หุ่นยนต์บาร์ติดตาม

BAR TRACKING ROBOT

ปาณิศา เศรษฐทอง

ปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่...../.....
งานทะเบียนและประมวลผล
ฉบับที่.....

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เรื่อง หุ่นยนต์บาร์ติดตาม

BAR TRACKING ROBOT

ผู้จัดทำ

1. นางสาวปาณิศา เศรษฐทอง รหัสนักศึกษา 60511058
2. นายปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ รหัสนักศึกษา 60511059

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์บาร์ติดตาม		
นักศึกษา	นางสาวปาณิศา เศรษฐทอง	รหัสนักศึกษา	60511058
	นายปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ	รหัสนักศึกษา	60511059
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล		
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2563		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอนำเสนอ หุ่นยนต์บาร์ติดตาม โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในตัวหุ่นยนต์บาร์เคลื่อนที่ ส่วนที่สองเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ทำหน้าที่ตรวจจับระยะของตัวหุ่นยนต์กับวัตถุ ส่วนที่สามกล้องเว็บแคม ทำหน้าที่จับภาพและวิดีโอเรียลไทม์แล้วส่งผลไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ส่วนที่สี่บอร์ดขับมอเตอร์ ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ล้อซ้ายและล้อขวาของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม และส่วนเสริมระบบชาร์ตไฟแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ทำหน้าที่ชาร์ตแบตเตอรี่ให้มีแรงดันเพียงพอต่อการใช้งาน หลักการทำงานเริ่มจากการตั้งค่าค่าสีเอชเอสวีของวัตถุที่ทำการติดตาม เมื่อหุ่นยนต์เริ่มการทำงาน กล้องเว็บแคมจะทำหน้าที่รับภาพวิดีโอเรียลไทม์ ตรวจจับสีที่ได้ตั้งค่าไว้และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะทำการตรวจจับวัตถุในระยะ 50 เซนติเมตร แล้วส่งไปยังบอร์ดขับมอเตอร์เพื่อทำการเดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหยุดเมื่อวัตถุอยู่ในระยะน้อยกว่า 50 เซนติเมตร

จากการทดลองพบว่าเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคสามารถวัดระยะของวัตถุและทำงานสัมพันธ์กับกล้องเว็บแคมในการตรวจจับสีของวัตถุและสามารถติดตามวัตถุในระยะ 50 เซนติเมตร และหยุดเมื่อเจอสิ่งกีดขวางได้ โดยหุ่นยนต์บาร์ติดตามสามารถรองรับน้ำหนักสิ่งของได้มากถึง 10 กิโลกรัมและสามารถใช้งานได้ในเวลา 1 ชั่วโมงต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Bar Tracking Robot	
Students	Miss. Panisa Setthong	ID 60511058
	Mr. Piyapong Suwannaket	ID 60511059
Advisor	Asst.Prof. Dr. Phasapon Manosukritkul	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2020	

ABSTRACT

This bachelor thesis presents the Bar Tracking Robot. There are 4 main components. The first part is the raspberry pi board which is the main processor and controls the various systems of the bar tracking robot. The second is an ultrasonic sensor that detects the distance between the robot and the object. The third is a webcam camera that captures images and video in real time and sends the results to the raspberry pi board. The fourth part is the motor driver board that drives the left and right wheel motors of the bar tracking robot. An additional part is a 12-volt battery charger that charges the battery with enough voltage to operate the robot. The working principle starts with setting the HSV color value of the tracked object. Then, when the robot works with a webcam camera that detects the preset color and an ultrasonic sensor detects objects within 50 cm. and sends it to the motor driver board to move forward, turn left, turn right and stop when the object is less than 50 cm.

In summary, an ultrasonic sensor can measure the distance of the object and work in relation to a webcam to detect the color of the object, which can track the objects within 50 centimeters and stop when it encounters an obstacle. The robot can load objects up to 10 kg and can be used in 1 hour per battery charge 1 time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

หุ่นยนต์บาร์ติดตามและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลาย ๆ ท่านซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู และสนับสนุนเงินทุนในการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำคำปรึกษาต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในการออกแบบ การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงการจัดรูปแบบเล่มของโครงงาน ตลอดจนการติดตามเกี่ยวกับงานโครงงานตลอดมา ผู้เขียนจึงขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมาแม้ว่า จะไม่ใช่อาจารย์ที่ปรึกษาก็ตามขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้อง ๆ ที่คอยช่วยเหลือในการทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีทั้งในด้านของความรู้ การแบ่งปันอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงกำลังใจและการช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านที่มีให้เสมอมา

ขอน้อมรำลึกถึงคุณของทุก ๆ ท่านตลอดไป และความรู้ที่ได้จากการทำชิ้นงานในครั้งนี้ผู้เขียนจะใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุด รวมถึงแบ่งปันให้กับผู้ที่สนใจต่อไป

ปาณิศา เศรษฐทอง

ปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูป IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา 1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 หุ่นยนต์บริการ (Service Robot) 6
2.2 เหล็กฉากอเนกประสงค์ (Slotted Angle Steel) 7
2.3 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) 7
2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค 8
2.3.2 จุดเชื่อมต่อแบบ GPIO 9
2.4 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensors) 9
2.4.1 หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ 10
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11
2.5.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11
2.5.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 รีเลย์ 14
2.6.1 ส่วนประกอบของรีเลย์ 14
2.6.2 หลักการทำงานของรีเลย์ 15
2.6.3 ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป 15
2.7 วีเอ็นซี วิลเวอร์ (Virtual Network Computing) 15
2.7.1 การทำงานของวีเอ็นซี วิลเวอร์ 15
2.7.2 ประโยชน์ของวีเอ็นซี วิลเวอร์ 16
2.8 กล้องเว็บแคม 16
2.8.1 คุณลักษณะของกล้องเว็บแคม Hoco Webcam Full HD 1080P รุ่น Computer Camera-Webcam-DI01-01D-Ri 17
2.9 ระบบสีเอชเอสวี (Hue Saturation Value) 17
2.10 แบตเตอรี่แห้ง 18
2.10.1 การทำงานแบตเตอรี่ 19
2.11 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ 20
2.11.1 การทำงานวงจร 20
2.11.2 การตั้งค่าแรงดัน 20

บทที่ 3 การออกแบบ 21
3.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 21
3.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ 22
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 22
3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 24
3.3.1 การติดตั้งวีเอ็นซี วิลเวอร์ลงบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 24
3.3.2 โปรแกรมส่วนของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิก ส่วนของบอร์ดขับมอเตอร์และส่วนการประมวลผลภาพผ่านกล้องเว็บแคม 25
3.4 การออกแบบหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 29
3.4.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 29
3.4.2 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 30
3.5 ระบบชาร์ตแบตเตอร์รี่ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1 วงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่ 32
3.6 ระบบมอเตอร์ 33
3.6.1 วิธีคำนวณกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 33
3.6.2 วิธีคำนวณสูตรทดเฟือง 33

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 34
4.1 การทดสอบความแม่นยำของระบบอัลตร้าโซนิกวัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร 34
4.1.1 วัตถุประสงค์ 34
4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง 34
4.2 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ 35
4.2.1 วัตถุประสงค์ 35
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง 35
4.3 การติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 35
4.3.1 วัตถุประสงค์ 35
4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง 35
4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 37
4.4.1 วัตถุประสงค์ 37
4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง 37
4.5 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0-10 กิโลกรัม 42
4.5.1 วัตถุประสงค์ 42
4.5.2 ขั้นตอนการทดลอง 42
4.6 ทดลองระบบชาร์จแบตเตอร์รี่ จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7 43
4.6.1 วัตถุประสงค์ 43
4.6.2 ขั้นตอนการทดลอง 43

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 45
5.1 สรุปผลการทดลอง 45
5.1.1 สรุปผลทดสอบความแม่นยำของระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิควัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.2สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์ 45
5.1.3สรุปผลการทดลองการทดลองการติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 45
5.1.4สรุปผลการทดลองการทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 45
5.1.5สรุปผลการทดลองการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของตั้งแต่ 0-10 กิโลกรัม 46
5.1.6สรุปผลการทดลองระบบชาร์จแบตเตอร์รี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7 46
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 46
5.3 ข้อเสนอแนะ 46

บรรณานุกรม 47
ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 48
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 55
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet) 63
ประวัติผู้เขียน 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงานภาคเรียนที่ 1 2
1.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงงานภาคเรียนที่ 2 3
4.1 การทดสอบความแม่นยำของระบบอัลตร้าโซนิควัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร 34
4.2 การทดลองการทำงานของมอเตอร์ 35
4.3 การติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 36
4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 37
4.5 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0-10 กิโลกรัม 42
4.6 ทดลองระบบชาร์จแบตเตอร์รี่ จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 หุ่นยนต์บริการ 6
2.2 เหล็กฉากอเนกประสงค์ 7
2.3 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 8
2.4 จุดเชื่อมต่อแบบ GPIO ของ บอร์ดราสเบอร์รี่พายโมเดลบี 9
2.5 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค 10
2.6 ไดอะแกรมภายในอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ 10
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 11
2.8 ส่วนประกอบของส่วนที่อยู่กับที่ 12
2.9 ส่วนประกอบของส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ 13
2.10 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ 14
2.11 โครงสร้างภายในของรีเลย์ 14
2.12 จุดต่อใช้งานมาตรฐานในวงจร 15
2.13 วีเอ็นซี วิวเวอร์ 16
2.14 กล้องเว็บแคม Hoco Webcam 17
2.15 ระบบสีเอชเอสวี 18
2.16 แบตเตอร์รี่แห้ง 19
2.17 ตัวอย่างโมดูลควบคุมการชาร์ตแบตเตอร์รี่ 12-24 โวลต์ 20
2.18 ตัวอย่างวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่ 20
3.1 บล็อกไดอะแกรมหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 21
3.2 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 22
3.3 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของกล้องเว็บแคมของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 23
3.4 การติดตั้ง วีเอ็นซี วิวเวอร์ ลงบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 24
3.5 เลขไอพีแอดเดรสจากบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 25
3.6 เปิดโปรแกรม Python IDE 25
3.7 รูปไลบราลี่ต่างๆที่ใช้ 26
3.8 รูปการกำหนดพอตต่างๆของบอร์ด 26
3.9 รูปกำหนดการทำงานของพอตที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ล้อซ้าย-ขวา 27
3.10 รูปกำหนดค่าหน่วงเวลาและระยะเซนเซอร์ 27
3.11 รูปเงื่อนไขการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคและกล้องเว็บแคม 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.12 รูปกำหนดค่าสีของวัตถุที่กล้องตรวจจับ 28
3.13 รูปตั้งค่าขนาดเฟรมของกล้อง 29
3.14 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามที่ออกแบบโดยโปรแกรมโซลิดเวิค 29
3.15 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามที่ออกแบบโดยโปรแกรมโซลิดเวิค 30
3.16 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามจริงด้านหน้าและด้านข้าง 30
3.17 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่ 32
3.18 ลายวงจรของวงจรชาร์ตแบตเตอรี่ 32
4.1 รูปการเปลี่ยนค่าเอชเอสวีของสีแต่ละสีในโปรแกรมการทำงาน 36
4.2 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า 38
4.3 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 38
4.4 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 39
4.5 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า 39
4.6 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 40
4.7 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 40
4.8 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า 41
4.9 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา 41
4.10 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในร้านอาหารบุฟเฟ่ส่วนใหญ่จะเป็นในรูปแบบที่ให้ลูกค้าบริการตัวเอง ยกตัวอย่าง คือ การลุกไปเลือกอาหารและเครื่องดื่มมารับประทานที่โต๊ะ และการเดินไปเลือกอาหาร 1ครั้ง ปกติลูกค้าจะสามารถถืออาหารได้อย่างมากเพียง 2 มือ และในร้านอาหารมีพนักงานบริการเสิร์ฟอาหารจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน และอำนวยความสะดวกต่อตัวผู้บริโภคในการเลือกอาหารและเครื่องดื่มได้จำนวนมากขึ้น ต่อการเลือกอาหาร 1 รอบ ทางผู้จัดทำจึงได้คิดสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้บริโภคและลดต้นทุนแก่ผู้ประกอบการ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้งานราสเบอร์รี่พาย
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานของผู้ประกอบการร้านอาหาร
3. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภค

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. การใช้ราสเบอร์รี่พายเป็นหน่วยประมวลผลหลักในการจดจำสัญลักษณ์เฉพาะของหุ่นยนต์
2. การทำให้หุ่นยนต์สามารถติดตามผู้ใช้งานได้ในระยะที่กำหนด

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามมีขนาด 40 x 75 x 80 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ด้วยเหล็ก
2. หุ่นยนต์สามารถติดตามผู้ใช้งานได้ทั้งทางตรงและเลี้ยวตามได้
3. หุ่นยนต์สามารถติดตามผู้ใช้งานได้ในระยะ 50 เซนติเมตร และสามารถใช้งานได้ในเวลา 1 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอร์รี่ 1 ครั้ง
3. หุ่นยนต์สามารถจดจำสัญลักษณ์เฉพาะด้วยการประมวลผลภาพ ขนาดความละเอียดกล้อง 2 ล้านพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หุ่นยนต์สามารถบรรทุกน้ำหนักสิ่งของได้ 10 กิโลกรัม
5. หุ่นยนต์สามารถตรวจสอบและหยุดตัวหุ่นเมื่อเจอสิ่งกีดขวางในระยะ 50 เซนติเมตร

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจในการศึกษาราสเบอร์รี่พายและการออกแบบวงจร
2. เข้าใจหลักการการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุม
3. สามารถนำชิ้นงานไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในธุรกิจขนาดเล็กได้
4. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานของผู้ประกอบการร้านอาหาร
5. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภค

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าหาข้อมูลของอุปกรณ์รวมทั้งหลักการทำงานต่าง ๆ ของวงจรที่นำมาใช้งาน
2. ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน
3. จัดหาอุปกรณ์และสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการทำโครงงาน
4. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน
5. นำชิ้นงานมาประกอบรวมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
6. ทดลองใช้งานจริงรวมไปถึงการแก้ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดจากการทำโครงงาน
7. สรุปผลการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ผู้จัดทำได้วางแผนไว้เริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ออกแบบโครงสร้าง การจัดหาอุปกรณ์ จัดทำโครงงานและทำการทดลอง เก็บผลการทดลอง การแก้ไขจะแบ่งตามภาคเรียนที่ 1 และ ภาคเรียนที่ 2 ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 และ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงงาน																
2. นำเสนอหัวข้อโครงงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์																
3. ศึกษาอุปกรณ์ และสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการทำโครงงาน																
4. จัดทำโครงสร้างของชิ้นงาน																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5. นำชิ้นงานและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบเข้าด้วยกัน																
6. ทดลองการใช้งานจริงรวมไปถึงการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดจากการทำงาน 6.1 ทดสอบโปรแกรมการทำงานของมอเตอร์ล้อซ้ายขวา 6.2 ทดสอบโปรแกรมการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิค																
7. จัดทำรายงานและเตรียมนำเสนอ																
8. นำเสนอโครงงานต่อคณาจารย์																

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน																			
	มกราคม			กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. จัดซื้อและติดตั้งอุปกรณ์ลงบนชิ้นงานเพิ่มเติม																				
2. เขียนโปรแกรมการทำงานเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน																				
3. ทดลองการใช้งานจริงรวมไปถึงการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดจากการทำงาน 3.1 ทดลองการติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)																				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน																		
	มกราคม			กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3.2 ทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) 3.3 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0 - 10 กิโลกรัม 3.4 ทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7																			
4. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์																			
5. นำเสนอโครงงาน																			

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่อง หุ่นยนต์บาร์ติดตาม ด้วยโปรแกรมราสเบอร์รี่พาย เพื่อใช้ควบคุมในการทำงาน อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับ และโครงสร้างของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทนี้จะกล่าวถึงหุ่นยนต์บริการ เหล็กฉากอเนกประสงค์ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รีเลย์ วีเอ็นซี วิวเวอร์ (Virtual Network Computing) กล้องเว็บแคม ระบบสีเอชเอสวี (Hue Saturation Value) แบตเตอร์รี่แห้ง วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

บทที่ 3 วิธีการออกแบบวงจรในบทนี้จะกล่าวถึงในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย การออกแบบตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ระบบชาร์ตแบตเตอร์รี่ ระบบมอเตอร์

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองในส่วนของการทดลองระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค การทำงานของมอเตอร์ล้อ ส่วนของการประมวลผลภาพการตรวจจับสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) การเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ระบบชาร์ตแบตเตอรี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานหุ่นยนต์บาร์ติดตามในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทนี้จะกล่าวถึงหุ่นยนต์บริการ เหล็กฉากอเนกประสงค์ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย อัลตร้าโซนิค มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รีเลย์ วีเอ็นซี วิวเวอร์ (Virtual Network Computing) กล้องเว็บแคม ระบบสีเอชเอสวี (Hue Saturation Value) แบตเตอร์รี่แห้ง วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

2.1 หุ่นยนต์บริการ (Service Robot)

หุ่นยนต์บริการ [1] เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่ถูกออกแบบให้ทำงานประเภทแทนมนุษย์ได้ สามารถทำงานด้วยคำสั่งเดิมซ้ำๆที่ซับซ้อนและยืดหยุ่นได้ ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่นำมาใช้งานไม่ใช่ในอุตสาหกรรมแต่จะทำงานร่วมมือกับมนุษย์ได้มากกว่า เช่น หุ่นยนต์บริการในร้านอาหาร หุ่นยนต์ส่งของ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ส่วนการควบคุม เป็นเทคโนโลยีที่เน้นศึกษาด้านการออกแบบชิ้นส่วนหุ่นยนต์การประกอบหุ่นยนต์ และการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

2. ส่วนการรับรู้ เป็นเทคโนโลยีที่เน้นพัฒนาส่วนของการรับรู้ข้อมูลของหุ่นยนต์จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ รวมทั้งระบบ Computer Vision โดยข้อมูลที่ได้มานั้นจะนำมาประมวลผลและส่งต่อคำสั่งไปที่ตัวขับเคลื่อนต่างๆ

3. ส่วนการเข้าใจ เป็นการพัฒนาระบบการตัดสินใจของหุ่นยนต์เมื่อได้รับข้อมูลจากตัวตรวจจับ ซึ่งเป็นการใช้หลักการของวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี AI และศาสตร์ Machine Learning

รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เหล็กฉากอเนกประสงค์ (Slotted Angle Steel)

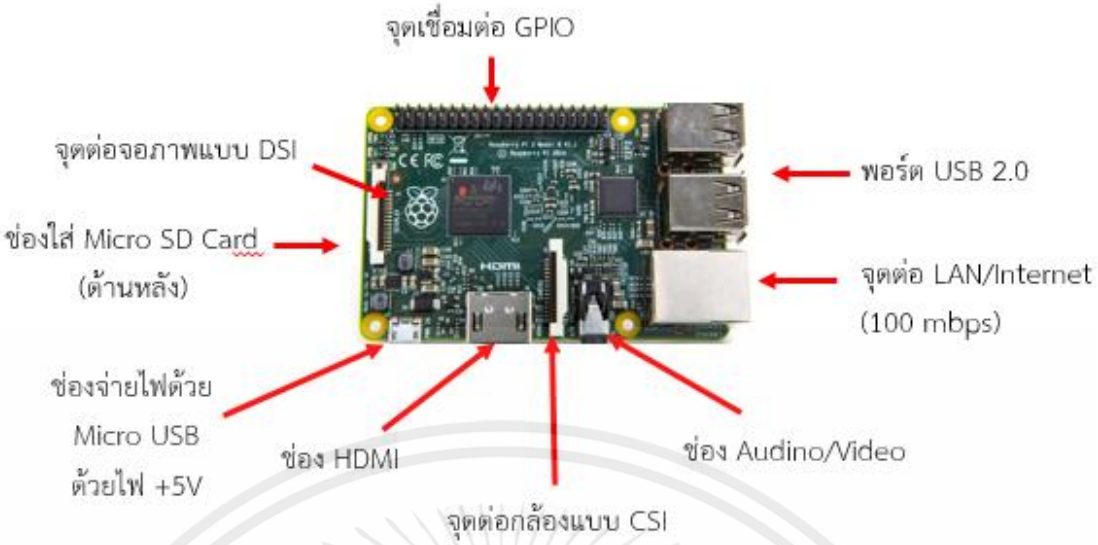
เหล็กฉากเอนกประสงค์ [2] หรือ เหล็กฉากเจาะรู คือ เหล็กแผ่นรีดร้อนที่ผ่านการเจาะรูรูปวงรี (Slot) ตลอดแนวความยาว ผ่านการขึ้นรูปให้เป็นเหล็กฉาก 90 องศา และนำมาผ่านขบวนการอบเคลือบสี ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถนำเหล็กฉากเจาะรูนี้มาประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลายรูปแบบ มีความทนทานแข็งแรง ประกอบง่าย สะดวก รวดเร็วในการติดตั้งและรื้อถอน ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและสะดวกในการเคลื่อนย้าย รับน้ำหนักได้มาก มีอายุการใช้งานยาวนาน จึงทำให้ประหยัดต้นทุน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เหล็กฉากอเนกประสงค์

2.3 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย [3] เป็นคอมพิวเตอร์ในบอร์ดเดียว (Single Board Computer) ซึ่งบอร์ดราสเบอร์รี่พาย นั้นมีขนาดเล็กมาก มีความสามารถในการรองรับ ระบบปฏิบัติการ ลีนุก (Linux) ที่เรียกว่า ราสเบียน ที่บรรจุลงใน SD การ์ดสำหรับการพัฒนาไปสู่บอร์ด Embedded Linux ซึ่งส่วนประกอบต่างๆของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ที่มีจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตทั้งผ่านพอร์ต USB, LAN, HDMI, CSI, DSI, AUDIO, ช่องสัญญาณ ภาพและ GPIO (General Purpose Input Output) สำหรับต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆซึ่งอุปกรณ์บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ยังมีคุณสมบัติทางเทคนิคดังต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย
(**ที่มา :** http://www2.crma.ac.th/itd/Know/RBPI/index.asp)

