หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น
LINE TRACKING SPRAY ROBOT

โดย
นายณัชธนพนต์ วิไลพันธุ์
นายณัฐพงษ์ ปิ่นคา
นางสาวณัฐภร ชื่นสุภัค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น

LINE TRACKING SPRAY ROBOT

โดย

นายณัชธนพนต์	วิไลพันธุ์	57010386
นายณัฐพงษ์	ปิ่นคำ	57010434
นางสาวณัฐภร	ชื่นสุภัค	57010454

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ. สุรพล บุญจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

21/5/61

KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(.....)

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

21/5/61

KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น

LINE TRACKING SPRAY ROBOT

ผู้จัดทำ

1	นายณัชธนพนต์	วิไลพันธุ์	57010386
2	นายณัฐพงษ์	ปิ่นคำ	57010434
3	นางสาวณัฐภร	ชื่นสุภัค	57010454

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ. สุรพล บุญจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. สุรพล บุญจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นอกเหนือจากนี้ยังมี รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี อาจารย์ประจำห้องโปรเจกต์ T112 ซึ่งได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคำปรึกษาต่าง ๆ และให้กำลังใจผู้จัดทำเสมอมา ซึ่งครอบครัวถือเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญให้ไปสู่ความสำเร็จ

ขอบคุณเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่คอยให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการสร้างตัวหุ่นยนต์ และยังเอื้อเฟื้อสถานที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำหรับการประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่คอยช่วยเหลือ ทั้งการยืมอุปกรณ์ยืมพาหนะในการขนของ รวมไปถึงเรื่องระบบในการควบคุม และบังคับหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ ตลอดจนคอยให้คำปรึกษา ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายณัชธนพนต์ วิไลพันธุ์
นายณัฐพงษ์ ปิ่นคำ
นางสาวณัฐภร ชื่นสุภัค
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น
LINE TRACKING SPRAY ROBOT

โดย นายณัชธนพนต์ วิไลพันธุ์ 57010386
นายณัฐพงษ์ ปิ่นคำ 57010434
นางสาวณัฐภร ชื่นสุภัค 57010454

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ. สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีถือเป็นส่วนสำคัญในชีวิตคนเรา คงปฏิเสธไม่ได้ถึงความสำคัญและประโยชน์ที่เราได้รับจากเทคโนโลยีการสื่อสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมาร์ทโฟนได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน สมาร์ทโฟนเป็นโทรศัพท์ที่รองรับระบบปฏิบัติการต่างๆ ได้มากมาย เหมือนเรายกคอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กมาไว้ในโทรศัพท์ เพราะสามารถจดบันทึก จัดเก็บข้อมูล ทำตาราง นัดหมาย ฯลฯ ได้อย่างง่ายดายและสะดวกรวดเร็ว รวมไปถึงความสามารถของการเพิ่มแอพพลิเคชันเพื่อให้ใช้งานด้านอื่นๆได้ ในปริญญานิพนธ์นี้ จะทำการสร้างรถฉีดสารยากำจัดแมลง โดยเริ่มตั้งแต่การสร้างตัวรถ รวมถึงโปรแกรมควบคุมการทำงานของรถ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่เกษตรกร โดยจะมีสองฟังก์ชัน คือ บังคับด้วยปุ่มกด และ เดินตามเส้นที่กำหนด

ABSTRACT

Nowadays, technology is an important part of our lives. We can not deny the importance and benefits of communication technology. Especially smartphones, that is the part of daily life. The smartphone is a phone that supports many different operating systems, like a small portable computer to the phone. It also includes the ability to add new applications to use the difference way on the phone. In this paper, we build a spray robot. Starting from the robot model. Including the driver of the robot to increase the comfort to farmers. There are two functions, which are forced by the keypad and followed by a defined line.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		V
สารบัญตาราง		VII
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 การเขียนแอพพลิเคชันด้วย MIT APP INVENTOR 2	3
	2.2 บอร์ด Arduino	6
	2.3 โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง	7
	2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
	2.5 ความหมายการทำงานของ Bluetooth	11
	2.6 เครื่องอ่านบัตร RFID Card Reader	17
	2.7 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม	21
	2.8 หัวพ่นยา	23
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**24**
	3.1 การออกแบบ	24
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	41
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**43**
	4.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดหุ่นยนต์ตามเส้นทาง	43
	4.2 ผลการทดลองมุมที่ใช้ในการเลี้ยวรถ	44
	4.3 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์พ่นสาร	45
	4.4 การทดสอบระยะการเชื่อมต่อ	46
	4.5 การทดสอบปริมาณสารที่พ่นออกในช่วงเวลาหนึ่ง	47
	4.6 การทดสอบระยะและความสูงในการพ่นยา	48
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**49**
	5.1 สรุปผล	49
	5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม		**50**
ภาคผนวก	Arduino Code	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 หลักการพัฒนา App ด้วย MIT App Inventor 4
2.2 2 ภาพหน้าจอหลักที่ใช้พัฒนา App 5
2.3 บอร์ด Arduino MEGA 2560 6
2.4 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module 7
2.5 การทำงานของ IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module 8
2.6 การทำงานของวงจร H-Bridge สำหรับควบคุมการหมุนของ DC Motor 9
2.7 ชุดขับมอเตอร์ L298N 10
2.8 Bluetooth HC-05 Module 17
2.9 องค์ประกอบของ RFID 17
2.10 RFID Passive ชนิดพวงกุญแจ 18
2.11 RFID Passive ชนิดบัตร 18
2.12 RFID Active ชนิดภายในบรรจุแบต 19
2.13 เครื่องอ่านบัตร (Card Reader) 19
2.14 RFID Module 20
2.15 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม 12 V 6.8 bars 23
2.16 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม 12 V 6.8 bars 23
3.1 ผังการทำงาน 24
3.2 หน้าไอคอนแอพพลิเคชัน 25
3.3 Flowchart Diagram การทำงานของ Application 26
3.4 Flowchart Diagram การทำงานส่วน Microcontroller 27
3.5 ภาพออกแบบบล็อกการทำงานของแอพพลิเคชัน 28
3.6 อินเตอร์เฟซแอพพลิเคชันและการใช้งาน 29
3.7 โค้ดส่วนกำหนด ชื่อ pin (1) 30
3.8 โค้ดส่วนกำหนด Output 31
3.9 โค้ดส่วนที่เป็นการติดต่อบลูทูธและกำหนดฟังก์ชันเมื่อได้รับข้อมูลจาก สมาร์ทโฟน (1) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.10	โค้ดส่วนที่เป็นการติดต่อบลูทูธและกำหนดฟังก์ชันเมื่อได้รับข้อมูลจากสมาร์ทโฟน (2)	32
3.11	โค้ดส่วนฟังก์ชันในการกำหนดการทำงานของมอเตอร์	33
3.12	โค้ดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านเซนเซอร์สะท้อนแสง	34
3.13	โค้ดควบคุมการทำงานของ RFID	35
3.14	Flowchart Diagram การทำงานของ Motor Drive	36
3.15	แผนภาพการเชื่อมต่อโมดูลกับไมโครคอนโทรเลอร์	37
3.16	โครงหุ่นยนต์	38
3.17	DC Motor 50 rpm บนโครงหุ่นยนต์	38
3.18	ล้ออิสระ(ล้อส่วนหน้าโครงหุ่นยนต์)	39
3.19	โครงสร้างทั้งหมดของหุ่นยนต์	39
3.20	ท่อพ่นสารกำจัดแมลง	40
4.1	การทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดหุ่นยนต์ตามเส้น	43
4.2	มุมเลี้ยว 90 องศา และ 135 องศาตามลำดับ	44
4.3	การทดสอบวัดระยะและความสูงของหัวพ่นยา	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1.1 ตารางที่ 1 แผนการปฏิบัติงานตลอดภาคการศึกษาที่ 2 2

2.1 ตารางการทำงานมอเตอร์ A 11

2.2 ตารางการทำงานมอเตอร์ B 11

4.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดเดินรถตามเส้นทาง 43

4.2 ผลการทดลองมุมในการเลี้ยวรถ 44

4.3 ผลการทดลองความเร็วของรถ 45

4.4 ผลการทดลองระยะการเชื่อมต่อ 46

4.5 ผลการทดลองปริมาณสารที่พ่นออกในช่วงเวลาหนึ่ง 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโลกของเราเป็นโลกยุคดิจิตอล เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน เป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้ชีวิตประจำวันและการดำเนินธุรกิจ กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ทั้งการใช้งานเพื่อฟังเพลงขณะเดินทาง การรับส่งข้อความอีเมล การติดต่อสื่อสารทางธุรกิจหรืองานสำคัญ รวมถึงการพูดคุยกับเพื่อนสนิทหรือครอบครัวผ่านแอปพลิเคชันต่าง ๆ ฯลฯ ซึ่งการใช้โทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน อย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้อย่างมากมาย เช่น ทำให้ประหยัดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เกิดความสะดวก รวดเร็ว ช่วยในการดำเนินธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อศึกษาถึงอัตราการเป็นเจ้าของสมาร์ทโฟนก็พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุก ๆ ปี จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้มีแนวคิดในการต่อยอดจากประโยชน์ของสมาร์ทโฟนในปัจจุบัน และเล็งเห็นว่าประเทศไทยมีเกษตรกรอยู่มาก จึงมีแนวคิดอยากช่วยเพิ่มความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นแก่เกษตรกร และช่วยป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการใช้งานและการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
2) เพื่อศึกษาระบบเครือข่ายไร้สาย
3) เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับเกษตรกร
4) เพื่อทำการสร้างรถฉีดสารกำจัดแมลงและระบบกำหนดเส้นทางการเดินของรถ
5) เพื่อเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1) สามารถควบคุมหุ่นยนต์ไปในทิศทางที่ต้องการได้
2) สามารถทำให้หุ่นยนต์เดินไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้
3) สามารถบังคับ เปิด-ปิด ปั๊มน้ำพ่นสารเคมีจากสมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์
4) สามารถนำ RFID มาใช้ในการ เปิด-ปิด ปั๊มพ่นสารเคมีตามสถานีที่ต้องการได้
5) สามารถทำให้หุ่นยนต์หยุดการทำงานกรณีออกนอกเส้นทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สามารถทำให้หุ่นยนต์แจ้งสถานะ และตำแหน่งที่กำลังทำงานส่งข้อความกลับไปยังสมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำปริญญานิพนต์เรื่อง รถฉีดสารกำจัดแมลงตามเส้นทางที่กำหนด ผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 การเขียนแอปพลิเคชันด้วย MIT App Inventor2

ระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งบริษัท Google ร่วมมือกับ MIT พัฒนาโปรแกรม App inventor ขึ้น ต่อมา Google ถอนตัวออกมาและยกให้ MIT พัฒนาต่อเอง (โดยเน้นกลุ่มผู้ใช้ด้านการศึกษามากกว่า) ในนาม MIT App inventor App inventor ใช้หลักการคล้ายๆ กับ Scratch แต่ซับซ้อนกว่า โดยลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบ Visual Programming คือ เขียนโปรแกรมด้วยการต่อบล็อกคำสั่ง เน้นการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา (problem solving) ด้วยการสร้างโปรแกรมที่ผู้เรียนสนใจ บนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน App inventor จึงเป็นอีกโปรแกรมหนึ่ง ที่เหมาะสำหรับใช้ในการสอนเขียนโปรแกรม ให้นักเรียนในระดับมัธยมปลาย หรือระดับมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะผู้ที่ไม่เคยเขียนโปรแกรมมาก่อนหรือไม่ได้เรียนอยู่ในสายคอมพิวเตอร์

2.1.1 ประวัติและความเป็นมา

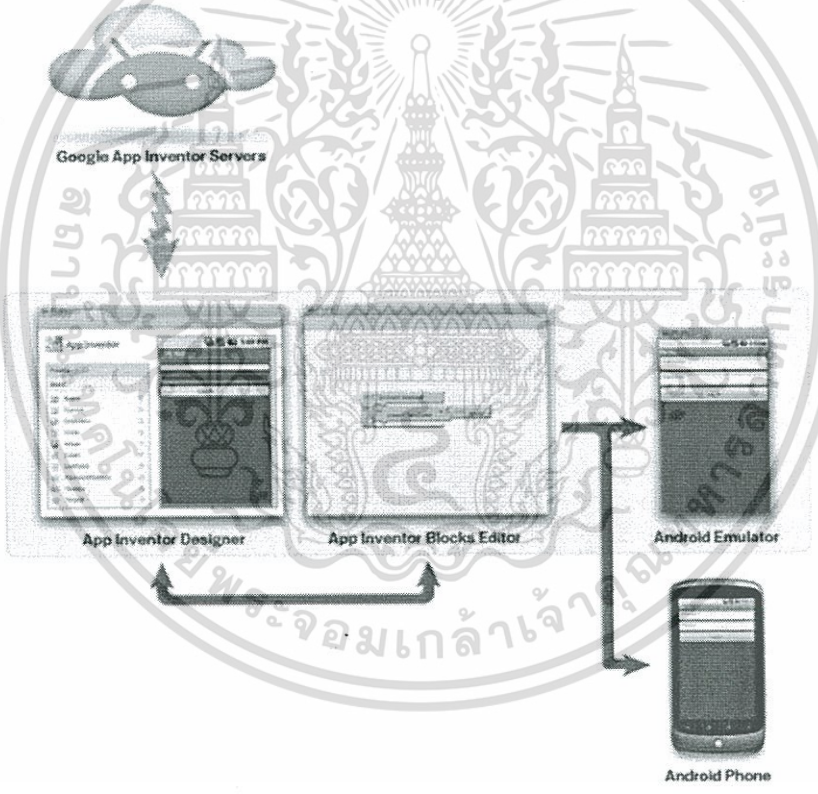
โปรแกรม App Inventor พัฒนาขึ้นโดย MIT โดยโปรแกรม App Inventor เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้ในอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต โปรแกรม App Inventor พัฒนาขึ้นโดย Professor Hal Abelson และคณะซึ่งเคยเป็นผู้พัฒนาภาษาโลโก้มาก่อน เขาพัฒนาโปรแกรม App Inventor โดยได้รับการสนับสนุนจากบริษัทกูเกิล (Google Inc.) ซึ่งมีแนวคิดในการพัฒนาอยู่ที่ว่าคนที่อยากสร้างแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์แต่ไม่มีความรู้ ไม่มีทักษะในการเขียนโปรแกรมมาก่อนก็สามารถสร้างแอปพลิเคชันขึ้นได้ง่ายๆ โดยโปรแกรม App Inventor พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวทางคอนสตรัคชั่นนิสซึ่มซึ่งเน้นให้ใช้การเขียนโปรแกรมเป็นส่วนช่วยส่งเสริมให้เกิดประสิทธิภาพทางความคิดผ่านการเรียน รู้ด้วยการปฏิบัติงานและได้ถูกนำไปใช้สอนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาและในมหาวิทยาลัยหลายแห่งในสหรัฐอเมริกา ด้วยข้อดีของโปรแกรม App Inventor ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันได้ง่ายและสนุกเหมือนการต่อจิ๊กซอว์ (Jigsaw puzzle) หรือการต่อตัวต่อเลโก้ (Lego bricks) App

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inventor จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมากสำหรับนักการศึกษาและนักพัฒนาแอปพลิเคชันที่ยังไม่มีประสบการณ์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

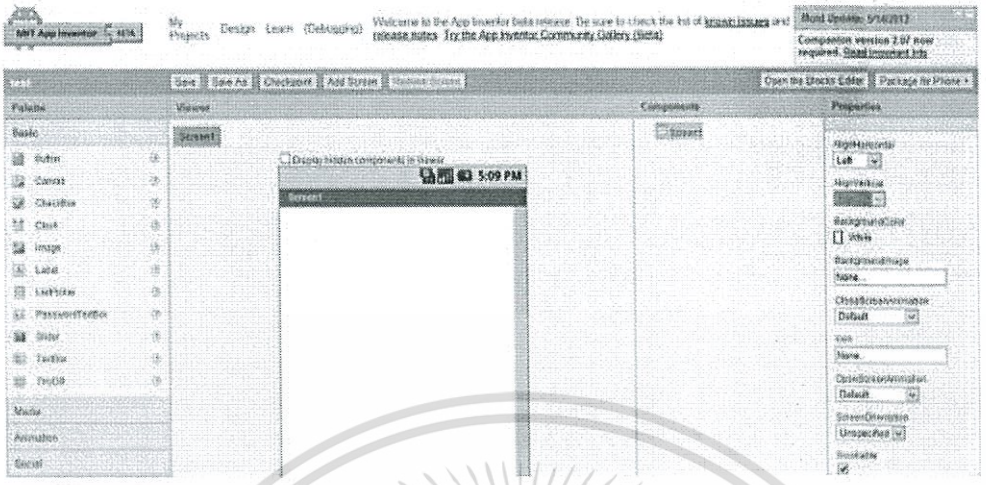
2.1.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย MIT App Inventor

