รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ
Fertilizer Smart Feeding Vehicle

ปิยะพร นันทะกุล
พรธนัญ จันทานนท์
วรกิจ คำไวโย
ศิวกร เกิดกุรัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ
Fertilizer Smart Feeding Vehicle

ปิยะพร นันทะกุล
พรธนัญ จันทานนท์
วรกิจ คำไวโย
ศิวกร เกิดกุรัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FERTILIZER SMART FEEDING VEHICLE

PIYAPORN NUNTAKUL
PORNTANUN JUNTANON
WORAKIT KUMWAIYO
SIWAKORN KERDKURANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ
Fertilizer Smart Feeding Vehicle

นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวปิยะพร	นันทะกุล	**รหัสนักศึกษา**	62015076
	นางสาวพรธนัญ	จันทานนท์	**รหัสนักศึกษา**	62015080
	นายวรกิจ	คำไวโย	**รหัสนักศึกษา**	62015101
	นายศิวกร	เกิดกุรัง	**รหัสนักศึกษา**	62015108

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2564

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.สุธรรม สัทธรรมสกุล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ Fertilizer Smart Feeding Vehicle			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวปิยะพร	นันทะกุล	รหัสนักศึกษา	62015076
	นางสาวพรธนัญ	จันทานนท์	รหัสนักศึกษา	62015080
	นายวรกิจ	คำไวโย	รหัสนักศึกษา	62015101
	นายศิวกร	เกิดกุรัง	รหัสนักศึกษา	62015108
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม			
ปีการศึกษา	2564			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สุธรรม สัทธรรมสกุล			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ สร้างรถต้นแบบเพื่อนำไปพัฒนาการทำงานของชาวเกษตรกรในอนาคต เพื่อศึกษาการใช้พลังงานจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการเกษตร เพื่อศึกษาการทำงานและพัฒนาการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อหาประสิทธิภาพของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ เพราะปัญหาที่ได้พบคือ จากเดิมที่เกษตรกรต้องใช้เวลาและจ้างแรงงานคนในการรดน้ำ EM (Effective microorganisms) เพื่อปรับสภาพดินในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่และต้องใช้แรงในการทำงาน โดยรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ เป็นรถต้นแบบที่สร้างขึ้นโดยมุ่งเน้นไปที่การอำนวยความสะดวกของเกษตรกร และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของชาวเกษตรกรให้สะดวกสบายมากขึ้น รวมถึงการทำงานที่รวดเร็วและประหยัดเวลาและแรงงานคน โดยรถต้นแบบใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนี้มีการทำโดยใช้รีโมทในการควบคุมรถเพื่อกำหนดพื้นที่ขอบเขตของแปลง, ไร่ หรือพื้นที่ทำการเกษตรกร เพราะการทำงานของชาวเกษตรกร นั้นจะต้องทำงานในที่กลางแจ้งเป็นเวลานาน ดังนั้นการใช้ระบบนำทางถึงเป็นการทุ่นแรงการทำงาน เพราะโครงการนี้สามารถจดจำพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานได้ ทำให้มีการทำงานที่นานขึ้นและยังสามารถช่วยลดปัญหาภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพราะฉะนั้นโครงการนี้จะช่วยยกระดับการทำงานของชาวเกษตรกรมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Fertilizer Smart Feeding Vehicle	
Student	MissPiyaporn	Nuntakul
	MissPorntanun	Juntanon
	Mr.Worakit	Kumwaiyo
	Mr.Siwakorn	Kerdkurang
Thesis Advisor	Asst.Prof.Sutham	Satthamsakul
Year	2021	

ABSTRACT

This Fertilizer Smart Feeding Vehicle Thesis is made with the objectives. Build a prototype car to develop the work of farmers in the future. to study the use of natural energy for application in agriculture To study the operation and development of the automatic control system To find the efficiency of the smart fertilizer truck because the problem that was found is Previously, farmers had to spend time and employ workers to water EM (Effective microorganisms) to adjust the soil in large areas that require labor. by intelligent fertilizer truck It is a prototype built with a focus on facilitating farmers. and increase the efficiency of farmers' work to be more comfortable Including work that is fast and saves time and labor This smart fertilizer prototype is done by using a remote control to determine the boundary area of a plot, farm or farmer's area. because of the work of farmers It will have to work in the outdoors for a long time. Therefore, the use of the navigation system is a labor-saving operation. Because this project can remember the area used to work. This makes it work longer and can also help reduce the greenhouse effect caused by engine combustion. Therefore, this project will enhance the work of farmers more.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุธรรม สัทธรรมสกุล ที่ช่วยแนะนำจัดหาและสอนสั่งในเนื้อหาวิชาการรวมถึงสิ่งสำคัญอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้อสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเนื้อหาวิชาการและถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ช่วยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนประสบผลสำเร็จเช่นนี้ได้

คุณค่าและคุณประโยชน์จากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้โครงงานชิ้นนี้ประสบผลสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 Arduino.....3
2.1.1 ภาษา C++ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino.....3
2.1.1.1 ส่วนของฟังก์ชั่น setup.....4
2.1.1.2 ส่วนของฟังก์ชั่น loop.....5
2.1.1.3 คำสั่ง if.....6
2.1.1.4 คำสั่ง if...else.....6
2.1.1.5 คำสั่ง for.....8
2.1.1.6 คำสั่ง switch – case.....8
2.1.1.7 คำสั่ง while.....9
2.1.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมบน Arduino.....10
2.1.3 ส่วนประกอบของ Arduino.....11
2.2 Encoder.....13
2.2.1 Incremental Encoder หรือ Incremental Rotary Encoder.....13
2.2.2 Absolute Encoder.....14
2.3.3 หลักการทำงานของ Encoder.....14
2.3 Esp32.....16
2.3.1 ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับความปลอดภัย.....17
2.4 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์.....17
2.4.1 ข้อดีของบอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์.....18
2.4.2 ข้อควรระวังของบอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3 การต่อใช้งาน..... 18
2.4.4 การใช้ Arduino UNO R3 กับ L298N ควบคุมมอเตอร์.....19
2.4.4.1 PWM (Pulse Width Modulation).....19
2.5 Micro SD Card Module.....20
2.5.1 คุณสมบัติของโมดูล.....20
2.5.2 การใช้งาน SD Card Module.....20
2.6 จอแสดงผล OLED.....21
2.6.1 รายละเอียดโครงสร้างของ OLED.....22
2.6.2 หลักการทำงานของกระบวนการอิเล็คโทรลูมิเนเซนส์.....22
2.6.3 ประเภทของ OLED.....22
2.6.3.1 PMOLED (Passive Matrix OLED).....22
2.6.3.2 AMOLED (Active Matrix OLED).....23
2.6.4 ชนิดของ OLED.....23
2.7 แบตเตอรี่ Li-on.....24
2.7.1 การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออน.....24

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการ.....25
3.1 การทำงานของระบบโดยรวม.....25
3.2 การออกแบบ.....26
3.3 การเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม.....27
3.4 การทำงานของรีโมทคอนโทรลกับการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม.....28
3.5 Flowchart แสดงหลักการทำงาน.....29
3. Flowchart แสดงการกำหนดจุดการเคลื่อนที่.....30
3.7 วิธีการทำงาน.....31
3.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....35

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....38
4.1 กล่าวนำ.....38
4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....38
4.3 ผลการทดลอง.....39
4.3.1 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....39
4.3.2 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....40
4.3.3 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....42

5.1 สรุปผลการทดลอง.....42

5.2 อภิปรายผล.....42

5.3 ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง.....42

5.4 วิธีการแก้ไขปัญหา.....42

5.5 ข้อจำกัดในการใช้งาน.....43

5.6 ข้อเสนอแนะ.....43

บรรณานุกรม.....44

ภาคผนวก ก ไมโครคอนโทรลเลอร์.....45

ภาคผนวก ข สูตรทางคณิตศาสตร์.....87

ภาคผนวก ค วัสดุและอุปกรณ์.....95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงการเปรียบเทียบตัวแปรของเงื่อนไขที่เขียนอยู่ภายในวงเล็บ.....6
2.2 ตารางแสดงขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อใช้งานของ SD Card Module เข้ากับอุปกรณ์.....21
4.1 แสดงผลทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....39
4.2 แสดงผลทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....40
4.3 แสดงผลทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู.....41
ค.1 ตารางแสดงวัสดุและอุปกรณ์.....95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 Arduino.....3
2.2 ตัวอย่างส่วนของฟังก์ชั่น setup.....4
2.3 ภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR.....4
2.4 ตัวอย่างส่วนของฟังก์ชั่น loop.....5
2.5 ตัวอย่างคำสั่ง if.....6
2.6 ตัวอย่างคำสั่ง if...else.....7
2.7 ตัวอย่างคำสั่ง if สำหรับการทดสอบอื่น ๆ.....7
2.8 ตัวอย่างคำสั่ง for.....8
2.9 ตัวอย่างคำสั่งใช้กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรควบคุมการวนรอบ.....8
2.10 ตัวอย่างคำสั่ง switch – case.....9
2.11 ตัวอย่างคำสั่ง while.....9
2.12 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload.....10
2.13 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด.....10
2.14 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม.....11
2.15 Upload โค้ดโปรแกรม.....11
2.16 Layout & Pin out Arduino Board.....12
2.17 แสดงส่วนประกอบของ Incremental Encoder / Rotary Encoder.....13
2.18 ตัวอย่างสัญญาณพัลส์เอาต์พุตของ Incremental Encoder.....13
2.19 แสดงส่วนประกอบของ Absolute Encoder.....14
2.20 ตัวอย่างสัญญาณบิตเอาต์พุตของ Absolute Encoder.....14
2.21 Esp32.....16
2.22 DC Motor Driver Board MX150.....17
2.23 การต่อใช้งาน DC Motor Driver Board MX150.....18
2.24 สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation).....19
2.25 Micro SD Card Module.....20
2.26 จอแสดงผล OLED.....21
2.27 โครงสร้างของ OLED.....22
2.28 แบตเตอรี่ Li-on.....24
3.1 การทำงานของระบบโดยรวม.....25
3.2 โครงสร้างและอุปกรณ์ของวงจร.....26
3.3 โครงสร้างของตัวรถ.....26
3.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม.....27
3.5 ทิศทางการเคลื่อนที่ 8 ทิศทาง.....27
3.6 ทิศทางการเคลื่อนที่แบบหมุน.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.7 ตำแหน่งของรีโมทคอนโทรล....28
3.8 หลักการทำงาน....29
3.9 สูตรทางคณิตศาสตร์....30
3.10 กำหนดจุดยอดพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า....31
3.11 หมุนสี่เหลี่ยม A, B, C, D ให้ขนานกับแกน X....31
3.12 เส้นสีฟ้าแสดงการวิ่งของรถในพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า....32
3.13 จำลองการวิ่งแบบเต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า....32
3.14 กำหนดจุดยอดของพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู....33
3.15 หมุนสี่เหลี่ยมคางหมู A, B, C, D ให้ขนานกับแกน X....33
3.16 เส้นสีฟ้าแสดงการวิ่งของรถในพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู....33
3.17 จำลองการวิ่งแบบเต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู....34
3.18 ออกแบบสร้างโครงรถ....35
3.19 ทำการประกอบตัวรถตามขนาดที่กำหนดไว้....35
3.20 ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์....36
3.21 ทำการเจาะรูเพื่อติดตั้งอุปกรณ์....36
3.22 ทำการติดตั้ง....36
3.23 ทำการเขียนโปรแกรม....37
3.24 ลงโปรแกรม....37
3.25 ต้นแบบรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ....37
4.1 กำหนดขอบเขตของพื้นที่....38
4.2 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส....39
4.3 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า....40
4.4 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่มีประชากรประมาณร้อยละ 63.50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และประเทศไทยมีพื้นที่การเกษตรทั้งประเทศรวม 130.39 ล้านไร่ ประกอบกับการทำเกษตรอินทรีย์ได้รับความนิยมมากขึ้นด้วยโรคภัยไข้เจ็บที่มากขึ้นทุกวันปัจจุบัน ทำให้คนหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นวัตถุดิบก็ควรมาจากธรรมชาติทั้งหมดและปราศจากสารเคมีปนเปื้อน EM (Effective microorganisms) เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่มีพิษภัย มีแต่ประโยชน์ และมุ่งเน้นไม่ทำลาย สิ่งแวดล้อม ทำให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพที่ได้รับการคัดสรรเป็นอย่างดีไปสู่เกษตรกร การใช้จุลินทรีย์ในการทำพืชผลทางการเกษตรให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์ในดิน ซึ่งจะทำให้ดินร่วนซุย และพืชจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ การเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพลงในดิน จะทำให้มีจุลินทรีย์ที่ดีต่อดินและพืช ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน แต่ปัญหาที่มีนั้นคือ จากเดิมที่เกษตรกรต้องใช้เวลาและจ้างแรงงานคนในการรดน้ำเพื่อปรับสภาพดินในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่และต้องใช้แรงในการทำงาน

ดังนั้น เพื่อให้เห็นวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนมากที่สุดในการทำงาน โครงการนี้จะเป็นรถต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปพัฒนา เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับชาวเกษตรกร ช่วยลดเวลาในการทำงานสามารถใช้เวลาในการทำอย่างอื่นได้มากขึ้น เพราะโครงการนี้จะนำเอาระบบไฟฟ้า มาประยุกต์ใช้ในการทำงานเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังสามารถช่วยลดปัญหาภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพราะฉะนั้นโครงการนี้จะช่วยยกระดับการทำงานของชาวเกษตรกรมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. สร้างรถต้นแบบเพื่อนำไปพัฒนาในอนาคต
2. เพื่อศึกษาการใช้พลังงานจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการเกษตร
3. เพื่อศึกษาการทำงานและพัฒนาการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติ
4. เพื่อหาประสิทธิภาพของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถสนับสนุนและพัฒนาทางด้านการเกษตรกรให้นิยมใช้รถน้ำ EM (Effective microorganisms) ได้อย่างประสิทธิภาพมากขึ้น

2. สามารถกำหนดขอบเขตของพื้นที่แปลง, ไร่ หรือพื้นที่ทำการเกษตรกรโดยใช้รีโมทในการควบคุมตัวรถเพื่อกำหนดจุดพื้นที่ในครั้งแรก

3. สามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดในการสร้างตัวรถให้มีการทำงานและใช้งานจริงในพื้นที่ขนาดใหญ่ในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการเขียนโปรแกรมและทำความเข้าใจการทำงานของ Arduino เพื่อใช้ในการประมวลผล การรับ - ส่ง ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
2. ศึกษาภาษา C++ และเงื่อไขที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino
3. ศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานตัวโปรแกรมและรีโมทเพื่อใช้ในการจดจำพื้นที่
4. ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
5. ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของแบตเตอรี่
6. ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของล้อแม็คคานั่ม
7. ศึกษาเกี่ยวกับสูตรและสมการที่ใช้ในการเก็บพื้นที่ในการทำงาน
8. ประกอบชิ้นงาน เดินสายอุปกรณ์ ติดตั้งและทดสอบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Arduino

Arduino ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การUpload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ตัวบอร์ดสามารถนำโมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทาง Arduino เรียกว่าเป็น shield เพื่อเพิ่มความสามารถเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.1 Arduino

2.1.1 ภาษา C++ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino

ภาษาของ Arduino จะอ้างอิงตามภาษา C/C++ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino (ซึ่งก็รวมถึงบอร์ด Arduino) ก็คือการเขียนโปรแกรมภาษา C โดยเรียกใช้ฟังก์ชั่นและไลบรารีที่ทาง Arduino ได้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ ในบทนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างโปรแกรมของ Arduino แบ่งได้เป็นสองส่วนคือ void setup และ void loop โดยฟังก์ชั่น setup เมื่อโปรแกรมทำงานจะทำคำสั่งของฟังก์ชั่นนี้เพียงครั้งเดียว ใช้ในการกำหนดค่า เริ่มต้นของการทำงานส่วนฟังก์ชั่น loop เป็นส่วนทำงานโปรแกรมจะทำคำสั่งในฟังก์ชั่นนั่นต่อเนื่องกันตลอดเวลา โดยปกติใช้กำหนดโหมดการทำงานของขาต่าง ๆ กำหนดการสื่อสารแบบอนุกรม ฯลฯ ส่วนของ loop เป็นโค้ดโปรแกรมที่ทำงาน เช่น อ่านค่าอินพุต ประมวลผล สั่งงานเอาต์พุต ฯลฯ โดยส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น เช่นตัวแปรจะต้องเขียนที่ส่วนหัวของโปรแกรมก่อนถึงตัวฟังก์ชั่น นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ของตัวแปรและชื่อฟังก์ชั่นนั้นให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ส่วนของฟังก์ชั่น setup

ฟังก์ชั่นนี้จะเขียนที่ส่วนต้นของโปรแกรม ทำงานเมื่อโปรแกรมเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว ใช้เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรโหมดการทำงานของขาต่าง ๆ เริ่มต้นเรียกใช้ไลบรารี ดังแสดงในรูปที่ 2.2

ตัวอย่าง

```
int buttonPin = 13;
void setup()
{
        Serial.begin(9600);
        pinMode(buttonPin, INPUT);
}
void loop()
{
        if (digitalRead(buttonPin) == HIGH)
        Serial.println('H');
        else
        Serial.println('L');
        delay(1000);
}
```

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างส่วนของฟังก์ชั่น setup

ในขณะที่โปรแกรมภาษา C มาตรฐานที่เขียนบน AVR GCC (เป็นโปรแกรมภาษา C ที่ใช้ C คอมไพเลอร์แบบ GCC สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR) จะเขียนได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

```
int main(void)
{
        init();
        setup();
        for (;;)
        loop();
        return ;
}
```

รูปที่ 2.3 ภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ส่วนของฟังก์ชั่น loop

หลังจากที่เขียนฟังก์ชั่น setup ที่กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมแล้ว ส่วนถัดมา คือฟังก์ชั่น loop ซึ่งมีการทำงานตรงตามชื่อ คือจะทำงานตามฟังก์ชั่นวนต่อเนื่องตลอดเวลา ภายในฟังก์ชั่นจะมีโปรแกรมของผู้ใช้เพื่อรับค่าจากพอร์ต ประมวลผลแล้วสั่งเอาต์พุตออกขาต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด

โปรแกรมทำงานวนในฟังก์ชั่น loop ตลอดเวลา หลังจากทำงานในฟังก์ชั่น setup จึงสรุปได้ว่าฟังก์ชั่น setup คือส่วนต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศ หรือตั้งค่าการทำงานในตอนเริ่มต้นทำงาน ในขณะที่ฟังก์ชั่น loop เป็นเสมือนส่วนของโปรแกรมหลักที่ต้องวนทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อย่างไรก็ตามในบางโปรแกรมอาจมีเฉพาะส่วนของฟังก์ชั่น setup และไม่มีฟังก์ชั่น loop ก็ได้ นั่นแสดงว่าโปรแกรมนั้นๆต้องการตั้งค่าการทำงาน หรือกำหนดให้มีการทำงานเพียงครั้งหรือรอบเดียว แล้วจบการทำงานทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ตัวอย่าง

```
int buttonPin = 13;
// setup initializes eerial and the button pin
void setup()
{
        Serial.begin(9600);
        pinMode(buttonPin, INPUT);
}
// loop checks the button pin each time,
// and will send serial if it is pressed
void loop()
{
        if (digitalRead(buttonPin) == HIGH)
        Serial.println('H');
        else
        Serial.println('L');
        delay(1000);
}
```

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างส่วนของฟังก์ชั่น loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 คำสั่ง if

ใช้ทดสอบเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม เช่นถ้าอินพุตมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะให้ทำอะไรโดยมีรูปแบบการเขียน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

```
if (somevariable > 50)
{
// do something Here
}
```

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคำสั่ง if

ตัวโปรแกรมจะทดสอบว่าถ้าตัวแปร SomeVariable มีค่ามากกว่า 50 หรือไม่ ถ้าใช่ให้ทำอะไร ถ้าไม่ใช่ให้ข้ามการทำงานส่วนนี้ การทำงานของคำสั่งนี้จะทดสอบเงื่อนไขที่เขียนในเครื่องหมายวงเล็บ ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง ทำตามคำสั่งที่เขียนในวงเล็บปีกกา ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จข้ามการทำงานส่วนนี้ไป ส่วนของการทดสอบเงื่อนไขที่เขียนอยู่ภายในวงเล็บ จะต้องใช้ตัวกระทำเปรียบเทียบต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบตัวแปรของเงื่อนไขที่เขียนอยู่ภายในวงเล็บ

x == y	(x เท่ากับ y)
x != y	(x ไม่เท่ากับ y)
x < y	(x น้อยกว่า y)
x > y	(x มากกว่า y)
x <= y	(x น้อยกว่าหรือเท่ากับ y)
x >= y	(x มากกว่าหรือเท่ากับ y)

เทคนิคสำหรับการเขียนโปรแกรมในการเปรียบเทียบตัวแปรให้ ใช้ตัวกระทำ == (เช่น if (x==10)) ห้ามเขียนผิดเป็น = (เช่น if (x=10)) คำสั่งที่เขียนผิดในแบบที่สองนี้ ทำให้ผลการทดสอบเป็นจริงเสมอ และเมื่อผ่านคำสั่งแล้ว x มีค่าเท่ากับ 10 ทำให้การทำงานของโปรแกรมผิดเพี้ยนไปไม่เป็นตามที่กำหนดไว้ เราสามารถใช้คำสั่ง if ในคำสั่งควบคุมการแยกเส้นทางของโปรแกรมโดยใช้คำสั่ง if...else

2.1.1.4 คำสั่ง if...else

ใช้ทดสอบเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมได้มากกว่าคำสั่ง if ธรรมดา โดยสามารถกำหนดได้ว่าถ้าเงื่อนไขเป็นจริงให้ทำอะไร ถ้าเป็นเท็จให้ทำอะไร เช่น ถ้าค่าอินพุต แอนาล็อก ที่อ่านได้น้อยกว่า 500 ให้ทำอะไร ถ้าค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 500 ให้ทำอีกอย่างจะเขียนคำสั่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

```
if (pinFiveInput < 500)
{
// do thing A
}
Else
{
// do thing B
}
```

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างคำสั่ง if...else

หลังคำสั่ง else สามารถตามด้วยคำสั่ง if สำหรับการทดสอบอื่น ๆ ทำให้รูปแบบคำสั่งกลายเป็น if....else...if เป็นการทดสอบเงื่อนไขต่าง ๆ เมื่อเป็นจริงให้ทำตามที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.7

หลังคำสั่ง else สามารถตามด้วยคำสั่ง if ได้ไม่จำกัดจำนวน (สามารถใช้คำสั่ง switch case แทนคำสั่ง if...else...if สำหรับการทดสอบเงื่อนไขจำนวนมากๆ ได้) เมื่อใช้คำสั่ง if...else แล้วต้องกำหนดด้วยว่าถ้าทดสอบไม่ตรงกับเงื่อนไขใด ๆ เลย ให้ทำอะไรโดยให้กำหนดที่คำสั่ง else ตัวสุดท้าย

ตัวอย่าง

```
if (pinFiveInput < 500)
{
// do Thing A
}
else if (pinFiveInput >= 1000)
{
// do Thing B
}
else
{
// do Thing C
}
```

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างคำสั่ง if สำหรับการทดสอบอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 คำสั่ง for

คำสั่งนี้ใช้เพื่อสั่งให้คำสั่งที่อยู่ภายในวงเล็บปีกกาหลัง for มีการทำงานซ้ำกันตามจำนวนรอบที่ต้องการคำสั่งนี้มีประโยชน์มากสำหรับการทำงานใดๆ ที่ต้องทำซ้ำกัน และทราบจำนวนรอบของการทำงานที่แน่นอน ใช้คู่กับตัวแปรอาเรย์ในการเก็บสะสมค่าที่อ่านค่าได้จากขาอินพุต อนาล็อกหลาย ๆ ขา ที่มีหมายเลขขาต่อเนื่องกันรูปแบบของคำสั่ง for แบ่งได้ 3 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.8

```
for (initialization; condition; increment)
{
//statement(s);
}
```

