.7.2 ขั้นตอนการปรับแต่งชิ้นงานเพิ่มเติม

หลังจากได้ขนาดชิ้นงานที่ต้องการแล้วจะสามารถปรับแต่งชิ้นงานเพิ่มเติมได้ โดยการเลือกบริเวณที่ต้องการปรับแต่งเพิ่มเติมจากนั้นกดใช้โหมดการร่างเส้นซึ่งจะเป็นการร่างเส้นเฉพาะในบริเวณที่ต้องการเท่านั้น



รูปที่ 3.12 การกำหนดบริเวณที่ต้องการปรับแต่ง

หลังจากนั้นให้ใช้เครื่องมือกำหนดและเครื่องมือวัดในการกำหนดค่าของส่วนที่ต้องการปรับแต่งเพิ่มเติม ในที่นี้เราจะกำหนดพื้นที่ที่ต้องการเจาะรูชิ้นงาน

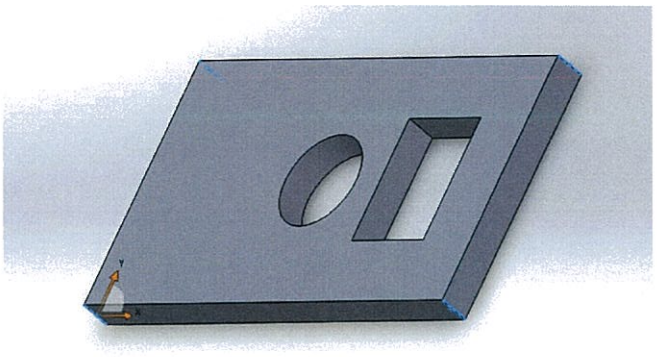


รูปที่ 3.13 กำหนดค่าบริเวณที่ต้องการปรับแต่งเพิ่มเติม

จากนั้นเลือกเครื่องมือเจาะแล้วกำหนดความลึกที่ต้องการเจาะลงไปแล้วกดตกลงก็จะได้ชิ้นงานที่ถูกเจาะตามที่ต้องการ

หลังจากนั้นจะทำการลดมุมของชิ้นงาน โดยเลือกบริเวณเส้นบนตัวชิ้นงานโดยตรง ในขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นจะต้องกำหนดเส้นใดๆจึงไม่ต้องใช้โหมดการร่างเส้น หากต้องการเลือกหลายเส้นให้ทำการกดปุ่ม Shift บนคีย์บอร์ดค้างไว้ขณะทำการเลือกเส้นด้วย เมื่อเลือกเสร็จแล้วบริเวณที่เลือกจะเป็นสีฟ้าดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 บริเวณที่เลือกสำหรับทำงานลดขอบ

จากนั้นเลือกเครื่องมือลดขอบแล้วใส่ค่าที่ต้องการลงไป ในการปรับแต่งนี้สามารถเลือกได้ว่าให้เป็นขอบโค้งมนหรือขอบแบบตัดเรียบ เมื่อได้ค่าที่กำหนดแล้วกดตกลงก็จะได้ชิ้นงานที่ถูกตัดขอบตามต้องการ

รูปที่ 3.15 ชิ้นงานที่ถูกลดขอบแบบโค้งมน (ซ้าย) และชิ้นงานที่ถูกลดขอบแบบตัดเรียบ (ขวา)

3.3.8 การใช้โปรแกรม VNC เชื่อต่อ Raspberry Pi กับ Wifi

เนื่องจากรถสำรวจของเราเป็นรถสำรวจที่มีการควบคุมแบบไร้สาย เป็นสาเหตุที่ทำให้เราเลือกใช้อุปกรณ์ Raspberry Pi 3 เพราะว่าเป็นรุ่นแรกมีตัวรับสัญญาณ Wifi ในตัวเอง โดยในการเชื่อมต่อเราได้ใช้โปรแกรม VNC ในการเชื่อมต่อ โดยมีขันตอนดังนี้

- ทำการติดตั้ง VNC Server เราใช้ Tight VNC ลงใน Raspberry Pi โดยใช้คำสั่ง

1. sudo apt-get update
2. sudo apt-get install Tightvncserver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install tightvncserver
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following extra packages will be installed:
  xfonts-base
Suggested packages:
  tightvnc-java
The following NEW packages will be installed:
  tightvncserver xfonts-base
0 upgraded, 2 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 6,736 kB of archives.
After this operation, 9,895 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
```

รูปที่ 3.16 การติดตั้ง VNC Server เราใช้ Tight VNC ลงใน Raspberry Pi

■ เมื่อเราติดตั้งเสร็จแล้ว ทำการรัน Tight VNC ขึ้นมาโดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

1. Tightvncserver จากนั้นตั้งรหัสผ่าน โดยรหัสผ่านต้องไม่เกิน 8 ตัว เมื่อตั้งรหัสผ่านเสร็จแล้วจะเห็นว่า VNC ถูกเปิดใช้งานแล้ว

```
pi@raspberrypi:~ $ tightvncserver

You will require a password to access your desktops.

Password:
Warning: password truncated to the length of 8.
Verify:
Would you like to enter a view-only password (y/n)? y
Password:
Warning: password truncated to the length of 8.
Verify:

New 'X' desktop is raspberrypi:1

Creating default startup script /home/pi/.vnc/xstartup
Starting applications specified in /home/pi/.vnc/xstartup
Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:1.log

pi@raspberrypi:~ $
```

รูปที่ 3.17 ทำการตั้งรหัสผ่านใน Tight VNC ลงใน Raspberry Pi

ซึ่งเราสามารถใช้คำสั่งกำหนดเวลาเปิดการใช้งาน VNC ได้นะคะ ว่าเราต้องการให้ Remote Desktop ด้วยขนาดหน้าจอเท่าไหร่ความละเอียดเท่าไหร่

ในที่นี้ลองกำหนด Remote Desktop ให้มีค่าขนาดที่เราต้องการเช่น 1280x720 vncserver :1 -geometry 1280x720 -depth 24

เมื่อกำหนดขนาดดังกล่าวแล้ว vncserver :1 -geometry 1280x720 -depth 24 จะเห็นว่าเป็นการเปิด desktop display :1 (ทุกครั้งที่บูท Raspberry Pi ขึ้นมาใหม่ต้องเข้ามารันคำสั่งนี้ทุกครั้งเพื่อเปิดการใช้งาน VNC Server แต่เดี๋ยวตอนท้ายจะบอกวิธีตั้งค่าให้รัน VNC server อัตโนมัติทุกครั้งที่เปิด Raspberry Pi ขึ้นมาใหม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

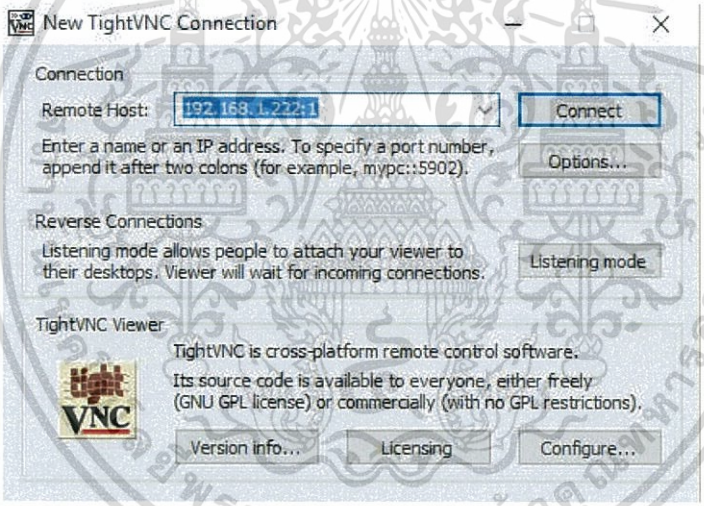
```
pi@raspberrypi:~ $  vncserver :1 -geometry 1280x720 -depth 24

New 'X' desktop is raspberrypi:1

Starting applications specified in /home/pi/.vnc/xstartup
Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:1.log