ในการพัฒนา Apps ผู้พัฒนาเพียงแต่เข้าเว็บไซต์ของ MIT App Inventor ที่จัดเตรียมไว้ (http://beta.appinventor.mit.edu/) ก็สามารถเริ่มพัฒนา Apps บนAndroid ได้ทันที เนื่องจากหลักการของ App Inventor ที่จะทำการประมวลผลที่ฝั่ง Server ทำให้เครื่อง Client เอง แทบไม่จำเป็นต้องลงโปรแกรมใด เพิ่มเติมเลย



รูปที่ 2.1 หลักการพัฒนา App ด้วย MIT App Inventor
[https://programmingappinventor.wordpress.com]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพหน้าจอหลักที่ใช้พัฒนา App
[https://programmingappinventor.wordpress.com]

2.1.3 ข้อดีของ MIT App Inventor2

1. การพัฒนา App เป็นแบบ Visualization คือใช้ Block แทนรหัสคำสั่งเมื่อผู้ใช้ต้องการทำคำสั่งใด ก็เพียงเลือก Block นั้น และลากมาวางในพื้นที่ทำงานแล้วกำหนดค่าให้กับ Block เพียงเท่านั้น App Inventor จะทำการแปลงจาก Block ไปเป็นรูปแบบรหัสคำสั่งให้เอง ดังนั้นผู้พัฒนา App จึงไม่จำเป็นต้องจำรูปแบบรหัสคำสั่งเลย เพียงแต่ศึกษาว่า Block นี้ใช้ทำสั่งอะไร ต้องการข้อมูลนำเข้าเป็น อะไร และส่งผลลัพธ์ออกมาเป็นอะไรเท่านั้น

2. MIT App Inventor นี้สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ การเขียนโปรแกรมด้วยหลักการของ Component ได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปประกอบใช้นักเรียนหรือนักศึกษาจะ เห็นภาพกว้างของการพัฒนาโปรแกรมเชิงคอมโพเนนต์ว่า มีหลักการอย่างไร มีการรับและส่งค่าอาร์กิวเมนต์กัน อย่างไร เมื่อรวมตัวกันแล้ว ภาพของ App จะมีลักษณะภาพรวมเป็นอย่างไร

3. MIT App Inventor สามารถอัพโหลดลง Google Pay ได้โดยตรง

4. ช่วยลดเวลาในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพราะผู้พัฒนาสามารถนำคอมโพเนนท์นั้นมาใช้งานได้เลยทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาเขียนโปรแกรม

2.1.4 ข้อเสียของ MIT App Inventor 2

1. MIT App Inventor นั้นเป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้เชื่อมต่อผ่านทางอินเตอร์เน็ตระหว่างการเขียนโปรแกรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

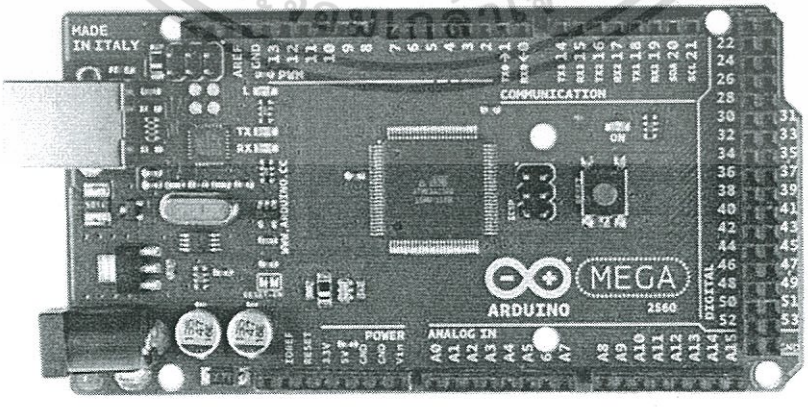
2.2 บอร์ด Arduino

2.2.1 คุณลักษณะพื้นฐานของบอร์ด Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการ พัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูก ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสาหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ใน การต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้า มาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ด เสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

2.2.2 Arduino MEGA 2560 R3

Arduino Mega 2560 บอร์ดรุ่นใหญ่ในของตระกูล Arduino มีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino Uno R3 ใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการบอร์ด Arduino ที่มีหน่วยความจำและขาสัญญาณต่างๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น



รูปที่ 2.3 บอร์ด Arduino MEGA 2560 [www.arduinoall.com]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง

2.3.1 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module โดยโมดูลนี้ จะมีตัวรับและตัวส่ง infrared ในตัว ตัวสัญญาณ(สีขาว) infrared จะส่งสัญญาณออกมา และเมื่อมีวัตถุมาบังคลื่นสัญญาณ infrared ที่ถูกสั่งออกมาจะสะท้องกลับไปเข้าตัวรับสัญญาณ (สีดำ) สามารถนำมาใช้ตรวจจับวัตถุที่อยู่ตรงหน้าได้ และสามารถปรับความไว ระยะการตรวจจับ ใกล้หรือไกลได้ ภายตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และ ตัวรับ Receiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง เหมือนแบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือ Reflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์เอง โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนแบบนี้จะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และ ทำให้ทำงานผิดพลาดได้

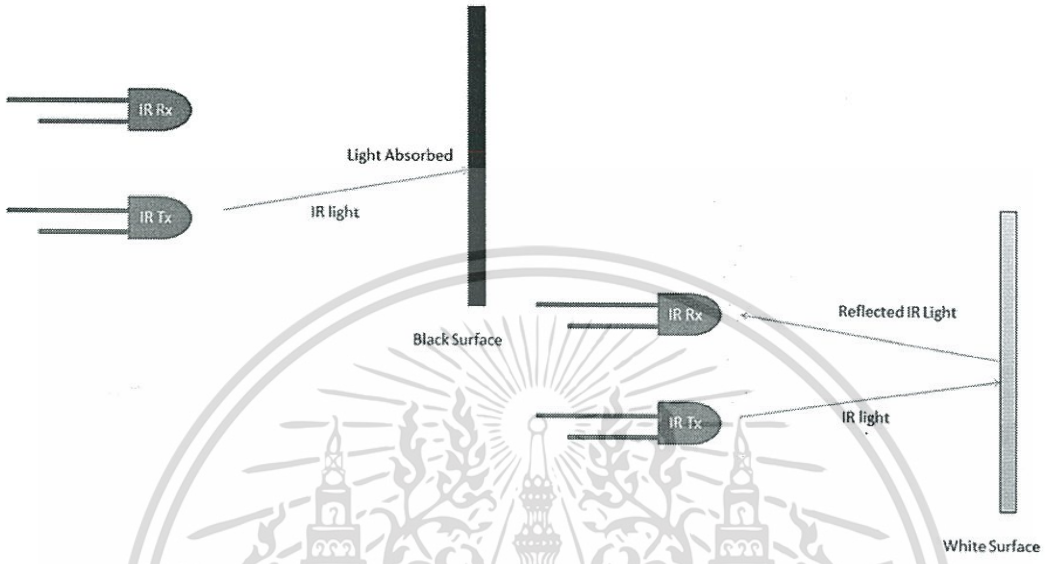
รูปที่ 2.4 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module [www.factomart.com]

2.3.2 หลักการทำงานของ IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

เซ็นเซอร์แบบนี้จะมีช่วงในการทำงาน หรือ ระยะในการตรวจจับจะได้ใกล้กว่าแบบ Opposed mode ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector อยู่ตลอดเวลา จะแสดงค่า เป็น 0 หน้าที่หลักของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เมื่อวัตถุ หรือ ชิ้นงานผ่านเข้ามาที่หน้าเซ็นเซอร์ แล้วจะการขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ที่ส่งไปยังแผ่นสะท้อน จึงทำให้ตัวรับ Receiver ไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ จะแสดงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 1 ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate



รูปที่ 2.5 การทำงานของ IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module [www.ioxhop.com]

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

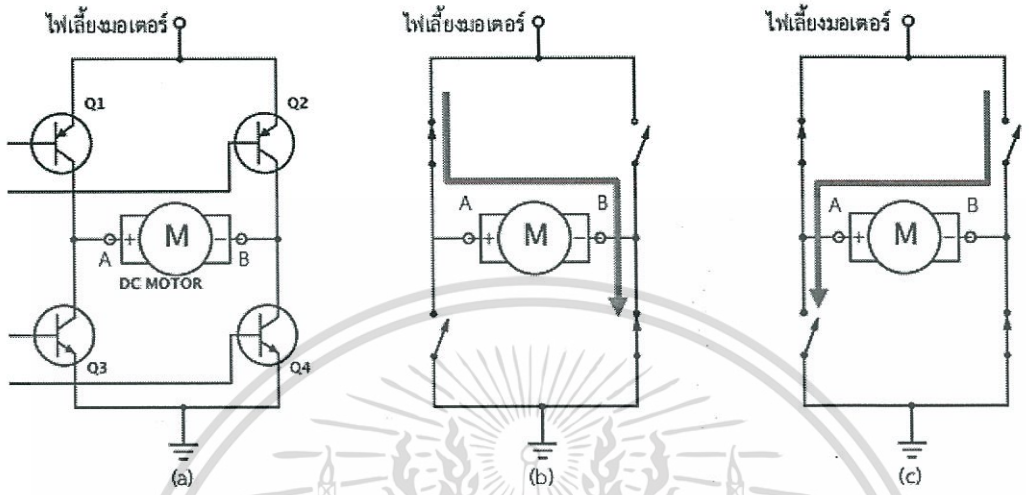
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังกล โครงสร้างภายใน DC motor ประกอบด้วยส่วนหลักๆ สองส่วน ได้แก่ แม่เหล็กถาวรและแกนขดลวด นอกจากนี้ยังมีแปรงถ่าน (Brush) ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อเพื่อรับพลังงานไฟฟ้าภายนอกไปยังขดลวดของมอเตอร์ เมื่อขดลวดได้รับไฟฟ้ากระแสตรง จะมีถูกเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ รอบขดลวด

2.4.1 ชุดขับกระแสสำหรับ DC Motor

ชุดขับกระแสดีซีมอเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ H-Bridge ซึ่งวงจรประกอบด้วยทรานซิสเตอร์หรือมอตเฟส โดยทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เปิดปิด จำนวน 4 ชุด (Q1-Q4) โดยต่อกับ DC Motor ดังรูป 1-2(a) ซึ่งสามารถควบคุมการทิศทางการไหลของกระแสได้ เมื่อส่งสัญญาณควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ทำงาน และปิดการทำงานของทราซิสเตอร์ Q2 และ Q3 กระแสจะไหลจากจุด A ไปจุด B ดังรูป 1-2 (b) จึงทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน เมื่อส่งสัญญาณควบคุมให้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q2 และ Q3 ทำงาน และปิดการทำงานของทราซิสเตอร์ Q1 และ Q4 กระแสจะไหลจากจุด B ไปจุด A ดังรูป 1-2 (c) เป็นผลให้มอเตอร์หมุนกลับทิศ

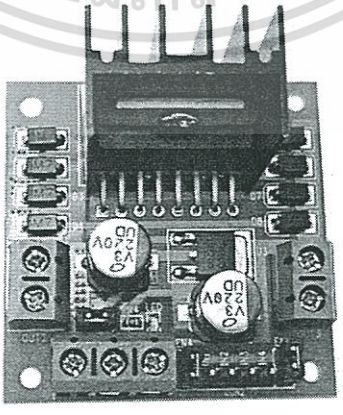


รูปที่ 2.6 การทำงานของวงจร H-Bridge สำหรับควบคุมการหมุนของ DC Motor

[http://aimagin.com/blog/motor/?lang=th]

2.4.2 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

ในการต่อกับบอร์ด Arduino นั้น ขา IN1,IN2,IN3 และ IN4 นั้น สามารถต่อกับพอร์ต Digital ใดๆก็ได้เนื่องจาก 4 ขานี้ จะใช้ในการควบคุมสัญญาณลอจิคบอกทิศทางให้กับมอเตอร์ ส่วน ENA และ ENB นั้น จำเป็นที่จะต้องต่อกับพอร์ต Digital ที่รองรับ PWM เนื่องจากจะต้องใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 2.7 ชุดขับมอเตอร์ L298N [http://aimagin.com/blog/motor/?lang=th]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 รายละเอียดการทำงานขาชุดขับมอเตอร์ L298N

Out 1: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A

Out 2: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A

Out 3: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B

Out 4: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B

12V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12V (ต่อได้ตั้งแต่ 5V ถึง 35V)

GND: ช่องต่อไฟลบ (Ground)

5V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V

ENA: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A

IN1: ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A

IN2: ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A

IN3: ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

IN4: ช่องต่อสัญญาณลอจิคเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

ENB: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B

2.4.3 การสั่งงานมอเตอร์เบื้องต้น

ในการสั่งงาน L298N ให้ควบคุมมอเตอร์นั้น มีหลักการพื้นฐาน แบ่งขาออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ENA IN1 IN2 และ IN3 IN4 ENB

ENA IN1 IN2 และ IN3 IN4 ENB

-ENA ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ A (ความเร็วมอเตอร์ 0-255)

-IN1,IN2 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A (สถานะ HIGH , LOW)

-ENB ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ B (ความเร็วมอเตอร์ 0-255)

-IN3,IN4 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B (สถานะ HIGH , LOW)

ตารางที่ 2.1 ตารางการทำงานมอเตอร์ A

ENA	IN1	IN2	คำอธิบาย
0	N/A	N/A	มอเตอร์ A ไม่ทำงาน
0	LOW	LOW	มอเตอร์ A หยุดการทำงานแบบหมุนอิสระ
0-255	LOW	HIGH	มอเตอร์ A ทำงานและหมุนกลับหลังด้วยความเร็วที่ ENA
0-255	HIGH	LOW	มอเตอร์ A ทำงานและหมุนเดินหน้าด้วยความเร็วที่ ENA
0	HIGH	HIGH	มอเตอร์ A หยุดการทำงานแบบทันที (แบบเบรค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางการทำงานมอเตอร์ B

ENA	IN1	IN2	คำอธิบาย
0	N/A	N/A	มอเตอร์ B ไม่ทำงาน
0	LOW	LOW	มอเตอร์ B หยุดการทำงานแบบหมุนอิสระ
0-255	LOW	HIGH	มอเตอร์ B ทำงานและหมุนกลับหลังด้วยความเร็วที่ ENB
0-255	HIGH	LOW	มอเตอร์ B ทำงานและหมุนเดินหน้าด้วยความเร็วที่ ENB
0	HIGH	HIGH	มอเตอร์ B หยุดการทำงานแบบทันที (แบบเบรค)

2.5 ความหมายการทำงานของ Bluetooth

บลูทูธ (Bluetooth) คือ ระบบการสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กโทนิคแบบสองทาง ที่ใช้ เทคนิคการส่งคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์ต่างชนิดกัน โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่ จำ เป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการ เชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่น ก่อนๆ โดยปัจจุบันระบบ บลูทูธได้เข้ามาช่วยทำให้การส่งถ่ายข้อมูลที่เป็นภาพ เสียง สะดวกยิ่งขึ้น

2.5.1 ความเป็นมาและต้นกำเนิดของ Bluetooth

คำว่า บลูทูธ เป็นความจริงแล้วเป็นชื่อของกษัตริย์ประเทศเดนมาร์ก ที่มีชื่อว่า Harald Bluetooth ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 940-981 หรือประมาณ 1,000 กว่าปีก่อนหน้า กษัตริย์องค์นี้ ได้ปกครองประเทศเดนมาร์กและนอร์เวย์ในยุคของไวกิ้งค์ และต้องการรวมประเทศให้เป็นหนึ่งเดียว นอกจากนั้นยังทรงเป็นผู้เอาศาสนาคริสต์เข้าสู่ประเทศเดนมาร์กอีกด้วย และเพื่อเป็นการรำลึกถึงกษัตริย์ Bluetooth ผู้ครองประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย ซึ่งในปัจจุบันเป็นกลุ่มผู้นำในด้านการผลิตโทรศัพท์มือถือป้อนสู่ตลาดโลก และระบบ Bluetooth นี้ ก็ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับโทรศัพท์มือถือและเริ่มต้นจากประเทศในแถบนี้ด้วยเช่นกัน

