



การพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์
THE DEVELOPMENT OF A PARCEL DELIVERY ROBOT INSIDE THE BUILDING WITH
THE ROBOT OPERATING SYSTEM

ฐานิติ จรุงเกียรติวิมล
ธีรพงศ์ ปานเพชร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

THE DEVELOPMENT OF A PARCEL DELIVERY ROBOT INSIDE THE BUILDING WITH
THE ROBOT OPERATING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายฐานิติ จรุงเกียรติวิมล รหัสนักศึกษา 62201201
2. นายธีรพงศ์ ปานเพชร รหัสนักศึกษา 62201205


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อรายงาน	การพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์
นักศึกษา	นายฐานิติ จรุงเกียรติวิมล รหัสนักศึกษา 62201201 นายธีรพงศ์ ปานเพชร รหัสนักศึกษา 62201205
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

รายงานการศึกษานี้ นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ที่มีความสามารถในการสร้างแผนที่ของบริเวณใช้งานได้ สามารถเรียกหุ่นยนต์ไปยังสถานีบริการต่าง ๆ โดยการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย และวิ่งกลับไปชาร์จพลังงานยังจุดพักคอยได้อย่างอัตโนมัติ ในการออกแบบใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นหน่วยประมวลผลและควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ได้แก่ ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน ระบบไลดาร์ ระบบสื่อสารไร้สาย หลักการทำงานเริ่มต้นด้วยการแสกนสภาพแวดล้อมหุ่นยนต์เพื่อสร้างแผนที่และขอบเขตบริเวณพื้นที่การวิ่งของหุ่นยนต์ จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งของสถานีบริการต่าง ๆ โดยการกำหนดพิกัดตำแหน่งในแผนที่ที่สร้างขึ้น และในกระบวนการเรียกหุ่นยนต์มายังจุดบริการจะทำการส่งพิกัดที่กำหนดไว้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สายไปยังตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะรับรู้ได้ว่าจะต้องวิ่งไปยังพิกัดใดในแผนที่ สุดท้ายเมื่อหุ่นยนต์วิ่งไปยังสถานีบริการแล้วจะรอเวลาเพื่อวิ่งกลับไปยังจุดพักคอยโดยอัตโนมัติ จากผลการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไปยังพิกัดของสถานีบริการที่กำหนดไว้ได้ถูกต้องโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากจุดศูนย์กลางของพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องอยู่ที่ 17 เซนติเมตร ซึ่งระยะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อตำแหน่งในการให้บริการส่งเอกสาร แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารที่ออกแบบขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย และสามารถเพิ่มสถานีบริการได้โดยการเพิ่มอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ และกำหนดค่าพิกัดตำแหน่งลงไป

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไลดาร์

Project Title	THE DEVELOPMENT OF A PARCEL DELIVERY ROBOT INSIDE THE BUILDING WITH THE ROBOT OPERATING SYSTEM	
Student	Mr.Thaniti Jaurngkiratiwimon	Student ID 62201201
	Mr.Teerapong Panpet	Student ID 62201205
Advisor	Mr.Athasart Narkthewan	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2021	

ABSTRACT

This study presents the design of the development of a parcel delivery robot inside the building with the Robot Operating System. The workspace layout was created based on the robot's survey. The robot was called to various service stations by communicating over a wireless computer network. Then, the robot will automatically run back to recharge at the base station. The raspberry pi board was installed with the robot operating system (ROS) to process and peripherals control such as Motor driver, LIDAR system, wireless communication system, etc. The working process of the designed robot was divided into 4 parts. Firstly, the environment was scanned to create a map and boundaries of the robot's running area. Secondly, the location of the service station was determined on the map. Next, the process of calling the robot to the service station was sending the service station coordinates via a wireless computer network to the robot. Finally, the robot at the service station automatically waits for time to run back to the base station. The result of the study showed that the robot could run correctly to the service station. The mean error from the center of the correct coordinates was 17 cm. The resulting discrepancy did not affect the location of the document delivery service. The designed parcel delivery robot can be applied in a wide variety of applications. A new service station can be added by adding a microcontroller device and assigning a location coordinate value.

Keywords: Robot, Robot Operating System (ROS), Microcontroller, LIDAR

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้จัดทำขอขอบคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนรายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการทำโครงการชิ้นนี้ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่คำแนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมาโดยตลอดจนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุก ๆ คน ที่คอยช่วยเหลือในการทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ฐานิติ จรุงกীরติวิมล
ธีรพงศ์ ปานเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ไลดาร์ (Lidar).....	5
2.1.1 เซนเซอร์ไลดาร์.....	5
2.1.2 การเชื่อมต่อระบบไลดาร์.....	6
2.1.3 หลักการทำงานของไลดาร์.....	7
2.2 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System).....	8
2.2.1 ความเป็นมาของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์.....	8
2.3 ลินุกซ์ (Linux).....	9
2.3.1 การใช้งานลินุกซ์.....	9
2.3.2 การติดตั้งลินุกซ์.....	10
2.4 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Rasspberry Pi).....	10
2.4.1 คุณสมบัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	11
2.4.2 จุดเชื่อมต่อแบบ GPIO.....	12
2.5 บอร์ดอาดุยโนโนโน (Arduino nano).....	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.1 คุณสมบัติของบอร์ดอาดุยโนน่าโน	13
2.5.2 หลักการทำงานของบอร์ด อาดุยโนน่าโน	13
2.6 ภาษาซี (C Programming Language)	14
2.6.1 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี	14
2.7 โมดูลใจโรจีวาย 87 (GY-87)	15
2.7.1 คุณสมบัติโมดูลใจโร	15
2.7.2 รายละเอียดโมดูลใจโร	15
2.8 โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 (NodeMCU ESP 8266).....	16
2.8.1 คุณสมบัติโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266.....	17
2.8.2 จุดเด่นของโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266.....	17
2.9 บอร์ดขับมอเตอร์ BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive	17
2.10 มอเตอร์เกียร์เอ็นโค้ดเดอร์ (DC Motor Gear Encoder)	18
2.11 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery)	19
2.11.1 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน.....	19
2.11.2 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน.....	19
2.12 วงจรลดระดับแรงดัน.....	20
บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินการ.....	21
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน	21
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสาร	22
3.3 การออกแบบวงจร.....	23
3.3.1 วงจรรวมของระบบหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร.....	23
3.3.2 วงจรสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	24
3.4 ขั้นตอนการสร้างบริเวณพื้นที่การทำงาน	24
3.5 ขั้นตอนการทำตำแหน่งเรียกใช้งาน	26
3.5.1 ขั้นตอนการทำจุดเรียกใช้งาน.....	27
3.6 การออกแบบหุ่นยนต์ส่งเอกสาร	28
3.6.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	28
3.6.2 โครงสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	29
3.7 ระบบชาร์จแบตเตอรี่.....	31
3.8 คำนวณการใช้งานแบตเตอรี่.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม	33
4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	33
4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	33
4.2 การทดลองใช้ไสดารี่ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง	36
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	36
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	36
4.3 การทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์.....	37
4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37
4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	37
4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด	38
4.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	38
4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	38
4.5 การทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่.....	43
4.5.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	43
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการทดลอง	44
5.1.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม	44
5.1.2 การทดลองใช้ไสดารี่ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง.....	44
5.1.3 การทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์	44
5.1.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด.....	44
5.1.5 การทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่	45
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	45
5.3 ข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงาน (Program).....	48
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	56
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้เขียน..... 93



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	2
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	3
4.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม.....	33
4.2 ทดลองการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยไลดาร์.....	36
4.3 ทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์.....	37
4.4.1 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 1.....	38
4.4.2 ทดลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย.....	39
4.4.3 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 2.....	40
4.4.4 ทดลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย.....	40
4.4.5 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 3.....	41
4.4.6 ทดลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย.....	41
4.4.6 ทดลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย (ต่อ).....	42
4.5 ระบบชาร์จแบตเตอรี่จากชั่วโมงที่.....	43

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของระบบเซนเซอร์ไคตาร์.....	6
2.2 แผนผังการทำงานของเซนเซอร์ไคตาร์.....	7
2.3 แผงผังสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการสแกนเซนเซอร์ไคตาร์.....	8
2.4 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	11
2.5 จุดเชื่อมต่อบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	12
2.6 แสดง PIN ของอาคิโนนาโน.....	13
2.7 โมดูลจโรจีวาย 87.....	15
2.8 รายละเอียด โมดูลGY-87.....	16
2.9 แสดงตำแหน่งพินและขาของโนนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266.....	16
2.10 บอร์ดขับมอเตอร์บีทีเอส 7960.....	18
2.11 มอเตอร์เอ็นโค้ดเดอร์.....	18
2.12 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน.....	19
2.13 วงจรลดระดับแรงดัน.....	20
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ.....	21
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	22
3.3 การออกแบบวงจรรวมของหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	23
3.4 วงจรสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร.....	24
3.5 หน้าต่างคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์.....	25
3.6 หน้าต่างคำสั่ง Saver ไฟล์.....	25
3.7 บริเวณการทำงานที่ทำการออกแบบ.....	26
3.8 การกำหนดตำแหน่งด้วย 2D Nav Goal.....	27
3.9 ตำแหน่งพิกัดที่แสดงบนหน้าต่างคำสั่ง rviz.....	28
3.10 นำตำแหน่งที่ได้จาก Rvizมาแก้ไขไฟล์ simple_navigation_goals.cpp.....	28
3.11 การออกแบบโครงสร้างหลัก.....	29
3.12 โครงสร้างหลัก.....	30
4.1 หน้าหนักของเอกสาร 2 กิโลกรัม.....	34
4.2 หน้าหนักของเอกสาร 3 กิโลกรัม.....	34
4.3 หน้าหนักของเอกสาร 4 กิโลกรัม.....	34
4.4 หน้าหนักของเอกสาร 5 กิโลกรัม.....	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 น้ำหนักของเอกสาร 6 กิโลกรัม.....	35
4.6 นำเอกสารใส่ไว้ในชั้นของหุ่นยนต์.....	35
4.7 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 1	39
4.8 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 2	41
4.9 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 3	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญาโท

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์มาใช้งานกันกว้างขวางขึ้น โดยการนำหุ่นยนต์มาทำงานอันเป็นกิจวัตร หุ่นยนต์สามารถทำงานได้นานกว่ามนุษย์หากมีการดูแลรักษาที่ดี การส่งเอกสารก็เป็นตัวอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำหุ่นยนต์มาใช้งานแทนมนุษย์ได้ โดยการนำเทคโนโลยีของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System) โดยการใช้ไลดาร์ (Lidar) ยิงสัญญาณเลเซอร์ออกไปให้กระทบกับวัตถุโดยรอบ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปสร้างพื้นที่ และนำมาปรับใช้กับหุ่นยนต์ส่งเอกสาร ทางผู้จัดทำจึงได้คิดสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการส่งเอกสารตามห้อง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการใช้งานระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์
2. เพื่อศึกษาและออกแบบการสร้างแผนที่ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โดยใช้ไลดาร์ (Lidar)

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

หุ่นยนต์ส่งเอกสารมีความสามารถในการสร้างแผนที่ของบริเวณใช้งานได้ และเรียกหุ่นยนต์ไปยังสถานีบริการต่าง ๆ โดยการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย และวิ่งกลับไปชาร์จพลังงานยังจุดพักคอยได้อย่างอัตโนมัติ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. หุ่นยนต์มีช่องสำหรับใส่เอกสารจำนวน 3 ช่อง บรรจุเอกสารที่มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 5 กิโลกรัม
2. หุ่นยนต์ใช้ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ที่ทำงานอยู่บนบอร์ดราสเบอร์รี่ (Raspberry Pi) เป็นแกนหลักในการควบคุมระบบ
3. หุ่นยนต์ใช้ไลดาร์ในการตรวจจับวัตถุรอบตัวหุ่นยนต์
4. หุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่ของบริเวณการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังบริเวณห้องต่างๆ โดยมีปุ่มกดเรียกในแต่ละห้อง อย่างน้อย 4 จุดรวมจุดคอยภายในชั้นของอาคารได้โดยอัตโนมัติ เมื่อมีการเรียกใช้งาน
6. หุ่นยนต์ใช้การสื่อสารผ่านระบบไร้สายระหว่างตัวหุ่นยนต์กับจุดเรียกใช้งาน
7. มีจุดพักของหุ่นยนต์ส่งเอกสาร สำหรับการรอเรียกใช้งาน และการชาร์จพลังงาน โดยให้หุ่นยนต์วิ่งไปชาร์จเองอัตโนมัติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เซนเซอร์ไลดาร์สามารถสแกนวัตถุและสิ่งกีดขวางได้รอบทิศทาง
2. สามารถสร้างแผนที่ด้วยเซนเซอร์ไลดาร์ได้
2. สามารถใช้หุ่นยนต์ส่งเอกสารทำงานวิ่งไปยังจุดที่กำหนดไว้ได้
3. ได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Rviz เบื้องต้น
4. ได้รับความรู้และมีความเข้าใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ในภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 1.1 และในภาคเรียนที่ 2 ดังตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1. คิดหัวข้อโครงงานนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา	←→			
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	←→			
3. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงาน		←→		
4. ศึกษาแนวทางในการเขียนโปรแกรม		←→		
5. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์			←→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1. ติดตั้งอุปกรณ์ลงบนชิ้นงาน	←→				
2. ติดตั้งตัว ubuntu desktop		←→			
3. ติดตั้งโปรแกรม Robot Operating System (ROS)		←→			
4. ทดสอบความถูกต้องของตัวโปรแกรมต่างๆ		←→			
5. แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบต่างๆ			←→		
6. จัดทำรายงาน และการนำเสนอ					←→

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ อธิบายขั้นตอน การทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ สมมติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ และอุปกรณ์ ได้แก่ ไลดาร์ (Lidar) ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System) ลินุกซ์ (Linux) บอร์ดราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) บอร์ดอาดูยโนนาโน (Arduino nano) ภาษาซี (C Programming Language) ไมครูลิโรจิวาย 87 (GY-87) โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 (NodeMCU ESP 8266) บอร์ดขับมอเตอร์บีทีเอส 7960 (BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive) มอเตอร์เกียร์เอ็นโค้ดเดอร์ (Motor Gear Encoder) แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium Ion Battery) และวงจรลดระดับแรงดัน

บทที่ 3 การออกแบบ บทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โดยมี บล็อกไดอะแกรมบล็อกไดอะแกรมหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โพรซเจอร์การทำงานของระบบ การออกแบบวงจร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวม วงจรสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร ขั้นตอนการสร้างบริเวณพื้นที่การทำงานขั้นตอนการทำ
ตำแหน่งเรียกใช้งาน การออกแบบโครงสร้างหลัก ระบบชาร์จแบตเตอรี่ และคำนวณการใช้งาน
แบตเตอรี่

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการทดลองและตารางบันทึกผล
การทดลองการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ซึ่งมีหัวข้อการ
ทดลองประกอบไปด้วย ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม ทดลอง
ใช้ไลดาร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์ การทดลอง
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด และทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึง การสรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและ
อุปสรรค ข้อเสนอแนะของโครงการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการ
หุ่นยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ และอุปกรณ์ ได้แก่ ไลดาร์ (Lidar) ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System) ลินุกซ์ (Linux) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) บอร์ดอาดูยโนนาโน (Arduino nano) ภาษาซี (C Programming Language) โมดูลจีโอโรจีวาย 87 (GY-87) โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 (NodeMCU ESP 8266) บอร์ดขับมอเตอร์บีทีเอส 7960 (BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive) มอเตอร์เกียร์เอ็นโค้ดเดอร์ (Motor Gear Encoder) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium Ion Battery) และวงจรลดระดับแรงดัน

2.1 ไลดาร์ (Lidar)

ไลดาร์ [1-2] ใช้รังสีอินฟราเรด (Infrared, IR) สแกนไปยังวัตถุ สามารถกำหนดเป้าหมายที่หลากหลายของวัสดุรวมทั้งวัตถุที่ไม่ใช่โลหะ หิน ฝน สารเคมี ละอองเมฆ และแม้กระทั่งโมเลกุลเดี่ยว ลำแสงเลเซอร์แคบสามารถมีลักษณะทางกายภาพที่มีสูงมาก

แนวคิดสำคัญของไลดาร์เกิดขึ้นโดย EH Synge ในปี 1930 ซึ่งมองเห็นการใช้ไฟฉายอันทรวงพลังเพื่อตรวจสอบชั้นบรรยากาศแท้จริง ไลดาร์ได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการวิจัยในชั้นบรรยากาศและอุตุนิยมวิทยา เครื่องมือไลดาร์ที่ติดตั้งกับเครื่องบินและดาวเทียมดำเนินการสำรวจและทำแผนที่ ตัวอย่างล่าสุดคือ ไลดาร์ การวิจัยทางอากาศขั้นสูงของการสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐฯ ได้รับรู้ว่า ไลดาร์เป็นเทคโนโลยีหลักในการทำยานพาหนะลงจอดบนดวงจันทร์ของ หุ่นยนต์และยานพาหนะบนดวงจันทร์ในอนาคตมีความแม่นยำแบบอัตโนมัติ (Automatic)

ความยาวคลื่นแตกต่างกันไปตามเป้าหมายตั้งแต่ 10 ไมโครเมตร ถึงประมาณ 250 นาโนเมตร โดยปกติแล้วแสงจะสะท้อนผ่านการกระจายด้านหลังซึ่งตรงข้ามกับการสะท้อน ที่บริสุทธิ์ซึ่งอาจพบได้จากกระจกเงา ความแตกต่างของการกระเจิงถูกนำมาใช้สำหรับการใช้งานที่ แตกต่างกันไปของไลดาร์มากที่สุด การรวมกันของความยาวคลื่นที่เหมาะสมสามารถช่วยให้ทำแผนที่ ระยะไกลของเนื้อหาในชั้นบรรยากาศได้โดยระบุการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของความเข้มของสัญญาณที่ส่งกลับ

2.1.1 เซนเซอร์ไลดาร์

ไลดาร์ ใช้เซนเซอร์แบบแอคทีฟที่จ่ายแหล่งกำเนิดแสงของตัวเอง แหล่งพลังงานกระทบวัตถุและพลังงานที่สะท้อนจะถูกตรวจจับและวัดโดยเซนเซอร์ ระยะทางไปยังวัตถุที่ถูกกำหนดโดยการบันทึกเวลาระหว่างพัลส์ที่ส่งและย้อนแสง โดยใช้ความเร็วของแสงในการคำนวณระยะทางที่เดินทาง Flash Lidar ช่วยให้สามารถถ่ายภาพ 2 มิติและ 3 มิติ ได้เนื่องจากความสามารถของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปล่อยแฟลชขนาดใหญ่ขึ้นและรับรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และขนาดของพื้นที่ที่น่าสนใจด้วยพลังงานที่ส่งกลับ สิ่งนี้ช่วยให้การถ่ายภาพมีความแม่นยำมากขึ้นเนื่องจากไม่จำเป็นต้องเย็บเฟรมที่ถ่ายเข้าด้วยกันและระบบไม่วัดต่อการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์มทำให้เกิดความผิดพลาดเพียงน้อยลง

การถ่ายภาพ 2 มิติ กับ 3 มิติ สามารถทำได้โดยใช้ทั้งระบบสแกนและไม่สแกน "เรดาร์ เลเซอร์สำหรับการมองเห็นแบบ 2 มิติ กับ 3 มิติ" คือระบบตรวจจับระยะเลเซอร์แบบไม่สแกนที่ใช้ เลเซอร์พัลส์ซึ่งและกล้องที่มีรั้วรอบขอบชิดอย่างรวดเร็ว การวิจัยได้เริ่มต้นขึ้นสำหรับการควบคุมลำแสง เสมือนโดยใช้เทคโนโลยี Digital Light Processing (DLP)

ในปี 2014 Lincoln Laboratory ได้เปิดตัวชิปภาพใหม่ที่มีมากกว่า 16,384 พิกเซล ซึ่งแต่ละตัวสามารถถ่ายภาพโฟตอนเดี่ยวทำให้สามารถจับภาพพื้นที่ที่กว้างในภาพเดียวได้ เทคโนโลยีรุ่นก่อนหน้าที่มีหนึ่งในสี่พิกเซลจำนวนมากถูกส่งไปโดยกองทัพสหรัฐฯ หลังจากแผ่นดินไหวที่เฮติเมื่อเดือนมกราคม 2010 การเดินทางด้วยเครื่องบินเจ็ทธุรกิจเพียงครั้งเดียวที่ 3,000 เมตร (10,000 ฟุต) เหนือกรุงปารีสสามารถจับภาพสแนปช็อตของสี่เหลี่ยมขนาด 600 เมตรของเมืองได้ทันทีที่ความละเอียด 30 เซนติเมตร แสดงความสูงที่แม่นยำของเศษหินที่เคลื่อนถนในเมือง ระบบลิ้นคอล์นเร็วขึ้น 10 เท่า ชิปใช้อินเดียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ (InGaAs) ซึ่งทำงานในสเปกตรัมอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นค่อนข้างยาวซึ่งช่วยให้ได้พลังงานที่สูงขึ้นและช่วงที่ยาวขึ้น ในการใช้งานหลายประเภท เช่น รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเองระบบใหม่นี้จะลดต้นทุนโดยไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนกลไกเพื่อเล็งชิป อินเดียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ ใช้ความยาวคลื่นที่เป็นอันตรายน้อยกว่าเครื่องตรวจจับซิลิกอนทั่วไปซึ่งทำงานที่ ความยาวคลื่นที่มองเห็นได้

2.1.2 การเชื่อมต่อระบบไลดาร์

ไลดาร์ ประกอบด้วยระบบสแกนเนอร์และระบบมอเตอร์ หลังจากเปิดเครื่องแต่ละระบบย่อย ไลดาร์เริ่มหมุนและสแกนตามเข็มนาฬิกา ผู้ใช้จะได้รับช่วงสแกนข้อมูลผ่านอินเทอร์เฟซการสื่อสาร (พอร์ต ยูเอสบี) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบเซนเซอร์ไลดาร์

