หุ่นยนต์เขาวงกต

Maze Solving Robot

รัฐนันท์ สมุทรผ่อง

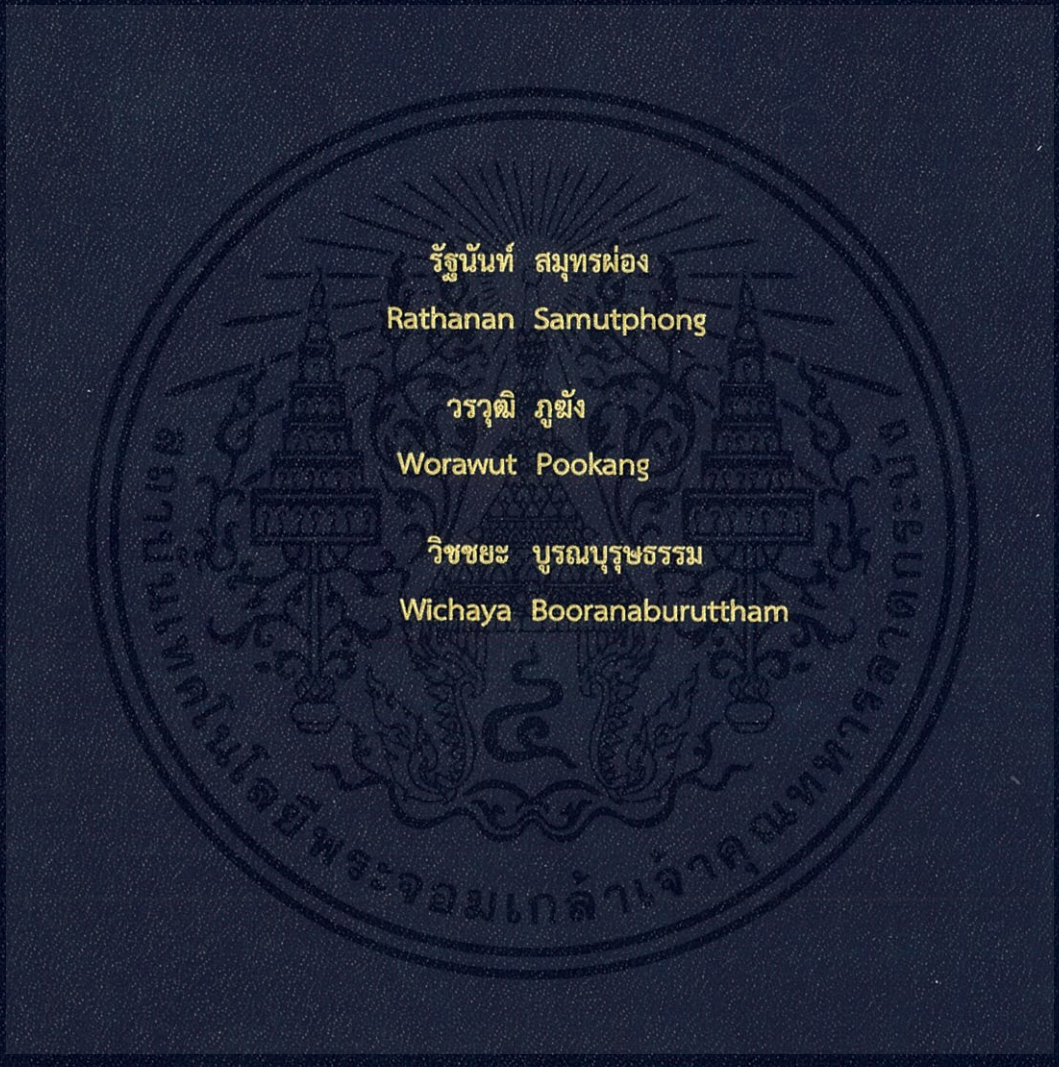
Rathanan Samutphong

วรวุฒิ ภูฆัง

Worawut Pookang

วิชชยะ บูรณบุรุษธรรม

Wichaya Booranaburuttham



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

หุ่นยนต์เขาวงกต

Maze Solving Robot

โดย

รัฐนันท์ สมุทรผ่อง

วรวุฒิ ภูฆัง

วิชชยะ บูรณบุรุษธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์เขาวงกต

Maze Solving Robot

ผู้จัดทำ นาย รัฐนันท์ สมุทรผ่อง รหัสนักศึกษา 58011060

นาย วรวุฒิ ภูฆัง รหัสนักศึกษา 58011115

นาย วิชชยะ บูรณบุรุษธรรม รหัสนักศึกษา 58011146

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เขาวงกต		
นักศึกษา	นาย รัฐนันท์	สมุทรผ่อง	รหัสนักศึกษา 58011060
	นาย วรวุฒิ	ภูฆัง	รหัสนักศึกษา 58011115
	นาย วิชชยะ	บูรณบุรุษธรรม	รหัสนักศึกษา 58011146
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์		

บทคัดย่อ

รายงานชิ้นนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการสร้างออกแบบหุ่นยนต์เขาวงกต ซึ่งในเบื้องต้นจะเป็นการออกแบบให้หุ่นยนต์นั้นสามารถวิ่งเพื่อหาทางออกได้ด้วยตนเองโดยใช้ระยะจากเซ็นเซอร์เป็นส่วนช่วยให้หุ่นยนต์ตัดสินใจว่าควรจะเดินอย่างไรเมื่อเจอเส้นทางที่แตกต่างกัน สุดท้ายจะเป็นการทำให้หุ่นยนต์สามารถจดจำเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาทั้งหมดเพื่อเก็บข้อมูลแล้วนำมาวาดเป็นแผนผังบนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Maze Solving Robot		
Student	Mr. Rathanan	Samutphong	Student ID 58011060
	Mr. Worawut	Pookang	Student ID 58011115
	Mr. Wichaya	Booranaburuttham	Student ID 58011146
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronic Engineering		
Year	2018		
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Surapan Airphaiboon		

ABSTRACT

This project will talk about how to design and build the Maze Solving Robot. At first, the robot will find the way out by itself using distance sensor. Finally it can memorize all path and bring it to draw a map on the computer.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานหุ่นยนต์เขาวงกตครั้งนี้จะเสร็จสมบูรณ์ไปไม่ได้หากไม่มีท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ ที่คอยชี้แนะวิธีการทำงานและคอยให้ความรู้เรื่องต่างๆของการทำโครงงานครั้งนี้เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นอีกทั้งคณะอาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการช่วยเหลือและให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ขอขอบคุณบิดามารดาที่คอยสนับสนุนในด้านค่าใช้จ่ายและเป็นกำลังใจในการทำโครงงานชิ้นนี้ รวมถึงเพื่อนๆ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำโครงงานนี้

รัฐนันท์ สมุทรผ่อง รหัสนักศึกษา 58011060

วรวุฒิ ภูฆัง รหัสนักศึกษา 58011115

วิชชยะ บูรณบุรุษธรรม รหัสนักศึกษา 58011146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ I
บทคัทย่อ II
ABSTRACT III
กิตติกรรมประกาศ IV
สารบัญ V
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูป IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา 1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3
2.1 บทนำ 3
2.2 ทฤษฎีอัลตร้าโซนิค 3
2.3 Ultrasonic 5
2.4 Ultrasonic Ranging Module HC – SR04 7
2.4.1 ข้อควรระวังเมื่อนำโมดูลไปใช้งาน 8
2.5 ภาษา Python 8
2.5.1 ความสามารถของภาษา Python 8
2.6 Raspberry Pi 9
2.7 Arduino 10
2.7.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ 10
2.7.2 ส่วนของซอฟต์แวร์ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ภาษาซี 12
2.9 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า 12
2.9.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า 12
2.9.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 13
2.9.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น 14
2.10 วงจรขับมอเตอร์ 14
2.11 Motor control driver chip L9110 15
2.12 Driver motor L298n 16
2.12.1 รายละเอียดของบอร์ด 17
2.13 Counter module motor speed 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 20
3.1 คุณสมบัติของหุ่นยนต์เขาวงกต 20
3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ 21
3.3 การติดต่อสื่อสาร 21
3.4 การเลือกใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมสั่งการ 22
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการ 22
3.6 Flowchart 25
3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ 26

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 27
4.1 ผลการทดลอง 27

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ 32
5.1 สรุปผลการทดลอง 32
5.2 ปัญหาและอุปสรรค์ 32
5.3 ข้อเสนอแนะ 32

เอกสารอ้างอิง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก..... 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางผลการทดลองวัดค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ (HC - SR04)..... 30

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นที่มีความถี่ที่ต่างกัน 4
รูปที่ 2.2 การใช้คลื่นอัลตร้าโซนิควัดระยะ 4
รูปที่ 2.3 ส่วนการทำงานต่างๆของ Ultrasonic sensor 5
รูปที่ 2.4 การเว้นระยะห่างของเซ็นเซอร์ 6
รูปที่ 2.5 การจัดวางแนวของสิ่งของ 6
รูปที่ 2.6 การตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน 7
รูปที่ 2.7 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโมดูล HC-SR04 7
รูปที่ 2.8 โมดูล HC-SR04 8
รูปที่ 2.9 Raspberry Pi 3 model B 10
รูปที่ 2.10 Arduino Mega2560 11
รูปที่ 2.11 Arduino IDE 11
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 14
รูปที่ 2.13 วงจรขับมอเตอร์ 14
รูปที่ 2.14 ตำแหน่งและชื่อขาของชิฟ L9110 15
รูปที่ 2.15 รายละเอียดของชิฟ L9110 16
รูปที่ 2.16 แสดงการนำชิฟ L9110 ไปใช้งานเพื่อขับมอเตอร์ 16
รูปที่ 2.17 ค่าสูงสุดและต่ำสุดของพารามิเตอร์ของชิฟ L9110 17
รูปที่ 2.18 Module L298n 18
รูปที่ 2.19 แสดงการนำ L298n ไปใช้งานเพื่อขับมอเตอร์ 18
รูปที่ 2.20 Counter module motor speed sensor 19
รูปที่ 3.1 Blocking Diagram 20
รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อ Raspberry pi กับ คอมพิวเตอร์ 21
รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อ Arduino กับ คอมพิวเตอร์ 22
รูปที่ 3.4 แผนภูมิการทำงานของหุ่นยนต์จาก Raspberry pi 25
รูปที่ 3.5 แผนภูมิการทำงานของหุ่นยนต์จาก Arduino 25
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง Raspberry pi กับ อุปกรณ์ต่างๆ 26
รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง Arduino กับ อุปกรณ์ต่างๆ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวัดค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ (HC -SR04) 27
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 10 เซนติเมตร 27
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 20 เซนติเมตร 28
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 30 เซนติเมตร 28
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 40 เซนติเมตร 28
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 50 เซนติเมตร 29
รูปที่ 4.7 รูปเขาวงกตที่ 1 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ 30
รูปที่ 4.8 รูปเขาวงกตที่ 1 ที่แสดงบนจอแสดงผล 30
รูปที่ 4.9 รูปเขาวงกตที่ 2 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ 30
รูปที่ 4.10 รูปเขาวงกตที่ 2 ที่แสดงบนจอแสดงผล 30
รูปที่ 4.11 รูปเขาวงกตที่ 3 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ 31
รูปที่ 4.12 รูปเขาวงกตที่ 3 ที่แสดงบนจอแสดงผล 31
รูปที่ 4.13 รูปเขาวงกตที่ 4 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ 31
รูปที่ 4.14 รูปเขาวงกตที่ 4 ที่แสดงบนจอแสดงผล 31
รูปที่ ก.1 รูปภาคหุ่นยนต์ตัวที่ 1 ที่ใช้ Raspberry pi ในการควบคุม 36
รูปที่ ก.2 รูปภาคหุ่นยนต์ตัวที่ 2 ที่ใช้ Arduino ในการควบคุม 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เทคโนโลยีในปัจจุบันนั้นถือว่าก้าวล้ำจากอดีตเป็นอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีต่างๆที่ได้ถือกำเนิดนั้นมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสาร เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่กล่าวต่อไปนี้ จะกล่าวตามหัวข้อโครงงานที่ได้ทำขึ้นคือ หุ่นยนต์ หุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในปัจจุบันหุ่นยนต์ค่อนข้างจะเป็นสิ่งที่ผู้คนกำลังสนใจ เนื่องจากหุ่นยนต์เริ่มจะมีบทบาทต่อมนุษย์ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในการที่มนุษย์จะสื่อสารกับหุ่นยนต์ได้ก็คือการเขียนโปรแกรม ซึ่งรูปแบบการเขียนนั้นจะแตกต่างกันตามหน้าที่ของหุ่นยนต์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ Raspberry Pi
1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ Arduino
1.2.3 เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน (Python)
1.2.4 เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม Arduino
1.2.5 เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Raspberry Pi และ PC
1.2.6 เพื่อสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถค้นหาทางออกจากเขาวงกตได้อย่างถูกต้อง
1.2.7 เพื่อสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถวาดแผนที่ของเขาวงกตได้อย่างถูกต้อง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 เข้าใจหลักการทำงานของ Raspberry Pi
1.3.2 เข้าใจหลักการทำงานของ Arduino
1.3.3 เข้าใจหลักการเขียนและโครงสร้างของภาษาไพธอน (Python)
1.3.4 เข้าใจหลักการเขียนและโครงสร้างของ Arduino
1.3.5 สามารถสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถหาทางออกจากเขาวงกตได้ด้วยตนเองและสร้างแผนที่เขาวงกตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษาหลักการทำงานของ Raspberry Pi เพื่อใช้เป็นระบบปฏิบัติการในการเขียนโปรแกรมภาษา Python อีกทั้งยังศึกษาหลักการทำงานของ Arduino ซึ่งใช้ในการเขียนเพื่อควบคุมและสั่งการหุ่นยนต์ทั้งสองตัวให้สามารถวิ่งในเขาวงกตพร้อมกับสร้างแผนที่และหาทางออกจากเขาวงกตได้อย่างถูกต้อง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาการทำงานของ Raspberry Pi