ปี 1994 บริษัท อีริคสัน โมบาย คอมมูนิเคชั่น เริ่มต้นที่จะค้นคว้าวิจัยความเป็นไปได้ในการนำคลื่นสัญญาณวิทยุ มาใช้ระหว่างโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ต่างๆ และเป็นผู้นำชื่อ Bluetooth มาใช้

ปี 1998 กลุ่มผู้พัฒนาวิจัยระบบ Bluetooth ได้ถูกก่อตั้งขึ้น โดยเกิดจากการ รวมตัวของบริษัทยักษ์ใหญ่อย่าง Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba และ Intel ในกลุ่มที่ใช้ชื่อว่า Special Interest Group (SIG) ซึ่งในกลุ่มจะประกอบด้วย กลุ่มผู้นำทางด้านโทรศัพท์มือถือ, คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ซึ่งกลุ่มเหล่านี้ได้ประเมินว่า ภายในปี 2002 ในอุปกรณ์การสื่อสาร, เครื่องใช้, คอมพิวเตอร์ จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้ง Bluetooth ที่จะใช้เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ อย่างแพร่หลาย โดยในปีเดียวกัน บริษัทเหล่านี้ ได้ประกาศ การรวมตัวกัน และเชิญชวนบริษัทอื่นๆ ให้เข้าร่วม ในลักษณะของการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ โดยในปี 1999 ได้ทำการเผยแพร่ Bluetooth specification Version 1.0 และได้สมาชิกเพิ่มขึ้น ดังนี้ Microsoft, Lucent, 3Com, Motorola

2.5.2 ระบบการทำงานของ Bluetooth

Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถใน การเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำ ให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น

โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอพพลิเคชันต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จแบตบ่อยๆ

ความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกกะบิตต่อวินาที) และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้ งานแบบทั่วไป ก็จะถือว่ามีประสิทธิภาพมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่การส่งข้อมูลแบบนี้ อาจจะช้าเกินไป และเมื่อนำไปเปรียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้ว ความสามารถของBluetooth อาจจะห่างไกลกันมาก ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ข้อ ได้เปรียบของ Bluetooth อยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้ พลังงานก็น้อยกว่ามาก โดยอยู่ที่ 0.1 วัตต์ และหากเทียบกับคลื่นมือถือแล้ว การใช้พลังงานยังห่าง กันอยู่หลายเท่าเหมือนกัน

2.5.3 ประโยชน์ของเทคโนโลยี Bluetooth

หากเราต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นพรินเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าท์ หรือลำโพง การเชื่อมต่อในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้สายเคเบิ้ลเป็นตัวเชื่อมต่อทั้งหมด (Serial และ USB) ซึ่งอาจจะไม่สะดวกทั้งในด้านการใช้สอย เคลื่อนย้าย และความเรียบร้อยต่างๆ แต่หากเครื่อง PC มีอุปกรณ์ Bluetooth ก็สามารถติอต่อเข้าหากันได้โดยใช้คลื่นแทนการใช้สายไฟเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมด ทั้งการส่งไฟล์ภาพ, เสียง, ข้อมูล อีกทั้งระบบเชื่อมต่อผ่าน CSD และ GPRS บนโทรศัพท์มือถือ ก็สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สาย ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยาก อีกทั้งยังเพิ่ม ความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้นด้วย

แต่ข้อจำกัดการใช้งานก็มีเช่นกัน การเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์โน็ตบุ๊ค หรือ พ็อกเก็ต พีซี เข้ากับอินเทอร์เน็ต จะสามารถใช้งานได้เพียง 1 อุปกรณ์ ต่อ 1 ชิ้นเท่านั้น ซึ่งบางทีอาจจะต้องสลับการใช้งานกันบ่อยๆ (สำหรับผู้ที่ใช้อุปกรณ์ไร้สายซะส่วนใหญ่) แต่ก็ถือว่าให้ความสะดวกมากกว่าการใช้สายเคเบิล

2.5.4 Bluetooth แต่ละเวอร์ชัน

2.5.4.1 Bluetooth 1

Version 1.0 และ 1.0B Device address (BD-ADDR) ในการส่งข้อมูล ผ่านการ connecting (การส่งข้อมูลแบบนี้ยังมีปัญหาอยู่)

Version 1.1 เป็นการแก้ปัญหาที่พบใน Version 1.0B Non - encrypted Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Version 1.2 มีการ Connection และ Discovery ได้เร็วขึ้น มีการดัดแปลง frequency-hopping spread spectrum (AFH) โดยการปรับปรุงอุปสรรคของ radio frequency interference โดยการหลีกเลี่ยงการใช้ crowded frequency ใน hopping sequence และยังเพิ่มความเร็วในการสื่อสารสูงถึง 721 Kbit/second ซึ่งสูงกว่าเวอร์ชัน 1.1 มีการขยาย Synchronous Connection ซึ่งจะปรับปรุงคุณภาพเสียงด้วยการอนุญาตให้มีการสื่อสารอีกครั้งหาก packets ใด เสียหายหรือหลุดไป และ เพิ่ม Host Controller Interface(HCI) เพื่อรองรับ Three-wire UART. อีกทั้งยังได้รับการรับรอง IEEE Standard 802.15.1-2005 และยัง เริ่มนำ Flow Control และ Retransmission Modes สำหรับ L2CAP

2.5.4.2 Bluetooth 2

Version 2.0+EDR>> ลักษณะโดดเด่น ของเวอร์ชันนี้เหมือนกับเวอร์ชัน 1.2 ต่างกันคือเพิ่ม Enhanced Data Rate (EDR) เพื่อให้การเคลื่อนย้ายข้อมูลทำได้เร็วขึ้น อัตราความเร็วของ EDR อยู่ 3 เมกกะบิตต่อวินาที โดยที่อัตราความเร็วของการส่งข้อมูลจะอยู่ที่ 2.1 เมกกะบิตต่อวินาที อัตราของการส่งไปยังปลายทางถูกใช้โดยการใช้ความแตกต่างของเทคโนโลยี radio สำหรับการส่งข้อมูล มาตรฐานที่ใช้หรืออัตราพื้นฐานในการส่งข้อมูลโดย ใช้โมดูล Gaussian Frequency Shift Keying(GFSK) ของ radio signal ด้วย อัตราข้อมูลใน อากาศจำนวนมากอยู่ที่ 1 เมกกะบิตต่อวินาที EDR ใช้ความผสมผสานของ GFSK และ โมดูล Phase Shift Keying(PSK) ด้วย 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร, Π/4-DQPSK และ 8DPSK, ทั้งสองตัวแปรนี้มีอัตรา การส่งข้อมูลอากาศที่ 2 และ 3 เมกกะบิต ต่อวินาที ตามลำดับ

ประโยชน์ที่ได้จากลักษณะโดดเด่นของ EDR คือ

- ความเร็วในการขนส่งข้อมูล 3 เท่า (2.1 เมกกะบิตต่อวินาที) ในกรณีเดียวกัน
- ลดความซับซ้อนของการติดต่อพร้อมๆกันในกรณีที่มีการเพิ่ม bandwidth
- การบริโภคพลังงานน้อยกว่าผ่าน reduced duty cycle

Version 2.1+EDR>>ลักษณะโดดเด่น ของเวอร์ชันนี้ รองรับและเข้ากัน ได้กับเวอร์ชัน 1.2 อย่างเต็มที่และถูกดัดแปลงโดยกลุ่ม Bluetooth SIG ต่อมา เวอร์ชันนี้รองรับ ความเร็วในการโอนย้ายข้อมูลตามหลักวิชาการสูงสุดถึง 3 เมกกะบิตต่อวินาที ลักษณะโดดเด่นเหล่านี้รวมไปถึง การตอบกลับของการสืบค้นแบบยืดยาว (Extended inquiry response EIR) มี การตระเตรียมข้อมูลมากขึ้นขณะทำการสืบค้นเพื่ออนุญาตให้อุปกรณ์ทำการกรองได้ดีขึ้นก่อนการติดต่อ ข้อมูลดังกล่าวคือ ชื่อของอุปกรณ์, รายการการให้บริการต่างๆที่รองรับอุปกรณ์นั้นๆ, ระดับของพลังงานที่ใช้ในการสื่อสารที่ใช้สำหรับการตอบการสืบค้น และ ข้อมูลที่ถูกกำหนดไว้ก่อนแล้ว โดยโรงงานผู้ผลิต

2.5.4.3 Bluetooth 3

Version 3.0 + HS>>เวอร์ชันนี้ถูกปรับปรุงโดย Bluetooth SIG อีกทั้งยัง มีการรองรับการขนส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุด 24 เมกกะบิตต่อวินาที แม้ว่าจะไม่เร็วเกินกว่า Bluetooth link ในตัวเอง แทนที่ Bluetooth link จะถูกใช้สำหรับการเจรจาและตั้งฐาน และอัตราการการขนส่งข้อมูลที่สูงถูกส่งด้วยฐาน WIFI link ทั้งสอง (รับ-ส่ง) ลักษณะเด่นนี้เป็นของ AMP (Alternate MAC/PHY)

2.5.4.4 Bluetooth 4

Version V4.0 (Protocolsที่ใช้พลังงานต่ำ) >> ในเวอร์ชัน Bluetooth SIG ได้ปรับปรุง Bluetooth low energy (พลังงานต่ำ) ซึ่งเป็นลักษณะที่โดดเด่นมากของเวอร์ชันนี้ โดยใช้ชื่อชั่วคราวว่า Wibree และ Bluetooth ULP (Ultra Low Power) และคุณลักษณะที่โดด เด่น ของบลูธูทเวอร์ชันนี้ คือ การนำเทคโนโลยี ultra-low power Bluetooth เข้ามาใช้ ยกตัวอย่างกรณีที่มีการใช้เทคโนโลยีนี้ เช่น การแสดงหมายเลขผู้โทรศัพท์, อุปกรณ์ที่นักกีฬา สวมใส่เพื่อการตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจขณะกำลังออกกำลังกาย และ อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น และเทคโนโลยี Bluetooth low energy ถูกออกแบบสำหรับอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้ แบตเตอรี่สูงสุด 1 ปี และจะมีอัตราการส่งผ่านข้อมูลอยู่ที่ 1 MB ต่อวินาทีและใช้การเข้ารหัสแบบ AES-128 ในการเชื่อมต่อและส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้ง Bluetooth 4.0 นั้นจะสามารถเลือกใช้ได้ทั้งโหมดประหยัดพลังงานและโหมดธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 HC-05 Bluetooth Module

HC05 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับสมาร์ทดีไวซ์ต่างๆ ให้สมาร์ทดีไวซ์สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino AVR PIC etc.) ได้ ผ่าน Serial port โมดูลรุ่น HC05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งโหมด Master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และโหมด Slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่างๆ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสผ่าน ทำได้ผ่าน AT Command ซึ่งจะต้องมีการต่อขาพิเศษเพื่อให้โมดูลเข้าโหมดการตั้งค่า หรือกดปุ่มบนโมดูลค้างไว้

2.5.5.1 HC-05 กับอุปกรณ์ที่รองรับ

HC05 เป็นโมดูล Bluetooth ที่รองรับกับอุปกรณ์ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน (05/08/2558) มีเพียง IPhone ที่ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจาก IPhone ใช้ Bluetooth เวอร์ชัน 4.0 ต้องใช้งานโมดูล HM-10 แทน ซึ่งเป็นโมดูล Bluetooth 4.0 จึงจะสามารถนำมาใช้งานกับ IPhone ได้

2.5.5.2 รายละเอียด Bluetooth Serial Module (HC-05 Master/Slave mode)

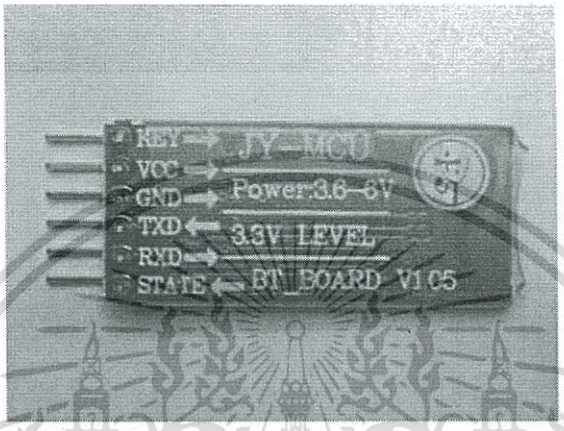
- Bluetooth protocal: Bluetooth Specification v2.0+EDR
- Frequency: 2.4GHz ISM band
- Modulation: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- Emission power: ≤4dBm, Class 2
- Sensitivity: ≤-84dBm at 0.1% BER
- Speed: Asynchronous: 2.1Mbps (Max) / 160 kbps, Synchronous: 1Mbps/1Mbps
- Security: Authentication and encryption
- Profiles: Bluetooth serial port
- Power supply: +3.3VDC 50mA
- Working temperature: -20 ~ +75 Centigrade
- Dimension: 26.9mm x 13mm x 2.2 mm

2.5.5.3 ขาของโมดูล HC-05

- KEY เป็นขาอินพุต ใช้สำหรับเข้าสู่โหมด AT command
- VCC เป็นขาสำหรับแรงดันไฟเลี้ยงในช่วง +3.6V ถึง +5.5V
- GND เป็นขา GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TXD เป็นขาเอาต์พุตสำหรับ Serial (แรงดันลอจิกที่ 3.3V)
- RXD เป็นขาอินพุตสำหรับ Serial (แรงดันลอจิกที่ 3.3V)
- STATE เป็นขาเอาต์พุต ใช้ระบุสถานะการเชื่อมต่อผ่าน Bluetooth (Disconnected / Connected)

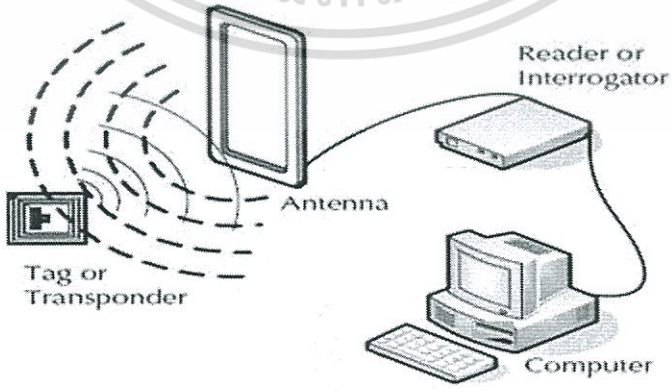


รูปที่ 2.8 Bluetooth HC-05 Module [http://hiphonecarkit.com]

2.6 เครื่องอ่านบัตร RFID Card Reader

อาร์เอฟไอดี (RFID - Radio frequency identification) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุ (Radio frequency) ในการเก็บข้อมูล เพื่อใช้ระบุตัวตน เช่น นำไปแปะกับสิ่งของเพื่อใช้ระบุตัวสิ่งของ ใช้กับบัตรนักเรียนเพื่อระบุข้อมูลนักเรียน

2.6.1 องค์ประกอบของ RFID



รูปที่ 2.9 องค์ประกอบของ RFID [www.thaieasyelec.com]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 ป้าย (Tag, Transponder)

เป็นอุปกรณ์ป้าย (Tag) ที่ติดสินค้าสำหรับกันขโมย ใช้ในระบบบัตรผ่านเข้าออกของพนักงาน หรือบัตรผ่านเข้าออกของรถไฟฟ้า โดยภายในจะประกอบด้วยเสาอากาศและตัวไมโครชิปในส่วนของเสาอากาศจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างป้าย (Tag) กับเครื่องอ่าน (Reader) นอกจากนี้ยังสามารถทำหน้าที่สร้างพลังงานเพื่อป้อนให้กับไมโครชิป

2.6.1.1.1 ประเภทของป้าย (RFID)

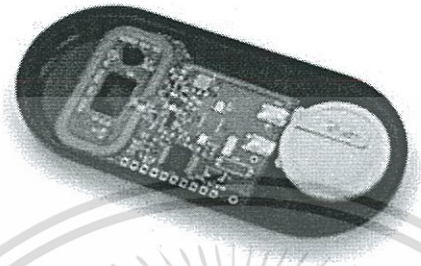
- RFID ชนิด Passive ป้ายชนิดนี้ทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพราะภายในบัตรมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นแหล่งพลังงานในตัวอยู่แล้ว ระยะการอ่านข้อมูลได้ในระยะสั้นๆ เท่านั้นไม่เกิน 1 เมตร (ขึ้นอยู่กับกำลังส่งของเครื่องอ่านและความถี่วิทยุที่ใช้) RFID ประเภทนี้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