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างคำสั่ง for

เริ่มต้นด้วย initialization ใช้กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรควบคุมการวนรอบในการทำงานแต่ละรอบจะทดสอบ condition ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกาแล้วมาเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรตามที่สั่งใน increment แล้วทดสอบเงื่อนไขอีกทำซ้ำจนกว่าเงื่อนไขเป็นเท็จ

ตัวอย่าง

```
for (int i=1; i <= 8; i++)
{
// statement using the value i;
}
```

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างคำสั่งใช้กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรควบคุมการวนรอบ

คำสั่ง for ของภาษา C ยืดหยุ่นกว่าคำสั่ง for ของภาษาคอมพิวเตอร์อื่น ๆ มันสามารถละเว้นบางส่วนหรือทั้งสามส่วนของคำสั่ง for ได้ อย่างไรก็ตามยังต้องมีเซมิโคลอน นอกจากนั้นยังนำคำสั่งภาษา C++ ที่มีตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องมาเขียนในส่วนของ initialization condition และ increment ของคำสั่ง for ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

2.1.1.6 คำสั่ง switch - case

ใช้ทดสอบเงื่อนไขเพื่อกำหนดการทำงานของโปรแกรม ถ้าตัวแปรที่ทดสอบตรงกับเงื่อนไขใดก็ให้ทำงานตามที่กำหนดไว้พารามิเตอร์e var ตัวแปรที่ต้องการทดสอบว่าตรงกับเงื่อนไขใด default ถ้าไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆเลย ให้ทำคำสั่งต่อท้ายนี้ break เป็นส่วนสำคัญ มากใช้เขียนต่อท้าย case ต่าง ๆ เมื่อพบเงื่อนไขนั้นแล้วทำตามคำสั่งต่าง ๆ แล้ว ให้หยุดการทำงานขอคำสั่ง switch-case ถ้าลืมเขียน break เมื่อพบเงื่อนไขทำตามเงื่อนไขแล้วโปรแกรมจะทำงานตามเงื่อนไขต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบคำสั่ง break

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

```
switch (var)
{
        case 1:
//do something when var == 1
        break;
        case 2:
//do something when var == 2
        break;
        default:
// if nothing else matches, do the default
}
```

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างคำสั่ง switch - case

2.1.1.7 คำสั่ง while

เป็นคำสั่งวนรอบโดยจะทำคำสั่งที่เขียนในวงเล็บปีกกาอย่างต่อเนื่องจนกว่าเงื่อนที่เขียนในวงเล็บของคำสั่ง while จะเป็นเท็จ คำสั่งที่ให้ทำซ้ำจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ใช้ทดสอบ โดยมีการเพิ่มค่าตัวแปรหรือมีเงื่อนไขภายนอก เช่นอ่านค่าจากตัวตรวจจับได้เรียบร้อยแล้วให้หยุดการอ่านค่า มิฉะนั้นเงื่อนไขในวงเล็บของ while เป็นจริงตลอดเวลา ทำให้คำสั่ง while ทำงานวนรอบไปเรื่อยๆ ไม่รู้จบ รูปแบบคำสั่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.11

```
while(expression)
{
// statement(s)
}
```

พารามิเตอร์ expression เป็นคำสั่งทดสอบเงื่อนไข (ถูกหรือผิด)

ตัวอย่าง

```
var = 0;
while(var < 200)
{
// do something repetitive 200 times
var++;
}
```

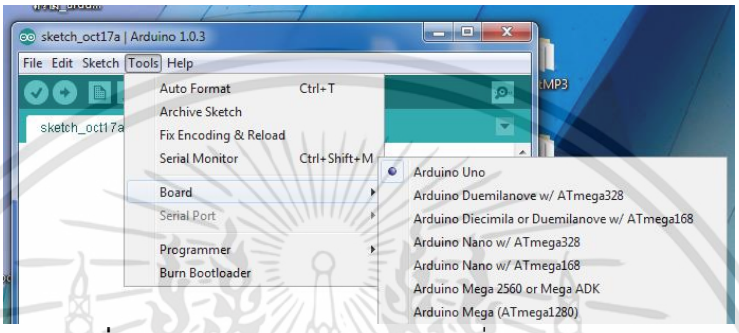
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างคำสั่ง while

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

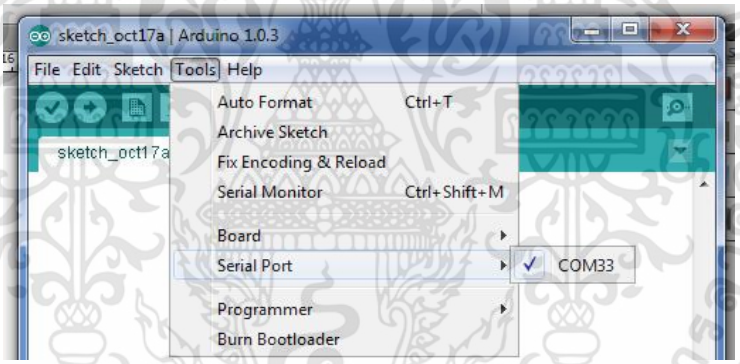
2.1.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมบน Arduino

ในขั้นตอนของการเขียนโปรแกรม ArduinoIDE บน Arduino UNO มีขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2) หลังจากที่เขียนโค้ดบนโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และเลือกหมายเลข Com port ดังแสดงรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload



รูปที่ 2.13 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3) กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.14 จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัพโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

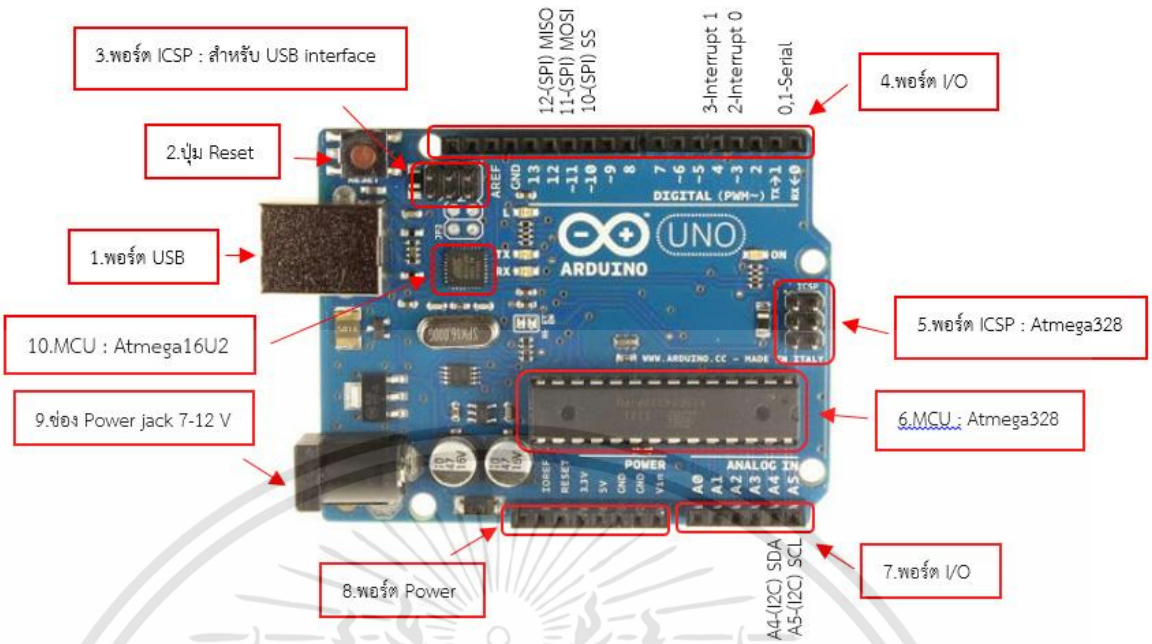
รูปที่ 2.14 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม

รูปที่ 2.15 Upload โค้ดโปรแกรม

2.1.3 ส่วนประกอบของ Arduino

Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้อย่างมาก โดยมีช่องสัญญานดิจิตอล และ อนาล็อก Arduino จะมีส่วนประกอบทั้งหมด 10 องค์ประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 Layout & Pin out Arduino Board

1) USB Port : ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2) Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3) ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4) I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0, 1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM
5) ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6) MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7) I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0 - A5
8) Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9) Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

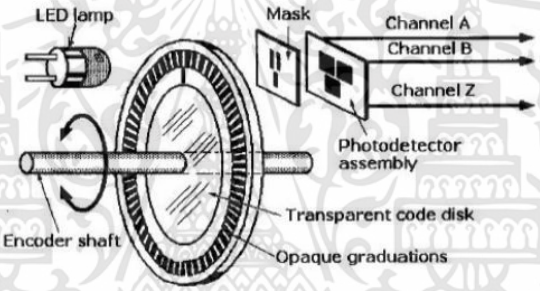
2.2 Encoder

เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดระยะทาง (Distance Sensor), ความเร็ว (Speed), ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (Direction of Rotation), ตำแหน่งหรือมุม เป็นต้น ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามลักษณะของสัญญาณเอาต์พุต (Output Signal) ได้ ดังนี้

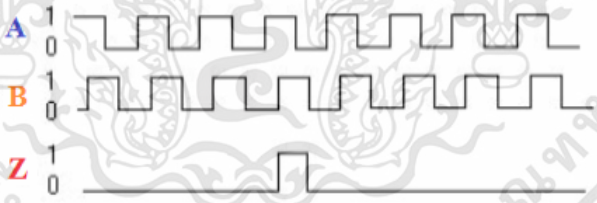
1) Encoder แบบ Increment หรือที่เรียกว่า Increment Encoder / Rotary Encoder
2) Encoder แบบ Absolute หรือที่เรียกว่า Absolute Encoder

2.2.1 Incremental Encoder หรือ Incremental Rotary Encoder

เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน โครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.17 จะประกอบด้วย จานหมุนและอุปกรณ์ตรวจจับ โดยจานหมุนจะมีช่องเล็ก ๆ เมื่อเพลาของมอเตอร์หมุนจะทำให้จานหมุนไปตัดลำแสงของเซ็นเซอร์ (Sensor) ทำให้ชุดรับแสงได้รับสัญญาณเป็นช่วง ๆ จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ต่อรอบ (PPR) ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของ Incremental Encoder / Rotary Encoder



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างสัญญาณพัลส์เอาต์พุตของ Incremental Encoder

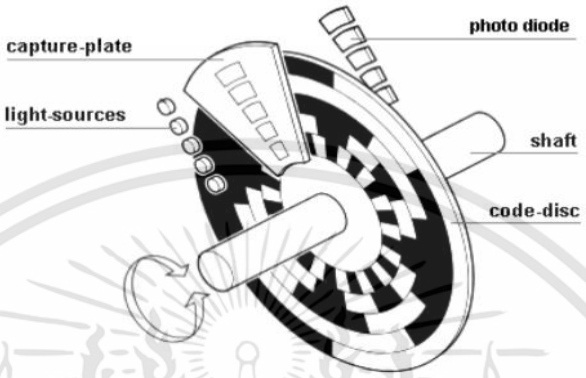
Incremental Encoder เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ที่ใช้หลักการเมื่อมีการหมุนของแกนเพลา จะทำให้มีสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณลูกคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยม (Square wave) มี 3 แทรค (Tracks) คือ A , B , Z โดยจะสัมพันธ์กับระยะการเคลื่อนที่และตำแหน่งสัญญาณเอาต์พุตของ Encoder A และ B มีมุมที่ห่างกัน 90 องศา ทางไฟฟ้า ส่วน Z จะมีสัญญาณ 1 พัลส์ ต่อ 1 รอบ หรือบางตัวจะเป็นพัลส์แบบ Invert เช่น A- , B- , Z- ซึ่งเป็นสัญญาณที่กลับเฟสกัน 90 องศา เพื่อเช็คทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เป็นต้น

Incremental Encoder แบบนี้จะมีข้อด้อยในกรณีหากมีการถอดสายสัญญาณออกชั่วขณะหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าดับข้อมูลของการเคลื่อนที่ก็จะหายไปหมด ไม่สามารถระบุตำแหน่งพัลส์หรือตำแหน่งองศาได้ ทำให้ต้องมีการปรับที่จุดอ้างอิงใหม่อยู่ตลอดเวลา กรณีนี้อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องนับจำนวนแบบตัวเลข (Digital Counter) เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยบันทึกข้อมูลได้

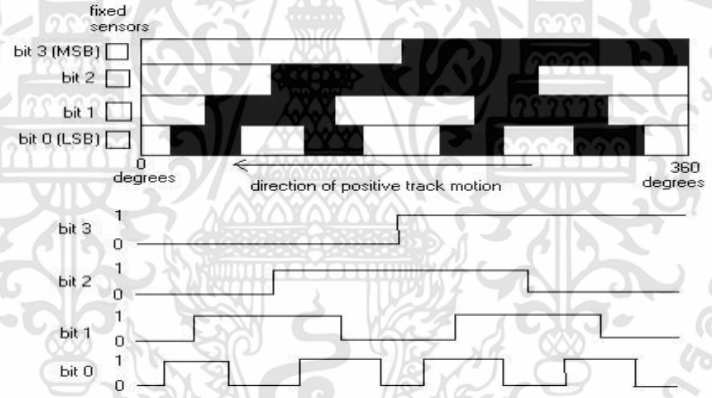
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Absolute Encoder

เอ็นโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์ โครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.19 จะมีหัวอ่านหลายชุด เท่ากับจำนวนบิตเอาต์พุต การเจาะรูบนแผ่นแต่ละชุดก็จะมีระยะห่างเป็นทวีคูณทำให้สามารถทราบตำแหน่งของการหมุน จึงทำให้สัญญาณออกมาในรูปแบบของรหัสโค้ด เช่น Binary, Gray Code เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบของ Absolute Encoder



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างสัญญาณบิตเอาต์พุตของ Absolute Encoder

Absolute Encoder เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ ที่ออกแบบมาให้มีรูปแบบสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นลักษณะของการเข้ารหัส โดยการใช้รหัสแทนสัญญาณพัลส์ เช่น Binary, Gray Code เป็นต้น เพื่อระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่และองศาของแกนเอ็นโค้ดเดอร์ได้มีตำแหน่งที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด กรณีแหล่งไฟฟ้าหยุดและทำการจ่ายไฟเข้าไปใหม่ข้อมูลก็ยังอยู่ที่ตำแหน่งเดิม และบ่งบอกได้ว่าตำแหน่งองศาที่อยู่นั้นคือเท่าใด แต่โดยทั่วไป Absolute Encoder จะมีราคาที่แพงกว่าแบบ Incremental Encoder ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกตามความเหมาะสม

2.2.3 หลักการทำงานของ Encoder

เอ็นโค้ดเดอร์ เป็นเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดตำแหน่งหรือระยะขจัด (Position or Displacement Sensor) มีด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ เป็นแบบเชิงเส้น (Linear Encoder) และเป็นแบบหมุน (Rotary Encoder) และในแต่ละลักษณะแบงออก เป็นแบบที่สัญญาณเอาทพุตที่เกิดจากการวัดอยู่ในรูปแบบของรหัสเชิงตรรก (Digital coding signal) ซึ่งจะเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็นโค้ดเดอร์ ในรูปแบบนี้ว่า “Absolute Encoder” ส่วนอีกลักษณะหนึ่งจะเปนแบบที่ให้สัญญาณเอาท์พุตที่เกิดจากการวัดอยู่ในรูปแบบของพัลส์ (Pulse signal) ซึ่งมักจะถูกเรียกว่า “Incremental Encoder”

ก. Absolute Linear Encoder หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ โดยจำนวนแถบรหัส (Digital bits coding) จะถูกกำหนดให่อยู่ในแนวเชิงเส่นของการเคลื่อนที่ โดยมีหัวอานที่สร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง (Photo-detector) เทากับจำนวนแถบรหัส และเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงของการเคลื่อนที่ทำการ อ่านรหัสในขณะที่เคลื่อนที่ไป ขอดีของเอ็นโคเดอรแบบนี้ ก็คือเมื่อเปิดเครื่องหัวอ่านจะรับรูถึง ตำแหนงที่ทำการวัดอยู่ในขณะนั้นได้โดยทันที แต่มีขอเสียที่ค่าความละเอียดที่ถูกตองและแม่นยำจะขึ้นอยู่กับจำนวนแถบรหัส และสิ้นเปลืองจำนวนเซ็นเซอร์ที่ต่องใชในการอ่านรหัสของทุกแถบ ซึ่งทำได้ยากและมีราคาแพงและยากต่อการบำรุงรักษา

ข. Incremental Linear Encoder หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ แถบเส้นตรงเล็ก ๆ จะถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ โดยมีหัวอ่านสร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง 2 ตัว วางทำมุมกัน ทำให้ในขณะที่หัวอ่านเคลื่อนที่ไป จะทำให้สัญญาณที่ออกมาทางเอาทพุตในรูปแบบของพัลส์ (Pulses) จะมีเฟสเยื้องกัน 90 องศา ซึ่งมีไว้สำหรับตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวอ่านนั่นเอง ดังนั้นความละเอียดและแม่นยำ จึงขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นตรงเล็ก ๆ ที่ถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งมักจะบอกในรูปแบบของจำนวนพัลส์ที่ได้ตอระยะการเคลื่อนที่ เช่น 25 Pulse/10 mm. เอ็นโค้ดเดอรแบบนี้จะใช่หลักการนับจำนวนของแถบเส้นตรงเล็ก ๆ นั้น ดังนั้นการสร้างเอ็นโค้ดเดอรแบบนี้จึงทำได้ง่ายราคาถูกกวาเอ็นโค้ดเดอรแบบเชิงเส้นและต่องการบำรุงรักษาน่อยกวา แต่ข้อเสียของเอ็นโค้ดเดอร์ประเภทนี้ก็คือ ต้องใช่วงจรนับความเร็วสูง (High Speed Counter) ทำการนับแถบเส้นตรงเล็ก ๆ นั้น ถ้าไฟดับขณะเคลื่อนที่ คาการนับจะถูกลบไป ทำให่ไม่สามารถที่จะระบุตำแหน่งที่อยู่ในขณะนั้นได้ ดั้งนั้นเมื่อเริ่มต้น หัวอ่านจะถูกสั่งให่สั่งให้กลับมาเริ่มต้นที่ตำแหน่งศูนย์ (Zero) ของการเคลื่อนที่ทุกครั้ง เพื่อทำการรีเซ็ต (Reset) ค่าของการนับก่อนทุกครั้งไป นอกจากนั้น ยังจะเกิดค่าความคาดเคลื่อนสะสมที่เกิดการนับขึ้น-นับลง ในขณะที่เคลื่อนที่ ไป-มาได้อีกด้วย

ค. Absolute Rotary Encoder หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ โดยจำนวนแถบรหัส (Digital bits coding) จะถูกกำหนดให่รอบซ้อนกันในแนวของการหมุนโดยมีหัวอ่านที่สร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง (Photo-detector) เทากับจำนวนแถบรหัส ทำการอ่านรหัสในขณะที่เคลื่อนที่ไป โดยหลักการทำงานจะคล้ายคลึงกันกับ Absolute Linear Encoder โดยเปลี่ยนจากทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นเป็นการหมุน

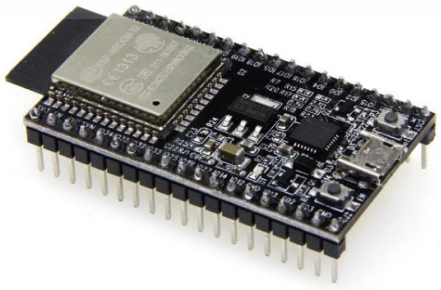
ง. Incremental Rotary Encoder หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ แถบเส้นตรงเล็ก ๆ จะถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการหมุน โดยมีหัวอ่านสร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง 2 ตัว วางทำมุมกัน ทำให้ในขณะที่จานหมุน (Rotary plate) หมุนไป จะทำให้สัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุตในรูปแบบของพัลส์ (Pulse) จะมีเฟสเยื้องกัน 90 องศา ซึ่งมีไว้สำหรับตรวจสอบทิศทางการหมุนที่เพลาของเอ็นโค้ดเดอร์ ดังนั้นความละเอียดและแม่นยำจึงขึ้นอยูกับจำนวนเส้นตรงเล็ก ๆ ที่ถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการหมุน ซึ่งมักจะบอกในรูปแบบของจำนวนพัลส์ที่ได้ต่อระยะการเคลื่อนที่ เช่น 100 Pulse/rev โดยหลักการทำงานจะคล้ายคลึงกันกับ Incremental Linear Encoder โดยเปลี่ยนจากทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นเป็นการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Esp32

ESP32 ดังแสดงในรูปที่ 2.21 เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มาพร้อม WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n และบลูทูธเวอร์ชั่น 4.2 เป็นรุ่นต่อยอดความสำเร็จของ ESP8266 โดยในรุ่นนี้ได้ออกมาแก้ไขข้อเสียของ ESP8266 ทั้งหมด โดย CPU ใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 จำนวน 2 คอร์ สัญญาณนาฬิกา 240MHz สามารถแยกการทำงานระหว่างโปรแกรมจัดการ WiFi และแอพพลิเคชั่นออกจากกันได้ ทำให้มีสเถียรภาพเพิ่มขึ้นมาก มีแรม 520KB มาในตัว นอกจากนี้ยังมี GPIO เพิ่มขึ้นมาก และมีช่อง ADC เพิ่มขึ้นเป็น 12 ช่อง จากเดิม ESP8266 มีเพียงช่องเดียว ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3V ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

1) ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
2) มีแรมในตัว 512KB
3) รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
4) มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
5) มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
6) ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
7) ทำงานได้ที่อุณหภูมิ - 40°C ถึง 125°C
8) วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
9) เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
10) เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
11) รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
12) มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
11) รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
12) รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
13) รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
14) รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
15) รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
16) รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง
17) รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
18) รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card



รูปที่ 2.21 Esp32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากชิปไอซี ESP32 เปิดตัวได้ไม่นาน ก็มีผู้ผลิตหลายรายที่ให้การตอบรับโดยการผลิตบอร์ดพัฒนา ESP32 ออกมา ช่วยให้ ESP32 สามารถนำมาพัฒนาได้ง่ายมากขึ้น ในแต่ละบอร์ดก็จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของฟีเจอร์ ที่เพิ่มเติม เรื่องขนาด และรุ่นของโมดูล ESP32 ที่เลือกใช้ ทำให้บอร์ดพัฒนา ESP32 เกิดขึ้นมาใหม่เสมอ บอร์ดพัฒนา ESP32 ที่ผลิตโดยบริษัท Espressif ที่เป็นผู้ผลิตชิปไอซี ESP32 (ผู้ผลิตไอซี ผลิตโมดูล และผลิตบอร์ดพัฒนาเอง) เป็นบอร์ดพัฒนา ESP32 บอร์ดแรก ทำให้ตำแหน่งขาต่าง ๆ ของ DevKitC ESP32 ถูกใช้เป็นมาตรฐาน ของบอร์ดพัฒนา ESP32 ของบริษัทอื่นๆ อีกด้วย บอร์ดพัฒนา DevKitC ESP32 มีอยู่ด้วยกัน 2 รุ่น คือ