1.5.2 ศึกษาการทำงานของ Arduino

1.5.3 ศึกษาการเขียนโปรแกรม Python

1.5.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรม Arduino

1.5.5 ศึกษาการเชื่อมต่อข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รับประสบการณ์ในการใช้งาน Raspberry Pi

1.6.2 ได้รับประสบการณ์ในการใช้ภาษา Python

1.6.3 ได้รับประสบการณ์ในการใช้งาน Arduino

1.6.4 ได้เรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาระหว่างการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 บทนำ

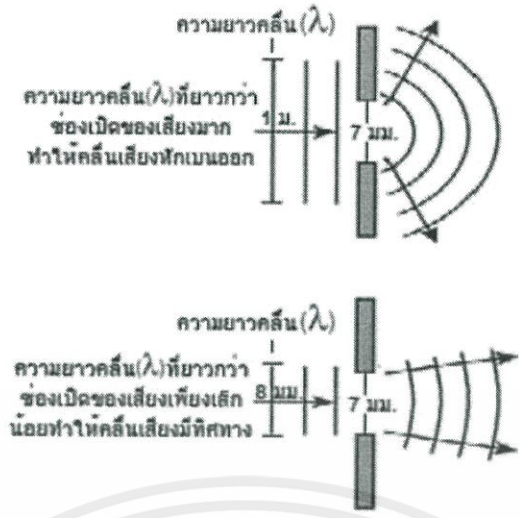
ในบทนี้จะบอกถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดดังนี้ ทฤษฎีการทำงานของอัลตราโซนิคเพื่อใช้ในการวัดระยะทางระหว่างวัตถุกับตัวหุ่นยนต์ โดยใช้ภาษา Python เป็นสื่อกลางระหว่าง Raspberry Pi กับ sensor และใช้ภาษา C+ เป็นสื่อกลางระหว่าง Arduino กับ sensor เพื่อนำค่าที่วัดได้จาก sensor ไปประมวลผลแล้วนำผลที่ได้ไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (DC Motor) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ออกจากเขาวงกตและวาดแผนที่เขาวงกต

2.2 ทฤษฎีอัลตราโซนิค (Ultrasonic Theory)

Ultrasonic หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่ในขณะที่ยังมีอายุน้อย ๆ อาจจะทำให้ได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิคมาใช้เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้อย่างเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่งหากคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นเล็ดลอดออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า “มีทิศทาง”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นที่มีความถี่ที่ต่างกัน

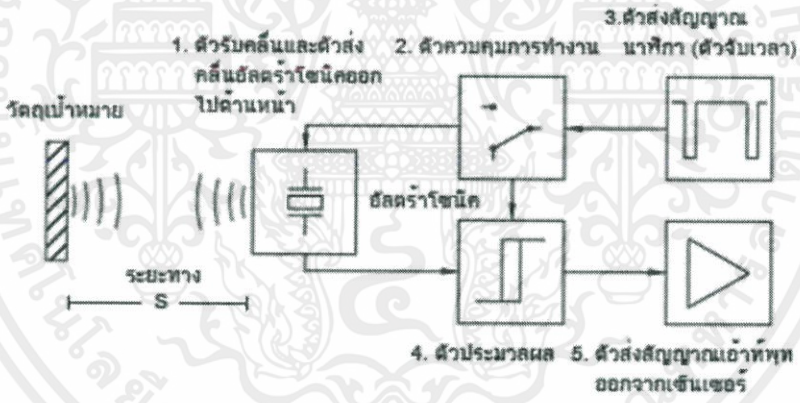
การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูงเครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้วความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่ที่สูงกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งความต้องการในใช้ความถี่ในการใช้งานช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

รูปที่ 2.2 การใช้คลื่นอัลตราโซนิควัดระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Ultrasonic sensor

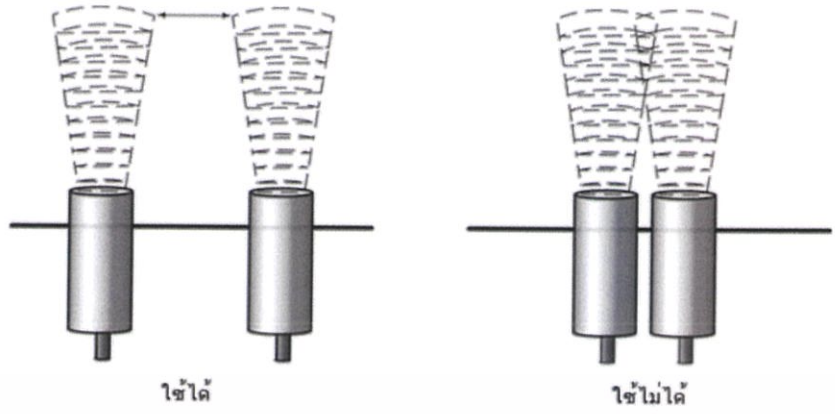
Ultrasonic sensor คือ เซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุต่างๆ โดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียง และ คำนวณหาค่าระยะทางได้จากการเดินทางของคลื่นและนำมาเทียบกับเวลาด้วยกลไกดังกล่าวทำให้เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างมากมาย เช่น งานวัดระดับน้ำ งานตรวจจับชิ้นงาน งานตรวจจับความหนาของวัตถุ ซึ่งข้อดีของการใช้ Ultrasonic Sensor ในการตรวจจับวัตถุนั้น คือ เรื่องของการเดินทางของคลื่น Ultrasound ที่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางเช่น อากาศ ก๊าซ ของเหลว หรือ ของแข็งได้ ยกเว้นในสภาวะสุญญากาศ ทำให้สามารถใช้งานตรวจจับวัตถุได้หลากหลาย และสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี แต่มีวัตถุบางประเภทที่ไม่เหมาะจะนำอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ไปใช้จับระยะทาง เช่น 1. วัตถุที่สามารถดูดซับเสียงได้เช่น ผ้า หรือโฟมต่างๆที่มีคุณสมบัติสามารถดูดซับเสียงได้เป็นอย่างดี 2. ไม่เหมาะกับการนำไปใช้กับวัตถุขนาดเล็กมากจนเกินไปเนื่องจากหน้าสัมผัสของวัตถุที่มีน้อย จึงสะท้อนคลื่นเสียงกลับมาได้น้อย ทำให้การคำนวนระยะทางหรือตำแหน่งอาจจะไม่แม่นยำเท่าที่ควร ซึ่งวัตถุที่มีขนาดเล็กนั้นแนะนำให้ใช้ โฟโต้อิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensors)



รูปที่ 2.3 ส่วนการทำงานต่างๆของ Ultrasonic sensor

การจัดวางตำแหน่งของอัลตราโซนิคเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการทำงานทำให้ต้องมีการเว้นระยะห่างของตัวเซ็นเซอร์ เพื่อไม่ให้คลื่นเสียงที่ส่งออกไปรบกวนกัน เพื่อประสิทธิภาพและความแม่นยำในการตรวจจับของเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

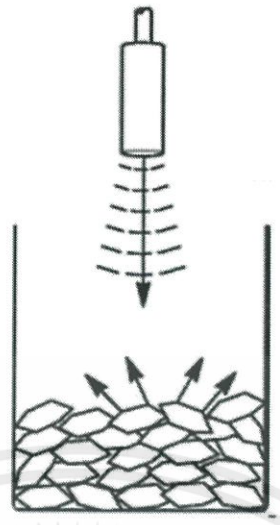


รูปที่ 2.4 การเว้นระยะห่างของเซ็นเซอร์

การวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับ ควรวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับให้มีระนาบที่สามารถสะท้อนคลื่นเสียงที่ส่งไปกลับมาได้ ตามคุณสมบัติของคลื่นเสียงที่เรียกว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และวัตถุที่จะทำการสะท้อนนั้น ควรจะมีลักษณะเป็นแนวราบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการตรวจจับที่ดีที่สุด ถ้าวัตถุที่ทำการตรวจจับเป็นชิ้นเล็กๆหรือมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน จะทำให้ความสามารถในการตรวจจับและความแม่นยำลดน้อยลง

รูปที่ 2.5 การจัดวางแนวขอสิ่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

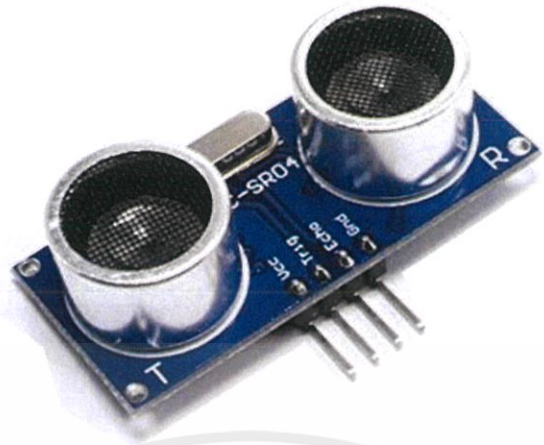
2.4 Ultrasonic Ranging Module HC – SR04

อัลตราโซนิคโมดูล HC-SR04 กำหนดระยะตรวจจับได้ที่ 2 ซม. – 400 ซม. โดยที่โมดูลนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆได้แก่ เครื่องส่งสัญญาณอัลตราโซนิค , เครื่องรับสัญญาณอัลตราโซนิคและวงจรควบคุม และเชื่อมต่อสายดังนี้ 5V Supply , Trigger Pulse Input , Echo Pulse Output และ 0V Ground

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

รูปที่ 2.7 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโมดูล HC-SR04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โมดูล HC-SR04

2.4.1 ข้อควรระวังเมื่อนำโมดูลไปใช้งาน

- โมดูลนี้ไม่แนะนำให้เชื่อมต่อเต้าไฟโดยตรง หากต่อไฟฟ้าควรต่อ Ground เข้ากับโมดูลเป็นอันดับแรก มิฉะนั้นจะส่งผลต่อการทำงานปกติของโมดูล

- เมื่อทำการทดลอง ถ้าเป็นไปได้ พื้นที่ที่ทำการทดลองควรน้อยกว่า 0.5 ตารางเมตร ซึ่งจะทำให้การทำงานราบรื่น มิฉะนั้นอาจจะส่งผลต่อผลลัพธ์ของการวัด

2.5 ภาษา Python

Python เป็นภาษาระดับสูงภาษาหนึ่งที่มีความสามารถสูง ถูกสร้างขึ้นในปี 1989โดย Guido van Rossum ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษา Python ได้ทิ้ง บนระบบ UNIX, Linux, Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษานี้เป็นภาษาลักษณะ Open Source เหมือนอย่างภาษา PHP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ความสามารถของภาษา Python