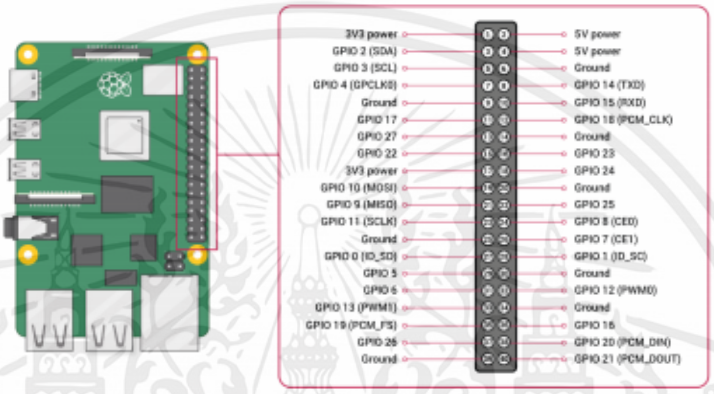
2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค [4]

1. ชิปควบคุมหลัก Broadcom BCM2711 เทียบเท่าซึ่งรวม CPU, หน่วยประมวลกราฟ หรือ GPU และหน่วยความจำ SD RAM ไว้ภายในตัวเดียวกัน
2. หน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU Cortex-A72 เป็นซีพียู 64 บิตแบบ 4 แกน ความเร็ว 1.5GHz
3. หน่วยความจำ 1GB, 2GB or 4GB LPDDR4-2400 SDRAM (depending on model) 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
4. เครือข่ายความเร็วสูง
5. พอร์ต USB 3.0 จำนวน 2 พอร์ต
6. พอร์ต USB 2.0 จำนวน 2 พอร์ต
7. พอร์ตอินพุตเอาต์พุตของราสเบอร์รี่พาย 40 พิน
8. ไมโครเอชดีเอ็มไอ 2 พอร์ต
9. ส่วนพอร์ตการแสดงผลเอ็มไอพีไอ 2 พอร์ต
10. ส่วนพอร์ตต่อกล้อง เอ็มไอพีไอ 2 พอร์ต
11. ช่องสัญญาณเอาต์พุตวิดีโอ และช่องสัญญาณเสียงสเตอริโอ 4 พอร์ต
12. รองรับความละเอียดสูง
13. การ์ดความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล
14. ช่องสำหรับจ่ายไฟกระแสสลับขนาด 5 โวล์ต
15. รองรับเทคโนโลยี PoE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 จุดเชื่อมต่อแบบ GPIO

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ผ่าน GPIO ซึ่งประกอบด้วย UART, SPI, PWM, I2C และอื่นๆ เพื่อใช้ในการควบคุม และสื่อสาร กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพอร์ต GPIO เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์สามารถนำไปใช้งานได้ 21 ขา (ในเวอร์ชั่น Rev.2 2GB) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย ชนิดด้วยกัน รวมทั้ง มีพอร์ตสำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย มีทั้งขนาด 3V, 5V และกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 จุดเชื่อมต่อแบบ GPIO ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายโมเดลบี
(**ที่มา :** https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/)

2.4 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (ULTRASONIC SENSORS)

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค [5] คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกิน 20,000 Hz มาก จนหูมนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้ ซึ่งคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ดีอยู่ที่ประมาณ 20 Hz จนถึง 15 kHz แต่คลื่นอัลตร้าโซนิค จะมีความถี่อยู่ที่ 20 kHz ขึ้นไป ซึ่งมีความถี่ที่สูงจนมนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้เลย คลื่นความถี่อัลตร้าโซนิคจะเพื่อระบุตำแหน่ง รูปร่าง ทิศทาง ของวัตถุที่ขวางเส้นทางการเดินทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของสิ่งๆนั้นได้อย่างแม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ด้วยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียง คือมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในอากาศ ด้วยความเร็ว 343 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25องศาเซลเซียสเสมอ ความสัมพันธ์ของความถี่เสียงและความยาวคลื่นเสียงเป็นไปตามสมการที่ 2.1

$$V = f\lambda \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

V = ความเร็วเสียง (343 เมตรต่อวินาที)

f = ความถี่ของคลื่นเสียง (ไซเคิลต่อวินาที, Hz)

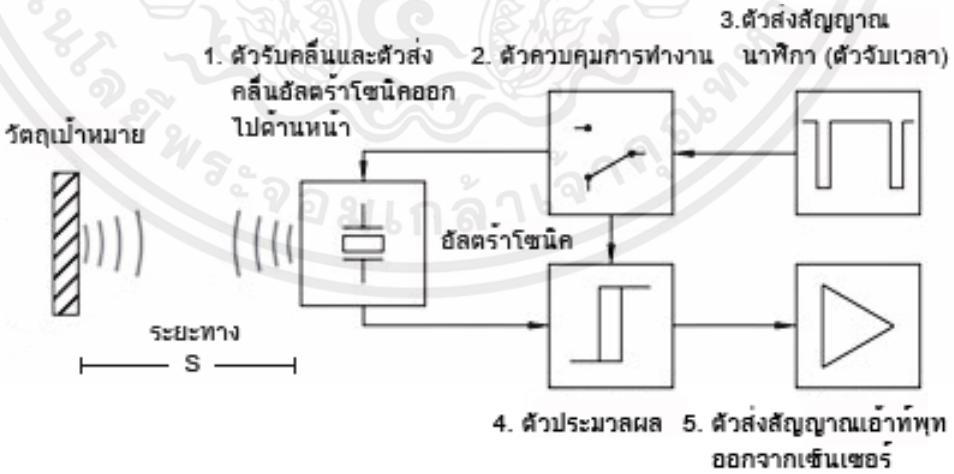
λ = ความยาวคลื่น (เมตร)

รูปที่ 2.5 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

2.4.1 หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์

อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์เป็นเซนเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุโดยส่วนประกอบของตัวเซนเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

1. ตัวส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคและตัวรับคลื่นอัลตร้าโซนิค
2. ตัวควบคุมการทำงาน
3. ตัวส่งสัญญาณนาฬิกา
4. ตัวประมวลผล
5. ตัวส่งสัญญาณเอ้าท์พุท



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมภายในอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์

(**ที่มา :** https://www.supremelines.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตัวเซนเซอร์จะทำงานโดย ตัวส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณนาฬิกาไปที่ตัวคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมการแปลงสัญญาณ แล้วส่งต่อไปยังอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วนคือ ตัวส่งและตัวรับ ตัวส่งจะสร้างคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิค จากสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งคลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตร้าโซนิคออกไปเป็นแนวตรง และเมื่อคลื่นเสียงอัลต้าโซนิคไปกระทบกับวัตถุใดๆตามหลักการของคลื่นเสียง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน คลื่นเสียงจะถูกสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ คลื่นเสียงอัลตร้าโซนิค เมื่อตัวรับได้รับคลื่นเสียงที่ถูกสะท้อนกลับมาแล้ว ตัวรับจะแปลงคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิคนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งต่อไปยังตัวประมวลผล ที่ทำการคำนวนค่าระยะห่างจากระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางไปและเดินทางกลับอย่างแม่นยำ และส่งค่าที่คำนวณได้ไปให้ ตัวส่งสัญญาณเอ้าท์พุท เพื่อส่งสัญญาณเอ้าท์พุทไปให้อุปกรณ์อื่นต่อไป

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [6] มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ใช้ในงานด้านการขับเคลื่อนในแบบต่าง ๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูง (Starting Torque) สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีอัตราเร็วค่อนสูงมาก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(**ที่มา :** ถ่ายโดย ปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ)

2.5.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ

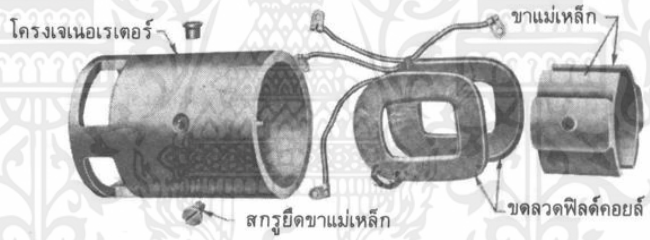
1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) คือ เป็นโครงสร้างภายนอกที่มองเห็นเป็นตัวมอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นเส้นทางเดินของสนามแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และเป็นที่ยึดส่วนต่าง ๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

- ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แกนขั้วแม่เหล็กและขดลวดจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกและสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque) ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก(Pole Shoes) ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด ซึ่งจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque)

- ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของส่วนที่อยู่กับที่
(**ที่มา :** http://www.auto2drive.com/เจเนอเรเตอร์/)

2. ส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (Roto) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาเมเจอร์ (Armature core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งในส่วนนี้คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไหลผ่านไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ จะทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแม่เหล็กซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน

- แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์

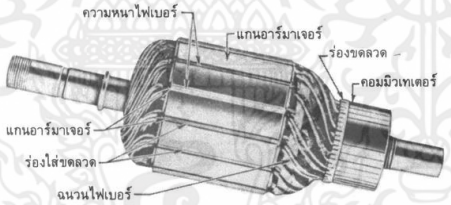
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง ใช้บังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอกซึ่งมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้น 6 แรงแม่เหล็ก ก่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่า ปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor Action)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้น ๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ ที่ต้องการ

- แปรงถ่าน (Brushes) ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าในซองแปรงมีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแสและส่งกระแสไฟฟ้า ระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอกคือ ซึ่งถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



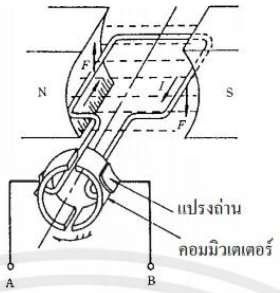
รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์
(**ที่มา :** http://www.auto2drive.com/เจเนอเรเตอร์/)

2.5.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [7]

เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นและอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นเช่นกัน จะเห็นว่าสนามแม่เหล็กทั้งสองจะเกิดขึ้นขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กแล้วจะไม่มีการตัดกัน แต่จะมีการหักล้างและการเสริมกันซึ่งทำให้เกิดแรงบิดในอาร์เมเจอร์ ทำให้อาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมเจอร์หมุนซึ่งในการหมุนนั้นจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's left hand rule) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์
(**ที่มา :** https://ienergyguru.com/2015/11/ไฟฟ้ากระแสตรง/)

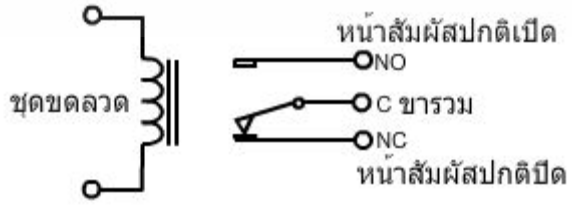
2.6 รีเลย์

รีเลย์ [8] เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด ทำเพื่อการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

2.6.1 ส่วนประกอบของรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักคือ

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของรีเลย์
(**ที่มา :** http:/www.psptech.co.th/รีเลย์Relayคืออะไร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

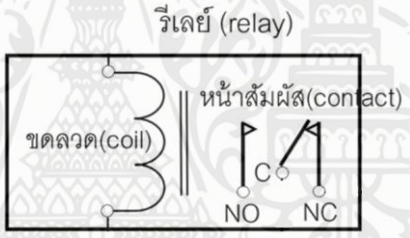
2.6.2 หลักการทำงานของรีเลย์

รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact)ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆคล้ายกับสวิตซ์

2.6.3 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normal Close หมายความว่า ปกติปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normal Open หมายความว่า ปกติเปิด หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยจะต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน จุดต่อ C ย่อมากจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 จุดต่อใช้งานมาตรฐานในวงจร
(**ที่มา :** http:/www.psptech.co.th/รีเลย์Relayคืออะไร)

2.7 วีเอ็นซี วิวเวอร์ (Virtual Network Computing)

วีเอ็นซี วิวเวอร์ ย่อมาจาก Virtual Network Computing [9] เป็นโปรแกรมประเภท Remote Control จากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง หรือระหว่างเครื่อง Client ไปยังเครื่อง Server ไว้สำหรับทำการ Remote Control คอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ และยังสามารถทำงานร่วมกันได้หลายเครื่องพร้อมๆ กันรวมทั้งมือถือ หรืออุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์อื่นๆ ได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.13

2.7.1 การทำงานของวีเอ็นซี วิลเวอร์

หลักการทำงานของวีเอ็นซี วิลเวอร์ จะเป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จากระยะไกลโดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการควบคุมเครื่องซึ่งเป็นการรีโมทคอมพิวเตอร์ในลักษณะ User Support

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VNC พัฒนาโดยภาษาเดียวกัน คือภาษา JAVA จึงทำให้มันมีจุดเด่นอยู่พอสมควรคือ สามารถใช้งานได้บนหลายๆแพลตฟอร์ม ตัวอย่างเช่น วินโดร์ว ยูนิค ลีนุก หรืออื่นๆ

2.7.2 ประโยชน์ของวีเอ็นซี วิวเวอร์

ประโยชน์ของวีเอ็นซี วิวเวอร์ สามารถนำมาใช้ได้หลากหลายในงานไอที เช่น

1. การรับ ส่งไฟล์ต่างๆ คือ File-Transfer
2. การสนทนาผ่านเครือข่าย คือ Text Chat
3. การเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง คือ MS Log-on
4. การดูแลคอมพิวเตอร์หลายๆเครื่องจากจอ คือ Multi Monitor Support เดียว
5. การเชื่อมต่อใหม่โดยอัตโนมัติ คือ Auto Reconnect

รูปที่ 2.13 วีเอ็นซี วิวเวอร์

(**ที่มา :** http://surawit555.myreadyweb.com/page-24996.html)

2.8 กล้องเว็บแคม (Webcam camera)

กล้องเว็บแคม [10] หรือ ชื่อเรียกเต็มๆว่า Webcam Camera เว็บแคมเป็นอุปกรณ์อินพุตที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวของวัตถุหรือคนแล้วไปปรากฏในหน้าจอมอนิเตอร์และสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวนี้ผ่านระบบเครือข่ายเพื่อให้คนอีกฟากหนึ่งสามารถเห็นตัวเราเคลื่อนไหวได้เหมือนอยู่ต่อหน้า จึงได้เลือกนำมาใช้เป็นตัวอินพุตรับวิดีโอ เนื่องจากราคาถูก และรองรับการใช้งานกับบอร์ดราสเบอร์รี่พายได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 กล้องเว็บแคม Hoco Webcam

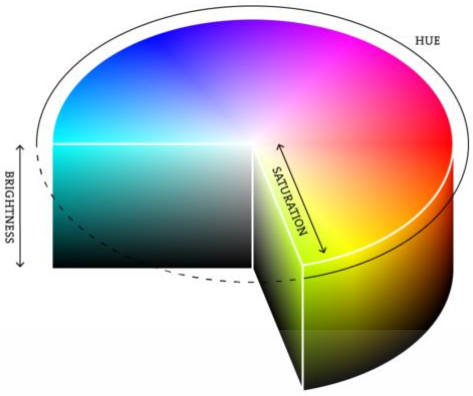
2.8.1 คุณลักษณะของกล้องเว็บแคม Hoco Webcam Full HD 1080P รุ่น Computer-Camera-Webcam-DI01-01D-Ri

1. กล้องเว็บแคมต่อเข้าคอมพิวเตอร์ให้ความละเอียด 2MP พิกเซลให้ความละเอียดสูงสุด 1920x1080 พร้อม 30FPS
2. สามารถหมุนกล้องขึ้นและลงได้ 85 องศาเพื่อมุมกล้องที่ดีขึ้น
3. ออโต้โฟกัสแบบเรียลไทม์ทำให้เว็บแคมสามารถบันทึกรายละเอียดได้มากขึ้นBuilt-in ไมโครโฟนใสเสียงสเตอริโอที่เหนือกว่าช่วยให้การบันทึกเสียงที่ชัดเจนภายใน 10 เมตร
4. ทำงานร่วมกับพีซี, โน๊ตบุ๊ค, แล็ปท็อป, เดสก์ท็อป, Android TV ที่มีพอร์ต USB
5. สามารถใช้สำหรับการสตรีม, การประชุม, วิดีโอแชท, การสัมมนาทางเว็บ, เกม
6. เสียบและเล่นไม่ต้องใช้ไดรฟ์ติดตั้งง่าย ระบบที่เข้ากันได้สำหรับ Windows XP / VISTA / WIN 7 / WIN 8 / WIN 10 และอื่น ๆ

2.9 ระบบสีเอชเอสวี (Hue Saturation Value)

ระบบสีเอชเอสวี ชื่อเต็มคือ Hue Saturation Value หรือ HSV [11] เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและน้ำเงิน) ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีจะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง และ Saturation คือความบริสุทธิ์ของสี ซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย และ Value คือความสว่างของสีซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ระบบสีเอชเอสวี

(**ที่มา :** https://papermore.co/2019/07/29/brightness-hue-and-saturation)

2.10 แบตเตอร์รี่แห้ง

แบตเตอรี่แห้ง [12] หรือที่คนทั่วไปเรียกว่าถ่านไฟฉายเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็นเซลล์เปียกหรือโวลตาอิดเซลล์ ซึ่งอยู่ในถ่ายไฟฉายรุ่นเก่าและเซลล์แห้งซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 2.16

แบตเตอรี่แห้งแบ่งออกเป็นประเภทได้ ดังนี้

1.แบบคาร์บอน-สังกะสี ประกอบด้วย กล่องสังกะสีทรงกระบอก ซึ่งเป็นขั้วลบและเป็นที่บรรจุอิเล็กโตรไลท์อิเล็กโทรไลท์ (Electrolyte) เป็นน้ำยาที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอิเล็กโทรดที่จุ่มอยู่อาจเป็นเกลือ(Salt) กรดหรือด่าง(Alkaline)

2. แบบอัลคาไลน์ ซึ่งเซลล์ไฟฟ้าตัวนี้ดี แต่ราคาสูง เพราะให้กระแสไฟฟ้าสูงและทำงานได้ดีที่อุณหภูมิปกติสามารถเก็บไว้ได้นานอยู่ได้นานเฉลี่ยนานกว่าห้าปี

3. แบบซิลเวอร์ออกไซด์ ใช้ในงานสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์มีอายุการใช้งานนานกว่าอัลคาร์ไลน์ถึง 3 เท่า หากใช้กับไฟฉายจะไม่หรี่เลยจนกว่าเซลล์จะหมดอายุไปโดยสิ้นเชิง แต่ค่าใช้จ่ายสูงคือประมาณ 200 บาทต่อชั่วโมง

4. แบบเมอร์คิวรี่ เซลล์ไฟฟ้าแบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องใช้ที่ใช้เซลล์แบบกระดุม แต่ราคาเซลล์แบบเมอร์คิวรี่จะถูกกว่าซิลเวอร์ออกไซด์ครึ่งหนึ่งข้อที่แตกต่างกันคือแรงดันไฟฟ้า โดยเมอร์คิวรี่มีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.35-1.4 โวลต์ ส่วนซิลเวอร์ออกไซด์มีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.5 โวลต์

5. แบบนิกเกิลแคดเมียม สามารถชาร์จไฟเข้าไปใหม่ได้เซลล์หนึ่งๆ สามารถชาร์จไฟได้ไม่น้อยกว่า 1,000 ครั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพียง 1.25 โวลต์ เป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะใช้จน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟหมดสามารถประจุไฟได้ อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา และจ่ายกระแสไฟได้สูง จึงนิยมใช้กับเครื่องคิดเลข ไฟแฟลชถ่ายภาพ นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.16 แบตเตอร์รี่แห้ง

2.10.1 การทำงานแบตเตอรี่ [13]

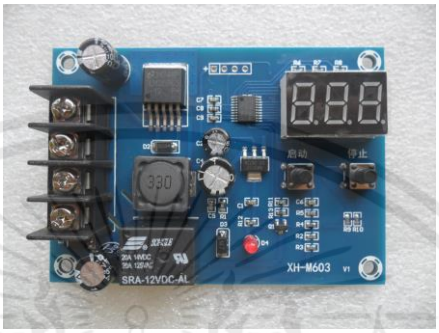
1. แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ประกอบด้วยเซลล์หรือหมู่ของเซลล์ต่อเข้าด้วยกัน เซลล์ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มของแผ่นธาตุทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบ ซึ่งแผ่นธาตุทั้งบวกและลบทำจากโลหะต่างชนิดกันกั้นด้วยฉนวน เรียกว่า แผ่นกั้น โดยนำมาจุ่มไว้ใน ELECTROLYTE หรือที่เรียกว่า น้ำกรดผสม (Sulfuric Acid) แล้วน้ำกรดผสมจะทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุในเชิงเคมีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า และแต่ละเซลล์จะสามารถจ่ายประจุไฟฟ้าได้ประมาณ 2 โวลต์ ซึ่งเซลล์ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะถูกนำมาต่อเข้ากับ แบบอนุกรม(Series) จะเพิ่มโวลต์หรือแรงดันขึ้นเรื่อย ๆ เช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จะต้องใช้จำนวนเซลล์ 6 เซลล์มาต่อกัน แบบอนุกรม แบตเตอรี่ 24 โวลต์ ใช้ 12 เซลล์ เป็นต้น