1) V1 : บอร์ดสีฟ้า เป็นรุ่นแรก
2) V2 : เปลี่ยนสีของแผ่นวงจรพิมพ์เป็นสีดำ

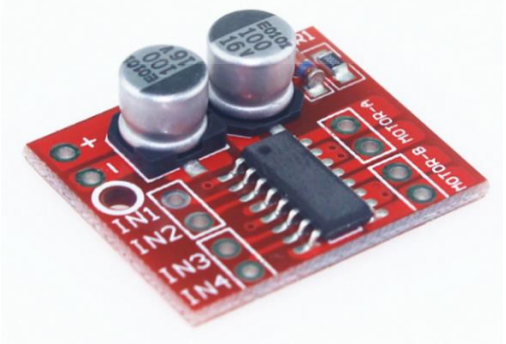
2.3.1 ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับความปลอดภัย

1) รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise
2) มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 /Elliptical Curve Cryptography/RSA-4096

ในด้านประสิทธิ์ภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย รับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbps ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA ด้วยเหตุนี้ ESP32 จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้งานมาก ด้วยเหตุผลทางด้านราคา และประสิทธิ์ภาพที่ได้

2.4 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์

DC Motor Driver Board MX1508 โมดูลขับมอเตอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 1.8V - 7V และจ่ายแรงดัน 2V - 10V กระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง 1.5A และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 2.5Aโดยใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ DC ได้สองตัว สามารถบัดกรีติดเลยหรือบัดกรีกับพินเฮดเดอร์เพื่อเชื่อมต่อได้ แล้วสามารถปรับความเร็ว PWM สามารถหมุนไปข้างหน้าหรือหมุนย้อนกลับได้ โดยการเชื่อมต่อขา I/O A1 A2 B1 B2 ชิปขับมอเตอร์เป็นชิปดั้งเดิมโดยมีสวิตช์ MOS ความต้านทานต่ำภายในตัว มีความร้อนน้อย ไม่มีซิงค์ความร้อน มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำและมีวงจรป้องกันความร้อนในตัวได้ดี มีการใช้งานง่าย เป็นบอร์ดขับมอเตอร์ขนาดเล็ก สำหรับ smart car robot ขับมอเตอร์เหมาะมากสำหรับใช้ในรถสมาร์ทที่ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ รถของเล่น หุ่นยนต์



รูปที่ 2.22 DC Motor Driver Board MX150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ข้อดีของบอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์

1) ตัวขับมอเตอร์แบบ Dual H-bridge สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ DC สองตัวหรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 2 เฟส 4 สาย
2) แรงดันไฟฟ้าเข้า 1.8V - 7V
3) โมดูลจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ 2V - 10V
4) กระแสไฟฟ้าในการทำงาน 1.5A กระแสไฟฟ้าสูงสุด 2.5A
5) กระแสไฟฟ้าขณะสแตนด์บาย < 0.1uA
6) มีขนาด 24.7*21*5 มม. (ความยาวและความกว้าง), ขนาดเล็กพิเศษ, เหมาะสำหรับประกอบและรถยนต์ เส้นผ่านศูนย์กลางรูยึด 2 มม. น้ำหนัก 5g
7) มีวงจรการนำไฟฟ้าทั่วไปภายในตัว เมื่อขาอินพุตถูกปล่อยลอยทิ้งไว้มอเตอร์จะไม่ทำงาน
8) มีวงจรป้องกันความร้อนภายในตัวพร้อมเอฟเฟกต์ฮิสเทรีซิส (TSD)

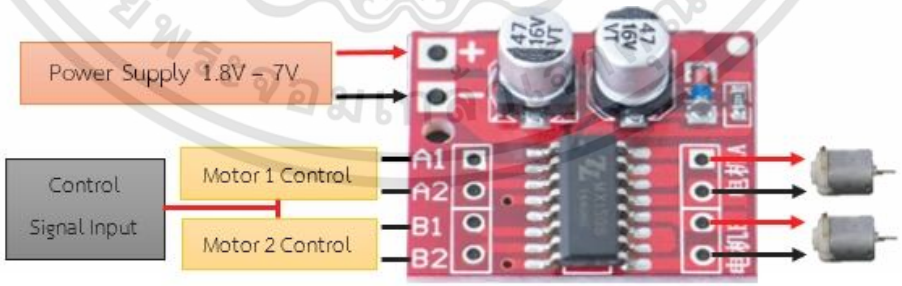
2.4.2 ข้อควรระวังของบอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์

1) การย้อนกลับของแหล่งจ่ายไฟบวกและลบจะทำให้วงจรเสียหายอย่างแน่นอน
2) หากเอาต์พุตมีการลัดวงจร ไปที่กราวด์หรือไฟฟ้าลัดวงจรและแผงมอเตอร์ ชิปจะป้องกันความร้อน แต่ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเข้าใกล้หรือเกิน 10V และกระแสไฟฟ้าสูงสุดเกิน 2.5A อาจจะทำให้ชิปไหม้ได้

2.4.3 การต่อใช้งาน DC Motor Driver Board MX150

ขั้นตอนของการต่อใช้งาน DC Motor Driver Board MX150 กับ มอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.23 และมีขั้นตอน ดังนี้

1) ขา + – จ่ายแรงดันให้กับโมดูล
2) ขา INT1, INT2 เพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางมอเตอร์ตัวที่ 1 A
3) ขา INT3, INT4 เพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางมอเตอร์ตัวที่ 2 B



รูปที่ 2.23 การต่อใช้งาน DC Motor Driver Board MX150

การต่อใช้งานหากต่อมอเตอร์ 1 A1 เป็น 1 หรือ PWM และ A2 เป็น 0 มอเตอร์จะหมุนด้านหน้า แต่หากสัญญาณ A1 เป็น 0 และ A2 เป็น 1 หรือ PWM มอเตอร์จะหมุนย้อนกลับและเมื่อมีสัญญาณเข้าเป็น 1/PMW ทั้งสองอินพุตคือ A1 และ A2 มอเตอร์จะหยุด โดยอินพุต 2 หรือมอเตอร์สองก็มีรูปแบบสัญญาณเหมือนกับมอเตอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การใช้ Arduino UNO R3 กับ L298N ควบคุมมอเตอร์

การใช้ Arduino UNO R3 กับ L298N ควบคุมมอเตอร์ อุปกรณ์ที่ต้องใช้มีดังนี้

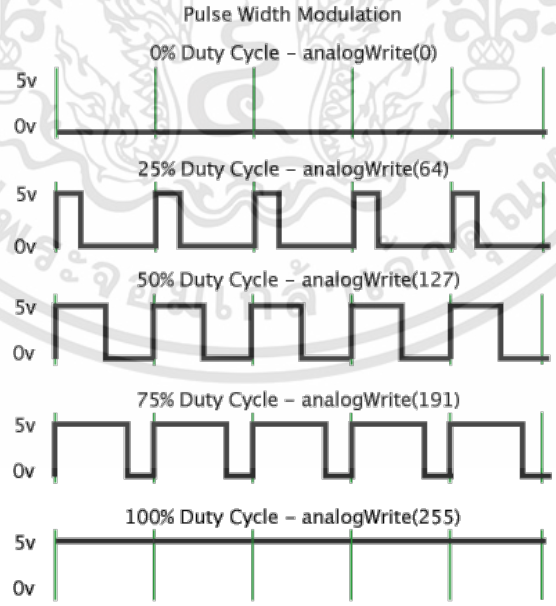
1) Arduino UNO R3 - Made in italy
2) Motor Drive Module L298N
3) Jumper (M2M) cable wire 40pcs 2.54mm 20cm Male to Male

H-Bridge เป็นโมดูลที่ใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ Project อื่นได้อีกด้วย เช่น ตัวหรี่ไฟในบ้าน หรือที่หรี่ไฟในไฟฉายตีกบ แต่การใช้หลอดไส้ทำให้เห็นการกระพริบน้อยมากกว่าใน Led

H-Bridge เป็นวงจรที่สามารถใช้ควบคุมกระแสได้ทั้งขั้วบวกและลบด้วยการควบคุม pulse width modulation (PWM) เป็นการควบคุมแบบ digital ที่มีการนำมาใช้กันมาก โดยส่วนมากเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและ สามารถควบคุม Out Put ได้ โดยมีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยมาก กล่าวคือวงจรพวกนี้จะมีการปล่อยการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าวงจรรุ่นเก่า ๆ มาก โดยเฉพาะการควบคุมโวลต์หลอดกระแส out put

2.4.4.1 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM คือเทคนิคการส่งสัญญาณแบบสวิตช์ หรือ ส่งค่าดิจิตอล 0-1 โดยให้สัญญาณความถี่คงที่ การควบคุมระยะเวลาสัญญาณสูงและสัญญาณต่ำที่ต่างกันก็จะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณสวิตช์ ต่างกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.24 สำหรับโมดูล PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 bit หรือ ปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งสามารถเทียบสัดส่วนคำนวนจากเลขจริง เป็น เลขทางดิจิตอลได้

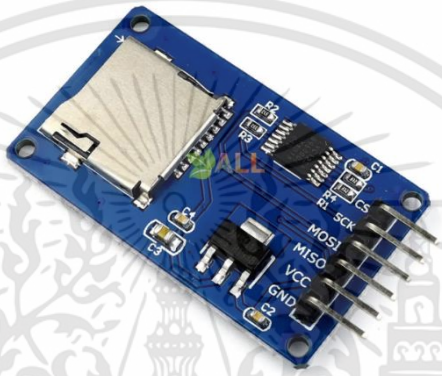


รูปที่ 2.24 สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Micro SD Card Module

Micro SD Card Module ดังแสดงในรูปที่ 2.17 เป็น SD โมดูลอ่านการ์ด Micro ผ่านระบบไฟล์และไดร์เวอร์ โมดูลบันทึกข้อมูลลง Micro SD Card สำหรับเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากบอร์ด Arduino ลงบน Micro SD Card มีอินเตอร์เฟสแบบ SPI ใช้งานง่าย มีไลบารีสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งาน มีวงจรเรกูเลต 3.3V มาให้ในตัวบอร์ด สามารถใช้ไฟได้ในช่วง 4.5V - 5.5V โมดูล SD card รุ่นนี้รองรับการใช้งานการ์ดขนาดเล็ก (Micro SD) ทำหน้าที่ บันทึกข้อมูลลง SD Card เก็บ Data loger โดยใช้ร่วมกับ Arduino มี library มาตราฐานพร้อมใช้งาน สามารถใช้งานได้ง่าย



รูปที่ 2.25 Micro SD Card Module

2.5.1 คุณสมบัติของโมดูล

1) รองรับการ์ด Micro SD, SDHC การ์ด Micro (การ์ดความเร็วสูง)
2) ออนบอร์ดวงจรแปลงระดับคือระดับอินเตอร์เฟซที่สามารถรับแรงดัน Input DC 5V และ 3V
3) แหล่งจ่ายไฟเป็น 4.5V - 5.5V, ควบคุมแรงดันไฟฟ้า 3.3V วงจรบอร์ด
4) ใช้งานง่ายโดยผ่าน SPI Pin MOSI, SCK, MISO, CS

2.5.2 การใช้งาน SD Card Module

การต่อใช้งาน SD Card นั้น สามารถเชื่อมต่อได้สองวิธี คือ SPI และ SDIO การเชื่อมต่อแบบ SDIO (Secure Digital Input Output) นั้นเป็นวิธีที่การรับส่งข้อมูลมีความเร็วมาก โดยจะใช้ในสมาร์ทโฟน กล้องถ่ายรูปดิจิตอล คอมพิวเตอร์ แต่การจะใช้งานนั้นต้องมีการลงนามเอกสารกับ SDA ที่เป็นข้อตกลงไม่เปิดเผยข้อมูล และการออกแบบ การเชื่อมต่อต่าง ๆ มีความซับซ้อน ความเป็นไปได้ที่ Maker ธรรมดาแบบเราจะใช้งานก็เรียกว่าเป็นไปไม่ได้เลย ฉะนั้นเราจึงไปใช้วิธีที่เรารู้จักกันดีคือ SPI นั่นเอง ซึ่งการเชื่อมต่อกับ Arduino ก็แค่ต่อไฟเลี้ยง รู้ว่าขาไหนคือ MISO ขาไหนคือ MOSI ขาไหนคือ SCK ก็ใช้งานได้แล้ว เพราะขาสุดท้าย SS จะกำหนดเป็นขาใดก็ได้ ซึ่งขาของบอร์ดต่าง ๆ มีแสดงในตารางที่ 2.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อใช้งานของ SD Card Module เข้ากับอุปกรณ์

	MOSI	MISO	SCK	SS
Arduino UNO	11	12	13	10
Arduino Nano	11	12	13	10
Arduino Mega	51	50	52	53
NodeMCU	13	12	14	15
ESP32 DevKit	23	19	18	5

ก่อนการใช้งานนั้นต้องทำการเตรียม SD Card ให้พร้อมใช้งาน โดยในการใช้งานกับ Arduino นั้น SD Card ของจะต้องถูก Format ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์แบบ FAT16 หรือ FAT32 เท่านั้น โดยต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการ Format โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับ Format SD Card จาก SDA ได้ที่นี่ เมื่อโหลดมาแล้วก็ติดตั้งโปรแกรมตามปกติ จากนั้นเปิดโปรแกรมขึ้นมา คลิกเลือก Drive ของ SD Card จากนั้นคลิก Format SD Card ก็จะพร้อมใช้งาน

2.6 จอแสดงผล OLED

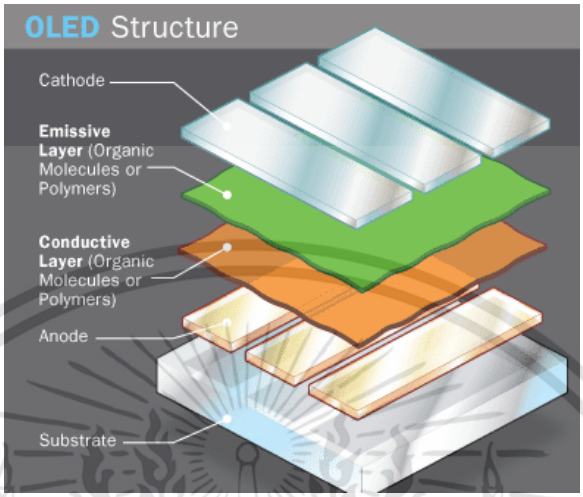
OLED (Organic Light Emitting Diodes) คือจอภาพที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงเองได้เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า เรียกว่ากระบวนการอิเล็คโทรลูมิเนเซนส์ (Electroluminescence) โดยที่ไม่ต้องพึ่งพาแสง Backlight และจะไม่มีการเปล่งแสดงในบริเวณที่เป็นภาพสีดำ ส่งผลให้สีดำนั้นดำสนิท อีกทั้งยังช่วยพลังงานด้วย นอกจากนี้จอภาพแบบ OLED ยังมีความบางกว่า LCD รวมทั้งมีความยืดหยุ่น สามารถโค้งงอได้ เนื่องจาก OLED มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก LCD โดยโครงสร้างของ OLED นั้นประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่เป็นของแข็ง ทำจากวัสดุอินทรีย์มีทั้งแบบ Polymer และโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งมีความหนาเพียง 100-500 นาโนเมตรเท่านั้น (บางกว่าเส้นผมของคน 200 เท่า) และอาจมีชั้นสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ 2 หรือ 3 ชั้น

รูปที่ 2.26 จอแสดงผล OLED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 รายละเอียดโครงสร้างของ OLED

โครงสร้าง OLED แบบที่มีสารอินทรีย์ประกอบ 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.27 มีรายละเอียดของโครงสร้าง ดังนี้



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของ OLED

1) Substrate เป็นชั้นผิวหน้าของจอภาพ อาจทำจากกระจก, ฟลอยด์โลหะ หรือพลาสติกใส ซึ่งหากทำจากฟลอยด์หรือพลาสติกใสจะทำให้ได้จอภาพที่มีความยืดหยุ่นสูง
2) Anode (ขั้วบวก) ทำด้วยวัสดุโปร่งใส (Indium Tinn Oxide ; ITO) เป็นตัวทำหน้าที่ดึงกระแสอิเล็กตรอน
3) Organic Layer ทำจากสารประกอบอินทรีย์ หรือโพลิเมอร์ของสารอินทรีย์
4) Cathode (ขั้วลบ) อาจทำด้วยวัสดุโปร่งใสหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของ OLED เป็นตัวทำหน้าที่ปล่อยกระแสอีเล็กตรอน

2.6.2 หลักการทำงานของกระบวนการอิเล็คโทรลูมิเนเซนส์ (Electroluminescence)

1) จอ OLED ได้รับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหรือแบตเตอรี่
2) กระแสไฟฟ้าไหลจาก Cathode ผ่านชั้นสารอินทรีย์ไปยัง Anode โดย Cathode จะส่งอิเล็กตรอนให้ Emissive Layer
3) Anode ดึงอิเล็กตรอนจาก Conductive Layer ทำให้เกิด Electron Holes ขึ้น
4) ระหว่าง Emissive Layer และ Conductive Layer จะเกิดปฏิกิริยา Electron (-) รวมตัวเข้ากับ Hole (+) ขึ้น
5) เนื่องจากอิเล็กตรอนมีระดับพลังงานที่สูงกว่า Holes จึงต้องลดระดับของพลังงานของอิเล็กตรอนลง ด้วยการเปลี่ยนรูปของพลังงานไปเป็นพลังงานแสงแทน
6) จอภาพ OLED เปล่งแสงจากพลังงานแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ประเภทของ OLED

OLED สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ PMOLED และ AMOLED

1) PMOLED (Passive Matrix OLED) ในแต่ละชั้นจะมีลักษณะเป็นแถบแยกออกจากกัน โดยชั้นของ Cathode และ Anode จะวางในแนวขวางซึ่งกันและกัน โดยเมื่อมีกระแสไหลผ่านในแต่ละช่อง Cathode และ Anode จะทำให้ฟิล์มเกิดการเปล่งแสงบริเวณที่ขั้ว Cathode และ Anode วางตัดกัน ดังนั้นการควบคุมการเปล่งแสงของ PMOLED จึงขึ้นอยู่กับการเลือกช่องทางเดินของกระแส โดยข้อดีของ OLED ชนิดนี้คือสร้างได้ง่าย และต้องการกระแสจากวงจรภายนอก ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานมากกว่า OLED ชนิดอื่น ๆ (แต่ก็ยังประหยัดพลังงงานมากกว่า LCD) ซึ่ง PMOLED เหมาะสำหรับทำจอภาพขนาดเล็กที่มีความกว้างประมาณ 2-3 นิ้ว อย่างเช่น จอของโทรศัพท์หรืออุปกรณ์พกพาต่าง ๆ

2) AMOLED (Active Matrix OLED) ในแต่ละชั้นจะต่อเนื่องกันทั้งชั้น แต่ในชั้น Anode จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบางที่เป็นวงจรในตัวเอง และควบคุมการเกิดภาพได้เอง โดย AMOLED จะใช้พลังงานน้อยกว่า PMOLED เนื่องจากลักษณะโครงสร้างที่เป็นแบบฟิล์มบาง และยังสามารถขยายให้มีขนาดใหญ่ได้ด้วย จึงทำให้ AMOLED เหมาะสำหรับทำจอภาพที่มีขนาดใหญ่ เช่น จอโทรทัศน์, จอคอมพิวเตอร์ หรือจอป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันก็นิยมใช้เป็นจอภาพของอุปกรณ์พกพาอื่น ๆ เช่นกัน

2.6.4 ชนิดของ OLED

OLED ยังแบ่งเป็นประเภทย่อย ๆ ตามลักษณะการใช้งานได้อีก 4 ชนิด ดังนี้

1) Transparent OLED ประกอบด้วยชั้นที่โปร่งแสงทุกชั้น เมื่อปิดจอ แสงจากภายนอกจะสามารถผ่านจอได้ถึง 85 % และเมื่อเปิดจอกระแสไฟฟ้าก็จะถูกส่งเข้าระบบ และเปลี่ยนเป็นแสงส่องผ่านออกมาจากจอได้ทั้งสองด้าน ซึ่งสามารถสร้างจอภาพที่มองเห็นภาพได้ทั้ง 2 ด้าน โดย Transparent OLED นี้สามารถสร้างได้ทั้งแบบ PMOLED และ AMOLED

2) Top-emitting OLED เป็นจอแบบทึบแสงหรือสะท้อนแสง โดยจอภาพแบบนี้จะเป็นแบบ AMOLED ซึ่งถูกนำไปใช้กับ Smartcard เป็นส่วนใหญ่

3) Foldable OLED ทำด้วยวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง เช่น แผ่นฟลอยด์โลหะหรือพลาสติกใส มีน้ำหนักเบา และมีความทนทานสูง เหมาะใช้สำหรับโทรศัพท์ หรืออุปกรณ์พกพาต่าง ๆ เพื่อช่วยลดปัญหาหน้าจอแตก นอกจากนี้ ยังสามารถเย็บติดกับเส้นใยผ้าต่าง ๆ อย่างเสื้อผ้าได้อีกด้วย

4) White OLED เป็น OLED ที่ให้แสงสีขาว ช่วยประหยัดพลังงานและมีคุณภาพดีกว่าแสงที่ได้จาก หลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้เห็นสีแท้จริง เช่นเดียวกันแสงสว่างตามธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าเมื่อทำให้มีขนาดใหญ่ จะสามารถใช้แทนแสงฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ตามบ้านและตึกต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานมากกว่าการใช้หลอดไฟธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แบตเตอรี่ Li-on

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-Ion Battery) หรือตัวย่อคือ “Li-Ion” ดังแสดงในรูปที่ 2.28 เป็นแบตเตอรี่คุณภาพสูง ชนิดที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Rechargeable Battery) หรือใช้ซ้ำได้ มันเริ่มใช้กันมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 แล้ว โดยในปัจจุบันมีใช้กันอย่างแพร่หลายใน เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ต้องมีการเก็บประจุไฟมากมาย อาทิ หุ่นยนต์ดูดฝุ่น หุ่นยนต์เช็ดกระจก (ใช้เพื่อสำรองไฟกรณีไฟบ้านที่ต่ออยู่เกิดดับขึ้นมา) หุ่นยนต์ตัดหญ้า หรือแม้แต่โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค แบตเตอรี่สำรอง เกือบทุกรุ่น และทุกยี่ห้อ ก็ใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้เช่นกัน

สำหรับคุณสมบัติหลักของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน คือ การจ่ายไฟที่แรง และคงที่อยู่ตลอดเวลา แม้ไฟในแบตเตอรี่ใกล้จะหมด แถมยังมีระยะเวลาการชาร์จไฟจนเต็มความจุที่เร็วกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ และยังใช้ได้นานกว่าอีกด้วยเช่นกัน

อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ในระยะที่เต็มประสิทธิภาพ จะอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.5 ปี ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งานว่ามากหรือน้อย รวมไปถึงการดูแลรักษา และหลังจากนั้นก็จะเสื่อมลง และถึงแม้ว่าเราจะเก็บแบตเตอรี่ชนิดนี้เอาไว้เฉย ๆ โดยไม่ได้ใช้งานอะไรเลย แบตเตอรี่ก็สามารถเสื่อมประสิทธิภาพลงได้อยู่ดี