รูปที่ 2.10 RFID Passive ชนิดพวงกุญแจ

รูปที่ 2.11 RFID Passive ชนิดบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RFID ชนิด Active ป้ายชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพื่อจ่ายไฟให้วงจรทำงาน ระยะการอ่านข้อมูลได้ประมาณ 100 เมตร แต่มีข้อเสียคือขนาดของป้ายหรือเครื่องอ่านมีขนาดใหญ่ อายุแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี



รูปที่ 2.12 RFID Active ชนิดภายในบรรจุแบต [www.thaieasyelec.com]

2.6.1.2 เครื่องอ่านป้าย (Reader, Interrogator)

จะทำการเชื่อมต่อกับป้ายเพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงในป้าย โดยใช้สัญญาณวิทยุ ซึ่งภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศ เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณภาครับ-ภาคส่งสัญญาณวิทยุ, วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล และส่วนที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกันกับในส่วนของป้าย เครื่องอ่านนั้นจะมีชนิด และลักษณะรูปร่างหลากหลายแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น แบบมือถือ, แบบติดหนัง จนไปถึงแบบขนาดใหญ่เท่าประตู

รูปที่ 2.13 เครื่องอ่านบัตร (Card Reader) [www.thaieasyelec.com]

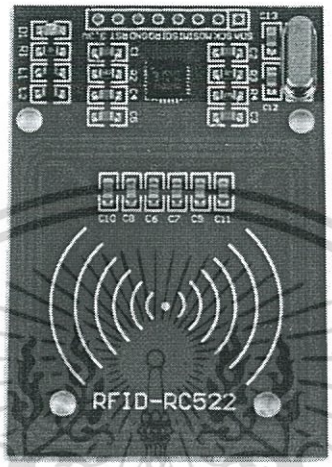
2.6.2 ฮาร์ดแวร์ หรือระบบที่ใช้ประมวลผล

ฮาร์ดแวร์ หรือระบบที่ใช้ประมวลผล เป็นส่วนที่จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจากป้าย (Tag) หรือจะสร้างข้อมูลเพื่อส่งไปยังป้าย (Tag) หรือว่าจะเป็นที่เก็บระบบฐานข้อมูลขึ้นอยู่กับระบบที่นำไปใช้ ตัวอย่างอย่างเช่น ระบบการจัดการฟาร์มปศุสัตว์ ระบบคลังสินค้า ระบบขนส่ง ระบบการบริหารจัดการทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.1 RFID Card Reader Module Kit (RC522)

การใช้งานRFID Module สามารถใช้ร่วมกับ Arduino ได้เป็นอย่างดี เพราะมีไลบารีที่ทำมาสำหรับ Arduino สามารถศึกษา และเขียนข้อมูลเพียงเล็กน้อยทำให้สามารถอ่าน Tag ได้



รูปที่ 2.14 RFID Module [www.thaieasyelec.com]

2.6.2.2 การใช้งาน RFID Module กับบอร์ด Arduino

- MOSI – 11
- MISO – 12
- SCK – 13
- NSS – 10
- RST – 9
- VCC – 3.3V
- GND – GND

หรือ

- SDA – 10
- SCK – 13
- MOSI -11
- IRQ – NONE
- RST – 9
- 3.3V – 3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 รายละเอียด RFID Module Kit (RC522)

- Operating Current :13-26 mA/DC 3.3V
- Idle Current :10-13mA/DC 3.3V
- Sleep Current:
- Peak Current:
- Operating Frequency :13.56MHz
- Supported card types: 1s50, 1s70, Ultra-Light, Pro
- Environmental Operating Temperature: -20-80 degrees Celsius
- Environmental Storage Temperature: -40-85 degrees Celsius
- Relative humidity: relative humidity 5%-95%
- Data transfer rate: maximum 10Mbit/s
- Size: RFID-RC522 Module: 3.9 x 6 cm The Standard S50 Blank Card: 8.5 x 5.4 cm
- Diameter of S50 special-shaped card: 3.1(max)

2.7 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม

DIAPHRAGM PUMP (ไดอะแฟรมปั๊ม) หรือ AODD PUMP การทำงานของปั๊มเหมือนกับการทำงานของปั๊มลูกสูบ เพียงแต่ลูกสูบไม่มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง แต่มีการติดตั้งแผ่นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นคั่นเอาไว้ระหว่างลูกสูบกับของเหลวซึ่งเราเรียกว่าแผ่นไดอะแฟรม โดยใช้ลูกสูบเป็นตัวส่งแรงไปที่แผ่นไดอะแฟรม เพื่อสร้างแรงดันอากาศและมีลักษณะการทำงานแบบดูด – อัด เป็น stroke ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการรั่วไหลของสารที่ทำการปั๊มและป้องกันไม่ให้สารที่ใช้หล่อลื่นระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบเข้าไปปนเปื้อนสารที่ทำการปั๊มด้วย ปั๊มพวกนี้บางชนิดสามารถทำงานกับของเหลวที่สามารถกัดกร่อนโลหะได้เพราะตัวลูกสูบและกระบอกสูบที่ทำจากโลหะนั้นไม่ได้มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง ในกรณีที่ของเหลวที่ทำการปั๊มนั้นมีของแข็งแขวนลอยอยู่ โอกาสที่ของแข็งที่แขวนลอยจะเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างกระบอกสูบและลูกสูบจะไม่มี ปั๊มพวกนี้ก็ให้พฤติกรรมการไหลเป็นจังหวะ โดยนำไปใช้งานกับของเหลวหลากหลายที่มีชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 จุดเด่นของปั๊มน้ำไดอะแฟรม

1) ขับเคลื่อนด้วยระบบลมจึงใช้งานในโซนอันตรายได้ (Explosion Proof)

2) เมื่อแรงดันสมดุลปั๊มจะหยุดทำงานอัตโนมัติจึงไม่ต้องติดตั้งวาล์วระบายแรงดัน (Relief Valve)

3) เป็นระบบ Self-Priming (สามารถดูดของเหลวได้ด้วยตัวเอง)

4) ทนทานต่อความเสียหายจากการเดินปั๊มโดยไม่มีของเหลวอยู่ภายในตัวปั๊ม (Dry-Running Ability)

5) ให้Head ที่สูง (High Head)

6) รองรับของเหลวที่มีความหนืดได้ค่อนข้างสูง (Medium Viscosity)

7) ควบคุมปริมาณของเหลวที่ส่งออกจากตัวปั๊มได้ค่อนข้างแม่นยำ (Volume Control)

8) รองรับของแข็งหรือสิ่งแขวนลอยได้ดี (Solid Handling)

2.7.2 ประเภทของปั๊มน้ำไดอะแฟรม

1) Metallic AODD Pump จะเป็นปั๊มที่มีตัวถัง (Body) ที่ผลิตจากโลหะ จะมีจุดเด่นในเรื่องความแข็งแรงทนทานสูง สามารถทนอุณหภูมิได้สูง มีขนาดท่อตั้งแต่ ½", 1", 1½" และ 2"

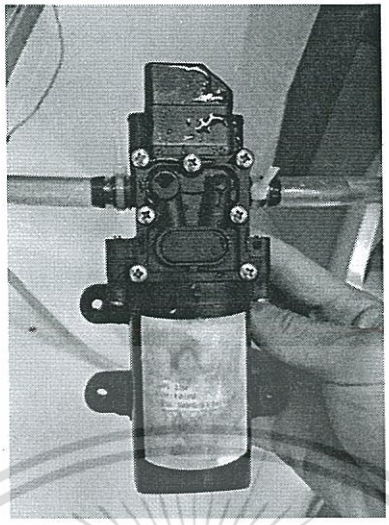
2) Non-metallic AODD Pump จะเป็นปั๊มที่มีตัวถัง (Body) ที่ผลิตจากพลาสติกวิศวกรรมจำประเภทเทอร์โมพลาสติก มีจุดเด่นในเรื่องของความต้านทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี ประเภทกรด, น้ำหนักเบา มีขนาดท่อตั้งแต่ ½", 1", 1½" และ 2"

2.7.3 คุณสมบัติปั๊มน้ำไดอะแฟรม DC 12V 6.8 bars

คุณสมบัติของปั๊มน้ำไดอะแฟรม มีรายละเอียดดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า: 12VDC
- กระแส: 3.0 A
- แรงดัน: 6.8 bars
- อัตราการไหลสูงสุด: 4 ลิตร/นาที (240 ลิตร/ชั่วโมง)
- มีตัวตัดอัตโนมัติ (ออโต้)
- ท่อน้ำเข้า- ออก: 3 หุน (3/8")
- ระยะดูดลึก: ไม่เกิน 1.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ปั๊มน้ำไดอะแฟรม 12 V 6.8 bars

2.8 หัวพ่นยา

หัวพ่นยาเป็นอุปกรณ์ทางการเกษตรที่เหมาะสำหรับพ่นยาฆ่าเชื้อ พ่นสารเคมี พ่นยาฆ่าแมลง พ่นปุ๋ยสูตรน้ำ รดน้ำต้นไม้ และใช้งานเกษตรทั่วไป

รูปที่ 2.16 หัวพ่นยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

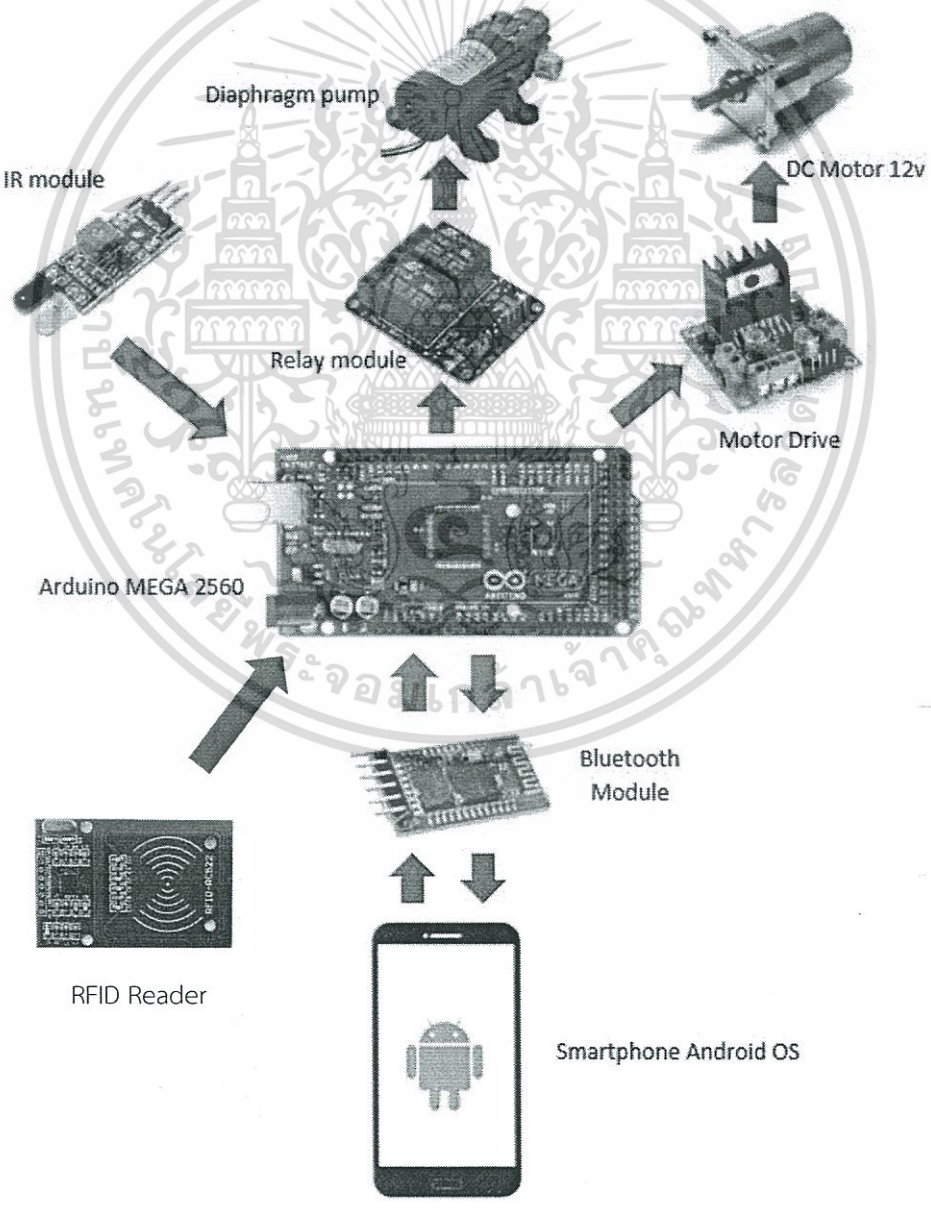
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำโครงงาน

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบโดยรวม

ในการออกแบบรถควบคุมรถบังคับด้วยสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android นั้นจะอาศัยแอพพลิเคชันเป็นตัวบังคับและส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารแบบบลูทูธ มีผังการทำงานดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานฝั่งรับจะมีโมดูล HC-05 เป็นตัวรับข้อมูลจากสมาร์ทโฟนเมื่อ Arduino ได้รับข้อมูลก็จะมีการสั่งงานทั้ง Motor Drive เพื่อไปควบคุม DC Motor ควบคุม Relay ในการเปิดปิดหัวฉีดพ่นสาร ให้ทำงานตามที่ได้กำหนดไว้บนโปรแกรม Arduino IDE ส่วนด้านอุปกรณ์อินพุตจะมี Infrared Sensor และ RFID Reader ที่ทำหน้าที่ในการรับค่าและแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนส่งไปยังไมโครคอนเลอร์

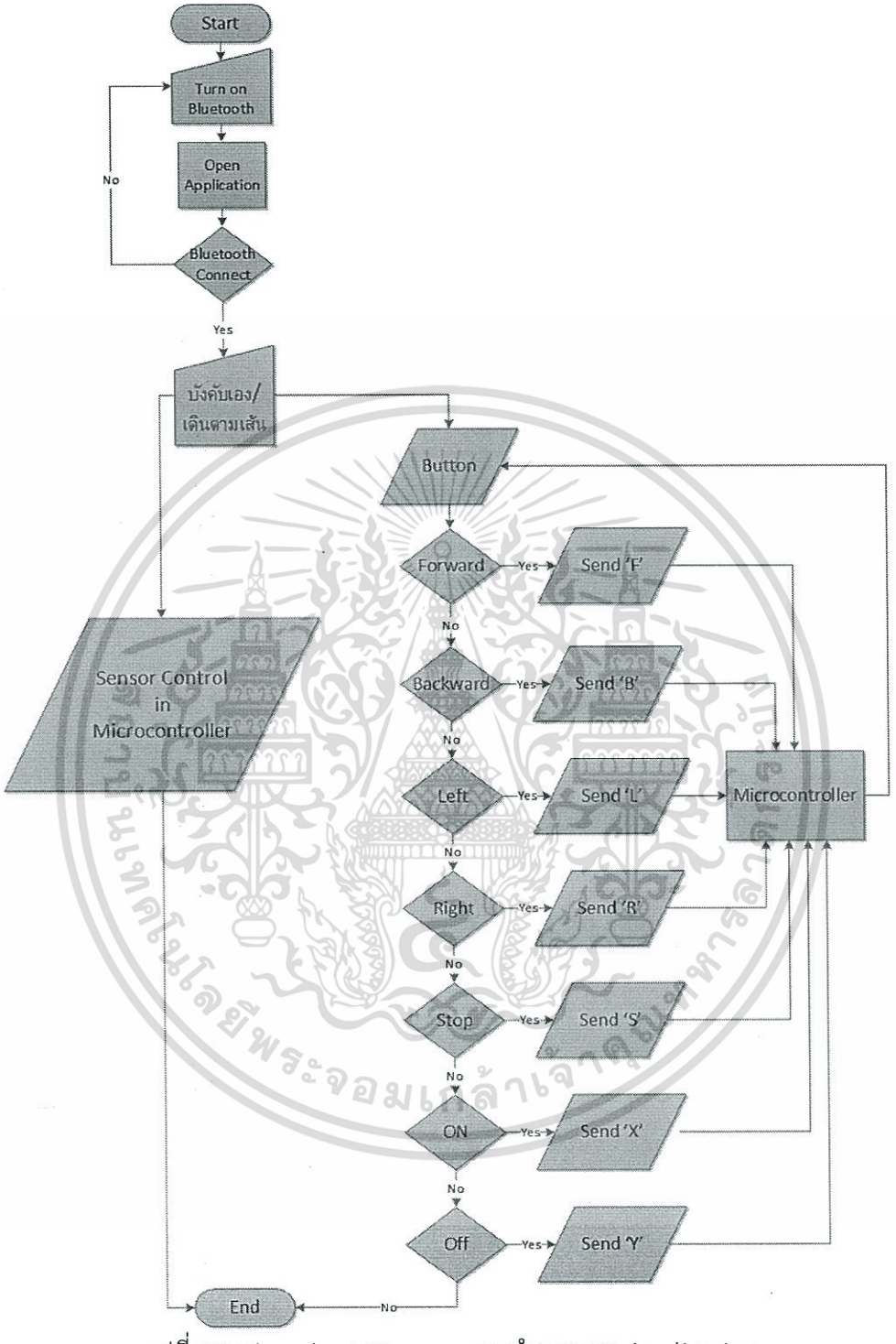
3.1.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