pi@raspberrypi:~ $
```

รูปที่ 3.18 ทำการตั้ง Remote Desktop นใน Tight VNC ลงใน Raspberry Pi

- การติดตั้ง VNC Client ลงในคอมพิวเตอร์และการใช้งาน

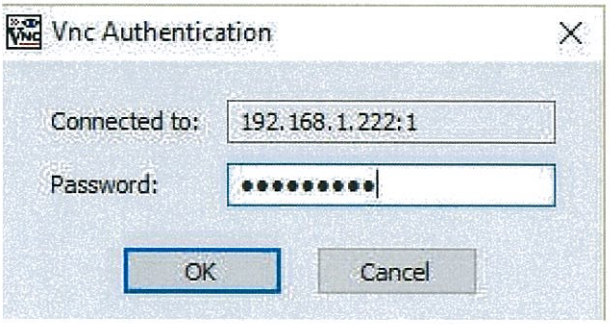
1. ติดตั้ง Tight VNC โดยไปดาวน์โหลดที่
   https://www.tightvnc.com/download.php

2. เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา กรอก IP Address ของ Raspberry Pi กับ display ในที่นี้ คือ :1 จะได้เป็น 192.168.1.222:1 กด Connect



รูปที่ 3.19 การติดตั้ง VNC Client ลงในคอมพิวเตอร์

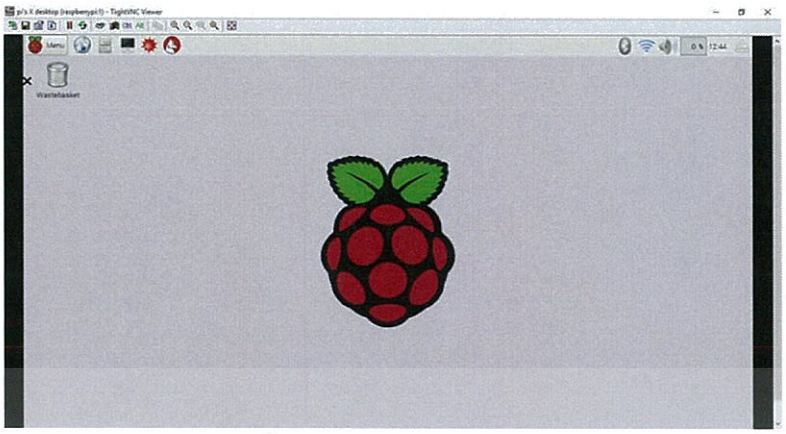
3. ใส่พาสเวิร์ดที่เราตั้งไว้ กด OK



รูปที่ 3.20 ลองใส่พาสเวิร์ดตามที่ตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

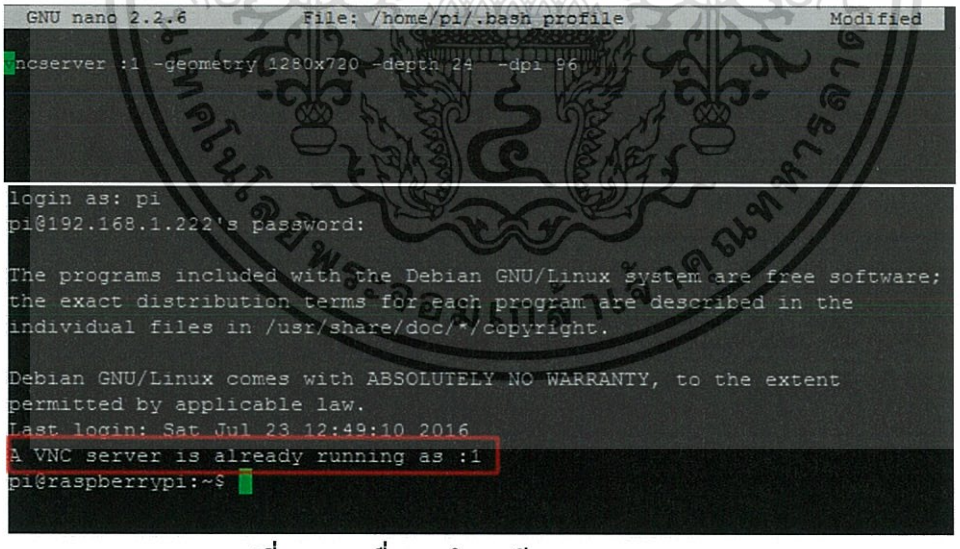
4. เราก็จะสามารถ Remote Desktop ได้แล้ว



รูปที่ 3.21 Remote Desktop

การตั้งค่าให้ VNC Server รันอัตโนมัติทุกครั้งเมื่อบูท Raspberry Pi ขึ้นมา เข้าไปแก้ไขในไฟล์ .bash_profile โดยใช้คำสั่ง

1. sudo nano -c ~/.bash_profile
2. vncserver :1 -geometry 1280x720 -depth 24 -dpi 96 เราสามารถเปลี่ยนขนาดการแสดงผลได้นะคะ เช่น จาก 1280x720 ไปเป็น 1920x1080 ถ้าอยากได้ Full HD
3. จากนั้นกด Ctl+x พิมพ์ 'y' แล้ว Enter เพื่อ save ไฟล์



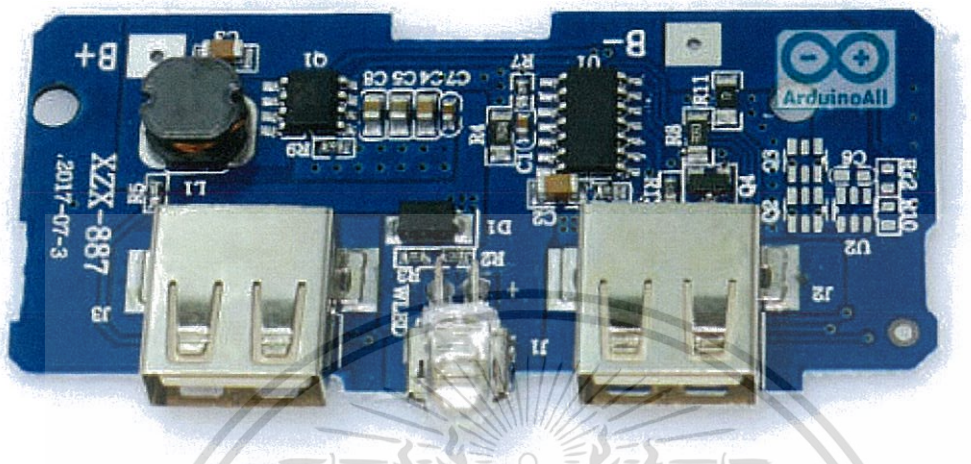
รูปที่ 3.22 เมื่อเราทำการรีบูท Raspberry Pi

เมื่อเราทำการรีบูท Raspberry Pi ขึ้นมา ถ้า access ผ่าน putty จะเห็นว่าจะรัน VNC server ขึ้นมาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 18650 battery 3.7V 5V 2A step-up module Rechargeable

โมดูล Step up พร้อมวงจรชาร์จ แปลงไฟจาก 3.7 เป็น 5V กระแสสูงสุด2A สำหรับแบตเตอร์รี่ 18650 เอาต์พุตแบบ USB 2 ช่อง 1A และ 2A



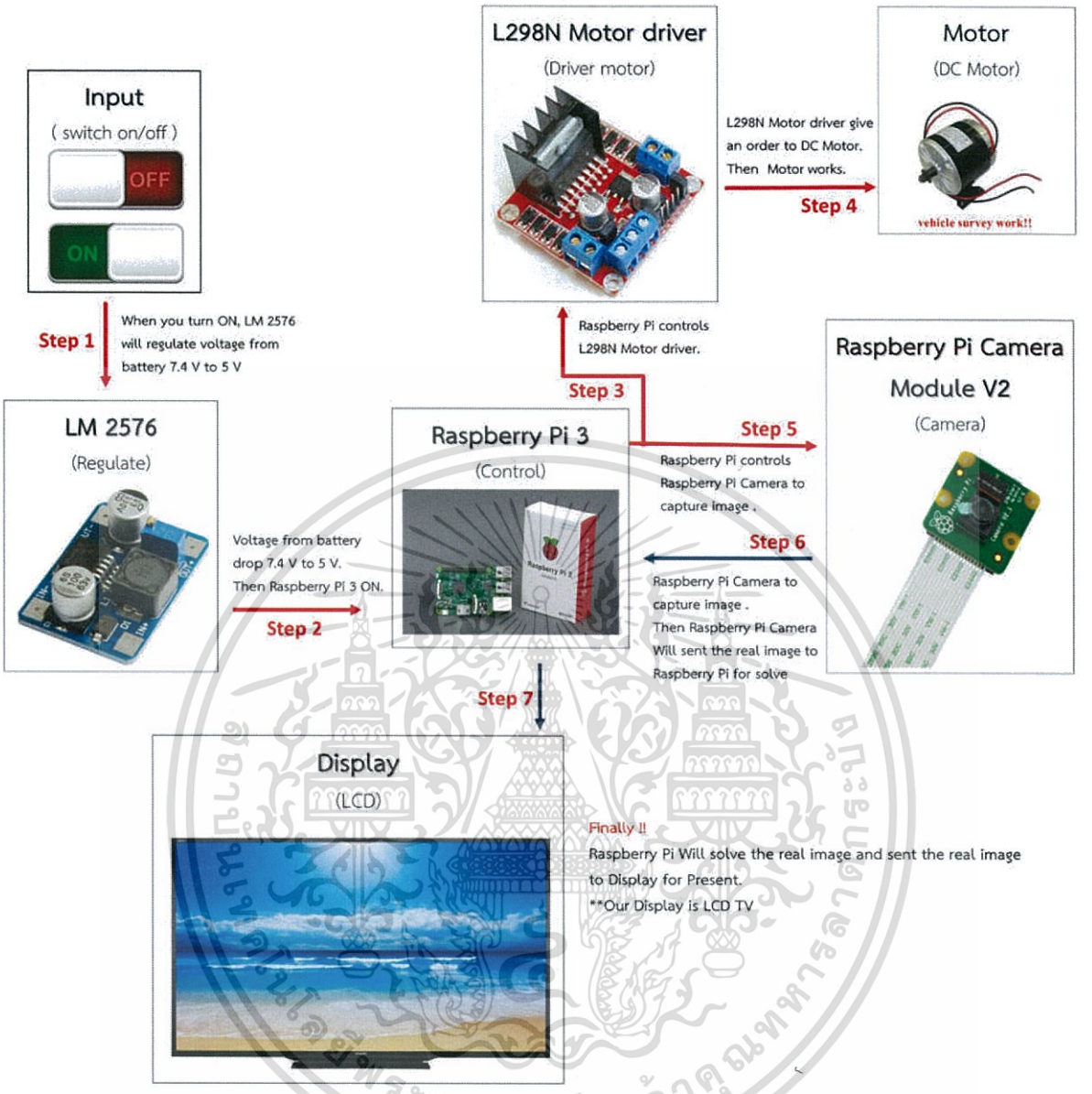
รูปที่ 3.23 18650 battery 3.7V 5V 2A step-up module Rechargeable 2X USB

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ18650 battery 3.7V 5V 2A step-up module Rechargeable

	คุณสมบัติ
เมื่อจ่ายไฟเข้าวงจรแล้ว LED เปล่งแสงเพื่อแสดงสถานะพร้อมทำงาน	
ขนาด	69 mm x 32 mm x 8 mm
Input	ต้องการแรงดันคงที่ 5V 1A ในการชาร์จ
Output	USB 2 port
Input port	MicroUSB (Android port)
Output port	USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ



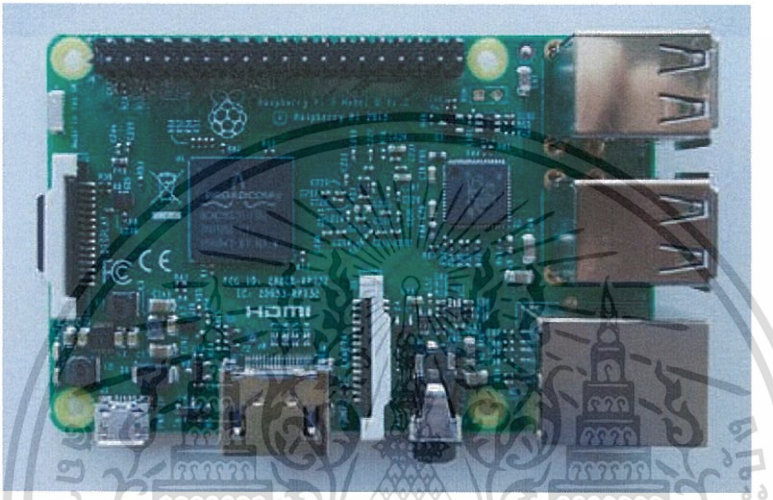
รูปที่ 3.24 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

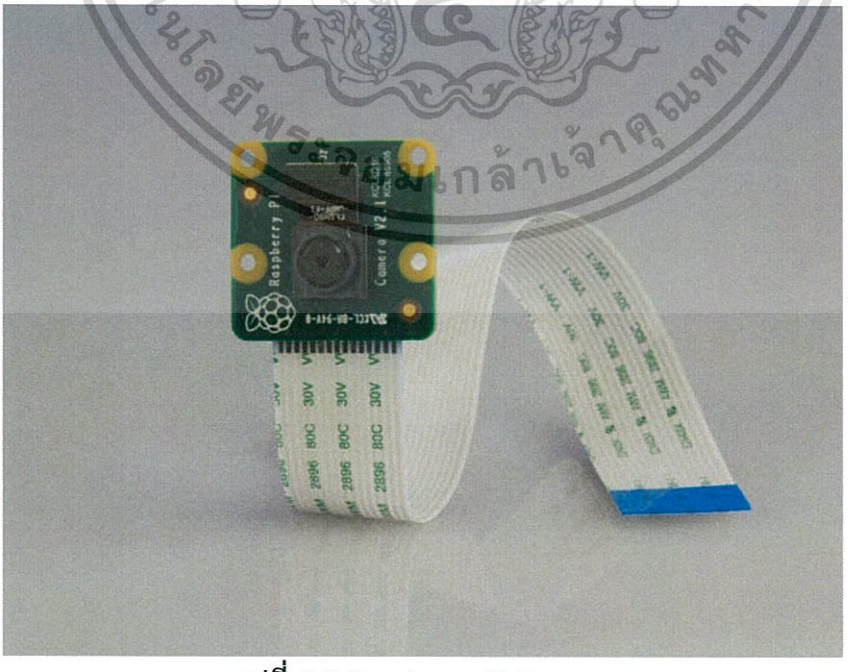
4.1 อุปกรณ์จากการทดลอง

4.1.1 Raspberry Pi 3



รูปที่ 4.1 Raspberry Pi 3

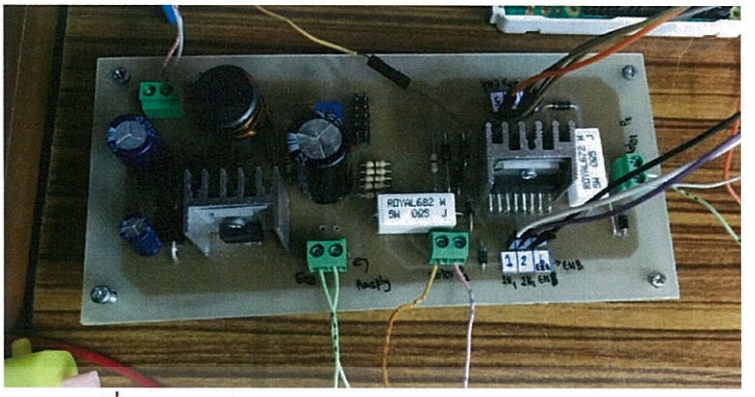
4.1.2 Raspberry Pi camera



รูปที่ 4.2 Raspberry Pi Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 L298N Drive Motor



รูปที่ 4.3 L298N Dual H-Bridge Motor Controller

เนื่องด้วยการทำงานของ Raspberry Pi 3 นั้น ต้องการแรงดันจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 5.1 V และต้องการแระแส 3 A เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนตัว Raspberry Pi 3 ซึ่งตัว Motor Controller โดยทั่วไปจ่ายแรงดันได้เพียง 5 V และกระแส 2 A เท่านั้น

ทางผู้วิจัยเลยได้สร้าง Motor Controller มาเอง โดยใช้ตัว LM 2576 และ L298N ในการออกแบบ ทั้งนี้สามารถจ่ายกระแสและแรงดันได้ตามต้องการ

4.1.4 DC Motor BO1

รูปที่ 4.4 ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1

ผู้ทดลองใช้ DC Motor ชุดเฟืองขับมอเตอร์ BO1
มีคุณสมบัติดังนี้ 1. มีอัตราทด 120:1
2. เป็นมอเตอร์ DC แบบ 2 Output
3. มีสายต่อมอเตอร์แบบ IDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 Servo Motor Tower Pro SG90S

รูปที่ 4.5 Servo Motor Tower Pro SG90S

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของ Servo Motor SG90

Basic Information	
Modulation	Analog
Torque	4.8V : 25.0 oz -in (1.80 kg-cm)
Speed	4.8V : 0.12 sec/60°
Weight	0.32 oz (9.0g)
Dimensions	Length : 0.91 in (23.0 mm) Width : 0.48 in (12.2 mm) Height : 1.14 in (29.0 mm)
Motor Type	3 - pole
Gear Type	Plastic
Rotation/Support	Bushing
Pulse Width	500 – 2400 us

4.2 ผลการทดลองการสั่นของมอเตอร์

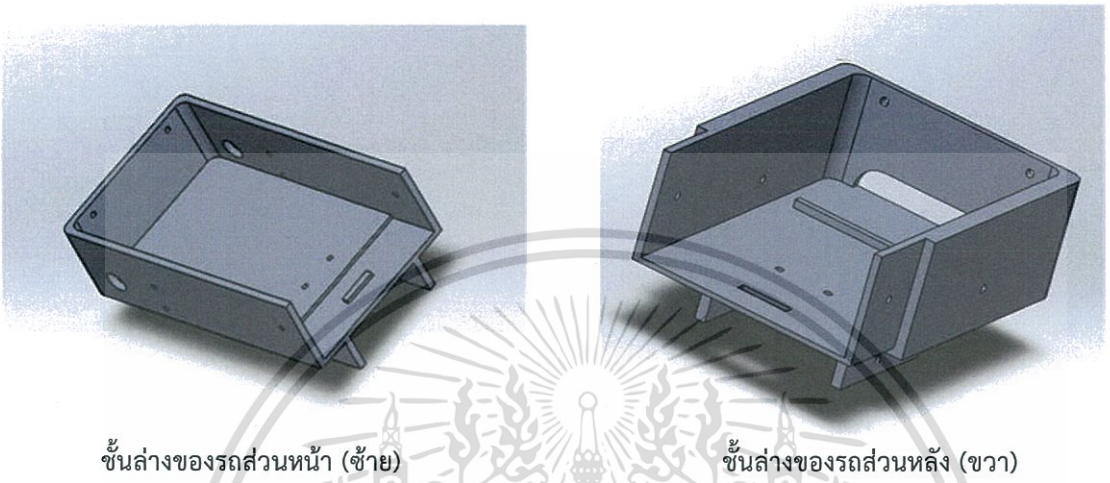
รูปที่ 4.6 การทดลองสั่งการมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองเรื่องการออกแบบและสร้างรถสำรวจ

4.3.1 ชิ้นงานรถสำรวจที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม SOLIDWORK 2017

ในการทำโครงงานนี้กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตัวรถจากโปรแกรม SOLIDWORK ทั้งหมด 9 ชิ้นดังภาพ



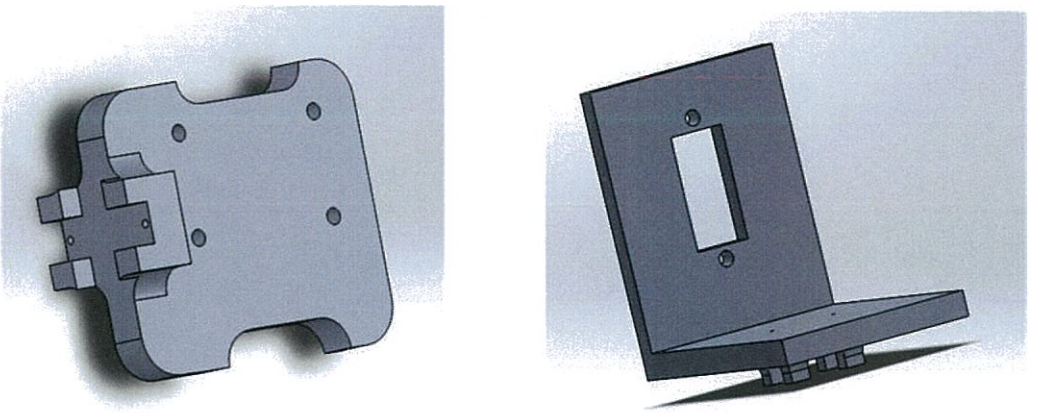
ชั้นล่างของรถส่วนหน้า (ซ้าย) ชั้นล่างของรถส่วนหลัง (ขวา)

รูปที่ 4.7 ชิ้นส่วนด้านล่างของรถสำรวจ

ชั้นบนของรถส่วนหน้า (ซ้าย) ชั้นบนของรถส่วนหลัง(ขวา)