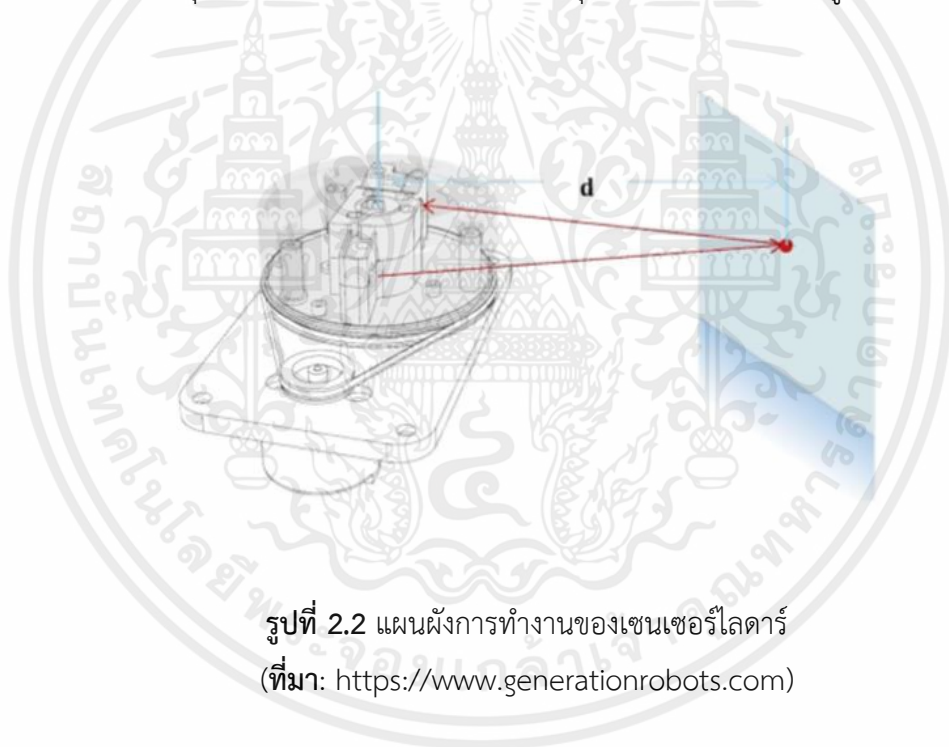
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 ไลดาร์มาพร้อมกับระบบตรวจจับความเร็วและระบบปรับอัตโนมัติ ระบบจะปรับความถี่ของเครื่องสแกนเลเซอร์โดยอัตโนมัติตามความเร็วมอเตอร์ และระบบไฮสตรสามารถรับ ความเร็วจริงของไลดาร์ ผ่านอินเทอร์เฟซการสื่อสาร (Interface)

2.1.3 หลักการทำงานไลดาร์

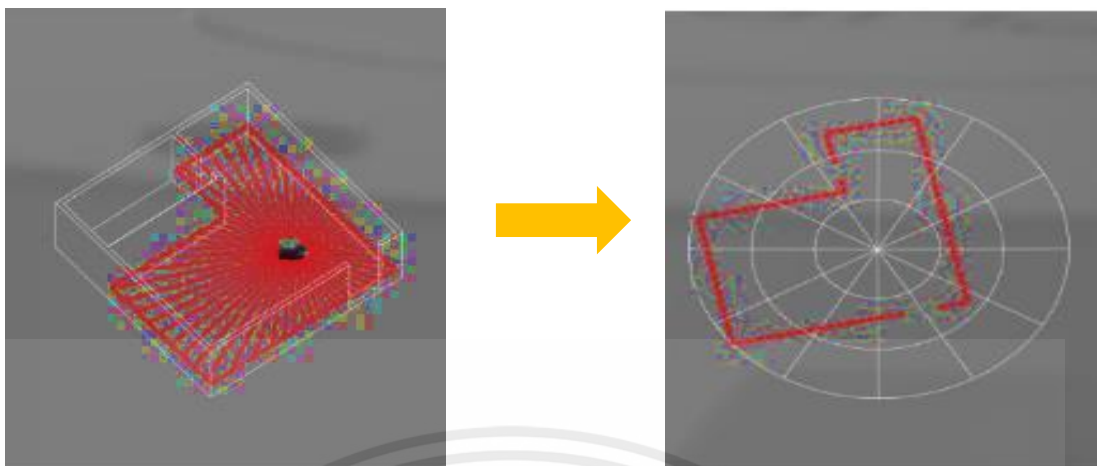
ไลดาร์ ขึ้นอยู่กับหลักการตั้งแต่เลเซอร์สามเหลี่ยมและใช้ความเร็วสูงการจัดการหา วิสัยทัศน์ และฮาร์ดแวร์การประมวลผลที่พัฒนาโดย SLAMTEC ระบบวัดข้อมูลระยะทางได้ถึง 8000 ครั้งต่อวินาทีและมีความละเอียดสูงเอาต์พุตระยะทาง (น้อยกว่า 1% ของระยะทาง) ไลดาร์จะปล่อย สัญญาณเลเซอร์อินฟราเรดแบบมอดูเลต และสัญญาณเลเซอร์จะถูกส่งไปสะท้อนโดยวัตถุที่จะตรวจจับ สัญญาณที่กลับมาจะถูกสุ่มตัวอย่างโดยการมองเห็นระบบการซ็อกกิจการในไลดาร์ และ ไลดาร์ประมวลผลข้อมูลตัวอย่าง ค่าระยะเอาต์พุต ค่ามุมระหว่างวัตถุผ่าน อินเทอร์เฟซการสื่อสาร

ระบบสแกนเนอร์ความเร็วสูงติดตั้งอยู่บนโรเตอร์หมุนด้วยระบบเข้ารหัสเชิงมุมในตัวในระหว่างการหมุนการสแกนไฟล์สภาพแวดล้อมปัจจุบันที่จะดำเนินการ ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเซนเซอร์ไลดาร์

(ที่มา: <https://www.generationrobots.com>)



รูปที่ 2.3 แผนผังสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการสแกนเซนเซอร์ไลดาร์
(ที่มา: <https://www.generationrobots.com>)

2.2 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System)

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ [3-4] เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นสำหรับการเขียนซอฟต์แวร์ (Software) ควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งจะรวบรวมชุดเครื่องมือและชุดคำสั่ง ต่างๆที่จำเป็นในการพัฒนาหุ่นยนต์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะลดความยุ่งยากให้กับ การสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีความซับซ้อนและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาแพลตฟอร์มหุ่นยนต์ที่หลากหลาย แต่จริงๆแล้วไม่ใช่ระบบปฏิบัติการหลัก เป็นเหมือนกับระบบจัดการไฟล์อย่างมีระบบระเบียบแบบแผน ระบบจัดการการทำงานของโปรแกรมต่างๆที่จะนำมาใช้กับหุ่นยนต์ (Robot) ให้สามารถแบ่งการทำงานของเป็นโมดูลได้และแต่ละโมดูลสามารถส่งข้อมูลติดต่อสื่อสารกันได้ ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ จะมีด้วยกันหลายเวอร์ชันซึ่งส่วนใหญ่ ออกมาเพื่อให้รองรับกับระบบ อูบุนตุ (Ubuntu)

2.2.1 ความเป็นมาของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ เป็นโครงการขนาดใหญ่ที่มีบุกเบิกและผู้ มีส่วนร่วมมากมาย เนื่องจากเป็นระบบที่ต้องการ ครอบคลุมการทำงานร่วมกันแบบเปิดกว้างจากหลากหลาย ผู้คน ในสังคมของผู้วิจัยหุ่นยนต์ และเพื่อให้โครงการ การพัฒนาหุ่นยนต์ต่างๆของตนเองบรรลุเป้าหมาย

ในช่วงกลางทศวรรษ 2000 มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบ AI แบบบูรณาการอย่าง หุ่นยนต์ (Personal Robotics 2 :PR2) ที่ถูกพัฒนาด้วย ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ เป็นการตั้งหน่วยงานวิจัย (Stanford AI Robot :STAIR) และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับ หุ่นยนต์ (Personal Robots :PR) เพื่อสร้างต้นแบบของระบบซอฟต์แวร์แบบไดนามิกที่ยืดหยุ่น สำหรับการใช้งานของหุ่นยนต์ ในปี ค.ศ. 2007 Willow Garage ศูนย์วิจัยหุ่นยนต์ที่ มีวิสัยทัศน์ กว้างไกล ได้จัดหาทรัพยากรที่สำคัญในการขยายแนวคิด เหล่านี้ให้ไปไกลกว่าเดิมและสร้างซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการใช้งานที่ผ่านการ ทดสอบมาเป็นอย่างดี ความพยายามดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจาก นักวิจัยนับไม่ถ้วนที่ทุ่มเทเวลาและความเชี่ยวชาญของพวกเขาให้กับทั้ง แนวคิดหลักของ ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ และชุดซอฟต์แวร์พื้นฐาน ตลอดจนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เป็นโอเพนซอร์ส และค่อยๆกลายเป็น แพลตฟอร์มที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชุมชนของผู้วิจัยหุ่นยนต์

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ได้รับการพัฒนาจากหลากหลายสถาบัน สำหรับหุ่นยนต์ หลายตัว รวมถึงหลายสถาบันที่รับหุ่นยนต์ PR2 จาก Willow Garage ไปศึกษา แม้ว่าข้อมูลทั้งหมด วางอยู่บนเซิร์ฟเวอร์ (Server) เดียวกันเพื่อให้ผู้คนที่สนใจเข้าถึงได้ง่ายในช่วงหลายปีที่ผ่านมาแต่มิ นานรูปแบบของสหพันธ์ได้ถูกนำมาใช้เป็นจุดแข็งที่ยิ่งใหญ่สำหรับกลุ่มคนที่ใช้ ระบบปฏิบัติการ หุ่นยนต์ โดยสามารถที่จะเป็นเก็บซอสโค้ด ของตัวเองบนเซิร์ฟเวอร์ของตัวเองได้ และยังรักษาความ เป็นเจ้าของและการควบคุมการ เข้าถึงซอสโค้ดได้เต็มรูปแบบ โดยไม่ต้อง ขออนุญาตจากใคร ถ้า หากพวกเขาต้องการที่จะทำให้ที่เก็บของพวกเขา เปิดเผยต่อสาธารณชนพวกเขาสามารถ ทำได้และ เป็นที่ยอมรับ พวกเขาอาจได้รับ คำตอบแทนที่พวกเขาสมควรได้รับ สำหรับความสำเร็จของพวกเขา และได้ ประโยชน์จากข้อเสนอแนะทางเทคนิค เพื่อการปรับปรุง เช่นเดียวกับโครงการ ซอฟต์แวร์ โอเพนซอร์สต่างๆ ขณะนี้ระบบนิเวศของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ประกอบด้วยผู้ใช้นับหมื่นทั่วโลก ทำงานในโดเมนตั้งแต่โครงการงานอดิเรกบนโต๊ะไปจนถึงระบบอัตโนมัติ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่

2.3 ลินุกซ์ (Linux)

ลินุกซ์ [6] เป็นคำที่ใช้ในความหมายที่หมายถึงระบบปฏิบัติการแบบยูนิกซ์โดยใช้ลินุกซ์เคอร์เนลเป็นศูนย์กลางทำงานร่วมกับไลบรารีและเครื่องมืออื่น ลินุกซ์เป็นตัวอย่างหนึ่งในฐานะซอฟต์แวร์ เสรีและซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่ประสบความสำเร็จและมีชื่อเสียง ทุกคนสามารถดูหรือนำโค้ดของ ลินุกซ์ไปใช้งาน แก้ไขได้อย่างเสรี ลินุกซ์นิยมจำหน่ายหรือแจกฟรีในลักษณะเป็นแพคเกจ โดยผู้จัดทำ จะรวมซอฟต์แวร์ (software) สำหรับใช้งานในด้านอื่นเป็นชุดเข้าด้วยกัน

เริ่มแรกของของลินุกซ์พัฒนาและใช้งานในเฉพาะกลุ่มผู้ที่สนใจ ซึ่งในปัจจุบันลินุกซ์ได้รับความ นิยมเนื่องมาจากระบบการทำงานที่เป็นอิสระ ปลอดภัย เชื่อถือได้ และราคาต่ำ จึงได้มีการ พัฒนาจากองค์กรต่าง ๆ เช่น ไอบีเอ็ม ฮิวเลตต์-แพคการ์ด และโนเวลล์ ใช้สำหรับในระบบเซิร์ฟเวอร์ และพีซี เริ่มแรกลินุกซ์พัฒนาสำหรับใช้กับเครื่องอินเทล386 ไมโครโพรเซสเซอร์ หลังจากที่ได้รับความ นิยมปัจจุบัน ลินุกซ์ได้พัฒนารับรองการใช้งานของระบบสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ในระบบ ต่าง ๆ รวมถึงในโทรศัพท์มือถือและกล้องวิดีโอ

2.3.1 การใช้งานลินุกซ์

การใช้งานดั้งเดิมของลินุกซ์ คือ ใช้เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ แต่ จากราคาที่ต่ำ ความยืดหยุ่นพื้นฐานจากยูนิกซ์ทำให้ลินุกซ์เหมาะกับงานหลายๆ ประเภท ลินุกซ์ถือเป็นส่วนสำคัญของซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์ที่เรียกว่า LAMP ย่อมาจาก Linux, Apache, MySQL, Perl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/PHP/Python ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และพบมากที่สุดระบบหนึ่ง ตัวอย่างซอฟต์แวร์ซึ่งพัฒนาสำหรับระบบนี้คือ มีเดียวิกิ ซอฟต์แวร์สำหรับวิกิพีเดีย

เนื่องจากราคาที่ต่ำและการปรับแต่งได้หลากหลาย ลินุกซ์ถูกนำมาใช้ในระบบฝังตัว เช่น เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์พกพาต่างๆ ลินุกซ์เป็นคู่แข่งที่สำคัญของซิมเบียนโอเอสซึ่งใช้ในโทรศัพท์มือถือจำนวนมาก และใช้แทนวินโดวส์ซีอีและปาล์มโอเอส บนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา เครื่องบันทึกวิดีโอที่ใช้ลินุกซ์ที่ดัดแปลงเป็นพิเศษ ไฟร์วอลล์และเราเตอร์หลายรุ่น เช่น ของ Linksys ใช้ลินุกซ์และขีดความสามารถเรื่องทางเครือข่ายของมัน

ระยะหลังมีการใช้ลินุกซ์เป็นระบบปฏิบัติการของซูเปอร์คอมพิวเตอร์มากขึ้น ในรายชื่อคอมพิวเตอร์ ของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดสองอันดับแรกใช้ลินุกซ์ และจาก 500 ระบบ มีถึง 371 ระบบ ให้ลินุกซ์แบบใดแบบหนึ่ง

เครื่องเล่นเกม โซนี่ เพลย์สเตชัน 3 ที่ออกในปี พ.ศ. 2549 รันลินุกซ์ โซนียังได้ปล่อยพีเอส2 ลินุกซ์ สำหรับใช้กับเพลย์สเตชัน 2 อีกด้วย ผู้พัฒนาเกมอย่าง Atari และ id Software ก็เคยออกซอฟต์แวร์เกมบนลินุกซ์มาแล้ว

2.3.2 การติดตั้งลินุกซ์

การติดตั้งโดยทั่วไปจะติดตั้งผ่านซีดี (CD) หรือแฟลชไดรฟ์ (Flash Drive) ต้องสร้างไฟล์ติดตั้งก่อน โดยเซฟไฟล์ ของลินุกซ์ลงแผ่นหรือแฟลชไดรฟ์ก่อนสามารถนำไฟล์หามาเบิร์นได้หลายวิธี เช่น สามารถเบิร์นได้จากโปรแกรม (Rufus) ตัวโปรแกรมของมันเองจะดาวน์โหลดส่วนอื่นเพิ่มขึ้นมาผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือสำหรับบางตัว เช่น อุบุนตุ (Ubuntu) สามารถทำงานได้ผ่านแฟลชไดรฟ์ โดยติดตั้งในแรมในช่วงที่เปิดเครื่อง

การทำงานของลินุกซ์สามารถติดตั้งได้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูง จนถึงเครื่องที่สมรรถนะต่ำที่ไม่มีฮาร์ดไดรฟ์หรือมีแรมน้อยโดยทำงานเป็นเครื่องไคลเอนต์โดยที่เครื่องไคลเอนต์สามารถบูตและเรียกใช้งานโปรแกรมต่างๆ ผ่านทางเน็ตเวิร์กจากเครื่องเทอร์มินอลเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งวิธีการนี้ยังคงช่วยให้ประหยัดเวลาในการติดตั้งโปรแกรม

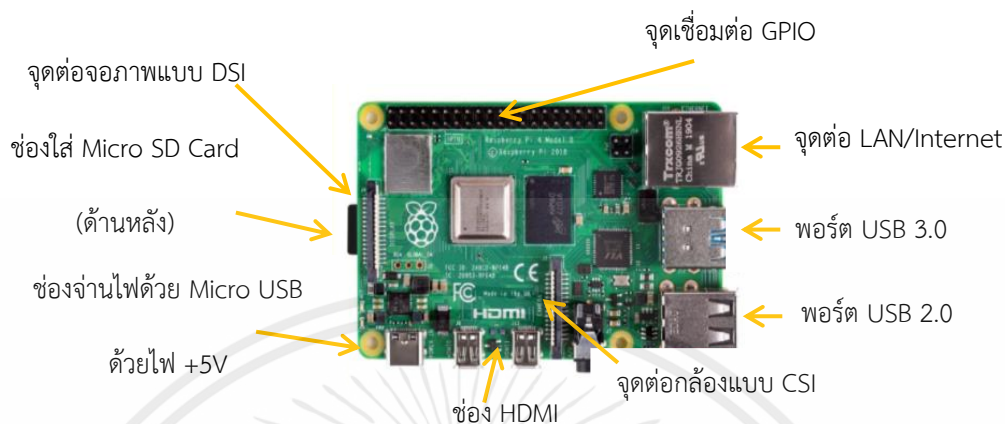
2.4 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย [7-8] บอร์ดที่เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีคุณสมบัติในการเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด เมาส์ และจอมอนิเตอร์ ราสเบอร์รี่พาย สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน เช่น ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมต่าง ๆ หรือนำมาใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และยังสามารถใช้เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก

บอร์ดราสเบอร์รี่พายสามารถใช้กับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) โดยรองรับได้หลายระบบ โดยการติดตั้งด้วยเอสดีการ์ด (SD Card) บอร์ดราสเบอร์รี่พายจะมีซีพียู(Central Processing Unit : CPU), จีพียู (Graphics Processing Unit : GPU) และ แรม(Random Access Memory : RAM) ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อกับจีพีไอโอ (General Purpose Input/Output : GPIO) สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้ ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พายมีลักษณะ แสดง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

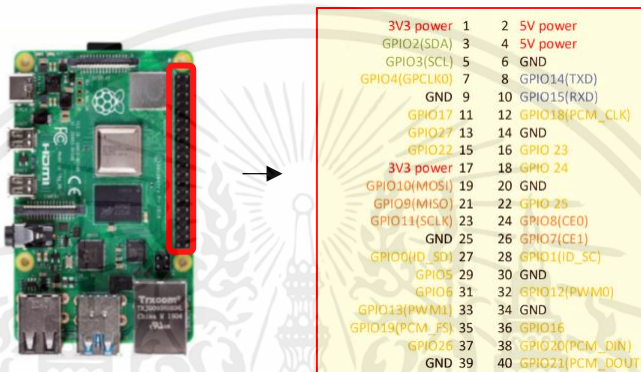
2.4.1 คุณสมบัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

1. ชิพควบคุมหลัก Broadcom BCM2711 เทียบเท่าซึ่งรวม ซีพียู (CPU), หน่วยประมวล กราฟ หรือ จีพียู (GPU) และหน่วยความจำ เอสดี(SD) แรม(RAM) ไว้ภายในตัวเดียวกัน
2. หน่วยประมวลผลกลางหรือ ซีพียู (Cortex-A72) เป็นซีพียู 64 บิตแบบ 4 แกน ความเร็ว 1.5 GH
3. หน่วยความจำ 8 GB
4. เครือข่ายความเร็วสูง
5. พอร์ตยูเอสบี 3.0 จำนวน 2 พอร์ต
6. พอร์ตยูเอสบี 2.0 จำนวน 2 พอร์ต
7. พอร์ตอินพุตเอาต์พุต จำนวน 40 พิน
8. ไมโครเอชดีเอ็มไอ (Micro HDMI) 2 พอร์ต
9. ส่วนพอร์ตต่อกล้อง เอ็มไอพีไอ 2 พอร์ต
10. ช่องสัญญาณเอาต์พุตวิดีโอ และช่องสัญญาณเสียงสเตอริโอ 4 พอร์ต
11. การ์ดความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล
12. ช่องสำหรับจ่ายไฟกระแสสลับขนาด 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 จุดเชื่อมต่อบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ผ่าน GPIO ซึ่งประกอบด้วย ยูอาร์ท (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART), เอสพีไอ (Serial Peripheral Interface : SPI), พัลส์บวลิวเอ็ม (Pulse Width Modulation : PWM), ไอสแควซี (Inter-Integrated Circuit : I2C) และอื่นๆ เพื่อใช้ในการควบคุม และสื่อสาร กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพอร์ตจีพีไอโอ เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์สามารถนำไปใช้งานได้ 21 ขา ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย ชนิดด้วยกัน รวมทั้ง มีพอร์ตสำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วย มีทั้งขนาด 3 โวลต์, 5 โวลต์ และกราวด์ ดังรูปที่ 2.5

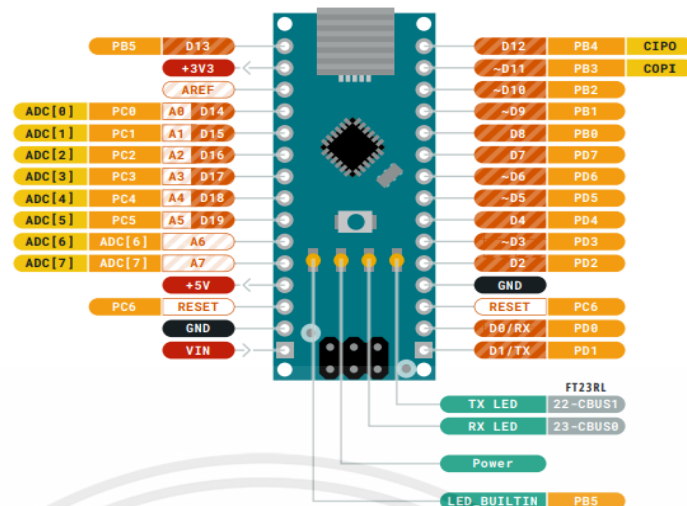


รูปที่ 2.5 จุดเชื่อมต่อบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

2.5 บอร์ดอาดุยโน้โน (Arduino nano)

บอร์ดอาดุยโน้โนนาโน [9] ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้กับงานทั่วไป ใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์เอทีเมกะ (ATmega168P) หรือเบอร์เอทีเมกะ (ATmega328P) ได้รับความนิยม เนื่องจากมีราคาไม่แพง เพราะเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการเริ่มต้นการเรียนรู้ ซึ่งบอร์ดอาดุยโน้โนนาโน ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา ตั้งแต่ 2.3, 3 โปรแกรมผ่านโปรโตคอล ยูอาร์ท มีชิป ยูเอสบี ถึง ยูอาร์ท มาให้ ใช้มินิยูเอสบี (Mini USB) เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีพอร์ตดิจิทัลอินพุตเอาต์พุต 14 พอร์ต มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต 8 พอร์ต บนบอร์ด ยังมีเร็กกูเลเตอร์ (regulator) สามารถจ่ายไฟได้ตั้งแต่ 7 – 12 โวลต์ เพื่อให้บอร์ดทำงานได้ กรณีมีแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ อยู่แล้วก็จ่ายเข้าได้เลยที่ขา 5 โวลต์ ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดง PIN ของอาคุยโน้มนานโน