Application รองรับระบบการทำงานแบบ Android โดยเขียนคำสั่งจากโปรแกรม MIT App Inventer2 โดยเป็นการต่อบล็อกการทำงานแทนการเขียนโค้ดทั่วไปการทำงานของแอปพลิเคชันจะแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ การเชื่อมต่อบลูทูธ และการส่งค่า ให้กับ Arduino ผ่านโมดูลบลูทูธ โดยตัวแอปพลิเคชันจะขอใช้อุปกรณ์บลูทูธของโทรศัพท์มือถือ เพื่อค้นหา และเชื่อมต่อบลูทูธ เมื่อเชื่อมต่อกับ Arduino ได้แล้ว สามารถส่งค่าตามที่กำหนดไว้ให้กันได้รวมไปถึงไอคอนแอปพลิชันในรูปที่ 3.2 โดยมี Flowchart แสดงการทำงานแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ฝั่งแอปพลิเคชัน กับฝั่งไมโครคอนโทรเลอร์ในรูปที่ 3.3 และ 3.4 ภาพการออกแบบบล็อกการทำงานของแอปพลิเคชัน ในรูปที่ 3.5 รวมไปถึงอินเตอร์เฟซแอปพลิเคชันและการใช้งานในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.2 หน้าไอคอนแอพพลิเคชัน

หน้าไอคอนแอปพลิเคชั่น เลือกใช้เครื่องหมายที่แสดงถึงห้ามเข้า ส่วนด้านหลังเครื่องหมายเลือกใช้รูปแมลงที่เป็นรูปการ์ตูน ทำให้สามารถสื่อสารกับผู้ใช้ได้ดีทำเกิดความเข้าใจถึงลักษณะการใช้งานของแอปพลิเคชั่นได้ดี

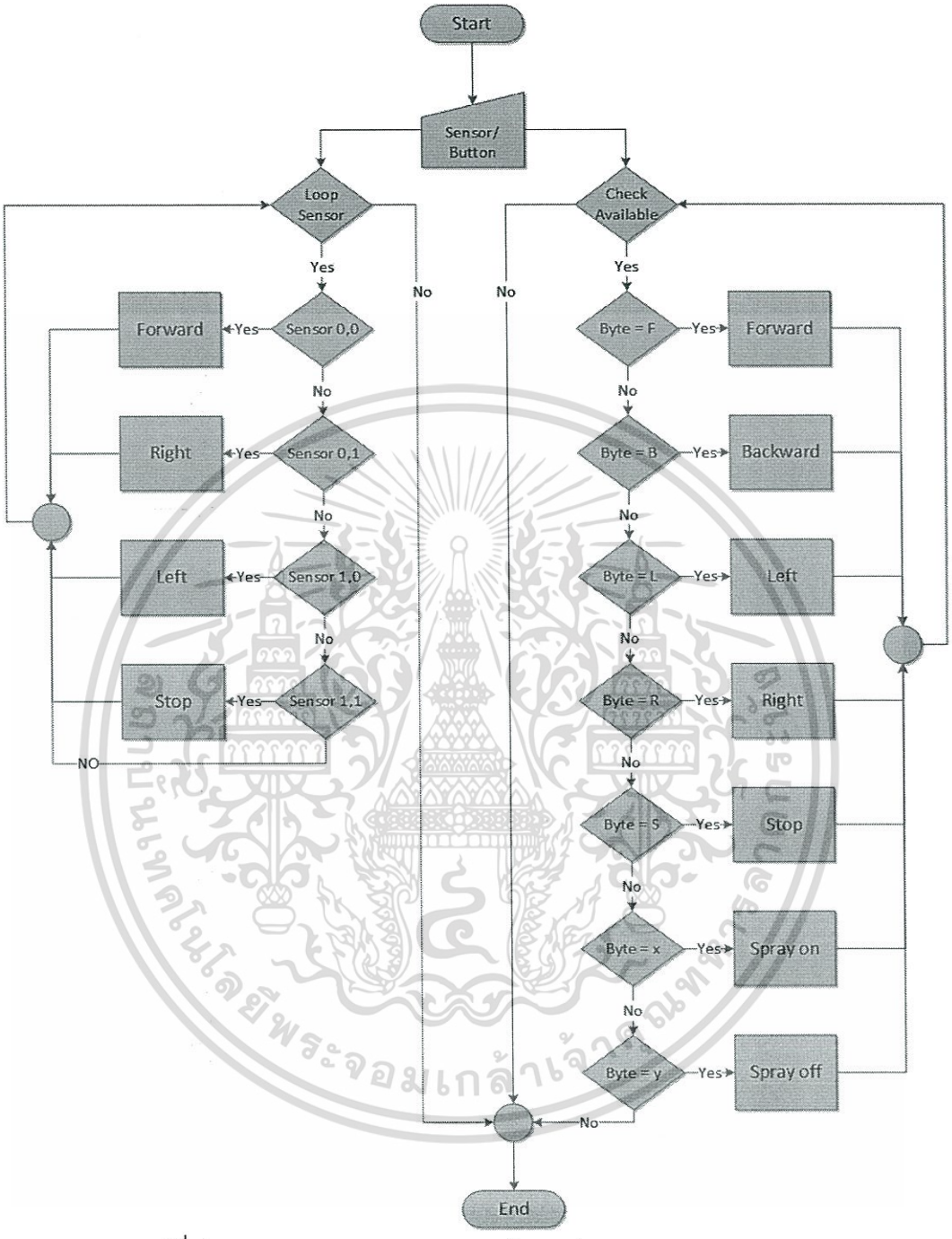
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Flowchart Diagram การทำงานของ Application

ในส่วน Flowchart การทำงานของแอปพลิเคชั่น เริ่มจากการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ผ่านบลูทูธ จากนั้นมีการเลือกค่าทำงานสองรูปแบบด้วยกันคือ เลือกใช้แบบบังคับเองเพื่อใช้งานโมดูลจากหุ่นยนต์ในการรับค่า Input หรือเลือกใช้การบังคับบนสมาร์ทโฟนในการบังคับ โดยจะส่งค่าต่างที่ต้องการยังไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อสั่งการทำงานแล้วหลังจากนั้นก็จะวนกลับมาที่ การรอคำสั่งถัดไป

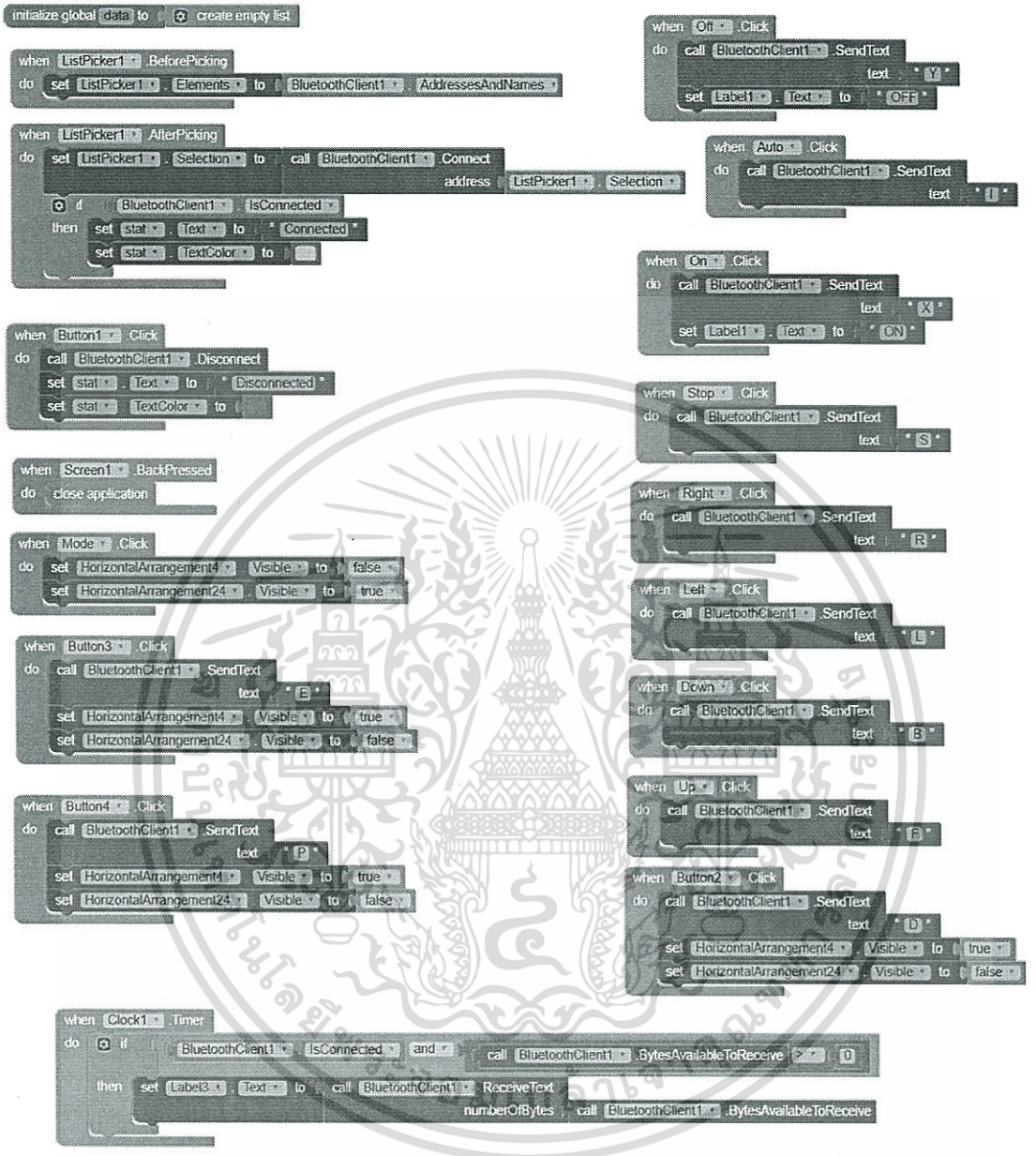
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Flowchart Diagram การทำงานส่วน Microcontroller

ใน Flowchart ส่วน Microcontroller จะมีการรับค่า Input 2 แบบคือ รับค่าจากโมดูล และรับค่าจากแอปพลิเคชั่น ในการรับค่าจากโมดูลจะใช้การวนลูป เมื่อรับค่าใดค่าหนึ่งจากโมดูลแล้วหลังจากนั้นจะกลับเข้าสู่คำสั่ง Loop sensor เพื่อเตรียมการรับค่าต่อไป ส่วนการรับค่าจากแอปพลิเคชันหลังจากได้รับค่าจากสมาร์ทโฟนแล้ว ไมโครคอนโทรเลอร์จะทำงานตามค่าที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะวนการทำงานเข้าสู่ Check Available เพื่อรอรับคำสั่งต่อไป

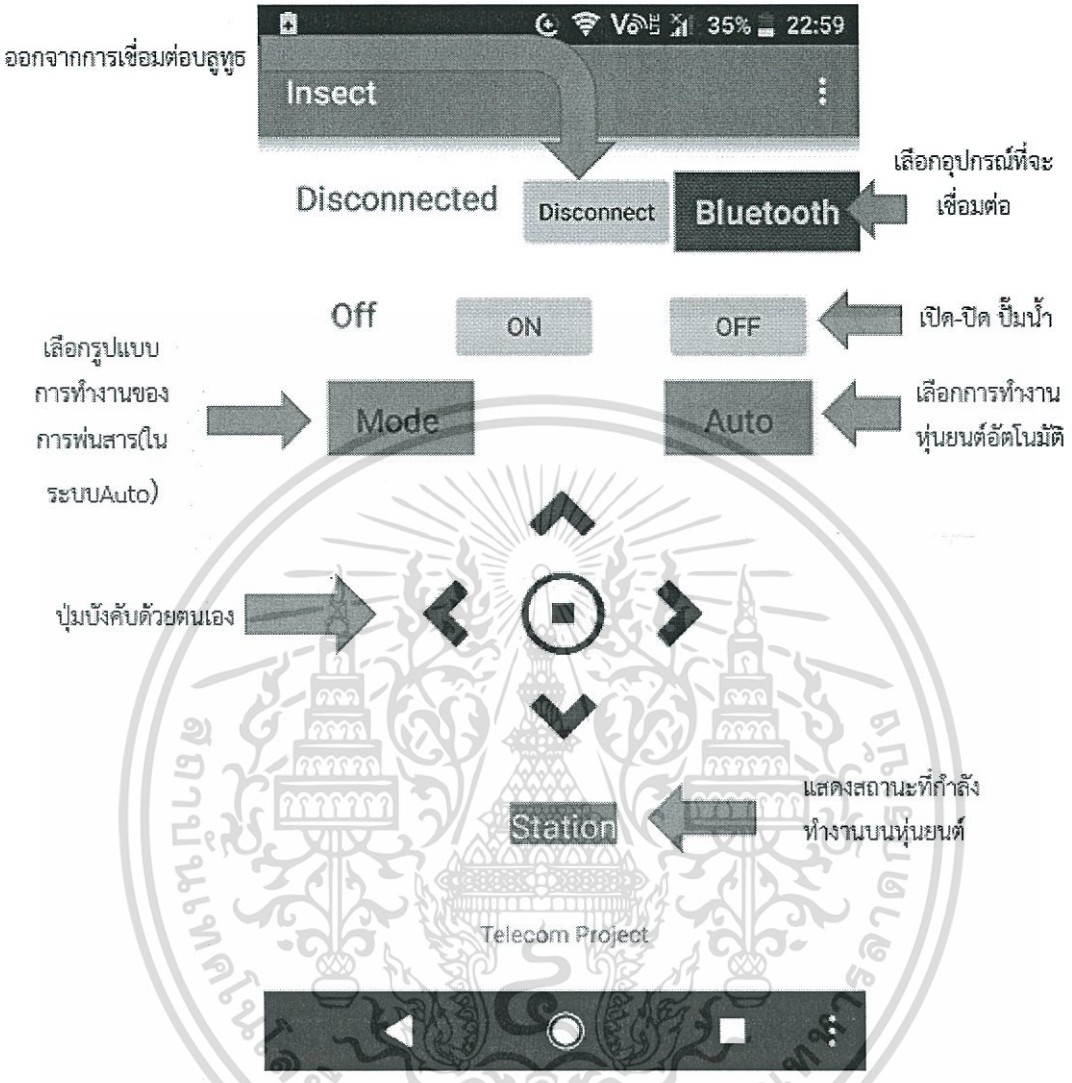
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพออกแบบบล็อกการทำงานของแอปพลิเคชัน

ในรูปที่ 3.5 เป็นบล็อกแสดงการทำงานของแอปพลิเคชั่นที่ได้ออกแบบไว้ ประกอบไปด้วยบล็อกการทำงานของปุ่มกด ซึ่งเมื่อทำการกดปุ่มแล้วจะกำหนดให้ส่งค่าหนึ่งไป บล็อกแสดงค่าสถานะ ซึ่งเป็นการรับค่าจากไมโครคอนโทรเลอร์ ผ่านทางบลูทูธ รวมไปถึงกำหนดการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 อินเตอร์เฟซแอพพลิเคชันและการใช้งาน

ในรูปที่ 3.6 นี้เป็นการแสดงวิธีการใช้งานของแอปพลิเคชัน ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์พ่นสารกำจัดแมลงตามเส้น โดยจะบอกวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ปุ่มบลทูธ การควบคุมทั้งระบบอัตโนมัติ แบบควบคุมเองโดยการคลิกที่ปุ่ม Auto สถานะการทำงานของหุ่นยนต์แสดงผลด้านล่างของตัวแอปพลิเคชั่น การออกจากการเชื่อมต่อด้วยการคลิกปุ่ม Disconnect และปุ่มลูกศรเพื่อควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 คำสั่งควบคุม ของ Arduino Controller