รูปที่ 4.8 ชิ้นส่วนชั้นบนของรถสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฐานยึดกล้อง (ซ้าย)　　ฐานยึดเซอร์โว (ขวา)

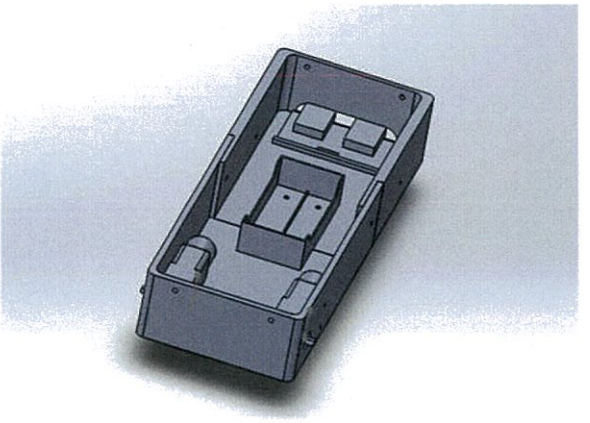
รูปที่ 4.9 ฐานยึดอุปกรณ์เสริม

เนื่องจากเครื่องปริ้นสามมิติไม่สามารถสร้างชิ้นงานที่มีขนาดเกิน 20 เซนติเมตรได้จึงจำเป็นต้องแยกชิ้นงานเป็นหลายส่วน จึงจำเป็นต้องออกแบบให้แต่ละชิ้นใช้งานประกอบกันได้พอดี และเมื่อนำมาประกอบกันจะสามารถใช้งานได้ดังนี้

รูปที่ 4.10 การติดกล้องบริเวณฝาปิดส่วนหน้า

นำฝาปิดส่วนหน้าที่มีรูเพื่อยึดเซอร์โวมารวมกับเซอร์โวตัวแรกแล้วประกอบเข้ากับฐานยึดเซอร์โวตัวที่สอง นำเซอร์โวตัวที่สองมาติดเข้ากับฐานยึดแล้วนำฐานยึดกล้องมาติดกับเซอร์โวตัวที่สองจะทำให้ได้ชิ้นส่วนดังรูปโดยที่ เซอร์โวตัวแรกจะทำหน้าที่หมุนทางแนวระนาบ ส่วนเซอร์โวตัวที่สองจะทำหน้าที่ทำให้กล้องหมุนได้ในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



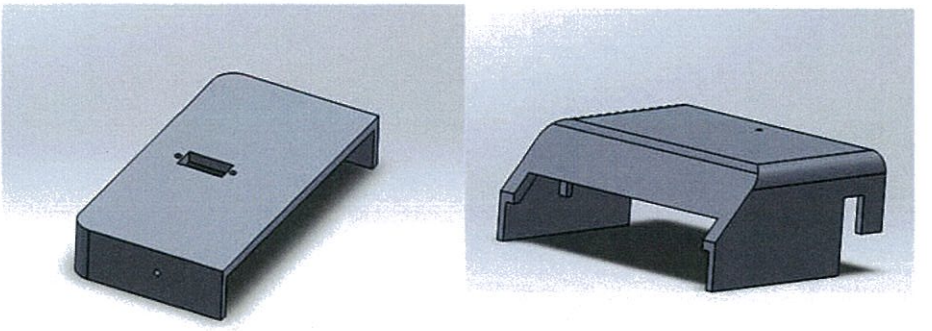
รูปที่ 4.11 การจัดวางอุปกรณ์บนชั้นล่างของตัวรถ

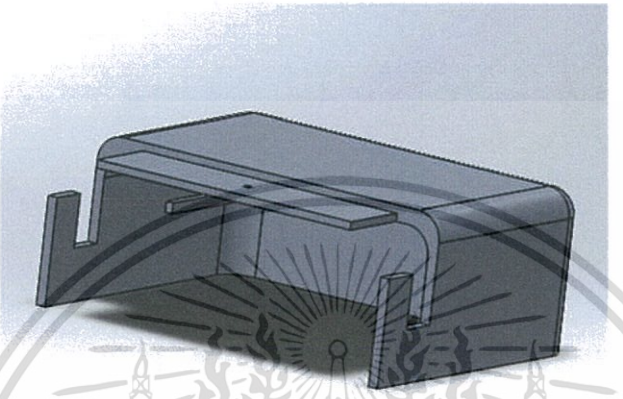
นำชั้นล่างของรถมาประกอบกันแล้วนำมอเตอร์สองตัวติดเข้ากับด้านหน้าของชั้นล่างที่มีการเจาะรูเตรียมไว้แล้ว จากนั้นบริเวณตรงกลางมีรูไว้สำหรับยึดกับรางใส่แบตเตอรี่ ส่วนท้ายของชั้นก็นำวงจรชาร์จไฟมาประกอบเข้าด้วยกัน

รูปที่ 4.12 การจัดวางอุปกรณ์บนชั้นบนของตัวรถ

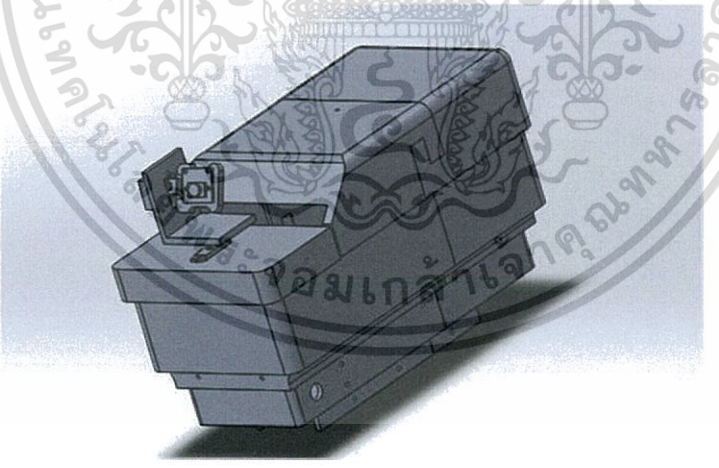
นำชั้นบนของรถทั้งสองส่วนประกอบเข้าด้วยกัน จากนั้นนำบอร์ด Raspberry pi3 มาติดเข้าที่ด้านหน้าของชั้นนี้ และนำวงจรมาติดเข้ากับชิ้นงานในบริเวณที่เหลือ จากนั้นเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันโดย หากต้องต่อลงไปยังอุปกรณ์ในส่วนลางของรถก็ให้นำสายลอดผ่านรูทางด้านท้ายของชิ้นงานเพื่อลงไปเชื่อมต่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.13 ฝาปิด



รูปที่ 4.14 ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน

นำฝาปิดส่วนกลางและหลังมาประกอบกัน จากนั้นนำฝาปิดส่วนหน้าลงมาปิดก่อน จึงปิดด้วยฝาปิดที่ประกอบกันแล้วจะได้รูปแบบของตัวรถที่สมบูรณ์ บริเวรฝาปิดส่วนกลางที่มีรูไว้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดด้านในกับชุดเซอร์และกล้องด้านนอกตัวรถนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองทดสอบการเคลื่อนที่ของรถสำรวจ

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ของรถสำรวจ

การเคลื่อนที่ในระยะทาง 3 เมตร	
ความชัน (องศา)	ระยะเวลา (วินาที)
0	24.1
7	25.1
15	27.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การทดลองเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่ไพน์กับคอมพิวเตอร์

จากการทดลองต้องใช้การเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่ไพน์เข้ากับคอมก่อนโดยผ่านโปรแกรม VNC แล้วจึงเข้าไปหน้าจอของราสเบอร์รี่ไพน์ เพื่อเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย เมื่อเชื่อมต่อได้แล้วค่อยทำการนำเลข IP address ของราสเบอร์รี่ไพน์ที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายมาใส่ในโปรแกรม VNC อีกครั้ง จึงสามารถเชื่อมต่อราสเบอร์รี่ไพน์และคอมพิวเตอร์ด้วยระบบไร้สาย

5.1.2 การทดลองขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์

ได้ทำการทดลองเขียนโค้ดเพื่อขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์โดยต้องใช้โปรแกรม Python ที่อยู่ภายในโปรแกรม lasbian ของราสเบอร์รี่ไพน์โดยใช้ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ 2 ตัว โดยเมื่อทำการขับเคลื่อนไปข้างหน้าและหลังด้วยมอเตอร์พร้อมกันทั้ง 2 ตัว และหมุนไปในทิศทางเดียวกัน แต่หากเป็นการเลี้ยวมอเตอร์ที่ทำงานจะมีแค่ตัวเดียวและเป็นมอเตอร์ที่อยู่ตรงข้ามกับทิศที่จะเลี้ยว

5.1.3 การทดลองหมุนเซอโวมอเตอร์

ได้ทดลองใช้เซอโวในการหมุนกล้องราสเบอร์รี่ไพน์โดยใช้เซอโวทั้งหมด 2 ตัวเพื่อจะหมุนได้ 360 องศา และได้ทำการเขียนโค้ดในไลท์บาร์รี่เดียวกับกันดีซีมอเตอร์

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.2.1 การทดลองเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่ไพน์กับคอมพิวเตอร์

จากการทดลองต้องเชื่อมต่อรถสำรวจเข้ากับคอมด้วยสายเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตก่อนในครั้งแรกที่ใช้งาน ไม่สามารถเชื่อมต่อได้เองโดยอัตโนมัติ เนื่องจากไม่ได้มีเราเตอร์ที่ใช้ปล่อยสัญญาอินเทอร์เน็ตแบบส่วนตัว แต่ข้อดีคือสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ทุกที่

5.2.2 การทดลองขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์และเซอร์โว

จากการทดลองเมื่อต้องการให้รถสำรวจเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือหลังต้องให้มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนไปในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าต้องการให้รถเลี้ยวซ้ายหรือขวาจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เพียงตัวเดียว แต่ไม่สามารถปรับความเร็วของรถได้เนื่องจากเป็นการเขียนโค้ดให้ใช้ความเร็วสูงสุดที่มอเตอร์จะหมุนได้