รูปที่ 2.28 แบตเตอรี่ Li-on

2.7.1 การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบลิเธียมไอออน

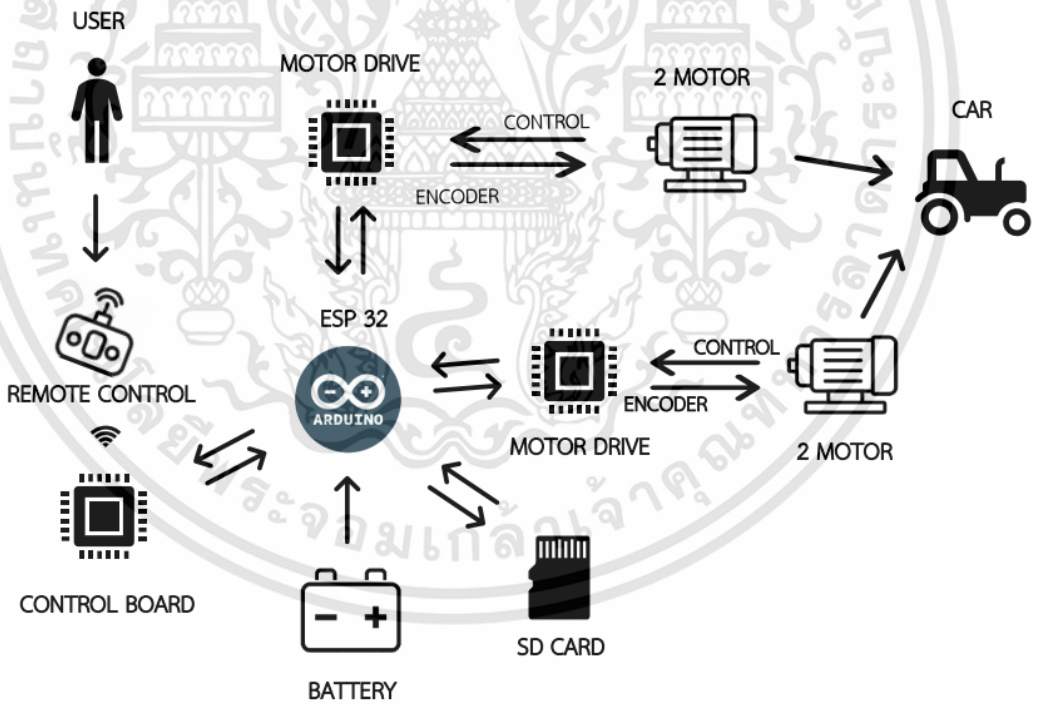
1) เก็บแบตเตอรี่ หรืออุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ให้อยู่ภายในอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม หลีกเลี่ยงการชาร์จไฟภายใต้อุณหภูมิที่สูง (เพราะจะยิ่งทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น)
2) อย่าใช้งานจนแบตเตอรี่หมดเกลี้ยง หรือใกล้หมดสุดๆ ควรหมั่นชาร์จให้มีไฟเลี้ยงตัวแบตเตอรี่อยู่บ่อย ๆ เพราะการชาร์จไฟบ่อย ๆ ไม่ได้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่
3) ใช้อุปกรณ์ชาร์จไฟที่ได้มาตรฐาน มีการจ่ายไฟเข้าแบตเตอรี่ที่นิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินการ

3.1 การทำงานของระบบโดยรวม

โครงการรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ เป็นรถต้นแบบที่ใช้การควบคุมรถด้วย Arduino ESP32 เขียนด้วยโปรแกรม Arduino IDE และใช้ Motor Drive ในการควบคุมมอเตอร์ มอเตอร์ไดร์ฟ 1 ตัวจะควบคุมมอเตอร์ 2 ตัว ในการทำงานเมื่อมีการบังคับรีโมทสัญญาณจะถูกส่งไปยัง Control Board จากนั้นจะส่งค่าไปยังArduino เมื่อArduinoได้รับค่ายังส่งสัญญาณไปยัง Motor Drive ทั้ง2ตัวเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้ง4ตัว เมื่อมีการเคลื่อนที่ตัวมอเตอร์จะมีการอ่าน Encoder เพื่อทำการส่งค่ากลับไปยังMotor Drive ละส่งค่าไปยัง Arduino เพื่อทำงานต่อไปจนจบกระบวนการ หลังจากที่มีการทดลองโปรแกรมเป็นผลสำเร็จแล้ว ยังมีการออกแบบหน้าจอให้แสดงโหมดการทำงานของอุปกรณ์ พร้อมทั้ง Micro Switch เพื่อกดเลือกใช้งานโหลดต่าง ๆ และใช้รีโมทควบคุมในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการ เพื่อให้ตัวรถต้นแบบใส่ปุ๋ยอัจฉริยะได้ทำงานอย่างอิสระ

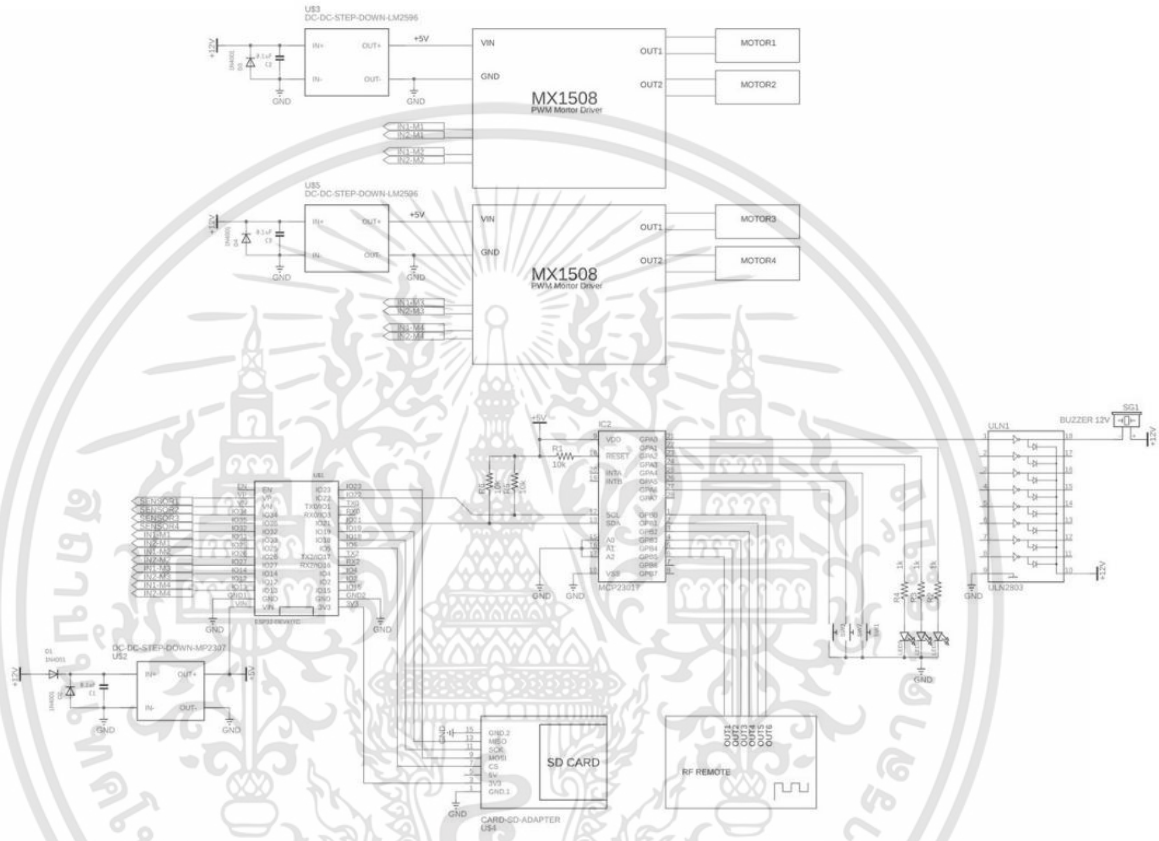


รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบโดยรวม

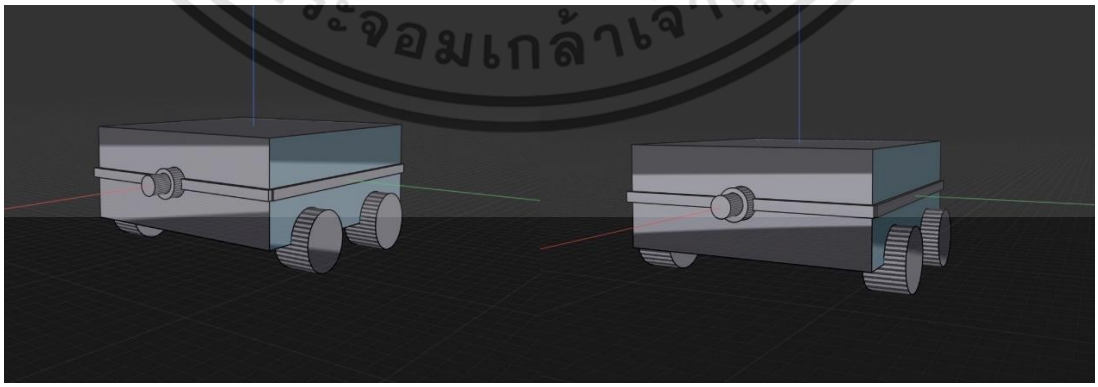
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบ

หลักการในการออกแบบโครงสร้างรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการทำงานโดยใช้ Microcontroller เป็นอุปกรณ์ที่รับและส่งสัญญาณให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ และในส่วนของการแสดงผล คือ การควบคุมและรับค่าสถานะต่าง ๆ ทำให้มอเตอร์สามารถขับเคลื่อนตัวรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างและอุปกรณ์ของวงจร



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

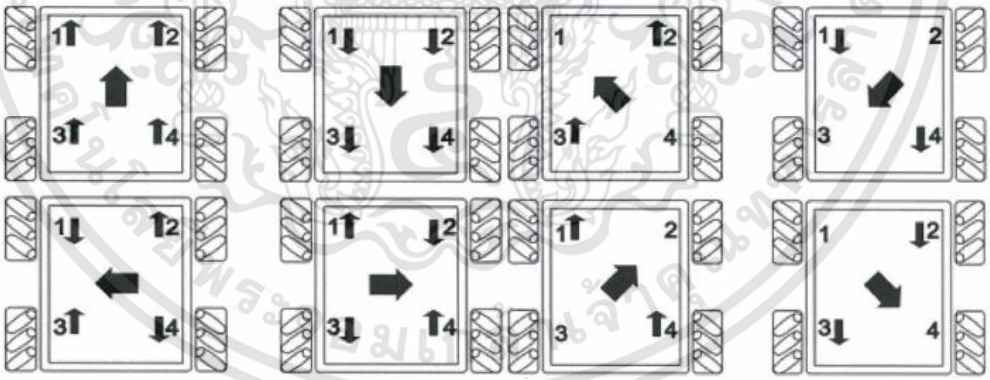
3.3 การเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม

ในการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่มรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนั้นจะมีความพิเศษที่แตกต่างจากล้อรถทั่วไป คือ ล้อของรถทั่วไปนั้นเมื่อเคลื่อนที่ไปยังทิศทางในแนวแกน X หรือ ทิศทางซ้าย-ขวา จะมีวิถีโค้งเล็กน้อยก่อนที่จะมีการเปลี่ยนทิศทางของรถ ซึ่งจะแตกต่างจากการเคลื่อนที่ของรถแมคคานั่มที่จะสามารถเคลื่อนรถไปในทิศทางในแนวแกน X ได้แบบ 90 องศา

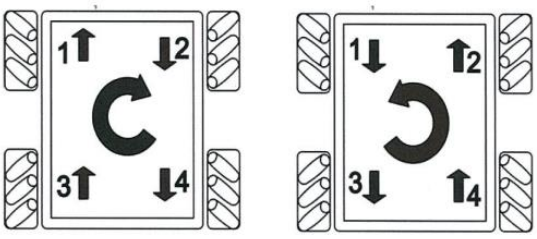
การเคลื่อนที่ของรถทั่วไป การเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม

รูปที่ 3.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม

จากรูปที่ 3.13 และ 3.14 แสดงการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่มที่แสดงการเคลื่อนที่ของล้อด้วยลูกศรและกำกับด้วยตัวเลขลำดับของล้อทั้ง 4 ล้อ และในส่วนของลูกศรใหญ่ที่อยู่ตรงกลางของรูปภาพจะแสดงการเคลื่อนที่ของแมคคานั่มใน 8 ทิศทางและการเคลื่อนที่แบบหมุนตามลำดับ ในส่วนของความเร็วนั้นสามารถกำหนดได้จากสัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้นบนโปรแกรม



รูปที่ 3.5 ทิศทางการเคลื่อนที่ 8 ทิศทาง



รูปที่ 3.6 ทิศทางการเคลื่อนที่แบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทำงานของรีโมทคอนโทรลกับการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม

รูปที่ 3.7 ตำแหน่งของรีโมทคอนโทรล

ในการทำงานของรีโมทคอนโทรลจะมีโหมดการทำงาน คือ Mode Manual โดยจะทำการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อแมคคานั่ม

ตำแหน่งที่ 1 ให้การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า/ถอยหลัง

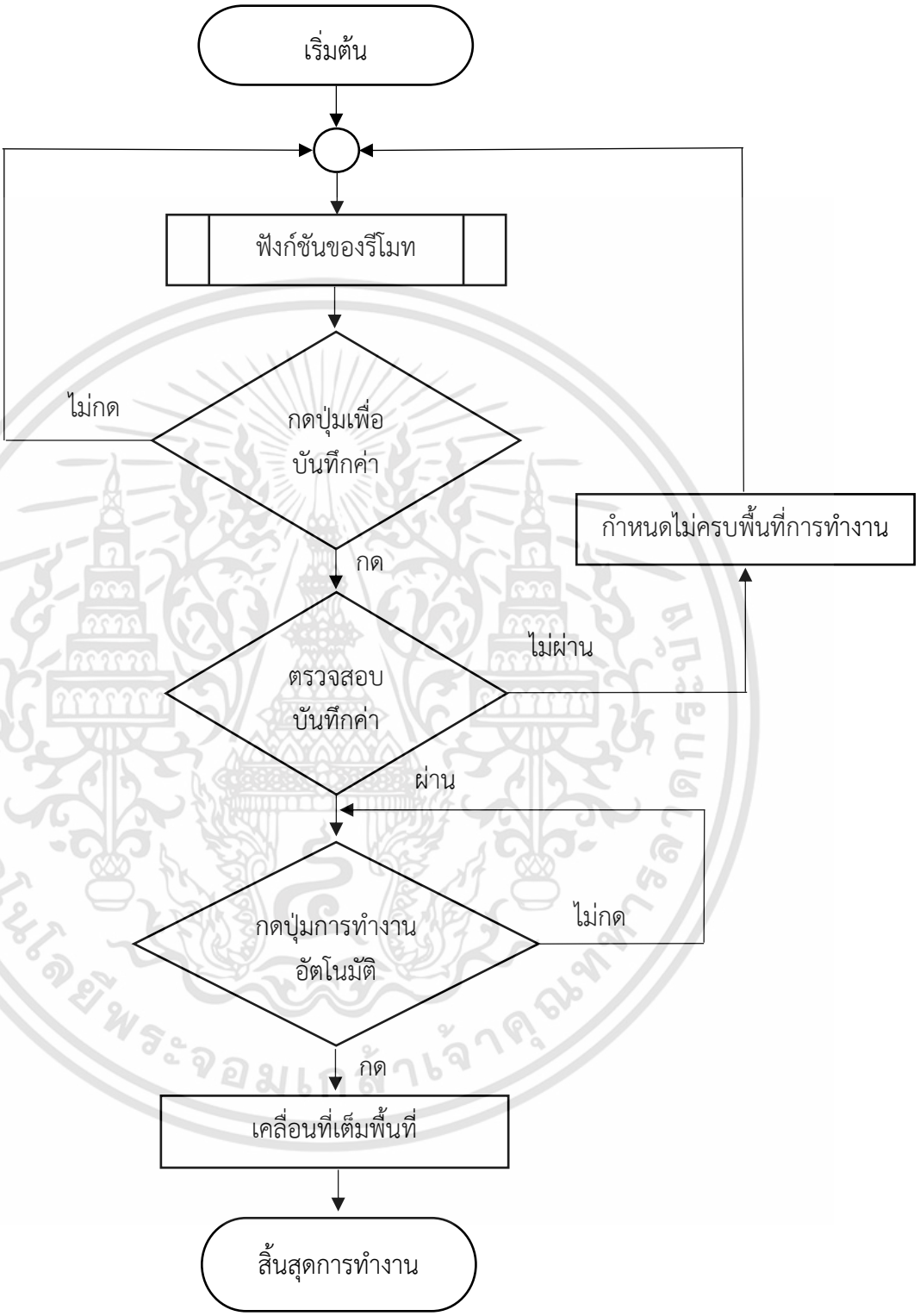
ตำแหน่งที่ 2 ให้การเคลื่อนที่สไลด์ไปด้านซ้าย

ตำแหน่งที่ 3 ให้การเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย/ด้านขวา

ตำแหน่งที่ 4 ให้การเคลื่อนที่สไลด์ไปด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

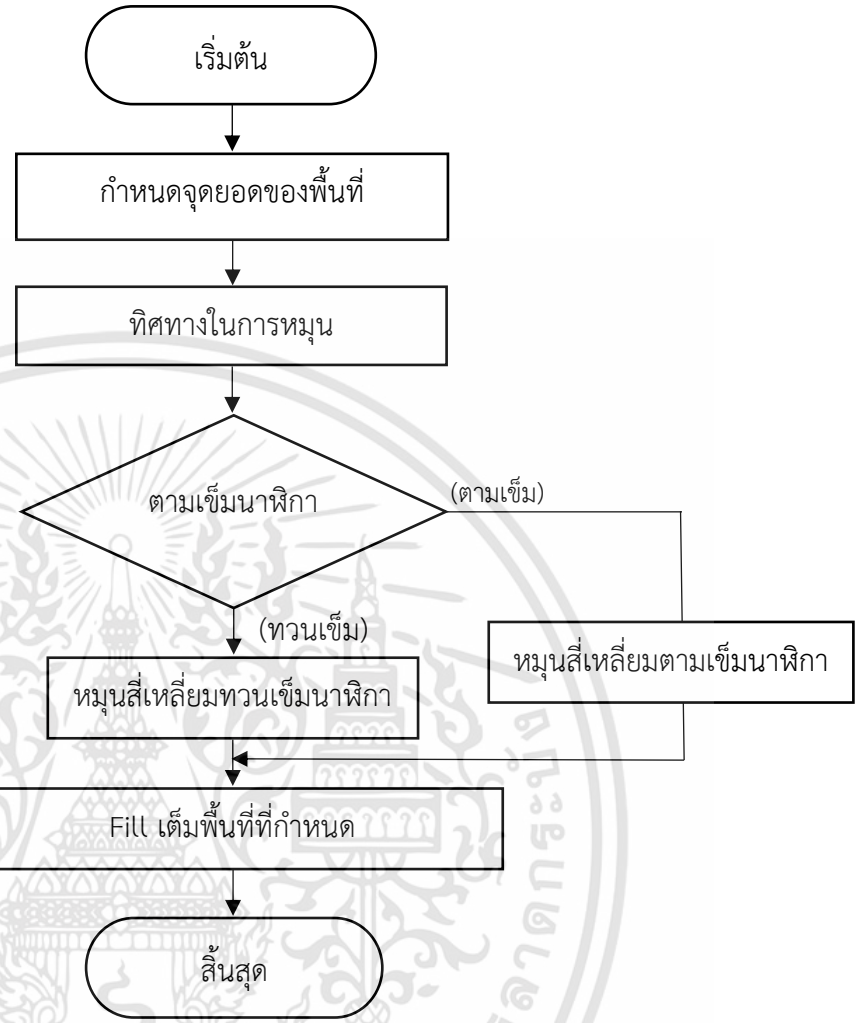
3.5 Flowchart แสดงหลักการทำงาน



รูปที่ 3.8 หลักการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Flowchart แสดงการกำหนดจุดการเคลื่อนที่

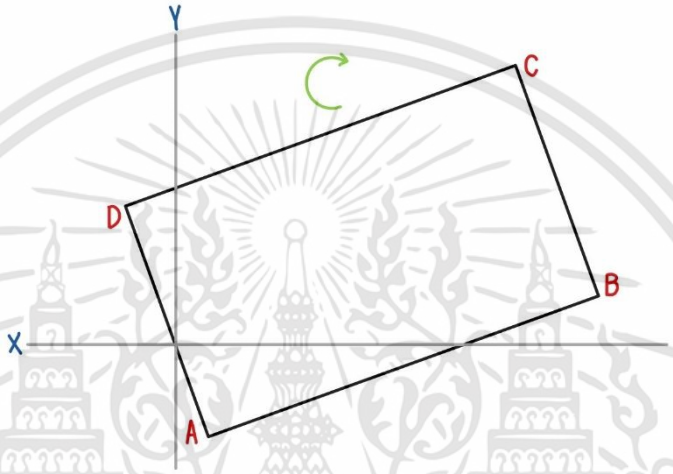


รูปที่ 3.9 สูตรทางคณิตศาสตร์

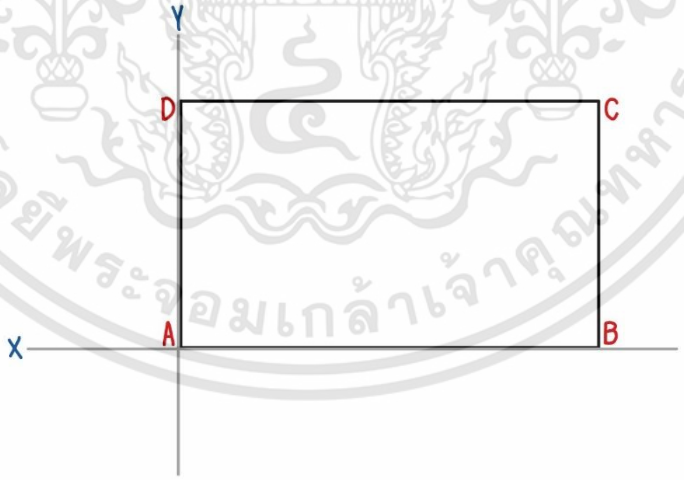
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วิธีการทำงาน

กำหนดจุดยอดของพื้นที่สี่เหลี่ยม A, B, C, D ดังแสดงในรูปที่ 3.10,3.14 จากนั้นทำการหมุนสี่เหลี่ยมผืนผ้า A, B, C, D ตามเข็มนาฬิกาถ้าสมการเป็นจริง จะส่งผลให้เส้นตรง AB ขนานกับแกน X ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ถ้าหากทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกาไม่เป็นจริงจะส่งไปยังทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้สมการเป็นจริงเส้นตรงขนานเข้ากับแกน X ดังแสดงในรูปที่ 3.15 เส้นสีฟ้าที่แสดงดังรูปที่ 3.12,3.16 แสดงการเคลื่อนที่ของเส้นทางที่รถวิ่ง และดังรูปที่ 3.13,3.17 คือการจำลองเส้นทางการวิ่งของตัวรถแบบเต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด

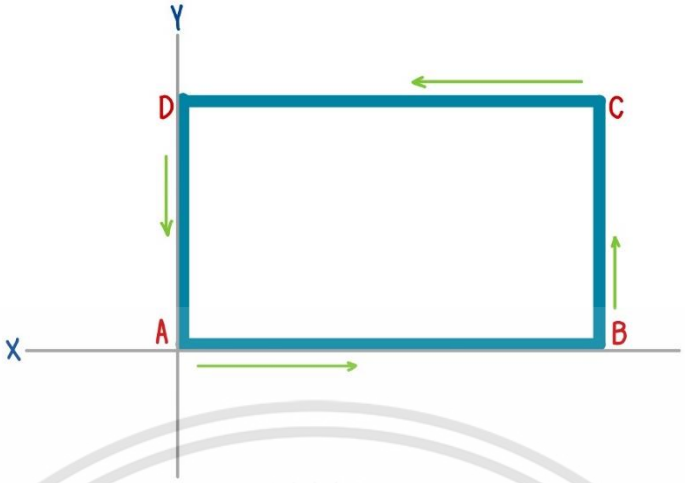


รูปที่ 3.10 กำหนดจุดยอดพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

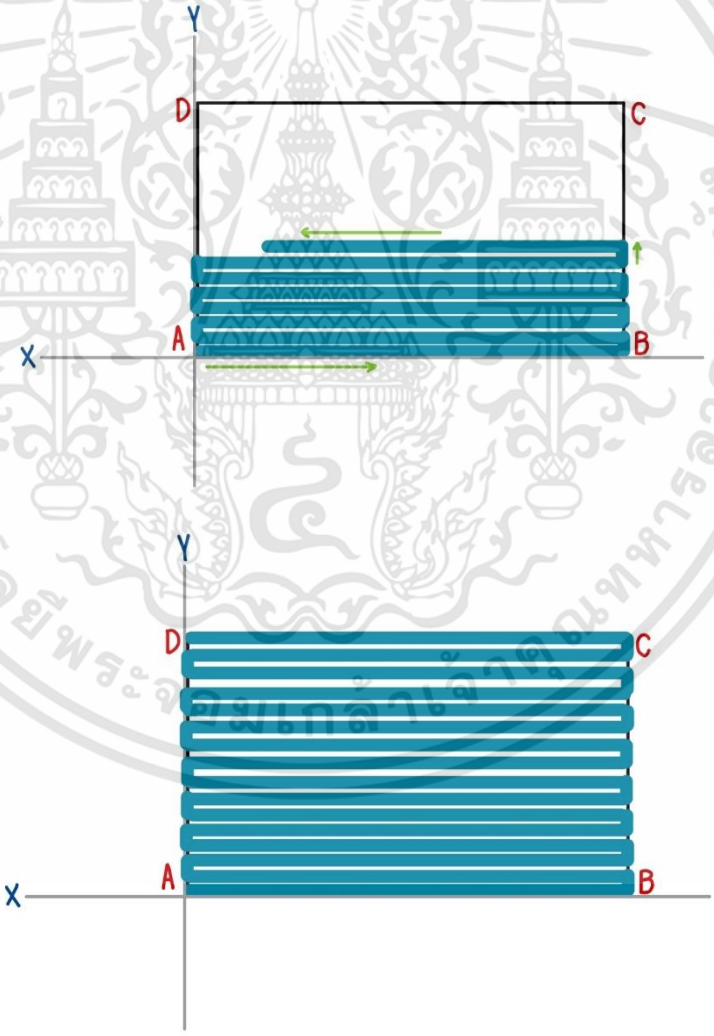


รูปที่ 3.11 หมุนสี่เหลี่ยม A, B, C, D ตามเข็มนาฬิกาให้ขนานกับแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

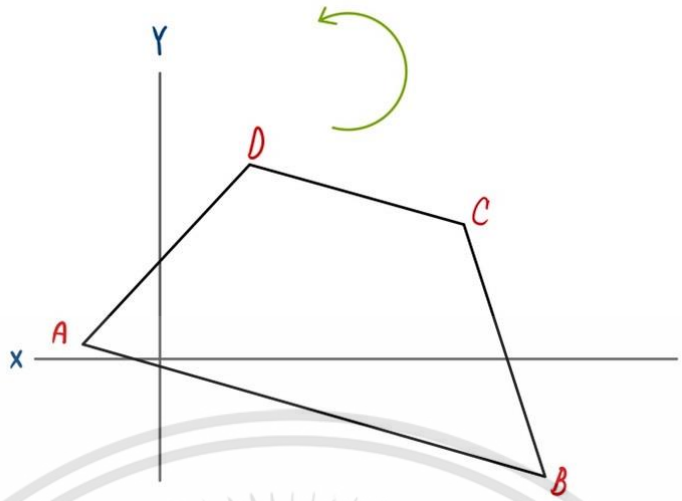


รูปที่ 3.12 เส้นสีฟ้าแสดงการวิ่งของรถในพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

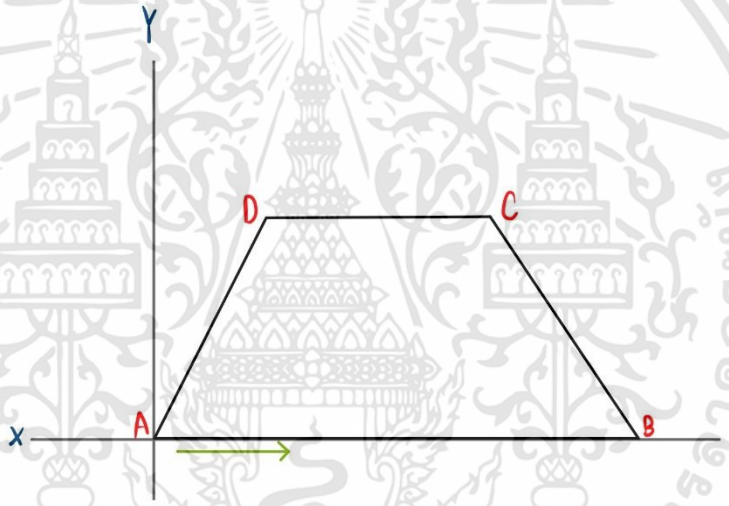


รูปที่ 3.13 จำลองการวิ่งแบบเต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า

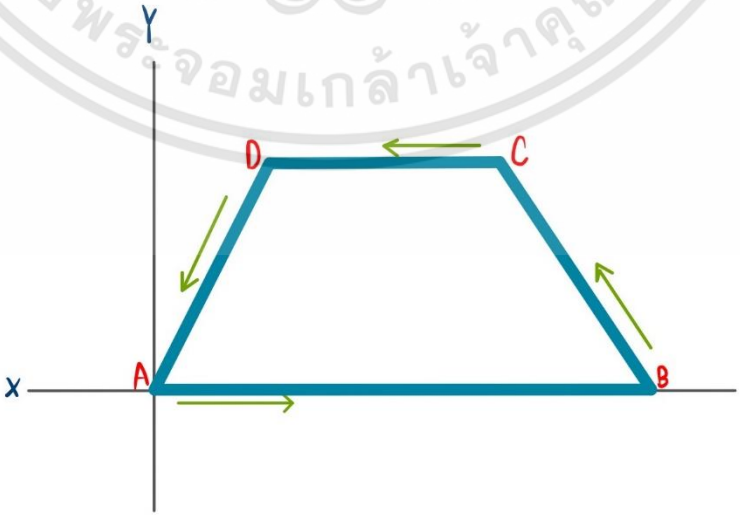
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 กำหนดจุดยอดของพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู

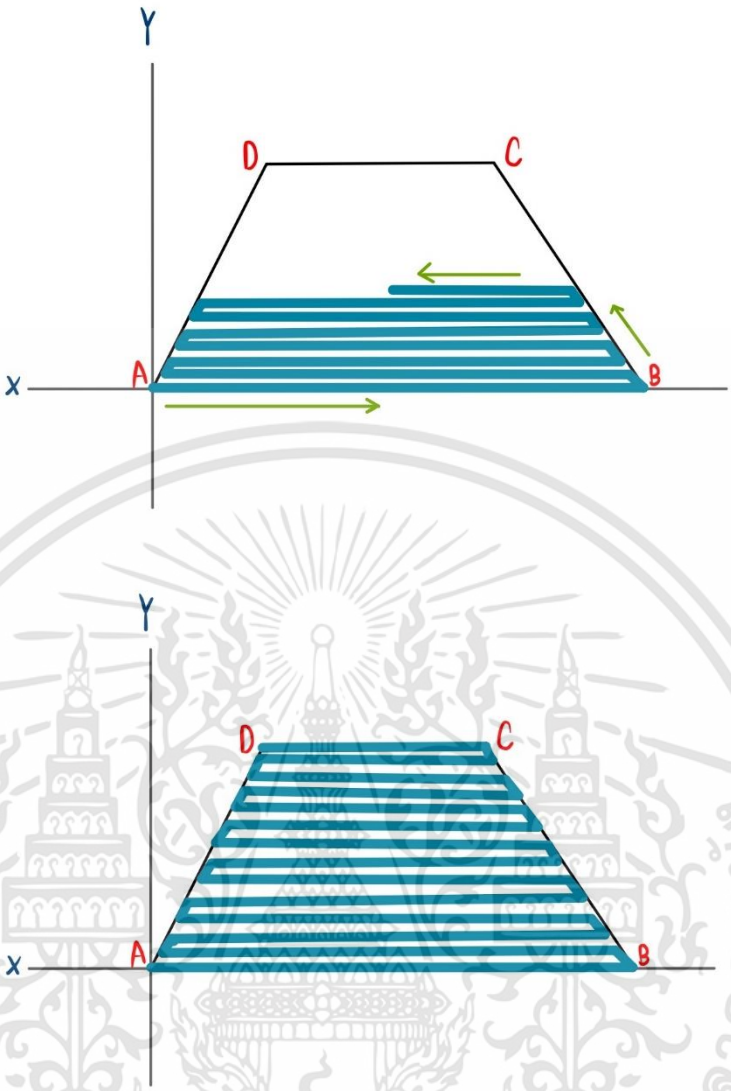


รูปที่ 3.15 หมุนสี่เหลี่ยมคางหมู A, B, C, D ทวนเข็มนาฬิกาให้ขนานกับแกน X



รูปที่ 3.16 เส้นสีฟ้าแสดงการวิ่งของรถในพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



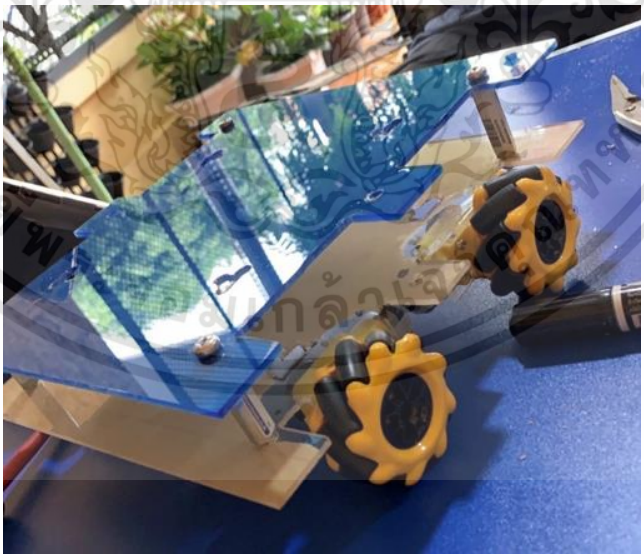
รูปที่ 3.17 จำลองการวิ่งแบบเต็มพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

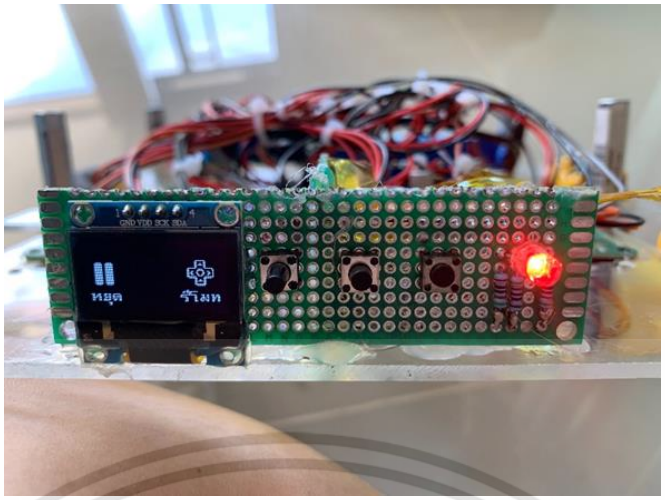
ขั้นตอนการดำเนินงานในการสร้างรถต้นแบบนั้นเริ่มจากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องและโปรแกรมในการทำงานรวมทั้งศึกษาสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ วางแผนทำการออกแบบจัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างตัวรถ ดังแสดงในรูปที่ 3.18 และประกอบตามขนาดที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมว่าสามารถใช้งานได้ตามปกติหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.20 ทำการเจาะรูเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตัวรถ ดังแสดงในรูปที่ 3.21– 3.22 แล้วเริ่มทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ตัวรถสามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.23 จากนั้นทำการลงโปรแกรมและทดสอบการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.18 ออกแบบสร้างโครงรถ



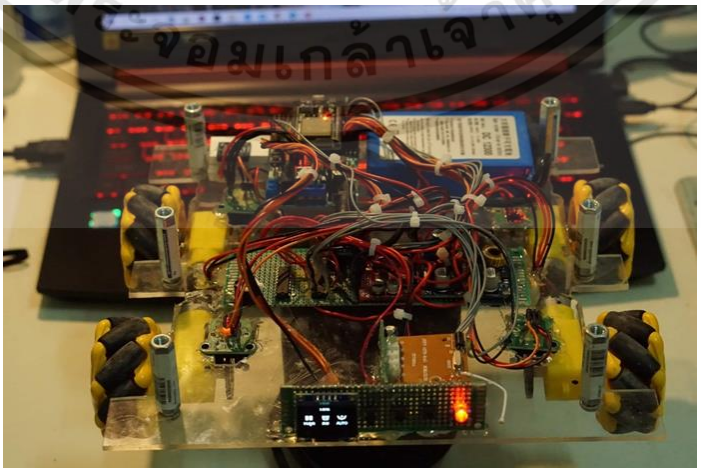
รูปที่ 3.19 ทำการประกอบตัวรถตามขนาดที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



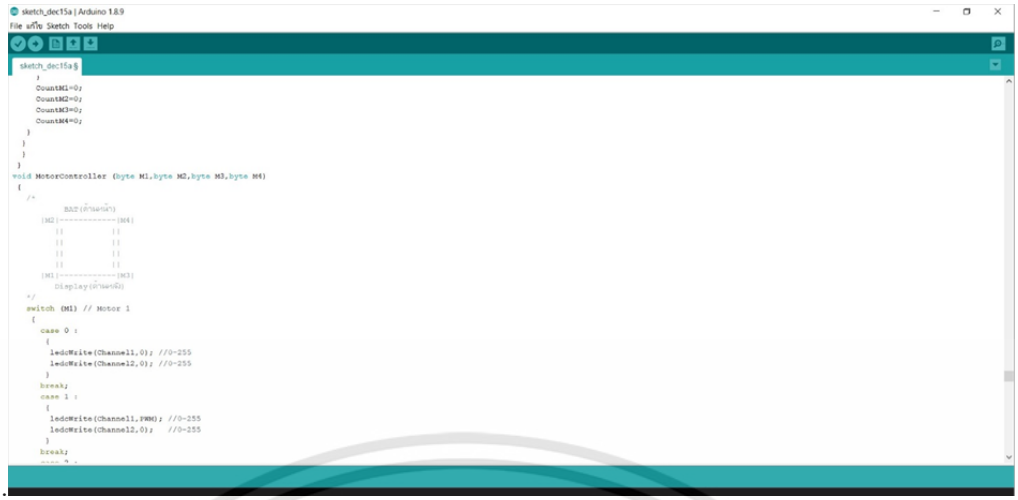
รูปที่ 3.20 ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์

รูปที่ 3.21 ทำการเจาะรูเพื่อติดตั้งอุปกรณ์

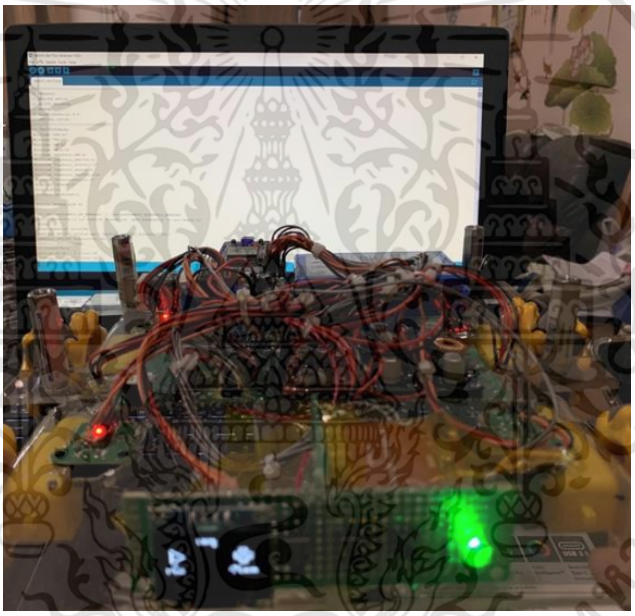


รูปที่ 3.22 ทำการติดตั้ง

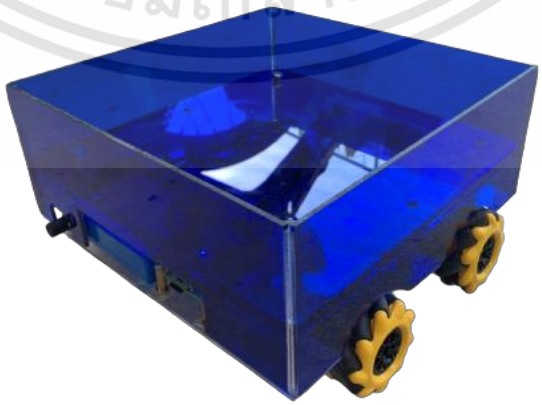
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 ทำการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.24 ลงโปรแกรม



รูปที่ 3.25 ต้นแบบรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานครั้งนี้ เพื่อสร้างรถต้นแบบใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ เพื่อศึกษาการใช้พลังงานจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการเกษตร เพื่อศึกษาการทำงานและพัฒนาการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อหาประสิทธิภาพของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ เพื่อช่วยลดต้นทุนแรงงานและลดระยะเวลาในการทำงาน เพื่อลดมลพิษและปัญหาภาวะเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ซึ่งผลการทดลองประกอบไปด้วย การทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า การทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการจะทดสอบประสิทธิภาพของตัวรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะด้วยการใช้รีโมทควบคุมบังคับตัวรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะให้จดจำพื้นที่ตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อที่จะให้ตัวรถสามารถทำงานอัตโนมัติในพื้นที่ที่กำหนดขึ้น

รูปที่ 4.1 กำหนดขอบเขตของพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมทั้ง 3 รูปแบบ

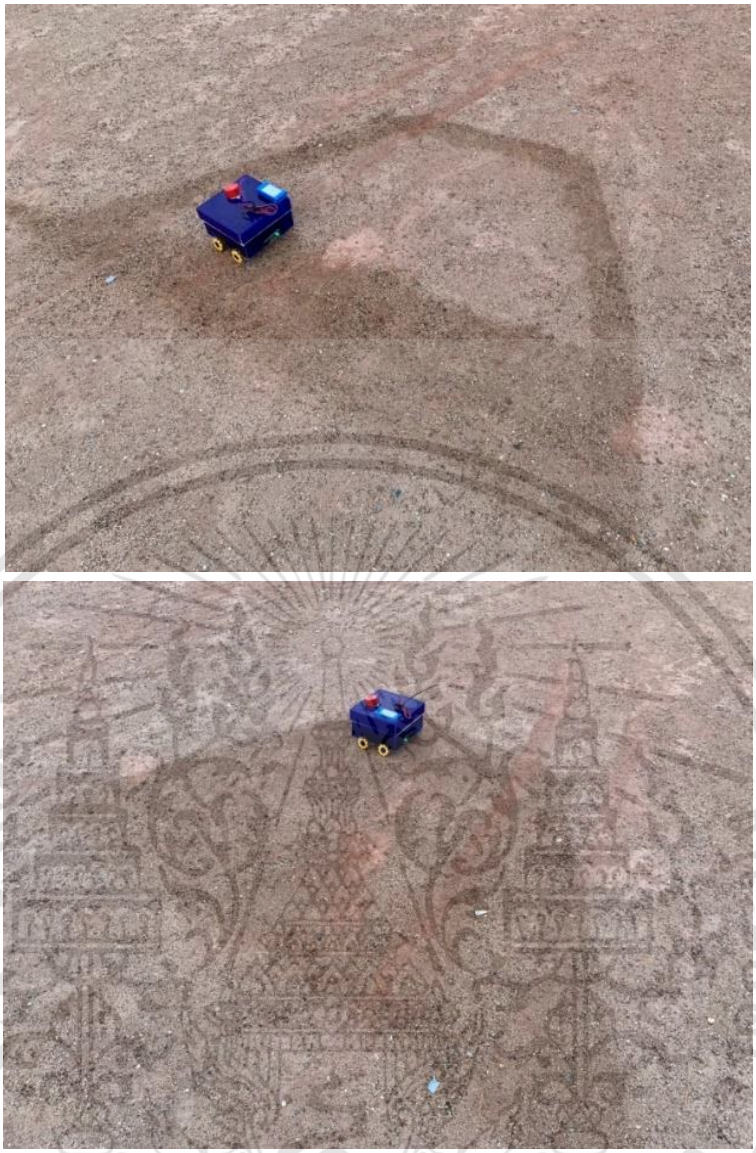
จำนวนครั้งที่ทดลอง	รูปแบบของพื้นที่		
	สี่เหลี่ยมจตุรัส	สีเหลี่ยมผืนผ้า	สี่เหลี่ยมคางหมู
	ครบ/ไม่ครบ	ครบ/ไม่ครบ	ครบ/ไม่ครบ
1	ครบ	ครบ	ครบ
2	ครบ	ครบ	ครบ
3	ครบ	ครบ	ครบ

รูปที่ ก.1 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ผลการทดลองพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู จำนวน 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 นั้นพบว่ารถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะสามารถเคลื่อนที่ครบตามรูปแบบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู จำนวน 3 ครั้ง ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่ารถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะสามารถเคลื่อนที่ได้ครบตามพื้นที่รูปแบบที่ทำการทดลอง เนื่องจากล้อแมคคานั่มสามารถเคลื่อนที่ในทิศทางที่อิสระจึงทำให้การเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ในรูปทรงแบบไหน ก็ทำให้ตัวรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะสามารถเคลื่อนที่ได้ตามพื้นที่ที่ต้องการได้ โดยวิธีการควบคุมที่ใช้ให้ตัวรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะได้จดจำพื้นที่ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้รีโมทควบคุมในการบังคับรถเพราะสะดวกและง่ายต่อการใช้งานในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการจะทำการทดลอง

สำหรับระยะทางที่ทำการทดลองนั้นเป็นการทดลองในระยะทางที่สั้นเพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของตัวรถว่าสามารถเคลื่อนที่ได้ครบตามรูปแบบพื้นที่ที่กำหนดขึ้นได้ เนื่องจากรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะที่สร้างขึ้นเป็นรถต้นแบบที่ยังไม่สามารถวิ่งได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่และถังน้ำที่บรรจุบนตัวรถเป็นถังขนาดที่เล็กจึงทำให้น้ำไม่เพียงพอให้พ่นน้ำออกมาได้ครบตามระยะทางกว้างเพราะรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนี้เป็นรถต้นแบบจึงทำให้มองเห็นภาพรวมของการทำงานได้อย่างมีข้อจำกัดแต่ตัวรถสามาถวิ่งได้ครบตามรูปแบบพื้นที่ที่กำหนดไว้ รถต้นแบบใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนี้สามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาเป็นตัวรถจริงเพื่อนำมาใช้งานในอนาคตได้

5.2 อภิปรายผล

จากผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะ โดยอ้างอิงจากตารางที่ 4.1 - 4.3 พบว่ารถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนั้นสามารถเคลื่อนได้ครบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้

5.3 ปัญหาที่พบขณะทำการทดลอง

1. การเคลื่อนที่ของตัวรถค่อนข้างเอียงเนื่องจากตัวคำสั่งจากตัวโปรแกรมที่ส่งไปยังตัวมอเตอร์ที่ควบคุมล้อแมคคานั่มไม่สมดุลกันจึงทำการเคลื่อนที่ของตัวรถเอียง
2. การรองรับน้ำหนักของน้ำที่บรรจุอยู่บนตัวรถ ทำให้ตัวล้อของรถเคลื่อนที่ไม่ค่อยได้เพราะมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น
3. ไฟของตัวรถไม่เพียงพอที่จะส่งมาปั๊มให้ทำงานได้ จึงทำให้ตัวรถไม่สามารถพ่นน้ำออกมาได้ในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่

5.4 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. ทำการแก้ไขฟังก์ชั่นในโปรแกรมใหม่ เพื่อให้คำสั่งในการควบคุมล้อแมคคานั่มมีความสมดุลกันมากขึ้น
2. ลดปริมาณน้ำและทดลองในขอบเขตที่ตัวรถสามารถรองรับน้ำหนักของน้ำไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเพิ่มแบตเตอรี่แล้วต่อให้กับปั๊มโดยตรงเพื่อที่จะให้ปั๊มสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้