2. การเกิดพลังงานไฟฟ้า แผ่นธาตุสองชนิด แผ่นบวก คือ LEAD DIOXIDE และแผ่นลบ คือ เมื่อ SPONGE LEAD ถูกนำมาจุ่มลงในกรดผสม แรงดัน (Volt) จะเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง และเมื่อระบบแบตเตอรี่ครบวงจร กระแสจะไหลทันทีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีออกมาเป็นพลังงานไฟฟ้า ในกรณีนี้เรียกว่า การคายประจุไฟ (Discharge) ซึ่งตัวกรดในน้ำกรดผสมจะวิ่งเข้าทาปฏิกิริยาต่อแผ่นธาติทั้งทางบวกและลบ โดยจะค่อยๆ เปลี่ยนสภาพของแผ่นธาตุทั้งสองชนิดให้กลายเป็นตะกั่วซัลเฟรต (Lead Sulfate) และเมื่อแผ่นธาตุทั้งบวกและลบเปลี่ยนสภาพไปเป็นโลหะชนิดเดียวกัน คือ ตะกั่วซัลเฟรต แบตเตอร์รี่จะไม่มีสภาพของความแตกต่างทางแรงดันกระแส ซึ่งจะทำให้กระแสหยุดไหลหรือไฟหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 วงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

วงจรควบคุมการชาร์จ [14] ทำหน้าที่ปิดเปิดระบบ จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟตรงที่จะป้อนให้กับวงจรด้วย แรงดันไฟเข้า 10-30 โวลต์ ใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ 12-24 โวลต์ รีเลย์ขนาด 20 แอมแปร์ เหมาะสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ ไม่เกิน 200 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างโมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ 12-24 โวลต์
(**ที่มา :** http://www.radio-diy.com/product)

2.11.1 การทำงานวงจร

วงจรจะเริ่มชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงจนมีค่าเท่ากับแรงดันเริ่มต้น และจะชาร์จไปเรื่อย ๆ จนแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นถึงแรงดันที่ตั้งค่าไว้ วงจรจะหยุดการชาร์จ

2.11.2 การตั้งค่าแรงดัน

การตั้งค่าแรงดันเริ่มต้นชาร์จกดปุ่ม + ค้างไว้ 3 วินาที หน้าจอจะกระพริบ หลังจากนั้นสามารถกดเครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมาย (-) เพื่อตั้งค่าแรงดันที่ต้องการ

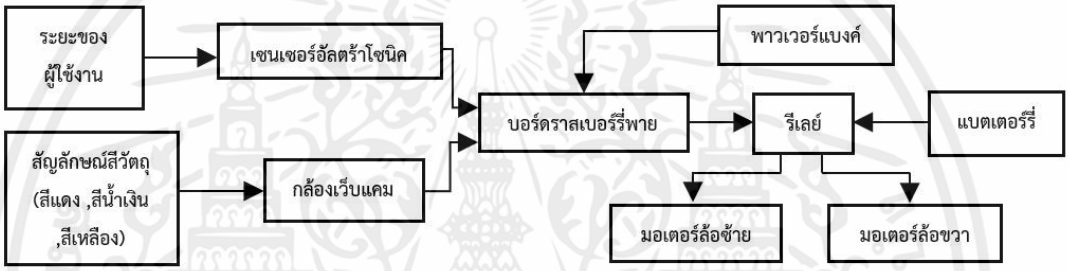
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่
(**ที่มา :** http://www.radio-diy.com/product)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย การออกแบบตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ระบบชาร์ตแบตเตอร์รี่

3.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายบล็อกไดอะแกรมหุ่นยนต์บาร์ติดตามควบคุมโดยบอร์ดราสเบอร์รี่พายได้ดังนี้ หุ่นยนต์บาร์ติดตามมีสี่ส่วนหลักสำคัญ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ส่วนการประมวลผลภาพผ่านกล้องเว็บแคม และส่วนบอร์ดไดร์ฟเวอร์มอเตอร์ ส่วนที่หนึ่งส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย โมเดลบี ที่ทำหน้าที่รับอินพุทจากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค และกล้องเว็บแคม แล้วส่งเอาท์พุตไปยังบอร์ดขับมอเตอร์ ซึ่งตัวบอร์ดจะได้รับไฟจากแหล่งจ่ายแบตเตอร์รี่ 12 โวลต์ ในการทำงาน ส่วนที่สองคือ เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะตรวจจับระยะวัตถุ (ผู้ใช้งาน) แล้วส่งค่าไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พายซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลหลักของตัวหุ่น ส่วนที่สาม กล้องเว็บแคมจะรับภาพและประมวลผลสัญลักษณ์ตามที่ได้กำหนดไว้คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน แล้วส่งไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย จากนั้นบอร์ดราสเบอร์รี่พายจะส่งผลไปยังส่วนที่สี่คือ บอร์ดขับมอเตอร์ ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ 12 โวลต์ ของล้อซ้ายขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ

หุ่นยนต์บาร์ติดตาม สามารถแบ่งการทำงานเป็น 4 ส่วน

1. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

โดยบอร์ดราสเบอร์รี่พายจะทำงานผ่านระบบปฏิบัติการวีเอ็นซี วิวเวอร์ เพื่อควบคุมการทำงานต่าง ของบอร์ด และส่งคำสั่งไปยังตัวหุ่นยนต์ และรับค่าของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกล้องเว็บแคมและส่งค่าไปยังบอร์ดไดร์ฟมอเตอร์

2. เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค จะทำการตรวจจับระยะของวัตถุ (ผู้ใช้งาน) และตัวหุ่น เพื่อวัดระยะในการติดตามวัตถุ (ผู้ใช้งาน) ตามค่าที่กำหนดไว้

3. กล้องเว็บแคม

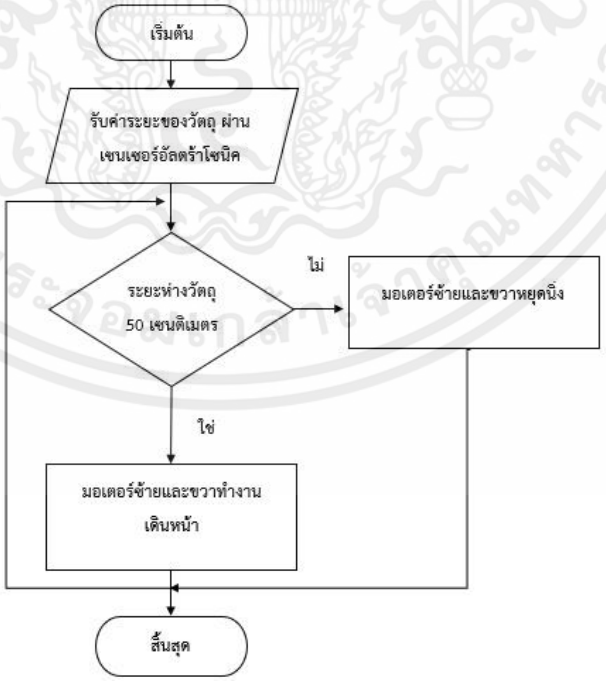
จะรับภาพและประมวลผลสัญลักษณ์ตามที่ได้กำหนดไว้คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเหลือง แล้วส่งไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

4. บอร์ดขับมอเตอร์

บอร์ดขับมอเตอร์ จะใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ล้อซ้ายและมอเตอร์ล้อขวา

3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

1. โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ดังรูปที่ 3.2

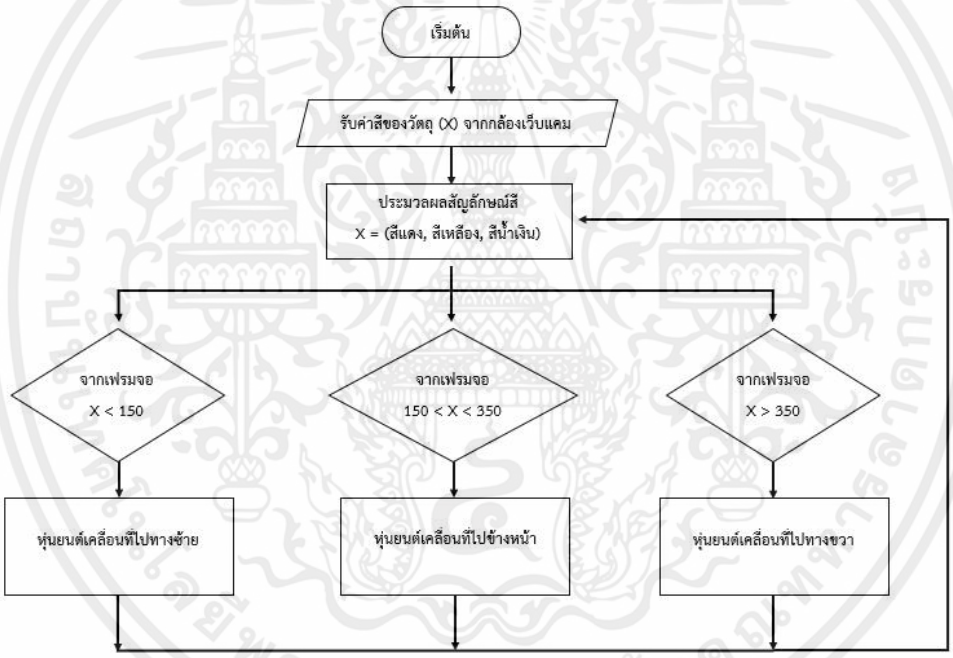


รูปที่ 3.2 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 อธิบายการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม เริ่มจากกำหนดค่าระยะระหว่างวัตถุ (ผู้ใช้งาน) กับตัวเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (ตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม) ในบอร์ดราสเบอร์รี่พายคือ ระยะ 50 เซนติเมตร จากนั้นเมื่อตัวหุ่นยนต์ทำงาน เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะตรวจจับระยะของผู้ใช้งานส่งผลไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ถ้าหากระยะระหว่างตัวหุ่นและผู้ใช้งานน้อยกว่า 50 เซนติเมตร บอร์ดราสเบอร์รี่พายจะส่งค่าให้บอร์ดขับมอเตอร์ ไม่ทำงาน และหากระยะระหว่างตัวหุ่นและผู้ใช้งานมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เซนติเมตร บอร์ดราสเบอร์รี่พายจะส่งค่าให้บอร์ดขับมอเตอร์ ทำงาน สั่งให้มอเตอร์ล้อซ้ายและมอเตอร์ล้อขวาทำงานเคลื่อนที่เดินหน้าตามผู้ใช้งานในระยะ 50 เซนติเมตรตามที่กำหนดไว้

2. โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของกล้องเว็บแคมของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของกล้องเว็บแคมของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

จากรูปที่ 3.3 อธิบายการทำงานของกล้องเว็บแคมของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม เริ่มจากกำหนดค่าสีของวัตถุที่ติดตามในโปรแกรมของบอร์ดราสเบอร์รี่พายได้แก่ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน เมื่อหุ่นยนต์เริ่มทำงาน กล้องเว็บแคมจะจับภาพวิดีโอเรียลไทม์แล้วส่งค่าให้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย โดยสังเกตจากเฟรมจอ 500 พิกเซล เมื่อจับภาพวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรมจอน้อยกว่า 150 พิกเซล ตัวหุ่นจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและเมื่อจับภาพวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรมจอมากกว่า 350 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

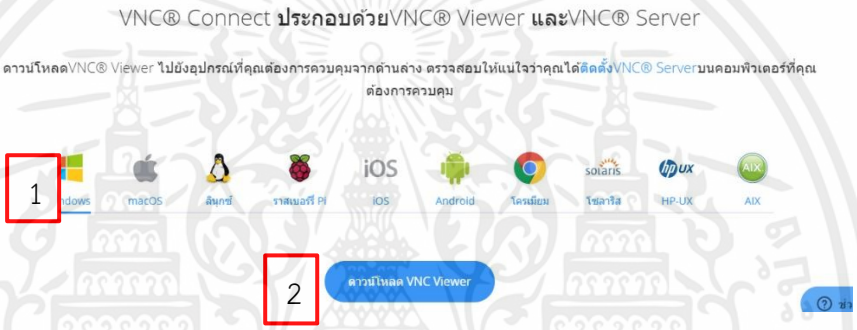
ตัวหุ่นจะเคลื่อนที่ไปทางขวา และเมื่อจับภาพวัตถุเคลื่อนที่ในเฟรมจอระหว่าง 150 พิกเซล และ 350 พิกเซล ตัวหุ่นจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และจะประมวลผลซ้ำเรื่อย ๆ

3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยจะเตรียมติดตั้งผ่านระบบปฏิบัติการ วีเอ็นซี วิวเวอร์ ซึ่งมีการเขียนโปรแกรมสามส่วน คือ ส่วนของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ส่วนที่สองคือ บอร์ดรีเลย์ และส่วนที่สามคือการประมวลผลภาพผ่านกล้องเว็บแคม

3.3.1 การติดตั้ง วีเอ็นซี วิวเวอร์ ลงบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

1. เลือก Get VNC Viewer ที่หน้าจอหลักของวีเอ็นซี วิวเวอร์
2. คลิกที่รูป Windows แล้วกด download ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้ง วีเอ็นซี วิวเวอร์ ลงบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

3. เพื่อ เมื่อเปิด โปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์ ให้คลิกที่ รูปไวไฟ เพื่อต่อไวไฟ จากคอมพิวเตอร์

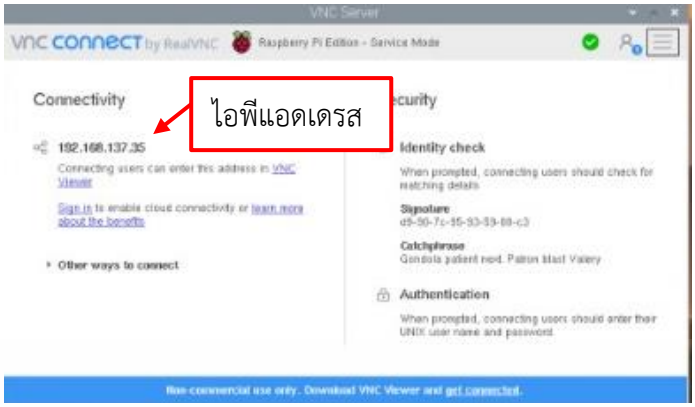
4. มาที่บอร์ดราสเบอร์รี่พาย เปิดการใช้งานวีเอ็นซี วิวเวอร์ ไปที่เลือกที่เมนู Preferences>Raspberry Pi Configuration>interfaces แล้วปรับให้วีเอ็นซี วิวเวอร์ จาก Disable เป็น Enable

5. พิมพ์คำสั่ง update โปรแกรม $ sudo apt-get update
6. พิมพ์คำสั่ง เพื่อติดตั้งโปรแกรม VNC

$ sudo apt-get install realvnc-vnc-server realvnc-vnc-viewer

7. รีสตาร์ทเครื่อง
8. จากนั้นคลิกที่รูปวีเอ็นซี วิวเวอร์ เพื่อดูไอพีแอดเดรส (IP Address)แล้วนำเลข ไอพีแอดเดรสจาก บอร์ดราสเบอร์รี่พาย กรอกใน วีเอ็นซี วิวเวอร์ ที่เปิดโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เลขไอพีแอดเดรสจากบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

9. เมื่อเชื่อมต่อแล้วจะมีหน้าให้ใส่ชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน ของผู้ใช้งานรับแล้วคลิกตกลง

10. โปรแกรมเริ่มต้นใช้งานได้ เลือก โปรแกรม Python IDE เพื่อทำการเขียนโค้ดโดยทำการเลือก Thony Python IDE แล้วคลิกเพื่อทำการเลือกเปิดหน้าต่างการทำงานเพื่อเขียนโค้ดโดยโปรแกรม Python IDE for Engineer ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เปิดโปรแกรม Python IDE

3.3.2 โปรแกรมส่วนของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ส่วนของบอร์ดขับมอเตอร์และส่วนการประมวลผลภาพผ่านกล้องเว็บแคม

1. เปิดหน้าโปรแกรม NEW > Save as > ตั้งชื่อไฟล์ bartracking.py
2. นำเข้าไลบลารี่ฟังก์ชั่นต่างๆที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
from collections import deque
from imutils.video import VideoStream
import numpy as np
import argparse
import cv2
import imutils
import time
import RPi.GPIO as GPIO
```

รูปที่ 3.7 รูปไลบรารี่ต่างๆที่ใช้

จากรูป นำเข้าไลบรารี่ฟังก์ชั่นต่างๆ ดังนี้

- โครงสร้างข้อมูลชุด คือ Import deque
- การประมวลผลภาพวีดีโอ คือ Import VideoStream
- การคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ Import numpy
- การเขียนส่วนรับ คือ argument Import argparse
- แสดงผลด้วยคอมแบบเรียลไทม์ คือ Import cv2
- การประมวลผลรูป เช่น ขนาดของรูป การหมุน-กลับรูป คือ Import imutils
- ใช้สำหรับหน่วงเวลา คือ Import time
- เพิ่มพอตการใช้งาน คือ GPIO Import RPi.GPIO

3. กำหนดพอตต่างๆของบอร์ด ดังรูปที่ 3.8

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(14,GPIO.OUT)
GPIO.setup(15,GPIO.OUT)
GPIO.setup(23,GPIO.OUT)
GPIO.setup(24,GPIO.OUT)
GPIO.setup(2,GPIO.OUT)
GPIO.setup(3,GPIO.OUT)
GPIO.setup(20,GPIO.OUT)
GPIO.setup(21,GPIO.IN)
```

รูปที่ 3.8 รูปการกำหนดพอตต่างๆของบอร์ด

จากรูปกำหนดพอตดังนี้ GPIO ที่ 14, 15, 23, 24 จะเป็นขาของมอเตอร์ล้อ และ GPIO ที่ 2, 3, 20, 21 จะเป็นขาของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กำหนดการทำงานของพอตที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ล้อซ้าย-ขวา ดังรูปที่ 3.9

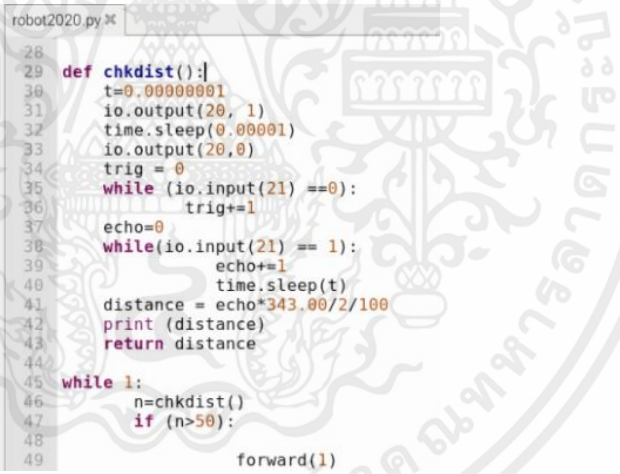
```
def forWard():
 print("Going Forwards")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,1)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,1)
 time.sleep(0.1)

def turnRight():
 print("Going Right")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,0)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,1)
 time.sleep(0.1)

def turnLeft():
 print("Going Left")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,1)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,0)
 time.sleep(0.1)
```

```
def Stop():
 print("Stopping")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,0)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,0)
 time.sleep(0.1)
```

รูปที่ 3.9 รูปกำหนดการทำงานของพอตที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ล้อซ้าย-ขวา

จากรูป กำหนดการทำงานของมอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเพื่อทำการ เดินหน้า เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย และการหยุดการทำงานของมอเตอร์ล้อซ้าย-ขวา ดูจากลอจิกการทำงาน 0 หรือ 1 โดยให้ time ในการประมวลผลที่ 0.1 วินาที ดังรูปที่ 3.10

5. กำหนดค่าหน่วงเวลาและระยะที่เซนเซอร์จับ ดังรูปที่ 3.10



robot2020.py

```
def chkdist():
    t=0.00000001
    io.output(20, 1)
    time.sleep(0.00001)
    io.output(20,0)
    trig = 0
    while (io.input(21) ==0):
            trig+=1
    echo=0
    while(io.input(21) == 1):
            echo+=1
            time.sleep(t)
    distance = echo*343.00/2/100
    print (distance)
    return distance

while 1:
      n=chkdist()
      if (n>50):

                forward(1)
```

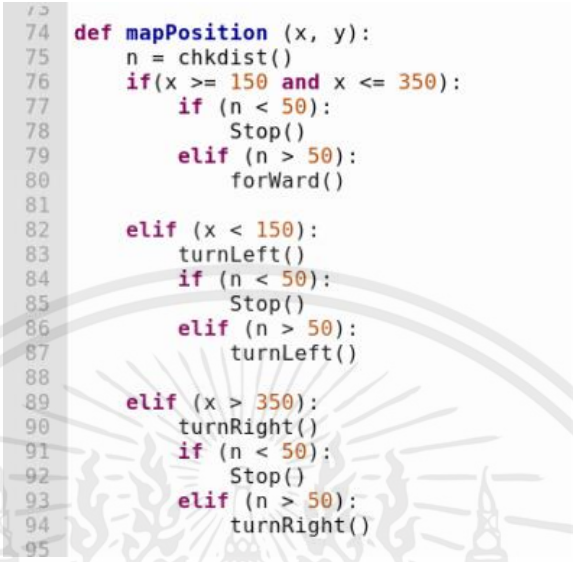
รูปที่ 3.10 รูปกำหนดค่าหน่วงเวลาและระยะเซนเซอร์

จากรูป ทำการหน่วงเวลาและตั้งค่าระยะที่เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะทำการตรวจจับวัตถุ n เมื่อ n มีระยะมากกว่า 50 เซนติเมตร

6. กำหนดการเคลื่อนที่โดยมอเตอร์ทำงานสัมพันธ์กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคและกล้องเว็บแคม โดย x คือ วัตถุในแกน x, n คือระยะของวัตถุ เมื่อกล้องเว็บแคมตรวจจับสีได้จะทำงานสัมพันธ์กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ในการวัดระยะของวัตถุคือ มอเตอร์จะทำงานเมื่อวัตถุอยู่ในระยะมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เซนติเมตร เมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณเฟรมน้อยกว่า 150 ตัวหุ่นจะเลี้ยวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