(ที่มา: <https://www.allnewstep.com/product/462/nano>)

2.5.1 คุณสมบัติของบอร์ดอาคุยโน้มนานโน

1. ใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์เอทีเมกะ (ATmega328)
2. แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการในการทำงาน คือ 5 โวลต์
3. ย่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสม คือ 7 ถึง 12 โวลต์
4. ขาอินพุตแบบอะนาล็อกจำนวน 8 ขา (A0 – A7)
5. กระแสไฟฟ้่ากระแสตรงสูงสุดต่อขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุต 40 มิลลิแอมป์
6. กระแสไฟฟ้่ากระแสตรงของขาจ่ายแรงดัน 3.3 โวลต์ 50 มิลลิแอมป์
7. หน่วยความจำแฟลช 32 กิโลไบต์
8. หน่วยความจำสติกแรม 2 กิโลไบต์
9. หน่วยความจำอีอีพรอม 1 กิโลไบต์
10. ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16 ล้านรอบต่อวินาที

2.5.2 หลักการทำงานของบอร์ดอาคุยโน้มนานโน

1. ภาคจ่ายไฟฟ้า (Power supply)

บอร์ดอาคุยโน้มนานโน สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากพอร์ต ยูเอสบี (USB) ของคอมพิวเตอร์ (computer) หรือแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกโดยบอร์ดสามารถเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ ในส่วนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก ขาพาวเวอร์ซัพพลาย มีดังนี้

- ขาวีอิน (Vin) คือขารับแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงบอร์ดอาคุยโน้มนานโนจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกไม่ผ่านช่องยูเอสบี (USB) รับไฟได้ช่วง 6-12 โวลต์

- ขา 5 โวลต์ คือขาจ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ ที่ได้จากแรงดันจากอินพุต ผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ภายในบอร์ด หรือจากแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตยูเอสบี (USB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 3.3 โวลต์ คือขาจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ที่ได้จากวงจรเร็กกูเลเตอร์ (Regulator) ภายในบอร์ดจ่ายกระแสสูงสุดที่ 50 มิลลิแอมป์

- ขา GND คือขากกราวด์

2. หน่วยความจำ (Memory)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เอทีเมกะ328 มีหน่วยความจำแบบแฟลชสำหรับการจัดเก็บโปรแกรมขนาด 32 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำชั่วคราวแบบสติกแรม (SRAM) ขนาด 2 กิโลไบต์ และมีหน่วยความจำถาวรแบบอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 1 กิโลไบต์

3. พอร์ตอินพุต – เอาต์พุต (Input-output port)

บอร์ดอาดูยโนน่าโน มีพอร์ตดิจิทัลทั้งหมด 14 ขา สามารถเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต แต่ละขาทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ สามารถจ่ายหรือรับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 40 มิลลิแอมป์

4. อนาล็อกอินพุต (Analog input)

บอร์ดอาดูยโนน่าโน มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต (Analog input) 8 ขา คือ ขา A0 ถึง ขา A7 ซึ่งแต่ละช่องมีความละเอียดขนาด 10 บิต แบ่งระดับความแตกต่างได้ 1,024 ค่า โดยเริ่มต้นจากระดับแรงดัน 0 โวลต์จนถึงระดับ 5 โวลต์ และสามารถเปลี่ยนระดับแรงดันอ้างอิงได้โดยใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอกที่ขาเออาร์เอฟอี ร่วมกับฟังก์ชัน analogReference()

2.6 ภาษาซี (C Programming Language)

ภาษาซี [10-11] เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมทั่วไป ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกสำหรับใช้เป็นภาษาเพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ปฏิบัติการยูนิกซ์แทนภาษาแอสเซมบลีซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ (hardware) ได้ด้วยความรวดเร็วแต่จุดอ่อนของภาษาแอสเซมบลีคือความยุ่งยากในการใช้โปรแกรม ความเฉพาะตัว และความแตกต่างกันไป เดนนิส ริตชี (Dennis Ritchie) จึงได้คิดค้นพัฒนาภาษาใหม่ขึ้นมาเมื่อประมาณต้นปี ค.ศ. 1970 โดยการรวบรวมเอาจุดเด่นของแต่ละภาษาระดับสูงผนวกเข้ากับภาษาระดับต่ำเรียกชื่อว่า ภาษาซีโดยภาษาซีใช้ในโปรแกรมอาดูยโน ไอดีอี

2.6.1 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี

โปรแกรมในภาษาซีทุกโปรแกรมจะประกอบด้วยฟังก์ชันอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชัน main โดยโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชัน main ก่อน ในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

1. ชื่อฟังก์ชัน (Function name) ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ argument อยู่ในวงเล็บ

2. การประกาศตัวแปร (Variable Declaration) สำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ที่ใช้ในโปรแกรมจะต้องมีการประกาศการใช้งาน และการเก็บค่าในรูปแบบใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. องค์ประกอบคำสั่ง (Command element) ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นประโยคเชิงซ้อนและประโยคนิพจน์ โดยประโยคเชิงซ้อนอยู่ในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง {และ} โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน มีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย อัฒภาค (;) หลายประโยครวมกัน และอาจมีวงเล็บปีกกาใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยด้วย

2.7 โมดูลไจโรจีวาย 87 (GY-87)

โมดูลไจโรจีวาย 87 [12] เป็นอุปกรณ์โมดูลมาตรความเร่ง (Accelerometers), ไจโรสโคป (Gyroscope) และเข็มทิศ (Compass) ในตัวเดียวกัน บนโมดูลเพื่อตรวจสอบการวางแนว ไจโรสเซนเซอร์เป็น อุปกรณ์ที่ตรวจจับความเร็วเชิงมุมซึ่งเปลี่ยนแปลงตามมุมการหมุนต่อเวลา ความเร็วเชิงมุมโดยปกติจะ แสดงเป็นหน่วย deg/s องศาต่อวินาที จะประกอบด้วยชิป MPU6050 HMC5883L BMP180 ส่งข้อมูลผ่าน Bus I2C ใช้ในการหาค่าของการเคลื่อนไหวทั้ง 3 แกน และทิศทางของการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โมดูลไจโรจีวาย 87

2.7.1 คุณสมบัติโมดูลไจโร

1. ใช้ไฟเลี้ยง +3.3 ถึง+5 โวลต์
2. ชิป MPU6050 HMC5883L BMP180
3. เชื่อมต่อผ่านบัส I2C

2.7.2 รายละเอียดโมดูลไจโร

รายละเอียดโมดูลไจโร แสดงดังในรูปที่ 2.8



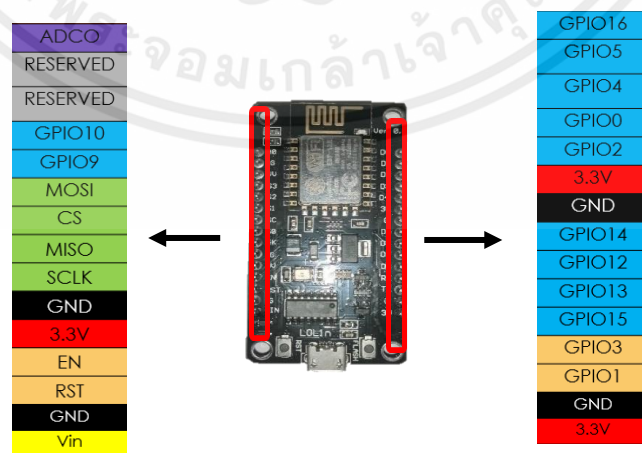
VCC_IN	คือขารับไฟ +5 โวลต์ไปที่ Regulate 3.3 โวลต์
3.3V	คือขาไฟ 3.3 โวลต์
GND	คือขากกราวด์
SCL	คือขาสัญญาณนาฬิกา บนบัส I2C
SDA	คือขาสัญญาณข้อมูล บนบัส I2C
FSYNC	คือFrame synchronization digital input (MPU6050)
INTA	คือInterrupt digital output (totem pole or open-drainMPU6050)
DRDY	คือData Ready, Interrupt Pin (HMC5883L)

รูปที่ 2.8 รายละเอียดโมดูลใจโร

2.8 โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 (NodeMCU ESP 8266)

โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 [13] คือบอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะการทำงานตามสั่งภาษาซีคล้ายอาดุยโน แต่มีลักษณะพิเศษกว่าคือสามารถเชื่อมต่อกับไวไฟ ได้ การควบคุมการทำงานสามารถใช้โปรแกรมอาดุยโนไอดีอี (Arduino IDE) ได้เช่นเดียวกับบอร์ดอาดุยโนซึ่งโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ ถึง 3.6 โวลต์ การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆ ที่ใช้แรงดัน 5 โวลต์ ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วยเพื่อไม่ให้โมดูลเกิดความเสียหายกระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200 มิลลิแอมป์ความถี่คริสตอล 40 เมกะเฮิร์ตซ์

แสดงตำแหน่งพินและขาของโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 โดยมีขาที่ใช้งาน คือ ขาGPIO (General Purpose Input/Output) หรือขา D0 ถึง D12 ขา ADC (Analog to Digital) หรือขา A0 และ ขาไฟเลี้ยง (ยูเอสบี และ 3.3 โวลต์) และกราวด์ (Ground, GND) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งพินและขาของโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 คุณสมบัติโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266

โหนดเอ็มซียูอีเอสพีมีหลายรุ่นโดยโครงสร้างและขาที่ใช้งานจะมีลักษณะคล้ายกันคือ

1. GPIO0 เป็นขาสำหรับเลือกโหมด โดยเมื่อต่อกับ กราวด์ จะเข้าโหมดโปรแกรม เมื่อต้องการให้ทำงานปกติไม่ต้องต่อ
2. GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลงกราวด์เพื่อให้โมดูลทำงาน
3. CH_PD หรือ EN เป็นขาที่ต้องต่อไฟ VCC เพื่อ pull up สัญญาณ ให้โมดูลทำงาน โมดูลบางรุ่นไม่มีขา Reset มาให้ เมื่อต้องการรีเซ็ต ให้ต่อขา CH_PD กับ กราวด์
4. Reset ต่อกับไฟ VCC เพื่อ pull up สัญญาณโดยเมื่อต้องการรีเซ็ตให้ต่อกับไฟ กราวด์
5. VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไฟเลี้ยง ใช้ไฟเลี้ยง 3.0 ถึง 3.6 โวลต์
6. GND ต่อกับไฟ 0 โวลต์
7. GPIO เป็นขาดิจิตอล INPUT/OUTPUT ทำงานที่ไฟ 3.3 โวลต์
8. ADC เป็นขา Analog INPUT รับแรงดันสูงสุด 1 โวลต์ความละเอียด 10 บิต

2.8.2 จุดเด่นของโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266

1. สามารถเชื่อมต่อกับไวไฟได้โดยไม่ต้องติดตั้งโมดูลไวไฟเพิ่มเติม
2. สามารถเขียนและอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดด้วยโปรแกรมอาคุยโนไอดีอีผ่านสายยูเอสบี (USB) แบบเดียวกับที่ใช้ชาร์จโทรศัพท์ได้

2.9 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960 (BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive)

บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์บีทีเอส 7960 [14] ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ใช้สะดวกต่อการควบคุมมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงๆ ซึ่งนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ในการควบคุมความเร็ว สามารถรองรับความเร็วของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ได้ถึง 25 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 1 ตัว และควบคุมหมุนซ้ายขวาได้

1. มีแรงดันไฟเลี้ยงมอเตอร์ 6-27 โวลต์
2. กระแสเอาต์พุตสูงสุด : 47 แอมป์
3. มีแรงดันอินพุตสำหรับใช้ควบคุม : 5 โวลต์



รูปที่ 2.10 บอร์ดขับมอเตอร์บีทีเอส 7960

2.10 มอเตอร์เกียร์เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์เอ็นโค้ดเดอร์ [15] ดังแสดงในรูปที่ 2.11 คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมรอบการทำงานของการเคลื่อนที่วัตถุได้อย่างเหมาะสม เช่น เครื่องลำเลียงสินค้า เป็นต้น โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือน หน้าแปลน และก้านเพลายื่นออกมา ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เกียร์มีหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทงานเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงโดยตัว เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) สามารถนำเอารหัสเหล่านี้มาแปลงกลับ เพื่อหาค่าต่างๆที่เราต้องการได้ ไม่ว่าจะเป็นระยะทางการหมุน องศาการเคลื่อนที่ หรือ ความเร็วรอบก็ได้ แล้วนำมาแสดงผลให้เราได้ทราบค่าผ่านหน้าจอดีแสดงผล เช่น ถ้าต้องการวัดระยะทาง เราจะต้องต่อเข้ากับตัวนับจำนวน เพื่อแสดงผลเป็นระยะทาง หรือ ถ้าต้องการวัดความเร็วรอบ เราจะต้องต่อเข้ากับตัววัดพัลส์ โดยการประยุกต์ใช้เอ็นโค้ดเดอร์ สามารถใช้ทำงานได้อย่างหลากหลาย เช่น กระบวนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น ในการวัดความยาว เป็นต้น



รูปที่ 2.11 มอเตอร์เอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium Ion Battery)

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [16] เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาทำให้พกพาสะดวก รวมถึงมีระยะเวลาใช้งานนานขึ้นมาก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า และยังมี การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอวกาศ ด้านการทหาร ด้านการไฟฟ้าและสาธารณสุขปโภค แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนประกอบด้วยส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. ขั้วไฟฟ้า (electrode) ได้แก่ ขั้วแคโทด (cathode) และขั้วแอโนด (anode)
2. แผ่นกั้นในแบตเตอรี่ (separator) คือตัวช่วยป้องกันกระแสลัดวงจรโดยทำให้ขั้วแคโทดไม่สัมผัสกับขั้วแอโนด
3. อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือเป็นสารละลายที่มีเกลือของลิเทียมผสมอยู่เป็นตัวนำที่ยอมให้ไอออนผ่าน แต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอน (Electron) ไหลผ่าน ดังนั้นจึงเป็นตัวนำไอออนที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กตรอนที่ไม่ดี
4. ตัวรับกระแส (current collector) คือเป็นโลหะตัวนำทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรภายนอก และเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ

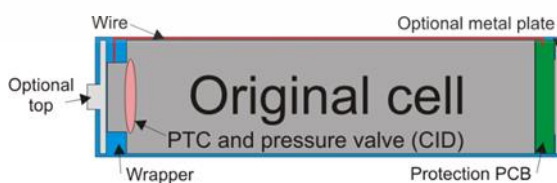
2.11.1 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

คุณสมบัติหลักของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนคือการจ่ายไฟที่แรงและคงที่อยู่ตลอดเวลาแม้ไฟใน แบตเตอรี่ใกล้จะหมดแถมยังมีระยะเวลาการชาร์จไฟจนเต็มความจุที่เร็วกว่า แบตเตอรี่แบบอื่น ๆ และ ยังใช้ได้นานกว่าอีกด้วยเช่นกัน

อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนในระยะที่เต็มประสิทธิภาพจะอยู่ระหว่าง 1-1.5 ปีขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งานว่ามากหรือน้อยรวมไปถึงการดูแลรักษาและหลังจากนั้นจะเสื่อมลงและ ถึงแม้ว่าจะเก็บแบตเตอรี่ชนิดนี้เอาไว้โดยไม่ได้ใช้งานอะไร แบตเตอรี่สามารถเสื่อมประสิทธิภาพลงได้

2.11.2 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

(ที่มา: <http://www.lygte-info.dk/info/battery%20protection%20UK.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. PCT จะเป็นตัวป้องกันความร้อนของเซลล์ (cell) เกินพิกัด และตัดการทำงานของแบตเตอรี่ลง โดยจะสามารถกลับมาใช้งานได้เมื่ออุณหภูมิเข้าสู่สภาวะปกติ
2. CID นั้นจะเป็นวาล์วป้องกันความดันภายใน เซลล์ เกินพิกัดจนอาจนำไปสู่การระเบิดได้ โดยวาล์วตัวนี้จะทำหน้าที่ตัดการทำงานของ เซลล์ ถาวร ไม่สามารถคืนสภาวะกลับมาใช้ใหม่ได้อีก หากสังเกตที่ขั้วของแบตเตอรี่จะพบรูเล็กๆ ที่ถูกออกแบบไว้สำหรับระบายแก๊สหากมีแรงดันผิดปกติภายใน เซลล์ นั้นเอง
3. Protected PCB หรือเรียกกันว่า 18650 แบบมีวงจร ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ภายในตัวของตัวแบตเตอรี่ ทำหน้าที่คอยป้องกันการใช้กระแสเกิน (Over Current) ป้องกันแรงดันชาร์ตเกิน (Over Charge Voltage) และป้องกันการใช้ไฟในระดับโวลต์ที่ต่ำกว่ากำหนด (Over Discharge) โดยภายในจะมี IC ที่คอย ตรวจสอบอยู่ตลอดเวลาโดย IC ถูกออกแบบให้มีการกินกระแสน้อยมากๆ ในระดับไมโครแอมป์ ซึ่งแทบจะไม่ส่งผลกับปริมาณแบตเตอรี่เลย

2.12 วงจรลดระดับแรงดัน

จากรูปที่ 2.13 เป็นโมดูลแปลงเอาต์พุต ยูเอสบี (USB) 5 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าอินพุต (Input) 7 โวลต์ ถึง 24 โวลต์ แรงดันเอาต์พุต (Output) 5.01 โวลต์ 2.5 แอมป์ กระแสเอาต์พุตสูงสุดของเอาต์พุตต่อเนื่อง 4 แอมป์ สามารถให้กระแสไหลต่อเนื่อง 3 แอมป์ โมดูลตัวนี้ใช้ IC MP2307 ในการแปลงไฟ [17]



รูปที่ 2.13 วงจรลดระดับแรงดัน

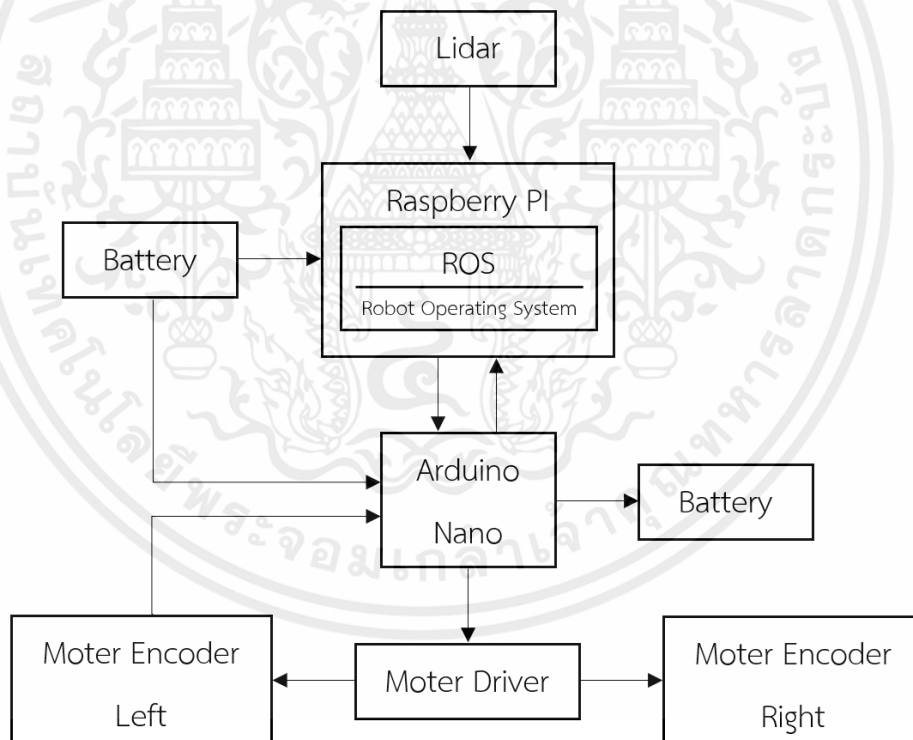
บทที่ 3

การออกแบบและการดำเนินการ

บทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โดยมี บล็อกไดอะแกรมบล็อกไดอะแกรมหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โพรซาร์ทการทำงานของระบบ การออกแบบวงจรรวม วงจรสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร ขั้นตอนการสร้างบริเวณพื้นที่การทำงานขั้นตอนการทำตำแหน่งเรียกใช้งาน การออกแบบโครงสร้างหลัก ระบบชาร์จแบตเตอรี่ และคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 3.1



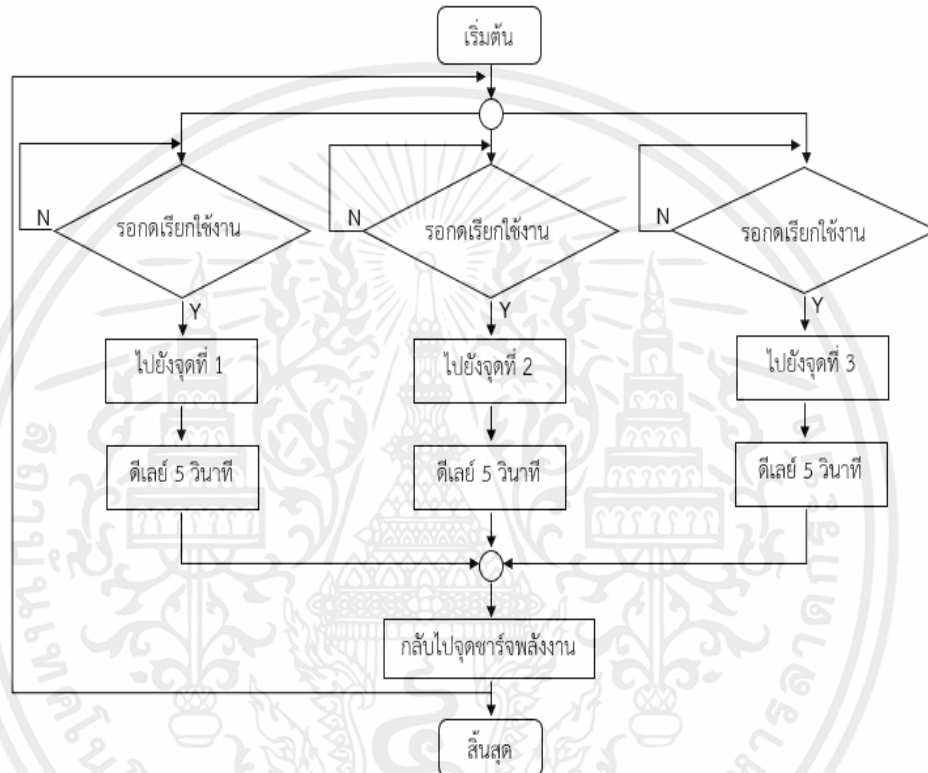
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ การทำงานคือ ไลดาร์ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์สแกนวัตถุโดยรอบ เพื่อนำค่าที่ได้ไปประมวลผลบนรหัสเบอร์รี่พาย จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปสร้างแผนที่และแสดงภาพบน Rviz ซึ่งถูกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งอยู่บน ROS ส่วนฮาร์ดแวร์เป็นตัวรับค่าจาก เซนเซอร์ไจโร เซนเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์ และส่งค่าที่ได้รับไปประมวลผลบนระบบเบร็พเพื่อส่งคำสั่งมายังฮาร์ดแวร์ สั่งงานมอเตอร์ผ่านบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงาน

3.2 โพลีชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร

โพลีชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร ดังรูปที่ 3.2



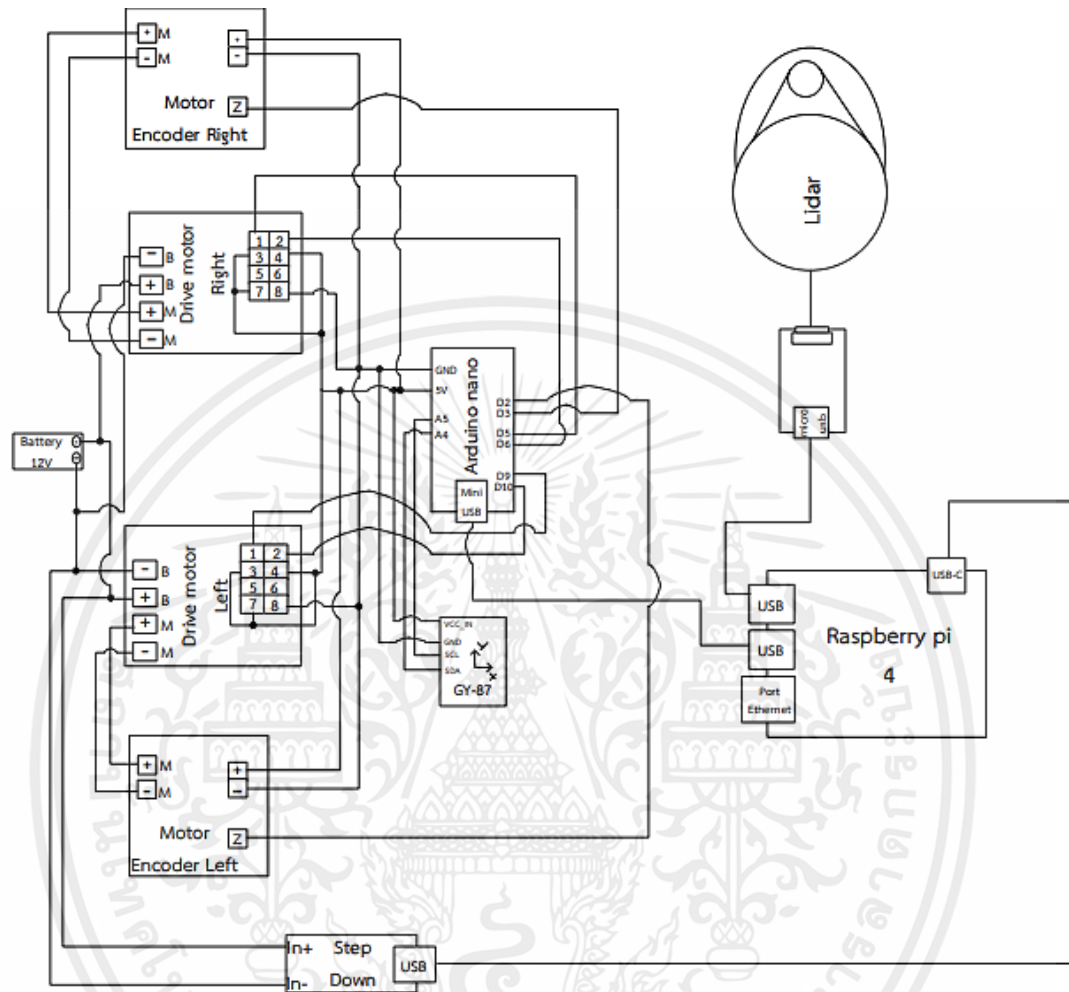
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร

จากรูปที่ 3.2 แผนผังแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ดังนี้ เมื่อมีการกดเรียกใช้งานหุ่นยนต์ตามที่ได้กำหนดจุดที่ 1, 2, 3 หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่ได้ทำการกำหนดไว้ และเมื่อถึงจุดเรียกใช้ หุ่นยนต์จะหยุดรอเป็นเวลา 5 วินาที เมื่อครบ 5 วินาที หุ่นยนต์เคลื่อนกลับมายังจุดพักคอยเพื่อชาร์จพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจร

3.3.1 วงจรรวมของระบบหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคาร ดังรูปที่ 3.3

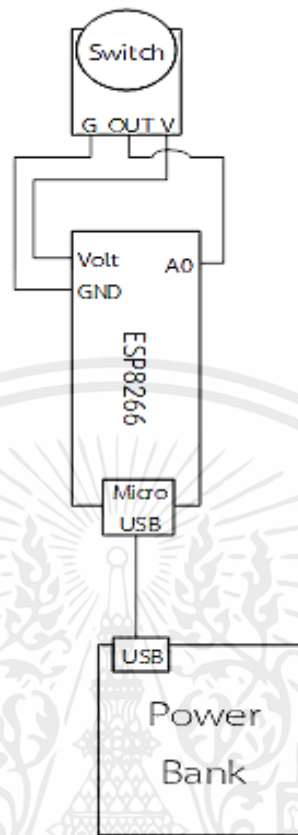


รูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรรวมของหุ่นยนต์ส่งเอกสาร

จากรูปที่ 3.3 วงจรรวมของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ เมื่อทำการจ่ายไฟให้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่ประมวลผลหลัก โดยรับข้อมูลจากไลดาร์ซึ่งทำหน้าที่สแกนวัตถุโดยรอบหุ่นยนต์ อาดุยโน้ นาโน ซึ่งรับค่ามาจากเซนเซอร์ไจโร ที่ทำหน้าที่เป็นตัวอ้างอิงทิศทางของหุ่นยนต์และเซนเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวนับรอบการหมุนของล้อ เมื่ออาดุยโน้ นาโน ได้รับค่าจากจากเซนเซอร์ไจโรและเซนเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์ จะส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลที่บอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อส่งคำสั่งมายังอาดุยโน้ นาโน สั่งงานมอเตอร์ ผ่านบอร์ดขับมอเตอร์ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร ดังรูปที่ 3.4



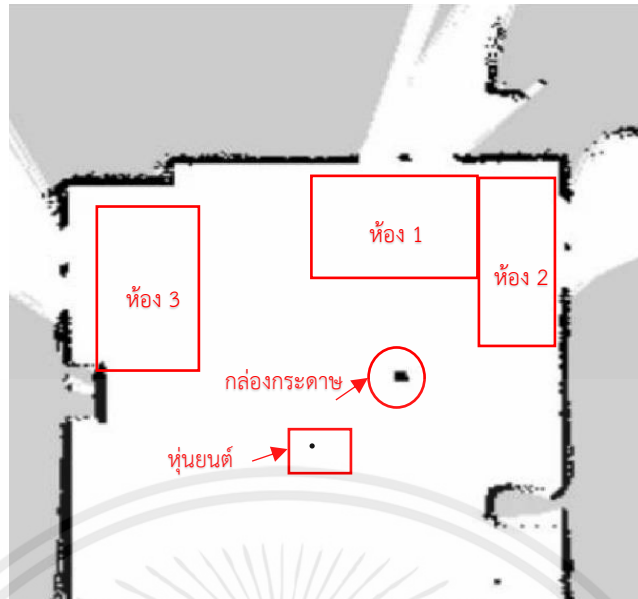
รูปที่ 3.4 วงจรต่อสวิตช์เรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสาร

3.4 ขั้นตอนการสร้างบริเวณพื้นที่การทำงาน

ส่วนนี้ที่ผู้จัดทำขึ้นนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกขั้นตอนการออกแบบพื้นที่การทำงาน และการเรียกใช้คำสั่ง ในส่วนหน้าจอของโน้ตบุ๊ก จะเปิดTerminal 2 หน้าต่าง หน้าต่างที่ 1 จะใช้เรียกคำสั่งฝั่งโน้ตบุ๊ก หน้าต่างที่ 2 จะใช้เรียกคำสั่งฝั่งรอสเบอร์รี่พายจะเป็นการเชื่อมต่อตัวหุ่นยนต์ และเปิดใช้งานคำสั่ง โหนดไลดาร์กับอาอูดยโน้มนาน โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้

1. คำสั่ง `roscore` เป็นการเปิดใช้งานคำสั่ง ROS
2. คำสั่ง `roslaunch myodom slam_map_making.launch` คำสั่งนี้จะเป็นคำสั่งเดียวที่ใช้ฝั่งรอสเบอร์รี่ เป็นการเปิดใช้งานคำสั่งจะใช้งาน โหนดไลดาร์กับอาอูดยโน้มนาน
3. คำสั่ง `roslaunch myodom odom` เป็นคำสั่งที่ใช้รับส่งข้อมูลต่างของ odom
4. คำสั่ง `roslaunch gmapping slam_gmapping` เป็นคำสั่งที่ใช้เปิดสร้างแผนที่ แบบตาราง 2 มิติ เช่น แผนที่อาคาร จากเลเซอร์และจัดทำข้อมูลที่รวบรวมขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่
5. คำสั่ง `rviz` เครื่องมือสร้างภาพ 2 มิติ 3 มิติ สำหรับ ROS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 บริเวณการทำงานที่ทำการออกแบบ

3.5 ขั้นตอนการทำตำแหน่งเรียกใช้งาน

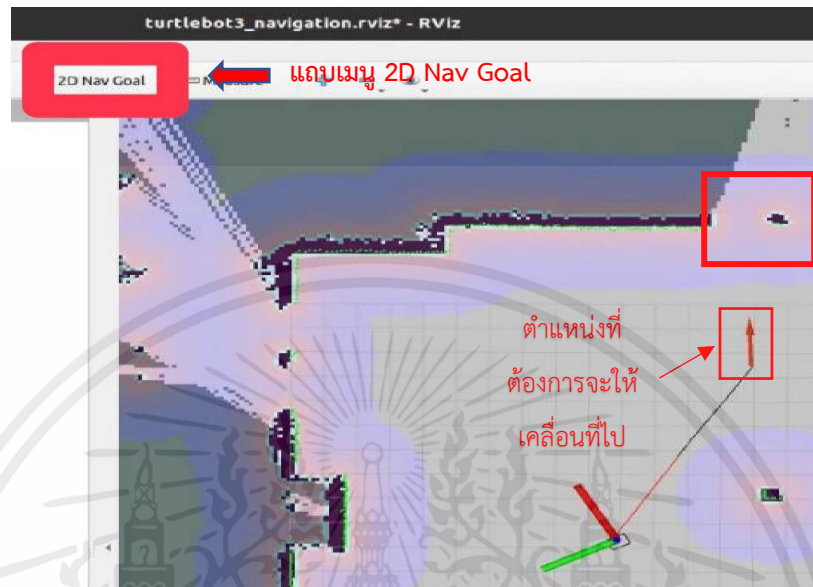
ส่วนนี้ที่ผู้จัดทำขึ้นนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกขั้นตอนการทำจุดเรียกใช้งาน และการเรียกใช้คำสั่ง ในส่วนของหน้าจอของโน้ตบุ๊ก จะเปิด Terminal 2 หน้าต่าง หน้าต่างที่ 1 จะใช้เรียกคำสั่งฝั่งโน้ตบุ๊ก หน้าต่างที่ 2 จะใช้เรียกคำสั่งฝั่ง Raspberry Pi จะเป็นการเชื่อมต่อตัวหุ่นยนต์ และเปิดใช้งานคำสั่ง โหนดไลดาร์กับออดูยโน้ตบุ๊ก โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้

1. คำสั่ง `roscore` เป็นการเปิดใช้งานคำสั่งใน ROS
2. คำสั่ง `roslaunch myodom slam_map_making.launch` คำสั่งนี้จะใช้ฝั่ง Raspberry Pi เป็นการเปิดใช้งานคำสั่งจะใช้งาน โหนดไลดาร์กับออดูยโน้ตบุ๊ก
3. คำสั่ง `roslaunch myodom odom` เป็นคำสั่งที่ใช้รับส่งข้อมูลต่างของ odom
4. คำสั่ง `roslaunch map_server map_server /home/ubuntu/nav_ws/my_test82.yaml` เป็นคำสั่งใช้เรียกไฟล์แผนที่ที่ได้สร้างไว้
5. คำสั่ง `roslaunch amcl amcl_diff.launch` เป็นคำสั่งใช้ติดตามท่าทางของหุ่นยนต์
6. คำสั่ง `roslaunch turtlebot3_navigation move_base.launch` เป็นคำสั่งการเริ่มต้นการนำทางของหุ่นยนต์
7. คำสั่ง `rviz` เครื่องมือสร้างภาพ 2 มิติ 3 มิติ สำหรับ ROS
8. คำสั่ง `node server.js` เป็นการเรียกใช้เซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ขั้นตอนการทำจุดเรียกใช้งาน

1. เลือก 2D Nav Goal เพื่อกำหนดตำแหน่งหุ่นยนต์ที่ต้องการจะให้หุ่นยนต์เคลื่อนไปในตำแหน่งนั้น ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การกำหนดตำแหน่งด้วย 2D Nav Goal

3. จากนั้นเปิด Terminal หน้าต่างใหม่โดยใช้คำสั่ง `cd nav_ws/src/` เพื่อเข้าไปยังโฟลเดอร์ `src` จากนั้นใช้คำสั่ง `catkin_create_pkg run41 move_base_nsps actionlib roscpp` เป็นคำสั่งสร้างโฟลเดอร์ สามารถเปลี่ยนชื่อโฟลเดอร์ที่จะสร้างได้ตรง `run41`

4. จากนั้นจะไปเข้าโฟลเดอร์ `nav_ws` จะพบโฟลเดอร์ที่มีชื่อว่า `src` เข้าไปเจอไฟล์ที่มีชื่อว่าชื่อ `simple_navigation_goals.cpp`

5. เปิดหน้าต่างคำสั่ง `rviz` จะขึ้นตำแหน่งของหุ่นยนต์ที่เราได้ทำกำหนดด้วย 2D Nav Goal ตำแหน่งพิกัด ดังรูปที่ 3.9

6. นำตำแหน่งที่ได้จากหน้าต่างคำสั่ง `rviz` ไปแก้ไขในไฟล์ `simple_navigation_goals.cpp` ดังรูปที่ 3.10

7. นำบอร์ด ESP8266 มาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊กเพื่อทำการเบิร์นโค้ดสวิตซ์

```

ubuntu-Ultro-ANSIS-43:~$ rviz
O) [1656605906.541155249]: rviz version 1.14.14
O) [1656605906.541229318]: compiled against Qt version 5.12.8
O) [1656605906.541251469]: compiled against OGRE version 1.9.0 (Chadamon)
O) [1656605906.557576627]: Forcing OpenGL version 0.
O) [1656605906.843554119]: Stereo is NOT SUPPORTED
O) [1656605906.843627506]: OpenGL device: AMD Radeon(TM) Vega 10 Graphics (
, DRM 3.41.0, 5.13.0-51-generic, LLVM 12.0.0)
O) [1656605906.843651230]: OpenGL version: 4.6 (GLSL 4.6) limited to GLSL 1
Mesa system.
O) [1656605917.280327550]: Creating 1 swatches
O) [1656605917.396579381]: Creating 1 swatches
O) [1656605917.445797249]: Creating 1 swatches
O) [1656605942.043669884]: Setting pose: -0.000 0.016 -0.013 [frame=map]
O) [1656605963.548053433]: Setting pose: 0.031 0.015 0.024 [frame=map]
O) [1656605984.585591185]: Setting goal: Frame:map, Position(2.922, -1.520,
0), Orientation(0.000, 0.000, 0.014, 1.000) = Angle: 0.027

```

รูปที่ 3.9 ตำแหน่งพิกัดที่แสดงบนหน้าต่างคำสั่ง rviz

```

28 goal.target_pose.pose.position.x = -0.148;
29 goal.target_pose.pose.position.y = -0.468;
30 goal.target_pose.pose.position.z = 0.000;
31
32 goal.target_pose.pose.orientation.x = 0.000;
33 goal.target_pose.pose.orientation.y = 0.000;
34 goal.target_pose.pose.orientation.z = -0.376;
35 goal.target_pose.pose.orientation.w = 0.927;
36

```

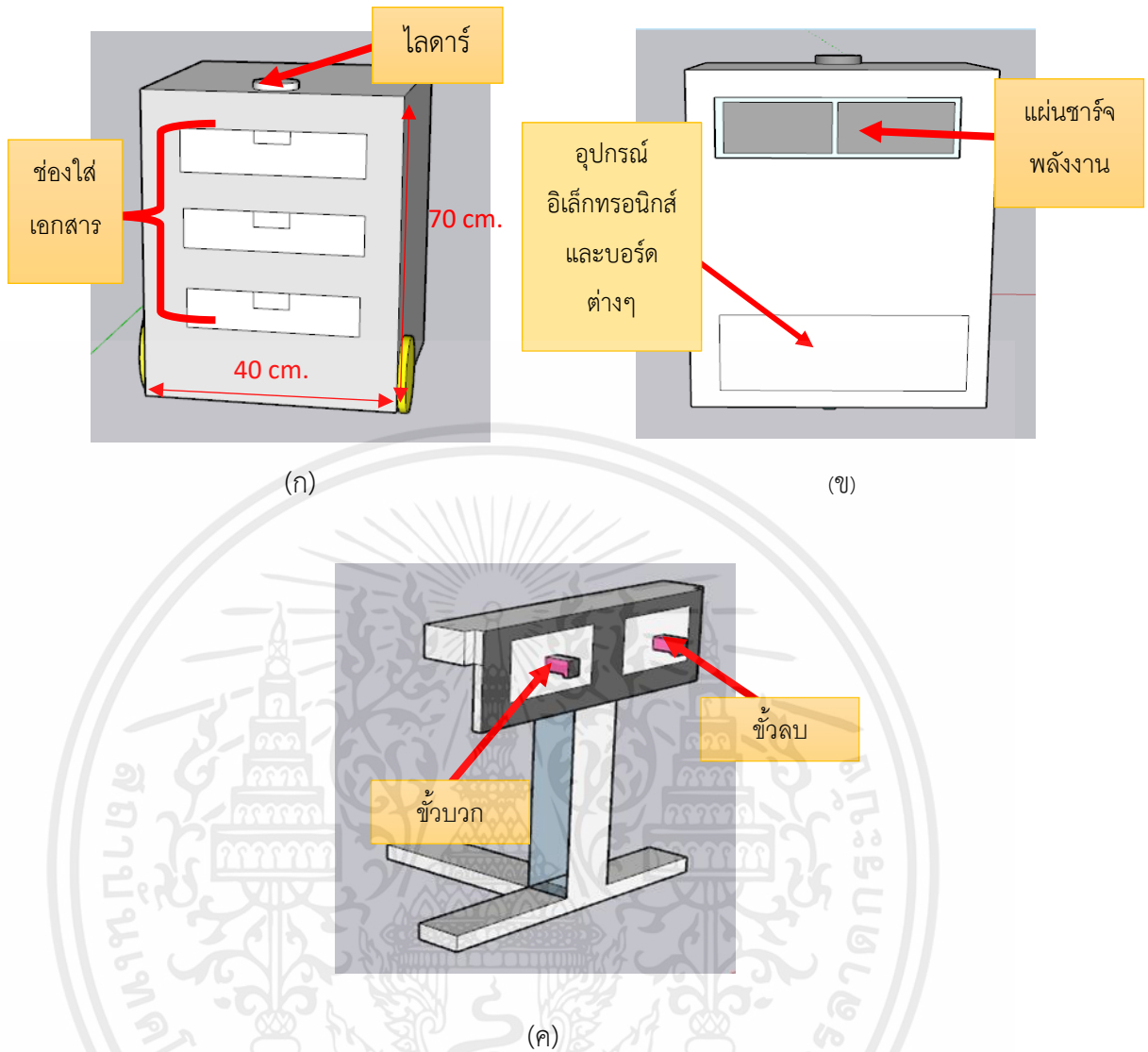
รูปที่ 3.10 นำตำแหน่งที่ได้จาก Rviz มาแก้ไขในไฟล์ simple_navigation_goals.cpp

3.6 การออกแบบหุ่นยนต์ส่งเอกสาร

3.6.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสาร

ในการออกแบบโครงสร้างมีขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร โครงสร้างตัวหุ่นทำจากเหล็กอเนกประสงค์ มีล้อสองข้างซ้าย ขวา เพื่อเป็นล้อขับเคลื่อน และล้ออิสระเพื่อควบคุมทิศทาง ด้านบนหุ่นยนต์มีไลดาร์ ทำหน้าที่ปล่อยเลเซอร์ให้ไปสะท้อนกับวัตถุ โดยรอบหุ่นยนต์ แล้วสะท้อนกลับมายังไลดาร์ เพื่อนำค่าที่ได้ไปประมวลผลต่อ ชั้นล่างสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบอร์ดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.11 และ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การออกแบบโครงสร้างหลัก (ก) ฝั่งด้านหน้า (ข) ฝั่งด้านหลัง (ค) แท่นชาร์จแบตเตอรี่