5.5 ข้อจำกัดในการใช้งาน

1. ตัวรถมีขนาดที่เล็กเนื่องจากเป็นรถต้นแบบ จึงทำให้ไม่สามารถใช้ในพื้นที่ขนาดกว้างได้
2. ปริมาณน้ำในการใช้งานต่อพื้นที่เพราะถังที่บรรจุบนตัวรถมีขนาดเล็ก
3. สภาพพื้นผิวที่ใช้ในการทดลองเพราะตัวรถเป็นล้อแมคคานั่มขนาดเล็ก ไม่สะดวกต่อการใช้งานในพื้นที่ที่ขรุขระมาก

5.6 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้ยังสามารถนำหลักการทำงานไปต่อยอดและยังมีสิ่งที่สามารถปรับปรุงได้อีกสำหรับการพัฒนาต่อในอนาคต รถใส่ปุ๋ยอัจฉริยะนี้สามารถออกแบบและพัฒนาเป็นตัวรถตามขนาดที่ต้องการเพื่อนำมาใช้ในหน้างานได้จริงโดยเลือกวัสดุอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานและทำงาน หรืออาจจะศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนภาษา C++ เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงความเร็วในการประมวลผล หรืออาจจะเปลี่ยนวิธีการควบคุมเพิ่มเติมที่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกและมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ทันพงษ์ ภู่รักษ์. 2561. **โครงสร้างโปรแกรมของ ARDUINO**. [Online]. Available http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_3.pdf

[2] บริษัท ไพรมัส จำกัด. 2562. **Encoder**. [Online]. Available https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=157

[3] SUPPORT THAIEASYELEC. 2017. **Arduino**. [Online]. Available https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/

[4] Thanop.com. 2020. **Lithium-Ion Battery**. [Online]. Available https://www.thanop.com/tag/lithium-ion-battery/