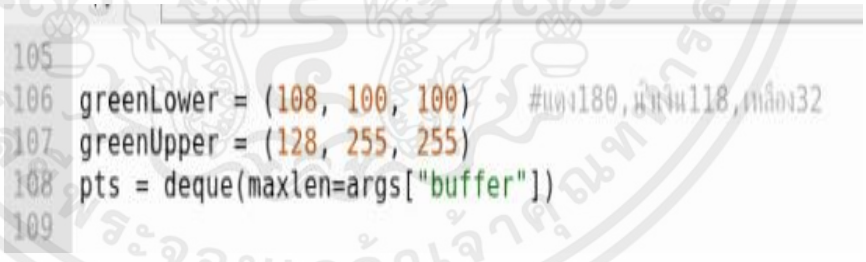
เมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณเฟรมมากกว่า 350 ตัวหุ่นจะเลี้ยวขวา และเมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณมากกว่าหรือเท่ากับ 150 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 350 ตัวหุ่นจะเดินหน้า ดังรูปที่ 3.11



```
def mapPosition (x, y):
    n = chkdist()
    if(x >= 150 and x <= 350):
        if (n < 50):
            Stop()
        elif (n > 50):
            forWard()

    elif (x < 150):
        turnLeft()
        if (n < 50):
            Stop()
        elif (n > 50):
            turnLeft()

    elif (x > 350):
        turnRight()
        if (n < 50):
            Stop()
        elif (n > 50):
            turnRight()
```

รูปที่ 3.11 รูปเงื่อนไขการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคและกล้องเว็บแคม

7. กำหนดค่าสีของวัตถุที่กล้องตรวจจับ โดยตั้งค่าสีเอชเอสวี โดยสีแดงจะมีค่าสีเอชเอสวีอยู่ที่ 180 สีน้ำเงินมีค่าสีเอชเอสวีอยู่ที่ 118 และสีเหลืองมีค่าสีเอชเอสวีอยู่ที่ 32 ซึ่งการตั้งค่าสีโดยจะมีค่าสีต่ำสุดและค่าสีสูงสุด $\pm$10 ดังรูปที่ 3.12



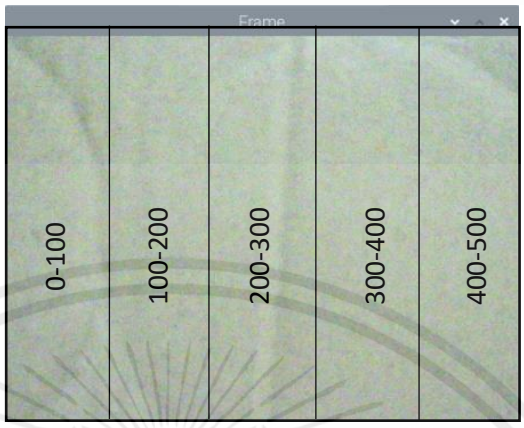
```
105
106 greenLower = (108, 100, 100)    #แดง180,น้ำเงิน118,เหลือง32
107 greenUpper = (128, 255, 255)
108 pts = deque(maxlen=args["buffer"])
109
```

รูปที่ 3.12 รูปกำหนดค่าสีของวัตถุที่กล้องตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ตั้งค่าขนาดเฟรมของกล้อง กว้าง 500 พิกเซล ดังรูปที่ 3.13

```
121         break
122     frame = imutils.resize(frame, width=500)
123     frame = imutils.rotate(frame, angle=0)
124     blurred = cv2.GaussianBlur(frame, (11, 11), 0)
125     hsv = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2HSV)
126
```

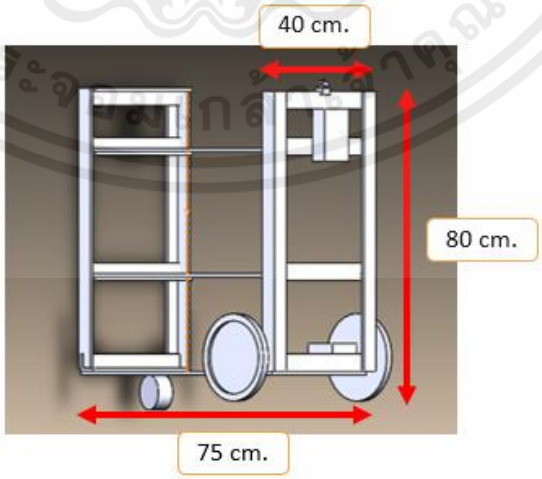


รูปที่ 3.13 รูปตั้งค่าขนาดเฟรมของกล้อง

3.4 การออกแบบหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

3.4.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

ในการออกแบบโครงสร้างมีขนาด 40x75x80 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างตัวหุ่นทำจากเหล็กอเนกประสงค์ ฐานวางของนำแผ่นไม้ยาวขนาด 38x72 เซนติเมตรเพื่อใช้สำหรับวางสิ่งของ รับน้ำหนักได้ไม่เกิน 20 กิโลกรัม มีล้อสองข้างซ้าย ขวา เพื่อเป็นล้อขับกำลัง และล้ออิสระเพื่อควบคุมทิศทาง ด้านหน้าตัวหุ่นจะมีเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคและกล้องเว็บแคมติดเพื่อทำหน้าที่รับระยะและวิดีโอเรียลไทม์จากวัตถุ ชั้นล่างจะเป็นที่สำหรับติดตั้งกล่องเก็บอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบอร์ดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15



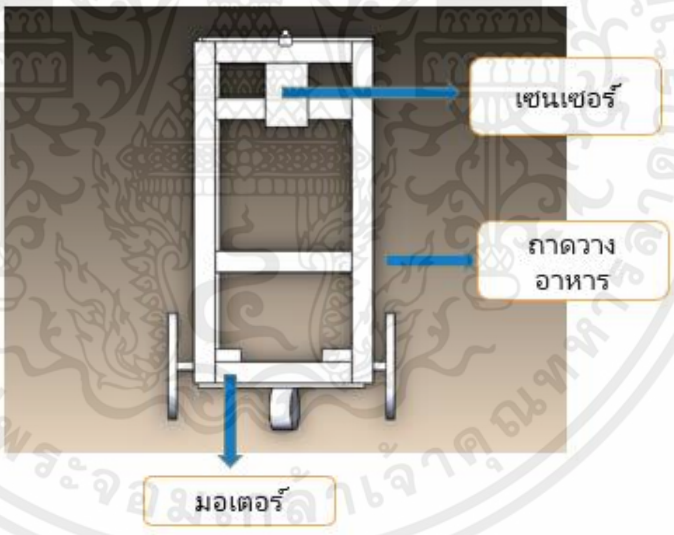
รูปที่ 3.14 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามที่ออกแบบโดยโปรแกรมโซลิดเวิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตาม มีส่วนประกอบดังนี้

1. โครงสร้างบาร์ทำจากเหล็กอเนกประสงค์ ขนาด40x75x80 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) สามารถรับน้ำหนักสิ่งของได้ 30-50 กิโลกรัม
2. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลหลักในการควบคุมหุ่นยนต์
3. กล้องเว็บแคม ทำหน้าที่ตรวจจับภาพของวัตถุ (ผู้ใช้งาน) และส่งไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย
4. เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ทำหน้าที่ตรวจจับระยะของวัตถุ (ผู้ใช้งาน)
5. มอเตอร์ล้อ ทำหน้าที่ขับล้อซ้าย ขวาให้เคลื่อนที่เดินหน้า ทำงานสัมพันธ์กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค
6. บอร์ดขับมอเตอร์ ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ล้อซ้าย ขวา
7. แบตเตอร์รี่ ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ล้อซ้าย ขวา
8. บอร์ดชาร์ตแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ชาร์ตไฟให้กับแบตเตอรี่
9. ล้ออิสระ



รูปที่ 3.15 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามที่ออกแบบโดยโปรแกรมโซลิดเวิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 โครงสร้างหุ่นยนต์บาร์ติดตามจริงด้านหน้าและด้านข้าง

3.5 ระบบชาร์ตแบตเตอร์รี่

การชาร์ตแบตเตอร์รี่มีปัจจัยที่ต้องคำนึงคือ

1. ขนาดความจุของแบตเตอร์รี่ (แอมป์ฮาว)

ในการชาร์ตแบตเตอร์รี่ ควรชาร์ตด้วยกระแสต่ำและเวลาชาร์ตนาน จึงจะส่งผลดีต่อแบตเตอร์รี่ วิธีการคำนวณ ดังสมการที่ 3.1

$$\text{กระแสที่ควรชาร์ต} = 10\% \times \text{ขนาดความจุแบตเตอร์รี่} \quad (3.1)$$

ดังนั้น แบตเตอร์รี่ที่ใช้ของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 12 โวลต์ 12 แอมป์ฮาว

$$0.1 \times 12 = 1.2 \text{ แอมแปร์}$$

จึงควรชาร์ตด้วยกระแส 1.2 แอมแปร์

2. ความจุแบตเตอร์รี่ที่เหลือก่อนชาร์ต

แบตเตอร์รี่ที่เราใช้ ส่วนใหญ่เมื่อแบตเตอร์รี่หมดประจุ จะเหลือความจุแบตเตอร์รี่ แอมป์ฮาว ประมาณ 35% ดังนั้นต้องชาร์ตเพิ่มอีก 65% เพื่อให้แบตเตอร์รี่เต็ม

วิธีการคำนวณ ดังสมการที่ 3.2

$$\text{จำนวน Ah ที่ต้องการชาร์ตเพิ่ม} = 65\% \times \text{ขนาดของแบตเตอร์รี่ (แอมป์ฮาว)} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

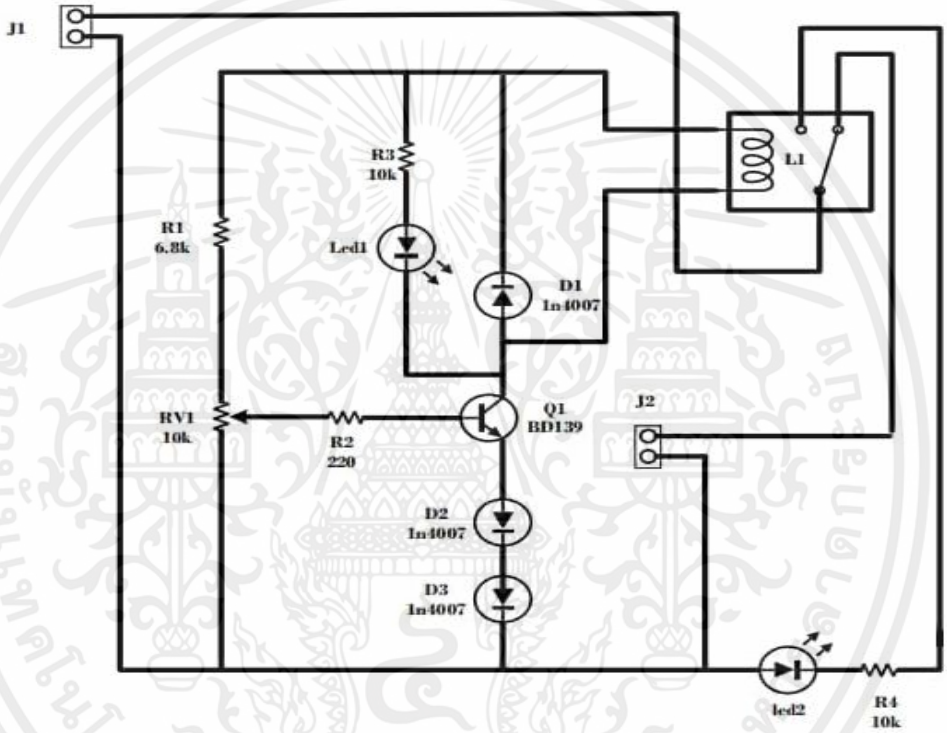
ดังนั้น แบตเตอร์รี่ที่ใช้ของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม 12 โวลต์ 12 แอมป์ฮาว

จำนวน Ah ที่ต้องการชาร์ตเพิ่ม = 65% x 12 แอมป์ฮาว = 7.8 แอมป์ฮาว

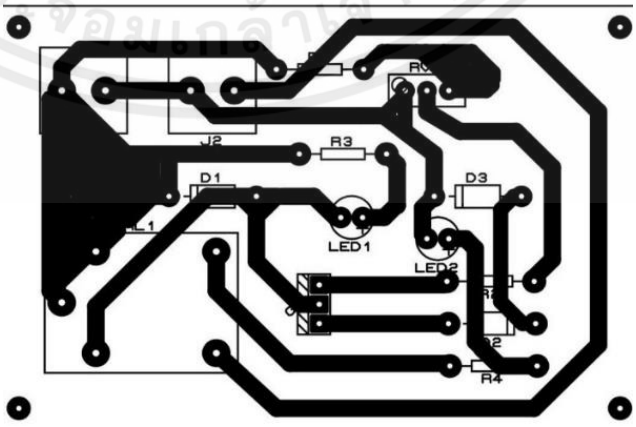
จำนวนชั่วโมงชาร์ต = 7.8 แอมป์ฮาว / 1.2 แอมแปร์ = 6.5 ชั่วโมง ≈ 7 ชั่วโมง

สรุปคือ แบตเตอร์รี่ของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ขนาด 12 โวลต์ 12 แอมป์ฮาว เมื่อแบตเตอร์รี่หมดต้องชาร์ตเพิ่มอีก 7.8 แอมป์ฮาว โดยชาร์ตด้วยกระแส 1.2 แอมแปร์ เป็นเวลาประมาณ 7 ชั่วโมง

3.5.1 วงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่



รูปที่ 3.17 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่



รูปที่ 3.18 ลายวงจรของวงจรชาร์ตแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต่อวงจรควบคุมการชาร์ตเข้ากับพาวเวอร์สวิชชิ่ง และแบตเตอร์รี่ ไฟ 220 โวลต์ จะเข้าวงจรชาร์ตแล้วสั่งให้รีเลย์ทำงานเพื่อจ่ายไฟให้กับพาวเวอร์สวิชชิ่ง ซึ่งพาวเวอร์สวิชชิ่งจะทำหน้าที่ชาร์ตแบตเตอร์รี่ ซึ่งเราจะตั้งกำหนดแรงดันแบตเตอร์รี่ให้เต็มที่ 13.8 โวลต์ และ จะเริ่มชาร์ตที่ 12 โวลต์เมื่อแบตเตอร์รี่มีแรงดันต่ำกว่า 12 โวลต์ ให้พาวเวอร์สวิชชิ่งจ่ายไฟในการทำงานและเริ่มต้นการชาร์ต

3.6 ระบบมอเตอร์

มอเตอร์เกียร์ 12 โวลต์ดีซี 100 อาร์พีเอ็ม (rpm) แกนเพลา 8 มิลลิเมตร รับน้ำหนักได้ 20-40 กิโลกรัมเซนติเมตร (ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ) กินกระแสต่ำสุด 1.5 แอมแปร์ สูงสุด 3 แอมแปร์

3.6.1 วิธีคำนวณกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

ดังสมการที่ 3.3

กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสมอเตอร์ x ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (3.3)

= 12 โวลต์ x 3 แอมแปร์ x 0.85 = 30 วัตต์

สรุปคือมอเตอร์เกียร์ 12 โวลต์ดีซี มีกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์

3.6.2 วิธีคำนวณสูตรทดเฟือง

ดังสมการที่ 3.4

$$d_1 n_1 = d_2 n_2 \quad (3.4)$$

โดย

d_1 คือ เฟืองขับมอเตอร์

d_2 คือ ความเร็วขับมอเตอร์

n_1 คือ เฟืองตามมอเตอร์

n_2 คือ ความเร็วตามมอเตอร์

แทนค่าลงไปในสูตร

$$9 \times 100 = 24 \times n_2$$

$$n_2 = \frac{9 \times 100}{24}$$

n_2 = 37.5 อาร์พีเอ็ม

สรุปคือมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบ 37.5 อาร์พีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองในส่วนของการทดลองระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค การทำงานของมอเตอร์ล้อ ส่วนของการประมวลผลภาพ การตรวจจับสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) การเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ระบบชาร์ตแบตเตอรี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7

4.1 การทดสอบความแม่นยำของระบบอัลตร้าโซนิควัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร

4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคเมื่อทำงานสัมพันธ์กับมอเตอร์

4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. วางวัตถุที่ระยะที่กำหนด แล้วสังเกตค่าที่เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับวัตถุ
2. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสถานะของมอเตอร์
3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความแม่นยำของระบบอัลตร้าโซนิควัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร

ระยะวัตถุ (เซนติเมตร)	ระยะที่เซนเซอร์จับวัตถุ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นความผิดพลาด	สถานะของมอเตอร์
10	10.29	2.81 %	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาหยุดนิ่ง
30	30.87	2.81 %	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาหยุดนิ่ง
50	51.45	12.53 %	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า
80	82.32	2.82 %	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า
100	102.9	2.82 %	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า

จากตารางการทดลองที่ 4.1 เมื่อเริ่มการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ตรวจจับวัตถุที่ระยะวัตถุ 10, 30, 80, 100 เซนติเมตร การจับระยะของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคมีเปอร์เซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 2.81 % และที่ระยะวัตถุ 50 เซนติเมตร การจับระยะของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคมีเปอร์เซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 12.53 % เมื่อทำงานสัมพันธ์กับมอเตอร์จะเห็นว่าที่ระยะ 10-30 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะหยุดนิ่ง และที่ระยะ 50-100 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะเดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการทำงานของมอเตอร์

4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของมอเตอร์เมื่อกำหนดตั้งค่าตามระยะของวัตถุที่ตรวจจัดโดยเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตั้งค่าระยะที่เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะทำงานในโค้ด คือ ถ้าระยะของวัตถุมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เซนติเมตร มอเตอร์จะทำงาน และถ้าระยะของวัตถุน้อยกว่า 50 เซนติเมตร มอเตอร์จะหยุดนิ่ง
2. นำวัตถุวางไว้หน้าเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ตามระยะที่ต้องการทำการทดลอง
3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทำงานของมอเตอร์

ระยะของวัตถุ (เซนติเมตร)	สถานะของมอเตอร์
10	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาหยุดนิ่ง
30	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาหยุดนิ่ง
50	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า
80	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า
100	มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาเดินหน้า

จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 เมื่อเริ่มทำงานมอเตอร์ จะสัมพันธ์กับการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค พบว่า เมื่อระยะวัตถุ 10-30 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้ายและล้อขวาหยุดนิ่ง เมื่อระยะวัตถุ 50-100 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้ายและล้อขวาเดินหน้า

4.3 การติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

4.3.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยระบบสีเอชเอสวี
2. เพื่อตรวจสอบการติดตามสีแต่ละสี ได้แก่ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน

4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปลี่ยนค่าเอชเอสวีของสีแต่ละสีในโปรแกรมการทำงาน ดังรูปที่ 4.1
2. สังเกตการทำงานของโปรแกรมจากเฟรมจอ

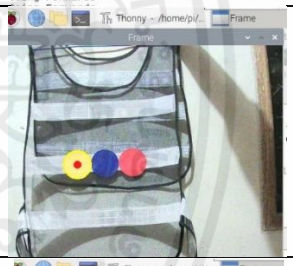
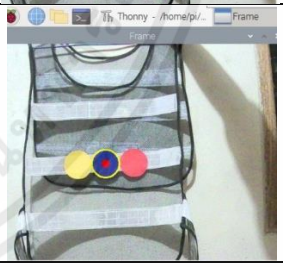
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.3

```
105
106 greenLower = (108, 100, 100)    #แดง180,น้ำเงิน118,เหลือง32
107 greenUpper = (128, 255, 255)
108 pts = deque(maxlen=args["buffer"])
109
```

รูปที่ 4.1 รูปการเปลี่ยนค่าเอชเอสวีของสีแต่ละสีในโปรแกรมการทำงาน

ตารางที่ 4.3 การติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

สัญลักษณ์สีที่ตรวจจับ	ค่าเอชเอสวีในโปรแกรม	การทำงานของโปรแกรม
สีแดง	Lower: 170, 100, 100 Upper: 190, 255, 255	
สีเหลือง	Lower: 22, 100, 100 Upper: 42, 255, 255	
สีน้ำเงิน	Lower: 108, 100, 100 Upper: 128, 255, 255	

จากตารางการทดลองที่ 4.3 เมื่อตั้งค่าเอชเอสวีของสัญลักษณ์สี คือสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน พบว่า

1. เมื่อตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง โดยตั้งค่า Lower color อยู่ที่ 170, 100, 100 Upper color อยู่ที่ 190, 255, 255 พบว่ากล้องเว็บแคมทำงานและโปรแกรมสามารถตรวจจับสัญลักษณ์สีแดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง โดยตั้งค่า Lower color อยู่ที่ 22, 100, 100 Upper color อยู่ที่ 42, 255, 255 พบว่ากล้องเว็บแคมทำงานและโปรแกรมสามารถตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลืองได้

3. เมื่อตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน โดยตั้งค่า Lower color อยู่ที่ 108, 100, 100 Upper color อยู่ที่ 128, 255, 255 พบว่ากล้องเว็บแคมทำงานและโปรแกรมสามารถตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงินได้

4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

4.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน) ของตัวหุ่นในทิศทางเดินหน้า เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้าย

4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตั้งค่าค่าสีต่ำสุดและค่าสีสูงสุดของสีที่ใช้

2. เปิดสวิตช์การทำงานของมอเตอร์ สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.4

3. เมื่อวัตถุอยู่ด้านขวาของเฟรมจอหุ่นจะเลี้ยวขวา เมื่อวัตถุอยู่ด้านซ้ายของเฟรมจอหุ่นจะเลี้ยวซ้าย และเมื่อวัตถุอยู่ตรงกลางหุ่นจะเดินหน้า