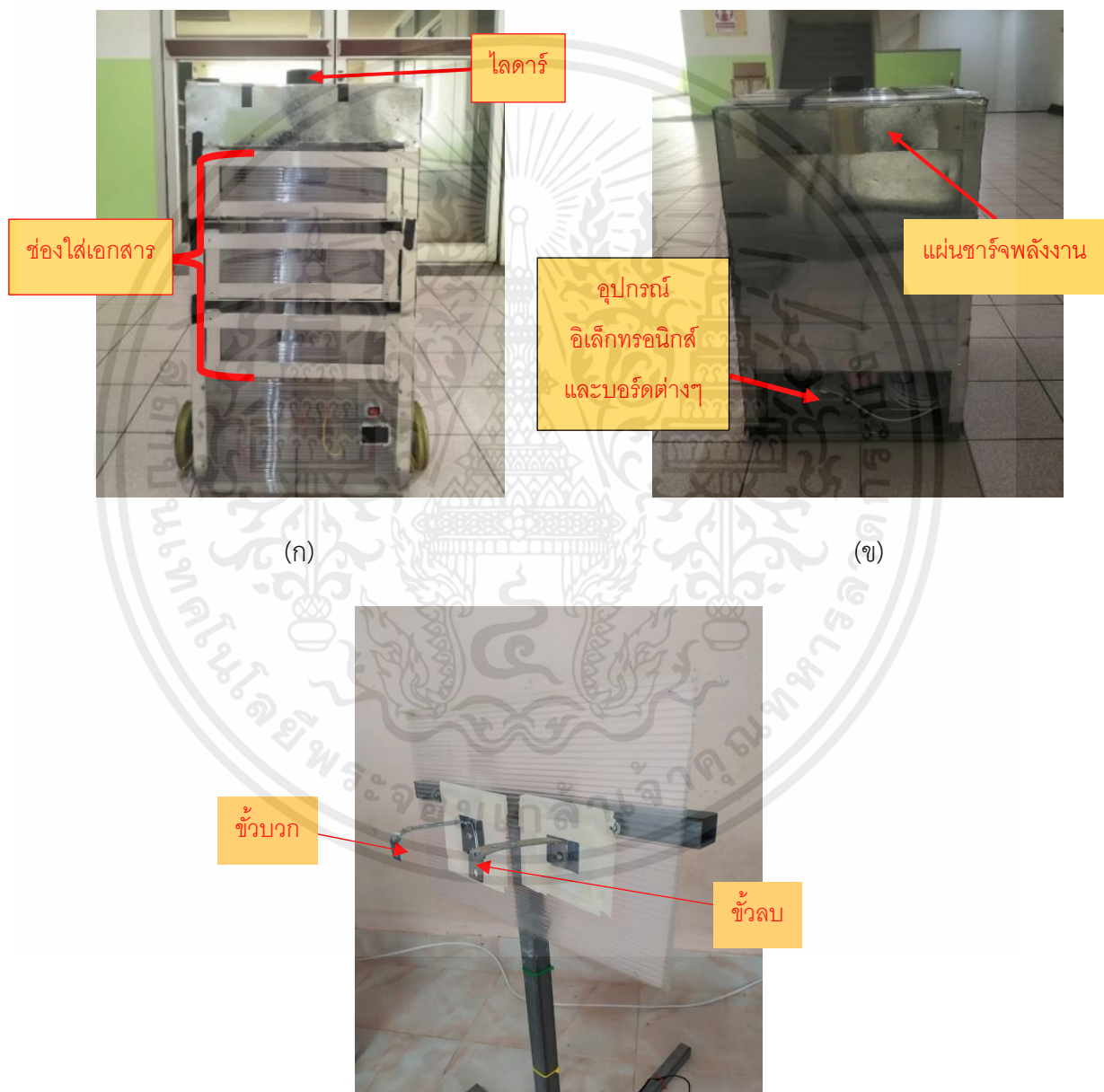
3.6.2 โครงสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสาร

โครงสร้างหุ่นยนต์ส่งเอกสารมีส่วนประกอบดังนี้

1. โครงสร้างทำจากเหล็กอเนกประสงค์ (กว้างxยาวxสูง) (40x40x70) สามารถรับน้ำหนักสิ่งของได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม
2. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลหลักในการควบคุมหุ่นยนต์
3. ไลดาร์ ทำหน้าที่ สแกนวัตถุรอบๆ หุ่นยนต์
4. บอร์ดอาดุยโนน่าโน ทำหน้าที่รับค่ามาจาก เซ็นเซอร์ใจโรกับเซ็นเซอร์เอ็นโค้ดเตอร์ และคอยรับคำสั่งจากราสเบอร์รี่พาย เพื่อส่งใช้งานมอเตอร์ผ่านบอร์ดขับเคลื่อน
5. เซ็นเซอร์ใจโร ทำหน้าที่อ้างอิงทิศทางของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มอเตอร์เอ็นโค้ดเดอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ โดยมีเซ็นเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์เป็นตัวนับรอบการหมุนของล้อ
7. บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนมอเตอร์ซ้าย ขวา
8. แบตเตอรี่ ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ซ้าย ขวา
9. สเต็ปดาว์น ทำหน้าที่แปลงไฟจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้เหลือ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย
10. ล้ออิสระ



รูปที่ 3.12 โครงสร้างหลัก (ก) ฝั่งด้านหน้า (ข) ฝั่งด้านหลัง (ค) แทนชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ระบบชาร์จแบตเตอรี่

การชาร์จแบตเตอรี่มีปัจจัยที่ต้องคำนึง คือ

1. ขนาดความจุของแบตเตอรี่ Ah ในการชาร์จแบตเตอรี่ ควรชาร์จด้วยกระแสต่ำและเวลาชาร์จนาน จึงจะส่งผลดีต่อแบตเตอรี่

วิธีการคำนวณดังสมการที่ 3.1

$$\text{กระแสที่ควรชาร์จ} = 10\% \times \text{ขนาดความจุแบตเตอรี่} \quad (3.1)$$

ดังนั้น แบตเตอรี่ที่ใช้ของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ 12 โวลต์ 20 แอมแปร์ $0.1 \times 20 = 2$ จึงควรชาร์จด้วยกระแส 2 แอมป์

2. ความจุแบตเตอรี่ที่เหลือก่อนชาร์จ

แบตเตอรี่ที่เราใช้ ส่วนใหญ่เมื่อแบตเตอรี่หมดประจุ จะเหลือความจุแบตเตอรี่ Ah ประมาณ 35% ดังนั้นต้องชาร์ตเพิ่มอีก 65% เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม

วิธีการคำนวณดังสมการที่ 3.2 และสมการที่ 3.3

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

$$\text{จำนวนชั่วโมงชาร์ต} = \text{จำนวน Ah ที่ต้องชาร์ตเพิ่ม} / \text{กระแสที่ควรชาร์จ} \quad (3.3)$$

ดังนั้น แบตเตอรี่ที่ใช้ของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ 12 โวลต์ 20 แอมป์อ่าวร์

$$\text{จำนวน Ah ที่ต้องการชาร์ตเพิ่ม} = 65\% \times 20 \text{ แอมป์อ่าวร์} = 13 \text{ แอมป์อ่าวร์}$$

$$\text{จำนวนชั่วโมงชาร์ต} = 13 \text{ แอมป์อ่าวร์} / 3 \text{ แอมป์} \approx 4.33 \text{ ชั่วโมง}$$

สรุปคือ แบตเตอรี่ของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ 12 โวลต์ 20 แอมป์อ่าวร์ เมื่อแบตเตอรี่ หมดต้องชาร์ตเพิ่มอีก 13 แอมป์อ่าวร์ โดยชาร์ตด้วยกระแส 3 แอมป์ เป็นเวลาประมาณ 4.33 ชั่วโมง

3.8 คำนวณการใช้งานแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ของหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ 12 โวลต์ 20 แอมป์ 240 วัตต์

ใช้มอเตอร์ 12 โวลต์ 0.42 โวลต์ 5.04 วัตต์ ต่อ 1 ตัว

โดยใช้มอเตอร์ทั้งหมด 2 ตัว = 12 โวลต์ 0.84 แอมป์ 10.08 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ดังสมการที่ 3.4

$$\text{แบตเตอรี่ } 240 \text{ วัตต์} / \text{มอเตอร์ } 10.08 \text{ วัตต์} \quad (3.4)$$

จะใช้งานแบตเตอรี่ได้ประมาณ 23.8 ชั่วโมง แต่ในกรณีที่มอเตอร์รับน้ำหนักมาก ก็จะกินกระแสสูงสุดประมาณ 1.2 แอมป์ ต่อ มอเตอร์ 1 ตัว

ฉะนั้นมอเตอร์ 2 ตัว = 12 โวลต์ 2.4 แอมป์ 28.8 วัตต์

วิธีคำนวณระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ตอนมีโหลดดังสมการที่ 3.5

$$\text{แบตเตอรี่ } 240 \text{ วัตต์} / \text{มอเตอร์ } 28.8 \text{ วัตต์} \quad (3.5)$$

จะใช้งานแบตเตอรี่ได้ประมาณ 8.3 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลองการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ซึ่งมีหัวข้อการทดลองประกอบไปด้วย ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม การทดลองใช้ไลดาร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์ การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด และทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่

4.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองรับน้ำหนักเอกสาร เพื่อทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัมจากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในบันทึกผล

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หุ่นยนต์ส่งเอกสาร
2. โน้ตบุ๊กที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่
3. หนังสือที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 2-6 กิโลกรัม
4. ทราย

4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเอกสารใส่ในชั้นเอกสารของตัวหุ่นยนต์ให้ครบตามน้ำหนักที่ได้กำหนดไว้
2. ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อทดสอบรับน้ำหนักเอกสาร บันทึกผลการทดลอง

ลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม

ทดสอบรับน้ำหนักเอกสาร	รับน้ำหนักและการเคลื่อน
2 กิโลกรัม	สามารถรับน้ำหนัก 2 กิโลกรัม และเคลื่อนได้
3 กิโลกรัม	สามารถรับน้ำหนัก 3 กิโลกรัม และเคลื่อนได้
4 กิโลกรัม	สามารถรับน้ำหนัก 4 กิโลกรัม และเคลื่อนได้
5 กิโลกรัม	สามารถรับน้ำหนัก 5 กิโลกรัม และเคลื่อนได้
6 กิโลกรัม	สามารถรับน้ำหนัก 6 กิโลกรัม และเคลื่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 พบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขณะรับน้ำหนักของเอกสารตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 6 กิโลกรัม

ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.1 น้ำหนักของเอกสาร 2 กิโลกรัม



รูปที่ 4.2 น้ำหนักของเอกสาร 3 กิโลกรัม



รูปที่ 4.3 น้ำหนักของเอกสาร 4 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 น้ำหนักของเอกสาร 5 กิโลกรัม



รูปที่ 4.5 น้ำหนักของเอกสาร 6 กิโลกรัม



รูปที่ 4.6 นำเอกสารใส่ไว้ในชั้นของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองใช้ไลดาร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองใช้ไลดาร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางจากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในบันทึกผล






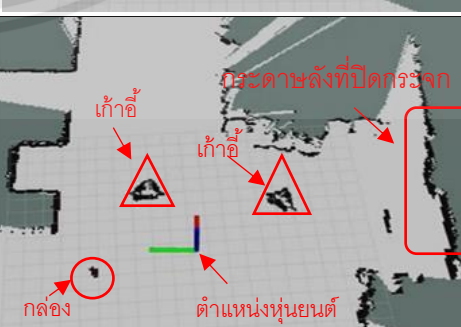
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หุ่นยนต์ส่งเอกสาร
2. โน้ตบุ๊กที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่
3. สิ่งกีดขวาง จะมี กล้องกระดาษ ,เก้าอี้

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่การทำงาน เพื่อสแกนวัตถุสิ่งกีดขวางโดยรอบหุ่นยนต์

ตารางที่ 4.2 ทดลองการตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยไลดาร์

ภาพพื้นที่จริง	ภาพที่ตรวจจับสิ่งกีดขวาง
	
	
	

จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 ไลดาร์สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางบริเวณโดยรอบหุ่นยนต์

เมื่อไลดาร์สแกนสิ่งของที่เป็นกระจก จะทะลุผ่านไม่สามารถสแกนกระจกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองใช้ไลดาร์ในการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในแผนที่ที่ผลจากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในแผนที่ที่ผล


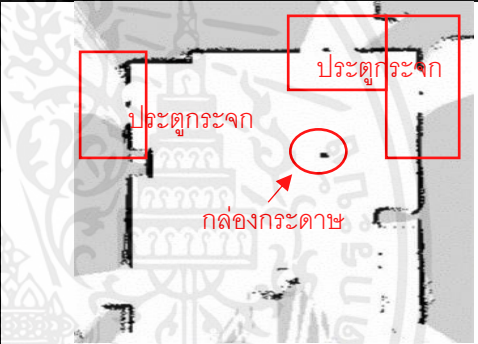

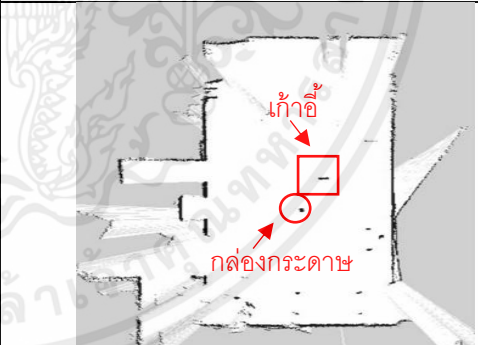

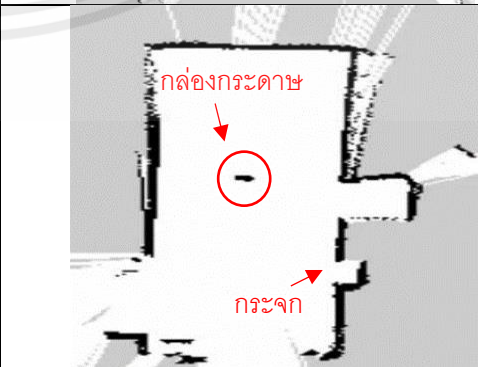
4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. โน้ตบุ๊กที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่
2. สิ่งกีดขวาง จะมี กล้องกระดาศ, แก้ว

4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่ใช้งาน เพื่อสแกนวัตถุสิ่งกีดขวาง รอบหุ่นยนต์ และทำการสร้างพื้นที่

ตารางที่ 4.3 ทดลองการสร้างแผนที่ของบริเวณการทำงานของหุ่นยนต์

ภาพพื้นที่จริง	ภาพแผนที่ที่สร้างได้
	
	
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางผลการทดลองที่ 4.3 หุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่บริเวณพื้นที่ใช้งาน โดยใช้โลตาร์เป็นตัวสแกนตรวจจับสิ่งกีดขวางบริเวณรอบๆหุ่นยนต์ เมื่อโลตาร์สแกนสิ่งของที่เป็นกระจก จะไม่สามารถสแกนกระจกได้

4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสารไปยังพิกัดเป้าหมายแต่ละพิกัดจากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในบันทึกผล

4.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หุ่นยนต์ส่งเอกสาร
2. ตำแหน่งกดปุ่มเรียกใช้งานทั้ง 3 ปุ่ม

4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตั้งหุ่นยนต์ไว้ยังจุดพักคอย
2. เรียกหุ่นยนต์จากจุดพักคอยมาถึงพิกัดเป้าหมาย บันทึกค่าลงในผลการทดลอง
3. เมื่อหุ่นยนต์มาถึงพิกัดเป้าหมาย และวิ่งกลับจุดพักคอย บันทึกค่าลงในผลการทดลอง
4. ทำซ้ำจนครบทั้ง 3 พิกัด
5. นำบันทึกผลการทดลอง ไปหาความคลาดเคลื่อนร้อยละจากสมการที่ 4.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ} = \frac{\text{จุดศูนย์กลาง}-\text{หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่}}{\text{จุดศูนย์กลาง}} \times 100 \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.4.1 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 1

ครั้งที่	จุดศูนย์กลางตำแหน่งที่ 1 (เซนติเมตร)	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์ หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ
1	20	13	35%
2	20	16	20%
3	20	15	25%
4	20	14	30%
5	20	13	35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.2 ทดลองการเคลื่อนหุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย

ครั้งที่	จุดศูนย์กลาง (จุดพักคอย) เซนติเมตร	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์ หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ
1	20	13	35%
2	20	15	25%
3	20	13	35%
4	20	12	40%
5	20	14	30%

จากตารางที่ 4.4.1 และตารางที่ 4.4.2 สามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณดังสมการที่ 4.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ} = \frac{20-16}{20} \times 100 = 20\%$$

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.1 และการทดลองที่ 4.4.2 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไปยังพิกัดเป้าหมายที่ 1 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 1 อยู่ที่ 16 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 20% เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดพักคอย 15 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25% ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 1 (ก) เป็นการวัดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเป้าหมายที่ 1 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ในระยะห่าง 20 เซนติเมตร (ข) ค่าที่วัดระยะห่างจากเป้าหมายที่ 1 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ระยะห่างอยู่ที่ 15 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.3 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 2

ครั้งที่	จุดศูนย์กลางพิกัดเป้าหมายที่ 2 (เซนติเมตร)	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ
1	20	13	35%
2	20	14	30%
3	20	15	25%
4	20	17	15%
5	20	12	40%

ตารางที่ 4.4.4 ทดลองการเคลื่อนหุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย

ครั้งที่	จุดศูนย์กลาง (จุดพักคอย) เซนติเมตร	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ
1	20	13	35%
2	20	12	30%
3	20	15	25%
4	20	13	35%
5	20	12	40%

จากตารางที่ 4.4.3 และตารางที่ 4.4.4 สามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณดังสมการที่ 4.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ} = \frac{20-17}{20} \times 100 = 15\%$$

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.3 และการทดลองที่ 4.4.4 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไป ยังพิกัดเป้าหมายที่ 2 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 2 อยู่ที่ 17 cm. มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 15% เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดพักคอย 15 cm. มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25% ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.8 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 2 (ก) เป็นการวัดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเป้าหมายที่ 2 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ในระยะห่าง 20 cm (ข) ค่าที่วัดระยะห่างจากเป้าหมายที่ 2 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ระยะห่างอยู่ที่ 16 cm

ตารางที่ 4.4.5 ทดลองเรียกใช้งานหุ่นยนต์จากจุดพักคอยไปพิกัดเป้าหมายที่ 3

ครั้งที่	จุดศูนย์กลางเป้าหมายที่ 3 (เซนติเมตร)	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ
1	20	15	25%
2	20	16	20%
3	20	13	35%
4	20	14	30%
5	20	12	40%

ตารางที่ 4.4.6 ทดลองการเคลื่อนหุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย

ครั้งที่	จุดศูนย์กลาง (จุดพักคอย) เซนติเมตร	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ
1	20	13	35%
2	20	15	25%
3	20	12	40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

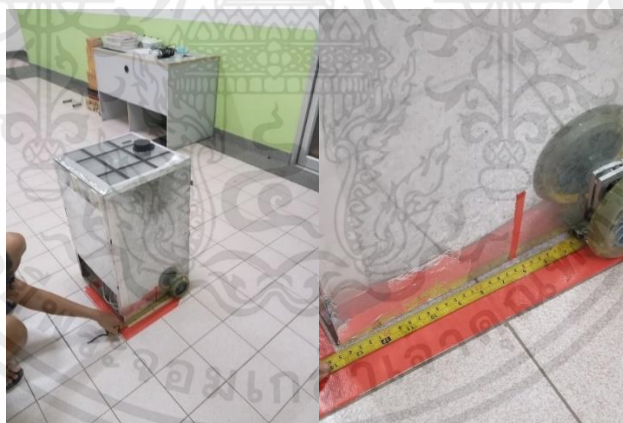
ตารางที่ 4.4.6 ทดลองการเคลื่อนหุ่นยนต์กลับมาจุดพักคอย (ต่อ)

ครั้งที่	จุดศูนย์กลาง (จุดพักคอย) เซนติเมตร	ตำแหน่งที่หุ่นยนต์ หยุดเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ
4	20	14	30%
5	20	14	30%

จากตารางที่ 4.4.5 และตารางที่ 4.4.6 สามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณดังสมการที่ 4.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนร้อยละ} = \frac{20-16}{20} \times 100 = 20\%$$

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.5 และการทดลองที่ 4.4.6 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไปยังพิกัดเป้าหมายที่ 3 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 3 อยู่ที่ 16 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 20% เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดพักคอย 15 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25% ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.9 แสดงการวัดระยะห่างเป้าหมายที่ 3 (ก) เป็นการวัดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเป้าหมายที่ 3 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ในระยะห่าง 20 เซนติเมตร (ข) ค่าที่วัดระยะห่างจากเป้าหมายที่ 3 ถึงจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์ระยะห่างอยู่ที่ 16 เซนติเมตร

4.5 การทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่แต่ละชั่วโมงจากนั้นนำค่าที่ได้ไปแสดงในบันทึกผล

4.5.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้แท่นชาร์จแบตเตอรี่หุ่นยนต์ขนาด 12 โวลต์ 3 แอมป์ ในการชาร์จ
2. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟทุก 1 ชั่วโมงจนครบ 5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 การทดลองระบบชาร์จแบตเตอรี่

ชั่วโมงในการชาร์จ	แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (แอมป์)
ชั่วโมงที่ 1	11.26	2.86
ชั่วโมงที่ 2	11.61	2.81
ชั่วโมงที่ 3	11.89	1.93
ชั่วโมงที่ 4	12.09	0.91
ชั่วโมงที่ 5	12.23	0.35

จากตารางผลการทดลองที่ 4.5 เมื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ด้วย อะแดปเตอร์ 12 โวลต์ 3 แอมป์ พบว่า ในชั่วโมงที่ 1 แรงดันแรกเริ่มชาร์จเท่ากับ 11.26 โวลต์ ชาร์จด้วยกระแส 2.86 แอมป์ ชั่วโมง ที่ 2, 3 กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ จะลดลง ชั่วโมงที่ 4 กระแสที่ชาร์จจะน้อยลงเกินครึ่ง ชั่วโมงที่ 5 แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.23 โวลต์ และชาร์จด้วยกระแส 0.35 แอมป์

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะของโครงการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ขณะรับน้ำหนักเอกสาร 2-6 กิโลกรัม

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 พบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขณะรับน้ำหนักของเอกสารตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 6 กิโลกรัม

5.1.2 การทดลองใช้ไลดาร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 ไลดาร์สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางบริเวณโดยรอบหุ่นยนต์ เมื่อไลดาร์สแกนสิ่งของที่เป็นกระจก จะทะลุผ่านไม่สามารถสแกนกระจกได้

5.1.3 การทดลองการสร้างแผนที่บริเวณการทำงานของหุ่นยนต์

จากตารางผลการทดลองที่ 4.3 หุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่บริเวณพื้นที่ใช้งาน โดยใช้ไลดาร์เป็นตัวสแกนตรวจจับสิ่งกีดขวางบริเวณรอบๆหุ่นยนต์ เมื่อไลดาร์สแกนสิ่งของที่เป็นกระจก จะไม่สามารถสแกนกระจกได้

5.1.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังพิกัดเป้าหมายทั้ง 3 พิกัด

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.1 และการทดลองที่ 4.4.2 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไป ยังพิกัดเป้าหมายที่ 1 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 1 อยู่ที่ 16 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 20% เมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดพักคอย 15 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25%

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.3 และการทดลองที่ 4.4.4 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไป ยังพิกัดเป้าหมายที่ 2 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 2 อยู่ที่ 17 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 15% เมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดพักคอย 15 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25%

จากตารางผลการทดลองที่ 4.4.5 และการทดลองที่ 4.4.6 พบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งไป ยังพิกัดเป้าหมายที่ 3 และกลับมาจุดพักคอยได้ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของพิกัดเป้าหมายที่ 3 อยู่ที่ 16 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละอยู่ที่ 20% เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ เคลื่อนที่กลับมาจุดพักคอย ตำแหน่งที่หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่จะห่างจากจุดพักคอย 15 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 25%