ในปัจจุบันภาษาที่ใช้ในการพัฒนา Web Application มีมากมายหลายภาษา อาทิ ภาษา Perl, PHP, JAVA, ASP, Tel, Python เป็นต้น สำหรับภาษา Python นับว่ายังใหม่ในวงการพัฒนาโปรแกรมบนเว็บ แต่ด้วยข้อดีหลายประการของภาษา Python ทำให้มีผู้นิยมใช้มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสามารถ สรุปข้อดีของภาษา Python ได้ดังนี้

2.5.1.1 ง่ายต่อการเรียนรู้โดยภาษา Python มีโครงสร้างของภาษาไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย ซึ่ง โครงสร้างภาษา Python จะคล้ายกับภาษา C มาก เพราะภาษา Python สร้างขึ้นมาโดยใช้ภาษา C ทำ ให้ผู้ที่คุ้นเคยภาษา C อยู่แล้วใช้งานภาษา Python ไดไม่ยาก นอกจากนี้โดยตัวภาษาเองมีความยืดหยุ่นสูงทำให้การตัดการทำงานด้านข้อความ และ Text File ได้เป็นอย่างดี

2.5.1.2 ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น เพราะตัวแปรภาษา Python อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ GNU

2.5.1.3 ใช้ได้หลายแพลตฟอร์ม ในช่วงแรกภาษา Python ถูกออกแบบใช้งานกับระบบ Unix อยู่ก็จริง แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาตัวแปลภาษา Python ให้สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการการอื่นๆ อาทิเช่น Linux, Windows 95/98/ME, Windows NT, Windows 2000, OS/2

2.5.1.4 ภาษา Python ถูกสร้างขึ้นโดยได้รวบรวมเอาส่วนดีของภาษาต่างๆ เข้ามาไว้ด้วยตัน อาทิ ภาษา C, C++, Java, Perl

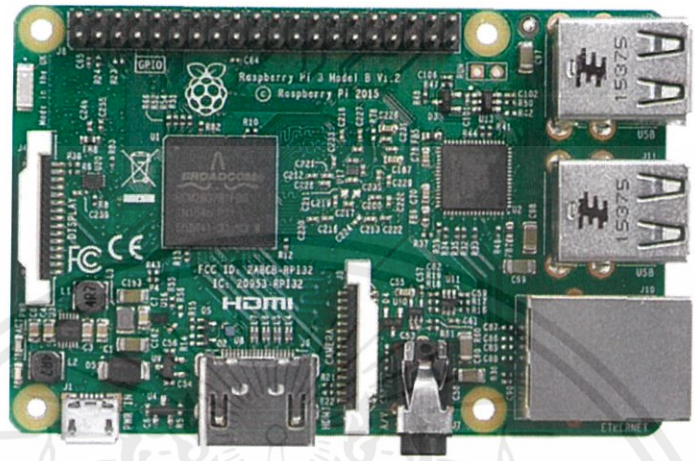
2.5.1.5 ใช้พัฒนา Web Service โดยที่ภาษา Python สามารถนำมาพัฒนาเว็บเซอร์วิส รวมทั้งใช้ การบริหารการสร้างเว็บไซต์สำเร็จรูปที่เรียกว่า Content Management Framework (CMF) ตัวอย่าง CMF ที่มีชื่อเสียงมากและเบื้องหลังทำงานด้วย python คือ Phone

2.6 Raspberry Pi

คือบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีแต่สิ่งที่จำเป็นเพื่อการประมวลผล ราคาไม่แพงเกินไป บอร์ดใช้ซิป SoC ของ Broadcom BCM2835 ซึ่งบรรจุ ARM1176JZFS พร้อมทิ้งหน่วยประมวลผลเลขทศนิยม (floating point) ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 700 MHz DRAM ขนาด 512 MB ซึ่งถ้าเป็น microcontroller ทิว ๆ ไป อาจมี RAM น้อยกว่านี้ (เป็น SRAM เพราะไม่มี MMU) ภายในมีแกน ประมวลผลกราฟิก VideoCore IV ทำให้สามารถเล่นไฟล์วิดีโอความละเอียด 1080p ได้ ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮาร์ดดิสก์ มาให้ มีเพียง ROM ที่ไว้ใช้ลัดการบู๊ตเข้าระบบปฏิบัติการที่ได้รับการติดตั้งในการ์ดหน่วยความจำ ไดร์ฟพิน USB หรือผ่านทางเครือข่ายเท่านั้น ไม่มีจอภาพคีย์บอร์ด หรือเมาส์มาให้ และถูกออกแบบให้รองรับ Linux ซึ่งงานบางอย่างอาจต้องใช้หน่วยความจำเยอะ เช่น งานประมวลผลภาพ Raspberry Pi จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้งานในด้านนี้



รูปที่ 2.9 Raspberry Pi 3 model B

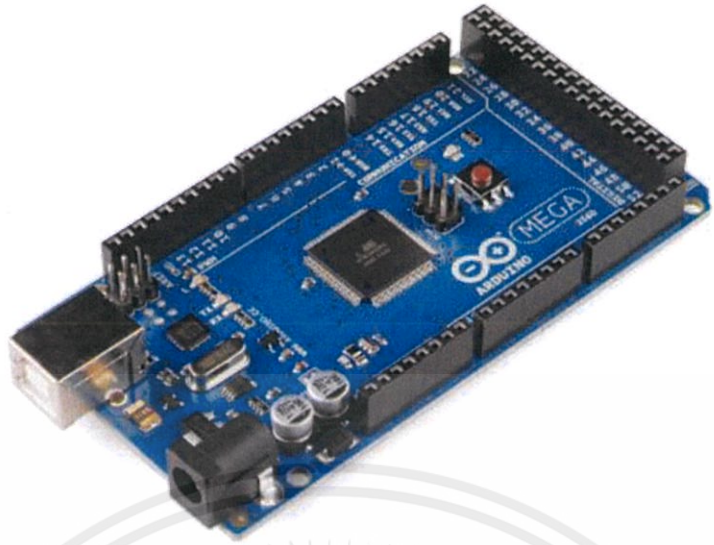
2.7 Arduino

Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟแวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี โดย Arduino Platform ประกอบไปด้วยหลายส่วนดังนี้

2.7.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปคที่ต่างกัน เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

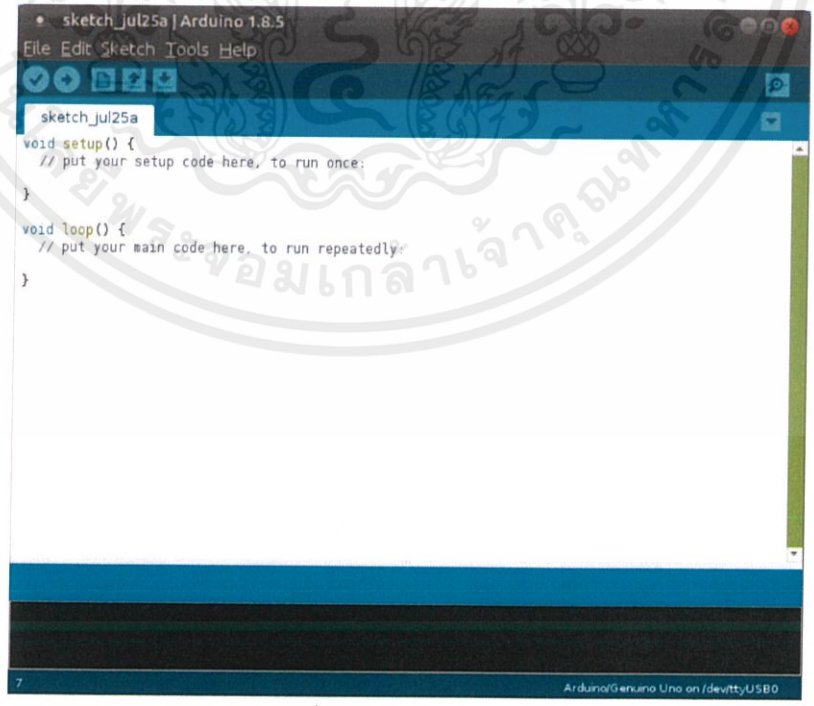
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 Arduino Mega2560

2.7.2 ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software)

- ภาษา Arduino (ภาษา C/C+) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU
- Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)



รูปที่ 2.11 Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ภาษาซี

ภาษาซี (C Programming Language) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไป ถูกพัฒนาครั้งแรกเพื่อใช้เป็นภาษาสำหรับพัฒนาระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix Operating System) แทนภาษาแอสเซมบลี ซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็ว แต่จุดอ่อนของภาษาแอซเซมบลีก็คือความยุ่งยากในการโปรแกรม ความเป็นเฉพาะตัว และความแตกต่างกันไปในแต่ละเครื่อง เดนนิส ริตชี (Dennis Ritchie) จึงได้คิดค้นพัฒนาภาษาใหม่นี้ขึ้นมาเมื่อประมาณต้นปี ค.ศ. 1970 โดยการรวบรวมเอาจุดเด่นของแต่ละภาษาระดับสูงผนวกเข้ากับภาษาระดับต่ำ เรียกชื่อว่า ภาษาซี

เมื่อภาษาซี ได้รับความนิยมมากขึ้น จึงมีผู้ผลิต compiler ภาษาซีออกมาแข่งขันกันมากมาย ทำให้เริ่มมีการใส่ลูกเล่นต่างๆ เพื่อดึงดูดใจผู้ซื้อ ทาง American National Standard Institute (ANSI) จึงตั้งข้อกำหนดมาตรฐานของภาษาซีขึ้น เรียกว่า ANSI C เพื่อคงมาตรฐานของภาษาไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไป

2.9 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงาน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลใน งานอุตสาหกรรม มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ตลอดถึงคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกล มีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.9.1 มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามชนิดของกระแสไฟฟ้า ได้ 2 ชนิดดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(Alternating Current Motor)

2.9.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส

1. สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor)
2. คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
3. รีพลัชชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
4. ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
5. เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส

2.9.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

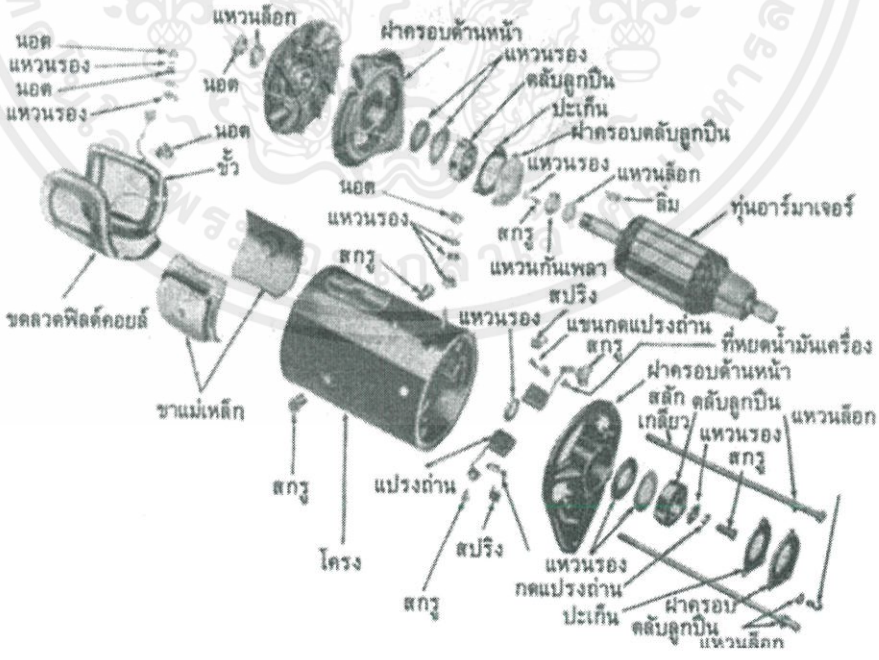
2.9.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