ตารางที่ 4.4 การเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

สัญลักษณ์สีที่ตรวจจับ	การทำงานของตัวหุ่นยนต์		
	เดินหน้า	เลี้ยวขวา	เลี้ยวซ้าย
สีแดง	/	/	/
สีเหลือง	/	/	/
สีน้ำเงิน	/	/	/

* หมายเหตุ / คือตัวหุ่นสามารถทำงานตรงตามเงื่อนไข

จากตารางการทดลองที่ 4.4 เมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรมตัวหุ่นจะใช้กล้องในการตรวจจับวัตถุตามค่าเอชเอสวีของสีที่ตั้งค่าไว้

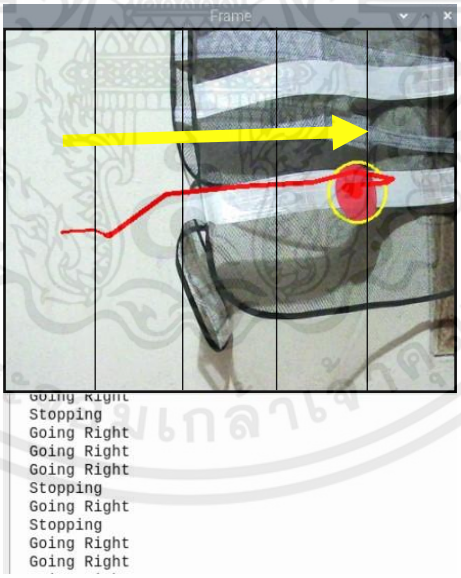
1. เมื่อใช้วัตถุสีแดง ตัวหุ่นสามารถเคลื่อนที่ติดตามวัตถุสีแดงได้ทั้งทางตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาตามได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อใช้วัตถุสีเหลือง ตัวหุ่นสามารถเคลื่อนที่ติดตามวัตถุสีเหลืองได้ทั้งทางตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาตามได้

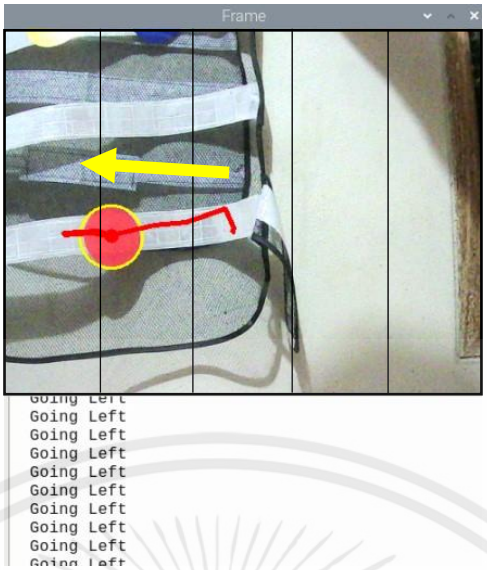
3. เมื่อใช้วัตถุสีน้ำเงิน ตัวหุ่นสามารถเคลื่อนที่ติดตามวัตถุสีน้ำเงินได้ทั้งทางตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาตามได้

รูปที่ 4.2 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า



รูปที่ 4.3 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

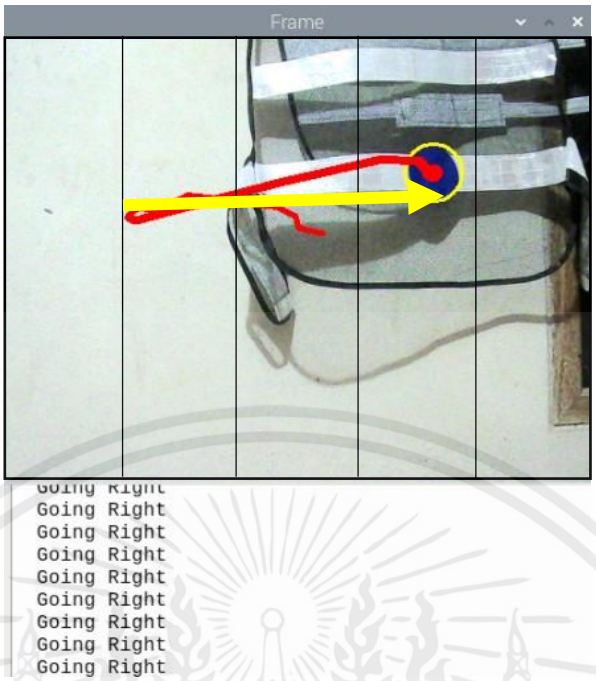
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



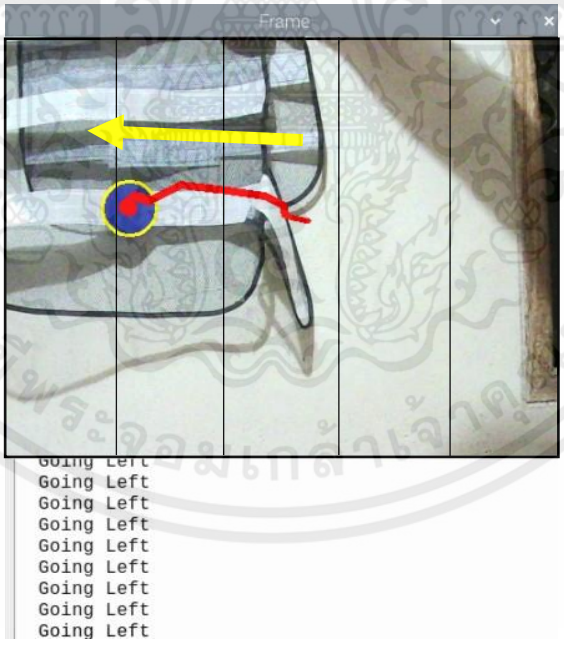
รูปที่ 4.4 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

รูปที่ 4.5 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา



รูปที่ 4.7 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีน้ำเงิน ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เดินหน้า

รูปที่ 4.9 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 การทำงานเมื่อทำการตรวจจับสัญลักษณ์สีเหลือง ตัวหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

4.5 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0-10 กิโลกรัม

4.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบระยะเวลาการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0-10 กิโลกรัม

4.5.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. วางวัตถุน้ำหนัก 0 (ไม่มีวัตถุ), 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม ลงบนตัวหุ่น
2. เปิดการทำงานของตัวหุ่น โดยให้วัตถุที่ติดตามอยู่ตรงกลางเพื่อให้หุ่นเดินหน้าตรงเป็นระยะทาง 5 เมตร จับเวลาในการเคลื่อนที่ของหุ่น
3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของ 0-10 กิโลกรัม

น้ำหนักสิ่งของ (กิโลกรัม)	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	15.33	14.86	15.45	15.21
5	17.98	17.65	18.32	17.98
10	21.64	20.59	20.73	20.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการทดลองที่ 4.5 เมื่อวางวัตถุขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่ พบว่า เมื่อวางวัตถุน้ำหนัก 0 (ไม่มีวัตถุ) ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นระยะทาง 5 เมตร มีค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 15.21 วินาที ต่อระยะทาง 5 เมตร เมื่อวางวัตถุน้ำหนัก 5 กิโลกรัมระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นระยะทาง 5 เมตร ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 17.98 วินาที ต่อระยะทาง 5 เมตร เมื่อวางวัตถุน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นระยะทาง 5 เมตร ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 20.98 วินาที ต่อระยะทาง 5 เมตร

4.6 ทดลองระบบชาร์จแบตเตอร์รี่ จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7

4.6.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบระยะเวลาการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่มีการใช้งาน ว่าแต่ละชั่วโมงมีแรงดันและกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

4.6.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่กับพาวเวอร์สวิชชิ่ง และแบตเตอร์รี่
2. ปรับค่า VR เพื่อให้ได้แรงดันที่ 13.8 โวลต์ แล้วสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟทุกๆ 1 ชั่วโมงจนครบ 7 ชั่วโมง
3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระบบชาร์จแบตเตอร์รี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7

ชั่วโมงในการชาร์จ	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (แอมแปร์)
ชั่วโมงที่ 1	12.2	1.82
ชั่วโมงที่ 2	12.4	1.76
ชั่วโมงที่ 3	12.6	1.45
ชั่วโมงที่ 4	12.8	1.27
ชั่วโมงที่ 5	13.0	0.79
ชั่วโมงที่ 6	13.4	0.72
ชั่วโมงที่ 7	13.8	0.65

จากตารางผลการทดลองที่ 4.6 เมื่อทำการชาร์ตแบตเตอรี่ด้วยวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่ พบว่า ในชั่วโมงที่ 1 แรงดันแรกเริ่มชาร์ตเท่ากับ 12.2 โวลต์ ชาร์ตด้วยกระแส 1.82 แอมแปร์ เมื่อชาร์ตต่อไปในชั่วโมงที่ 2, 3, 4 แรงดันจะค่อยๆลดลงเรื่อย ๆ กระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะลดลงทีละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย แต่เมื่อชั่วโมงที่ 5, 6 ,7 กระแสที่ชาร์ตจะน้อยลงมาก เมื่อถึงชั่วโมงที่ 7 แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 13.8 โวลต์ และชาร์ตด้วยกระแส 0.65 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลองจากบทที่ 4 สรุปการทำงานของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตาม ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลทดสอบความแม่นยำของระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิควัดที่ระยะ 0-100 เซนติเมตร

จากการทดลองที่ระยะตรวจจับวัตถุน้อยกว่า 50 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะหยุดนิ่ง และที่ระยะตรวจจับมากกว่า 50 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะเดินหน้า และมีเปอร์เซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 3% แต่ที่ระยะ 50 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 13% ดังนั้นการทำงานของระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคสามารถตรวจจับวัตถุในระยะที่ตั้งเงื่อนไขไว้ และมอเตอร์สามารถทำงานตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้

5.1.2 สรุปผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์

จากการทดลองที่ระยะตรวจจับวัตถุน้อยกว่า 50 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะหยุดนิ่ง และที่ระยะตรวจจับมากกว่า 50 เซนติเมตร มอเตอร์ล้อซ้าย-ขวาจะเดินหน้า ดังนั้นการทำงานของมอเตอร์ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดของระบบเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

5.1.3 สรุปผลการทดลองการทดลองการติดตามสัญสักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

จากการทดลองเมื่อตั้งค่าสีเอชเอสวีของสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน ตามที่กำหนดไว้สังเกตจากเฟรมจอเมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม จะพบว่ากล้องเว็บแคมทำงานและโปรแกรมสามารถตรวจจับสัญลักษณ์สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินได้

5.1.4 สรุปผลการทดลองการทดลองการเคลื่อนที่ติดตามสัญลักษณ์สี (สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน)

จากการทดลองจากการจับสัญลักษณ์สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเมื่อวัตถุอยู่ในระยะเฟรมเมื่อตรวจจับได้จะทำงานสัมพันธ์กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ในการวัดระยะของวัตถุคือ มอเตอร์จะทำงานเมื่อวัตถุอยู่ในระยะมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เซนติเมตร เมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณเฟรมน้อยกว่า 150 ตัวหุ่นจะเลี้ยวซ้าย เมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณเฟรมมากกว่า 350 ตัวหุ่นจะเลี้ยวขวา และเมื่อวัตถุอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบริเวณมากกว่าหรือเท่ากับ 150 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 350 ตัวหุ่นจะเดินหน้า ดังนั้นตัวหุ่นสามารถเคลื่อนที่ติดตามวัตถุสีน้ำเงินได้ทั้งทางตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้

5.1.5 สรุปผลการทดลองการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักสิ่งของตั้งแต่ 0-10 กิโลกรัม

จากการทดลอง เมื่อวางสิ่งของตั้งแต่ 0-10 กิโลกรัม ตัวหุ่นสามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นตัวหุ่นสามารถรองรับน้ำหนักสิ่งของได้ 10 กิโลกรัม

5.1.6 สรุปผลการทดลองระบบชาร์จแบตเตอร์รี่จากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7

จากการทดลองในการชาร์ตชั่วโมงที่ 1 จะมีแรงดันที่ 12.2 โวลต์ และในชั่วโมงที่ 7 จะมีแรงดันเพิ่มขึ้นที่ 13.8 โวลต์ และกระแสที่ใช้ชาร์ตในชั่วโมงที่ 1 จะใช้กระแสที่ 1.82 แอมแปร์ และในชั่วโมงที่ 7 จะใช้กระแสที่ 0.65 แอมแปร์ ดังนั้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอร์รี่เพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้จะน้อยลง

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

พื้นที่ใช้ในการทดสอบตัวหุ่นขรุขระ ทำให้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

การตั้งศูนย์ที่ดีจะช่วยให้ล้อลดการสัมผัสกับพื้น และลดการสั่นเวลาเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] “หุ่นยนต์บริการ” , URL : https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-robotics-and-automation-system , เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 19 พฤศจิกายน 2563

[2] “เหล็กฉากอเนกประสงค์” ,URL : https://ypd.co.th/(Slotted Angle Steel, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 19 พฤศจิกายน 2563

[3] Worachet. BASIC RASPBERRY PI For Internet of Things. Max Innovation Technology Co., Ltd. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

[4] “Raspberry Pi 4” ,URL : http://www2.crma.ac.th/itd/Know/RBPI/index.asp, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 19 พฤศจิกายน 2563

[5] “อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์” ,URL : https://www.supremelines.co.th, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 19 พฤศจิกายน 2563

[6] “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง” ,URL : http://www.auto2drive.com/มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 19 พฤศจิกายน 2563

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส, กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559

[8] ธัชชัย สุมิตร. รีเลย์ป้องกันระบบพลังไฟฟ้า, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2529

[9] “VNC Viewer” ,URL : http://surawit555.myreadyweb.com/page-24996.html, เข้าถึง ครั้งสุดท้ายวันที่ 20 พฤศจิกายน 2563

[10] “กล้องเว็บแคม Hoco Webcam” ,URL : https://telecorsa.com/TH -Computer-Camera-Webcam-DI01-01D-Ri-Telecorsa, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 29 เมษายน 2564

[11] “ระบบสี HSV” ,URL : https://papermore.co/2019/07/29/brightness-hue-and-saturation, เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 20 พฤศจิกายน

[12] Pakpum Bunphueng. แบตเตอร์รี่ปฐมภูมิ, สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 2560

[13] นพ มหิษานนท์. รู้ลึกแบตเตอรี่ ใช้เป็น ใช้คุ้ม ใช้ทน, นนทบุรี: สำนักพิมพ์คอร์ฟังก์ชั่น, 2562

[14] “โมดูลควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่12-24V” ,URL : http://www.radio-diy.com/product เข้าถึงครั้งสุดท้ายวันที่ 20 พฤศจิกายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการทำงานโครงงานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 # Import ไลบรารีทั้งหมดที่ใช้งาน

```
from collections import deque                # Import ไลบรารีโครงสร้างข้อมูลชุด
from imutils.video import VideoStream        # Import ไลบรารีการประมวลผลภาพวีดีโอ
import numpy as np                           # Import ไลบรารี numpy การคำนวณทาง
คณิตศาสตร์ และตั้งชื่อ ใหม่ว่า np
import argparse                              # Import ไลบรารีการเขียนส่วนรับ argument
import cv2                                   # Import ไลบรารี OpenCV แสดงผลด้วยคอม
แบบเรียลไทม์
import imutils                               # Import ไลบรารีการประมวลผลรูป เช่น
ขนาดของรูป การหมุนรูป การกลับรูป
import time                                  # Import ไลบรารี time เพื่อใช้สำหรับหน่วง
เวลา
import RPi.GPIO as GPIO                      # Import ไลบรารี GPIO
```

 # กำหนดการใช้งานขา GPIO เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์และควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(14,GPIO.OUT)                      # ตั้งค่าให้ขา 14 เป็น Output ใช้ควบคุม
มอเตอร์ล้อ
GPIO.setup(15,GPIO.OUT)                      # ตั้งค่าให้ขา 15 เป็น Output ใช้ควบคุม
มอเตอร์ล้อ
GPIO.setup(23,GPIO.OUT)                      # ตั้งค่าให้ขา 23 เป็น Output ใช้ควบคุม
มอเตอร์ล้อ
GPIO.setup(24,GPIO.OUT)                      # ตั้งค่าให้ขา 24 เป็น Output ใช้ควบคุม
มอเตอร์ล้อ
GPIO.setup(2,GPIO.OUT)                       # ตั้งค่าให้ขา 2 เป็น Output ใช้ควบคุม
เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค
GPIO.setup(3,GPIO.OUT)                       # ตั้งค่าให้ขา 3 เป็น Output ใช้ควบคุม
เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค
GPIO.setup(20,GPIO.OUT)                      # ตั้งค่าให้ขา 20 เป็น Output ใช้ควบคุม
เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค
GPIO.setup(21,GPIO.IN)                       # ตั้งค่าให้ขา 21 เป็น Input ใช้ควบคุมเซนเซอร์
อัลตร้าโซนิค
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        # กำหนดการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ล้อซ้ายและมอเตอร์ล้อขวา
def forWard():                                  # ควบคุมมอเตอร์ให้เดินหน้า
 print("Going Forwards")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,1)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,1)
 time.sleep(0.1)
def turnRight():                                # ควบคุมมอเตอร์ให้เลี้ยวขวา
 print("Going Right")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,0)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,1)
 time.sleep(0.1)
def turnLeft():                                 # ควบคุมมอเตอร์ให้เลี้ยวซ้าย
 print("Going Left")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,1)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,0)
 time.sleep(0.1)
def Stop():                                     # ควบคุมมอเตอร์ให้หยุด
 print("Stopping")
 GPIO.output(14,0)
 GPIO.output(15,0)
 GPIO.output(23,0)
 GPIO.output(24,0)
 time.sleep(0.1)
        # ฟังก์ชั่นการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค
def chkdist():
    t = 0.00000001
    GPIO.output(20, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    time.sleep(0.0000001)
    GPIO.output(20, 0)
    trig = 0
    while (GPIO.input(21) == 0):
        trig += 1
    echo = 0
    while (GPIO.input(21) == 1):
        echo += 1
        time.sleep(t)
    distance = echo * 343.00 / 2 / 100
    return distance
```

 # ฟังก์ชั่นการทำงานเมื่อวางตำแหน่งของวัตถุในเฟรมภาพ

```
def mapPosition (x, y):                 # วัตถุในแนวแกน x, y ในเฟรมภาพ
    n = chkdist()                       # กำหนดให้ตัว n คือค่าระยะที่ เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับได้
    if(x >= 150 and x <= 350):          # เมื่อตำแหน่ง x ในเฟรมภาพมากกว่าหรือเท่ากับ 150 และ น้อยกว่า 350
        if (n < 50):                    # ถ้าระยะ n น้อยกว่า 50
            Stop()                      # มอเตอร์จะหยุดการทำงาน
        elif (n > 50):                  # ถ้า n มากกว่า 50
            forWard()                   # มอเตอร์จะทำงานเดินหน้า
    elif (x < 150):                     # ถ้าตำแหน่ง x ในเฟรมภาพน้อยกว่า 150
        turnLeft()                      # หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย
        if (n < 50):
            Stop()
        elif (n >50):
            turnLeft()
    elif (x > 350):                     # ถ้าตำแหน่ง x ในเฟรมภาพมากกว่า 350
        turnRight()                     # หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เลี้ยวขวา
        if (n < 50):
            Stop()
        elif (n > 50):
            turnRight()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 # สร้างการแยกวิเคราะห์อาร์กิวเมนต์และแยกวิเคราะห์อาร์กิวเมนต์

```
ap = argparse.ArgumentParser()
ap.add_argument("-v", "--video", help="path to the (optional) video file")
ap.add_argument("-b", "--buffer", type=int, default=64, help="max buffer size")
args = vars(ap.parse_args())
```

 # กำหนดค่าสีต่ำสุดและสูงสุดของวัตถุ โดยสีแดงมีค่าสี HSV ที่ 180 สีน้ำเงินมีค่าสี HSV ที่ 118 และสีเหลืองมีค่าสี HSV ที่ 32 ซึ่งค่าสีต่ำสุดจะนำมาลบ10 และค่าสีสูงสุดจะนำมาบวก10

```
colorLower = (170, 100, 100)                    # ค่าสีต่ำสุดของสีแดง 170, สีน้ำเงิน 108, สีเหลือง 22
colorUpper = (190, 255, 255)                    # ค่าสีสูงสุดของสีแดง 190, สีน้ำเงิน 128, สีเหลือง 42
pts = deque(maxlen=args["buffer"])
```

 # เมื่อเริ่มใช้งานให้แสดงข้อความนี้

```
print("[INFO] Waiting for camera to warmup...")
if not args.get("video", False):
    vs = VideoStream(src=0).start()
else:
    vs = cv2.VideoCapture(args["video"])
time.sleep(2.0)
```

 # การกำหนดขนาดของเฟรมแสดงผลในการรับวิดีโอเรียลไทม์จากกล้องเว็บแคม

```
while True:
    frame = vs.read()
    frame = frame[1] if args.get("video", False) else frame
    if frame is None:
        break
    frame = imutils.resize(frame, width=500) 0          # กำหนดความกว้างของเฟรมแสดงผล
    frame = imutils.rotate(frame, angle=0)
    blurred = cv2.GaussianBlur(frame, (11, 11), 0)      # ลดสัญญาณรบกวนของข้อมูลภาพ
    hsv = cv2.cvtColor(blurred, cv2.COLOR_BGR2HSV) # เปลี่ยนระบบสี BGR เป็นระบบสี HSV
```