5.1.5 การทดลองระบบชาร์ตแบตเตอรี่

จากตารางผลการทดลองที่ 4.5 เมื่อทำการชาร์ตแบตเตอรี่ด้วย อะแดปเตอร์ 12 โวลต์ 3 แอมป์ พบว่า ในช่วงที่ 1 แรงดันแรกเริ่มชาร์ตเท่ากับ 11.26 โวลต์ ชาร์ตด้วยกระแส 2.86 แอมป์ ช่วงที่ 2, 3 กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ จะลดลง ช่วงที่ 4 กระแสที่ชาร์ตจะน้อยลงเกินครึ่ง ช่วงที่ 5 แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.23 โวลต์ และชาร์ตด้วยกระแส 0.35 แอมป์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. หุ่นยนต์ใช้เวลาในการเคลื่อนที่นานกว่าจะถึงจุดเรียกใช้งานและกลับจุดพักคอย
2. ราบเบอร์ไฟฟาย เมื่อใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่งตัวบอร์ดจะเกิดความร้อนขึ้นส่งผลให้ระบบปฏิบัติการภายในทำงานช้าลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ระบายความร้อนด้วยการติดฮีตซิงค์อลูมิเนียม หรือพัดลมระบายความร้อนบริเวณราบเบอร์ไฟฟาย

เอกสารอ้างอิง

- [1] RPLIDAR A1 (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thaieasyelec.com/product/582/rplidar-a1m8r6-360-degree-laser-scanner-development-kit> ,เข้าถึงครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564
- [2] ไลดาร์ (ระบบออนไลน์)แหล่งที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar#General_description เข้าถึงครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564
- [3] ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ Robot Operating System (ROS) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://success-robotics.com/wp-content/uploads/2019/11/ROS-> , เข้าถึงครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564
- [4] ผศ.รวินทร์ ไชยสิทธิพร, หนังสือ ROS ระบบปฏิบัติการสำหรับการพัฒนาหุ่นยนต์ เดือนปีที่พิมพ์ 08 มิ.ย. 2018 สำนักพิมพ์ :รวินทร์ ไชยสิทธิพร
- [5] ผศ.รวินทร์ ไชยสิทธิพร, หนังสือคู่มือการใช้งาน TurtleBOT 3 Burger ก้าวแรกของการพัฒนาหุ่นยนต์ปัญญาประดิษฐ์ เดือนปีที่พิมพ์ 30 มิ.ย. 2560 สำนักพิมพ์ :รวินทร์ ไชยสิทธิพร
- [6] ลินุกซ์ (Linux) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา<https://th.wikipedia.org/wiki> ,เข้าถึงครั้งสุดท้าย 23พฤศจิกายน 2564.
- [7] นพ มหิษานนท์, การติดตั้งและใช้งาน Raspberry Pi, กรุงเทพฯ, สนพ. คอร์ฟังก์ชั่น,2560.
- [8] บอร์ด raspberry pi 4 (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html> ,เข้าถึงครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564
- [9] Arduino nano (ระบบออนไลน์)แหล่งที่มา<https://www.cybertice.com/article/Arduino> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 8 ธันวาคม 2564
- [10] ดอนสัน ปงผาบ, ภาษาซีและArduino, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2560.
- [11] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง ,การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับผู้เริ่มต้นด้วยภาษา C + เดือนปีที่พิมพ์ 8/2015 ,สำนักพิมพ์ สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, หสม.
- [12] โมดูลไจโร (ระบบออนไลน์)แหล่งที่มา <https://cupdf.com/document/esen245-gy-sensor-gy-87-thaieasyelec-gy-87-arduino-uno-r3-33v-33v-gnd-gnd-scl.html?page=1>,เข้าถึงครั้งสุดท้าย 29 พฤศจิกายน 2564
- [13] บอร์ด NodeMCU ESP8266 (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.ayarafun.com/tag/esp8266/>เข้าถึงครั้งสุดท้าย 8 ธันวาคม 2564
- [14] โมดูลขับดีซีมอเตอร์ (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.howtodogood.com/22637->

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor-Driver-BTS7960 -43A-63, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 พฤศจิกายน 2564

- [15] มอเตอร์เอนโค้ดเดอร์ (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.engineerfriend.com>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 พฤศจิกายน 2564
- [16] โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ 18650 (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.lygte-info.dk/info/battery%20protection%20UK.html> ,เข้าถึงครั้งสุดท้าย 29 พฤศจิกายน 2564
- [17] วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา
<https://www.sunskyonline.com/th/view/839729/LDTRWG0256> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 29 พฤศจิกายน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
โปรแกรมการทำงาน (Program)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทำสวิตช์จุดเรียกใช้งาน

```

#include <ESP8266WiFiMulti.h> //เรียกใช้ไลบรารี ESP8266WiFiMulti
#include <ESP8266HTTPClient.h> //เรียกใช้ไลบรารี ESP8266 HTTPClient
#include <ArduinoJson.h> //ใช้สำหรับอ่านข้อมูลไฟล์ Json
const char* ssid = "abc"; //กำหนดชื่อ WiFi ที่เชื่อมต่อ
const char* password = "0900715943"; //กำหนด password WiFi ที่เชื่อมต่อ
const String host = "192.168.43.212"; //กำหนด IP ที่เชื่อมต่อ
const int buttonPin = D0; // กำหนดพินปุ่มกด D0
int buttonState = 0; //สถานะปุ่มเริ่มที่ 0

void setup() {
  Serial.begin(9600); // กำหนดความเร็วในการสื่อสาร 9600
  pinMode(buttonPin, INPUT); // กำหนดขา buttonPin เป็นโหมด INPUT
  WiFi.mode(WIFI_OFF);
  delay(1000); //หน่วงเวลา 1 วินาที
  WiFi.mode(WIFI_STA); //ใช้งาน WiFi ในโหมด STA
  WiFi.begin(ssid, password); //เชื่อมต่อกับ WiFi ที่กำหนด (STA)
  Serial.println("");
  Serial.print("Connecting"); // รอการเชื่อมต่อ
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //รอจนกว่า จะเชื่อมต่อสำเร็จ
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Connected to Network/SSID"); //แสดงข้อความเชื่อมต่อสำเร็จ Network หรือ
  SSID
  Serial.print("IP address: "); //แสดงคำว่า "IP address" ออกทางSerial
  Monitor
  Serial.println(WiFi.localIP()); //แสดงหมายเลข IP ที่ได้รับมาจาก ESP8266
  ออกทาง Serial Monitor
}

void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin); //กำลังอ่านอินพุตจากปุ่มพิน (ขา D0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println("buttonState : " + String(buttonState));
if(buttonState == 1){
    //กำหนดเงื่อนไขถ้าตัวแปร buttonState ค่า 1
    //ให้ทำในปีกกา
    postDataToBase();
    delay(2000);
}
delay(100);
}

void postDataToBase(){
    // เชื่อม database
    HTTPClient http;
    //ใช้คีย์ใช้งาน

ต่อESP8266 เชื่อมเข้าdatabase
String postMessage;
//กำหนดชนิดpostMessage
StaticJsonDocument<200> doc;
//ประกาศตัวแปรไว้รับค่าการแตก Json
JsonObject obj = doc.createNestedObject("obj");
obj["device"] = 1;
serializeJson(obj, postMessage);
Serial.println("request : " + postMessage);

เชื่อมต่อค่าทั้งหมดไปยังdatabase
http.begin("http://" + host + ":3000/point4");
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
int httpCode = http.POST(postMessage);
String payload = http.getString();
Serial.println("httpCode : " + String(httpCode) + " payload : " + payload );
http.end();
//ปิดการเชื่อมต่อ
}

```

โปรแกรมทำจุดเป้าหมาย

```

#include <ros/ros.h>

#include <move_base_msgs/MoveBaseAction.h>
#include <actionlib/client/simple_action_client.h>

typedef actionlib::SimpleActionClient<move_base_msgs::MoveBaseAction>
MoveBaseClient;

int main(int argc, char** argv){
  ros::init(argc, argv, "my_navigation_goals");
  ros::NodeHandle n;
  ros::Duration(5).sleep();
  MoveBaseClient ac("move_base", true);

  while(!ac.waitForServer(ros::Duration(5.0))){
    ROS_INFO("Waiting for the move_base action server to come up");
  }
  move_base_msgs::MoveBaseGoal goal;
  goal.target_pose.header.frame_id = "map";
  goal.target_pose.header.stamp = ros::Time::now();

  goal.target_pose.pose.position.x = 1.914;
  goal.target_pose.pose.position.y = -1.479;
  goal.target_pose.pose.position.z = 0.000;
  goal.target_pose.pose.orientation.x = 0.000;
  goal.target_pose.pose.orientation.y = 0.000;
  goal.target_pose.pose.orientation.z = 0.001;
  goal.target_pose.pose.orientation.w = 1.000;

  ROS_INFO("Sending goal 1");
  ac.sendGoal(goal);

  ac.waitForResult();

  if(ac.getState() == actionlib::SimpleClientGoalState::SUCCEEDED)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ROS_INFO("movebase1");
else
    ROS_INFO("movebase0");

// รอวิ่งกลับอีก 5 วินาที
ros::Duration(5).sleep();
goal.target_pose.header.frame_id = "map";
goal.target_pose.header.stamp = ros::Time::now();

goal.target_pose.pose.position.x = 0.076;
goal.target_pose.pose.position.y = -0.027;
goal.target_pose.pose.position.z = 0.013;

goal.target_pose.pose.orientation.x = 0;
goal.target_pose.pose.orientation.y = 0;
goal.target_pose.pose.orientation.z = 0;
goal.target_pose.pose.orientation.w = 1;

ROS_INFO("Sending goal 2");
ac.sendGoal(goal);

ac.waitForResult();

if(ac.getState() == actionlib::SimpleClientGoalState::SUCCEEDED)
    ROS_INFO("movebase1");
else
    ROS_INFO("movebase0");

return 0;
}