2.9.2.2 มอเตอร์แบบขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

2.9.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.9.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อมีแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะเข้าแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์ สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้า อีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ DC Motor ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ทุ่นอาร์มาเจอร์และสเตเตอร์ ทุ่นอาร์มาเจอร์ก็คือส่วนที่หมุน ส่วนสเตเตอร์คือส่วนที่เป็นขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็กหลักการทำงานของ DC Motor คือการนำกระแส ตรงมา ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดทอร์กขึ้นในทิศที่เหมาะสม และสร้างให้เกิดการหมุนของทุ่นอาร์มาเจอร์



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

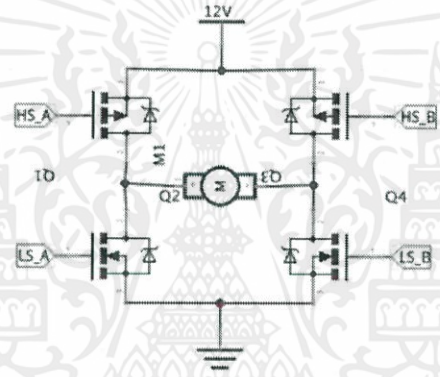
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบ่งเป็นสองประเด็นใหญ่ๆ คือ 1.ความเร็วเชิงมุม 2. แรงบิด การควบคุมความเร็วเชิงมุม ซึ่งแปรผันกับแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้มอเตอร์ เมื่อสลับขั้วแหล่งจ่ายทิศทางของการหมุนจะสลับด้านเช่นกันและแรงบิดของมอเตอร์จะแปรผันกับกระแสที่ไหลผ่านขดลวด ตามทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า

2.10 วงจรขับมอเตอร์

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าระบบหนึ่ง จะประกอบด้วยสองส่วนนั่นคือส่วนสัญญาณ และส่วนกำลัง



รูปที่ 2.13 วงจรขับมอเตอร์

ส่วนสัญญาณ คือส่วนที่มีส่วนสำคัญในการประมวนผลไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างไรก็ตามไฟฟ้าที่อยู่ในระบบสัญญาณจะมีกระแสและแรงดันที่ต่ำ ซึ่งไม่สามารถนำไปขับโหลดที่มีกำลังมากอย่างมอเตอร์ได้ จึงต้องมีวงจรขับมอเตอร์ที่จะช่วยขยายกระแส และแรงดันเพื่อนำไปขับมอเตอร์ต่อไป

2.11 Motor control driver chip L9110

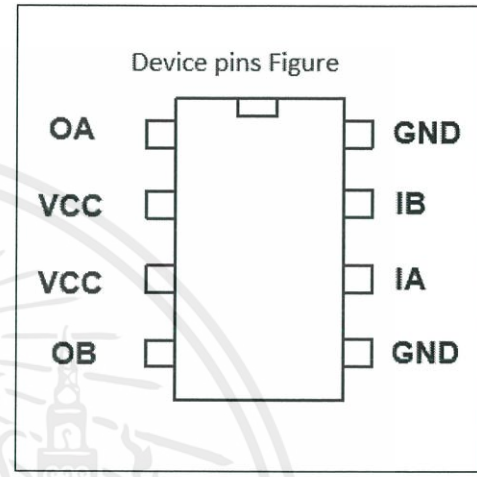
L9110 เป็นอุปกรณ์ ASIC ที่ควบคุมและไดร์ฟมอเตอร์ ได้ออกแบบมาเป็น two-channel push-pull power amplifier ซึ่งเป็นวงจรแบบ Discrete ที่รวมกันจนกลายเป็น Monolithic IC , อุปกรณ์ต่อแยก เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความน่าเชื่อถือของวงจร L9110 สามารถใช้ได้ทั้ง TTL หรือ CMOS ซึ่งไม่ว่าจะเป็น TTL หรือ CMOS ก็จะเข้ากันได้ดีในระดับต่างๆ ของอินพุต ถ้ามีตัวต้านทานที่ดี ทางด้านเอ้าต์พุตมีทั้งแบบสั่งการให้มอเตอร์เดินหน้าและถอยหลัง ความสามารถในการขับกระแสที่สูงมาก ซึ่งกระแสที่ผ่านแต่ละ Channel ประมาณ 750-800mA ซึ่งกระแสสูงสุดที่สามารถขับได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 – 2A ในขณะที่เอ้าต์พุตมีแรงดันอิ่มตัวที่ต่ำลงจะเกิดผลกระทบของตัวไดโอดที่ต่อแบบ Reverse ในวงจรปรับระดับสัญญาณจะปล่อยกระแสรั่วออกไปที่ inductive load เพื่อไปขับ relays เพื่อเป็นการป้องกัน DC motors, stepper motor or switch power tube ให้งานใช้งานได้อย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้ L9110 มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในรถเด็กเล่น

Pin definitions:

No.	Symbol	Function
1	OA	A road output pin
2	VCC	Supply Voltage
3	VCC	Supply Voltage
4	OB	B output pin
5	GND	Ground
6	IA	A road input pin
7	IB	B input pin
8	GND	Ground



รูปที่ 2.14 ตำแหน่งและชื่อขาของชิพ L9110

Electrical characteristics:

Symbol	Parameters	Range			Units
		Min	Typical	Max	
VCC	Supply Voltage	2.5	6	12	V
Idd	Quiescent Current	—	0	2	uA
Iin	Operating current	200	350	500	uA
IC	Continuous	750	800	850	mA
IMax	Current peak	—	1500	2000	mA

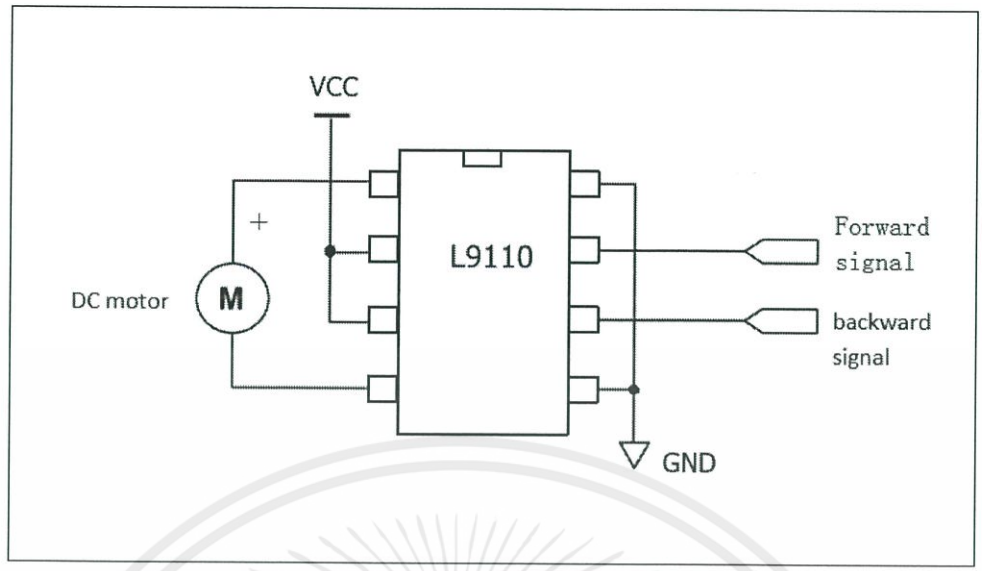
Logical relationship:

IA	IB	OA	OB
H	L	H	L
L	H	L	H
L	L	L	L
H	H	L	L

รูปที่ 2.15 รายละเอียดของชิพ L9110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuit:



รูปที่ 2.16 แสดงการนำชิฟ L9110 ไปใช้งานเพื่อขับมอเตอร์

2.12 Drive motor L298n

วงจร H-Bridge ของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) PWM หมายถึง การควบคุมช่วงจังหวะการทำงานของอิเล็กตรอน ลองจินตนาการถึงแปรงขดลวดในมอเตอร์เป็นระหัดวิดน้ำและอิเล็กตรอนเป็นน้ำที่ตกลงมาจากระหัดวิดน้ำ ค่าแรงดันไฟฟ้าก็คล้ายกับกระแสน้ำที่ไหลผ่านระหัดวิดน้ำด้วยความเร็วคงที่ ยิ่งกระแสน้ำไหลเร็วเท่าไรก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้ายิ่งสูงขึ้น แต่มอเตอร์มีอัตราความเร็วคงที่และสามารถเสียหายได้หากมีแรงดันไฟฟ้าสูงไหลผ่านหรือหยุดทันทีเพื่อที่จะหยุดมอเตอร์ ดังนั้น PWM คล้ายกับการควบคุมระหัดวิดน้ำให้ตักน้ำในจังหวะคงที่ที่กระแสน้ำคงที่ ยิ่งระหัดวิดน้ำหมุนเร็วเท่าไรช่วงของ pulse ก็จะยาวขึ้น ในทางกลับกันถ้าระหัดวิดน้ำหมุนช้าช่วงของ pulse จะสั้นลง ดังนั้นเพื่อยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์จึงควรที่จะควบคุมมอเตอร์ด้วย PWM

2.12.1 รายละเอียดของบอร์ด

- Out 1: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- Out 2: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- Out 3: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B

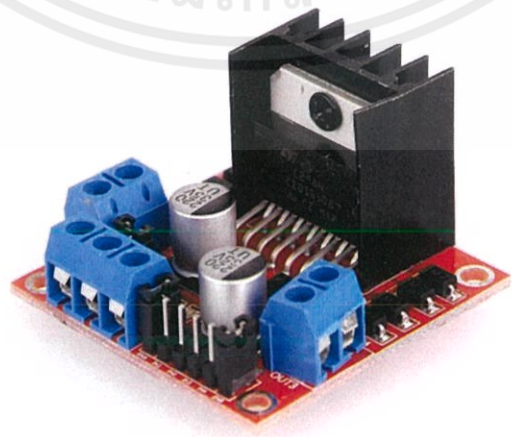
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Out 4: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
- 12V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12V (ต่อได้ตั้งแต่ 5V ถึง 35V)
- GND: ช่องต่อไฟลบ (Ground)
- 5V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V (หากมีการต่อไฟเลี้ยงที่ช่อง 12V แล้ว ช่องนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟออก เป็น 5V Output
- สามารถต่อไฟจากช่องนี้ไปเลี้ยงบอร์ด Arduino ได้
- ENA: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
- IN1: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- IN2: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- IN3: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- IN4: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- ENB: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

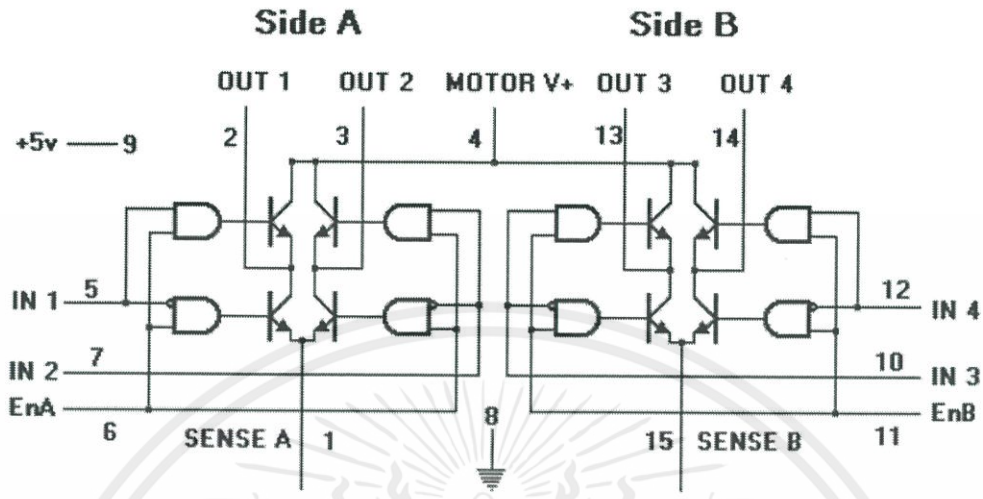
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1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