 # สร้างกรอบให้วัตถุและจุดเซนเตอร์กลางวัตถุ

```
    mask = cv2.inRange(hsv, colorLower, colorUpper)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mask = cv2.erode(mask, None, iterations=2)
    mask = cv2.dilate(mask, None, iterations=2)
        # ค้นหาวัตถุในเฟรมแสดงผล
    cnts = cv2.findContours(mask.copy(),
cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    cnts = imutils.grab_contours(cnts)
    center = None
    if len(cnts) > 0:
        c = max(cnts, key=cv2.contourArea)
        ((x, y), radius) = cv2.minEnclosingCircle(c)
        M = cv2.moments(c)
        center = (int(M["m10"] / M["m00"]), int(M["m01"] / M["m00"]))
        if radius > 10:
            cv2.circle(frame, (int(x), int(y)), int(radius),(0, 255, 255), 2)
            cv2.circle(frame, center, 5, (0, 0, 255), -1)
            mapPosition(int(x), int(y))
    pts.appendleft(center)
    for i in range(1, len(pts)):
        if pts[i - 1] is None or pts[i] is None:
            continue
        thickness = int(np.sqrt(args["buffer"] / float(i + 1)) * 2.5)
        cv2.line(frame, pts[i - 1], pts[i], (0, 0, 255), thickness)

        # การแสดงผลเฟรมที่หน้าจอแสดงผล
    cv2.imshow("Frame", frame)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    if key == ord("q"):                          # กดตัว “q” เพื่อทำการหยุดการทำงานของ
โปรแกรม
        break
if not args.get("video", False):
    vs.stop()
else:
    vs.release()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cv2.destroyAllWindows()
print("[INFO] Exiting Program and cleanup stuff \n")
Stop()
GPIO.cleanup()
cv2.destroyAllWindows()
vs.stop()
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

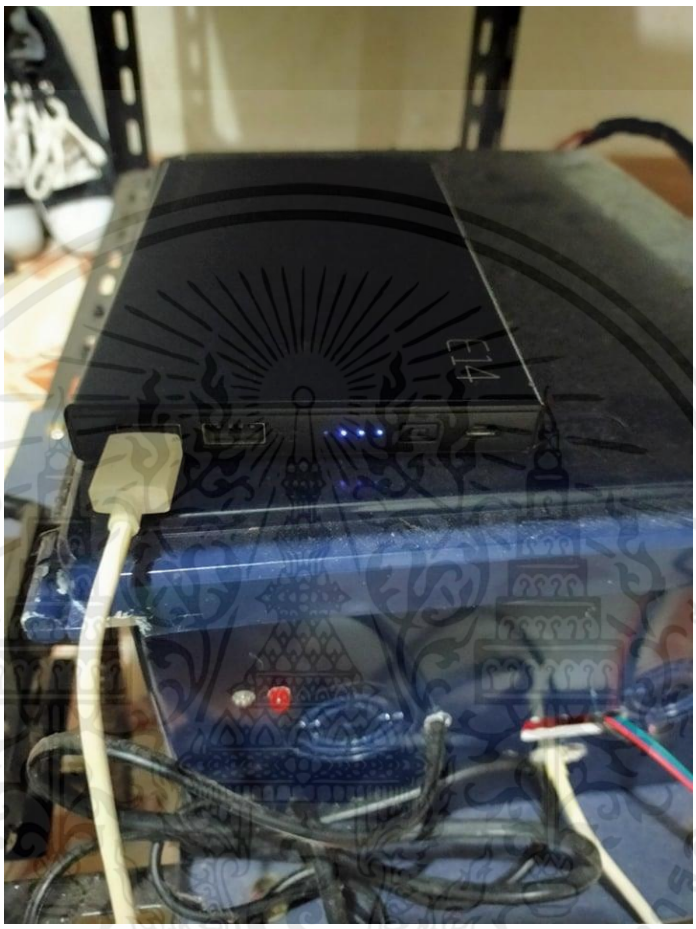
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

1. ทำการจ่ายไฟให้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยแบตสำรอง (Powerbank) เพื่อเปิดใช้งานบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

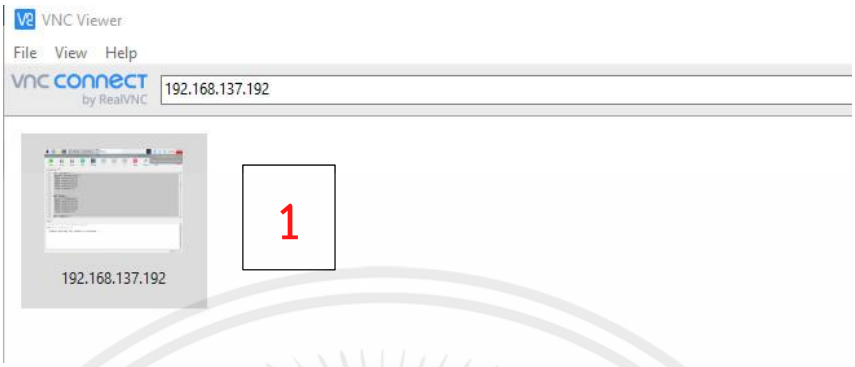


รูปที่ ข. 1 ต่อแบตสำรองเข้ากับบอร์ดราสเบอร์รี่พายในกล่องควบคุม

จากรูปที่ ข. 1 เป็นการต่อแบตสำรองเข้ากับบอร์ดราสเบอร์รี่พายในกล่องควบคุม ซึ่งภายในกล่องจะมีบอร์ดราสเบอร์รี่พาย บอร์ดขับมอเตอร์ บอร์ดชาร์ตแบตเตอร์รี่และสวิชชิ่งพาวเวอร์ซับพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

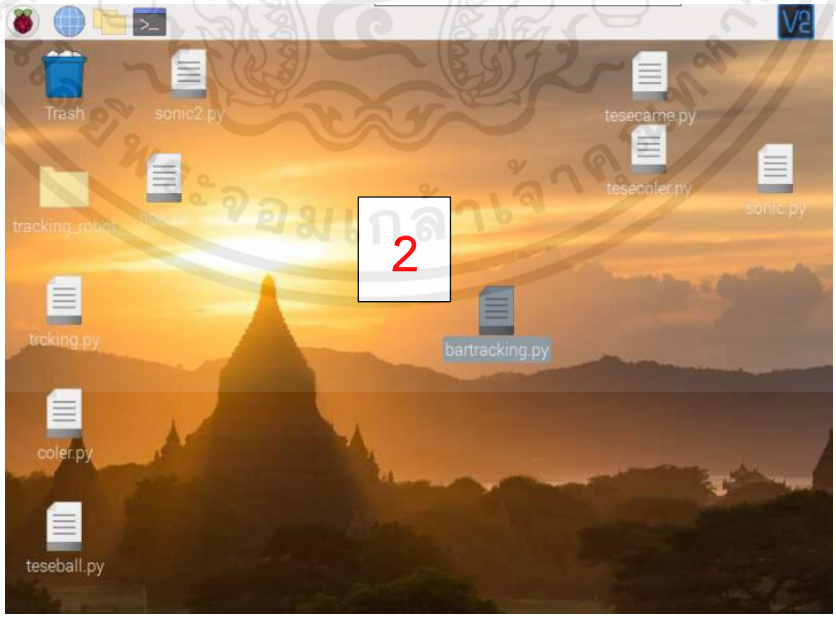
2. ทำการเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยใส่ไอพีแอดเดรสของบอร์ด ลงในโปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์แล้วทำการคอนเน็ค จะขึ้นหน้าโปรแกรม



รูปที่ ข. 2 การเข้าใช้งานโปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์

จากรูปที่ ข. 2 เป็นการควบคุมบอร์ดบอร์ดราสเบอร์รี่พายผ่านโปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์ โดยเราจะเริ่มต้นด้วยการเปิดโปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์ จากนั้นเราจะเชื่อมโดยการปล่อยฮอตสปอตจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พายและทำการหาไอพีแอดเดรส (IP Address) เพื่อทำการเชื่อมต่อบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยไปที่การตั้งค่า ทำการคัดลอกเลขไอพีแอดเดรส ของบอร์ดเบอร์รี่พาย ไปวางในโปรแกรมวีเอ็นซี วิวเวอร์ เพื่อทำการเชื่อมต่อ จากนั้นจะให้เราใส่ ชื่อผู้ใช้งาน (username) และ รหัสผ่าน (Password) ของเราเพื่อทำการล็อกอินเข้าใช้งานโปรแกรม

3. เข้าไฟล์งานเพื่อทำการใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

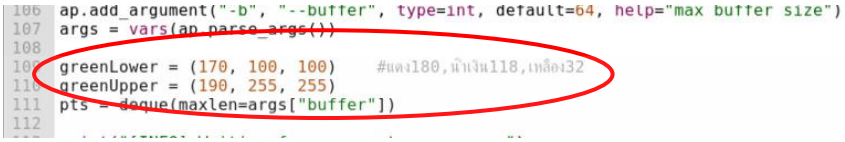


รูปที่ ข. 3 เปิดไฟล์งานชื่อ bartracking.py

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ข. 3 การเปิดไฟล์งานโค้ดชื่อ bartracking.py เพื่อทำการเริ่มการทำงานของโปรแกรมใช้งานหุ่นยนต์บาร์ติดตาม

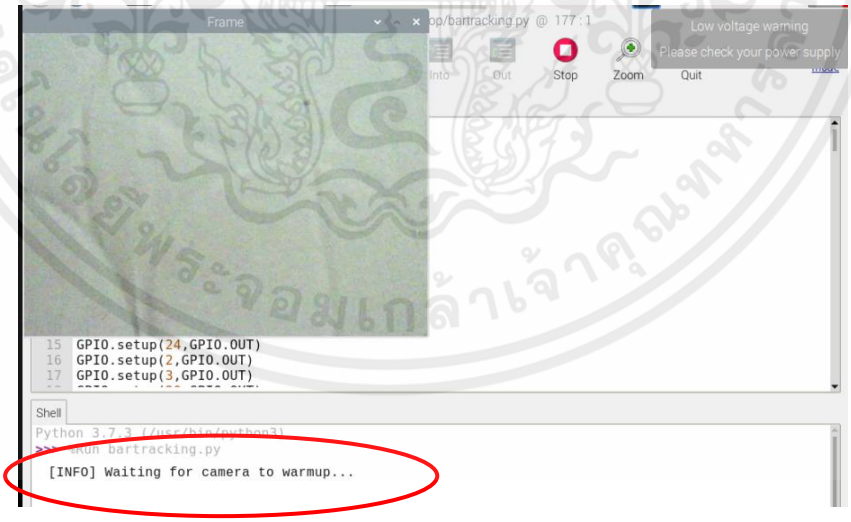
4. ทำการตั้งค่าสีต่ำสุดและค่าสีสูงสุดของสัญลักษณ์สีของวัตถุที่ใช้ในการติดตาม



รูปที่ ข. 4 การตั้งค่าสีต่ำสุดและค่าสีสูงสุดของสัญลักษณ์สี

จากรูปที่ ข. 4 เป็นการตั้งค่าสีต่ำสุดและค่าสีสูงสุดของสัญลักษณ์สีของวัตถุที่ใช้ในการติดตาม โดยสีที่เราเลือกใช้คือสีแดงซึ่งมีค่าเอชเอสวี อยู่ที่ 180 จะมีค่าสีต่ำสุดอยู่ที่ 170 และค่าสีสูงสุดอยู่ที่ 190 ทำการเริ่มการทำงานของโปรแกรม จะขึ้นเฟรมจอแสดงผลแบบวิดีโอเรียลไทม์ขึ้นมา ต่อมาหากต้องการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินจะมีค่าเอชเอสวี อยู่ที่ 118 และจะมีค่าสีต่ำสุดอยู่ที่ 108 และค่าสีสูงสุดอยู่ที่ 128 และสีเหลืองจะมีค่าเอชเอสวี อยู่ที่ 32 และมีค่าสีต่ำสุดอยู่ที่ 22 และค่า สีสูงสุด อยู่ที่ 42

5. เริ่มการทำงานของโปรแกรม จะมีหน้าต่างแสดงผลการทำงานของกล้องเว็บแคมขึ้นมา



รูปที่ ข. 5 หน้าต่างแสดงผลการทำงานของโค้ด

จากรูปที่ ข. 5 เป็นหน้าต่างแสดงผลการทำงานเมื่อทำการเริ่มการทำงานของโค้ด จะเห็นเฟรมจอขนาด 500 พิกเซลที่แสดงการจับภาพวิดีโอเรียลไทม์ของกล้องเว็บแคมขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กดสวิตซ์เพื่อเริ่มการทำงานของหุ่นยนต์บาร์ติดตาม เมื่อเริ่มการทำงานโปรแกรมจะแสดงสถานะการทำงานการติดตามวัตถุอยู่ด้านล่างของหน้าจอโปรแกรม

6.1 เมื่อตำแหน่งของวัตถุอยู่ในเฟรมภาพมากกว่าหรือเท่ากับ 150 และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 350 และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับระยะวัตถุได้มากกว่า 50 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการเคลื่อนที่เดินหน้า ดังรูปที่ ข. 6

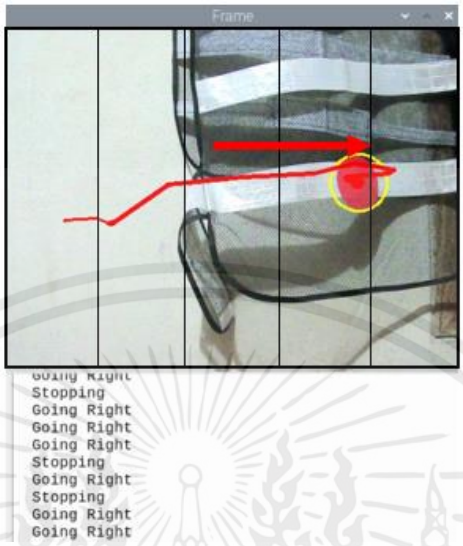
รูปที่ ข. 6 การติดตามวัตถุและสถานะการทำงานของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตามเมื่อหุ่นยนต์เดินหน้า

6.2 เมื่อตำแหน่งของวัตถุอยู่ในเฟรมภาพน้อยกว่า 150 และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับระยะวัตถุได้มากกว่า 50 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการเลี้ยวซ้าย ดังรูปที่ ข. 7

รูปที่ ข. 7 การติดตามวัตถุและสถานะการทำงานของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตามเมื่อหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

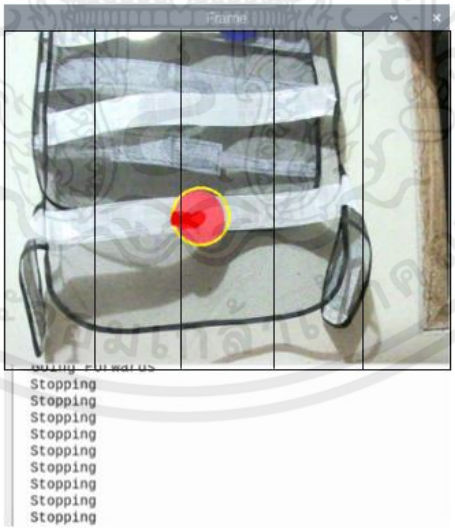
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 เมื่อตำแหน่งของวัตถุอยู่ในเฟรมภาพมากกว่า 350 และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับระยะวัตถุได้มากกว่า 50 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการเลี้ยวขวา ดังรูปที่ ข. 8



รูปที่ ข. 8 การติดตามวัตถุและสถานะการทำงานของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตามเมื่อหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

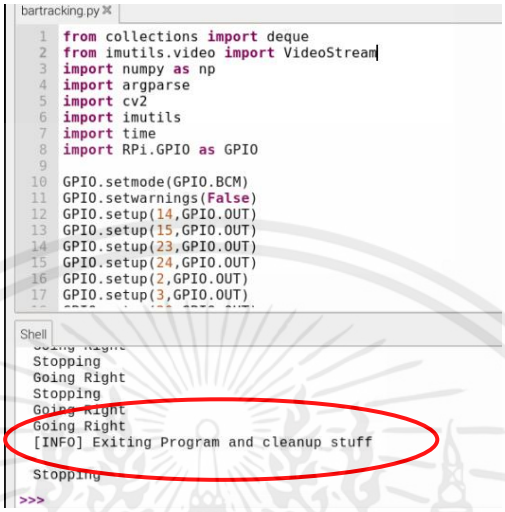
6.4 และเมื่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจับระยะวัตถุได้น้อยกว่า 50 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะหยุดเคลื่อนที่ ดังรูปที่ ข. 9



รูปที่ ข. 9 การติดตามวัตถุและสถานะการทำงานของตัวหุ่นยนต์บาร์ติดตามเมื่อหุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 เมื่อต้องการหยุดการทำงานของหุ่นยนต์โดยยังมีการติดตามสัญลักษณ์สี ให้กดปิดสวิตซ์ แต่หากต้องการปิดการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อใช้งานเสร็จ ให้กดตัว “q” เป็นการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ ข. 10



รูปที่ ข. 10 แสดงสถานะหยุดการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ ข. 9 เป็นการแสดงสถานะหยุดการทำงานของโปรแกรมเมื่อกดตัว “q” จะแสดงข้อความดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

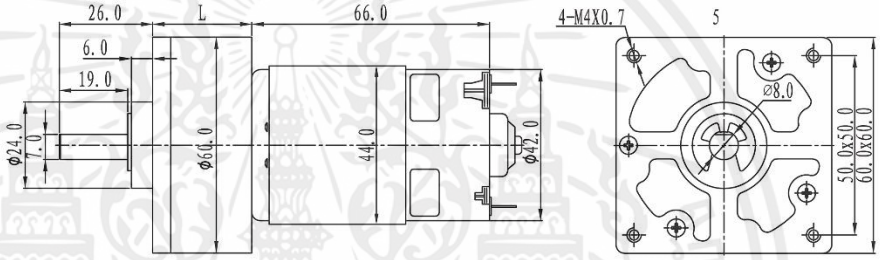
ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZGA60FM-G(A8044)

Material	Metal
Output Bearing	Ball Bearing
Radial Force	≤ 15 kgf
Axial Force	≤ 8 kgf
Spindle Pressure	≤ 30 kgf
Radial Clearance	≤ 0.1 mm
Axial Clearance	≤ 0.5 mm

Dimensions(Unit mm):



Gear Motor-Torque Table:

Model	Gear Ratio	1/6.3	1/7.9	1/9.2	1/20.7	1/26	1/31	1/68	1/86	1/101	1/225	1/335	1/745	1/1100
ZYTD-555 (12V-3700R)	No load speed (r/min)	565	450	390	175	140	115	52	41	35	16	11	5	3
	On load speed (r/min)	475	380	325	145	115	97	45	37	32	15	10	5	3
	Rated torque (kgf.cm)	1.6	2.1	2.5	5.5	7	8.5	15	15	15	20	20	25	25
ZYTD-555 (24V-5300R)	No load speed (r/min)	755	600	520	230	185	155	70	55	47	21	14	6	5
	On load speed (r/min)	640	510	440	195	155	130	64	52	44	20	14	6	5
	Rated torque(kgf.cm)	2.6	3.2	4	8.5	10.5	12	15	15	15	20	20	25	25
Directions	Positive+ Terminal	CCW			CW			CCW			CW		CCW	

Gearbox Allowed Torque:

Gear Ratio	L	Stages	Rated Torque	
	mm		mN.m	kgf.cm
1/6.3~1/9.2	31.5	2	980	10
1/20.7~1/31	34	3	1176	12
1/68~1/101	36.5	4	1470	15
1/225~1/335	40.5	5	1960	20
1/745~1/1100	45.7	6	2450	25

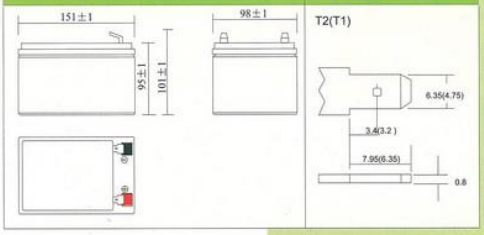
★ Voltage ,power and speed will be customized according to your requirement under allowed dimension.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HIPOW

HP12-12(12V12AH)

Dimensions (mm) | Standard Terminal(mm)



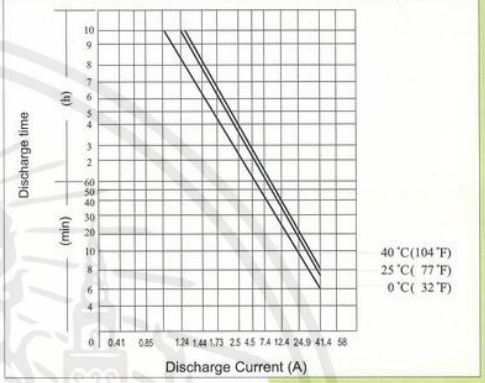
PHYSICAL SPECIFICATION

Nominal Voltage		12V
Nominal Capacity (20HR)		12AH(HD)
Dimension	Length	151±1mm (5.95 inches)
	Width	98±1mm (3.86 inches)
	Container Height	95±1mm (3.74 inches)
	Total Height (with Terminal)	101±1mm (3.98 inches)
Weight		Approx 4.05kg (8.93lbs)
Standard Terminal		T2 or T1(standard)

ELECTRICAL SPECIFICATION

Rated Capacity	20 hour rate (0.70 A)	14AH	Constant-Voltage Charge	Cycle	Initial Charging Current less than3.6A.Voltage 14.4V~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	10 hour rate (1.3 A)	13AH			
	5 hour rate (2.4 A)	12AH			
	1 hour rate (8.3 A)	8.3AH			
	15minute rate (21.6 A)	5.4AH			
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%		Standby	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V~13.8V at 25°C(77°F) Temp. Coefficient - 20mV/°C
	25°C (77°F)	100%			
	0°C (32°F)	86%			
Internal Resistance	Fully charged battery (25°C, 77°F) 13mΩ				

Discharging Current & Discharge Duration Time



Discharge Characteristics (25°C,77°F)

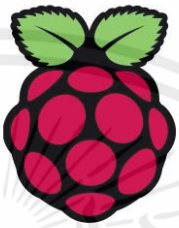
Constant Current (Amp) and Constant Power (Watt/Cell) Discharge Table

Discharge Time (Minute) to final voltage /cell

Final voltage / Time		0.5	1	2	3	6	10	20	30	60	120	180	300	600
1.75V	A	86	78	70	57	56	39	19.2	14	8.3	4.8	3.7	2.4	1.3
25°C	W	135	117	106	84	75	63	38	21	15.6	9.4	7.3	4.8	2.6
1.70V	A	116	104	94	75	59	42	22	15	8.4	5.1	3.9	2.5	1.4
25°C	W	186	159	144	117	89	64	42	26	16.2	9.8	7.8	4.9	2.7
1.60V	A	150	132	117	92	70	45	24	17	9.0	5.2	4.0	2.6	1.4
25°C	W	217	187	166	131	99	75	45	27	16.3	10.2	8.0	5.0	2.7
1.75V	A	75	68	63	50	40	32	18	14	7.5	4.3	3.3	2.1	1.2
5°C	W	119	107	99	79	65	55	33	19	13.1	8.0	6.3	4.2	2.3
1.70V	A	104	95	85	68	53	40	19	14	7.9	4.5	3.6	2.3	1.3
5°C	W	159	149	129	104	82	61	38	24	14.3	8.7	6.9	4.4	2.5
1.60V	A	129	114	98	78	58	43	21	14	8.2	4.6	3.7	2.4	1.3
5°C	W	199	174	154	125	97	64	42	24	15.4	9.0	7.0	4.5	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATASHEET



Raspberry Pi Compute Module 3+

Raspberry Pi Compute Module 3+ Lite

Release 1, January 2019

Copyright 2019 Raspberry Pi (Trading) Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1: Release History

Release	Date	Description
1	28/01/2019	First release

The latest release of this document can be found at https://www.raspberrypi.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contents

1 Introduction **5**

2 Features **6**
2.1 Hardware . . . 6
2.2 Peripherals . . . 6
2.3 Software . . . 6

3 Block Diagram **7**

4 Mechanical Specification **8**

5 Pin Assignments **9**

6 Electrical Specification **11**

7 Power Supplies **13**
7.1 Supply Sequencing . . . 14
7.2 Power Requirements . . . 14

8 Booting **14**

9 Peripherals **15**
9.1 GPIO . . . 15
9.1.1 GPIO Alternate Functions . . . 16
9.1.2 Secondary Memory Interface (SMI) . . . 17
9.1.3 Display Parallel Interface (DPI) . . . 17
9.1.4 SD/SDIO Interface . . . 18
9.2 CSI (MIPI Serial Camera) . . . 18
9.3 DSI (MIPI Serial Display) . . . 18
9.4 USB . . . 18
9.5 HDMI . . . 18
9.6 Composite (TV Out) . . . 19

10 Thermals **19**
10.1 Temperature Range . . . 19

11 Availability **19**

12 Support **19**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

List of Figures

1 CM3+ Block Diagram 7
2 CM3+ Mechanical Dimensions 8
3 Digital IO Characteristics 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

List of Tables

1 Release History 1
2 Compute Module 3+ SODIMM Connector Pinout 9
3 Pin Functions 10
4 Absolute Maximum Ratings 11
5 DC Characteristics 12
6 Digital I/O Pin AC Characteristics 12
7 Power Supply Operating Ranges 13
8 Mimimum Power Supply Requirements 14
9 GPIO Bank0 Alternate Functions 16
10 GPIO Bank1 Alternate Functions 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Introduction

The Raspberry Pi Compute Module 3+ (CM3+) is a range of DDR2-SODIMM-mechanically-compatible System on Modules (SoMs) containing processor, memory, eMMC Flash (on non-Lite variants) and supporting power circuitry. These modules allow a designer to leverage the Raspberry Pi hardware and software stack in their own custom systems and form factors. In addition these modules have extra IO interfaces over and above what is available on the Raspberry Pi model A/B boards, opening up more options for the designer.

The CM3+ contains a BCM2837B0 processor (as used on the Raspberry Pi 3B+), 1Gbyte LPDDR2 RAM and eMMC Flash. The CM3+ is currently available in 4 variants, CM3+/8GB, CM3+/16GB, CM3+/32GB and CM3+ Lite, which have 8, 16 and 32 Gigabytes of eMMC Flash, or no eMMC Flash, respectively.

The CM3+ Lite product is the same as CM3+ except the eMMC Flash is not fitted, and the SD/eMMC interface pins are available for the user to connect their own SD/eMMC device.

Note that the CM3+ is electrically identical and, with the exception of higher CPU z-height, physically identical to the legacy CM3 products.

CM3+ modules require a software/firmware image dated November 2018 or newer to function correctly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Features

2.1 Hardware

- Low cost
- Low power
- High availability
- High reliability
  - Tested over millions of Raspberry Pis Produced to date
  - Module IO pins have 15 micro-inch hard gold plating over 2.5 micron Nickel

2.2 Peripherals

- 48x GPIO
- 2x I2C
- 2x SPI
- 2x UART
- 2x SD/SDIO
- 1x HDMI 1.3a
- 1x USB2 HOST/OTG
- 1x DPI (Parallel RGB Display)
- 1x NAND interface (SMI)
- 1x 4-lane CSI Camera Interface (up to 1Gbps per lane)
- 1x 2-lane CSI Camera Interface (up to 1Gbps per lane)
- 1x 4-lane DSI Display Interface (up to 1Gbps per lane)
- 1x 2-lane DSI Display Interface (up to 1Gbps per lane)

2.3 Software

- ARMv8 Instruction Set