[5] e-Book. 2021. **สื่อเกษตรครบวงจร**. [Online]. Available http://agrimedia.agritech.doae.go.th/category/e-book/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ก.1 การเขียนโปรแกรมให้กับการ Control

```
//////////////////////////////////////
// MCP32017
// SSD1306 64*128
// GY-271 HMC5883L
// EEPROM
// BluetoothSerial 4.0
// SSD1306 128*64
//////////////////////////////////////
// เรียกใช้ไฟล์เพิ่มเติม
#include <SPI.h>
#include "FS.h"
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "Adafruit_MCP23017.h"
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_HMC5883_U.h>
#include "BluetoothSerial.h"
#include "EEPROM.h"
File myFile;
SPIClass spiSD(HSPI);

#define EEPROM_SIZE 64

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
#endif
BluetoothSerial SerialBT;
Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(12345);
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Adafruit_MCP23017 mcp;
// กำหนดขาใช้งาน
#define SD_CS    5 //Test OK
#define BuzerPin 7 //Test OK
#define M1A   12   //Test OK
#define M1B   13   //Test OK
#define M2A   14   //Test OK
#define M2B   27   //Test OK
#define M3A   26   //Test OK
#define M3B   25   //Test OK
#define M4A   33   //Test OK
#define M4B   32   //Test OK

#define PumpPin  2 //Test OK

#define P6   6
#define P8   8
#define P9   9
#define P13 13
#define P14 14
#define P15 15

byte CarMODE=0,AddressMODE=0;
String message ;
char incomingChar;

byte Menu1=0,Menu1Trick=0;
byte Menu2=0,Menu2Trick=0;
byte Menu3=0,Menu3Trick=0;
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
const int freq = 5000;
const int resolution = 8;
byte PWM = 200;
const int Channel1   = 0;
const int Channel2   = 1;
const int Channel3   = 2;
const int Channel4   = 3;
const int Channel5   = 4;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const int Channel6   = 5;
const int Channel7   = 6;
const int Channel8   = 7;
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
// ตัวแปรสำหรับการเก็บค่าการเดิน
byte DIR         =0;
int STEP         =0;
short DEGE       =0;
unsigned int RPM =0;
bool STOP        =0;

byte DIR_Sensor         =0;
int STEP_Sensor         =0;
short DEGE_Sensor       =0;
unsigned int RPM_Sensor =0;
bool STOP_Sensor        =0;

String DIR_ST;
String STEP_ST;
String DEGE_ST;
String RPM_ST;
String STOP_ST;
String Received;

int ST_NUM=0;
int CountM1,CountM2,CountM3,CountM4;
bool M1State,M2State,M3State,M4State;
bool M1prestate,M2prestate,M3prestate,M4prestate;
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
bool STEPTrick =0;
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
String dataMessage;
int headingDegrees = 0;
byte Degrees_Control=0;
//////////////////////////////////////////////////////////////////////
 String StepST="";
 String DirST="";
 String DegST="";
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 String RpmST="";
 String StopST="";
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
 int Sum = 0;
 bool readTrick =0;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/*ตัวแปรสำหรับนับค่าเวลาของระบบ*/
short int TimeValP=0;
unsigned long ShowTimeP  ;
unsigned long PreviousTimeP = 0;
int StartP=0;

short int TimeValB=0;
unsigned long ShowTimeB  ;
unsigned long PreviousTimeB = 0;
int StartB=0;

bool BuzzerTR=0;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
bool X6,X8,X9,X13,X14,X15;
byte RemoteVal=10,RemoteVal2=0;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//#######################################################################
#####//
byte SetPWM_M1 = 255;
byte SetPWM_M2 = 255;
byte SetPWM_M3 = 255;
byte SetPWM_M4 = 255;
//#######################################################################
#####//
const unsigned char Menu1A[] = // 37*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x3e,0x0f,0x80,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,
0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,
0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,
0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,
0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,
0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x7f,
0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x3e,0x0f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x0e,0x38,0xec,0x7e,0x00,0x06,0x30,0xcc,0xc3,0x00,0x06,0xf8,0xcc,0xdb,0x00,0x06,
0x98,0x6c,0xcb,0x00,0x07,0x18,0xcc,0xd3,0x00,0x06,0x18,0xcc,0x73,0x00,0x06,0x19,
0xf8,0x63,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x06,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char Menu1B[] = // 37*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,
0x38,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x3b,
0xe0,0x00,0x00,0x00,0x39,0xf0,0x00,0x00,0x00,0x38,0x7c,0x00,0x00,0x00,0x38,0x3f,
0x00,0x00,0x00,0x38,0x0f,0x80,0x00,0x00,0x38,0x03,0xe0,0x00,0x00,0x38,0x00,0xf0,
0x00,0x00,0x38,0x00,0xf0,0x00,0x00,0x38,0x03,0xe0,0x00,0x00,0x38,0x0f,0xc0,0x00,
0x00,0x38,0x1f,0x00,0x00,0x00,0x38,0x7c,0x00,0x00,0x00,0x39,0xf0,0x00,0x00,0x00,
0x3b,0xe0,0x00,0x00,0x00,0x3f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x3e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3c,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,
0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x0f,0x00,0x00,0x00,0x00,0x19,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x0c,0x3f,0x9c,0xc0,0x00,0x0c,0x60,0x0c,0xc0,0x00,0x0c,0x7e,0x0c,0xc0,0x00,0x0c,
0x03,0x1e,0xc0,0x00,0x0c,0x03,0x35,0xc0,0x00,0x0c,0x03,0x35,0xc0,0x00,0x06,0x07,
0x18,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const unsigned char Menu2A[] = // 43*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xcc,0xe6,
0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x61,
0xec,0x6f,0x00,0x00,0x00,0x63,0x5c,0x6e,0x80,0x00,0x00,0x73,0x5c,0x76,0x80,0x00,
0x00,0x31,0x8c,0x63,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,
0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0x80,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char Menu2X[] = // 43*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xcc,0xe6,
0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x61,
0xec,0x6f,0x00,0x00,0x00,0x63,0x5c,0x6e,0x80,0x00,0x00,0x73,0x5c,0x76,0x80,0x00,
0x00,0x31,0x8c,0x63,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,
0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0x80,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0f,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0x80,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x1f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0x80,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x1f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x01,0xff,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0xff,0xf0,
0x00,0x00,0x00,0x1e,0x7f,0xe7,0x80,0x00,0x00,0x3e,0x3f,0xc7,0xc0,0x00,0x00,0x70,
0x1f,0x80,0xe0,0x00,0x00,0x60,0x0f,0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x06,0x00,0x60,0x00,
0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,
0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0x70,0x00,0x00,0xe0,0x00,0x00,0x3f,
0xff,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x1f,0xff,0xff,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x00,0x00,0x00,0xec,
0x00,0x3e,0x00,0x00,0x00,0x78,0x00,0x66,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x1c,0xce,0x63,0x9c,0x7e,0x00,0x0c,0xc6,0x61,0xbc,0xc3,0x00,0x0c,0xc6,0x61,0xac,
0xf3,0x00,0x0c,0xc6,0xf1,0xcc,0x63,0x00,0x0c,0xc6,0xe9,0xcc,0x63,0x00,0x0c,0xc7,
0x69,0x8c,0x63,0x00,0x1f,0x86,0x31,0x8c,0x63,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char Menu2Y[] = // 43*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xcc,0xe6,
0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x60,0xcc,0x66,0x00,0x00,0x00,0x61,
0xec,0x6f,0x00,0x00,0x00,0x63,0x5c,0x6e,0x80,0x00,0x00,0x73,0x5c,0x76,0x80,0x00,
0x00,0x31,0x8c,0x63,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,
0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0e,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0x80,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x0f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x60,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x60,0x00,0x00,0x00,0x1f,0xff,0xff,0x80,0x00,0x00,0x0f,
0xff,0xff,0x80,0x00,0x00,0x02,0x00,0x06,0x00,0x00,0x00,0x03,0x00,0x06,0x00,0x00,
0x00,0x03,0x02,0x46,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x66,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x66,
0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x66,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x66,0x00,0x00,0x00,0x03,
0x32,0x66,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x66,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x64,0x00,0x00,
0x00,0x03,0x32,0x64,0x00,0x00,0x00,0x03,0x32,0x64,0x00,0x00,0x00,0x01,0x32,0x64,
0x00,0x00,0x00,0x01,0x00,0x04,0x00,0x00,0x00,0x01,0x00,0x0c,0x00,0x00,0x00,0x01,
0x80,0x0c,0x00,0x00,0x00,0x00,0xff,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x7f,0xf0,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x03,0xf1,0xcc,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0xcc,0x00,0x00,0x00,0x01,0xc8,0xcc,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x00,0x00,0x00,0x03,0x68,0xcc,0x00,0x00,0x00,0x03,0x38,0xcc,0x00,0x00,0x00,0x03,
0x18,0xcc,0x00,0x00,0x00,0x03,0x99,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00

};
const unsigned char Menu3A[] = //46*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x0f,0xf0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0x18,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x19,0x98,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1b,0xd8,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x07,0xf0,0x0f,0xe0,0x00,
0x00,0x0c,0x03,0xc0,0x30,0x00,0x00,0x0c,0x07,0xe0,0x10,0x00,0x00,0x0c,0xc4,0x23,
0x10,0x00,0x00,0x0d,0x8c,0x31,0x90,0x00,0x00,0x0d,0x84,0x31,0x90,0x00,0x00,0x0c,
0xc6,0x63,0x10,0x00,0x00,0x0c,0x03,0xc0,0x10,0x00,0x00,0x0f,0xf0,0x0f,0xf0,0x00,
0x00,0x03,0xf8,0x1f,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x19,0x98,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x1b,0xd8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0xf0,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0xfb,
0xf8,0x00,0x00,0x00,0x01,0x9e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x06,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x03,0xff,0xe0,0xe6,0x73,0x00,0x06,0x00,0x30,0x66,0x37,0x80,0x07,0xe0,0x30,0x66,
0x35,0x80,0x00,0x30,0x30,0xf2,0x39,0x80,0x00,0x30,0x31,0xaa,0x39,0x80,0x00,0x30,
0x31,0xae,0x31,0x80,0x00,0x70,0x38,0xc6,0x31,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char Menu3B[] =  //46*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3c,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x7e,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x07,0x66,0xe0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0f,0xe7,0xf0,0x00,0x00,0x00,0x1d,
0xc3,0xb8,0x00,0x00,0x00,0x18,0x00,0x18,0x00,0x00,0x00,0x0c,0x00,0x38,0x00,0x00,
0x00,0x0c,0x00,0x30,0x00,0x00,0x00,0x3c,0x30,0x3c,0x00,0x00,0x00,0x78,0x3c,0x1e,
0x00,0x00,0x00,0x60,0x3e,0x06,0x00,0x00,0x00,0x60,0x3e,0x06,0x00,0x00,0x00,0x78,
0x38,0x1e,0x00,0x00,0x00,0x3c,0x30,0x3c,0x00,0x00,0x00,0x0c,0x00,0x30,0x00,0x00,
0x00,0x1c,0x00,0x38,0x00,0x00,0x00,0x18,0x00,0x18,0x00,0x00,0x00,0x1d,0xc3,0xb8,
0x00,0x00,0x00,0x0f,0xe7,0xf0,0x00,0x00,0x00,0x07,0x66,0x60,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x7e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3c,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x62,0x17,0xc7,0x00,0x00,
0x00,0x62,0x11,0x08,0x80,0x00,0x00,0x92,0x11,0x10,0x40,0x00,0x00,0x92,0x11,0x10,
0x40,0x00,0x00,0x92,0x11,0x10,0x40,0x00,0x01,0xfa,0x11,0x10,0x40,0x00,0x01,0x0a,
0x11,0x08,0x80,0x00,0x01,0x09,0xe1,0x07,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char Menu3C[] =  //46*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0xf8,0x7f,0x80,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,
0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,
0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,
0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x07,0xf8,0x7f,
0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,
0xf8,0x1f,0x00,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0x7f,0x80,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0x7f,0xc0,0x00,
0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0xff,0xc0,0x00,0x00,0x0f,0xfc,0x7f,0x80,0x00,0x00,0x0f,
0xfc,0x3f,0x80,0x00,0x00,0x07,0xf8,0x1e,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0xd8,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0xf0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x3f,0x3b,0xb3,0x0f,0xc7,0x38,0x61,0x9b,0x93,0x18,0x63,0x78,0x01,0x9a,0xd3,0x1b,
0x63,0x58,0x39,0x9a,0xd3,0x1b,0x63,0x98,0x31,0x9c,0x73,0x1a,0x63,0x98,0x31,0x9c,
0x73,0x0e,0x63,0x18,0x7f,0x18,0x33,0x8c,0x63,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00

};
const unsigned char SavePOPUP[] =  //128*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xfc,0x3f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xc0,0x01,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xc0,0x03,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x60,0x06,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf0,0x70,0x0e,0x0f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe3,0xf8,0x1f,0xc7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xfc,0x3f,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xfe,0x7f,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xe3,0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf0,0x00,0x00,0x07,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x00,0x00,0x0f,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xdd,0xff,0xee,0xff,0xff,0xdf,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xef,0xff,0xab,0xff,0xd5,0xff,0xfc,0x2f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xd7,0xff,0xc7,0xff,0xe3,0xff,0xf8,0x1f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xef,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xfc,0x1e,0x1c,0x1f,0xee,0xf9,0xbe,0x6f,0x3c,0x1f,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf9,0xcd,0xcb,0xcf,0xd5,0x79,0x5e,0x56,0x99,0xcf,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf3,0xe7,0xcc,0x67,0xe6,0x79,0x9e,0x66,0x93,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf1,0xe7,0xc9,0xa4,0xe6,0x79,0x9e,0x65,0x91,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xfb,0xe7,0xc9,0xa6,0x66,0x79,0x9e,0x65,0x9b,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf3,0xe7,0xc9,0xc7,0x26,0x79,0x9c,0x63,0x93,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf3,0xe7,0xca,0xc7,0x26,0x79,0x92,0xa3,0x93,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xf3,0xe7,0xcd,0xe7,0x8e,0x01,0x8f,0x67,0x93,0xe7,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
const unsigned char deletePOPUP[] =  //128*64
{
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x3f,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0xff,0xe0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0xff,0xe0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0xc0,0x70,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,0x70,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x23,0xff,0xf8,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0xff,0xff,0xff,0xf8,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0xe0,0x00,0x00,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x60,0x00,0x00,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x60,0x84,0x21,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x61,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x71,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x31,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x31,0xce,0x71,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x31,0x8c,0x63,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x00,0x03,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x00,0x03,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x30,0x00,0x03,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x38,0x00,0x03,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x1f,0xff,0xff,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0f,0xff,0xfe,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x07,0xff,0xfc,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x01,0x80,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0f,0x80,0x07,0x60,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0d,0xc0,0x00,0x0e,0x00,0x03,0xc0,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0d,0x60,0x06,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x0d,0x60,0x06,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x1f,0x8e,0x6d,0x67,0x76,0x7e,0x33,0x1f,0x8f,0x80,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0xc6,0x66,0x63,0x72,0x03,0x33,0x00,0xd8,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x0e,0x46,0x60,0x63,0x5a,0x39,0x33,0x0e,0x40,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x1b,0x46,0x60,0x63,0x5a,0x6d,0x33,0x1b,0x40,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x19,0xc6,0x60,0x63,0x8e,0x67,0x33,0x19,0xc0,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x18,0xc6,0x60,0x63,0x8e,0x63,0x33,0x18,0xc0,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x1c,0xcf,0xc0,0x73,0x06,0x73,0x3b,0x9c,0xc1,0xc0,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
};
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void readFile(fs::FS &fs, const char * path){ // ฟังก์ชันอ่านไฟล์
  Received = "";
  char ch;
  Serial.printf("Reading file: %s\n", path);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  File file = fs.open(path);
  if(!file){
    Serial.println("Failed to open file for reading");
    return;
  }
  Serial.print("Read from file: ");
  while(file.available()){
    ch = file.read();
    Received += ch;
  }
  file.close();
}
void writeFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message){ // ฟังก์ชันสร้างไฟล์
ใหม่
  Serial.printf("Writing file: %s\n", path);

  File file = fs.open(path, FILE_WRITE);
  if(!file){
    Serial.println("Failed to open file for writing");
    return;
  }
  if(file.print(message)){
    Serial.println("File written");
  } else {
    Serial.println("Write failed");
  }
  file.close();
}
void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message){ // ฟังก์ชันเขียน
ข้อมูลลงไฟล์เดิม
  Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);

  File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
  if(!file){
    Serial.println("Failed to open file for appending");
    return;
  }
  if(file.print(message)){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Serial.println("Message appended");
  } else {
    Serial.println("Append failed");
  }
  file.close();
}
void deleteFile(fs::FS &fs, const char * path){ //ฟังก์ชันลบไฟล์
  Serial.printf("Deleting file: %s\n", path);
  if(fs.remove(path)){
    Serial.println("File deleted");
  } else {
    Serial.println("Delete failed");
  }
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void setup()
{
 for (byte x=0;x<7;x++)
 {
  ledcSetup(x, freq, resolution); // ตั้งค่า LED PWM ช่อง 0 ความถี่ 5000mhz ความละเอียด
8bit หรือค่า 0-255
 }
 ledcAttachPin(M1A,Channel1);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M1B,Channel2);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M2A,Channel3);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M2B,Channel4);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M3A,Channel5);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M3B,Channel6);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M4A,Channel7);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม
 ledcAttachPin(M4B,Channel8);// กำหนดขา led ที่ต้องการควบคุม

 ledcWrite(Channel1,0); //0-255
 ledcWrite(Channel2,0); //0-255
 ledcWrite(Channel3,0); //0-255
 ledcWrite(Channel4,0); //0-255
 ledcWrite(Channel5,0); //0-255
 ledcWrite(Channel6,0); //0-255
 ledcWrite(Channel7,0); //0-255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ledcWrite(Channel8,0); //0-255
 pinMode(36, INPUT);
 pinMode(39, INPUT);
 pinMode(34, INPUT);
 pinMode(35, INPUT);
 pinMode(PumpPin, OUTPUT);
 digitalWrite(PumpPin,0);
 mcp.begin();  // use default address 0
 display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
 display.clearDisplay();
 display.display();

 mcp.pinMode(0, OUTPUT);
 mcp.pinMode(1, OUTPUT);
 mcp.pinMode(2, OUTPUT);
 mcp.pinMode(BuzerPin, OUTPUT);

 mcp.pinMode(3, INPUT);
 mcp.pinMode(11, INPUT);
 mcp.pinMode(12, INPUT);
 mcp.pullUp(3, HIGH);   // turn on a 100K pullup internally
 mcp.pullUp(11, HIGH);   // turn on a 100K pullup internally
 mcp.pullUp(12, HIGH);   // turn on a 100K pullup internally

 mcp.pinMode(P6, INPUT);
 mcp.pinMode(P8, INPUT);
 mcp.pinMode(P9, INPUT);
 mcp.pinMode(P13,INPUT);
 mcp.pinMode(P14,INPUT);
 mcp.pinMode(P15,INPUT);
 /*
 mcp.pullUp(P6, LOW);   // turn on a 100K pullup internally
 mcp.pullUp(P8, LOW);
 mcp.pullUp(P9, LOW);
 mcp.pullUp(P13, LOW);
 mcp.pullUp(P14, LOW);
 mcp.pullUp(P15, LOW);
 */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mcp.digitalWrite(0, 0);
mcp.digitalWrite(1, 0);
mcp.digitalWrite(2, 0);
mcp.digitalWrite(BuzerPin, 1);

Menu1Run(Menu1);
Menu3Run(Menu3);
Menu2Run(Menu2);

display.display();
delay(1000);
mcp.digitalWrite(BuzerPin, 0);
Serial.begin(115200);
/*
Serial.println("HMC5883 Magnetometer Test"); Serial.println("");
if(!mag.begin())
 {
  Serial.println("Ooops, no HMC5883 detected ... Check your wiring!");
  while(1);
 }
 */
 //SerialBT.begin("CAR-AUTO"); //Bluetooth device name
 SPI.end();
 spiSD.begin(18, 19, 23, SD_CS); //CLK,MISO,MOIS,SS
 if(!SD.begin(SD_CS, spiSD,80000000))
  {
   Serial.println(F("ERROR: SD card mount failed!"));
   return;    // init failed
  }
 Serial.println("initialization done.");
 // If the data.txt file doesn't exist
 // Create a file on the SD card and write the data labels
 File file = SD.open("/data.txt");
 if(!file) {
  Serial.println("File doesn't exist");
  Serial.println("Creating file...");
  writeFile(SD, "/data.txt","");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
   else {
    Serial.println("File already exists");
  }
  file.close();
}
void loop()
{
  M1State = digitalRead(36);
  M2State = digitalRead(35);
  M3State = digitalRead(39);
  M4State = digitalRead(34);

  X6  = mcp.digitalRead(P6);
  X8  = mcp.digitalRead(P8);
  X9  = mcp.digitalRead(P9);
  X13 = mcp.digitalRead(P13);
  X14 = mcp.digitalRead(P14);
  X15 = mcp.digitalRead(P15);
  Serial.print(" X6=");
  Serial.print(X6);
  Serial.print(" X8=");
  Serial.print(X8);
  Serial.print(" X9=");
  Serial.print(X9);
  Serial.print(" X13=");
  Serial.print(X13);
  Serial.print(" X14=");
  Serial.print(X14);
  Serial.print(" X15=");
  Serial.print(X15);
  Serial.println();
  Remote();

  if(M1State == HIGH && M1prestate == 0){
   CountM1++;
   Serial.println(CountM1);
   M1prestate = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}else if(M1State == LOW){
  M1prestate = 0;
}

if(M2State == HIGH && M2prestate == 0){
 CountM2++;
 //Serial.println(CountM2);
 M2prestate = 1;
}else if(M2State == LOW){
  M2prestate = 0;
}

if(M3State == HIGH && M3prestate == 0){
 CountM3++;
 //Serial.println(CountM3);
 M3prestate = 1;
}else if(M3State == LOW){
  M3prestate = 0;
}

if(M4State == HIGH && M4prestate == 0){
 CountM4++;
 //Serial.println(CountM4);
 M4prestate = 1;
}else if(M4State == LOW){
  M4prestate = 0;
}

Bluetooth_Controller(Menu3);
//////////////////////////////////////////
sensors_event_t event;
mag.getEvent(&event);
float heading = atan2(event.magnetic.y, event.magnetic.x);
float declinationAngle = 0.22;
heading += declinationAngle;
if(heading < 0)
heading += 2*PI;
if(heading > 2*PI)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  heading -= 2*PI;
  headingDegrees = heading * 180/M_PI; // คำนวณหาองศา
  //Serial.print("Heading (degrees): "); Serial.println(headingDegrees);
  //delay(20);
  ////////////////////////////////////////////////////
  Buzzer();
  Switch();
  NavigateAUTO(Menu3,Menu1);
  PupmControl(Menu1);
  ////////////////////////////////////////////////////
}
void Switch()
 {
  // Menu 1
  if(mcp.digitalRead(12)==1){Menu1Trick=1;}
  if(mcp.digitalRead(12)==0)
   {
    if(Menu1Trick==1){
    if(Menu1<2){//
      Menu1++;
      display.clearDisplay();
      Menu1Run(Menu1);
      Menu2Run(Menu2);
      Menu3Run(Menu3);
      display.display();
     }
    if(Menu1>=2){
      Menu1=0;
      display.clearDisplay();
      Menu1Run(Menu1);
      Menu2Run(Menu2);
      Menu3Run(Menu3);
      display.display();
     }
     Menu1Trick=0;
    }
   }
  ////////////////////////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Menu 2
if(mcp.digitalRead(3)==1){Menu2Trick=1;}
if(mcp.digitalRead(3)==0)
 {
   if(Menu2Trick==1){
    if(Menu3==2){ // บึนทึกไฟล์
    Menu2=3;
    display.clearDisplay();
    Menu2Run(Menu2);
    display.display();
    delay(1000);
    display.clearDisplay();
    Menu2=1;
    Menu1=0;
    Menu1Run(Menu1);
    Menu2Run(Menu2);
    Menu3Run(Menu3);
    display.display();
    STOP_Sensor=1;
    STEP_Sensor =0;
    DIR_Sensor =0;
    headingDegrees =0;
    CountM1 =0;
    SD_DATA_Write(STEP_Sensor,DIR_Sensor,headingDegrees,CountM1,STOP_Sensor);
    }
    if(Menu3==1){ //ลบไฟล์
    Menu2=4;
    display.clearDisplay();
    Menu2Run(Menu2);
    display.display();
    deleteFile(SD,"/data.txt");
    delay(1000);
    writeFile(SD, "/data.txt","");
    display.clearDisplay();
    Menu2=2;
    Menu1Run(Menu1);
    Menu2Run(Menu2);
    Menu3Run(Menu3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    display.display();
    STOP_Sensor=0;
    STEP_Sensor =0;
    DIR_Sensor =0;
    headingDegrees =0;
    CountM1 =0;
    }
    Menu2Trick=0;
   }
 }
//////////////////////////////////////////////////////
// Menu 3
if(mcp.digitalRead(11)==1){Menu3Trick=1;}
if(mcp.digitalRead(11)==0)
 {
   if(Menu3Trick==1){
   if(Menu3<3){
     Menu3++;
     display.clearDisplay();
     Menu1=0;
     Menu1Run(Menu1);
     Menu3Run(Menu3);

     if(Menu3==0){Menu2=0;}
     if(Menu3==1){Menu2=2;} //ลบไฟล์
     if(Menu3==2){Menu2=1;} //บันทึกไฟล์
     Menu2Run(Menu2);
     display.display();
    }
   if(Menu3>=3){
     display.clearDisplay();
     Menu3=0;
     Menu1=0;
     Menu2=0;
     Menu1Run(Menu1);
     Menu2Run(Menu2);
     Menu3Run(Menu3);
     display.display();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      }
      Menu3Trick=0;
     }
   }
 }
void Menu1Run(bool n)
 {
  switch(n)
   {
    case 0:{
      display.drawBitmap(0,0, Menu1A,37,64,WHITE);
      mcp.digitalWrite(2,1);
      mcp.digitalWrite(1,0);
      }
    break;
    case 1:{
      display.drawBitmap(0,0, Menu1B,37,64,WHITE);
      mcp.digitalWrite(2,0);
      mcp.digitalWrite(1,1);
      }
    break;
   }
 }
void Menu2Run(byte n)
 {
  switch(n)
   {
    case 0:{display.drawBitmap(38,0, Menu2A,43,64,WHITE);}
    break;
    case 1:{display.drawBitmap(38,0, Menu2X,43,64,WHITE);}
    break;
    case 2:{display.drawBitmap(38,0, Menu2Y,43,64,WHITE);}
    break;
    case 3:{display.drawBitmap(0,0, SavePOPUP,128,64,WHITE);}
    break;
    case 4:{display.drawBitmap(0,0, deletePOPUP,128,64,WHITE);}
    break;
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 }
void Menu3Run(byte n)
 {
  switch(n)
   {
    case 0:{ // รีโมท
          display.drawBitmap(82,0, Menu3A,46,64,WHITE);
          /*
          STEP      = 0;
          DIR       = 0;
          DEGE      = 0;
          RPM       = 0;
          STOP      = 0;
          */
           }
    break;
    case 1:{display.drawBitmap(82,0, Menu3B,46,64,WHITE);} // เล่นไฟล์
    break;
    case 2:{display.drawBitmap(82,0, Menu3C,46,64,WHITE);} // อัพเดท
    break;
   }
 }
void Bluetooth_Controller(byte ONOFF)  // ควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านบูลทูธ
 {
  if(Menu1==1){
  if(ONOFF==0||ONOFF==2){ //โหมดควบคุมด้วยรีโมท//
  if(RemoteVal==1) //ไปข้างหน้า
   {

    MotorController(1,1,1,1);
    if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
    DIR_Sensor=1;
    STOP_Sensor=0;
    RemoteVal2=2;
   }
  if(RemoteVal==2) //ไปข้างหลัง
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  MotorController(2,2,2,2);
  if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
  DIR_Sensor=2;
  STOP_Sensor=0;
  RemoteVal2=2;
 }
if(RemoteVal==3) //ไปด้านซ้าย
 {

  MotorController(1,2,2,1);
  if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
  DIR_Sensor=3;
  STOP_Sensor=0;
  RemoteVal2=2;
 }
if(RemoteVal==4) //ไปด้านขวา
 {

  MotorController(2,1,1,2);
  if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
  DIR_Sensor=4;
  STOP_Sensor=0;
  RemoteVal2=2;
 }
if(RemoteVal==5) //หมุนไปด้านซ้าย
 {

  MotorController(2,2,1,1);
  if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
  DIR_Sensor=5;
  STOP_Sensor=0;
  RemoteVal2=2;
 }
if(RemoteVal==6) //หมุนไปด้านขวา
 {

  MotorController(1,1,2,2);
  if(STEPTrick==0){STEP_Sensor++;STEPTrick=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   DIR_Sensor=6;
   STOP_Sensor=0;
   RemoteVal2=2;
  }
  if(RemoteVal==0) //หยุดรถ
  {

    STEPTrick=0;
    MotorController(0,0,0,0);
    if(Menu3==2){
      if(RemoteVal2==2)
        {

SD_DATA_Write(STEP_Sensor,DIR_Sensor,headingDegrees,CountM1,STOP_Sensor);
         Serial.println("Save DATA");
        RemoteVal2=3;
        }
    }
    CountM1=0;
    CountM2=0;
    CountM3=0;
    CountM4=0;
   }
  }
  }
 }
void MotorController (byte M1,byte M2,byte M3,byte M4)
 {
   /*
          BAT(ด้านหน้า)