Arduino Controller เขียนคำสั่งจากโปรแกรม Arduino IDE ใช้ภาษา Arduino C++ ซึ่งการเขียนโปรแกรมของ Arduino จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ void setup() และ void loop() โดยฟังก์ชั่น setup() โปรแกรมจะทำคำสั่งของฟังก์ชั่นนี้เพียงครั้งเดียว คือ การกำหนด pin ต่างๆ บน Arduino ให้เป็น ตัวแปร ส่วนฟังก์ชั่น loop() เป็นส่วนทำงาน โปรแกรมจะทำคำสั่งในฟังก์ชั่นนี้ตลอดเวลา คือ การรับค่าจาก application ที่ส่งมา แล้วเข้าประมวลผลตามเงื่อนไขต่างๆ ของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.7-3.13

```
#include<SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define SS_PIN 53
#define RST_PIN 5
MFRC522 mfrc522(SS_PIN,RSI_PIN);
SoftwareSerial BTSerial(18,19);//RX|TX//
const int Motor_Left_forward = 22; //IN4 //
const int Motor_Left_reward = 24;  //IN3 //
const int Motor_Right_forward = 28; //IN2 //
const int Motor_Right_reward = 30;  //IN1 //
const int ENA = 10;
const int ENB = 9;
const int LED = 8;
int LS = 2;     // left sensor
int RS  = 3; //right sensor
int CN = 4;
int Speed = 110;
int Time = 10000;
int Time2 = 5000;
int count = 0;
byte serialA;
int sw = 12;
```

รูปที่ 3.7 โค้ดส่วนกำหนด ชื่อ pin (1)

โค้ดส่วนนี้เป็นส่วนกำหนดการเชื่อมต่อระหว่าง Pin ทั้งหมดกับโมดูล LED กำหนดค่าของตัวแปร เช่น Time คือเวลาในหน่วยมิลลิวินาที Speed คือค่าอนาล็อกที่ใช้กำหนดค่า PWM ของมอเตอร์ และมีการเปิดใช้ Library บลูทูธ และ RFID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  pinMode(sw,OUTPUT);
  pinMode(Motor_Left_forward, OUTPUT);
  pinMode(Motor_Left_reward, OUTPUT);
  pinMode(Motor_Right_forward, OUTPUT);
  pinMode(Motor_Right_reward, OUTPUT);
  pinMode(LED,OUTPUT);
  pinMode(LS, INPUT);
  pinMode(RS, INPUT);
  pinMode(CN, INPUT);
  pinMode(ENA,OUTPUT);
  pinMode(ENB,OUTPUT);
}
```

รูปที่ 3.8 โค้ดส่วนกำหนด Output

จากรูปมี OUTPUT ทั้งหมด 6 ค่า ได้แก่ มอเตอร์ซ้ายเดินหน้าถอยหลัง มอเตอร์ขวาเดินหน้าถอยหลัง ค่า PWM ของมอเตอร์ทั้งซ้ายและขวา LED แสดงสถานะการทำงานหุ่นยนต์ และ sw คือตัวบังคับควบคุมรีเลย์ ส่วน INPUT มีสามค่า คือ RFID Reader Infrared ซ้าย และขวา

```
if (Serial1.available()>0)
{char Control = Serial1.read();
  if(Control == 'F')
  {
     digitalWrite(LED,HIGH);
     Forward();
     count = 0;
  }
  if(Control == 'B') {
     Reward();
     count =0 ; }

  if(Control == 'R'){
     Spin_right();
     count =0 ; }

  if(Control == 'L'){
     Spin_left();
     count = 0 ; }

  if(Control == 'S'){
     Stop();
     count = 0 ; }
```

รูปที่ 3.9 โค้ดส่วนที่เป็นการติดต่อบลูทูธและกำหนดฟังก์ชันเมื่อได้รับข้อมูลจากสมาร์ทโฟน (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Control == 'X'){
  digitalWrite(sw,HIGH);
  Serial.println("on");
  count = 0;
}

if(Control == 'Y'){
  digitalWrite(sw,LOW);
  Serial.println("off");
  count = 0;
}

if(Control == 'D'){
   Time = 15000 ;
   Time2 = 15000 ;
   Serial.println("change");
   count = 0; }

if(Control == 'E'){
   Time = 5000 ;
   Time2 = 5000 ;
   Serial.println("change");
   count = 0 ; }

if(Control == 'F'){
  Time = 10000 ;
  Time2 = 10000 ;
  Serial.println("change");
  count = 0;

   }

   if(Control == 'I'){
      count = 1;}
      }
 if(count){
       IR();
       }
 //delay(100);
}
```

รูปที่ 3.10 โค้ดส่วนที่เป็นการติดต่อบลูทูธและกำหนดฟังก์ชันเมื่อได้รับข้อมูลจากสมาร์ทโฟน (2)

ส่วนนี้การรับค่าจากแอพพลิเคชัน โดยกำหนดหน้าที่ของไมโครคอนโทรเลอร์ หากได้รับค่าใดค่าหนึ่งจากแอพพลิเคชันแล้วก็จะสั่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์เรียกใช้คำสั่งที่ได้กำหนดไว้ เช่น เมื่อได้รับค่า B ไมโครคอนโทรเลอร์จะเรียกใช้คำสั่ง Reward ซึ่ง กำหนดการทำงานหุ่นยนต์ถอยหลัง หรือหากรับ ค่า I จะเป็นการเปลี่ยนไปใช้คำสั่งแบบ เดินตามเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void Forward()
{
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Forward");
}

void Reward()
{
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
  Serial.println("Reward");
}
void Spin_left() {
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Left");
}
void Spin_right()  {
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
  Serial.println("Right");
}
void Stop()
{
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Stop");
}
```

รูปที่ 3.11 โค้ดส่วนฟังก์ชันในการกำหนดการทำงานของมอเตอร์

ส่วนนี้จะเป็นชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบบังคับเอง ได้แก่ Forward เป็นการสั่งให้มอเตอร์หมุนไปข้างหน้า เพื่อให้หุ่นยนต์เดินหน้า Left หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย Right เลี้ยวขวา Backward ถอยหลัง และ Stop คือหุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void IR()
{
  if (!(digitalRead(LS)) && !(digitalRead(RS)))   {
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Forward");
  //delay(500);
  }
 if (!(digitalRead(LS)) && digitalRead(RS))    // Turn right
  {
     analogWrite(ENA,Speed);
     analogWrite(ENB,Speed);
     digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
     digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
     Serial.println("Right");   }
  if (digitalRead(LS) && !(digitalRead(RS)))    // turn left
  {
    analogWrite(ENA,Speed);
    analogWrite(ENB,Speed);
    digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);

 if (!(digitalRead(LS)) && digitalRead(RS))    // Turn right
  {
     analogWrite(ENA,Speed);
     analogWrite(ENB,Speed);
     digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
     digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
     Serial.println("Right");   }
  if (digitalRead(LS) && !(digitalRead(RS)))    // turn left
  {
    analogWrite(ENA,Speed);
    analogWrite(ENB,Speed);
    digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
    Serial.println("Left");
  }
  if (digitalRead(LS) && digitalRead(RS))   // stop
  {
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial.println("Stop");
  }
}
```

รูปที่3.12 โค้ดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านเซนเซอร์สะท้อนแสง

ส่วนของนี้เป็นส่วนการกำหนดการทำงานของการเคลื่อนที่แบบเดินตามเส้น ซึ่ง Infrared จะเป็นตัวรับค่าการสะท้อนแสงจากพื้นหรือเส้นทางที่กำหนดแล้วประมวลผลออกมาเป็นเลขฐานดิจิตัล คือ 0 กับ 1 ซึ่งถ้า Infrared รับค่าเป็น 0,0 หุ่นยนต์เดินหน้า 0,1 หุ่นยนต์เลี้ยวขวา 1,0 หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย1,1 หุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
{
  return;
}
// Select one of the cards
if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
{
  return;
}
//Show UID on serial monitor
Serial.print("UID tag :");
String content= "";
byte letter;
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
{
   Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
   Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
   content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
   content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
}
Serial.println();
content.toUpperCase();

     if ((content.substring(1) == "A4 73 B9 79") )  // Station A
{
   digitalWrite(sw,HIGH);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial1.println("Station_A");
   Serial.println("Station_A");
   digitalWrite(LED,HIGH);
   delay(1000);

   digitalWrite(sw,HIGH);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial1.println("Station_A");
   Serial.println("Station_A");
   digitalWrite(LED,HIGH);
   delay(Time);