- Mature and stable Linux software stack
  - Latest Linux Kernel support
  - Many drivers upstreamed
  - Stable and well supported userland
  - Full availability of GPU functions using standard APIs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Block Diagram

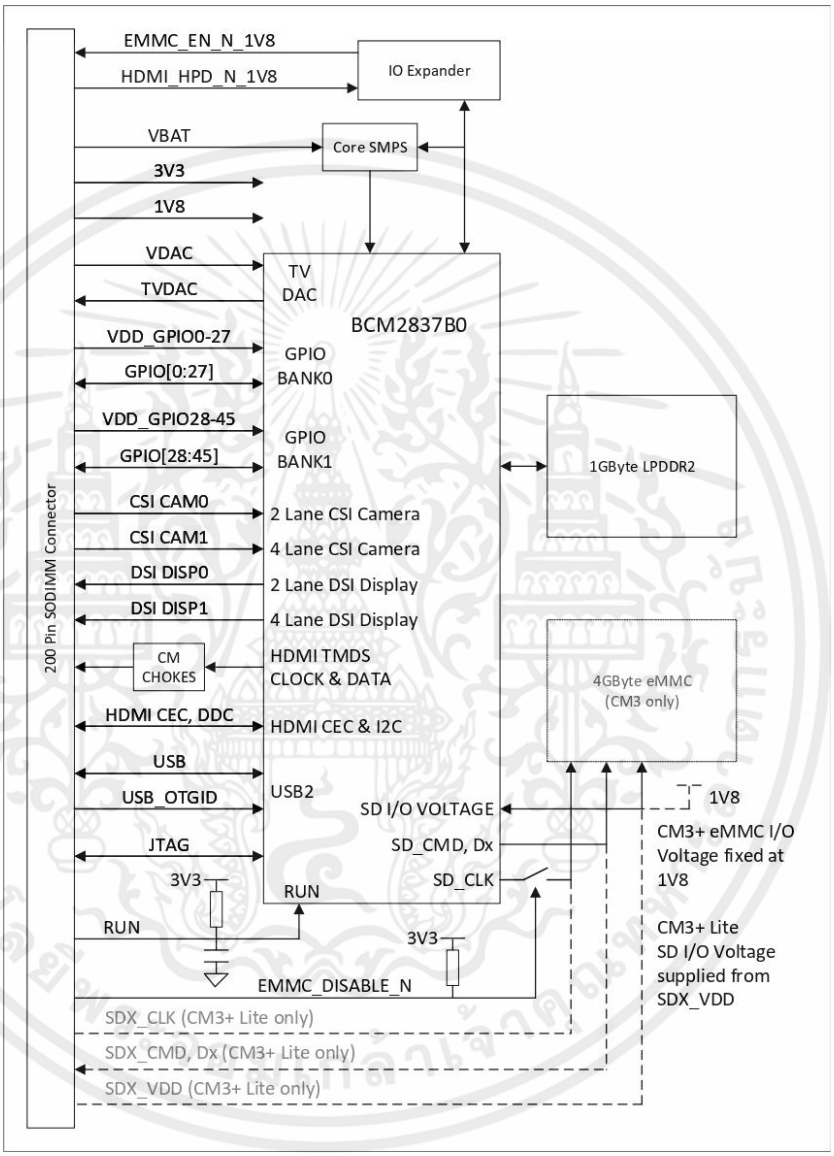


Figure 1: CM3+ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Mechanical Specification

The CM3+ modules conform to JEDEC MO-224 mechanical specification for 200 pin DDR2 (1.8V) SODIMM modules and therefore should work with the many DDR2 SODIMM sockets available on the market. **(Please note that the pinout of the Compute Module is not the same as a DDR2 SODIMM module; they are not electrically compatible.)**

The SODIMM form factor was chosen as a way to provide the 200 pin connections using a standard, readily available and low cost connector compatible with low cost PCB manufacture.

The maximum component height on the underside of the Compute Module is 1.2mm.

The maximum component height on the top side of the Compute Module is 2.5mm.

The Compute Module PCB thickness is 1.0mm +/- 0.1mm.

Note that the location and arrangement of components on the Compute Module may change slightly over time due to revisions for cost and manufacturing considerations; however, maximum component heights and PCB thickness will be kept as specified.

Figure 2 gives the CM3+ mechanical dimensions.

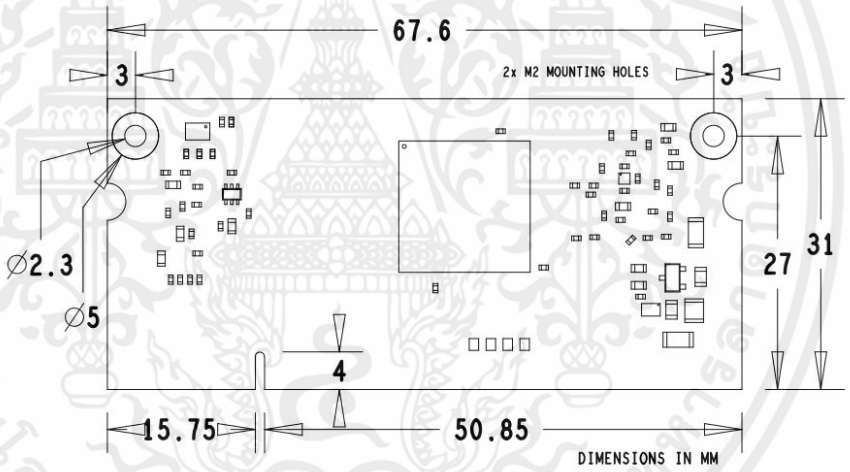


Figure 2: CM3+ Mechanical Dimensions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Pin Assignments

CM3+	CM3+ Lite	PIN		PIN	CM3+	CM3+ Lite
GND		1		2	EMMC_DISABLE_N	
GPIO0		3		4	NC	SDX_VDD
GPIO1		5		6	NC	SDX_VDD
GND		7		8	GND	
GPIO2		9		10	NC	SDX_CLK
GPIO3		11		12	NC	SDX_CMD
GND		13		14	GND	
GPIO4		15		16	NC	SDX_D0
GPIO5		17		18	NC	SDX_D1
GND		19		20	GND	
GPIO6		21		22	NC	SDX_D2
GPIO7		23		24	NC	SDX_D3
GND		25		26	GND	
GPIO8		27		28	GPIO28	
GPIO9		29		30	GPIO29	
GND		31		32	GND	
GPIO10		33		34	GPIO30	
GPIO11		35		36	GPIO31	
GND		37		38	GND	
GPIO0-27_VDD		39		40	GPIO0-27_VDD	
			KEY			
GPIO28-45_VDD		41		42	GPIO28-45_VDD	
GND		43		44	GND	
GPIO12		45		46	GPIO32	
GPIO13		47		48	GPIO33	
GND		49		50	GND	
GPIO14		51		52	GPIO34	
GPIO15		53		54	GPIO35	
GND		55		56	GND	
GPIO16		57		58	GPIO36	
GPIO17		59		60	GPIO37	
GND		61		62	GND	
GPIO18		63		64	GPIO38	
GPIO19		65		66	GPIO39	
GND		67		68	GND	
GPIO20		69		70	GPIO40	
GPIO21		71		72	GPIO41	
GND		73		74	GND	
GPIO22		75		76	GPIO42	
GPIO23		77		78	GPIO43	
GND		79		80	GND	
GPIO24		81		82	GPIO44	
GPIO25		83		84	GPIO45	
GND		85		86	GND	
GPIO26		87		88	HDMI_HPD_N_1V8	
GPIO27		89		90	EMMC_EN_N_1V8	
GND		91		92	GND	
DSI0_DN1		93		94	DSI1_DP0	
DSI0_DP1		95		96	DSI1_DN0	
GND		97		98	GND	
DSI0_DN0		99		100	DSI1_CP	
DSI0_DP0		101		102	DSI1_CN	
GND		103		104	GND	
DSI0_CN		105		106	DSI1_DP3	
DSI0_CP		107		108	DSI1_DN3	
GND		109		110	GND	
HDMI_CLK_N		111		112	DSI1_DP2	
HDMI_CLK_P		113		114	DSI1_DN2	
GND		115		116	GND	
HDMI_D0_N		117		118	DSI1_DP1	
HDMI_D0_P		119		120	DSI1_DN1	
GND		121		122	GND	
HDMI_D1_N		123		124	NC	
HDMI_D1_P		125		126	NC	
GND		127		128	NC	
HDMI_D2_N		129		130	NC	
HDMI_D2_P		131		132	NC	
GND		133		134	GND	
CAM1_DP3		135		136	CAM0_DP0	
CAM1_DN3		137		138	CAM0_DN0	
GND		139		140	GND	
CAM1_DP2		141		142	CAM0_CP	
CAM1_DN2		143		144	CAM0_CN	
GND		145		146	GND	
CAM1_CP		147		148	CAM0_DP1	
CAM1_CN		149		150	CAM0_DN1	
GND		151		152	GND	
CAM1_DP1		153		154	NC	
CAM1_DN1		155		156	NC	
GND		157		158	NC	
CAM1_DP0		159		160	NC	
CAM1_DN0		161		162	NC	
GND		163		164	GND	
USB_DP		165		166	TVDAC	
USB_DM		167		168	USB_OTGID	
GND		169		170	GND	
HDMI_CEC		171		172	VC_TRST_N	
HDMI_SDA		173		174	VC_TDI	
HDMI_SCL		175		176	VC_TMS	
RUN		177		178	VC_TDO	
DO_CORE (DO NOT CONNECT		179		180	VC_TCK	
GND		181		182	GND	
1V8		183		184	1V8	
1V8		185		186	1V8	
GND		187		188	GND	
VDAC		189		190	VDAC	
3V3		191		192	3V3	
3V3		193		194	3V3	
GND		195		196	GND	
VBAT		197		198	VBAT	
VBAT		199		200	VBAT	

Table 2: Compute Module 3+ SODIMM Connector Pinout

Table 2 gives the Compute Module 3+ pinout and Table 3 gives the pin functions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Name	DIR	Voltage Ref	PDN[a] State	If Unused	Description/Notes
RUN and Boot Control (see text for usage guide)					
RUN	I	3V3[b]	Pull High	Leave open	Has internal 10k pull up
EMMC_DISABLE_N	I	3V3[b]	Pull High	Leave open	Has internal 10k pull up
EMMC_EN_N_1V8	O	1V8	Pull High	Leave open	Has internal 2k2 pull up
GPIO					
GPIO[27:0]	I/O	GPIO0-27_VDD	Pull or Hi-Z[c]	Leave open	GPIO Bank 0
GPIO[45:28]	I/O	GPIO28-45_VDD	Pull or Hi-Z[c]	Leave open	GPIO Bank 1
Primary SD Interface[d,e]					
SDX_CLK	O	SDX_VDD	Pull High	Leave open	Primary SD interface CLK
SDX_CMD	I/O	SDX_VDD	Pull High	Leave open	Primary SD interface CMD
SDX_Dx	I/O	SDX_VDD	Pull High	Leave open	Primary SD interface DATA
USB Interface					
USB_Dx	I/O	-	Z	Leave open	Serial interface
USB_OTGID	I	3V3		Tie to GND	OTG pin detect
HDMI Interface					
HDMI_SCL	I/O	3V3[b]	Z[f]	Leave open	DDC Clock (5.5V tolerant)
HDMI_SDA	I/O	3V3[b]	Z[f]	Leave open	DDC Data (5.5V tolerant)
HDMI_CEC	I/O	3V3	Z	Leave open	CEC (has internal 27k pull up)
HDMI_CLKx	O	-	Z	Leave open	HDMI serial clock
HDMI_Dx	O	-	Z	Leave open	HDMI serial data
HDMI_HPD_N_1V8	I	1V8	Pull High	Leave open	HDMI hotplug detect
CAM0 (CSI0) 2-lane Interface					
CAM0_Cx	I	-	Z	Leave open	Serial clock
CAM0_Dx	I	-	Z	Leave open	Serial data
CAM1 (CSI1) 4-lane Interface					
CAM1_Cx	I	-	Z	Leave open	Serial clock
CAM1_Dx	I	-	Z	Leave open	Serial data
DSI0 (Display 0) 2-lane Interface					
DSI0_Cx	O	-	Z	Leave open	Serial clock
DSI0_Dx	O	-	Z	Leave open	Serial data
DSI1 (Display 1) 4-lane Interface					
DSI1_Cx	O	-	Z	Leave open	Serial clock
DSI1_Dx	O	-	Z	Leave open	Serial data
TV Out					
TVDAC	O	-	Z	Leave open	Composite video DAC output
JTAG Interface					
TMS	I	3V3	Z	Leave open	Has internal 50k pull up
TRST_N	I	3V3	Z	Leave open	Has internal 50k pull up
TCK	I	3V3	Z	Leave open	Has internal 50k pull up
TDI	I	3V3	Z	Leave open	Has internal 50k pull up
TDO	O	3V3	O	Leave open	Has internal 50k pull up

[a] The PDN column indicates power-down state (when RUN pin LOW)
[b] Must be driven by an open-collector driver
[c] GPIO have software enabled pulls which keep state over power-down
[d] Only available on Lite variants
[e] The CM will always try to boot from this interface first
[f] Requires external pull-up resistor to 5V as per HDMI spec

Table 3: Pin Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Electrical Specification

Caution! Stresses above those listed in Table 4 may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device under these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
VBAT	Core SMPS Supply	-0.5	6.0	V
3V3	3V3 Supply Voltage	-0.5	4.10	V
1V8	1V8 Supply Voltage	-0.5	2.10	V
VDAC	TV DAC Supply	-0.5	4.10	V
GPIO0-27_VDD	GPIO0-27 I/O Supply Voltage	-0.5	4.10	V
GPIO28-45_VDD	GPIO28-45 I/O Supply Voltage	-0.5	4.10	V
SDX_VDD	Primary SD/eMMC Supply Voltage	-0.5	4.10	V

Table 4: Absolute Maximum Ratings

DC Characteristics are defined in Table 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IL}	Input low voltage[a]	VDD_IO = 1.8V	-	-	0.6	V
		VDD_IO = 2.7V	-	-	0.8	V
		VDD_IO = 3.3V	-	-	0.9	V
V_{IH}	Input high voltage[a]	VDD_IO = 1.8V	1.0	-	-	V
		VDD_IO = 2.7V	1.3	-	-	V
		VDD_IO = 3.3V	1.6	-	-	V
I_{IL}	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	5	μA
C_{IN}	Input capacitance	-	-	5	-	pF
V_{OL}	Output low voltage[b]	VDD_IO = 1.8V, IOL = -2mA	-	-	0.2	V
		VDD_IO = 2.7V, IOL = -2mA	-	-	0.15	V
		VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA	-	-	0.14	V
V_{OH}	Output high voltage[b]	VDD_IO = 1.8V, IOH = 2mA	1.6	-	-	V
		VDD_IO = 2.7V, IOH = 2mA	2.5	-	-	V
		VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA	3.0	-	-	V
I_{OL}	Output low current[c]	VDD_IO = 1.8V, VO = 0.4V	12	-	-	mA
		VDD_IO = 2.7V, VO = 0.4V	17	-	-	mA
		VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V	18	-	-	mA
I_{OH}	Output high current[c]	VDD_IO = 1.8V, VO = 1.4V	10	-	-	mA
		VDD_IO = 2.7V, VO = 2.3V	16	-	-	mA
		VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V	17	-	-	mA
R_{PU}	Pullup resistor	-	50	-	65	kΩ
R_{PD}	Pulldown resistor	-	50	-	65	kΩ

[a] Hysteresis enabled
[b] Default drive strength (8mA)
[c] Maximum drive strength (16mA)

Table 5: DC Characteristics

AC Characteristics are defined in Table 6 and Fig. 3.

Pin Name	Symbol	Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Digital outputs	t_{rise}	10-90% rise time[a]	-	1.6	-	ns
Digital outputs	t_{fall}	90-10% fall time[a]	-	1.7	-	ns
GPCLK	t_{JOSC}	Oscillator-derived GPCLK cycle-cycle jitter (RMS)	-	-	20	ps
GPCLK	t_{JPLL}	PLL-derived GPCLK cycle-cycle jitter (RMS)	-	-	48	ps

[a] Default drive strength, CL = 5pF, VDD_IOx = 3.3V

Table 6: Digital I/O Pin AC Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3: Digital IO Characteristics

7 Power Supplies

The Compute Module 3+ has six separate supplies that must be present and powered at all times; you cannot leave any of them unpowered, even if a specific interface or GPIO bank is unused. The six supplies are as follows:

1. VBAT is used to power the BCM2837 processor core. It feeds the SMPS that generates the chip core voltage.
2. 3V3 powers various BCM2837 PHYs, IO and the eMMC Flash.
3. 1V8 powers various BCM2837 PHYs, IO and SDRAM.
4. VDAC powers the composite (TV-out) DAC.
5. GPIO0-27_VREF powers the GPIO 0-27 IO bank.
6. GPIO28-45_VREF powers the GPIO 28-45 IO bank.

Supply	Descripion	Minimum	Typical	Maximum	Unit
VBAT	Core SMPS Supply	2.5	-	5.0 + 5%	V
3V3	3V3 Supply Voltage	3.3 - 5%	3.3	3.3 + 5%	V
1V8	1V8 Supply Voltage	1.8 - 5%	1.8	1.8 + 5%	V
VDAC	TV DAC Supply[a]	2.5 - 5%	2.8	3.3 + 5%	V
GPIO0-27_VDD	GPIO0-27 I/O Supply Voltage	1.8 - 5%	-	3.3 + 5%	V
GPIO28-45_VDD	GPIO28-45 I/O Supply Voltage	1.8 - 5%	-	3.3 + 5%	V
SDX_VDD	Primary SD/eMMC Supply Voltage	1.8 - 5%	-	3.3 + 5%	V

[a] Requires a clean 2.5-2.8V supply if TV DAC is used, else connect to 3V3

Table 7: Power Supply Operating Ranges

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1 Supply Sequencing

Supplies should be staggered so that the highest voltage comes up first, then the remaining voltages in descending order. This is to avoid forward biasing internal (on-chip) diodes between supplies, and causing latch-up. Alternatively supplies can be synchronised to come up at exactly the same time as long as at no point a lower voltage supply rail voltage exceeds a higher voltage supply rail voltage.

7.2 Power Requirements

Exact power requirements will be heavily dependent upon the individual use case. If an on-chip subsystem is unused, it is usually in a low power state or completely turned off. For instance, if your application does not use 3D graphics then a large part of the core digital logic will never turn on and need power. This is also the case for camera and display interfaces, HDMI, USB interfaces, video encoders and decoders, and so on.

Powerchain design is critical for stable and reliable operation of the Compute Module 3+. We strongly recommend that designers spend time measuring and verifying power requirements for their particular use case and application, as well as paying careful attention to power supply sequencing and maximum supply voltage tolerance.

Table 8 specifies the recommended minimum power supply outputs required to power the Compute Module 3+.

Supply	Minimum Requirement	Unit
VBAT (CM1)	2000[a]	mW
VBAT (CM3,3L)	3500[a]	mW
3V3	250	mA
1V8	250	mA
VDAC	25	mA
GPIO0-27_VDD	50[b]	mA
GPIO28-45_VDD	50[b]	mA
SDX_VDD	50[b]	mA

[a] Recommended minimum. Actual power drawn is very dependent on use-case
[b] Each GPIO can supply up to 16mA, aggregate current per bank must not exceed 50mA

Table 8: Mimimum Power Supply Requirements

8 Booting

The eMMC Flash device on CM3+ is directly connected to the primary BCM2837 SD/eMMC interface. These connections are not accessible on the module pins. On CM3+ Lite this SD interface is available on the SDX_ pins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When initially powered on, or after the RUN pin has been held low and then released, the BCM2837 will try to access the primary SD/eMMC interface. It will then look for a file called bootcode.bin on the primary partition (which must be FAT) to start booting the system. If it cannot access the SD/eMMC device or the boot code cannot be found, it will fall back to waiting for boot code to be written to it over USB; in other words, its USB port is in slave mode waiting to accept boot code from a suitable host.

A USB boot tool is available on Github which allows a host PC running Linux to write the BCM2837 boot code over USB to the module. That boot code then runs and provides access to the SD/eMMC as a USB mass storage device, which can then be read and written using the host PC. Note that a Raspberry Pi can be used as the host machine. For those using Windows a precompiled and packeged tool is available. For more information see here.

The Compute Module has a pin called EMMC_DISABLE_N which when shorted to GND will disable the SD/eMMC interface (by physically disconnecting the SD_CMD pin), forcing BCM2837 to boot from USB. Note that when the eMMC is disabled in this way, it takes a couple of seconds from powering up for the processor to stop attempting to talk to the SD/eMMC device and fall back to booting from USB.

Note that once booted over USB, BCM2837 needs to re-enable the SD/eMMC device (by releasing EMMC_DISABLE_N) to allow access to it as mass storage. It expects to be able to do this by driving the EMMC_EN_N_1V8 pin LOW, which at boot is initially an input with a pull up to 1V8. If an end user wishes to add the ability to access the SD/eMMC over USB in their product, similar circuitry to that used on the Compute Module IO Board to enable/disable the USB boot and SD/eMMC must be used; that is, EMMC_DISABLE_N pulled low via MOSFET(s) and released again by MOSFET, with the gate controlled by EMMC_EN_N_1V8. **Ensure you use MOSFETs suitable for switching at 1.8V (i.e. use a device with gate threshold voltage, Vt, suitable for 1.8V switching).**