รูปที่ 2.17 ค่าสูงสุดและต่ำสุดของพารามิเตอร์ของชิฟ L9110



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 Module L298n

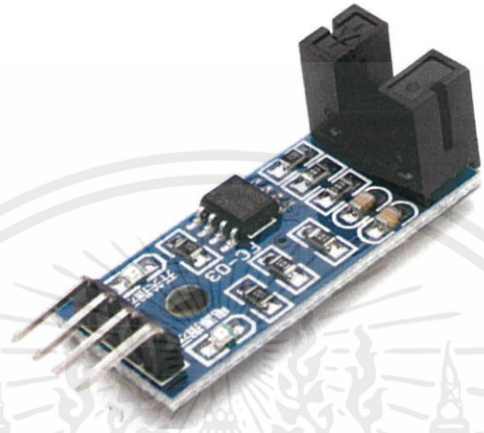


รูปที่ 2.19 แสดงการนำ L298n ไปใช้งานเพื่อขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 Counter module motor speed

Counter module motor speed เซนเซอร์นับจำนวน (ก้ามปู) ใช้สำหรับนับจำนวน ให้สัญญาณ Logic High ออกเมื่อมีวัตถุมาบังในร่อง ของ Sensor



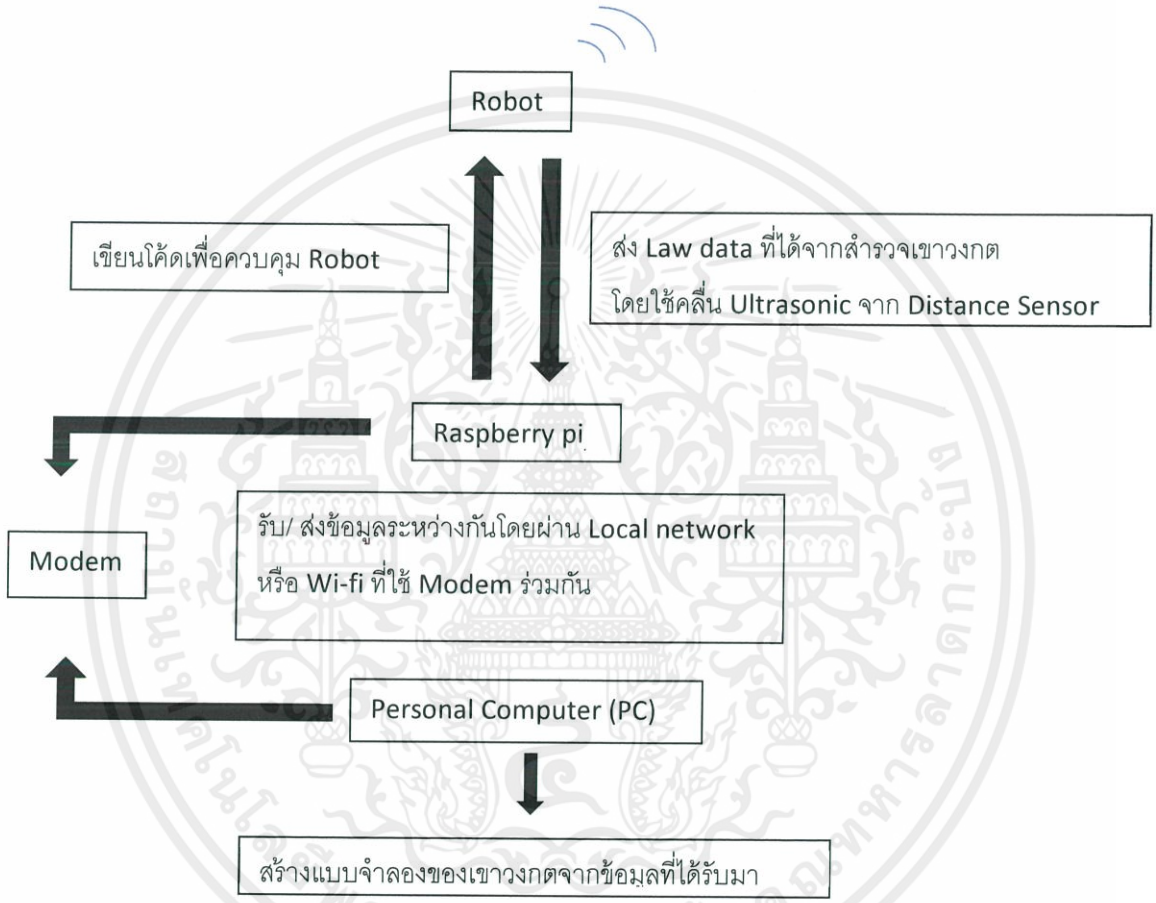
รูปที่ 2.20 Counter module motor speed sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นเริ่มต้นของการออกแบบหุ่นยนต์เขาวงกต ผู้ทำการทดลองจะมุ่งเน้นในการศึกษาเรื่องการเขียนโปรแกรมบน Raspberry pi และ Arduino และออกแบบรูปร่างของหุ่นยนต์ทั้งสองตัว และจะทำตามจุดมุ่งหมายของการทดลอง คือการที่หุ่นยนต์เขาวงกตสามารถออกจากเขาวงกตได้



รูปที่ 3.1 Blocking Diagram

3.1 คุณสมบัติของหุ่นยนต์เขาวงกตที่ออกแบบมีดังนี้

หุ่นยนต์ที่ใช้ Raspberry pi เป็นตัวควบคุมสามารถใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทางได้อย่างแม่นยำและสามารถออกจากเขาวงกตได้โดยการวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ และทำการสร้างแผนที่ที่พบเจอ ส่วนหุ่นยนต์ที่ใช้ Arduino เป็นตัวควบคุมสามารถใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทางได้อย่างแม่นยำและสามารถออกจากเขาวงกตได้โดยการวัดระยะทางจากเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์

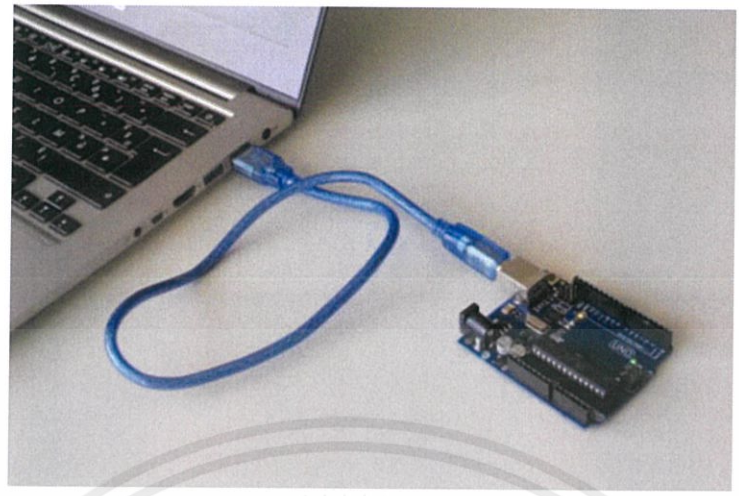
การเลือกใช้ Raspberry pi 3 เนื่องจากมีพอร์ตในการเชื่อมต่อหรือที่เรียกว่า GPIO (General Purpose Input-Output) มากมาย สามารถต่อกับเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ภายนอกได้หลายตัว และมีโปรแกรมในการเขียนคำสั่งในตัวรวมและยังมีช่องUSB, HDMI, LAN ให้สามารถเชื่อมต่อเมาส์,คีย์บอร์ด รวมทั้งสามารถเชื่อมต่อผ่าน Network ผ่านWIFI ได้ และยังเลือกใช้ Arduino Mega2560 ในการทำหุ่นยนต์ตัวที่สอง เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ได้เช่นกันและเป็นคอนโทรเลอร์ที่นิยมใช้งานและหาตัวอย่างเปรียบเทียบได้ ส่วนเซ็นเซอร์เลือกใช้ Ultrasonic Ranging Module HC – SR04 เนื่องจากมีเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณอัลตราโซนิคและวงจรควบคุมอยู่ในชิ้นเดียวกันทำให้ใช้งานได้ง่าย และได้เลือกใช้มอเตอร์แบบ DC Motor มาใช้งาน ส่วนอุปกรณ์อื่นๆได้เลือกตามงบประมาณที่เหมาะสม

3.3 การติดต่อสื่อสาร

ในส่วนของ Raspberry pi ใช้การติดต่อสื่อสารผ่าน GPIO หรือ พอร์ตเอนกประสงค์ ใช้ในการอ่านค่าแบบ Digital Interface โดยเราสามารถกำหนดโหมดให้เป็น Input หรือ Output ได้ แต่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมสั่งการและเชื่อมต่อ Raspberry pi กับ คอมพิวเตอร์ ผ่านทางสัญญาณ WIFI โดยการ Remote ผ่านรหัส IP Address ของเครื่องส่งสัญญาณ WIFI ในส่วนของ Arduino มี 54 Digital input/output โดยมี 14 ขา สามารถใช้เป็น output แบบ PWM ได้ มี Analog inputs 16 ขา มี UARTs(hardware serial ports) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 MHz สามารถเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB จะเป็นทั้งสายส่งรับข้อมูล และเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V. ให้กับบอร์ด

รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อ Raspberry pi กับ คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อ Arduino กับ คอมพิวเตอร์

3.4 การเลือกใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมสั่งการ

เนื่องจากผู้จัดทำได้ไปทำการศึกษา พบว่าในส่วนมากมีการเลือกใช้ภาษาในการเขียนอยู่ประมาณ2ภาษาคือ Python และ C/C+ แต่เนื่องจากในตัว Raspberry Pi 3 มีโปรแกรม Python อยู่ในตัวอุปกรณ์แล้วจึงเลือกใช้ภาษา Python ในการสั่งการทำงาน และเลือก ภาษาC ในการเขียนคำสั่งควบคุมให้กับบอร์ด Arduino

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.5.1 การศึกษา Data Sheet ของ Distance sensor HC-SR04

HC-SR04 เป็นโมดูลวัดระยะทางที่ใช้หลักการสะท้อนของคลื่นอัลตราโซนิค ราคาประหยัด โดยตัว HC-SR04 มีแหล่งกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิคส่งไปสะท้อนกับวัตถุที่อยู่ข้างหน้ากลับมายังตัวรับสัญญาณ โดยระยะทางที่วัดได้จะสัมพันธ์กับระยะเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิคเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับ เมื่อทราบระยะเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิคสะท้อนกลับมา จึงนำมาคำนวณหาเป็นระยะทางระหว่างโมดูล HC-SR04 กับวัตถุได้ โดยโมดูล HC-SR04 วัดระยะทางในช่วง 2 ถึง 500 ซม. (5 เมตร) มีความละเอียดอยู่ที่ 0.3 ซม. ใช้ไฟเลี้ยง +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์หลายรุ่น ใช้วิธีข้างต้นในการติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในแต่ละรุ่นจะใช้จำนวนสายไม่เท่ากัน ในบางรุ่นจะใช้สาย 2 เส้น คือ Trig สำหรับส่งสัญญาณ และ Echo สำหรับรับสัญญาณกลับมา และในบางรุ่นจะใช้เส้นเดียว คือทั้ง Trig และ Echo อยู่เส้นเดียวกัน และใช้วิธีแบ่งเวลารับ - ส่งข้อมูล (หลักการเหมือน 1-wire bus) ในการสื่อสารแบบทริกสัญญาณ เริ่มต้นจะต้องให้สัญญาณขา Trig มีสถานะทางลอจิกเป็น LOW เสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มทริกสัญญาณ โดยให้ขา Trig มีสถานะเป็น HIGH ค้างไว้อย่างน้อย 10uS แล้วจึงปรับสถานะเป็น LOW จากนั้น ที่ขา Echo ให้เตรียมรับสัญญาณทริก HIGH กลับมา เมื่อมีการส่งสัญญาณ HIGH กลับมา ให้เริ่มนับเวลาที่สัญญาณเป็น HIGH และเมื่อสัญญาณขา Echo กลับเป็น LOW ให้สิ้นสุดการนับเวลา แล้วจึงนำค่าเวลาที่นับได้ ไปคำนวณ

3.5.2 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการ Develop Code

ศึกษาภาษา Python และ ภาษา C เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมให้อุปกรณ์ทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ โดยศึกษาว่ามีการใช้ภาษาในการสร้างเงื่อนไขต่างๆและกำหนดตัวแปรอย่างไร รวมถึงวิธีการกำหนด Pin ต่างๆให้กับบอร์ด Raspberry pi และบอร์ด Arduino