   analogWrite(ENA,Speed);
   analogWrite(ENB,Speed);
   digitalWrite(sw,LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   digitalWrite(LED,LOW);
   Serial1.println("Working");
   delay(2000);
```

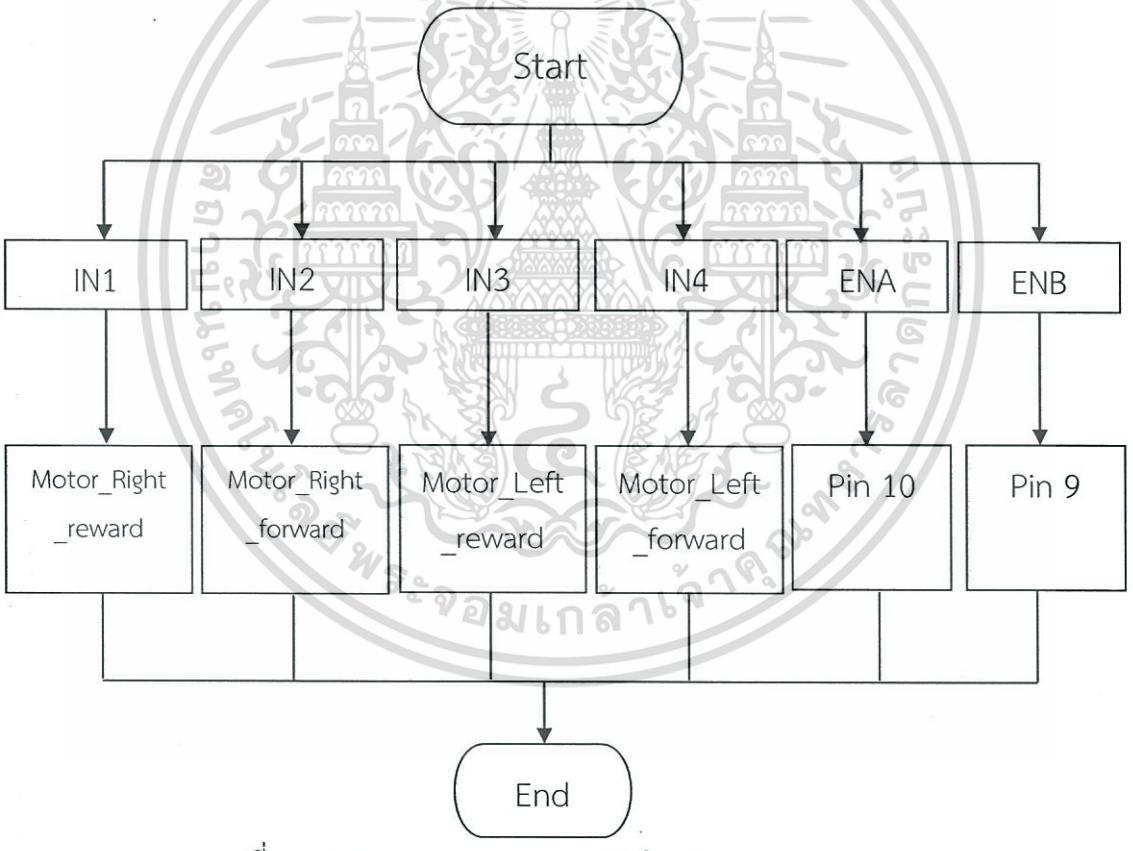
รูปที่ 3.13 โค้ดควบคุมการทำงานของ RFID

ในส่วนการทำงานของ RFID ซึ่งจะรับค่าจากภายนอกคือ RFID Card และ RFID Tag ในส่วนนี้กำหนดให้การ์ดที่มีค่า UID Tag คือ A4 73 B9 79 คือการทำงานที่ Station A ให้หุนยนต์หยุดที่สถานีนี้เป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการวิ่งต่อไปบนเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ด้วย Motor Drive

ในการควบคุมความเร็ว และทิศทางของมอเตอร์ ใช้ Motor Drive Module L298N โดยกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า หากค่าแรงดันไฟฟ้ามาก ความเร็วของมอเตอร์จะยิ่งมากไปด้วย และควบคุมจังหวะของแรงดัน (pulse) ให้คงที่ด้วย PWM (Pulse Width Modulation) ถ้าความเร็วมาก pulse จะยาว และความเร็วน้อย pulse จะสั้น การใช้งาน L298N นี้ ใช้คู่กับ Arduino จึงต้องกำหนด pin เพื่อใช้งานซึ่งเป็น digital pin ของ Arduino กำหนดทิศทางของมอเตอร์ โดยตั้งค่า output เป็น digitalwrite() และใช้งาน PWM เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์โดย ตั้งค่า output เป็น analogwrite() โดยค่าที่กำหนดความเร็วของมอเตอร์ เป็น 8 bit (0 - 255) แสดงดังรูปที่ 3.14



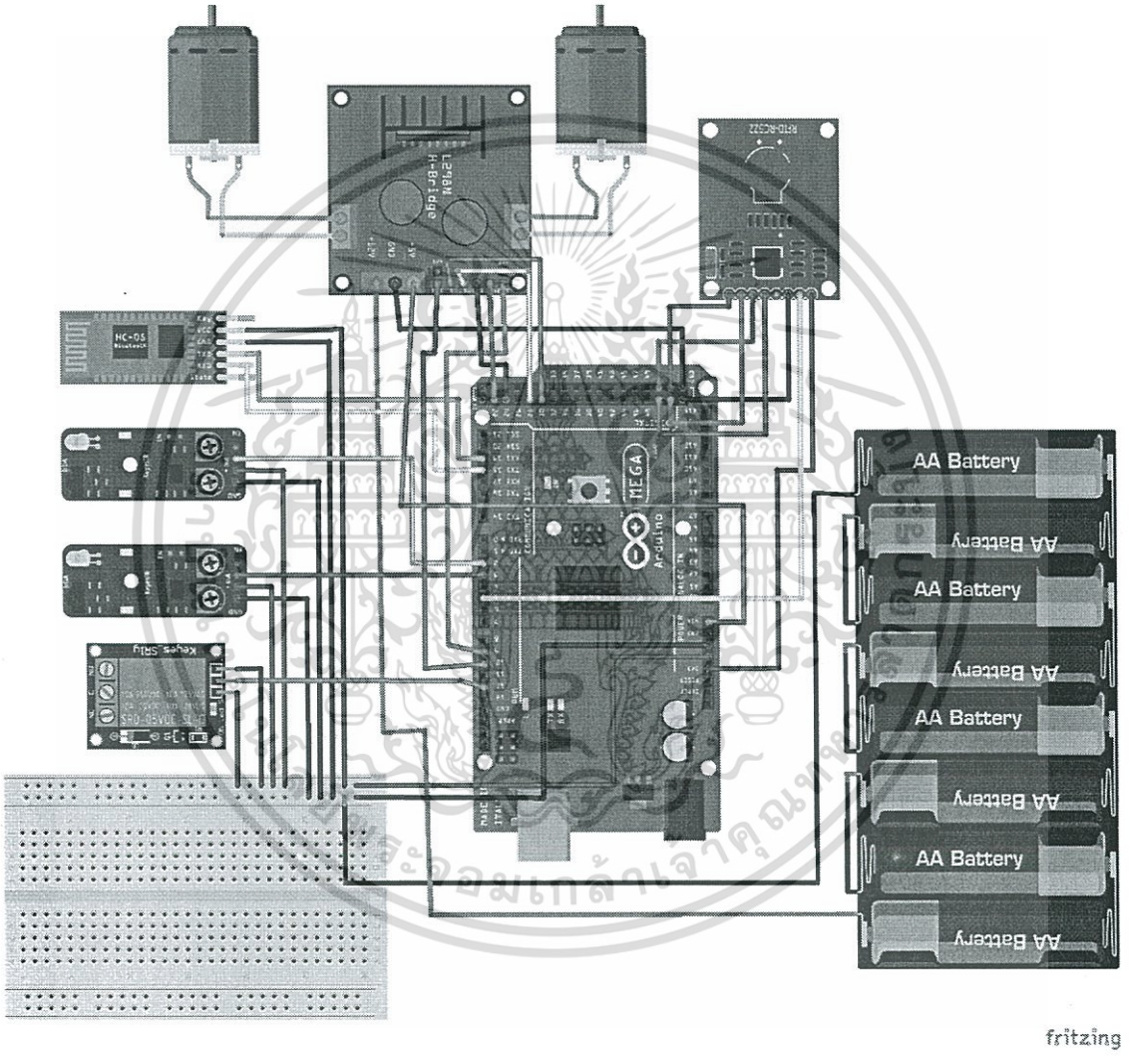
รูปที่ 3.14 Flowchart Diagram การทำงานของ Motor Drive

จากรูปเป็น Flowchart แสดงการเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์ไดรฟ์กับไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่ง IN1 IN2 IN3 IN4 คือช่องการเชื่อมต่อจากมอเตอร์ไดรฟ์ในส่วนล่าง ยกตัวอย่าง Motor_Right_reward เป็นชื่อที่ตั้งขึ้นในโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งก็คือ Pin จาก ไมโครคอนโทรเลอร์ เป็นค่าแบบดิจิตอล ส่วน ENA ENB ที่เชื่อมต่อกับ Pin 9 และ Pin 10 เป็นส่งข้อมูลที่ค่าแบบอนาล็อก PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การติดตั้งโมดูลและไมโครคอนโทรเลอร์ลงบนโครงหุ่นยนต์

ในส่วนของตัวหุ่นยนต์จะต้องมีการนำโมดูล และไมโครคอนโทรเลอร์มาประกอบลงบนหุ่นยนต์โดยกำหนดรูปแบบดังรูปที่ 3.15



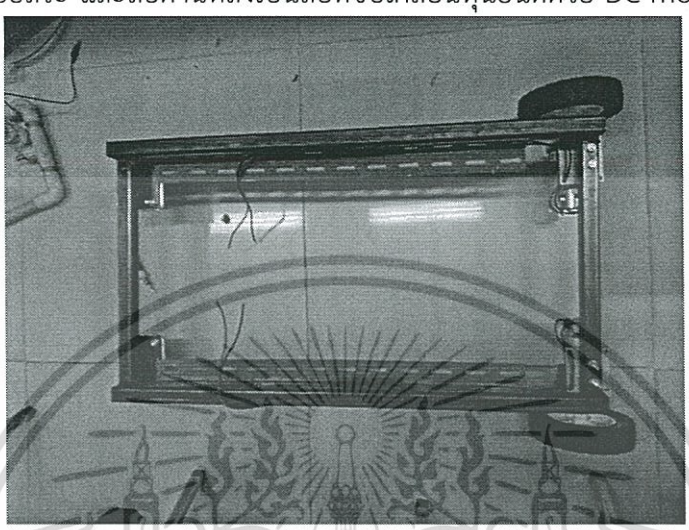
รูปที่ 3.15 แผนภาพการเชื่อมต่อโมดูลกับไมโครคอนโทรเลอร์

ในภาพการเชื่อมจำลองนี้ใช้โปรแกรม fritzing ในการประกอบอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ทั้งหมดขึ้น รวมไปถึงแบตเตอรี่ที่ใช้ ขนาด 12 V , Arduino MEGA , Relay Module , IR Sensor ,RFID Reader , Motor Drive , DC Motor และ Bluetooth Module ตรงตามรุ่นที่ใช้ประกอบจริงทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

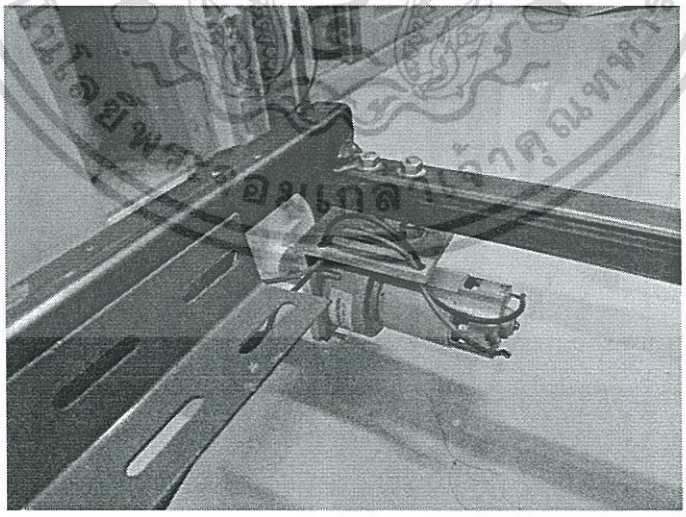
3.1.6 การออกแบบโครงหุ่นยนต์พ่นยากำจัดแมลง

ในการออกแบบโครงรถจะใช้เหล็กในการรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมด โดยออกแบบให้ล้อทางด้านหน้าเป็นล้ออิสระ และล้อด้านหลังเป็นล้อที่ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วย DC motor



รูปที่ 3.16 โครงหุ่นยนต์

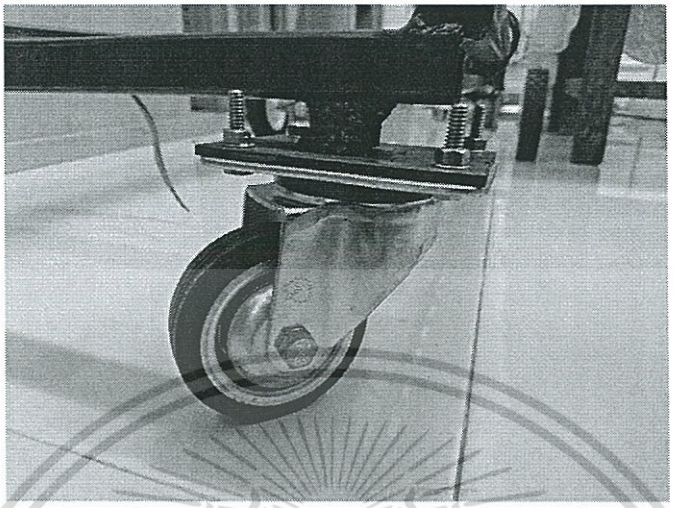
ออกแบบให้มีความยาว 75.2 cm. กว้าง 41.5 cm. และได้ทำการแบ่งที่วางอุปกรณ์ออกเป็น 3 ส่วน ให้ล้อมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 cm. ในส่วนแรกจะเป็นที่วางอุปกรณ์ โมดูลที่คอยควบคุมสั่งการทั้งหมด ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของที่วางถังบรรจุสารเคมี และส่วนที่ 3 จะเป็นส่วนที่วางท่อพ่นสารเคมี



รูปที่ 3.17 DC Motor 10 rpm บนโครงหุ่นยนต์

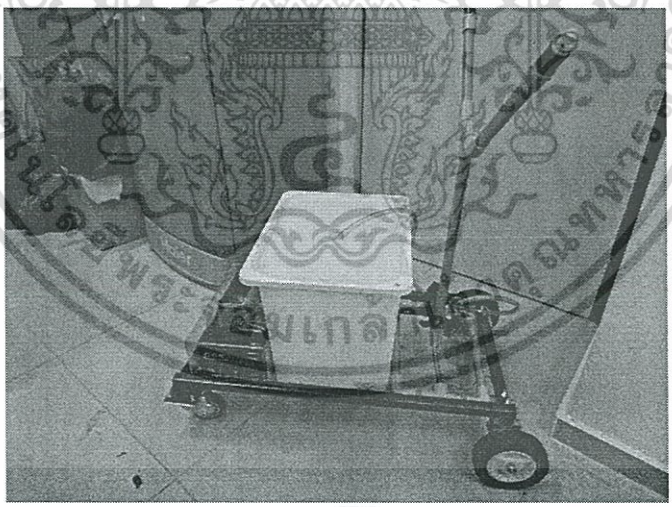
มอเตอร์นี้ มีการรับน้ำหนักได้สูงสุดถึงข้างละ 40 Kg ทำให้สามารถบรรจุน้ำที่มีปริมาณมากได้เป็นอย่างดี รวมไปถึงการเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 12 V เพื่อป้องกันอันตรายจากผู้ใช้หากเกิดการลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ล้ออิสระ(ล้อส่วนหน้าโครงหุ่นยนต์)

ที่เลือกใช้ล้อหน้าเป็นอิสระเนื่องจาก ล้ออิสระมีคุณสมบติที่สามารถรับแรงได้มากและสามารถบังคับทิศทางจากล้อหลังที่สั่งงานจากมอเตอร์ได้ง่าย รวมไปถึงการประหยัดงบประมาณ



รูปที่ 3.19 โครงสร้างทั้งหมดของหุ่นยนต์

โครงสร้างหุ่นยนต์จะแบ่งออกเป็นสามส่วนหลังๆได้แก่ ด้านหน้าสุดคือส่วนการการควบคุมทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด โดยจะมีกล่องพลาสติกใสเพื่อกันละอองน้ำเข้ามาหลังจากเกิดการฉีดสาร ส่วนกลางเป็นส่วนถังเก็นสารเคมีที่ต้องการจะใช้พ่นขนาด 34 ลิตร และส่วนท้ายคือหัวฉีดที่มีลักษณะแยกออกเป็นสองฝั่ง เพื่อการฉีดสารเคมีทั้งสองฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 การออกแบบท่อพ่นสาร

ในการออกแบบท่อพ่นสารกำจัดแมลง ได้เลือกใช้ปั๊มน้ำไดอะแฟรม โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อปั๊มน้ำขนาด 3/8 นิ้ว และเลือกใช้หัวพ่นยาแบบปล่อยพร้อมกันทั้งหมด 2 หัว

รูปที่ 3.20 ท่อพ่นสารกำจัดแมลง

ท่อที่ได้ทำการออกแบบมีความสูงเพียง 72.2 cm ทำให้สามารถพ่นน้ำออกมาที่ระยะความสูงนี้ได้ เนื่องจากปั๊มน้ำมีแรงดันมากถึง 6.8 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Arduino MEGA 2560	1 บอร์ด
2. DC motor 12V	2 ตัว
3. สมาร์ทโฟนAndroid	1 เครื่อง
4. IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module	2 ชิ้น
5. Bluetooth Module HC-05	1 ตัว
6. Motor Drive Module (L298N)	1 ตัว
7. แบตเตอรี่แห้ง 12V	2 ก้อน
8. ตลับเมตร	1 อัน
9. ปั๊มน้ำไดอะแฟรม 6.8 bar	1 ตัว
10.หัวพ่นยา	2 หัว
11.โครงหุ่นยนต์	1 ตัว
12 RFID Card Reader/Detector	1 ชิ้น
13.RFID Card/Tag	2 ชิ้น
14.ถังน้ำ	1 ถัง

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดสอบเซ็นเซอร์อินฟาเรดเดินรถตามเส้นทาง

เป็นการทดสอบ การควบคุมรถผ่านเซ็นเซอร์สะท้อนแสงทั้งการเดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหยุด

3.3.2 การทดสอบมุมที่ใช้ในการเลี้ยวรถ

เป็นการทดสอบการควบคุมตัวรถเพื่อตรวจสอบ มุมที่ตัวรถสามารถเปลี่ยนทิศทางแบบตามเส้น สามารเลี้ยวตามเส้นได้มุมต่ำที่สุดเท่าไร

3.3.3 การทดสอบความเร็วของหุ่นยนต์พ่นสาร

การทดลองวัดความเร็วของรถ จะทำการวัดความเร็วโดยการจับเวลาที่รถวิ่งทางตรงบนพื้นราบเท่านั้น ระยะทางที่ใช้อ้างอิงคือ 10 เมตร และโหมดที่ใช้ในการวัดความเร็วมี 2 โหมด คือ ธรรมดา และเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบระยะการเชื่อมต่อ

เป็นการทดสอบจากระยะการควบคุมระหวางสมาร์ทโฟนกับหุ่นยนต์ โดยการให้หุ่นยนต์เดินออกห่างจากผู้ควบคุม จนกระทั่งไม่ได้รับการตอยสนองทั้งบนหน้าจอแอพพลิเคชัน และการควบคุมหุ่นยนต์โดยทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง

3.3.5 การทดสอบปริมาณสารที่พ่นออกในช่วงเวลาหนึ่ง

เป็นการทดสอบปริมาณสารที่ต้นไม้แต่ละต้น จะได้รับปริมาณสารจากหุ่นยนต์พ่นยาภายในช่วงเวลาหนึ่ง

3.3.6 การทดสอบระยะและความสูงการพ่นยา

เป็นการทดสอบโดยการฉีดสารพ่นยาและทำการวัดทั้งระยะการพ่นและความสูงของหุ่นยนต์พ่นยา

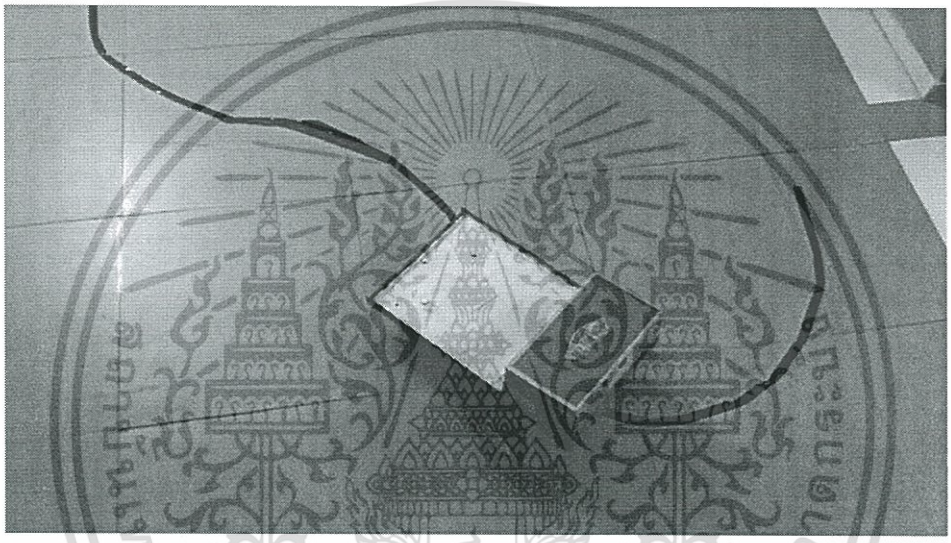
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดหุ่นยนต์ตามเส้นทาง

การทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดเดินรถตามเส้นทาง จะทำการทดลองโดยนำเทปสีดำติดตามเส้นทางที่กำหนด แล้วกดคำสั่ง “Auto” ที่ปรากฏอยู่บนแอพพลิเคชัน



รูปที่ 4.1 การทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดหุ่นยนต์ตามเส้น

ในการทดลองจะแบ่งการทดลองการเดินรถในเส้นทางต่าง ๆ ตามเส้นที่วางไว้โดยจะทำการติดเทปสีดำเพื่อจะให้รถเดินตามเส้นทาง และเซ็นเซอร์อินฟาเรดจะติดอยู่บริเวณใต้ท้องรถ เพื่อเป็นตัวควบคุมเส้นทางไม่ให้รถออกนอกเส้นทางที่กำหนด โดยจะมีทั้งหมด 3 ทิศทาง คือ ทางตรง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา โดยในแต่ละเส้นทางจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ถ้ารถเดินตามเส้นทางที่กำหนดไว้โดยไม่ออกนอกเส้นทาง แสดงว่าผลการทดลองสำเร็จดังแสดงผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดเดินรถตามเส้นทาง

ทิศทางเดินรถ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ทางตรง	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ
เลี้ยวซ้าย	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ
เลี้ยวขวา	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

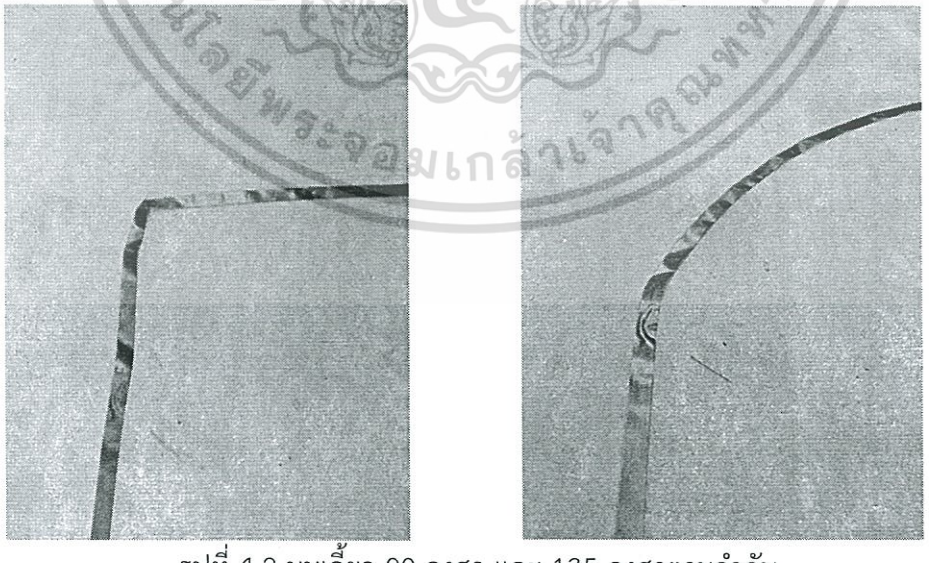
4.2 ผลการทดลองมุมที่ใช้ในการเลี้ยวรถ

หลังจากการทดลองเซ็นเซอร์อินฟาเรดการเดินรถตามเส้นทางแล้ว จากนั้นจะทำการทดลองว่าเมื่อกำหนดเส้นทางแล้ว มุมขนาดเท่าไรบ้างที่รถสามารถเลี้ยวได้ และเลี้ยวไม่ได้ตามเส้นทางที่กำหนด โดยจะแบ่งมุมการทดลองออกเป็น 4 มุมคือ 90 120 135 และ 150 องศา

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองมุมในการเลี้ยวรถ

มุมที่ใช้ในการทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
90 องศา	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ
120 องศา	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ
135 องศา	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ
150 องศา	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ

ในการทดลองจะทำการทดลองมุมที่ใช้ในการเลี้ยวรถจะใช้เทปสีดำติดตามมุมที่กำหนด โดยจะเริ่มจากมุม 90 องศา ไปจนถึง 150 องศา แล้วทำการทดลองวนซ้ำ 3 ครั้ง ค่า ที่แสดงจะระบุค่าที่รถสามารถเลี้ยวได้หรือไม่ได้ ถ้าหากว่ามุมที่ใช้ทดลองสามารถเลี้ยวได้จะแสดงค่า “สำเร็จ” และถ้าหากว่ามุมที่ใช้ทดลองไม่สามารถเลี้ยวได้ หรือเลี้ยวได้ไม่สมบูรณ์จะแสดงค่าว่า “ไม่สำเร็จ” ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 4.2 โดยจากตารางรถจะเริ่มวิ่งได้เมื่อการเลี้ยวมีมุมตั้งแต่ 135 องศาขึ้นไป



รูปที่ 4.2 มุมเลี้ยว 90 องศา และ 135 องศาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองความเร็วของหุ่นยนต์พ่นสาร

การทดลองวัดความเร็วของรถ จะทำการวัดความเร็วโดยการจับเวลาที่หุ่นยนต์วิ่งทางตรงบนพื้นราบเท่านั้น ระยะทางที่ใช้อ้างอิงคือ 10 เมตร และโหมดที่ใช้ในการวัดความเร็ว

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความเร็วของรถ

โหมดในการควบคุม	
ครั้งที่	ความเร็ว (m/s)
1	0.1189
2	0.1202
3	0.1180
4	0.1158
5	0.1187
6	0.1189
7	0.1178
8	0.1204
9	0.1202
10	0.1185
เฉลี่ย	0.1187

การวัดความเร็วจะวัดโดยการจับเวลาในหน่วยวินาที และจะให้รถวิ่งในระยะทาง 10 เมตร หลังจากได้เวลามาแล้วจะนำเวลาที่ได้มาหาร 10 เพื่อจะได้ความเร็วในการวัดเป็นหน่วย เมตรต่อวินาที โดยจะทำการทดลองวิ่งซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับความเร็วจริงของหุ่นยนต์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบระยะการเชื่อมต่อ

เป็นการทดสอบจากระยะการควบคุมระหวางสมาร์ทโฟนกับหุ่นยนต์ โดยการให้หุ่นยนต์เดินออกห่างจากผู้ควบคุม จนกระทั่งไม่ได้รับการตอยสนองทั้งบนหน้าจอแอพพลิเคชัน และการควบคุมหุ่นยนต์โดยทำซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองระยะการเชื่อมต่อ

ครั้งที่	ระยะ(เมตร)
1	16.2
2	17.2
3	16.1
4	16.4
5	17.3
6	17.5
7	17.2
8	16.9
9	17.0
10	17.3
เฉลี่ย	16.91

จากการทดสอบระยะทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่าระยะที่ไกลที่สุดก่อนเกิดการขาดหายของสัญญาณอยู่ในช่วง 16.1 – 17.5 เมตร และได้ค่าเฉลี่ยที่ 16.91 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบปริมาณสารที่พ่นออกในช่วงเวลาหนึ่ง

เป็นการทดสอบโดยการจับเวลาครั้งล้ะ 1 นาทีจำนวน 10 ครั้งจากปริมาณน้ำในถังและทำการจับเวลาแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองปริมาณสารที่พ่นออกในช่วงเวลาหนึ่ง

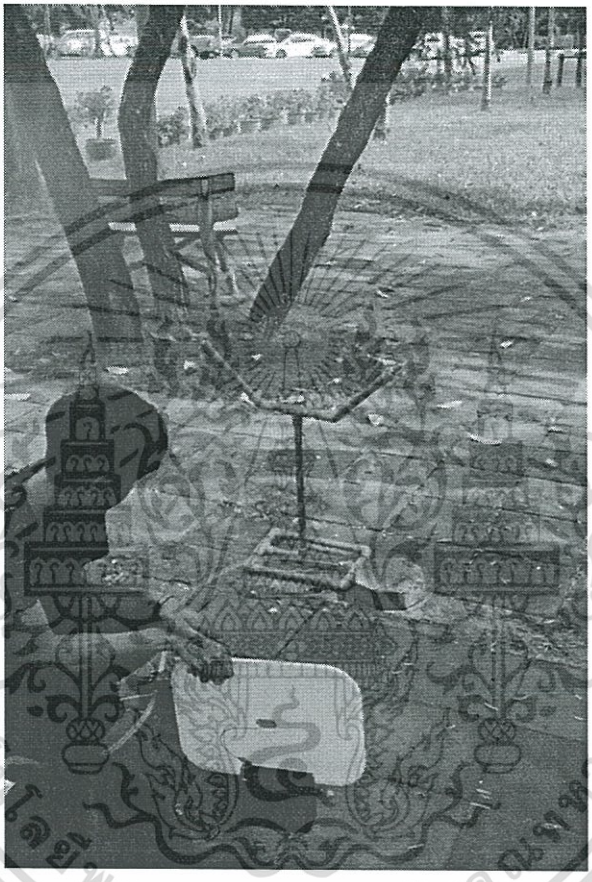
เวลา 1 นาที (ครั้ง)	ปริมาณสารที่พ่นออก (ลิตร)
1	1.64
2	1.61
3	1.59
4	1.65
5	1.61
6	1.67
7	1.66
8	1.65
9	1.66
10	1.64