9 Peripherals

9.1 GPIO

BCM2837 has in total 54 GPIO lines in 3 separate voltage banks. All GPIO pins have at least two alternative functions within the SoC. When not used for the alternate peripheral function, each GPIO pin may be set as an input (optionally as an interrupt) or an output. The alternate functions are usually peripheral I/Os, and most peripherals appear twice to allow flexibility on the choice of I/O voltage.

GPIO bank2 is used on the module to connect to the eMMC device and for an on-board I2C bus (to talk to the core SMPS and control the special function pins). On CM3+ Lite most of bank2 is exposed to allow a user to connect their choice of SD card or eMMC device (if required).

Bank0 and 1 GPIOs are available for general use. GPIO0 to GPIO27 are bank0 and GPIO28-45 make up bank1. GPIO0-27_VDD is the power supply for bank0 and GPIO28-45_VDD is the power supply for bank1. SDX_VDD is the supply for bank2 on CM3+ Lite. These supplies can be in the range 1.8V-3.3V (see Table 7) and are not optional; each bank must be powered, even when none of the GPIOs for that bank are used.

Note that the HDMI_HPD_N_1V8 and EMMC_EN_N_1V8 pins are 1.8V IO and are used for special functions (HDMI hot plug detect and boot control respectively). Please do not use these pins for any other purpose, as the software for the module will always expect these pins to have these special functions. If they are unused please leave them unconnected.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All GPIOs except GPIO28, 29, 44 and 45 have weak in-pad pull-ups or pull-downs enabled when the device is powered on. It is recommended to add off-chip pulls to GPIO28, 29, 44 and 45 to make sure they never float during power on and initial boot.

9.1.1 GPIO Alternate Functions

GPIO	Default Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	-	-	-
1	High	SCL0	SA4	DE	-	-	-
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	-	-	-
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	-	-	-
4	High	GPCLK0	SA1	DPI_D0	-	-	ARM_TDI
5	High	GPCLK1	SA0	DPI_D1	-	-	ARM_TDO
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPI_D2	-	-	ARM_RTCK
7	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	DPI_D3	-	-	-
8	High	SPI0_CE0_N	SD0	DPI_D4	-	-	-
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPI_D5	-	-	-
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPI_D6	-	-	-
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPI_D7	-	-	-
12	Low	PWM0	SD4	DPI_D8	-	-	ARM_TMS
13	Low	PWM1	SD5	DPI_D9	-	-	ARM_TCK
14	Low	TXD0	SD6	DPI_D10	-	-	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPI_D11	-	-	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPI_D12	CTS0	SPI1_CE2_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPI_D13	RTS0	SPI1_CE1_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPI_D14	-	SPI1_CE0_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPI_D15	-	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPI_D16	-	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPI_D17	-	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPI_D18	SD1_CLK	ARM_TRST	-
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPI_D19	SD1_CMD	ARM_RTCK	-
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPI_D20	SD1_DAT0	ARM_TDO	-
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPI_D21	SD1_DAT1	ARM_TCK	-
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPI_D22	SD1_DAT2	ARM_TDI	-
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPI_D23	SD1_DAT3	ARM_TMS	-

Table 9: GPIO Bank0 Alternate Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPIO	Default Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
28	None	SDA0	SA5	PCM_CLK	FL0	-	-
29	None	SCL0	SA4	PCM_FS	FL1	-	-
30	Low	TE0	SA3	PCM_DIN	CTS0	-	CTS1
31	Low	FL0	SA2	PCM_DOUT	RTS0	-	RTS1
32	Low	GPCLK0	SA1	RING_OCLK	TXD0	-	TXD1
33	Low	FL1	SA0	TE1	RXD0	-	RXD1
34	High	GPCLK0	SOE_N	TE2	SD1_CLK	-	-
35	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	-	SD1_CMD	-	-
36	High	SPI0_CE0_N	SD0	TXD0	SD1_DAT0	-	-
37	Low	SPI0_MISO	SD1	RXD0	SD1_DAT1	-	-
38	Low	SPI0_MOSI	SD2	RTS0	SD1_DAT2	-	-
39	Low	SPI0_SCLK	SD3	CTS0	SD1_DAT3	-	-
40	Low	PWM0	SD4	-	SD1_DAT4	SPI2_MISO	TXD1
41	Low	PWM1	SD5	TE0	SD1_DAT5	SPI2_MOSI	RXD1
42	Low	GPCLK1	SD6	TE1	SD1_DAT6	SPI2_SCLK	RTS1
43	Low	GPCLK2	SD7	TE2	SD1_DAT7	SPI2_CE0_N	CTS1
44	None	GPCLK1	SDA0	SDA1	TE0	SPI2_CE1_N	-
45	None	PWM1	SCL0	SCL1	TE1	SPI2_CE2_N	-

Table 10: GPIO Bank1 Alternate Functions

Table 9 and Table 10 detail the default pin pull state and available alternate GPIO functions. Most of these alternate peripheral functions are described in detail in the Broadcom Peripherals Specification document and have Linux drivers available.

9.1.2 Secondary Memory Interface (SMI)

The SMI peripheral is an asynchronous NAND type bus supporting Intel mode80 type transfers at 8 or 16 bit widths and available in the ALT1 positions on GPIO banks 0 and 1 (see Table 9 and Table 10). It is not publicly documented in the Broadcom Peripherals Specification but a Linux driver is available in the Raspberry Pi Github Linux repository (bcm2835_smi.c in linux/drivers/misc).

9.1.3 Display Parallel Interface (DPI)

A standard parallel RGB (DPI) interface is available on bank 0 GPIOs. This up-to-24-bit parallel interface can support a secondary display. Again this interface is not documented in the Broadcom Peripherals Specification but documentation can be found here.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1.4 SD/SDIO Interface

The BCM283x supports two SD card interfaces, SD0 and SD1.

The first (SD0) is a proprietary Broadcom controller that does not support SDIO and is the primary interface used to boot and talk to the eMMC or SDX_x signals.

The second interface (SD1) is standards compliant and can interface to SD, SDIO and eMMC devices; for example on a Raspberry Pi 3 B+ it is used to talk to the on-board CYW43455 WiFi device in SDIO mode.

Both interfaces can support speeds up to 50MHz single ended (SD High Speed Mode).

9.2 CSI (MIPI Serial Camera)

Currently the CSI interface is not openly documented and only CSI camera sensors supported by the official Raspberry Pi firmware will work with this interface. Supported sensors are the OmniVision OV5647 and Sony IMX219.

It is recommended to attach other cameras via USB.

9.3 DSI (MIPI Serial Display)

Currently the DSI interface is not openly documented and only DSI displays supported by the official Raspberry Pi firmware will work with this interface.

Displays can also be added via the parallel DPI interface which is available as a GPIO alternate function - see Table 9 and Section 9.1.3.

9.4 USB

The BCM2837 USB port is On-The-Go (OTG) capable. If using either as a fixed slave or fixed master, please tie the USB_OTGID pin to ground.

The USB port (Pins USB_DP and USB_DM) must be routed as 90 ohm differential PCB traces.

Note that the port is capable of being used as a true OTG port however there is no official documentation. Some users have had success making this work.

9.5 HDMI

BCM283x supports HDMI V1.3a.

It is recommended that users follow a similar arrangement to the Compute Module IO Board circuitry for HDMI output.

The HDMI CK_P/N (clock) and D0-D2_P/N (data) pins must each be routed as matched length 100 ohm differential PCB traces. It is also important to make sure that each differential pair is closely phase matched. Finally, keep HDMI traces well away from other noise sources and as short as possible.

Failure to observe these design rules is likely to result in EMC failure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.6 Composite (TV Out)

The TVDAC pin can be used to output composite video (PAL or NTSC). Please route this signal away from noise sources and use a 75 ohm PCB trace.

Note that the TV DAC is powered from the VDAC supply which must be a clean supply of 2.5-2.8V. It is recommended users generate this supply from 3V3 using a low noise LDO.

If the TVDAC output is not used VDAC can be connected to 3V3, but it must be powered even if the TV-out functionality is unused.

10 Thermals

The BCM2837 SoC employs DVFS (Dynamic Voltage and Frequency Scaling) on the core voltage. When the processor is idle (low CPU utilisation), it will reduce the core frequency and voltage to reduce current draw and heat output. When the core utilisation exceeds a certain threshold the core votlage is increased and the core frequency is boosted to the maximum working frerquency of 1.2GHz. The voltage and frequency are throttled back when the CPU load reduces back to an 'idle' level OR when the silicon temperature as mesured by the on-chip temperature sensor exceeds 80C (thermal throttling).

A designer must pay careful attention to the thermal design of products using the CM3+ so that performance is not artificially curtailed due to the processor thermal throttling, as the Quad ARM complex in the BCM2837 can generate significant heat output under load.

10.1 Temperature Range

The operating temperature range of the module is set by the lowest maximum and highest minimum of any of the components used.

The eMMC and LPDDR2 have the narrowest range, these are rated for -25 to +80 degrees Celsius. Therefore the nominal range for the CM3+ and CM3+ Lite is -25C to +80C.

However, this range is the maximum for the silicon die; therefore, users would have to take into account the heat generated when in use and make sure this does not cause the temperature to exceed 80 degrees Celsius.

11 Availability

Raspberry Pi guarantee availability of CM3+ and CM3+ Lite until at least January 2026.

12 Support

For support please see the hardware documentation section of the Raspberry Pi website and post questions to the Raspberry Pi forum.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User's Manual

V1.0

May 2013

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Index

1. Introduction 3

2. Packing List 4

3. Product Layout 5

4. Product Specification and Limitation 6

5. Operation 7

6. Hardware Interface 8

7. Example Code 9

8. Warranty 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 INTRODUCTION

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

Features:

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

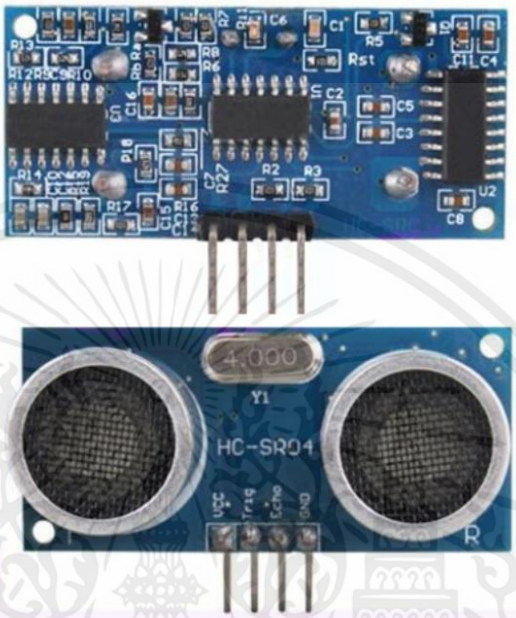
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 PACKING LIST

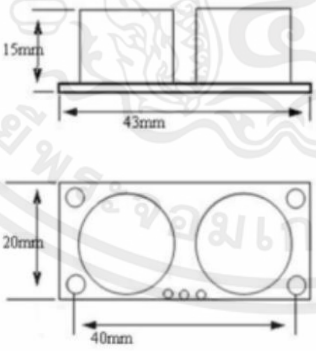
1. 1 x HC-SR04 module

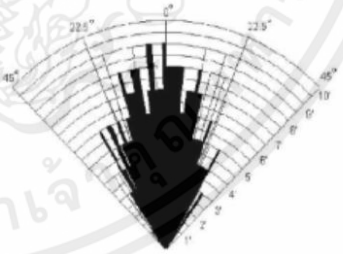
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0 PRODUCT LAYOUT



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





Practical test of performance,
Best in 30 degree angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0 PRODUCT SPECIFICATION AND LIMITATIONS

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

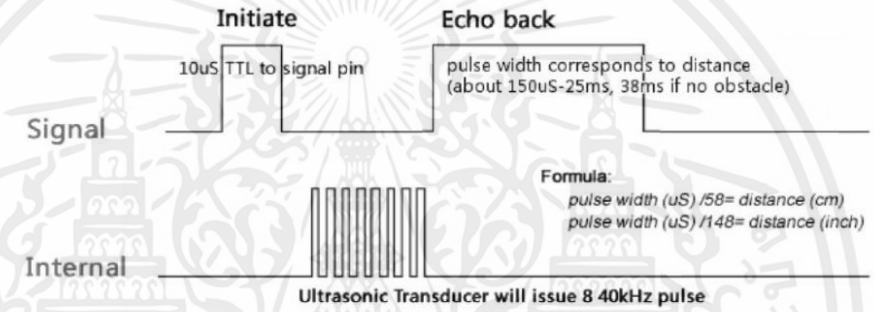
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.0 OPERATION

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

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

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



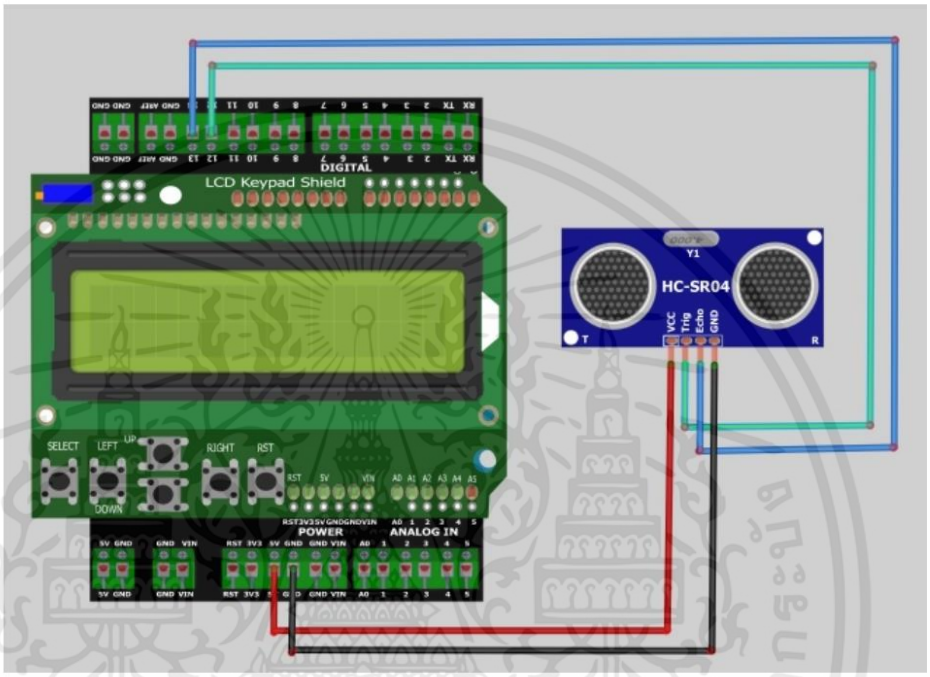
Note:

- Please connect the GND pin first before supplying power to VCC.
- Please make sure the surface of object to be detect should have at least 0.5 meter^2 better performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.0 HARDWARE INTERFACE

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.0 EXAMPLE CODE

This is example code Ultrasonic Ranging module. Please download the complete code at the product page.

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

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

}

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

  delay(100);
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.0 WARRANTY

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

Prepared by
Cytron Technologies Sdn. Bhd.
19, Jalan Kebudayaan 1A,
Taman Universiti,
81300 Skudai,
Johor, Malaysia.

Tel: +607-521 3178
Fax: +607-521 1861

URL: www.cytron.com.my
Email: support@cytron.com.my
sales@cytron.com.my

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาว ปาณิศา เศรษฐทอง
วัน เดือน ปีเกิด	22 ตุลาคม 2541
ที่อยู่	227 ม.5 ถ.ทุ่งจำปา ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2560 มัธยมศึกษา โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา จังหวัดสงขลา
	Tel. 0805418282
	Email. panisa_yorsor@hotmail.com

ชื่อ-นามสกุล	นาย ปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม 2541
ที่อยู่	405 ม.1 ต.ดอนตรอ อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครศรีธรรมราช 80290
ประวัติการศึกษา	พ.ศ 2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
	Tel. 0640065765
	Email. piyaponghit@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองรูปเล่มปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ชื่อโครงงาน หุ่นยนต์บาร์ติดตาม

Bar Tracking Robot

ผู้จัดทำ

1. นางสาว ปาณิศา เศรษฐทอง **รหัสนักศึกษา...**60511058**.....**
2. นาย ปิยะพงษ์ สุวรรณเกตุ **รหัสนักศึกษา...**60511059**.....**

ด้วยข้าพเจ้านักศึกษาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการนี้ข้าพเจ้าได้แก้ไขเนื้อหาและจัดทำรูปเล่มตามข้อกำหนดของรูปเล่มปริญญานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว จึงขอให้อาจารย์ตรวจสอบ และรับรองความถูกต้องเหมาะสมของปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย

อาจารย์รับรองรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.อาจารย์ อาจารย์สักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ **ลงชื่อ**.....

2.อาจารย์ ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข **ลงชื่อ**.....

3.อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล **ลงชื่อ**.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้