```

โปรแกรมเซิร์ฟเวอร์

```
// เชื่อมต่อทางออก database
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

const express = require('express')
const bodyParser = require('body-parser');
const cors = require('cors');
const { exec } = require("child_process");

const app = express();
const port = 3000;

//ต่อdatabase
app.use(cors());

//เรียกใช้
app.use(bodyParser.urlencoded({ extended: false }));
app.use(bodyParser.json());

var status = 0;

//พอร์ตเชื่อมต่อช่องทางไปกลับ
app.post('/point1', (req, res) => {
  console.log("status : " + status); //แจ้งเตือนสถานะ
  if(status === 0){
    status = 1;
    exec("rosrun run41 run41", (error, stdout, stderr) => {
      if (error) {
        console.log(`error: ${error.message}`);
        return;
      }
      if (stderr) {
        console.log(`stderr: ${stderr}`);
        return;
      }
      console.log('stdout : ' + stdout);
      status = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        response = { success : 1};
        res.status(200).json({msg:"ok" , body: response});
    });
}

});

app.post('/point2', (req, res) => {
    console.log("status : " + status); //แจ้งเตือนสถานะ
    if(status === 0){
        status = 1;
        exec("roslaunch run42 run42", (error, stdout, stderr) => {
            if (error) {
                console.log(`error: ${error.message}`);
                return;
            }
            if (stderr) {
                console.log(`stderr: ${stderr}`);
                return;
            }
            console.log(`stdout : ' + stdout);
            status = 0;
            response = { success : 1};
            res.status(200).json({msg:"ok" , body: response});
        });
    }

});

app.post('/point3', (req, res) => {
    console.log("status : " + status); //แจ้งเตือนสถานะ
    if(status === 0){
        status = 1;
        exec("roslaunch run43 run43", (error, stdout, stderr) => {
            if (error) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        console.log(`error: ${error.message}`);
        return;
    }
    if (stderr) {
        console.log(`stderr: ${stderr}`);
        return;
    }
    console.log('stdout : ' + stdout);
    status = 0;
    response = { success : 1};
    res.status(200).json({msg:"ok" , body: response});
    });
});
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานการพัฒนาหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์จังหวัดชุมพร
 ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

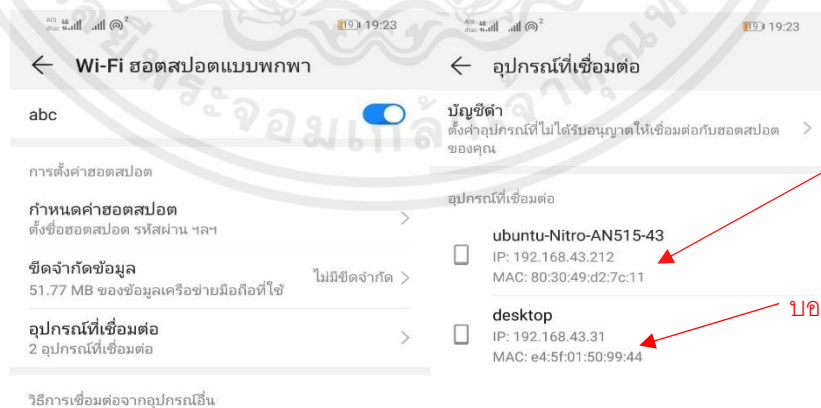
ขั้นตอนการใช้งานหุ่นยนต์ส่งเอกสารภายในอาคารด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

ขั้นตอนที่ 1 กดสวิตช์ ON เพื่อจ่ายไฟให้กับบอร์ดต่างๆภายในหุ่นยนต์ ด้วยแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ขนาด 12 โวลต์ 20 มิลลิแอมป์ ดังรูปที่ ข. 1



รูปที่ ข. 1 กดสวิตช์ ON

ขั้นตอนที่ 2 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Internet) โดยแฮร์ฮอตสปอตส่วนบุคคลในสมาร์ตโฟน (Smart phone) ดังรูปที่ ข. 2 (ก) บอร์ดราคาบอร์ดพีวายกับคอมพิวเตอร์ (Computer) เชื่อมต่อเข้ากับ (Wifi) ชื่อว่า“abc” ดังรูปที่ ข. 2 (ข)



(ก) ฮอตสปอตส่วนบุคคล

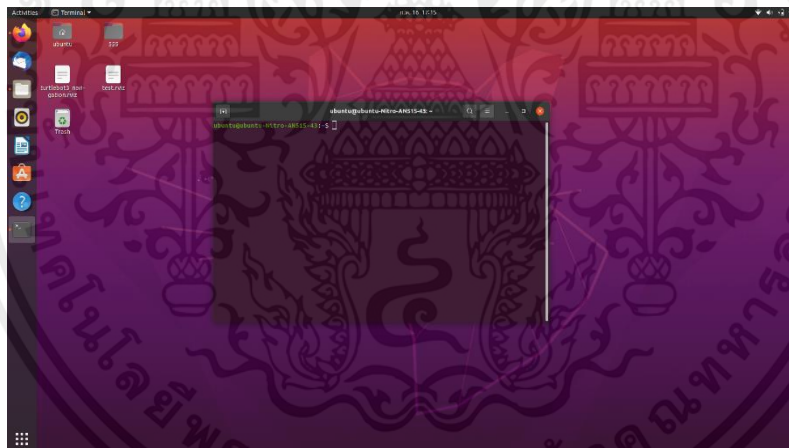
(ข) เชื่อมต่อ (Wifi)

รูปที่ ข. 2 การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 เปิด Terminal (ด้วยการกด ctrl+alt+t) เพื่อจะใช้ในเรียกใช้คำสั่งต่างของหุ่นยนต์ส่งเอกสารมีดังนี้

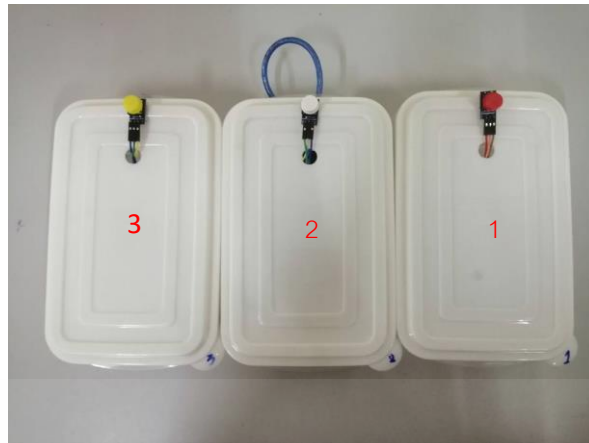
1. คำสั่ง roscore เป็นการเปิดใช้คำสั่งต่างๆใน ROS
2. คำสั่ง roslaunch myodom slam_map_making.launch คำสั่งนี้จะใช้ฝั่ง Raspberry pi เป็นการเปิดใช้งานคำสั่งจะใช้ run โหนดไลดาร์กับArduino
3. คำสั่ง rosrunc myodom odom เป็นคำสั่งที่ใช้รับส่งข้อมูลต่างของ odom
4. คำสั่ง rosrunc map_server map_server /home/ubuntu/nav_ws/my_test82.yaml เป็นคำสั่งใช้เรียกไฟล์แผนที่ได้สร้างไว้
5. คำสั่ง roslaunch amcl amcl_diff.launch เป็นคำสั่งใช้ติดตามท่าทางของหุ่นยนต์
6. คำสั่ง roslaunch turtlebot3_navigation move_base.launch เป็นคำสั่งการเริ่มต้นการนำทางของหุ่นยนต์
7. คำสั่ง rviz เครื่องมือสร้างภาพ 2 มิติ 3 มิติ สำหรับ ROS
8. คำสั่ง node server.js เป็นการเรียกใช้เซิร์ฟเวอร์



รูปที่ ข. 3 หน้าต่าง Terminal

ขั้นตอนที่ 4 จ่ายไฟให้กับบอร์ด ESP8266(สวิตซ์เรียกใช้งาน)เพื่อทำการกดปุ่มเรียกใช้งานหุ่นยนต์ ดังรูปที่ ข. 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข. 4 สวิตช์เรียกใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLAMTEC

RPLIDAR A1

Low Cost 360 Degree Laser Range Scanner

Introduction and Datasheet

Model: A1M8

2016-07-04 09:11:11



www.slamtec.com



Shanghai Slamtec.Co.,Ltd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTENTS	1
INTRODUCTION	3
SYSTEM CONNECTION	3
MECHANISM	4
SAFETY AND SCOPE	5
DATA OUTPUT	5
APPLICATION SCENARIOS	6
SPECIFICATION	7
MEASUREMENT PERFORMANCE	7
LASER POWER SPECIFICATION	8
COMMUNICATION INTERFACE	8
POWER SUPPLY AND CONSUMPTION	10
MISC	10
SELF-PROTECTION AND STATUS DETECTION	12
SDK AND SUPPORT	13
MECHANICAL AND CUSTOMIZATION OPTIONS	14
REVISION HISTORY	15
APPENDIX	16
IMAGE AND TABLE INDEX	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RPLIDAR A1 is a low cost 360 degree 2D laser scanner (LIDAR) solution developed by SLAMTEC. The system can perform 360degree scan within 6meter range. The produced 2D point cloud data can be used in mapping, localization and object/environment modeling.

RPLIDAR A1's scanning frequency reached 5.5 hz when sampling 360 points each round. And it can be configured up to 10 hz maximum.

RPLIDAR A1 is basically a laser triangulation measurement system. It can work excellent in all kinds of indoor environment and outdoor environment without sunlight.

System connection

RPLIDAR A1 contains a range scanner system and a motor system. After power on each sub-system, RPLIDAR A1 start rotating and scanning clockwise. User can get range scan data through the communication interface (Serial port/USB).



Figure 1-1 RPLIDAR A1 System Composition

RPLIDAR A1 comes with a speed detection and adaptive system. The system will adjust frequency of laser scanner automatically according to motor speed. And host system can get RPLIDAR A1's real speed through communication interface.

The simple power supply schema saves LIDAR system's BOM cost and makes RPLIDAR A1 much easier to use. Detailed specification about power and communication interface can be found in the following sections.

Mechanism

RPLIDAR is based on laser triangulation ranging principle and uses high-speed vision acquisition and processing hardware developed by SLAMTEC. The system measures distance data in more than 2000 times' per second and with high resolution distance output (<1% of the distance).

RPLIDAR emits modulated infrared laser signal and the laser signal is then reflected by the object to be detected. The returning signal is sampled by vision acquisition system in RPLIDAR A1 and the DSP embedded in RPLIDAR A1 start processing the sample data and output distance value and angle value between object and RPLIDAR A1 through communication interface.

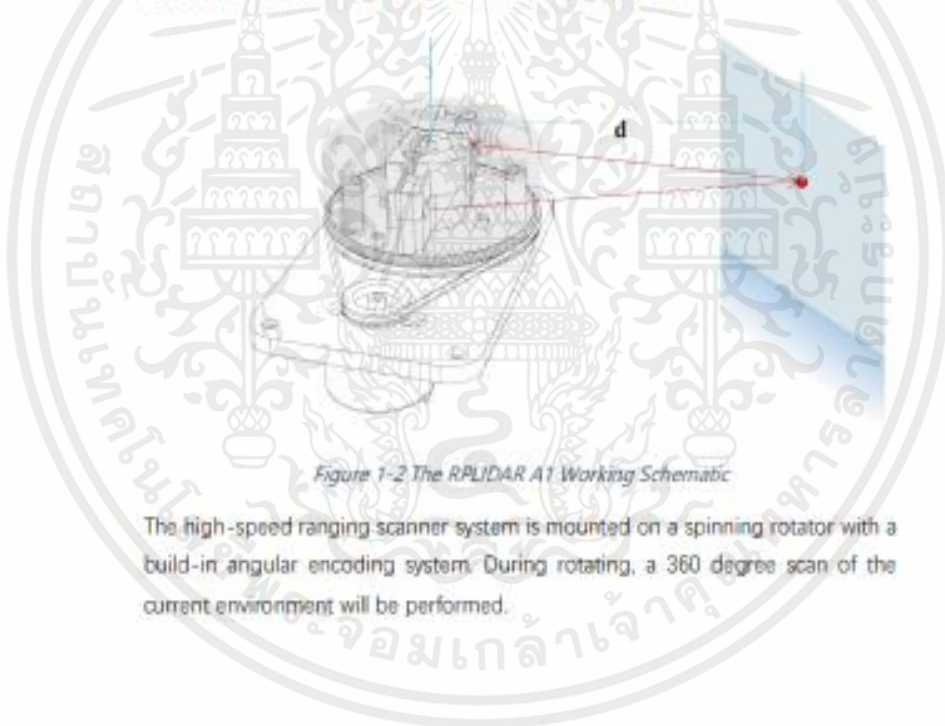
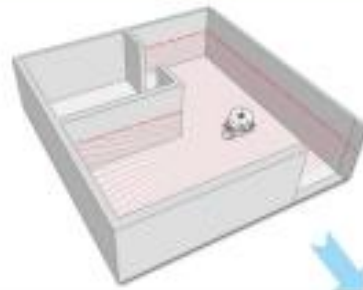


Figure 1-2 The RPLIDAR A1 Working Schematic

The high-speed ranging scanner system is mounted on a spinning rotator with a build-in angular encoding system. During rotating, a 360 degree scan of the current environment will be performed.



*Note : The LIDAR scan image is not directly relative to the environment showed here. Illustrative purpose only.



Figure 1-3 The Obtained Environment Map from RPLIDAR A1 Scanning

Safety and Scope

RPLIDAR A1 system use a low power (<5mW) infrared laser as its light source, and drives it using modulated pulse. The laser emits in a very short time frame which can make sure its safety to human and pet and reach Class I laser safety standard.



Class I

The modulated laser can effectively prevent ambient light and sunlight during ranging scanning process. This make RPLIDAR A1 work excellent in all kinds of indoor environment and outdoor environment without sunlight.

Data Output

When RPLIDAR A1 is working, sampling data will output to communication interface. Each sample point contains below information. RPLIDAR A1 outputs

sampling data continuously. Host systems can configure output format and stop RPLIDAR A1 by sending stop command. If you need detailed data format and communication protocol, please contact with SLAMTEC.

Data Type	Unit	Description
Distance	mm	Current measured distance value between the rotating core of the RPLIDAR A1 and the sampling point
Heading	degree	Current heading angle of the measurement
Quality	level	Quality of the measurement
Start Flag	(Boolean)	Flag of a new scan

Figure 1-4 The RPLIDAR A1 Sample Point Data Information



Figure 1-5 The RPLIDAR A1 Sample Point Data Frames

Application Scenarios

The RPLIDAR A1 can be used in the following application scenarios:

- ▣ Home service /cleaning robot navigation and localization
- ▣ General robot navigation and localization
- ▣ Smart toy's localization and obstacle avoidance
- ▣ Environment scanning and 3D re-modeling
- ▣ General simultaneous localization and mapping (SLAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement Performance

○ For Model A1M8 Only

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments
Distance Range	Meter(m)	TBD	0.15 - 6	TBD	White objects
Angular Range	Degree	n/a	0-360	n/a	
Distance Resolution	mm	n/a	<0.5 <1% of the distance	n/a	<1.5 meters All distance range*
Angular Resolution	Degree	n/a	≤1	n/a	5.5Hz scan rate
Sample Duration	Millisecond(ms)	n/a	0.5	n/a	
Sample Frequency	Hz	n/a	≥2000	2010	
Scan Rate	Hz	1	5.5	10	Typical value is measured when RPLIDAR A1 takes 360 samples per scan

Figure 2-1 RPLIDAR A1 Performance

Note: the triangulation range system resolution changes along with distance, and the theoretical resolution change of RPLIDAR A1 is shown as below.

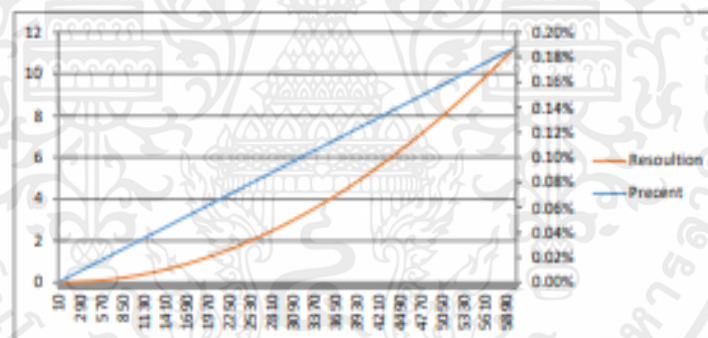


Figure 2-2 The Trend Graph of RPLIDAR A1 Resolution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Power Specification

- For Model A1M8 Only

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments
Laser wavelength	Nanometer(nm)	775	785	795	Infrared Light Band
Laser power	Milliwatt (mW)	TBD	3	5	Peak power
Pulse length	Microsecond(us)	TBD	110	300	

Figure 2-3 RPLIDAR A1 Optical Specification

Communication interface

RPLIDAR A1 uses 3.3V-TTL serial port (UART) as the communication interface. Other communication interface such as USB can be customized according to customer's requirement. The table below described specification for serial port interface. Please contact SLAMTEC if you want detailed communication protocol and SDK.

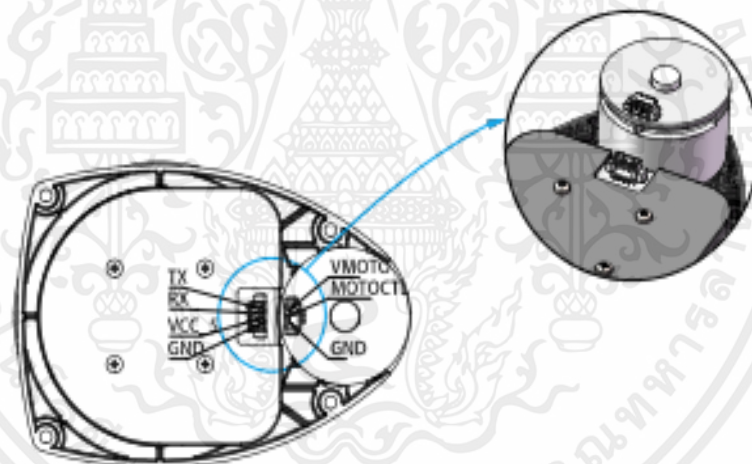


Figure 2-4 RPLIDAR A1 Power Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments
Band rate	bps	-	115200	-	
Working mode	-	-	8N1	-	8n1
Output high voltage	Volt [V]	2.9	-	3.5	Logic High
Output low voltage	Volt [V]	-	-	0.4	Logic Low
Input high voltage	Volt [V]	1.6*	-	3.5	Logic High
Input low voltage	Volt [V]	-0.3	-	0.4	Logic Low

Figure 2-5 RPLIDAR External Interface Signal Definition

Note: the RX input signal of A1M8 is recognized by the current. In order to ensure the reliable signal identification inside the system, the actual control node voltage of this pin will not be lower than 1.6v.

Interface	Signal Name	Type	Description	Min	Typical	Max
Motor Interface	VMOTO	Power	Power for RPLIDAR A1 Motor	-	5V	9V
	MOTOCTL	Input	Enable signal for RPLIDAR A1 Motor/PWM Control Signal	0V	-	VMOTO
	GND	Power	GND for RPLIDAR A1 Motor	-	0V	-
Core Interface	VCC_5	Power	Power for RPLIDAR A1 Range Scanner Core	4.9V	5V	6V
	TX	Output	Serial output for Range Scanner Core	0V	-	5V
	RX	Input	Serial input for Range Scanner Core	0V	-	5V
	GND	Power	GND for RPLIDAR A1 Range Scanner Core	-	0V	V5.0

Figure 2-6 RPLIDAR A1 External Interface Specifications

Note: for the motor interface and core interface of batch version, they use the PH1.25-3P horizontal pitch connector and PH1.25-4P vertical pitch connector respectively. Please refer to the mechanical dimensions in Chapter 5 for details of signals and their matched pins. But the RPLIDAR development kit uses the PH2.54-7P pitch connector. Please refer to *RPLIDAR Development Kit User Manual* for detailed specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Supply and Consumption

Ranging scanner system and motor system are powered separately in RPLIDAR A1. External system should provide power supply for them separately in order to ensure data accuracy. Below chart showed a recommended power mode. More specification is provided in the following table.

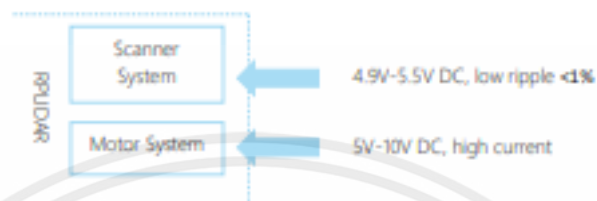


Figure 2-7 RPLIDAR A1 Power Recommended Power Mode

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments
Scanner voltage	Volt (V)	4.9	5	5.5	If the voltage exceeds the max value, it may damage the core.
Scanner voltage ripple	Millivolt(mV)		20	50	High ripple may cause the core working failure.
Scanner system start current	Milliampere (mA)	TBD	500	600	Underpower may cause the startup failure.
Scanner system current	Milliampere (mA)	TBD	80	100	Sleep mode, 5V input
		TBD	300	350	Work mode, 5V input
Motor system voltage	Volt (V)	5	5	10	Adjust voltage according to speed
Motor system current	Milliampere (mA)	TBD	100	TBD	5V input

Figure 2-8 RPLIDAR A1 Power Supply Specification

MISC

- For Model A2M3/A2M4 Only

SLAMTEC

Item	Unit	Min	Typical	Max	Comments
Weight	Gram (g)	TBD	190	TBD	
Temperature range	Degree Celsius (°C)	0	TBD	45	

Figure 2-9 RPLIDAR A1 MISC Specification



11 / 16

Copyright (c) 2009-2013 RoboPeak Team

Copyright (c) 2013-2016 Shanghai Slamtec Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

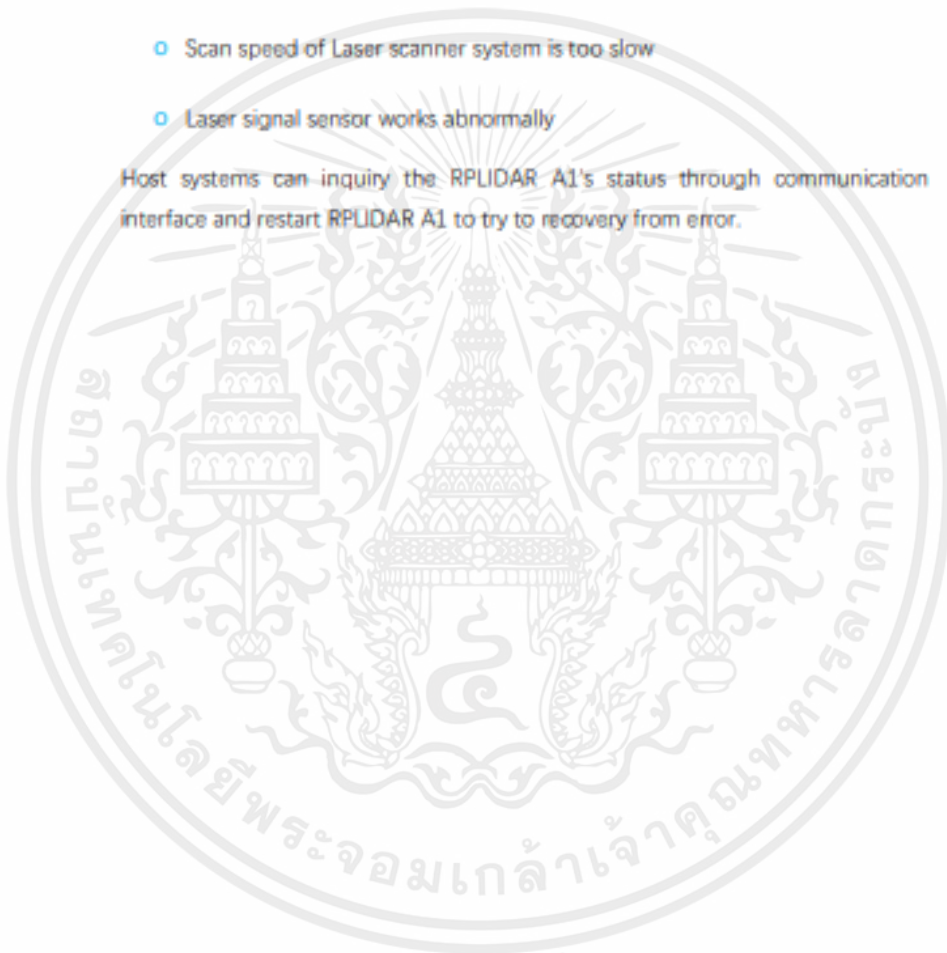
Self-protection and Status Detection

SLAMTEC

To make sure RPLIDAR A1's laser always working in the safety range (<5mW) and avoid any other damage caused by device, RPLIDAR A1 comes with laser power detection and sensor healthy check feature. RPLIDAR A1 will shut down the laser and stop working when any of below errors has been detected.

- Laser transmit power exceeds limited value
- Laser cannot power on normally
- Scan speed of Laser scanner system is unstable
- Scan speed of Laser scanner system is too slow
- Laser signal sensor works abnormally

Host systems can inquiry the RPLIDAR A1's status through communication interface and restart RPLIDAR A1 to try to recovery from error.



12 / 16

Copyright (c) 2009-2013 RoboPeak Team

Copyright (c) 2013-2016 Shanghai Slamtec Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLAMTEC provides debug GUI tool and SDK (available for Windows, x86 Linux and Arm Linux) to speed up the product development for users. Please contact SLAMTEC for detail information.

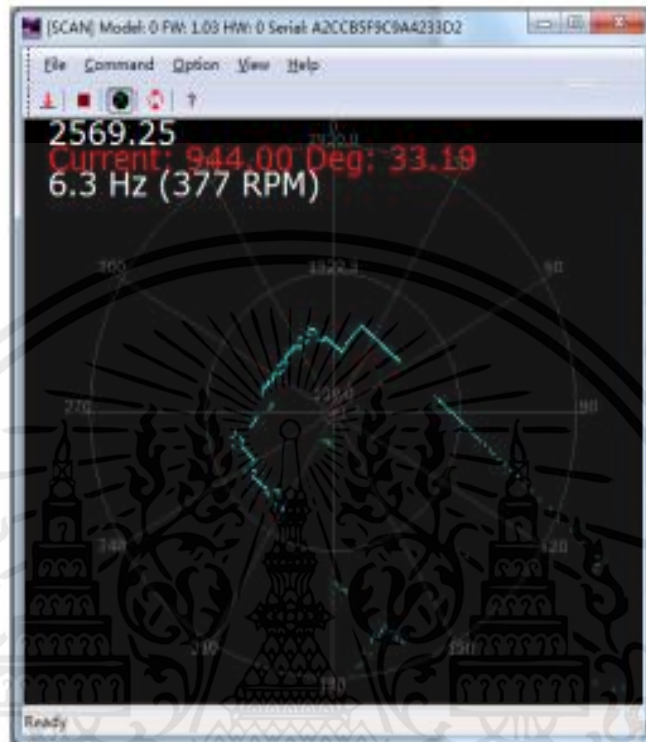


Figure 4-1 the Debugging GUI of RPLIDAR A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical and Customization Options SLAMTEC