5.2.3 การทดลองหมุนเซอโวมอเตอร์

จากการทดลองไม่สามารถสั่งการหมุนเซอโวพร้อมมอเตอร์ได้เนื่องจาก ไลบาร์รี่ที่ใช้รับค่าจากคีย์บอร์ดได้แค่ที่ละ 1 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ผศ.ดร.อรฉัตรจิตต์โสภักตร์. (2552). Digital Image Processing ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิตอล. พิมพ์ครั้งที่1. บริษัท สงวนกิจ พริ้นท์ แอนด์ มีเดีย : กรุงเทพมหานครฯ

[2] พูนศักดิ์ ธนพันธ์พาณิช. (2558). Maya for Beginners.พิมพ์ครั้งที่1. บริษัท ลักกี้ บุค : นนทบุรี

[3] https://langisser.files.wordpress.com/2011/03/kinect.pdf

[4] https://www.facebook.com/notes/world-camera/ [Online].

[5] slideshare. 2556.Kinect xbox 360. [Online]. Available:https://www.slideshare.net/GameOpen/kinect-13932384 .

[6] gamerdome. 2556. การใช้งาน Kinect. [Online]. Available: http://www.gamerdome.net/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2560

[7] https://www.sdcard.org/about_sda/member_companies/ [Online].

[8] ผ.ศ.โอภาศ ศิริครรชิตถาวร, สมเกียรติ กิจวงศ์วัฒนะ, นวพร เหล่าวัฒนธรรม, กฤษดา ใจเย็น, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ธีรวุธ จิตพรมมา ()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

Multiwatt15

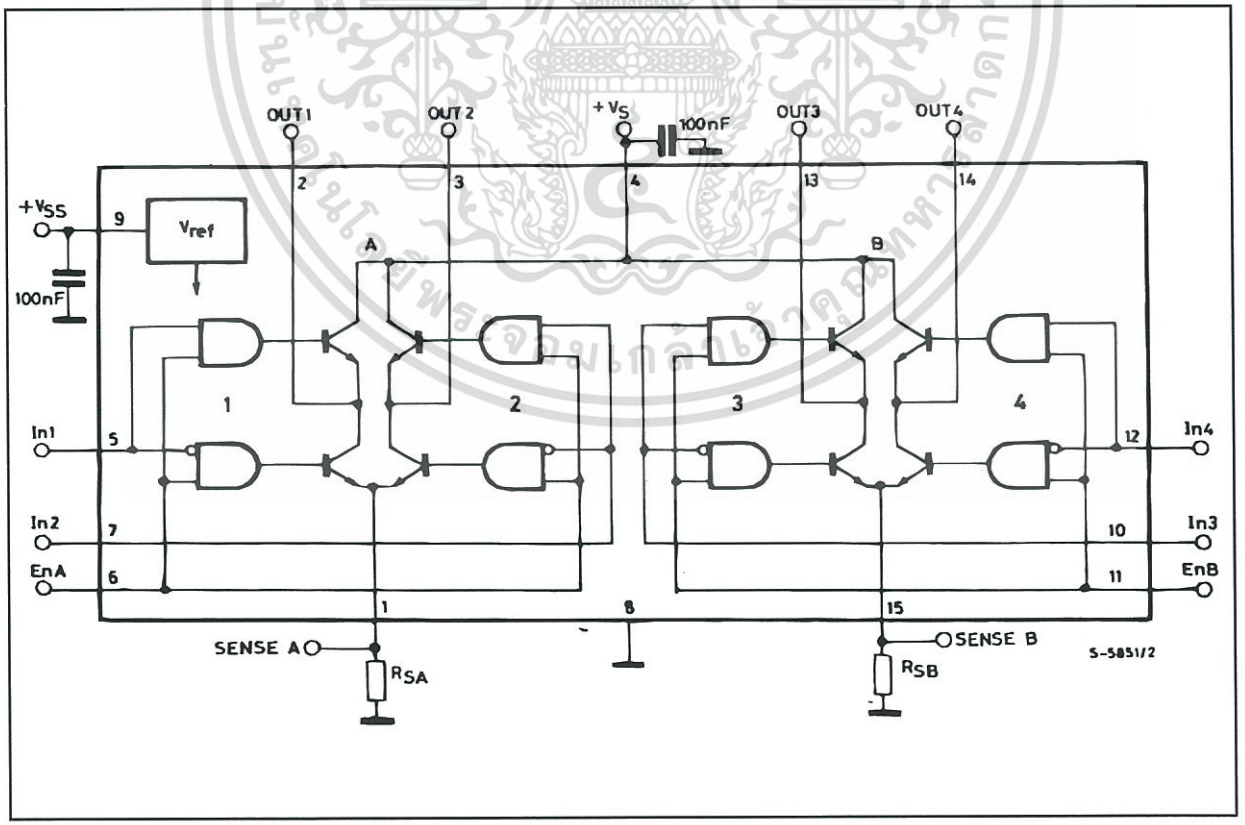
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

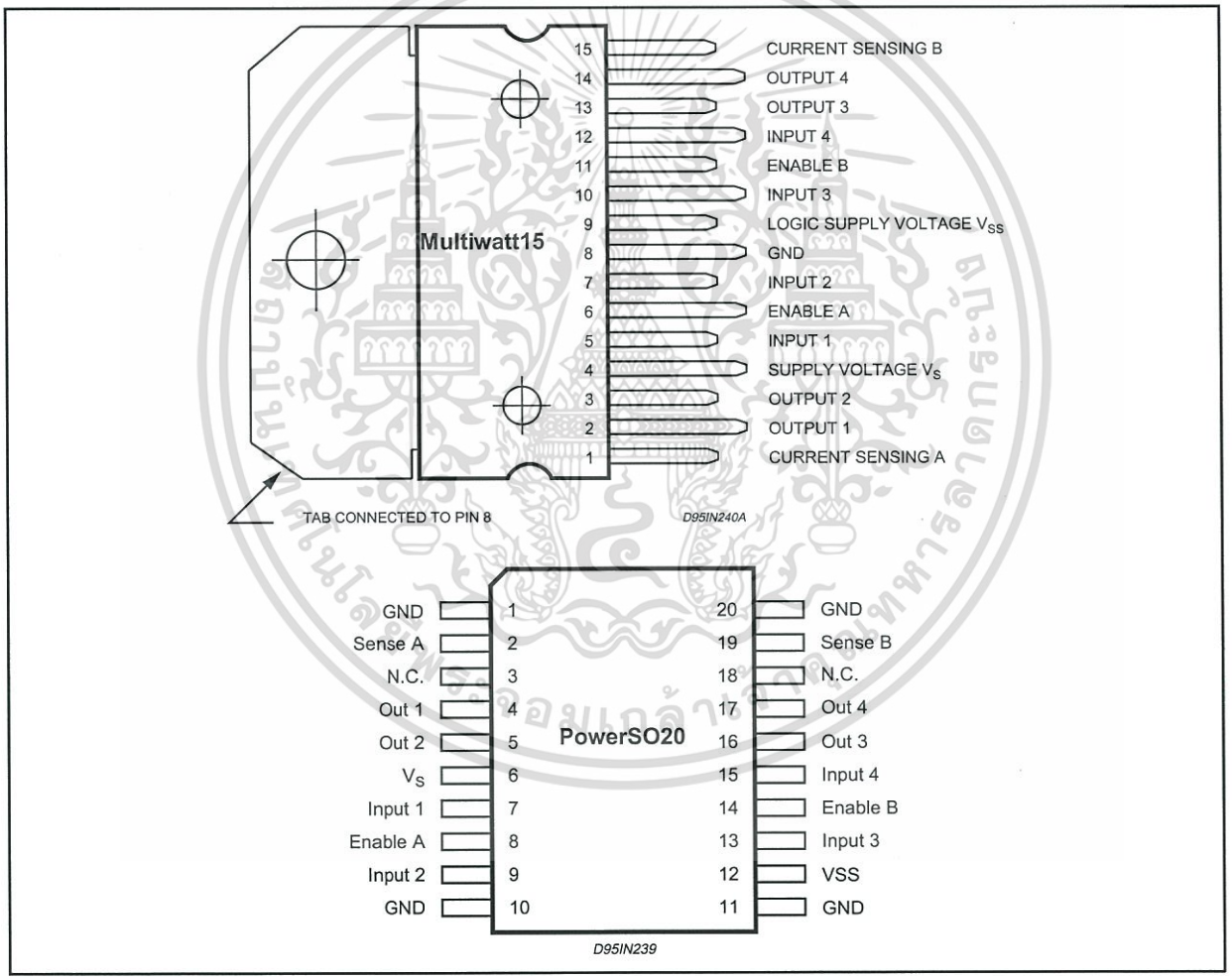


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I,V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	–25 to 130	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V_S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V_{IH} +2.5		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V_{en} = H; I_L = 0 V_i = L V_i = H		13 50	22 70	mA mA
		V_{en} = L V_i = X			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	V_{en} = H; I_L = 0 V_i = L V_i = H		24 7	36 12	mA mA
		V_{en} = L V_i = X			6	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		VSS	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = L			–10	µA
I_{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	Vi = H ≤ V_{SS} –0.6V		30	100	µA
V_{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V_{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V_{SS}	V
I_{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = L			–10	µA
I_{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = H ≤ V_{SS} –0.6V		30	100	µA
$V_{CEsat\ (H)}$	Source Saturation Voltage	I_L = 1A I_L = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CEsat\ (L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CEsat}	Total Drop	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T_1 (V_i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (2); (4)		1.5		µs
T_2 (V_i)	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		0.2		µs
T_3 (V_i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.1 I_L (2); (4)		2		µs
T_4 (V_i)	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.7		µs
T_5 (V_i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		0.7		µs
T_6 (V_i)	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_7 (V_i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		1.6		µs
T_8 (V_i)	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.2		µs
fc (V_i)	Commutation Frequency	I_L = 2A		25	40	KHz
T_1 (V_{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (2); (4)		3		µs
T_2 (V_{en})	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		1		µs
T_3 (V_{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.1 I_L (2); (4)		0.3		µs
T_4 (V_{en})	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.4		µs
T_5 (V_{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		2.2		µs
T_6 (V_{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.35		µs
T_7 (V_{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_8 (V_{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.1		µs

1) 1)Sensing voltage can be –1 V for t ≤ 50 µsec; in steady state V_{sens} min ≥ – 0.5 V.
2) See fig. 2.
3) See fig. 4.
4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

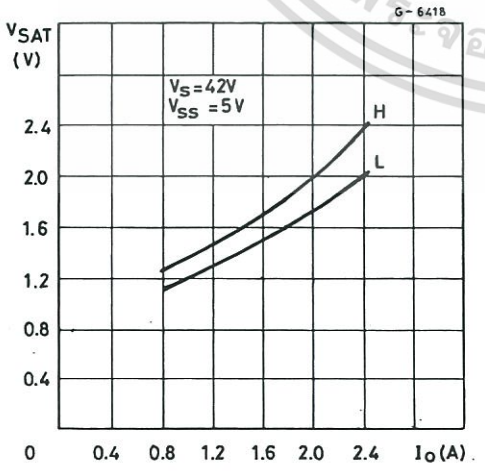
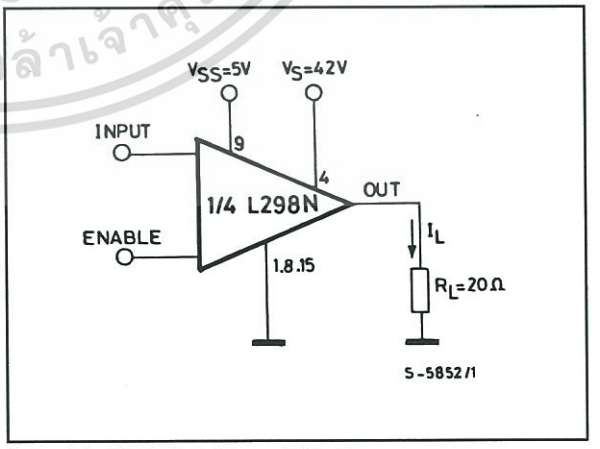


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

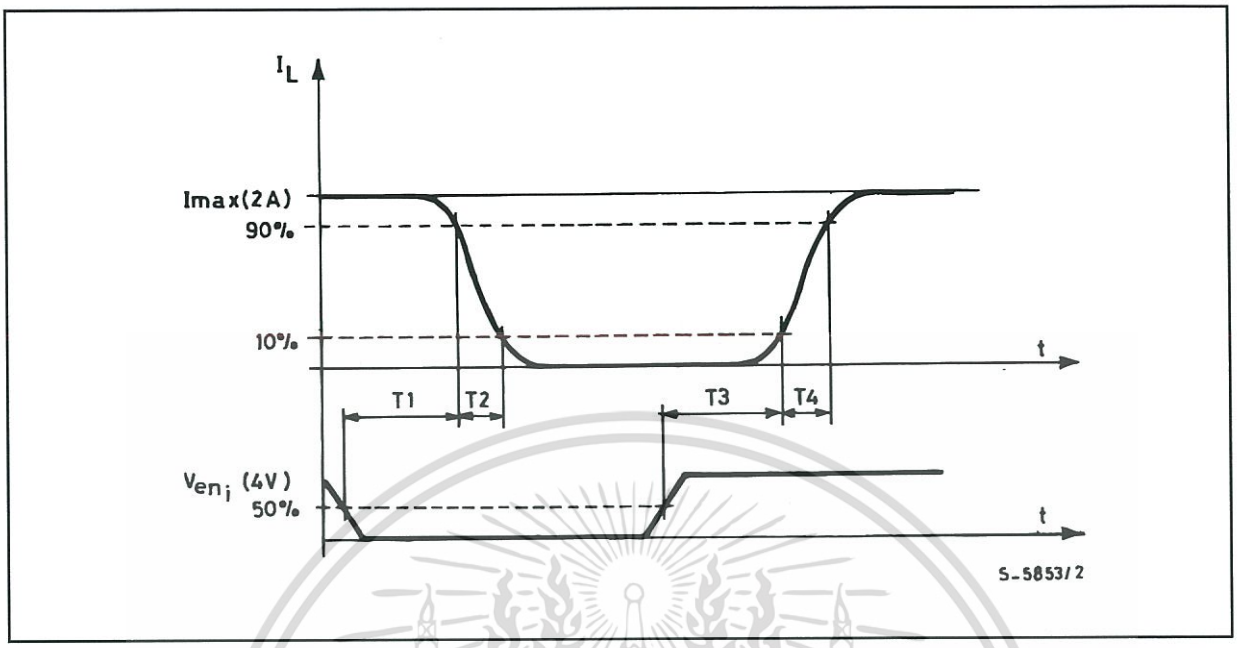
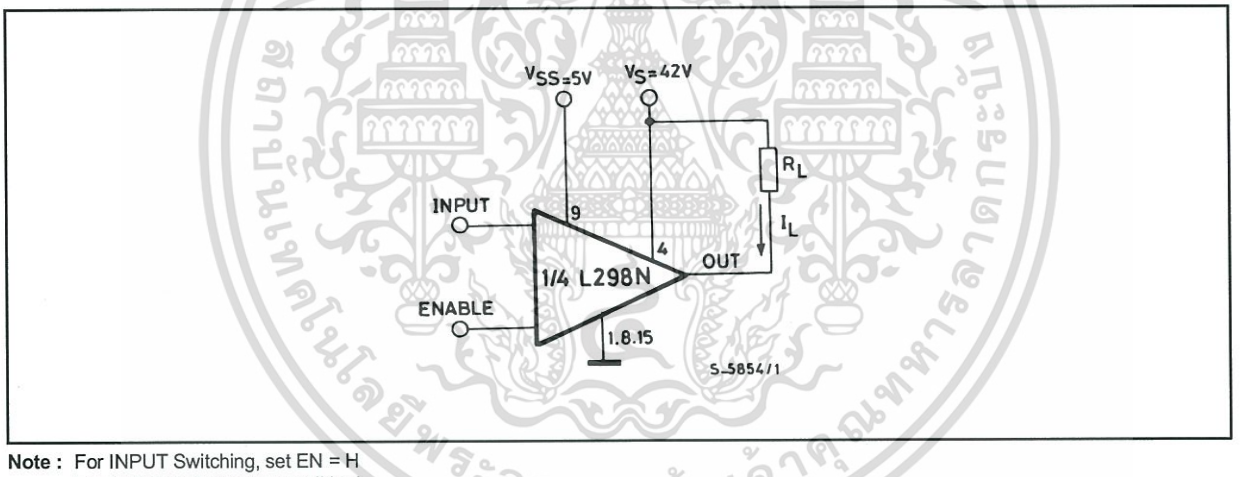