      |M2|-----------|M4|
         ||              ||
         ||              ||
         ||              ||
         ||              ||
      |M1|-----------|M3|
         Display(ด้านหลัง)
   */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
switch (M1) // Motor 1
 {
   case 0 :
    {
     ledcWrite(Channel1,0); //0-255
     ledcWrite(Channel2,0); //0-255
    }
   break;
   case 1 :
    {
     ledcWrite(Channel1,SetPWM_M1); //0-255
     ledcWrite(Channel2,0);    //0-255
    }
   break;
   case 2 :
    {
     ledcWrite(Channel1,0);    //0-255
     ledcWrite(Channel2,SetPWM_M1); //0-255
    }
   break;
 }
switch (M2) // Motor 2
 {
   case 0 :
    {
     ledcWrite(Channel3,0); //0-255
     ledcWrite(Channel4,0); //0-255
    }
   break;
   case 1 :
    {
     ledcWrite(Channel3,SetPWM_M2); //0-255
     ledcWrite(Channel4,0); //0-255
    }
   break;
   case 2 :
    {
     ledcWrite(Channel3,0);    //0-255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ledcWrite(Channel4,SetPWM_M2); //0-255
   }
  break;
}
switch (M3) // Motor 3
{
  case 0 :
   {
    ledcWrite(Channel5,0); //0-255
    ledcWrite(Channel6,0); //0-255
   }
  break;
  case 1 :
   {
    ledcWrite(Channel5,SetPWM_M3); //0-255
    ledcWrite(Channel6,0);   //0-255
   }
  break;
  case 2 :
   {
    ledcWrite(Channel5,0);   //0-255
    ledcWrite(Channel6,SetPWM_M3); //0-255

   }
  break;
}
switch (M4) // Motor 4
{
  case 0 :
   {
    ledcWrite(Channel7,0); //0-255
    ledcWrite(Channel8,0); //0-255
   }
  break;
  case 1 :
   {
    ledcWrite(Channel7,SetPWM_M4); //0-255
    ledcWrite(Channel8,0); //0-255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      }
      break;
      case 2 :
      {
       ledcWrite(Channel7,0); //0-255
       ledcWrite(Channel8,SetPWM_M4); //0-255
      }
      break;
    }
 }
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void SD_DATA_Write(short Step,byte Dir,short Deg,unsigned int Rpm,bool Stop) //Ok
{
 if(Step<10){StepST ="STEP=000"+String(Step);}
 if(Step>=10&&Step<100){StepST ="STEP=000"+String(Step);}
 if(Step>=10&&Step<100){StepST ="STEP=00"+String(Step);}
 if(Step>=100&&Step<1000){StepST ="STEP=0"+String(Step);}
 if(Step>=1000){StepST = "STEP="+String(Step);}

 if(Dir<10){DirST ="DIR="+String(Dir);}

 if(Deg<10){DegST ="DEG=00"+String(Deg);}
 if(Deg>=10&&Deg<99){DegST ="DEG=0"+String(Deg);}
 if(Deg>=100){DegST = "DEG="+ String(Deg);}

 if(Rpm<10){RpmST ="RPM=00000"+String(Rpm);}
 if(Rpm>=10&&Rpm<99){RpmST ="RPM=0000"+String(Rpm);}
 if(Rpm>=100&&Rpm<1000){RpmST ="RPM=000"+String(Rpm);}
 if(Rpm>=1000&&Rpm<10000){RpmST ="RPM=00"+String(Rpm);}
 if(Rpm>=10000&&Rpm<100000){RpmST ="RPM=0"+String(Rpm);}
 if(Rpm>=100000){RpmST = "RPM="+String(Rpm);}

 if(Stop<10){StopST = "STOP="+String(Stop);}

 dataMessage = String(StepST) + String(DirST)+ String(DegST)+
String(RpmST)+String(StopST)+ "\r\n";
 Serial.print("Saving data: ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Serial.println(dataMessage);
 appendFile(SD, "/data.txt", dataMessage.c_str());
 StepST="";
 DirST="";
 DegST="";
 RpmST="";
 StopST="";
}
void DATA_IN(int num) // Test Ok
 {
   int Find1 = Received.indexOf("STEP=");
   int Find2 = Received.indexOf("DIR=");
   int Find3 = Received.indexOf("DEG=");
   int Find4 = Received.indexOf("RPM=");
   int Find5 = Received.indexOf("STOP=");

   STEP_ST  = Received.substring(Find1+5+num,Find1+9+num);
   DIR_ST   = Received.substring(Find2+4+num,Find2+5+num);
   DEGE_ST  = Received.substring(Find3+4+num,Find3+7+num);
   RPM_ST   = Received.substring(Find4+4+num,Find4+10+num);
   STOP_ST  = Received.substring(Find5+5+num,Find5+6+num);

   STEP     = STEP_ST.toInt();
   DIR      = DIR_ST.toInt();
   DEGE     = DEGE_ST.toInt();
   RPM      = RPM_ST.toInt();
   STOP     = STOP_ST.toInt();
   Serial.println(STEP);
   Serial.println(DIR);
   Serial.println(DEGE);
   Serial.println(RPM);
   Serial.println(STOP);
 }
//////////////////////////////////////////////////////
void NavigateAUTO(byte Mode,bool Run) // Test OK
 {
  if(Mode==1) // เปิดใช้งานระบบอัติโนมัติ
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Run==1)
 {
  if(readTrick==0)
   {
    readFile(SD, "/data.txt");
    DATA_IN(Sum);
    Sum = Sum+39;
    readTrick=1;
   }
  if(STOP==0){
        if(CountM1||CountM2||CountM3||CountM4<RPM)
         {
         if(DIR==1){MotorController(1,1,1,1);}
         if(DIR==2){MotorfillTriangle (x1,y1,x2,y2,x3,iy3,stop)}
         if(DIR==3){MotorCircle(x0, y0,r,stop)}
         if(DIR==4){MotorEllipse(x0,y0, rx,ry, stop)}
         if(DIR==5){MotorfillRect(x,y,w,h,stop);   }
         }
        if(CountM1||CountM2||CountM3||CountM4=RPM)
         {
         readTrick=0;
         CountM1=0;
         }
  }
  if(STOP==1){ // หยุดการที่งานทั้งหมด

    MotorController(0,0,0,0);
    readTrick=0;
    Sum=0;
    display.clearDisplay();
    Menu1=0;
    Menu1Run(Menu1);
    Menu2Run(Menu2);
    Menu3Run(Menu3);
    display.display();
    mcp.digitalWrite(BuzerPin,1);
   }
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(Run==0){PWM=0;MotorController(0,0,0,0);};
   }
 }
////////////////////////////////////////////////////////
void PupmControl(byte Control)
 {
  if(Control==0){digitalWrite(PumpPin,0);}
  if(Control==1){digitalWrite(PumpPin,1);}
 }
void Buzzer()
 {

if(mcp.digitalRead(3)==1&&mcp.digitalRead(11)==1&&mcp.digitalRead(12)==1){BuzzerT
R=0;}

if((mcp.digitalRead(3)==0||mcp.digitalRead(11)==0||mcp.digitalRead(12)==0)&&BuzzerT
R==0)
   {
    mcp.digitalWrite(BuzerPin,1);
    delay(30);
    mcp.digitalWrite(BuzerPin,0);
    BuzzerTR=1;
   }
 }
void Remote()
 {
  if(X6==0&&X8==0&&X9==0&&X13==0&&X14==0&&X15==0) {RemoteVal=0;}
  if(X6==0&&X8==0&&X9==1&&X13==1&&X14==1&&X15==0) {RemoteVal=1;}
  if(X6==1&&X8==1&&X9==0&&X13==0&&X14==0&&X15==1){RemoteVal=2;}
  if(X6==0&&X8==1&&X9==0&&X13==0&&X14==1&&X15==0){RemoteVal=3;}
  if(X6==1&&X8==0&&X9==1&&X13==1&&X14==0&&X15==1) {RemoteVal=4;}
  if(X6==1&&X8==1&&X9==0&&X13==1&&X14==1&&X15==0) {RemoteVal=5;}
  if(X6==0&&X8==0&&X9==1&&X13==0&&X14==0&&X15==1) {RemoteVal=6;}
 }

static void drawCheckers(float theta, float scale) {
  float overspin = -4.0; // must be an integer because of modulus on theta
  int sphererot = (int)((overspin * theta / 2.0 / 3.14159) * (float)SPHERE_TEXW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
float dxdi = ( cos(theta)) / scale;
float dydi = ( sin(theta)) / scale;
float dxdj = (-sin(theta)) / scale;
float dydj = ( cos(theta)) / scale;

WriteWindow(0, 0, WIDTH-1, HEIGHT-1);

float plane_a = cos(TILT);
float plane_b = sin(TILT);
float plane_z0 = 0.5;

int prev_pix = 0;
int pix_toggle = 0;
for(int j=0; j<HEIGHT; j++) {
  float jf = ((float)(ORIGIN_Y - j) / (float)HEIGHT);
  float depth = plane_a * plane_z0 / (plane_a - plane_b * jf);
  float plane_y = (depth - plane_z0) / plane_b;
  float plane_dx = depth / (float)LCD_HEIGHT;
  int16_t x = (32768.0 * plane_y * dxdj);
  int16_t y = (32768.0 * plane_y * dydj);
  int16_t dx = (32768.0 * plane_dx * dxdi);
  int16_t dy = (32768.0 * plane_dx * dydi);
  x -= (WIDTH/2) * dx;
  y -= (WIDTH/2) * dy;
  int shade = 15 - (int)(depth * 7.0);
  if(shade < 0) shade = 0;
  if(shade > 15) shade = 15;
  shade *= 0x111;

  for(int i=0; i<WIDTH; i++) {
    int c = -1;

    if(c == -1) {
      int idx1 = ((x >> 9) & 0xf);
      int idx2 = ((y >> 9) & 0xf);
      idx2 = (30-(idx2<<1)) + (idx1 >> 3);
      idx1 = 7 - (idx1 & 7);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  c = ((floor_texture[idx2] >> idx1) & 1) ? 0 : shade;

  idx1 = (((x >> 13)+4) & 7);
  idx2 = (((y >> 13)+4) & 7);

  c &= checkers[(idx2<<3) + idx1];
}

int si = i - (WIDTH - SPHEREDIAM) / 2;
int sj = j - sphere_top;
if(si >=0 && sj >= 0 && si < SPHEREDIAM && sj < SPHEREDIAM) {
  int dat = spheredata[(SPHEREDIAM-1-sj) * SPHEREDIAM + (SPHEREDIAM-1-si)];
  int shade = ((dat >> 13) & 0x7);
  if(shade) {
    shade += 8;
    shade *= 0x111;
    int tex_j = ((dat >> 7) & 0x3f);
    int tex_i = (dat & 0x7f);
    tex_i += sphererot;
    tex_i += SPHERE_TEXW/2;
    tex_i &= (SPHERE_TEXW-1);
    tex_j = SPHERE_TEXH-1-tex_j;

    int idx2 = (tex_j << 4) + (tex_i >> 3);
    int idx1 = 7 - (tex_i & 7);
    c = ((globe_texture[idx2] >> idx1) & 1) ? c : 0xff0;

    dat = spheredata[sj * SPHEREDIAM + si];
    shade = ((dat >> 13) & 0x7);

    shade *= 0x111;
    tex_j = ((dat >> 7) & 0x3f);
    tex_i = (dat & 0x7f);
    tex_i += sphererot;
    tex_i &= (SPHERE_TEXW-1);

    idx2 = (tex_j << 4) + (tex_i >> 3);
    idx1 = 7 - (tex_i & 7);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          c = ((globe_texture[idx2] >> idx1) & 1) ?
            pixavg((0x00f & (shade<<1)), c) : (0x0f0 | (0xf0f & shade));
        }
      }

      if(pix_toggle & 1) {
        WriteRun(prev_pix, c);
      } else {
        prev_pix = c;
      }
      pix_toggle++;
      x += dx;
      y += dy;
    }
  }
}
void MotorfillTriangle (int16_t x1,int16_t y1,int16_t x2,int16_t y2,int16_t x3,int16_t y3,
uint16_t c)
{
    int16_t t1x,t2x,y,minx,maxx,t1xp,t2xp;
    bool changed1 = false;
    bool changed2 = false;
    int16_t signx1,signx2,dx1,dy1,dx2,dy2;
    uint16_t e1,e2;
     // Sort vertices
    if (y1>y2) { swap(y1,y2); swap(x1,x2); }
    if (y1>y3) { swap(y1,y3); swap(x1,x3); }
    if (y2>y3) { swap(y2,y3); swap(x2,x3); }

    t1x=t2x=x1; y=y1;   // Starting points

    dx1 = x2 - x1; if(dx1<0) { dx1=-dx1; signx1=-1; } else signx1=1;
    dy1 = y2 - y1;

    dx2 = x3 - x1; if(dx2<0) { dx2=-dx2; signx2=-1; } else signx2=1;
    dy2 = y3 - y1;

    if (dy1 > dx1) {   // swap values
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    swap(dx1,dy1);
    changed1 = true;
}
if (dy2 > dx2) {   // swap values
    swap(dy2,dx2);
    changed2 = true;
}

e2 = dx2>>1;
// Flat top, just process the second half
if(y1==y2) goto next;
e1 = dx1>>1;

for (uint16_t i = 0; i < dx1;) {
    t1xp=0; t2xp=0;
    if(t1x<t2x) { minx=t1x; maxx=t2x; }
    else        { minx=t2x; maxx=t1x; }
    // process first line until y value is about to change
    while(i<dx1) {
        i++;
        e1 += dy1;
            while (e1 >= dx1) {
            e1 -= dx1;
                if (changed1) t1xp=signx1;//t1x += signx1;
            else          goto next1;
        }
        if (changed1) break;
        else t1x += signx1;
    }
// Move line
next1:
    // process second line until y value is about to change
    while (1) {
        e2 += dy2;
        while (e2 >= dx2) {
            e2 -= dx2;
            if (changed2) t2xp=signx2;//t2x += signx2;
            else          goto next2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            }
            if (changed2)     break;
            else              t2x += signx2;
        }
    next2:
        if(minx>t1x) minx=t1x; if(minx>t2x) minx=t2x;
        if(maxx<t1x) maxx=t1x; if(maxx<t2x) maxx=t2x;
           RunFastHLine(minx, y, maxx-minx, c);    // Draw line from min to max points
found on the y
        // Now increase y
        if(!changed1) t1x += signx1;
        t1x+=t1xp;
        if(!changed2) t2x += signx2;
        t2x+=t2xp;
            y += 1;
        if(y==y2) break;

    }
    next:
    // Second half
    dx1 = x3 - x2; if(dx1<0) { dx1=-dx1; signx1=-1; } else signx1=1;
    dy1 = y3 - y2;
    t1x=x2;

    if (dy1 > dx1) {   // swap values
        swap(dy1,dx1);
        changed1 = true;
    } else changed1=false;

    e1 = dx1>>1;

    for (uint16_t i = 0; i<=dx1; i++) {
        t1xp=0; t2xp=0;
        if(t1x<t2x) { minx=t1x; maxx=t2x; }
        else        { minx=t2x; maxx=t1x; }
        // process first line until y value is about to change
        while(i<dx1) {
            e1 += dy1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            while (e1 >= dx1) {
            e1 -= dx1;
                    if (changed1) { t1xp=signx1; break; }//t1x += signx1;
            else          goto next3;
          }
          if (changed1) break;
          else              t1x += signx1;
          if(i<dx1) i++;
        }
    next3:
        // process second line until y value is about to change
        while (t2x!=x3) {
          e2 += dy2;
            while (e2 >= dx2) {
          e2 -= dx2;
          if(changed2) t2xp=signx2;
          else          goto next4;
          }
          if (changed2)     break;
          else              t2x += signx2;
          }
    next4:

        if(minx>t1x) minx=t1x; if(minx>t2x) minx=t2x;
        if(maxx<t1x) maxx=t1x; if(maxx<t2x) maxx=t2x;
           MotorController(minx, y, maxx-minx, c);    // Draw line from min to max
points found on the y
        // Now increase y
        if(!changed1) t1x += signx1;
        t1x+=t1xp;
        if(!changed2) t2x += signx2;
        t2x+=t2xp;
           y += 1;
        if(y>y3) return;
    }
}
void MotorCircle(int16_t x0, int16_t y0, int16_t r, uint16_t stop)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  int16_t f = 1 - r;
  int16_t ddF_x = 1;
  int16_t ddF_y = - r - r;
  int16_t x = 0;

  MotorController(x0  , y0 + r, stop);
  MotorController(x0  , y0 - r, stop);
  MotorController(x0 + r, y0, stop);
  MotorController(x0 - r, y0, stop);

  while (x < r) {
    if (f >= 0) {
      r--;
      ddF_y += 2;
      f += ddF_y;
    }
    x++;
    ddF_x += 2;
    f += ddF_x;

    MotorController(x0 + x, y0 + r, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 + r, stop);
    MotorController(x0 + x, y0 - r, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 - r, stop);
    MotorController(x0 + r, y0 + x, stop);
    MotorController(x0 - r, y0 + x, stop);
    MotorController(x0 + r, y0 - x, stop);
    MotorController(x0 - r, y0 - x, stop);
  }
}

void MotorEllipse(int16_t x0, int16_t y0, int16_t rx, int16_t ry, uint16_t stop)
{
  if (rx<2) return;
  if (ry<2) return;
  int16_t x, y;
  int32_t rx2 = rx * rx;
  int32_t ry2 = ry * ry;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  int32_t fx2 = 4 * rx2;
  int32_t fy2 = 4 * ry2;
  int32_t s;

  for (x = 0, y = ry, s = 2*ry2+rx2*(1-2*ry); ry2*x <= rx2*y; x++)
  {
    RunFastHLine(x0 + x, y0 + y, stop);
    RunFastHLine(x0 - x, y0 + y, stop);
    RunFastHLine(x0 + x, y0 - y, stop);
    RunFastHLine(x0 - x, y0 - y, stop);
    if (s >= 0)
    {
      s += fx2 * (1 - y);
      y--;
    }
    s += ry2 * ((4 * x) + 6);
  }

  for (x = rx, y = 0, s = 2*rx2+ry2*(1-2*rx); rx2*y <= ry2*x; y++)
  {
    MotorController(x0 + x, y0 + y, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 + y, stop);
    MotorController(x0 + x, y0 - y, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 - y, stop);
    if (s >= 0)
    {
      s += fy2 * (1 - x);
      x--;
    }
    s += rx2 * ((4 * y) + 6);
  }
}

/***************************************************************************************************
** Function name:           fillEllipse
** Description:             draw a filled ellipse
***************************************************************************************************/
void MotorfillEllipse(int16_t x0, int16_t y0, int16_t rx, int16_t ry, uint16_t stop)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  if (rx<2) return;
  if (ry<2) return;
  int16_t x, y;
  int32_t rx2 = rx * rx;
  int32_t ry2 = ry * ry;
  int32_t fx2 = 4 * rx2;
  int32_t fy2 = 4 * ry2;
  int32_t s;

  for (x = 0, y = ry, s = 2*ry2+rx2*(1-2*ry); ry2*x <= rx2*y; x++)
  {
    MotorController(x0 - x, y0 - y, x + x + 1, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 + y, x + x + 1, stop);

    if (s >= 0)
    {
      s += fx2 * (1 - y);
      y--;
    }
    s += ry2 * ((4 * x) + 6);
  }

  for (x = rx, y = 0, s = 2*rx2+ry2*(1-2*rx); rx2*y <= ry2*x; y++)
  {
    MotorController(x0 - x, y0 - y, x + x + 1, stop);
    MotorController(x0 - x, y0 + y, x + x + 1, stop);

    if (s >= 0)
    {
      s += fy2 * (1 - x);
      x--;
    }
    s += rx2 * ((4 * y) + 6);
  }

}
void MotorfillRect(int32_t x, int32_t y, int32_t w, int32_t h, uint32_t stop)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  if (_vpOoB) return;

  x+= _xDatum;
  y+= _yDatum;

  // Clipping
  if ((x >= _vpW) || (y >= _vpH)) return;

  if (x < _vpX) { w += x - _vpX; x = _vpX; }
  if (y < _vpY) { h += y - _vpY; y = _vpY; }

  if ((x + w) > _vpW) w = _vpW - x;
  if ((y + h) > _vpH) h = _vpH - y;

  if ((w < 1) || (h < 1)) return;

   MotorControllersetWindow(x, y, x + w - 1, y + h - 1);

  MotorpushBlock(stop, w * h);

  end_tft_write();
}

////////////////////////////////////////////////////////////
// END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
สูตรทางคณิตศาสตร์

ข.1 สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ

1. กำหนดจุดยอดของสี่เหลี่ยม $ABCD$

   $A(x_1, y_1)$ เป็นจุดที่ค่า $y_1 = \min\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$

   $B(x_2, y_2)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด A โดยที่ $y_1 \le y_2$

   $C(x_3, y_3)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด B

   $D(x_4, y_4)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด C และ A

2. หมุนสี่เหลี่ยม $ABCD$ เพื่อให้ส่วนของเส้นตรง AB ขนานกับแกน x

   ให้ มุมระหว่างส่วนของเส้นตรง AB กับแกน x คือ

   $$\theta = \tan^{-1}\frac{y_2 - y_1}{|x_2 - x_1|}$$

   Note : เนื่องจาก $y_2 - y_1 \ge 0$ จะได้ว่า $0^\circ \le \theta \le 90^\circ$

2.1 กรณี $y_2 - y_1 = 0$ จะได้ว่า $\theta = 0^\circ$

ให้ สี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ เป็นสี่เหลี่ยมที่ได้จากการหมุนสี่เหลี่ยม $ABCD$ ทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม $\theta = 0^\circ$ รอบจุด $A(x_1, y_1)$ คือ

1. เลื่อนจุดหมุน $A(x_1, y_1)$ ไปจุด $(0,0)$

   $$(x, y) = (x - x_1, y - y_1)$$

2. หมุนรอบจุด $(0,0)$ เป็นมุม $\theta = 90^\circ$

   $$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 0^\circ & -\sin 0^\circ \\ \sin 0^\circ & \cos 0^\circ \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

3. เลื่อนจุดกลับไป

   $$(x', y') = (x_R + x_1, y_R + y_1)$$

2.2 กรณี $x_2 - x_1 = 0$ จะได้ว่า $\theta = 90^\circ$

ให้ สี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ เป็นสี่เหลี่ยมที่ได้จากการหมุนสี่เหลี่ยม $ABCD$ ทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม $\theta = 90^\circ$ รอบจุด $A(x_1, y_1)$ คือ

1. เลื่อนจุดหมุน $A(x_1, y_1)$ ไปจุด $(0,0)$

   $$(x, y) = (x - x_1, y - y_1)$$

2. หมุนรอบจุด $(0,0)$ เป็นมุม $\theta = 90^\circ$

   $$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -y \\ x \end{bmatrix}$$

3. เลื่อนจุดกลับไป

   $$(x', y') = (x_R + x_1, y_R + y_1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรณี $x_2 - x_1 > 0$

ให้ สี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ เป็นสี่เหลี่ยมที่ได้จากการหมุนสี่เหลี่ยม $ABCD$ ตามเข็มนาฬิกาเป็นมุม θ รอบจุด $A(x_1, y_1)$ คือ

1. เลื่อนจุดหมุน $A(x_1, y_1)$ ไปจุด $(0,0)$

$$(x, y) = (x - x_1, y - y_1)$$

2. หมุนรอบจุด $(0,0)$ เป็นมุม $\theta = 90^\circ$

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x\cos\theta + y\sin\theta \\ -x\sin\theta + y\cos\theta \end{bmatrix}$$

3. เลื่อนจุดกลับไป

$$(x', y') = (x_R + x_1, y_R + y_1)$$

2.4 กรณี $x_2 - x_1 < 0$

ให้ สี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ เป็นสี่เหลี่ยมที่ได้จากการหมุนสี่เหลี่ยม $ABCD$ ทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม θ รอบจุด $A(x_1, y_1)$ คือ

1. เลื่อนจุดหมุน $A(x_1, y_1)$ ไปจุด $(0,0)$

$$(x, y) = (x - x_1, y - y_1)$$

2. หมุนรอบจุด $(0,0)$ เป็นมุม $\theta = 90^\circ$

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x\cos\theta - y\sin\theta \\ x\sin\theta + y\cos\theta \end{bmatrix}$$

3. เลื่อนจุดกลับไป

$$(x', y') = (x_R + x_1, y_R + y_1)$$

Note : ทั้ง 4 กรณี จะได้ $y_1' = y_2'$ นั่นคือ ส่วนของเส้นตรง $A'B'$ ขนานกับแกน x

และ $y_1' = y_2' = y_1$

2.1 กรณี $y_2 - y_1 = 0$

เนื่องจาก $y_1' = y_{R,1} + y_1 = y_1 + y_1 = (y_1 - y_1) + y_1 = y_1$

และ $y_2' = y_{R,2} + y_1 = y_2 + y_1 = (y_2 - y_1) + y_1 = y_2 = y_1$

ดังนั้น $y_1' = y_2'$

2.2 กรณี $x_2 - x_1 = 0$

เนื่องจาก $y_1' = y_{R,1} + y_1 = x_1 + y_1 = (x_1 - x_1) + y_1 = y_1$

และ $y_2' = y_{R,2} + y_1 = x_2 + y_1 = (x_2 - x_1) + y_1 = y_1$

ดังนั้น $y_1' = y_2'$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรณี $x_2 - x_1 > 0$

เนื่องจาก $y_1' = y_{R,1} + y_1 = -x_1 \sin\theta + y_1 \cos\theta + y_1 = -(x_1 - x_1)\sin\theta + (y_1 - y_1)\cos\theta + y_1 = y_1$

และ $y_2' = y_{R,2} + y_1 = -x_2 \sin\theta + y_2 \cos\theta + y_1 = -(x_2 - x_1)\sin\theta + (y_2 - y_1)\cos\theta + y_1 = y_1$

Note :

$$\tan\theta = \frac{y_2 - y_1}{|x_2 - x_1|} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Rightarrow \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Rightarrow (x_2 - x_1)\sin\theta - (y_2 - y_1)\cos\theta = 0$$

2.4 กรณี $x_2 - x_1 < 0$

เนื่องจาก $y_1' = y_{R,1} + y_1 = x_1 \sin\theta + y_1 \cos\theta + y_1 = (x_1 - x_1)\sin\theta + (y_1 - y_1)\cos\theta + y_1 = y_1$

และ $y_2' = y_{R,2} + y_1 = x_2 \sin\theta + y_2 \cos\theta + y_1 = (x_2 - x_1)\sin\theta + (y_2 - y_1)\cos\theta + y_1 = y_1$

Note :

$$\tan\theta = \frac{y_2 - y_1}{|x_2 - x_1|} = -\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Rightarrow \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = -\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Rightarrow (x_2 - x_1)\sin\theta + (y_2 - y_1)\cos\theta = 0$$

Note : กรณี 2.2, 2.3, 2.4 ค่าของ y_3', y_4' อาจจะมากกว่าค่าของ y_1', y_2'

ถ้า $y_3', y_4' \le y_1' = y_2'$ ให้หมุนสี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ ทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม $\theta = 180^\circ$ รอบจุด $A'(x_1', y_1')$ คือ

1. เลื่อนจุดหมุน $A'(x_1', y_1')$ ไปจุด $(0,0)$

$$(x, y) = (x - x_1', y - y_1')$$

2. หมุนรอบจุด $(0,0)$ เป็นมุม $\theta = 180^\circ$

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 180^\circ & -\sin 180^\circ \\ \sin 180^\circ & \cos 180^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x \\ y \end{bmatrix}$$

3. เลื่อนจุดกลับไป

$$(x'_{new}, y'_{new}) = (x_R + x_1', y_R + y_1')$$

Note : ถ้า $y_1' \neq \min\{y_1', y_2', y_3', y_4'\}$

ให้ กำหนดจุดยอดของสี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ ตามข้อ 1. แล้วทำข้อ 2. ซ้ำ จะได้ $y_1' = \min\{y_1', y_2', y_3', y_4'\}$

3. เลื่อนสี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ ให้อยู่ในจตุภาคที่หนึ่ง

ให้ $h = \min\{x'\}$ และ $k = \min\{y'\}$

ให้ สี่เหลี่ยม $A''B''C''D''$ เป็นสี่เหลี่ยมที่ได้จากการเลื่อนสี่เหลี่ยม $A'B'C'D'$ ในแนวขนาน คือ

$$(x'', y'') = (x' - h, y' - k)$$

4. เปลี่ยนชื่อสี่เหลี่ยม $A''B''C''D''$ เป็น $ABCD$ และกำหนดจุดยอดของสี่เหลี่ยม

$A(x_1, y_1)$ เป็นจุดที่ค่า $y_1 = \min\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$

$B(x_2, y_2)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด A โดยที่ $y_1 = y_2$ และ $0 \le x_1 < x_2$

$C(x_3, y_3)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด B

$D(x_4, y_4)$ เป็นจุดที่เชื่อมกับจุด C และ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หาสมการส่วนของเส้นตรง

$$AB : y = m_{AB}(x - x_1) + y_1 = y_1 = 0 \quad \text{เมื่อ } m_{AB} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = 0$$

ถ้า $x_3 - x_2 \neq 0$ จะได้ว่า

$$BC : y = m_{BC}(x - x_2) + y_2 \quad \text{เมื่อ } m_{BC} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \quad \text{ให้ } \theta_{BC} = \tan^{-1} m_{BC}$$

ถ้า $x_3 - x_2 = 0$ จะได้ว่า

$$BC : y = y_2 \quad \text{ให้ } \theta_{BC} = 0^\circ$$

ถ้า $x_4 - x_3 \neq 0$ จะได้ว่า

$$CD : y = m_{CD}(x - x_3) + y_3 \quad \text{เมื่อ } m_{CD} = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \quad \text{ให้ } \theta_{CD} = \tan^{-1} m_{CD}$$

ถ้า $x_4 - x_3 = 0$ จะได้ว่า

$$CD : y = y_3 \quad \text{ให้ } \theta_{CD} = 0^\circ$$

ถ้า $x_4 - x_1 \neq 0$ จะได้ว่า

$$DA : y = m_{DA}(x - x_4) + y_4 \quad \text{เมื่อ } m_{DA} = \frac{y_4 - y_1}{x_4 - x_1} \quad \text{ให้ } \theta_{DA} = \tan^{-1} m_{DA}$$

ถ้า $x_4 - x_1 = 0$ จะได้ว่า

$$DA : y = y_4 \quad \text{ให้ } \theta_{DA} = 0^\circ$$

Note : ถ้า $x_2 - x_1 < 1$

กำหนดให้ค่า y ของ DA และ BC มีค่าเท่ากัน จะได้ว่า

$$m_{DA}(x_{DA} - x_4) + y_4 = m_{BC}(x_{BC} - x_2) + y_2$$

Note : ถ้า $m_{DA} = m_{BC}$ จะได้ว่า $ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมที่มีด้าน DA และ BC ขนานกันกว้างน้อยกว่า 1 หน่วย ซึ่งกรณีนี้ไม่สามารถวางสี่เหลี่ยมมุมฉากขนาด 1 หน่วยได้

คำนวณหาค่า x ของ DA ที่ทำให้ $x_{BC} = x_{DA} + 1$ และ $m_{DA} \neq m_{BC}$

$$m_{DA}(x_{DA} - x_4) + y_4 = m_{BC}(x_{BC} - x_2) + y_2$$
$$m_{DA}x_{DA} - m_{DA}x_4 + y_4 = m_{BC}(x_{DA} + 1) - m_{BC}x_2 + y_2$$
$$m_{DA}x_{DA} - m_{DA}x_4 + y_4 = m_{BC}x_{DA} + m_{BC} - m_{BC}x_2 + y_2$$
$$(m_{DA} - m_{BC})x_{DA} = m_{DA}x_4 - m_{BC}x_2 + m_{BC} + y_2 - y_4$$
$$x_{DA} = \frac{m_{DA}x_4 - m_{BC}x_2 + m_{BC} + y_2 - y_4}{m_{DA} - m_{BC}}$$

คำนวณหาค่า y ของ DA จะได้ว่า

$$y_{DA} = m_{DA}(x_{DA} - x_4) + y_4$$

กำหนดสมการส่วนของเส้นตรง AB ใหม่เป็น

$$AB : y = y_{DA}$$

ให้จุด $A = (x_{DA}, y_{DA}) = (x_1^{new}, y_1^{new})$ และ $B = (x_{DA} + 1, y_{DA}) = (x_2^{new}, y_2^{new})$

Note :

1. ส่วนของเส้นตรง AB ขนานกับแกน x
2. $\min\{x\} = 0$ และ $\min\{y\} = 0$ *or* y_{DA}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กำหนดให้

$n_{DA} = \lfloor y_4 - y_1 \rfloor$ เป็นจำนวนเต็มมากสุดซึ่งมีค่าน้อยกว่า $y_4 - y_1$

$n_{BC} = \lfloor y_3 - y_2 \rfloor$ เป็นจำนวนเต็มมากสุดซึ่งมีค่าน้อยกว่า $y_3 - y_2$

$n = \min\{n_{DA}, n_{BC}\}$

$N = \max\{n_{DA}, n_{BC}\}$

$y_{\min} = \min\{y\}$

6.1 สำหรับ $i = 1, 2, ..., N$

ให้ $y_i = y_{\min} + i$

คำนวณหา x_i ของเส้นตรแต่ละเส้น

1. เส้นตรง DA สำหรับ $i = 1, 2, ..., n_{DA}$

ถ้า $x_4 - x_1 \neq 0$

ให้ $x_i^{DA} = \dfrac{y_i - y_4}{m_{DA}} + x_4$

ถ้า $x_4 - x_1 = 0$

ให้ $x_i^{DA} = x_1$

2. เส้นตรง BC สำหรับ $i =, 1, ..., n_{BC}$

ถ้า $x_3 - x_2 \neq 0$

ให้ $x_i^{BC} = \dfrac{y_i - y_2}{m_{BC}} + x_2$

ถ้า $x_3 - x_2 = 0$

ให้ $x_i^{BC} = x_2$

3. เส้นตรง CD สำหรับ $i = n+1, ..., N$

ถ้า $x_4 - x_3 \neq 0$

ให้ $x_i^{CD} = \dfrac{y_i - y_3}{m_{CD}} + x_3$

ถ้า $x_4 - x_3 = 0$ จะได้ว่า

ให้ $x_i^{CD} = x_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 กำหนดขอบ

สำหรับ $i = 1, 2, ..., N$

ให้ $y_i = y_{\min} + i$

1. สำหรับ $i = 1, 2, ..., n_{DA}$ (มุม DAB)

ให้ $x_0^{DA} = x_1$

ถ้า $x_4 - x_1 > 0$ (DAB เป็นมุมแหลม)

ให้ $x_{DA}^{(i)} = x_i^{DA}$

ถ้า $x_4 - x_1 = 0$ (DAB เป็นมุมฉาก)

ให้ $x_{DA}^{(i)} = x_1$

ถ้า $x_4 - x_1 < 0$ (DAB เป็นมุมป้าน)

ให้ $x_{DA}^{(i)} = x_{i-1}^{DA}$

2. สำหรับ $i = 1, 2, ..., n_{BC}$ (มุม ABC)

ให้ $x_0^{BC} = x_2$

ถ้า $x_3 - x_2 > 0$ (ABC เป็นมุมป้าน)

ให้ $x_{BC}^{(i)} = x_{i-1}^{BC}$

ถ้า $x_3 - x_2 = 0$ (ABC เป็นมุมฉาก)

ให้ $x_{BC}^{(i)} = x_2$

ถ้า $x_3 - x_2 < 0$ (ABC เป็นมุมแหลม)

ให้ $x_{BC}^{(i)} = x_i^{BC}$

3. สำหรับ $i = n+1, ..., N$ (พื้นที่เป็นสามเหลี่ยม)

ถ้า $x_4 - x_3 \neq 0$

ให้ $x_{CD}^{(i)} = x_i^{CD}$

ถ้า $x_4 - x_3 = 0$

ให้ $x_{CD}^{(i)} = x_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แนวความคิด

ให้ $x(i,j)$ แทนตำแหน่งของกล่องจัตุรัสขนาด 1 หน่วย ของแต่ละชั้น i และ ตำแหน่ง j

เลื่อนตามแนวแกน x เป็นระยะคงที่ $h>0$

สำหรับ $i=1,\ldots,n$

ให้ $m_i=\dfrac{x_{BC}^{(i)}-x_{DA}^{(i)}-1}{h}$

ถ้า i เป็นจำนวนคี่

สำหรับ $j=1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j)=x_{DA}^{(i)}+jh$

สำหรับ $j=m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{BC}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

ถ้า i เป็นจำนวนคู่

สำหรับ $j=1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j)=x_{BC}^{(i)}-jh$

สำหรับ $j=m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{DA}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

ถ้า $n=n_{DA}$ สำหรับ $i=n+1,\ldots,N$

ให้ $m_i=\dfrac{x_{BC}^{(i)}-x_{CD}^{(i)}-1}{h}$

ถ้า i เป็นจำนวนคี่

สำหรับ $j=1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j)=x_{CD}^{(i)}+jh$

สำหรับ $j=m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{BC}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

ถ้า i เป็นจำนวนคู่

สำหรับ $j=1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j)=x_{BC}^{(i)}-jh$

สำหรับ $j=m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{CD}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า $n = n_{BC}$ สำหรับ $i = n+1,\ldots,N$

ให้ $m_i = \dfrac{x_{CD}^{(i)} - x_{DA}^{(i)} - 1}{h}$

ถ้า i เป็นจำนวนคี่

สำหรับ $j = 1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j) = x_{DA}^{(i)} + jh$

สำหรับ $j = m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{CD}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

ถ้า i เป็นจำนวนคู่

สำหรับ $j = 1,\ldots,m_i$

ให้ $x(i,j) = x_{CD}^{(i)} - jh$

สำหรับ $j = m_i$

หมุนล้อเป็นมุม θ_{DA}

เลื่อน $x(i,m_i)$ ไปยัง $x(i+1,1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วัสดุและอุปกรณ์

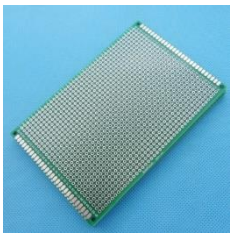
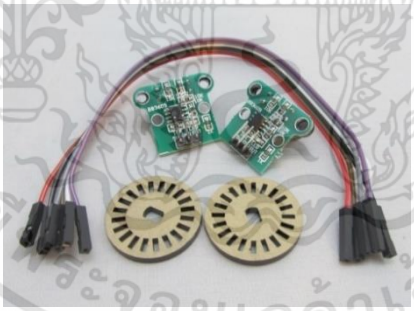
ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงวัสดุและอุปกรณ์

ลำดับที่	รูปภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
1.		ESP32
2.		ESP32 base -IO Shield
3.		Step-down module XL4005 DC-DC
4.		MX1508 (Mini 298N) 2 Way PWM Mortor Driver (1.5A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รูปภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
5.		จอแสดงผล OLED 0.96 นิ้ว (OLED display module)
6.		Micro switch สวิตช์ กดติดปล่อยดับ
7.		ไอซีขยายขา IO เบอร์ MCP23017
8.		ไอซี เบอร์ ULN2803 (Transistor Arrays)
9.		Active Buzzer 12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รูปภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
10.		แผ่นปริ๊นอเนกประสงค์
11.		หลอดไฟ LED RGB ขนาด 5mm
12.		DC Gear Motor 3-6V
13.		Optical Wheel Encoder
14.		Multilayer Ceramic Capacitor ค่า 0.1uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รูปภาพอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
15.		Diode Rectifiers เบอร์ 1N5408
16.		แบตเตอรี่ Li-on 12V 3000mA
17.		ตัวต้านทาน ค่า 1K
18.		SD Card
19.		Arduino UNO R3
20.		Remote Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้