To facility customer's integration, RPLIDAR A1's structure is designed to decouple the core ranging system and fixed platform which can be customized. The part marked red in the below figure is the fixed platform that can be customized according to customer requirement.



Figure 5-1 The fixed platform of RPLIDAR A1

The RPLIDAR A1-A1M8 assemble size showed below:

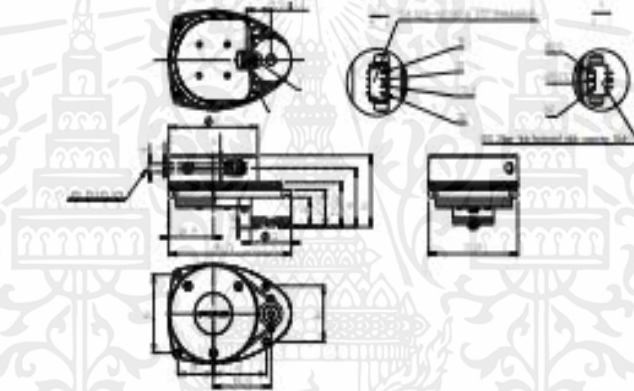


Figure 5-2 The Mechanical Dimensions of RPLIDAR A1

Revision History

SLAMTEC

Date	Description
2013-3-13	Initial draft
2013-5-16	1. Updated the laser class information 2. Updated motor voltage range 3. Updated size chart according to Rev1.5 sample design
2013-8-9	Updated power consumption
2013-11-23	Updated product specification
2013-12-29	Updated product specification
2014-2-9	Added model name- A1M1
2014-4-17	Added weight and temperature range description
2014-5-6	Changed the measurement distance range based on the new design
2015-6-3	Update Mechanical parameter figure. Modify model name to A1M3
2016-3-29	Update Mechanical parameter figure. Modify model name to A1M8
2016-04-25	Added startup current requirement of A1M8 and corrected some parameter errors
2016-04-28	Added connection information for batch version
2016-05-19	Replaced obsolete images.
2016-07-04	Updated the description about RX input signal and added a note about it.

15 / 16

Copyright (c) 2009-2013 RoboPeak Team

Copyright (c) 2013-2016 Shanghai Slamtec Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

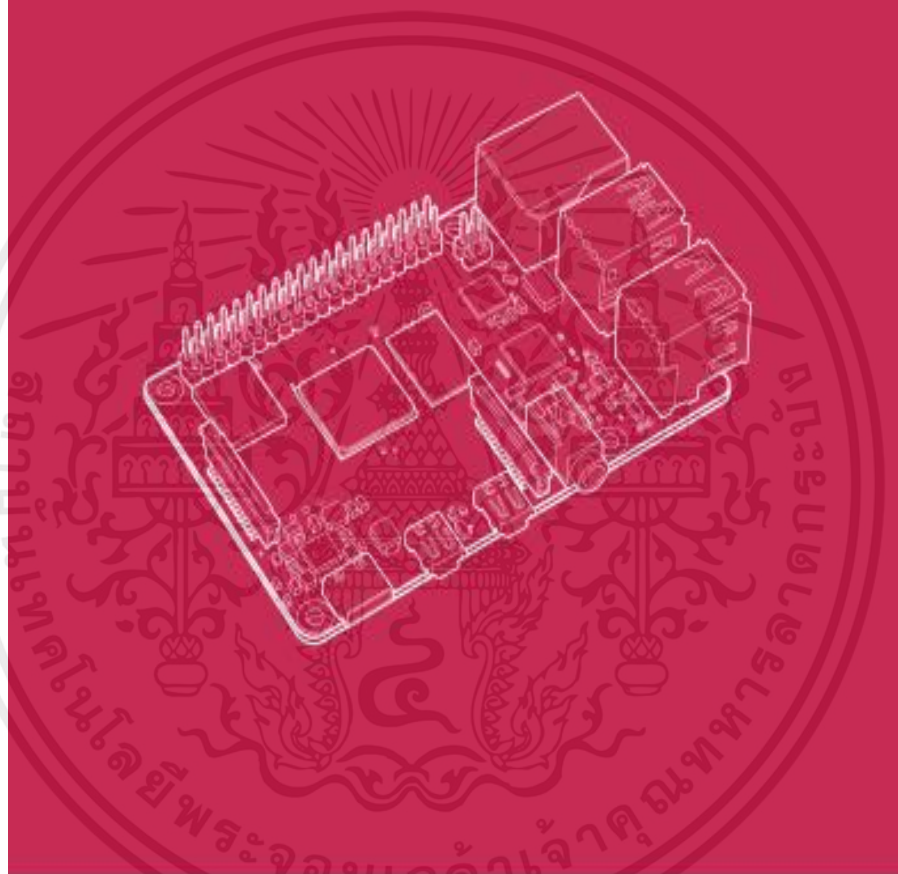
Image and Table Index

FIGURE 1-1 RPLIDAR A1 SYSTEM COMPOSITION.....	3
FIGURE 1-2 THE RPLIDAR A1 WORKING SCHEMATIC.....	4
FIGURE 1-3 THE OBTAINED ENVIRONMENT MAP FROM RPLIDAR A1 SCANNING.....	5
FIGURE 1-4 THE RPLIDAR A1 SAMPLE POINT DATA INFORMATION.....	6
FIGURE 1-5 THE RPLIDAR A1 SAMPLE POINT DATA FRAMES.....	6
FIGURE 2-1 RPLIDAR A1 PERFORMANCE.....	7
FIGURE 2-2 THE TREND GRAPH OF RPLIDAR A1 RESOLUTION.....	7
FIGURE 2-3 RPLIDAR A1 OPTICAL SPECIFICATION.....	8
FIGURE 2-4 RPLIDAR A1 POWER INTERFACE.....	8
FIGURE 2-5 RPLIDAR EXTERNAL INTERFACE SIGNAL DEFINITION.....	9
FIGURE 2-6 RPLIDAR A1 EXTERNAL INTERFACE SPECIFICATIONS.....	9
FIGURE 2-7 RPLIDAR A1 POWER RECOMMENDED POWER MODE.....	10
FIGURE 2-8 RPLIDAR A1 POWER SUPPLY SPECIFICATION.....	10
FIGURE 2-9 RPLIDAR A1 MISC SPECIFICATION.....	11
FIGURE 4-1 THE DEBUGGING GUI OF RPLIDAR A1.....	13
FIGURE 5-1 THE FIXED PLATFORM OF RPLIDAR A1.....	14
FIGURE 5-2 THE MECHANICAL DIMENSIONS OF RPLIDAR A1.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Raspberry Pi 4 Computer

Model B



Published in June 2019
by Raspberry Pi Trading Ltd

www.raspberrypi.org



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview



Raspberry Pi 4 Model B is the latest product in the popular Raspberry Pi range of computers. It offers ground-breaking increases in processor speed, multimedia performance, memory, and connectivity compared to the prior-generation Raspberry Pi 3 Model B+, while retaining backwards compatibility and similar power consumption. For the end user, Raspberry Pi 4 Model B provides desktop performance comparable to entry-level x86 PC systems.

This product's key features include a high-performance 64-bit quad-core processor, dual-display support at resolutions up to 4K via a pair of micro-HDMI ports, hardware video decode at up to 4Kp60, up to 4GB of RAM, dual-band 2.4/5.0 GHz wireless LAN, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, and PoE capability (via a separate PoE HAT add-on).

The dual-band wireless LAN and Bluetooth have modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced compliance testing, improving both cost and time to market.

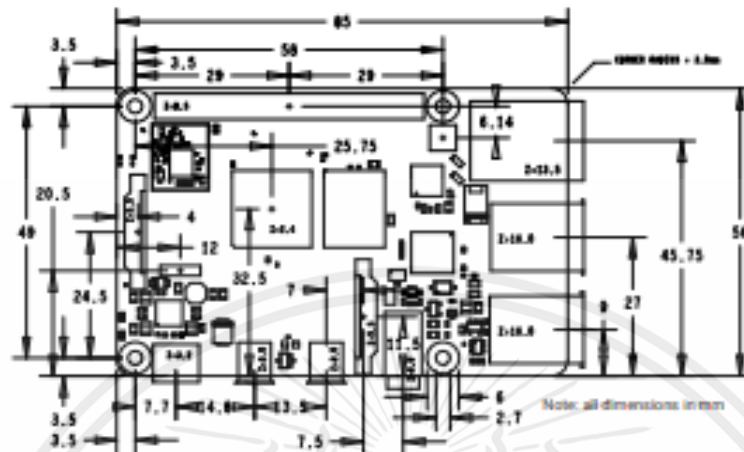
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification

Processor:	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory:	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4 (depending on model)
Connectivity:	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO:	Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards)
Video & sound:	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia:	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD card support:	Micro SD card slot for loading operating system and data storage
Input power:	5V DC via USB-C connector (minimum 3A*) 5V DC via GPIO header (minimum 3A*) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature 0–50°C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/conformity.md
Production lifetime:	The Raspberry Pi 4 Model B will remain in production until at least January 2026.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Specifications



WARNINGS

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/3A DC or 5.1V/ 3A DC minimum¹. Any external power supply used with the Raspberry Pi 4 Model B shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- This product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface in use and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance and result in damage to the unit and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- Where peripherals are connected that do not include the cable or connector, the cable or connector must offer adequate insulation and operation in order that the relevant performance and safety requirements are met.

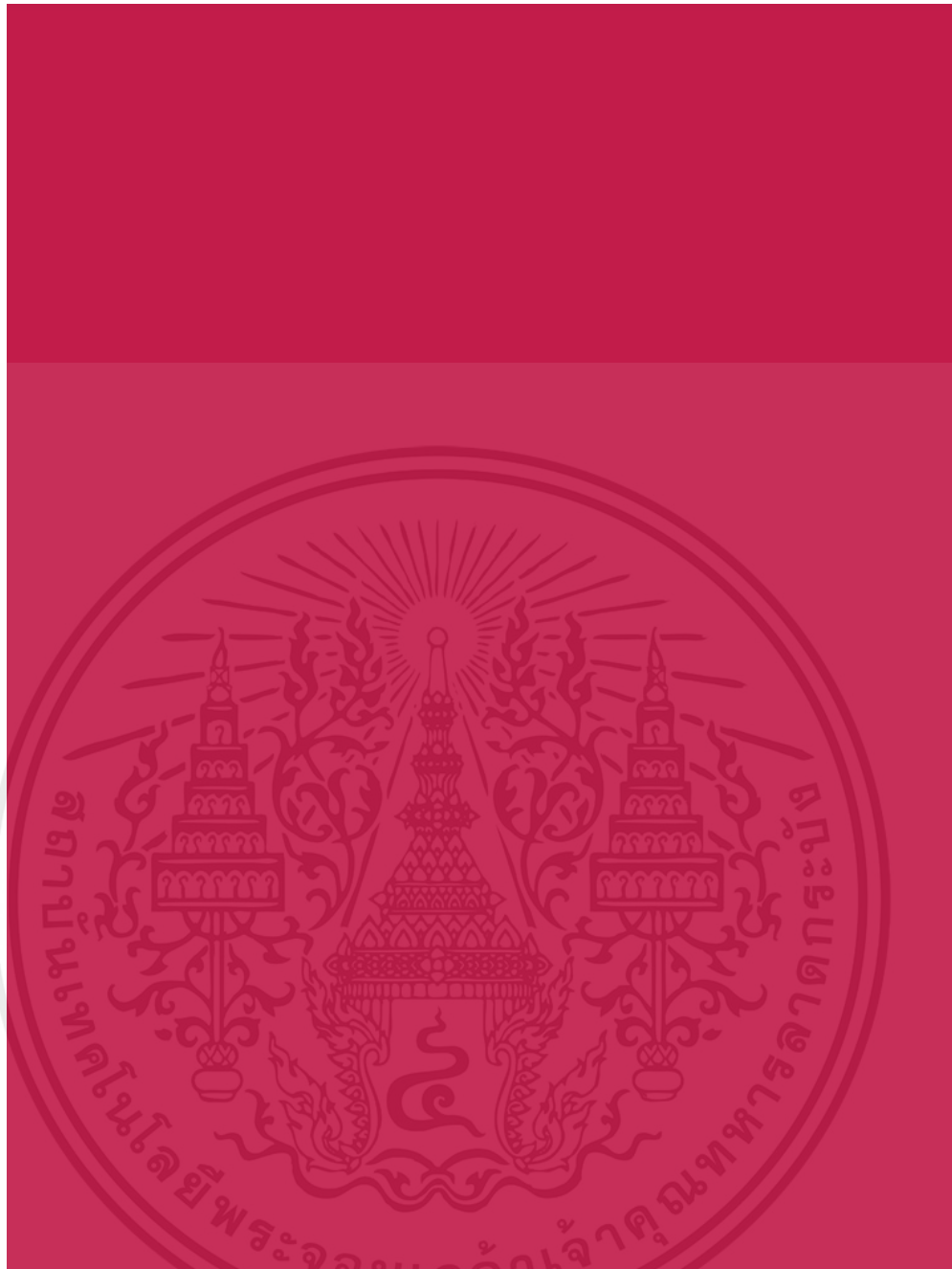
SAFETY INSTRUCTIONS

To avoid malfunction or damage to this product please observe the following:

- Do not expose to water, moisture or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose it to heat from any source; Raspberry Pi 4 Model B is designed for reliable operation at normal ambient room temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Avoid handling the printed circuit board whilst it is powered and only handle by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.

¹ A good quality 2.5A power supply can be used if downstream USB peripherals consume less than 500mA in total.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HDMI is a trademark of HDMI Licensing, LLC
 MIPI DSI and MIPI CSI are service marks of MIPI Alliance, Inc.
 Raspberry Pi and the Raspberry Pi logo are trademarks of the Raspberry Pi Foundation

www.raspberrypi.org



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GY-87 10DOF MPU6050 HMC5883L BMP180 Sensor Module



Features

- Acceleration, Gyroscope and Magnetometer
- 10DOF modules (three-axis gyroscope + triaxial accelerometer and three-axis magnetic field + atmospheric pressure)
- Build in ultra low noise linear LDO voltage regulator
- Build-in on board filters, which reduce noise from motor and other high current electronics
- All sensors connected to I2C bus
- Build in Logic level converter for I2C
- Power indicator LED

Specifications

- Power Supply: DC3.3V-5V
- Communication: IIC protocol (fully compatible with 3-5V system containing LLC circuit)
- Chips: MPU6050 + HMC5883 + BMP180
- Size: 2.2cmx1.7cm
- Weight: 6g

This is a **10 degree of freedom** device which incorporates a MPU6050 accelerometer and gyro chip, a HMC5883L digital compass, and a BMP180 barometer. These are all common chips and there is plenty of code around for each of them.

The **MPU6050** devices combine a 3-axis gyroscope and a 3-axis accelerometer on the same silicon together with an onboard Digital Motion Processor (DMP) capable of processing complex 9-axis MotionFusion algorithms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The parts' integrated 9-axis MotionFusion algorithms access external magnetometers or other sensors through an auxiliary master I2C bus, allowing the devices to gather a full set of sensor data without intervention from the system processor. The devices are offered in the same 4x4x0.9 mm QFN footprint and pinout as the current MPU-3000? family of integrated 3-axis gyroscopes, providing a simple upgrade path and making it easy to fit on space constrained boards. The InvenSense Motion Apps Platform that comes with the MPU-6050 abstracts motion-based complexities, offloads sensor management from the operating system and provides a structured set of APIs for application development. For precision tracking of both fast and slow motions, the parts feature a user-programmable gyro full-scale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$ (dps) and a user-programmable accelerometer full-scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, and $\pm 16g$.

The **HMC5883** is a surface mount multi-chip module designed for low field magnetic sensing with a digital interface for applications such as low cost compassing and magnetometry. The HMC5883 includes our state of the art, high-resolution HMC118X series magneto-resistive sensors plus Honeywell developed ASIC containing amplification, automatic degaussing strap drivers, offset cancellation, 12-bit ADC that enables 1° to 2° compass heading accuracy. Applications for the HMC5883 include Mobile Phones, Netbooks, Consumer Electronics, Auto Navigation Systems, and Personal Navigation Devices.

The **BMP180** is the new digital barometric pressure sensor of Bosch Sensortec, with a very high performance, which enables applications in advanced mobile devices, such as smart phones, tablet PCs and sports devices. It follows the BMP085 and brings many improvements, like the smaller size and the expansion of digital interfaces. The ultra-low power consumption down to 3uA makes the BMP180 the leader in power saving for your mobile devices. BMP180 is also distinguished by its very stable behaviour (performance) with regard to the independency of the supply voltage.

Applications

- FPV, RC and Robots systems
- GPS navigation systems
- Impact recognition and logging
- Gaming and virtual reality input devices
- Motion-activated functions
- Intelligent power saving for handheld devices
- Vibration monitoring and compensation
- Free-fall detection
- 6D-orientation detection

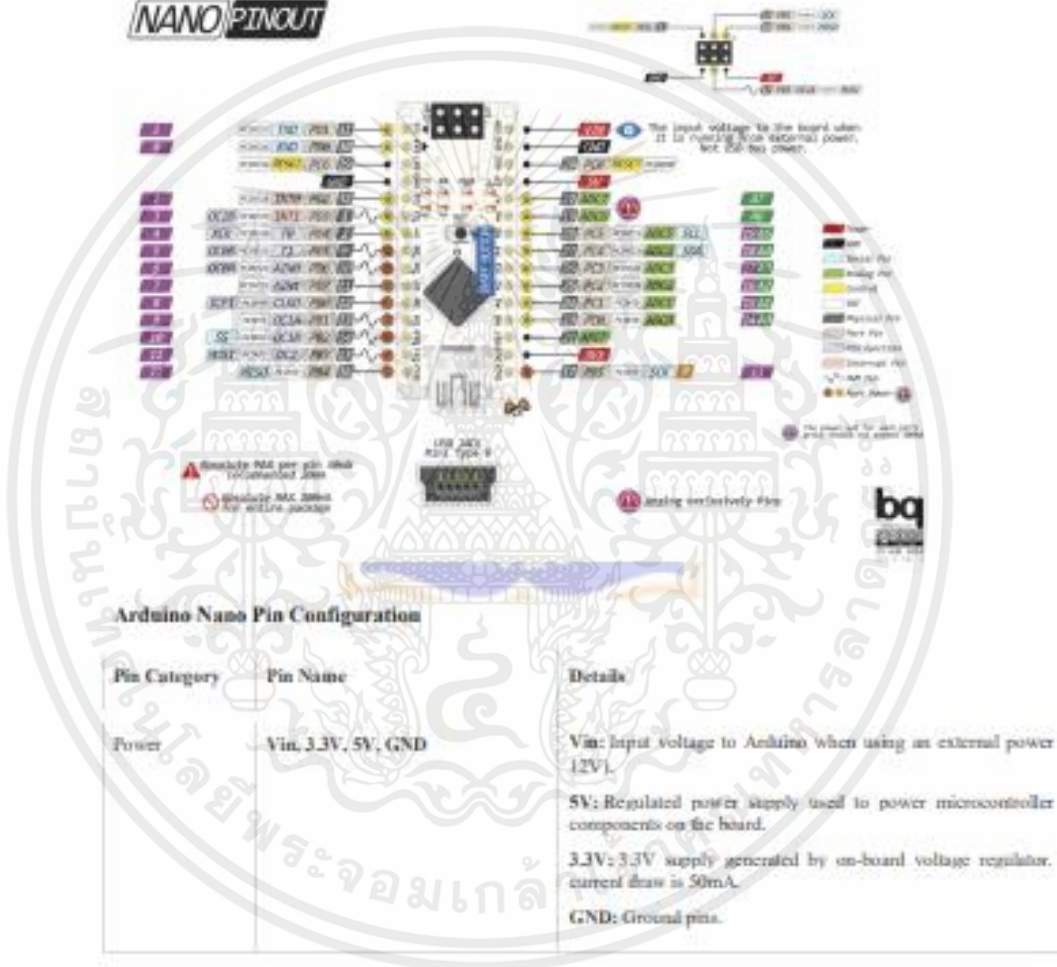
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAMPIRAN

Datasheet Arduino Nano



NANO PINOUT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reset	Reset	Resets the microcontroller.
Analog Pins	A0 – A7	Used to measure analog voltage in the range of 0-5V
Input/Output Pins	Digital Pins D0 - D13	Can be used as input or output pins. 0V (low) and 5V (high)
Serial	Rx, Tx	Used to receive and transmit TTL serial data.
External Interrupts	2, 3	To trigger an interrupt.
PWM	3, 5, 6, 9, 11	Provides 8-bit PWM output.
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK)	Used for SPI communication.
Inbuilt LED	13	To turn on the inbuilt LED.
IIC	A4 (SDA), A5 (SCL)	Used for I2C communication.
AREF	AREF	To provide reference voltage for input voltage.
Arduino Nano Technical Specifications		
Microcontroller		ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller
Operating Voltage		5V
Recommended Input Voltage for V _{in-pin}		7-12V
Analog Input Pins		6 (A0 – A5)
Digital I/O Pins		14 (Out of which 6 provide PWM output)
DC Current on I/O Pins		40 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC Current on 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (2 KB is used for Bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequency (Clock Speed)	16 MHz
Communication	IIC, SPI, USART



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HT

Handson Technology

User Guide

BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver

The BTS7960 is a fully integrated high current H bridge module for motor drive applications. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit. The BTS7960 provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives with very low board space consumption.



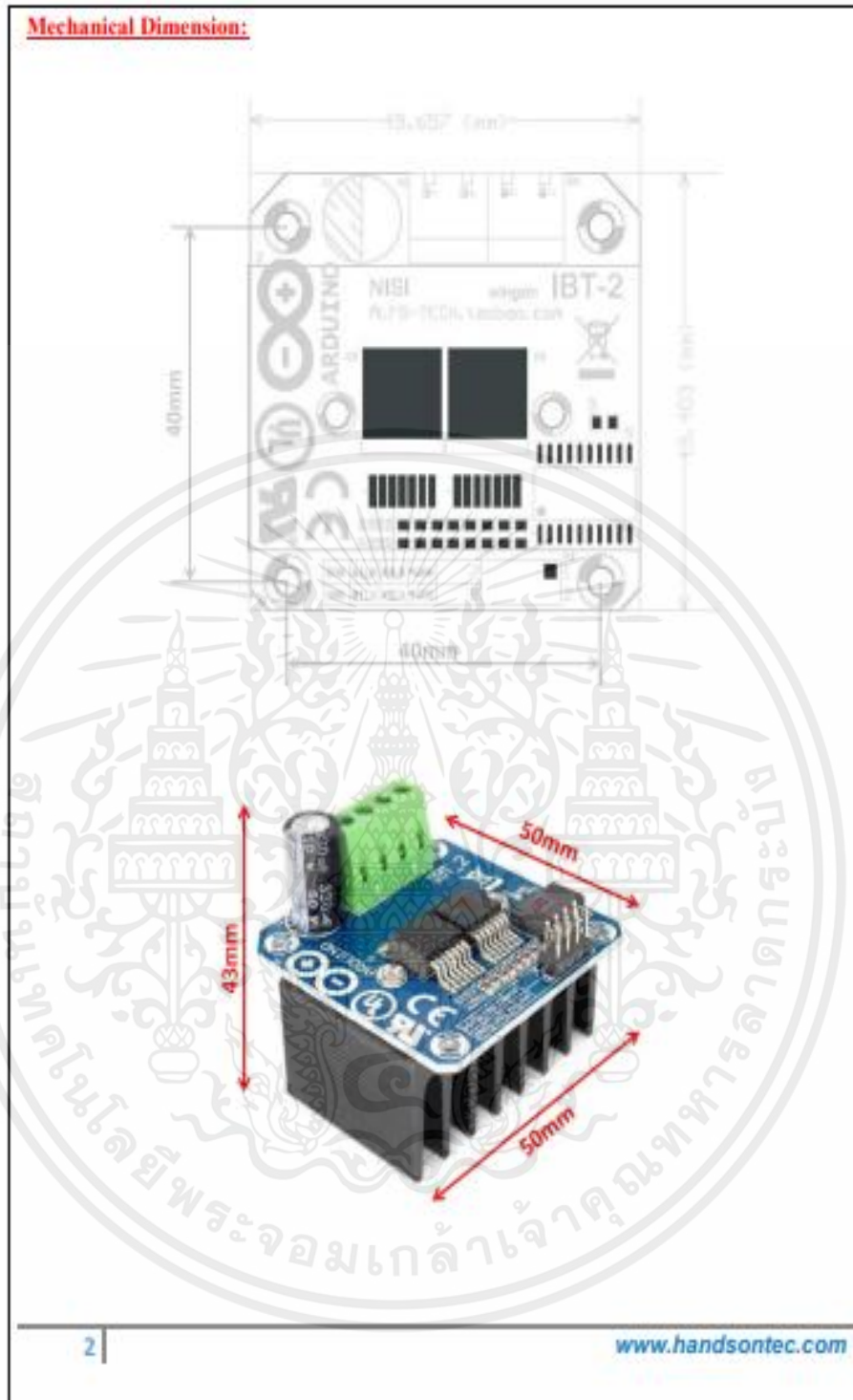

SKU: DM-1012

Brief Data:

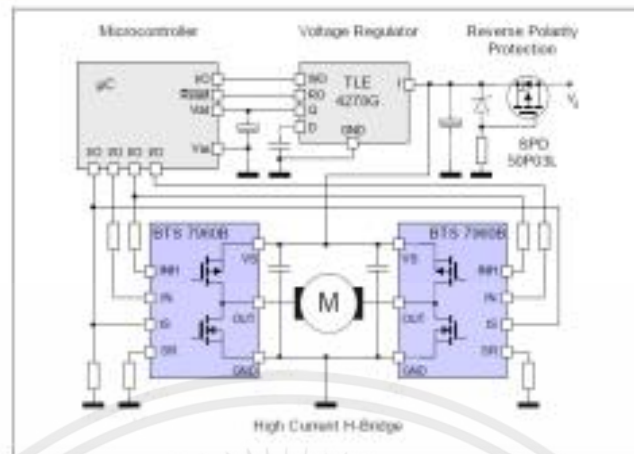
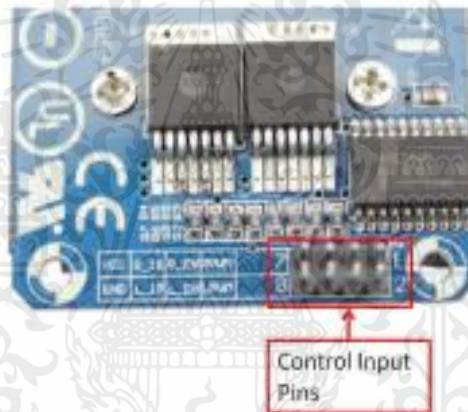
- Input Voltage: 6 ~ 27Vdc.
- Driver: Dual BTS7960 H Bridge Configuration.
- Peak current: 43-Amp.
- PWM capability of up to 25 kHz.
- Control Input Level: 3.3-5V.
- Control Mode: PWM or level
- Working Duty Cycle: 0 ~100%.
- Over-voltage Lock Out.
- Under-voltage Shut Down.
- Board Size (LxWxH): 50mm x 50mm x 43mm.
- Weight: ~66g.

1 |
www.handsontec.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



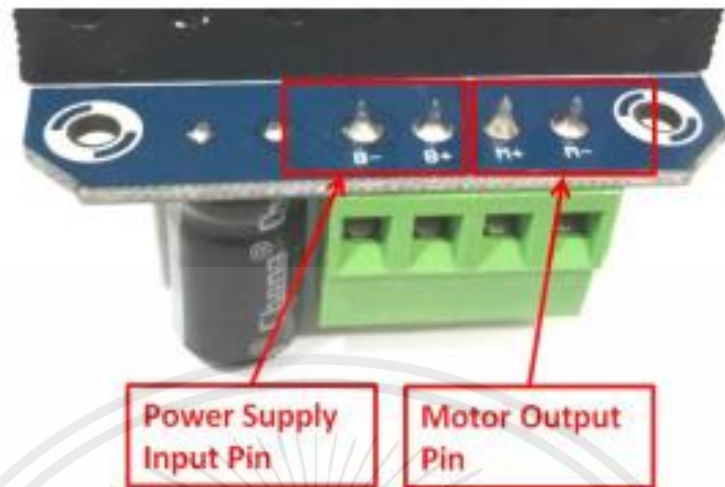
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram:**Control Input Pin Function:**

Pin No	Function	Description
1	RPWM	Forward Level or PWM signal, Active High
2	LPWM	Reverse Level or PWM signal, Active High
3	R EN	Forward Drive Enable Input, Active High/ Low Disable
4	L EN	Reverse Drive Enable Input, Active High/Low Disable
5	R IS	Forward Drive, Side current alarm output
6	L IS	Reverse Drive, Side current alarm output
7	Vcc	+5V Power Supply microcontroller
8	Gnd	Ground Power Supply microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Power Supply & Output Pin Assignment:



Pin No	Function	Description
1	B+	Positive Motor Power Supply. 6 – 27VDC
2	B-	Negative Motor Power Supply. Ground
3	M+	Motor Output +
4	M-	Motor Output -

Controlling DC Motor with BTS7960 Using Arduino:

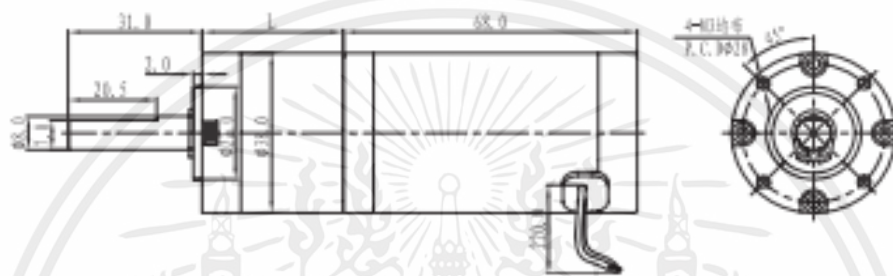
Below is the circuit connection using BTS7960 high power driver to control one DC motor with Arduino board. The potentiometer allows the control of motor speed and rotation direction of the motor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZGX38REE(A8X86)



Dimension(mm)



Specifications

DC Motor	Ratio	1/7	1/14	1/22	1/33	1/49	1/64	1/84	1/100	1/141	1/196	1/256	1/354	1/485	1/664	1/900	1/1215	1/1641	1/2205	1/3025			
ZYTD-385-R (12V-3000R)	No load (r/min)	415	282	212	156	103	74	54	39	29	20	15	11.3	8.9	7.3	6.2	5.2	4.37	3.8	3.36	3.13	2.93	
	On load (r/min)	350	255	192	142	93	68	50	36	26	18	14	10.4	8.2	6.8	5.8	4.9	4.23	3.69	3.34	3.12	2.92	
	Rated torque (kg/cm)	0.9	1.9	2.7	3.6	5	6	8	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20
ZYTD-385-R (24V-5000R)	No load (r/min)	715	513	378	285	192	142	103	74	54	39	29	20	15	11.3	8.9	7.3	6.2	5.2	4.37	3.8	3.36	3.13
	On load (r/min)	590	420	300	220	140	100	70	50	35	25	18	13	10	8	6.5	5.5	4.5	3.9	3.5	3.25	3.05	2.85
	Rated torque (kg/cm)	1.7	3.5	4.7	6	8	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20

Gearbox

Reduction Ratio	L	Stages	Allowable torque	
	mm		mNm	kg/cm
1/7	23.7	1	196	2
1/14-1/49	32.7	2	588	6
1/64-1/256	42.7	3	980	10
1/256-1/765	50.7	4	1470	15
1/2141-1/3125	59.7	5	1960	20

Other specification can be customized.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายธรรณิธิ จรุงกีร์ติวิมล
วัน เดือน ปีเกิด 1 มีนาคม 2541
ที่อยู่ 299 ถ.กันตัง ต.ทับเที่ยง อ.เมือง จ.ตรัง 92000
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคตรัง
Tel.061-1729341
Email: 62201201@kmitl.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นายธีรพงศ์ ปานเพชร
วัน เดือน ปีเกิด 21 พฤศจิกายน 2541
ที่อยู่ 188 ม.7 ต.ปรางหมู่อ.เมือง จ.พัทลุง 93000
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
Tel. 086-4019385
Email: 62201205@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้