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

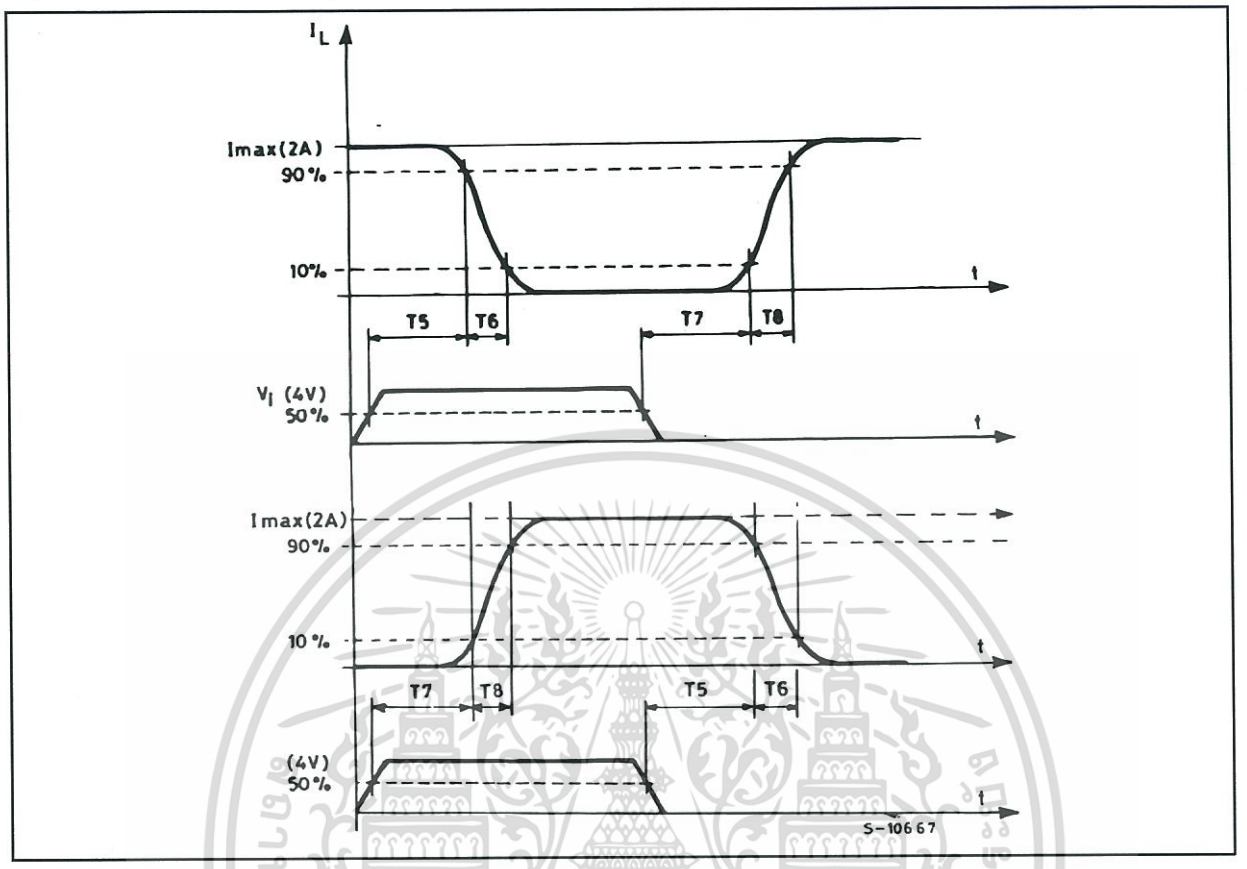
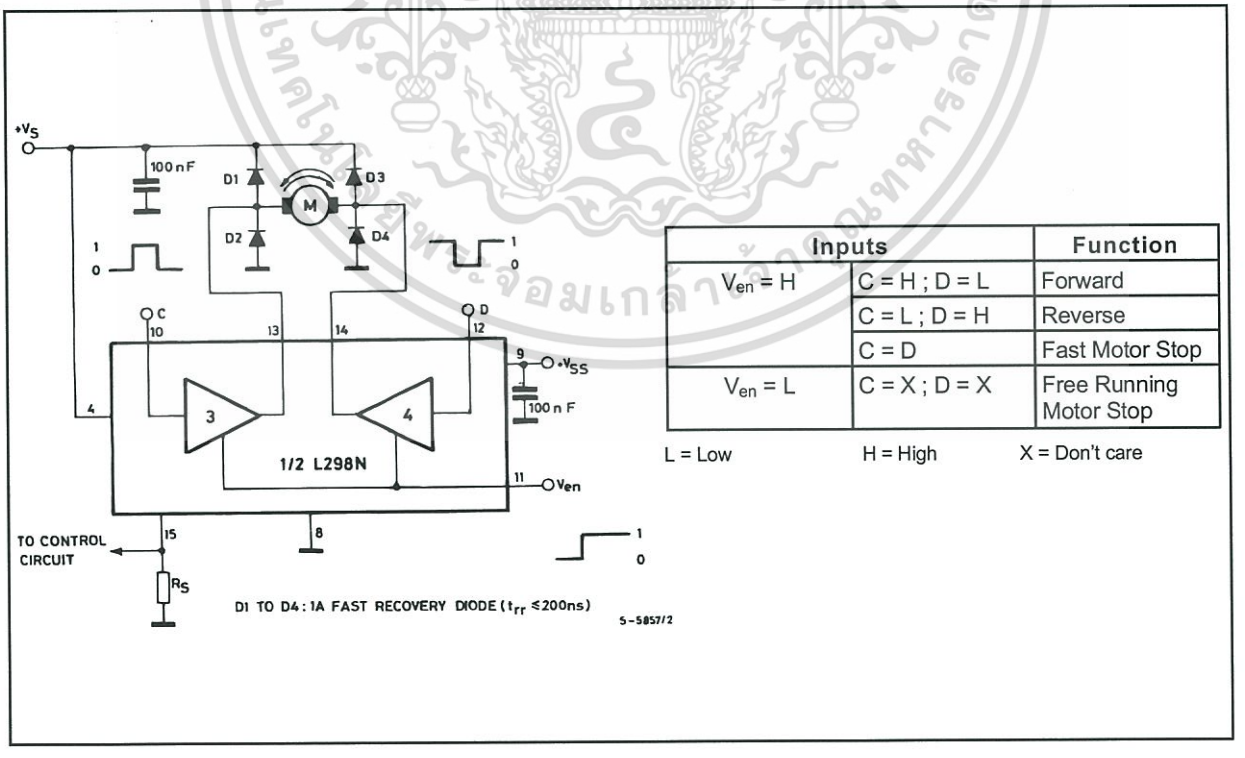


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

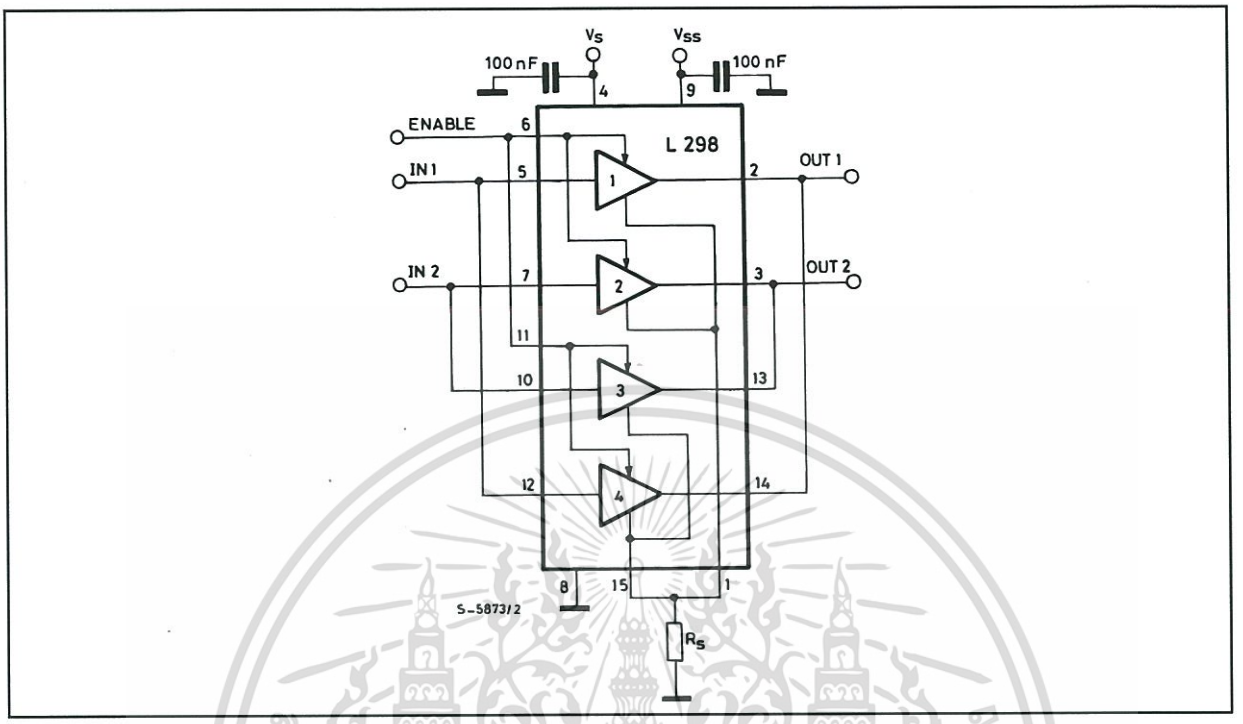


Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB}.) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss, to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements (trr ≤ 200 nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Shottky diodes would be preferred.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

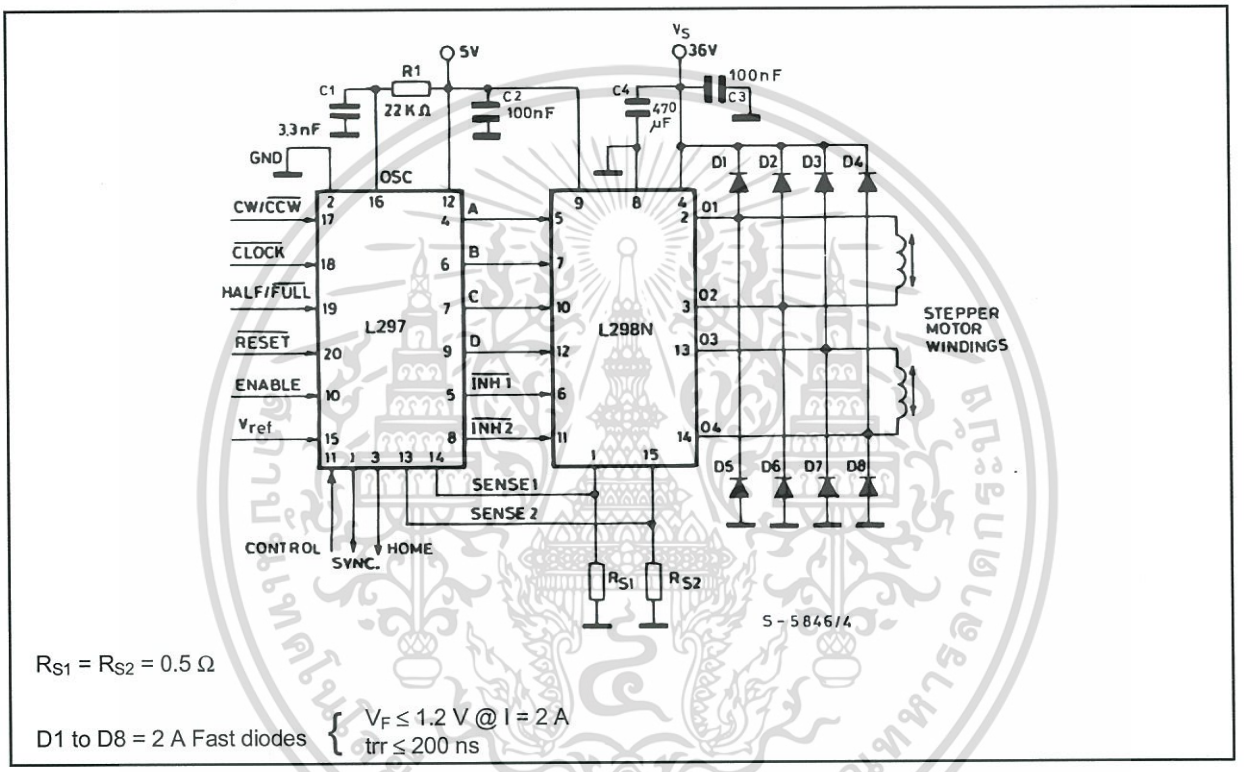
On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

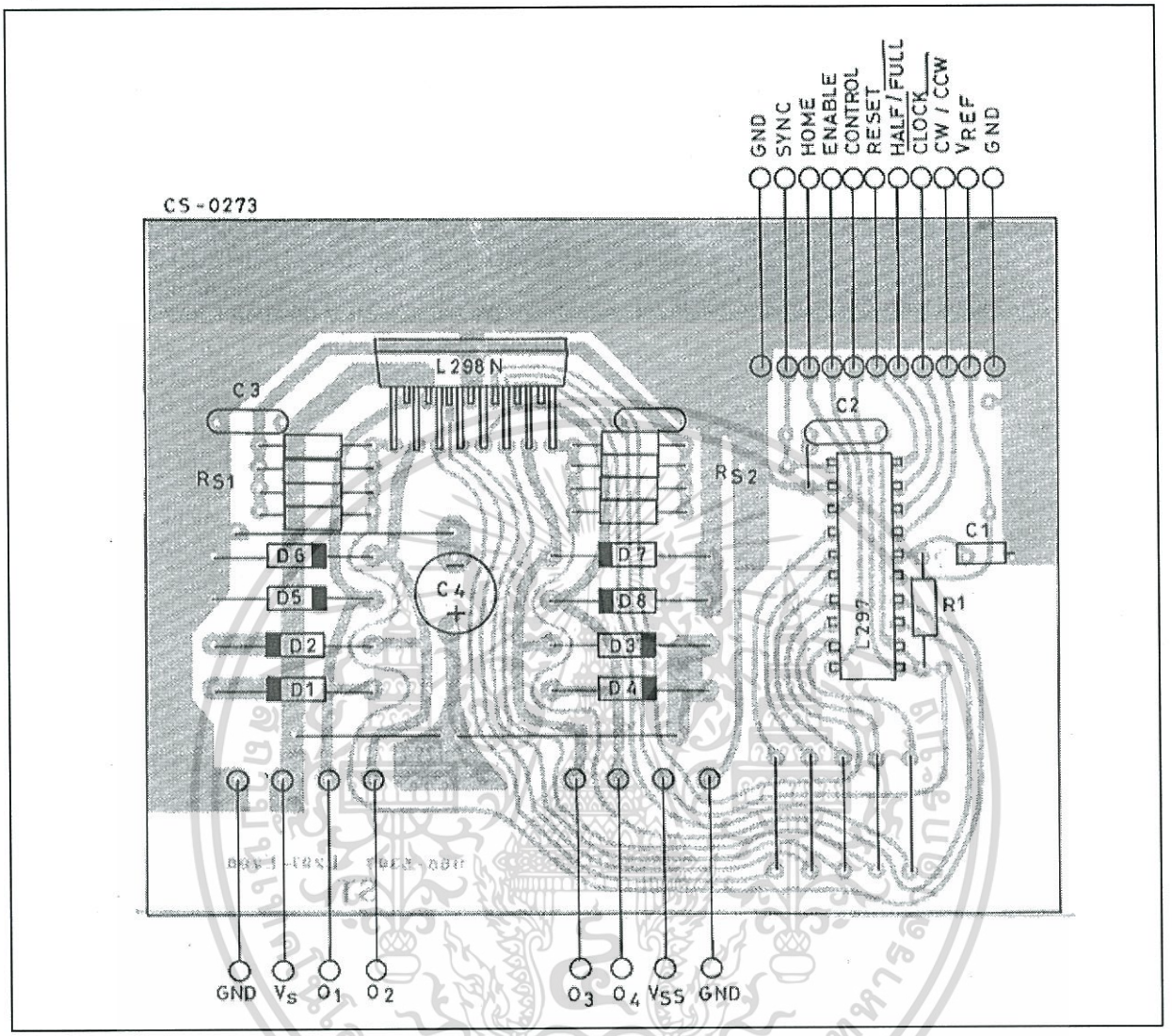
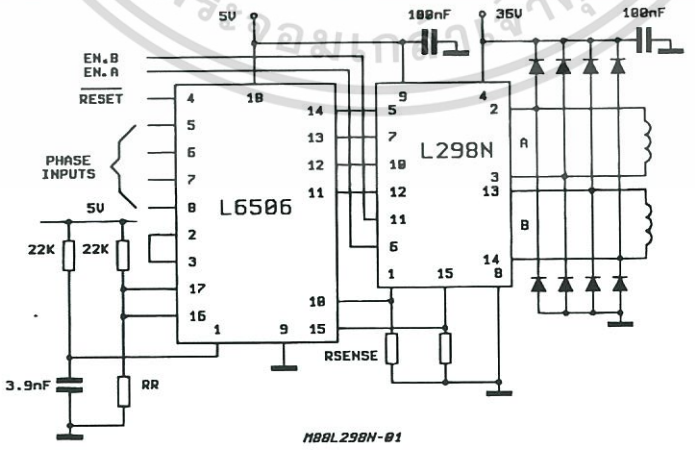


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

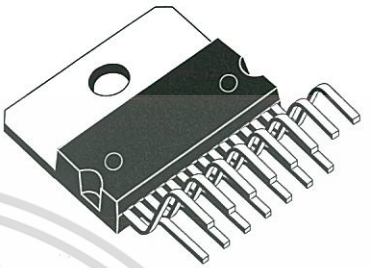


R_R and R_{sense} depend from the load current

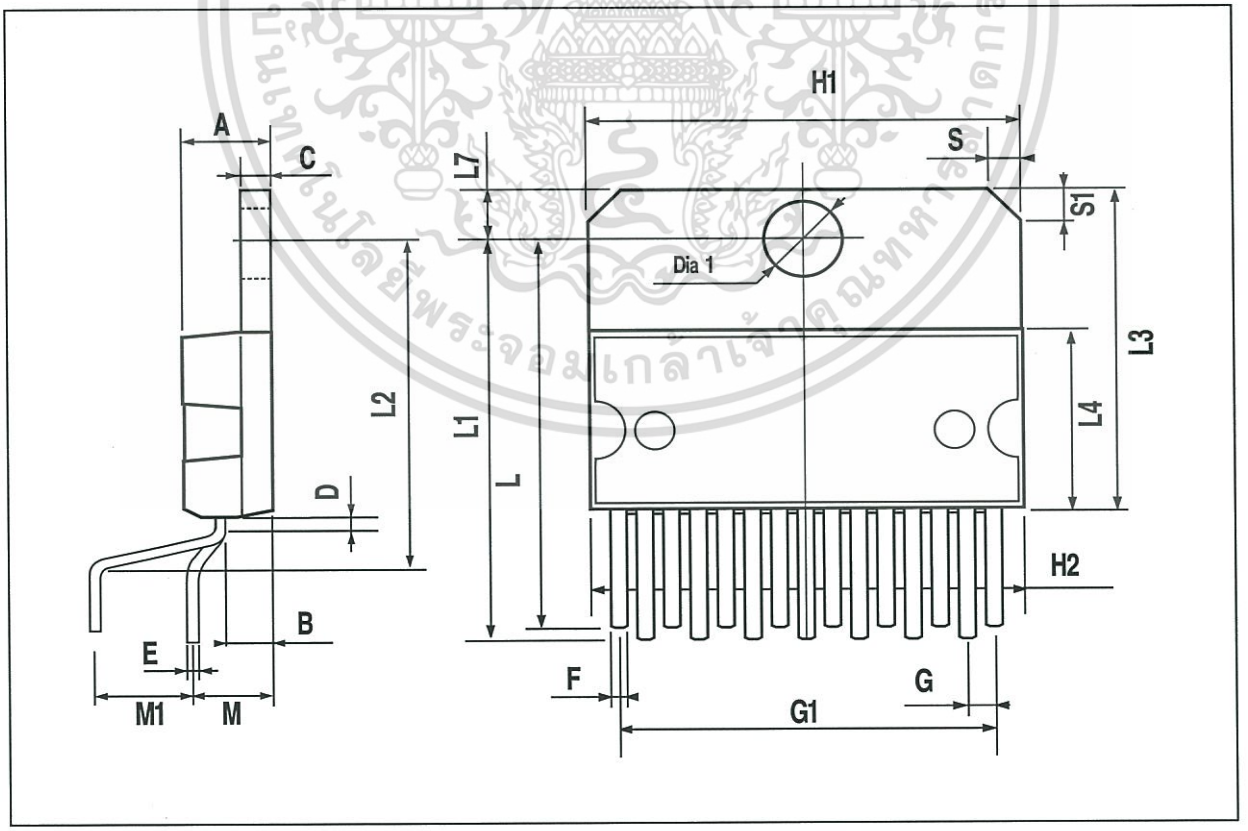
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



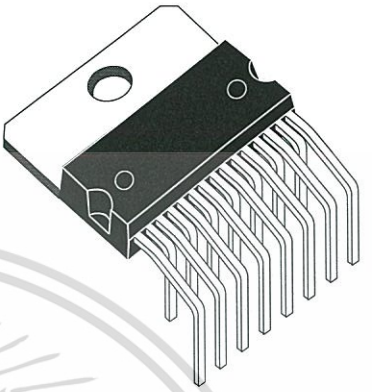
Multiwatt15 V



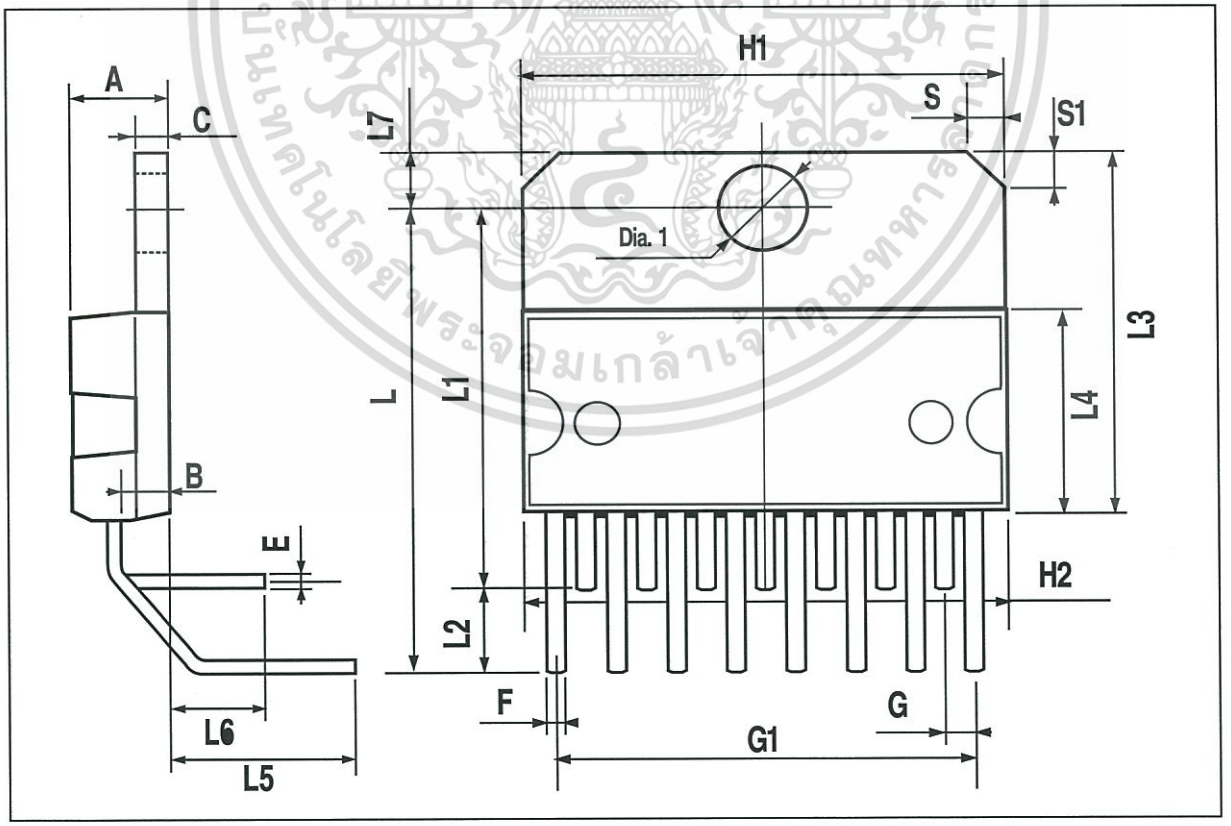
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 H

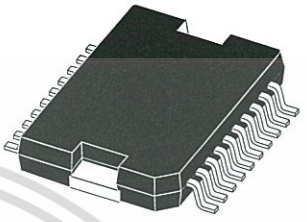


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

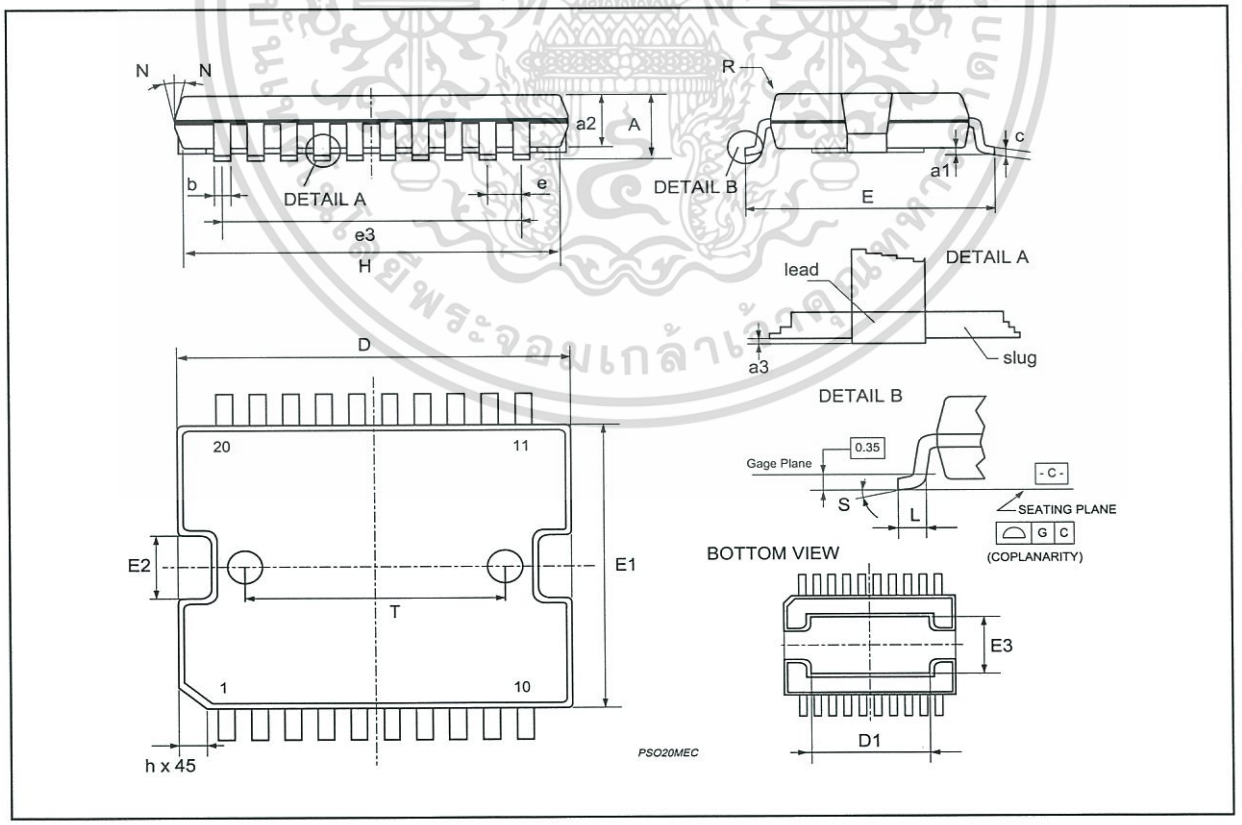
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
- Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
- Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

PowerSO20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

http://www.st.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS

LM2596

SNVS124D – NOVEMBER 1999 – REVISED MAY 2016

LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator

1 Features

- 3.3-V, 5-V, 12-V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range: 1.2-V to 37-V ± 4% Maximum Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Packages
- 3-A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40 V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150-kHz Fixed-Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, I_Q, Typically 80 μA
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current-Limit Protection
- Create a Custom Design Using the LM2596 with the WEBENCH Power Designer

2 Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter

3 Description

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

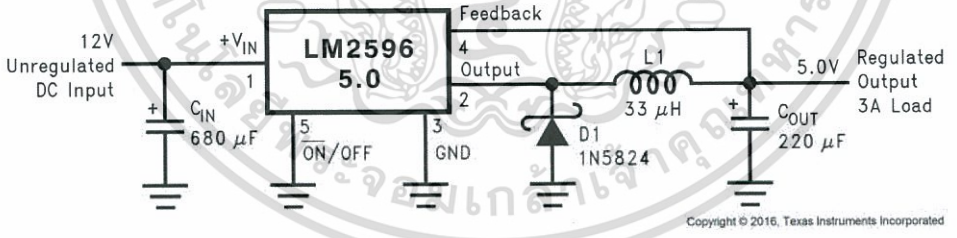
The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz, thus allowing smaller sized filter components than what would be required with lower frequency switching regulators. Available in a standard 7-pin TO-220 package with several different lead bend options, and a 7-pin TO-263 surface mount package.

Device Information(1)

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2596	TO-220 (7)	14.986 mm × 10.16 mm
	TO-263 (7)	10.10 mm × 8.89 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Typical Application



(Fixed Output Voltage Versions)

An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.9 Electrical Characteristics – All Output Voltage Versions

Specifications are for T_J = 25°C, I_{LOAD} = 500 mA, V_{IN} = 12 V for the 3.3-V, 5-V, and adjustable version, and V_{IN} = 24 V for the 12-V version (unless otherwise noted).

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
DEVICE PARAMETERS							
I_b	Feedback bias current	Adjustable version only, V_{FB} = 1.3 V	T_J = 25°C		10	50	nA
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			100	
f_O	Oscillator frequency(3)	T_J = 25°C		127	150	173	kHz
		–40°C ≤ T_J ≤ 125°C		110		173	
V_{SAT}	Saturation voltage(4) (5)	I_{OUT} = 3 A	T_J = 25°C		1.16	1.4	V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			1.5	
DC	Max duty cycle (ON)(5)				100%		
	Min duty cycle (OFF)(6)				0%		
I_{CL}	Current limit(4) (5)	Peak current	T_J = 25°C	3.6	4.5	6.9	A
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	3.4		7.5	
I_L	Output leakage current(4) (6)	Output = 0 V, V_{IN} = 40 V				50	µA
		Output = –1 V			2	30	mA
I_Q	Operating quiescent current(6)	See (6)			5	10	mA
I_{STBY}	Current standby quiescent	$\overline{ON}$/OFF pin = 5 V (OFF)(7)	T_J = 25°C		80	200	µA
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			250	µA