เฉลี่ย	1.6380

จากตารางพบว่าในช่วงเวลา 1 นาทีปั๊มน้ำสามารถพ่นสารปริมาณ 1.59 – 1.67 ลิตรโดยทำการคำนวณค่าเฉลี่ยออกมาได้ที่ 1.6380 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบระยะและความสูงในการพ่นยา

ทดสอบโดยการพ่นยา แล้วทำการวัดระยะทางที่ไกลที่สุดและความสูงจากพื้นระดับ โดยระยะทางที่ไกลที่สุดจากหัวพ่นยามีระยะทางประมาณ 5.20 เมตร และมีระดับความสูง 2.15 เมตร



รูปที่ 4.3 การทดสอบวัดระยะและความสูงของหัวพ่นยา

ในการทดลองทั้งระยะการพ่น และความสูงของหัวพ่นยานี้ได้เลือกทดลองในช่วงเวลาที่ไม่มีลมพัดผ่าน เนื่องจากทิศทางของลมเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของการวัดทั้งระยะทางและความสูงในการวัดจากการทดลองนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์เรื่อง หุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น ที่ได้จัดทำขึ้นนั้น มีความประสงค์ที่จะนำความรู้ที่ได้ศึกษาในห้องเรียนมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อสังคมในยุคปัจจุบัน โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ การเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่ายไร้สาย การเขียนแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์ ฯลฯ หลักการทำงานของหุ่นยนต์ฉีดสารเดินตามเส้น คือ ในการเคลื่อนที่ของรถ จะถูกควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนบนระบบแอนดรอยด์ที่เชื่อมต่อกับตัวรถผ่านบลูทูธ ประกอบไปด้วยสองฟังก์ชันในการเคลื่อนที่ คือ แบบควบคุมการเคลื่อนที่ของรถด้วยตนเอง คล้ายกับการควบคุมรถบังคับด้วยปุ่มกด กับแบบเดินตามเส้นทางอัตโนมัติ รถจะเคลื่อนที่ตามเส้นสีดำทึบ ที่ตรวจจับด้วย IR Sensor

5.2 ข้อเสนอแนะ

สมาร์ทโฟนที่ควบคุมรถฉีดสารยากำจัดแมลง มีข้อจำกัดคือ สามารถสั่งการได้ผ่านสมาร์ทโฟนบนระบบแอนดรอยด์เท่านั้น ไม่สามารถสั่งการผ่านระบบ IOS ได้ และ IR Sensor ที่ใช้มีข้อจำกัดคือ การตรวจจับอาจจะผิดพลาดได้ หากใช้งานกลางแจ้งหรือสถานที่ ที่มีแสงอินฟาเรด ส่งผลให้รถเคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางได้ และในการเคลื่อนที่ตามเส้นทางอัตโนมัติ โดยใช้เส้นสีดำทึบอาจเกิดปัญหาได้ง่าย หากเส้นไม่ชัดเจน หรือมีสิ่งกีดขวางบนเส้นทางการเดินของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] David Wolber, Hal Abelson, Ellen Spertus, Liz Looney. *App Inventor 2.* Sebastopol. : O'Reilly Media, Inc, 2014.

[2] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. *คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2560.

[3] ArduinoAll. "คุณสมบัติของ Arduino UNO R3." http://www.arduinoall.com/product/17/arduino-UNO-r3/.

[4] Siriwimon Sunthon. "บอร์ด Arduino UNO R3." http://mbeddedweekly.blogspot.com/2014/08/arduino-UNOr3.html/.

[5] arduitronics. "Arduino and Motor Control : Part 3 (Stepper Motor)." https://www.arduitronics.com/article/25/arduino-and-motor-control-part-3-stepper-motor.

[6] lady ada. "IR Sensor." https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/ir-sensor.pdf

[7] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. *มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สสท. โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม, 2541.

[8] TSUKASA. "DC GEAR MOTOR." https://www.tsukasa-d.co.jp/en/data_download/english_catalogue.pdf

[9] Steven Leeb. "Motor Design." MIT, 2003. (CD-ROM).
Kristy Beauvais. "The Simple DC Motor." http://web.mit.edu/cmse/educational/motor_lp_kristy.pdf

[10] Albert Huang, Larry Rudolph. "*Bluetooth for Programmers.*" 1st ed. Cambridge University, Cambridge. : Cambridge University Press, 2007.

[11] User Instructional Manual. "HC Serial Bluetooth Products." http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480849570_hc06.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Arduino Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define SS_PIN 53
#define RST_PIN 5
MFRC522 mfrc522(SS_PIN,RST_PIN);
SoftwareSerial BTSerial(18,19);//RX|TX//
const int Motor_Left_forward = 22; //IN4 //
const int Motor_Left_reward = 24;  //IN3 //
const int Motor_Right_forward = 28; //IN2 //
const int Motor_Right_reward = 30;  //IN1 //
const int ENA = 10;
const int ENB = 9;
const int LED = 8;
int LS = 2;     // left sensor
int RS  = 3; //right sensor
int CN = 4;
int Speed = 140;
int Time = 10000;
int Time2 = 5000;
int count = 0;
byte serialA;
int sw = 12;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  pinMode(sw,OUTPUT);
  pinMode(Motor_Left_forward, OUTPUT);
  pinMode(Motor_Left_reward, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(Motor_Right_forward, OUTPUT);
  pinMode(Motor_Right_reward, OUTPUT);
  pinMode(LED,OUTPUT);
  pinMode(LS, INPUT);
  pinMode(RS, INPUT);
  pinMode(CN, INPUT);
  pinMode(ENA,OUTPUT);
  pinMode(ENB,OUTPUT);
}
void loop()
{

  if (Serial1.available()>0)
  {char Control = Serial1.read();
    if(Control == 'F')
    {
      digitalWrite(LED,HIGH);
      Forward();
      count = 0;
    }
    if(Control == 'B') {
      Reward();
      count =0 ; }

    if(Control == 'R'){
      Spin_right();
      count =0 ; }

    if(Control == 'L'){
      Spin_left();
      count = 0 ; }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Control == 'S'){
   Stop();
   count = 0 ; }

if(Control == 'X'){
  digitalWrite(sw,HIGH);
  Serial.println("on");
  count = 0;
}

if(Control == 'Y'){
  digitalWrite(sw,LOW);
  Serial.println("off");
  count = 0;
}

if(Control == 'D'){
   Time = 15000 ;
   Time2 = 15000 ;
   Serial.println("change");
   count = 0; }

if(Control == 'E'){
   Time = 5000 ;
   Time2 = 5000 ;
   Serial.println("change");
   count = 0 ; }

if(Control == 'P'){
  Time = 10000 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Time2 = 10000 ;
      Serial.println("change");
      count = 0;
    }

    if(Control == 'I'){
       count = 1;}
       }
  if(count){
        IR();
        }
  //delay(100);
}
void Forward()
{
  analogWrite(ENA,140);
  analogWrite(ENB,255);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward,LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Forward");
  Serial1.println("Forward");
}
void Reward()
{
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
  Serial.println("Reward");
  Serial1.println("Reward");
}
void Spin_left()
{
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Left");
  Serial1.println("Left");
}
void Spin_right()
{
  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
  Serial.println("Right");
  Serial1.println("Right");
}
void Stop()
{
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial.println("Stop");
  Serial1.println("Stop");
}
void IR()
{
  if((digitalRead(CN))) {

    if (!(digitalRead(LS)) && !(digitalRead(RS)))   {
     analogWrite(ENA,Speed);
     analogWrite(ENB,Speed);
     digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
     digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
     digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
     Serial.println("Forward");
     Serial1.println("Forward");
     delay(50);
  }
    if (!(digitalRead(LS)) && digitalRead(RS)) // Turn right
  {
     analogWrite(ENA,Speed);
     analogWrite(ENB,Speed);
     digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
     digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
     digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
     Serial.println("Right");
     Serial1.println("Right");
     delay(50);
     }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (digitalRead(LS) && !(digitalRead(RS)) )    // turn left
{
   analogWrite(ENA,Speed);
   analogWrite(ENB,Speed);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial.println("Left");
   Serial1.println("Left");
   delay(50);
}
if (digitalRead(LS) && digitalRead(RS) )    // stop
{
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial.println("stop");
   Serial1.println("stop");
   delay(50);
}
if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
{
  return;
}
// Select one of the cards
if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
{
  return;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//Show UID on serial monitor
Serial.print("UID tag :");
String content= "";
byte letter;
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
{
   Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
   Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
   content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
   content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
}
Serial.println();
content.toUpperCase();

     if ((content.substring(1) == "A4 73 B9 79") )  // Station A
{
   digitalWrite(sw,HIGH);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
   Serial1.println("Station_A");
   Serial.println("Station_A");
   digitalWrite(LED,HIGH);
   delay(1000);

   analogWrite(ENA,80);
   analogWrite(ENB,80);
   digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
   digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
   digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  digitalWrite(LED,LOW);
  Serial.println("Station_A");
  Serial1.println("Station_A");
  delay(5000);

  analogWrite(ENA,Speed);
  analogWrite(ENB,Speed);
  digitalWrite(sw,LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  digitalWrite(LED,LOW);
  Serial1.println("Working");
  delay(500);
}
   if (content.substring(1) == "3E A9 B8 A9")   // Station B
{
  digitalWrite(sw,HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
  digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
  Serial1.println("Station_B");
  Serial.println("Station_B");
  digitalWrite(LED,HIGH);
  delay(1000);

  digitalWrite(sw,HIGH);
  digitalWrite(Motor_Left_forward, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Right_forward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
    Serial1.println("Station_B");
    Serial.println("Station_B");
    digitalWrite(LED,HIGH);
    delay(5000);

    analogWrite(ENA,Speed);
    analogWrite(ENB,Speed);
    digitalWrite(sw,LOW);
    digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Left_reward, LOW);
    digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Right_reward, LOW);
    Serial1.println("Working");
    digitalWrite(LED,LOW);
    delay(500);
  }
 }
   else if (!(digitalRead(CN)))
 {
    digitalWrite(Motor_Left_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Left_reward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Right_forward, HIGH);
    digitalWrite(Motor_Right_reward, HIGH);
    Serial.println("Stop");
    Serial1.println("Error");
    delay(50);
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้