3.5.3 การเชื่อมต่อ Raspberry pi และ Arduino กับ HC-SR04

ใช้การเชื่อมต่อผ่าน GPIO หรือ พอร์ตเอนกประสงค์ ใช้ในการอ่านค่าแบบ Digital Interface โดยใช้การเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานของ Raspberry pi และ Arduino เชื่อมต่อที่ขา Digital เพื่อให้สามารถอ่านค่าของ Sensor ได้ จากการเขียนโปรแกรมให้แสดงผลบน Serial monitor

3.5.4 การทดลองวัดค่าระยะทางโดยใช้ HC-SR04 เทียบกับเครื่องมือวัดระยะทาง

ทำการทดลองวัดระยะทางของ HC-SR04 เทียบกับเครื่องมือวัด เพื่อทราบว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้มีความแม่นยำเพียงใด เหมาะสมแก่การนำมาใช้งานหรือไม่ โดยทำการทดลองเซ็นเซอร์ทั้ง 4ตัว

3.5.5 การเขียน Code เพื่อให้มอเตอร์ทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

ทำการเขียน Code ให้มอเตอร์ทำงานได้และสอดคล้องกับเงื่อนไขที่ต้องการ คือให้สามารถเลี้ยวซ้าย ขวา เดินหน้า ถอยกลับหลังได้และยังควบคู่ไปกับการทำงานของเซ็นเซอร์ โดยหุ่นยนต์จะเดินทางไปข้างหน้าเสมอหากมีทางข้างหน้าให้ไปได้แม้จะมีทางแยกให้เลี้ยวก็ตาม หากเดินหน้าจนพบทางตันหุ่นยนต์จะทำการตรวจสอบว่ามีทางแยกหรือไม่ หากไม่พบให้ทำการถอยหลังพร้อมกับตรวจสอบว่ามีทางแยกที่สามารถเลี้ยวได้หรือไม่ หากมีให้ทำการเลี้ยวทันที หากไม่มีให้ทำการถอยหลังต่อไปจนพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางแยกที่สามารถเลี้ยวได้ และเมื่อเจอทางแยกที่สามารถเลี้ยวได้ทั้งซ้ายและขวาให้ทำการเลี้ยวซ้ายก่อนเสมอ

3.5.6 การเขียน Code เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถระบุเส้นทางและสิ่งกีดขวางรอบตัวหุ่นยนต์

ทำการเขียน Code ให้หุ่นยนต์ที่เดินทางสามารถวาดสิ่งกีดขวางและเส้นทางที่ทำการเดินทางไปแสดงผลบนหน้าจอแสดงผล ซึ่งจะระบุตำแหน่งที่วิ่งผ่านมาแล้วและกำแพงที่หุ่นยนต์วิ่งผ่านในเขาวงกตไปแสดงบนหน้าจอแสดงผล

3.5.7 การเขียน Code เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหาทางออกที่สั้นที่สุดได้ หลังจากเดินทางภายในเขาวงกตมาแล้ว 1 รอบเพื่อนำมาแสดงบนหน้าจอแสดงผลและทำการเดินทางที่สั้นที่สุดในรอบถัดไป

ทำการเขียน Code ให้หุ่นยนต์ที่เดินทางภายในเขาวงกตแล้ว 1 รอบ สามารถหาทางออกที่สั้นที่สุดได้ โดยการเก็บค่าไว้ในตัวแปรประเภท Array ว่าทำการเดินหน้า เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา และเมื่อทำการถอยหลังจะให้ลบค่าในตัวแปร Array นั้นออก ทำให้ค่าในตัว Array นั้นไม่มีการถอยหลังและไม่มีค่าที่ทำให้ตัวหุ่นยนต์เดินไปทางตันเพื่อทำให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด โดยไม่ต้องทำการรับค่าจากเซ็นเซอร์

3.5.8 การร้อยละคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

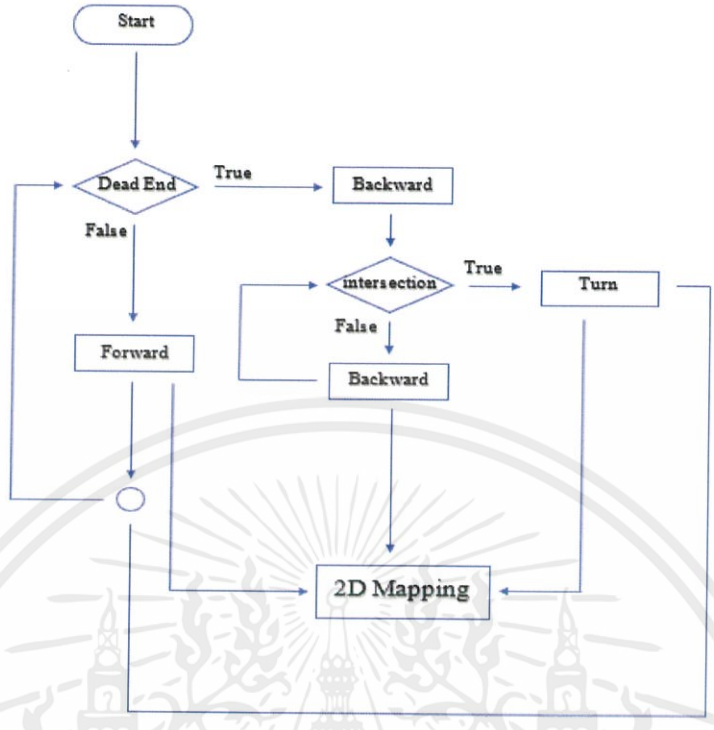
$$\frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \; x\,100 \qquad (3.1)$$

ค่าที่ได้จากการทดลองจริง คือ ค่าเฉลี่ยจากการทดลองวัดค่าระยะห่างจากเซนเซอร์ถือวัตถุที่นำมาทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง

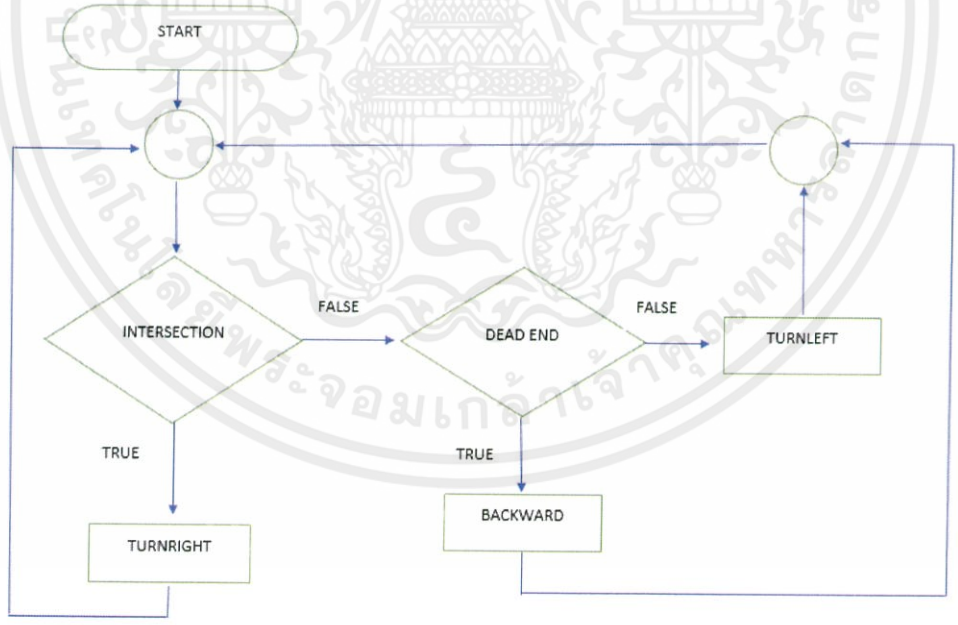
ค่าจริง คือ ค่าระยะห่างจริงระหว่างวัตถุและเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Flowchart



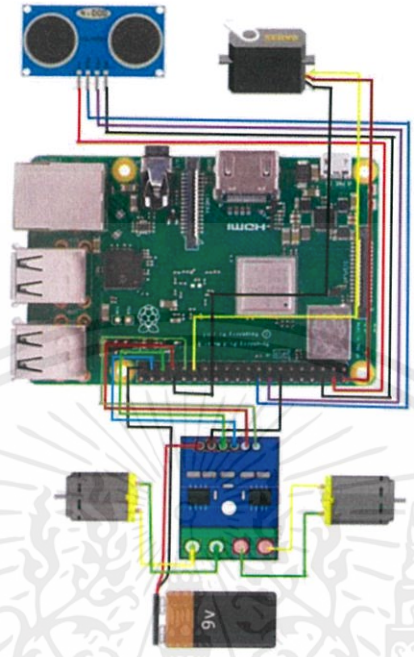
รูปที่ 3.4 แผนภูมิการทำงานของหุ่นยนต์จาก Raspberry pi



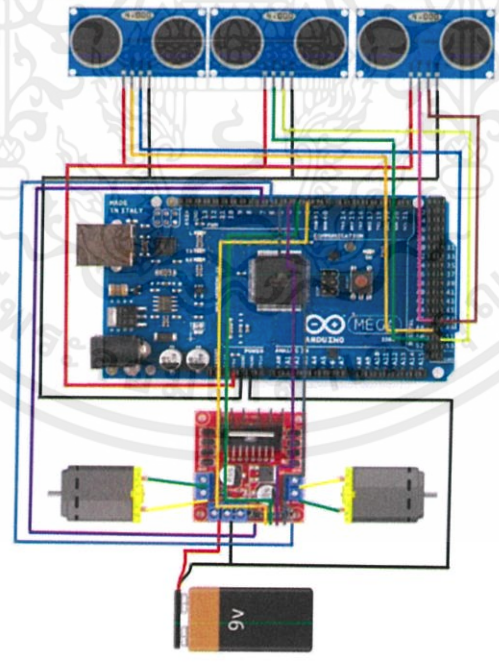
รูปที่ 3.5 แผนภูมิการทำงานของหุ่นยนต์จาก Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง Raspberry pi กับ อุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่าง Arduino กับ อุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

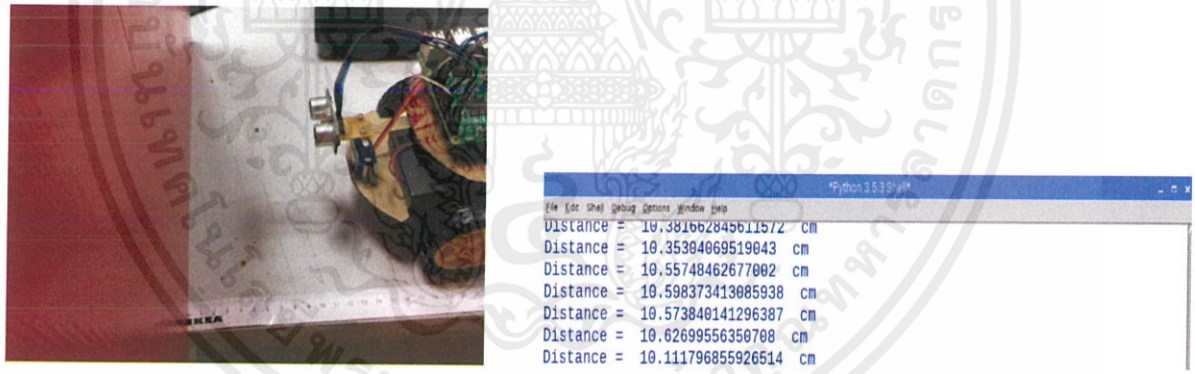
4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองวัดค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ (HC -SR04)

	Sensor			
Distance (cm)	1	2	3	Error (%)
10.00	10.38	10.35	10.55	1.04
20.00	20.35	20.82	20.49	1.03
30.00	30.18	30.11	30.27	1.01
40.00	38.56	40.28	39.86	0.99
50.00	50.27	50.08	50.35	1.00

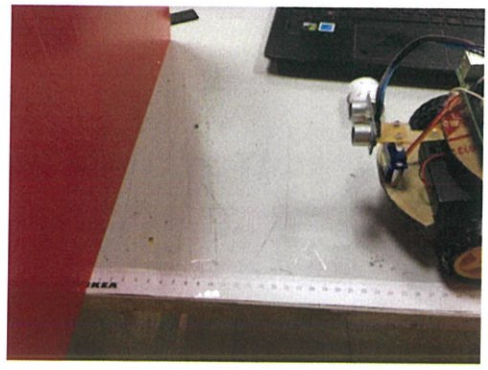
รูปที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวัดค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ (HC - SR04)