$\overline{SHUTDOWN}$/SOFT-START CONTROL (see Figure 35 for test circuit)							
V_{IH}	$\overline{ON}$/OFF pin logic input threshold voltage	Low (regulator ON)	T_J = 25°C		1.3		V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			0.6	
V_{IL}		High (regulator OFF)	T_J = 25°C		1.3		V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	2			
I_H	$\overline{ON}$/OFF pin input current	V_{LOGIC} = 2.5 V (regulator OFF)			5	15	µA
I_L		V_{LOGIC} = 0.5 V (regulator ON)			0.02	5	µA

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) The switching frequency is reduced when the second stage current limit is activated. The amount of reduction is determined by the severity of current overload.
(4) No diode, inductor, or capacitor connected to output pin.
(5) Feedback pin removed from output and connected to 0 V to force the output transistor switch ON.
(6) Feedback pin removed from output and connected to 12 V for the 3.3-V, 5-V, and the adjustable versions, and 15 V for the 12-V version, to force the output transistor switch OFF.
(7) V_{IN} = 40 V.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (continued)

9.1.2 Feedforward Capacitor (C_{FF})

NOTE

For adjustable output voltage version only.

A feedforward capacitor, shown across R2 in Table 6, is used when the output voltage is greater than 10 V or when C_{OUT} has a very low ESR. This capacitor adds lead compensation to the feedback loop and increases the phase margin for better loop stability. For C_{FF} selection, see the *Detailed Design Procedure* section.

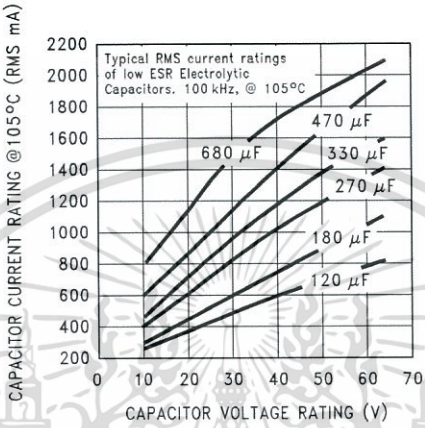


Figure 23. RMS Current Ratings for Low ESR Electrolytic Capacitors (Typical)

9.1.3 Output Capacitor (C_{OUT})

An output capacitor is required to filter the output and provide regulator loop stability. Low impedance or low-ESR electrolytic or solid tantalum capacitors designed for switching regulator applications must be used. When selecting an output capacitor, the important capacitor parameters are the 100-kHz ESR, the RMS ripple current rating, voltage rating, and capacitance value. For the output capacitor, the ESR value is the most important parameter.

The output capacitor requires an ESR value that has an upper and lower limit. For low output ripple voltage, a low ESR value is required. This value is determined by the maximum allowable output ripple voltage, typically 1% to 2% of the output voltage. But if the selected capacitor's ESR is extremely low, there is a possibility of an unstable feedback loop, resulting in an oscillation at the output. Using the capacitors listed in the tables, or similar types, will provide design solutions under all conditions.

If very low output ripple voltage (less than 15 mV) is required, see *Output Voltage Ripple and Transients* for a post ripple filter.

An aluminum electrolytic capacitor's ESR value is related to the capacitance value and its voltage rating. In most cases, higher voltage electrolytic capacitors have lower ESR values (see Figure 24). Often, capacitors with much higher voltage ratings may be required to provide the low ESR values required for low output ripple voltage.

The output capacitor for many different switcher designs often can be satisfied with only three or four different capacitor values and several different voltage ratings. See Table 3 and Table 4 for typical capacitor values, voltage ratings, and manufacturers capacitor types.

Electrolytic capacitors are not recommended for temperatures below −25°C. The ESR rises dramatically at cold temperatures and is typically 3 times as large at −25°C and as much as 10 times as large at −40°C. See Figure 25.

Solid tantalum capacitors have a much better ESR specifications for cold temperatures and are recommended for temperatures below −25°C.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (continued)

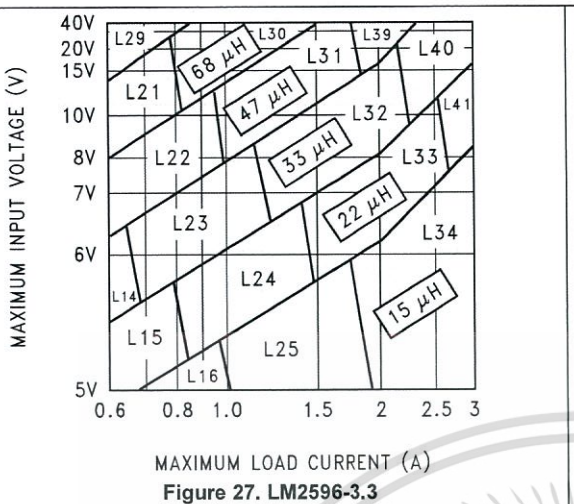


Figure 27. LM2596-3.3

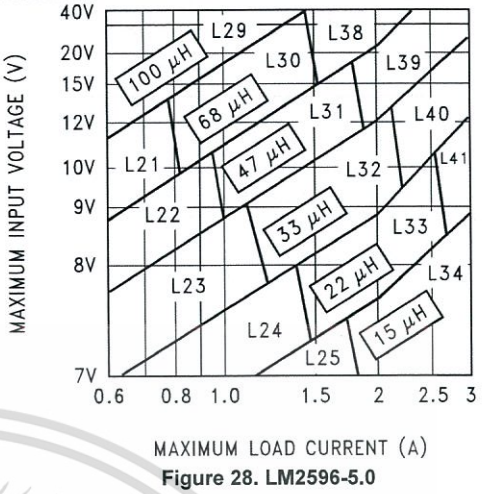


Figure 28. LM2596-5.0

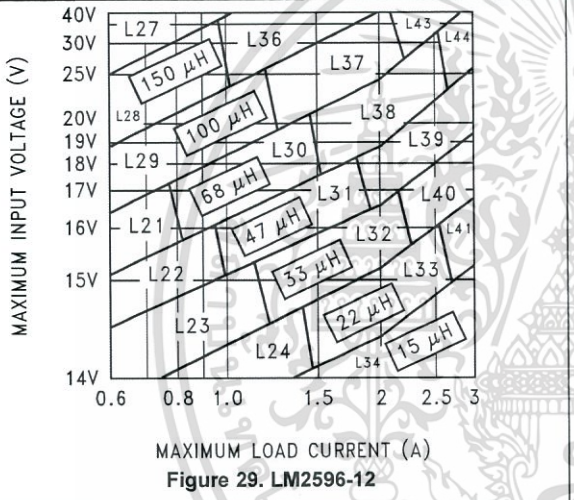


Figure 29. LM2596-12

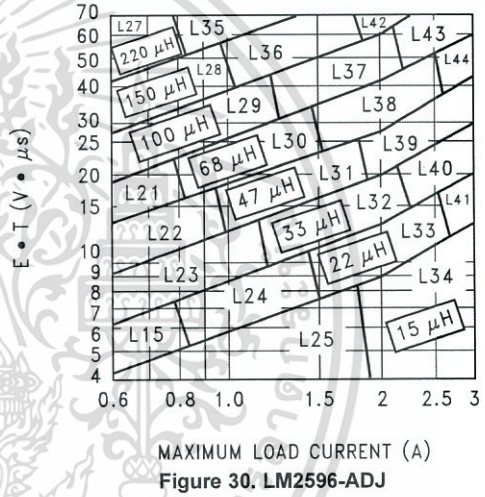


Figure 30. LM2596-ADJ

Table 1. Inductor Manufacturers Part Numbers

	INDUCTANCE (µH)	CURRENT (A)	SCHOTTKY		RENCO		PULSE ENGINEERING		COILCRAFT
			THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	SURFACE-MOUNT
L15	22	0.99	67148350	67148460	RL-1284-22-43	RL1500-22	PE-53815	PE-53815-S	DO3308-223
L21	68	0.99	67144070	67144450	RL-5471-5	RL1500-68	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
L22	47	1.17	67144080	67144460	RL-5471-6	—	PE-53822	PE-53822-S	DO3316-473
L23	33	1.40	67144090	67144470	RL-5471-7	—	PE-53823	PE-53823-S	DO3316-333
L24	22	1.70	67148370	67148480	RL-1283-22-43	—	PE-53824	PE-53825-S	DO3316-223
L25	15	2.10	67148380	67148490	RL-1283-15-43	—	PE-53825	PE-53824-S	DO3316-153
L26	330	0.80	67144100	67144480	RL-5471-1	—	PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334
L27	220	1.00	67144110	67144490	RL-5471-2	—	PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
L28	150	1.20	67144120	67144500	RL-5471-3	—	PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
L29	100	1.47	67144130	67144510	RL-5471-4	—	PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
L30	68	1.78	67144140	67144520	RL-5471-5	—	PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
L31	47	2.20	67144150	67144530	RL-5471-6	—	PE-53831	PE-53831-S	DO5022P-473

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (continued)

Table 1. Inductor Manufacturers Part Numbers (continued)

	INDUCTANCE (µH)	CURRENT (A)	SCHOTTKY		RENCO		PULSE ENGINEERING		COILCRAFT
			THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	THROUGH-HOLE	SURFACE-MOUNT	SURFACE-MOUNT
L32	33	2.50	67144160	67144540	RL-5471-7	—	PE-53932	PE-53932-S	DO5022P-333
L33	22	3.10	67148390	67148500	RL-1283-22-43	—	PE-53933	PE-53933-S	DO5022P-223
L34	15	3.40	67148400	67148790	RL-1283-15-43	—	PE-53934	PE-53934-S	DO5022P-153
L35	220	1.70	67144170	—	RL-5473-1	—	PE-53935	PE-53935-S	—
L36	150	2.10	67144180	—	RL-5473-4	—	PE-54036	PE-54036-S	—
L37	100	2.50	67144190	—	RL-5472-1	—	PE-54037	PE-54037-S	—
L38	68	3.10	67144200	—	RL-5472-2	—	PE-54038	PE-54038-S	—
L39	47	3.50	67144210	—	RL-5472-3	—	PE-54039	PE-54039-S	—
L40	33	3.50	67144220	67148290	RL-5472-4	—	PE-54040	PE-54040-S	—
L41	22	3.50	67144230	67148300	RL-5472-5	—	PE-54041	PE-54041-S	—
L42	150	2.70	67148410	—	RL-5473-4	—	PE-54042	PE-54042-S	—
L43	100	3.40	67144240	—	RL-5473-2	—	PE-54043		—
L44	68	3.40	67144250	—	RL-5473-3	—	PE-54044		—

9.1.6 Output Voltage Ripple and Transients

The output voltage of a switching power supply operating in the continuous mode will contain a sawtooth ripple voltage at the switcher frequency, and may also contain short voltage spikes at the peaks of the sawtooth waveform.

The output ripple voltage is a function of the inductor sawtooth ripple current and the ESR of the output capacitor. A typical output ripple voltage can range from approximately 0.5% to 3% of the output voltage. To obtain low ripple voltage, the ESR of the output capacitor must be low; however, exercise caution when using extremely low ESR capacitors because they can affect the loop stability, resulting in oscillation problems. TI recommends a post ripple filter if very low output ripple voltage is required (less than 20 mV) (see Figure 32). The inductance required is typically between 1 µH and 5 µH, with low DC resistance, to maintain good load regulation. A low ESR output filter capacitor is also required to assure good dynamic load response and ripple reduction. The ESR of this capacitor may be as low as desired, because it is out of the regulator feedback loop. Figure 22 shows a typical output ripple voltage, with and without a post ripple filter.

When observing output ripple with a scope, it is essential that a short, low inductance scope probe ground connection be used. Most scope probe manufacturers provide a special probe terminator which is soldered onto the regulator board, preferably at the output capacitor. This provides a very short scope ground, thus eliminating the problems associated with the 3-inch ground lead normally provided with the probe, and provides a much cleaner and more accurate picture of the ripple voltage waveform.

The voltage spikes are caused by the fast switching action of the output switch and the diode, the parasitic inductance of the output filter capacitor, and its associated wiring. To minimize these voltage spikes, the output capacitor should be designed for switching regulator applications, and the lead lengths must be kept very short. Wiring inductance, stray capacitance, as well as the scope probe used to evaluate these transients, all contribute to the amplitude of these spikes.