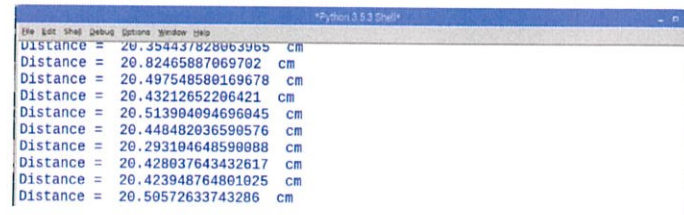
4.1.2 ผลการทดลองการแสดงผลค่าระยะทางที่เซ็นเซอร์ (HC – SR04) วัดได้



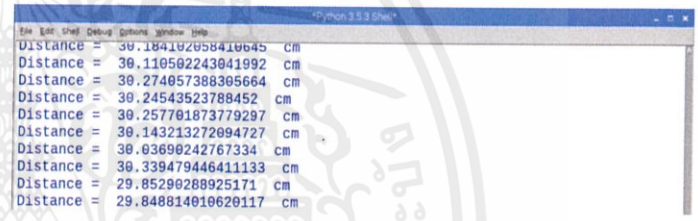
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

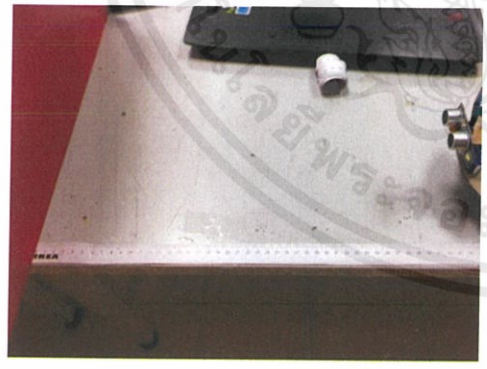


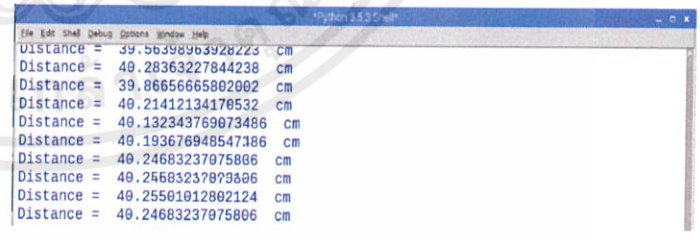


รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 20 เซนติเมตร



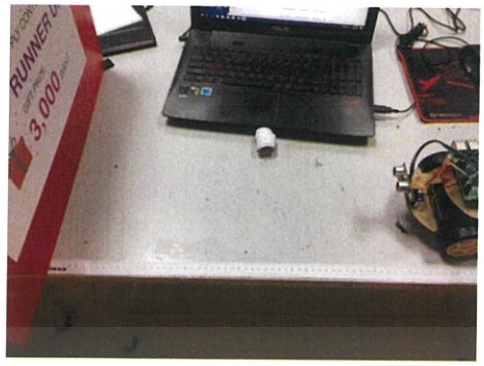
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 30 เซนติเมตร

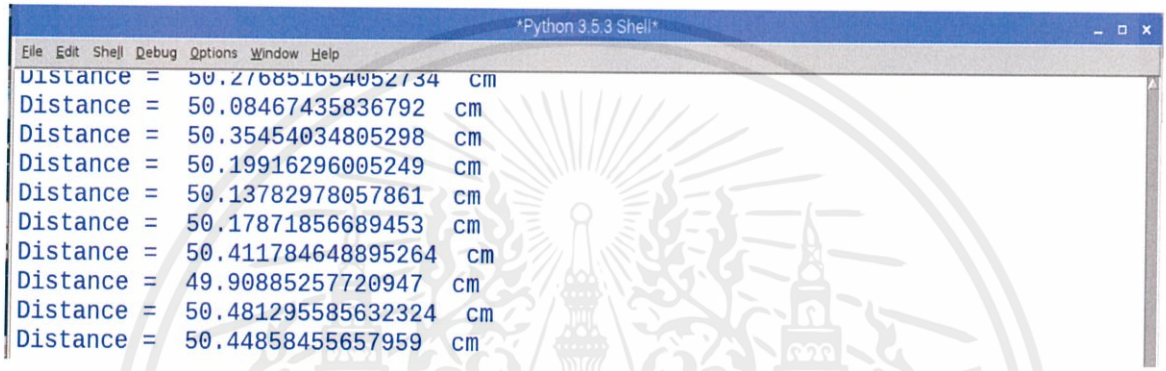




รูปที่ 4.5 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 40 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

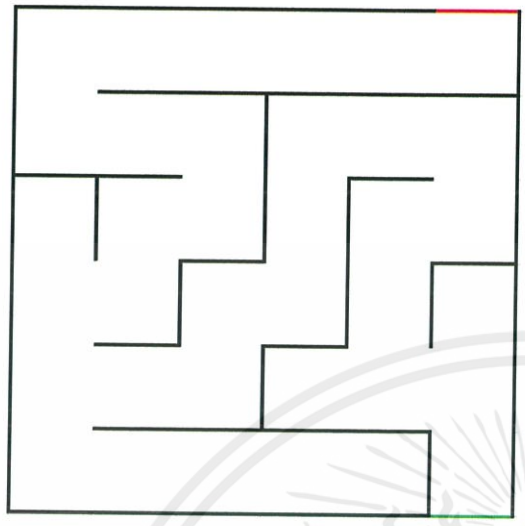




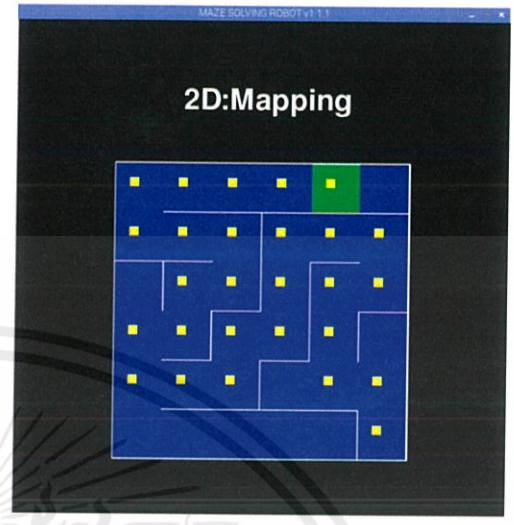
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ที่อยู่ห่างจากฉากกั้นที่ 50 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

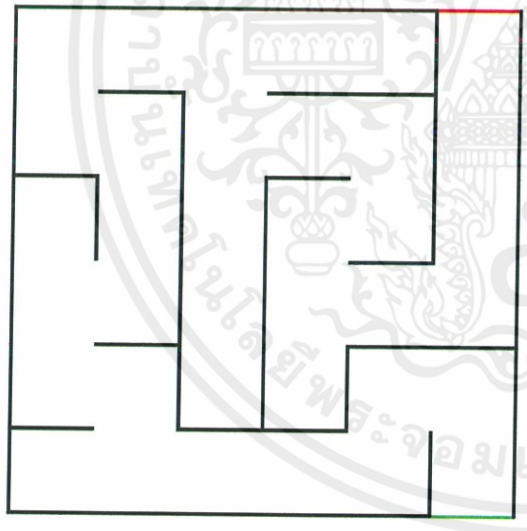
4.1.3 ผลการทดลองการแสดงเขาวงกตขณะที่หุ่นยนต์สำรวจและเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุดบนหน้าจอแสดงผล



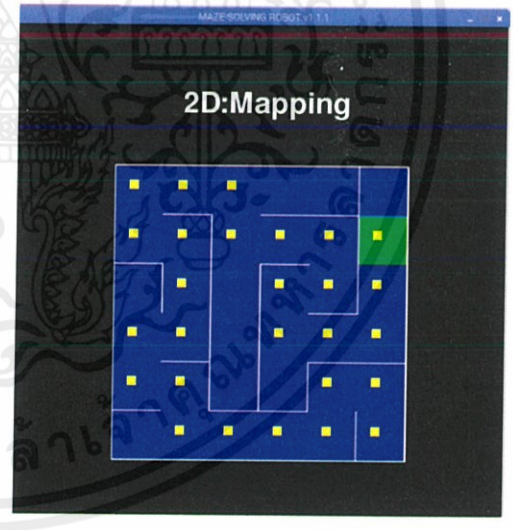
รูปที่ 4.7 รูปเขาวงกตที่ 1 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ



รูปที่ 4.8 รูปเขาวงกตที่ 1 ที่แสดงบนจอแสดงผล

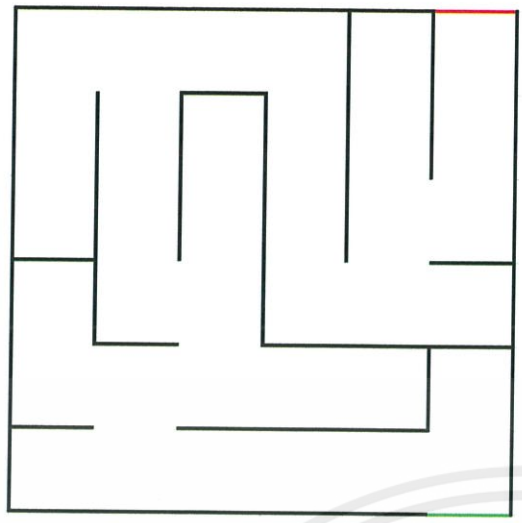


รูปที่ 4.9 รูปเขาวงกตที่ 2 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ

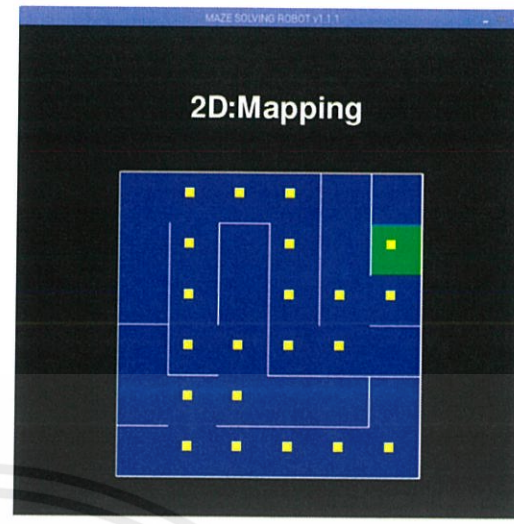


รูปที่ 4.10 รูปเขาวงกตที่ 2 ที่แสดงบนจอแสดงผล

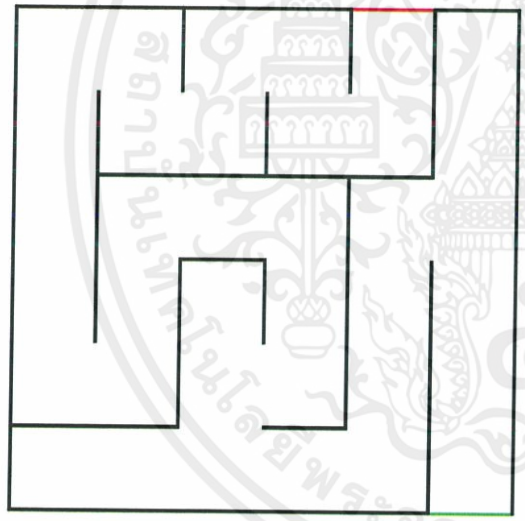
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



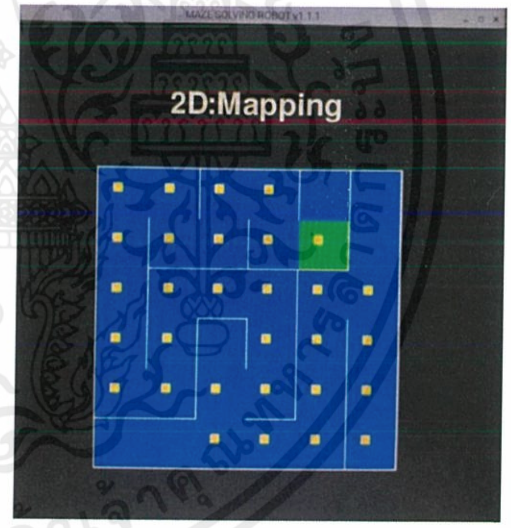
รูปที่ 4.11 รูปเขาวงกตที่ 3 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ



รูปที่ 4.12 รูปเขาวงกตที่ 3 ที่แสดงบนจอแสดงผล



รูปที่ 4.13 รูปเขาวงกตที่ 4 ที่หุ่นยนต์ได้สำรวจ



รูปที่ 4.14 รูปเขาวงกตที่ 4 ที่แสดงบนจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

Maze Solving Robot เป็นเทคโนโลยีหุ่นยนต์ที่จะช่วยให้ง่ายต่อการสำรวจพื้นที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยการทดลองชิ้นนี้จะให้หุ่นยนต์เข้าไปสำรวจในเขาวงกต ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ HC – SR04 เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจทิศทางการเดินของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหาทางออกได้ แสดงเส้นทางที่หุ่นยนต์ได้สำรวจและเส้นที่ทางสั้นที่สุดบนหน้าจอแสดงผลพบว่า หุ่นยนต์สามารถหาทางออกได้ แสดงเส้นทางที่หุ่นยนต์ได้สำรวจมาและแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค์

5.2.1 Raspberry pi มีการประมวลผลที่ช้าในบางครั้งจึงมีความลำบากในการทำงาน

5.2.2 ในการต่อวงจรระหว่างเซ็นเซอร์และ Raspberry pi เนื่องจากวงจรที่ใช้ในครั้งแรกไม่มีความเสถียรของเซ็นเซอร์จึงทำให้เสียเวลาในการค้นหาปัญหา

5.2.3 เสถียรภาพในการเดินของหุ่นยนต์

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของผู้ที่จะพัฒนาโครงงานชิ้นนี้ต่อไป

5.3.1 ควรคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าว่าเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่

5.3.2 ลดขนาดของตัวหุ่นยนต์เพื่อให้น้ำหนักน้อยลงและทำงานได้ดียิ่งขึ้น

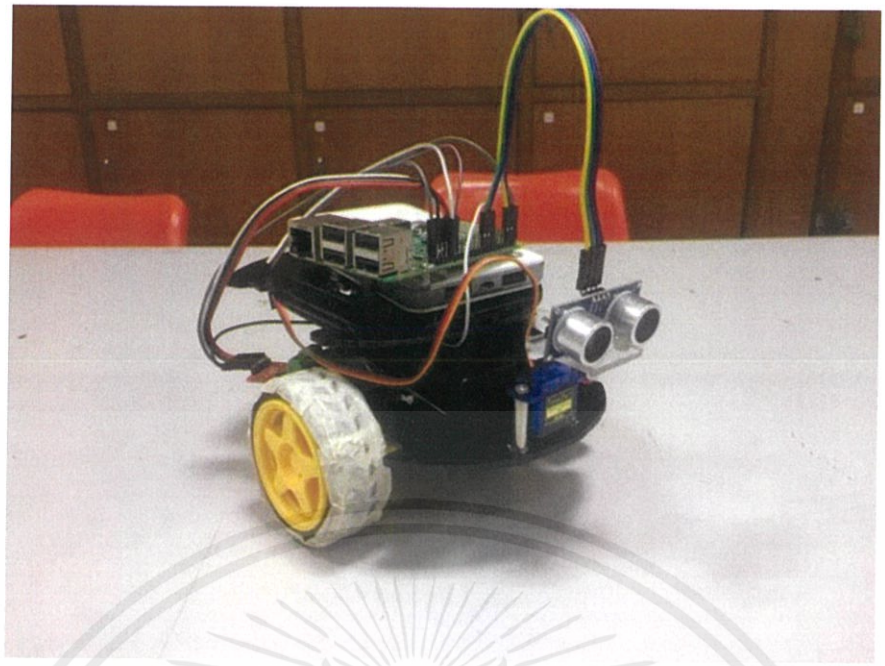
5.3.3 การนำเซ็นเซอร์ HC-SR04 ไปใช้งานต้องคำนึงถึงมุมที่ตกกระทบและมุมสะท้อนกับวัตถุที่ทำการวัดระยะทาง

5.3.4 เพิ่มเสถียรภาพในการเดินของหุ่นยนต์

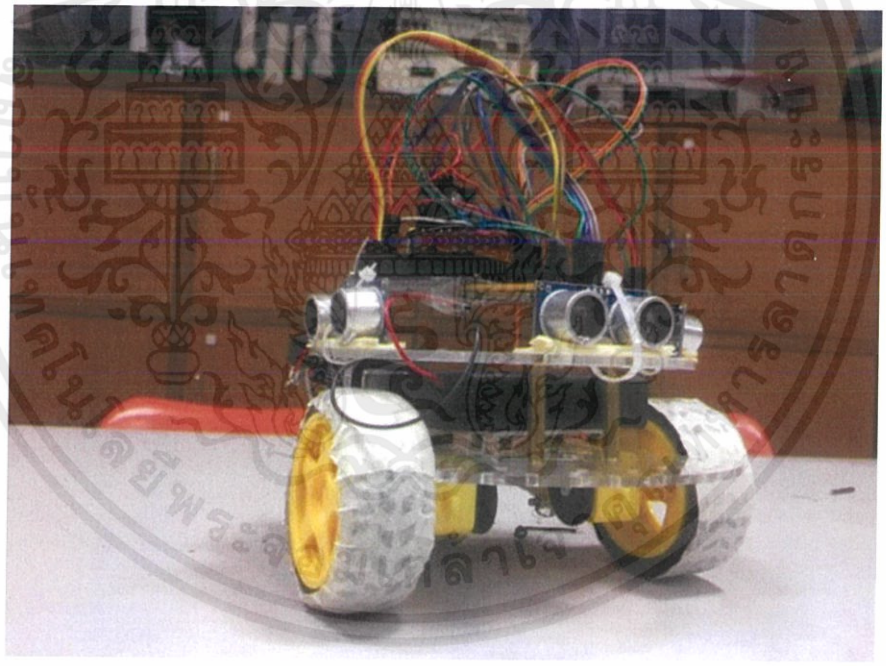
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 รูปภาคหุ่นยนต์ตัวที่ 1 ที่ใช้ Raspberry pi ในการควบคุม



รูปที่ 2 รูปภาคหุ่นยนต์ตัวที่ 2 ที่ใช้ Arduino ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code ของหุ่นยนต์ตัวที่ 2 (Arduino)

```
#define vel_motor_left 7

#define vel_motor_right 6

#define L1 2

#define L2 3

#define R1 4

#define R2 5

int i = 0;

int trigger_forward = 50;

int echo_forward = 51;

int trigger_left = 48;

int echo_left = 49;

int trigger_right = 46;

int echo_right = 47;

int StepBack = 0;

char Stack[]={};

int A = 0;
```

```
void setup()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(trigger_forward, OUTPUT);
    pinMode(echo_forward, INPUT);
    pinMode(trigger_left, OUTPUT);
    pinMode(echo_left, INPUT);
    pinMode(trigger_right, OUTPUT);
    pinMode(echo_right, INPUT);
    pinMode(vel_motor_left, OUTPUT);
    pinMode(vel_motor_right, OUTPUT);
    pinMode(L1, OUTPUT);
    pinMode(L2, OUTPUT);
    pinMode(R1, OUTPUT);
    pinMode(R2, OUTPUT);
    delay(5000);
}
void loop()
{
 long duracao_forward, duracao_left, duracao_right, right, left, forward;
 digitalWrite(trigger_forward, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigger_forward, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(trigger_forward, LOW);
duracao_forward = pulseIn(echo_forward, HIGH);
forward= duracao_forward*0.034/2;
digitalWrite(trigger_left, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigger_left, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigger_left, LOW);
duracao_left = pulseIn(echo_left, HIGH);
left= duracao_left*0.034/2;
digitalWrite(trigger_right, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigger_right, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigger_right, LOW);
duracao_right = pulseIn(echo_right, HIGH);
right= duracao_right*0.034/2;
Serial.print("forward=");
Serial.println(forward);
Serial.print("left=");
Serial.println(left);
Serial.print("right=");
Serial.println(right);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.println("----------------");
delay(100);
analogWrite(vel_motor_left, 0);
analogWrite(vel_motor_right, 0);
digitalWrite(L1, LOW);
digitalWrite(L2, LOW);
digitalWrite(R1, LOW);
digitalWrite(R2, LOW);
Serial.println(StepBack);
  if(forward >15 && StepBack ==0)
    { Serial.println("Forward");
      Stack[i] = 'F';
      i++;
      if(right >7 && right< 10)
        {
          analogWrite(vel_motor_left, 50);
          analogWrite(vel_motor_right, 50);
          digitalWrite(L1, HIGH);
          digitalWrite(L2, LOW);
          digitalWrite(R1, LOW);
          digitalWrite(R2, HIGH);
        }
      if(right >7)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
          analogWrite(vel_motor_left, 50);
          analogWrite(vel_motor_right, 50 - (right*2));
          digitalWrite(L1, HIGH);
          digitalWrite(L2, LOW);
          digitalWrite(R1, LOW);
          digitalWrite(R2, HIGH);
        }
      if(right <=7)
        {
          analogWrite(vel_motor_left, 50 - (right*2));
          analogWrite(vel_motor_right, 50 );
          digitalWrite(L1, HIGH);
          digitalWrite(L2, LOW);
          digitalWrite(R1, LOW);
          digitalWrite(R2, HIGH);
        }
    }
  if(left <=20 && right >20 && StepBack >0) RIGHT();
  if(left >20 && StepBack >0) LEFT();
  if(right <=20 && left <=20 && forward <=10 && StepBack ==0) BACKWARD();
  if(right <=20 && left <=20 && StepBack >0) BACKWARD();
  if(right >=30 && left >=30 && forward >=30) FINISH();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void LEFT()
 {
   Serial.println("Left");
   Stack[i] = 'L';
   i++;
   StepBack =0;
   analogWrite(vel_motor_left, 50);
   analogWrite(vel_motor_right, 50);
   digitalWrite(L1, LOW);
   digitalWrite(L2, HIGH);
   digitalWrite(R1, LOW);
   digitalWrite(R2, HIGH);
   delay(1000);
 }
void RIGHT()
 {
   Serial.println("Right");
   Stack[i] = 'R';
   i++;
   StepBack =0;
   analogWrite(vel_motor_left, 50);
   analogWrite(vel_motor_right, 50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(L1, HIGH);
    digitalWrite(L2, LOW);
    digitalWrite(R1, HIGH);
    digitalWrite(R2, LOW);
    delay(800);
  }
 void BACKWARD()
  {
    i--;
    Serial.println("Back");
    analogWrite(vel_motor_left, 50);
    analogWrite(vel_motor_right, 50);
    StepBack =StepBack+1;
    digitalWrite(L1, LOW);
    digitalWrite(L2, HIGH);
    digitalWrite(R1, HIGH);
    digitalWrite(R2, LOW);
    delay(100);
  }
 void STOP()
  {
    digitalWrite(L1, LOW);
    digitalWrite(L2, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(R1, LOW);
    digitalWrite(R2, LOW);
  }
void FINISH()
 {
   int j;
   for (j = 0; j < i+1; j = j + 1) {
   Serial.println(Stack[j]);
   if(Stack[j]=='F')
   {
        analogWrite(vel_motor_left, 50);
        analogWrite(vel_motor_right, 50);
        digitalWrite(L1, HIGH);
        digitalWrite(L2, LOW);
        digitalWrite(R1, LOW);
        digitalWrite(R2, HIGH);
    }
  if(Stack[j]=='L')
  {
    analogWrite(vel_motor_left, 50);
    analogWrite(vel_motor_right, 50);
    digitalWrite(L1, LOW);
    digitalWrite(L2, HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(R1, LOW);
  digitalWrite(R2, HIGH);
  delay(800);
  }
  if(Stack[j]=='R')
{
  analogWrite(vel_motor_left, 50);
  analogWrite(vel_motor_right, 50);
  digitalWrite(L1, HIGH);
  digitalWrite(L2, LOW);
  digitalWrite(R1, HIGH);
  digitalWrite(R2, LOW);
  delay(800);
}
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้