When a switching regulator is operating in the continuous mode, the inductor current waveform ranges from a triangular to a sawtooth type of waveform (depending on the input voltage). For a given input and output voltage, the peak-to-peak amplitude of this inductor current waveform remains constant. As the load current increases or decreases, the entire sawtooth current waveform also rises and falls. The average value (or the center) of this current waveform is equal to the DC load current.

If the load current drops to a low enough level, the bottom of the sawtooth current waveform reaches zero, and the switcher smoothly changes from a continuous to a discontinuous mode of operation. Most switcher designs (regardless of how large the inductor value is) is forced to run discontinuous if the output is lightly loaded. This is a perfectly acceptable mode of operation.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1.7 Open-Core Inductors

Another possible source of increased output ripple voltage or unstable operation is from an open-core inductor. Ferrite bobbin or stick inductors have magnetic lines of flux flowing through the air from one end of the bobbin to the other end. These magnetic lines of flux will induce a voltage into any wire or PCB copper trace that comes within the inductor's magnetic field. The strength of the magnetic field, the orientation and location of the PC copper trace to the magnetic field, and the distance between the copper trace and the inductor determine the amount of voltage generated in the copper trace. Another way of looking at this inductive coupling is to consider the PCB copper trace as one turn of a transformer (secondary) with the inductor winding as the primary. Many millivolts can be generated in a copper trace located near an open-core inductor, which can cause stability problems or high output ripple voltage problems.

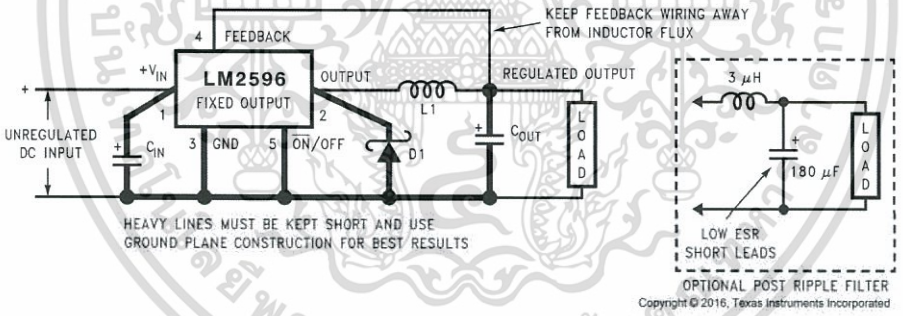
If unstable operation is seen, and an open-core inductor is used, it is possible that the location of the inductor with respect to other PC traces may be the problem. To determine if this is the problem, temporarily raise the inductor away from the board by several inches and then check circuit operation. If the circuit now operates correctly, then the magnetic flux from the open core inductor is causing the problem. Substituting a closed core inductor such as a torroid or E-core will correct the problem, or re-arranging the PC layout may be necessary. Magnetic flux cutting the IC device ground trace, feedback trace, or the positive or negative traces of the output capacitor should be minimized.

Sometimes, placing a trace directly beneath a bobbin inductor will provide good results, provided it is exactly in the center of the inductor (because the induced voltages cancel themselves out). However, problems could arise if the trace is off center one direction or the other. If flux problems are present, even the direction of the inductor winding can make a difference in some circuits.

This discussion on open core inductors is not to frighten users, but to alert users on what kind of problems to watch out for. Open-core bobbin or *stick* inductors are an inexpensive, simple way of making a compact, efficient inductor, and they are used by the millions in many different applications.

9.2 Typical Applications

9.2.1 LM2596 Fixed Output Series Buck Regulator



C_{IN} — 470-µF, 50-V, Aluminum Electrolytic Nichicon *PL Series*
C_{OUT} — 220-µF, 25-V Aluminum Electrolytic, Nichicon *PL Series*
D1 — 5-A, 40-V Schottky Rectifier, 1N5825
L1 — 68 µH, L38

Figure 32. Fixed Output Voltage Version

9.2.1.1 Design Requirements

Table 2 lists the design parameters for this example.

Table 2. Design Parameters

PARAMETER	EXAMPLE VALUE
Regulated Output Voltage (3.3 V, 5 V or 12 V), V_{OUT}	5 V
Maximum DC Input Voltage, V_{IN}(max)	12 V
Maximum Load Current, I_{LOAD}(max)	3 A

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้