



รถบิณฑบาตอัตโนมัติ

ALMS GATHERING AUTOMATED TROLLEY

กวิน เลิศเล่ห์กุล

ฐณพล เวียงทอง



งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง รถบิณฑบาตอัตโนมัติ
ผู้วิจัย อาจารย์กวิน เลิศเลาะห์กุล
 อาจารย์ ดร.ฐณพล เวียงทอง
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2568

บทคัดย่อ

จากปัญหาในการเดินออกบิณฑบาตของพระภิกษุสงฆ์และผู้ติดตามในทุก ๆ เช้า และมีการแบกของที่มีน้ำหนักทำซ้ำในทุก ๆ วัน อาจทำให้ส่งผลเสียต่อร่างกายได้ในอนาคต ทางคณะผู้จัดทำได้เห็นถึงปัญหาดังกล่าวนี้นี้ จึงได้ทำการศึกษา ออกแบบและจัดสร้างต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อจะได้อำนวยความสะดวกในการแบกของที่มีน้ำหนักของผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์ โดยเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติใช้ต้นกำลังจากการขับเคลื่อนของมอเตอร์ 2 ล้อหน้าเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ความเร็ว 40 รอบ/นาที และแหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2.6 แอมป์ และใช้ระบบในการเดินตามตัวส่งสัญญาณ และจะมีตัวรับสัญญาณอยู่ที่ตัวเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด คือ 6 กิโลกรัม โดยที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.622 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มน้ำหนักขึ้นเป็น 6 กิโลกรัม ความเร็วลดลงเป็น 0.554 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แม้ว่าจะมีอัตราการลดลงของความเร็วเล็กน้อยตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของรถในภาพรวม รถยังสามารถเดินตามสัญญาณและทำงานได้อย่างต่อเนื่องนอกจากนี้ การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ พบว่าโดยเฉลี่ย รถสามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 40 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการเดินบิณฑบาตในช่วงเช้า

Title Alms-gathering Automated Trolley
By Kawin Lertlaokul
 Dr.Thanaphon Wiangthong
 Faculty of Engineering
 Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Year 2025

Abstract

From the problem of monks and followers walking to collect alms every morning and carrying heavy items every day, it may have negative effects on their bodies in the future. The production team saw this problem, so they studied, designed and built a prototype of an automatic alms car to help reduce the burden of carrying heavy items for the followers of monks. The prototype of the automatic alms car uses power from the driving of the 2 front motor wheels as a 12-volt DC motor with a speed of 40 rpm and a power supply from a 12-volt, 2.6-amp battery. It uses a system to follow the transmitter and there will be a receiver on the prototype of the automatic alms car that can support a maximum weight of 6 kilograms. With a weight of 1 kilogram, the car can move at an average speed of 0.622 kilometers per hour. And when increasing the weight to 6 kilograms, the speed decreases to 0.554 kilometers per hour. Although there is a slight decrease in speed according to the increased weight, this difference does not affect the overall performance of the car. The car can still follow the signal and work continuously. In addition, the battery life test found that on average The car can operate continuously for about 2 hours and 40 minutes, which is enough time for the morning alms round.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณนายคณาธิป เขียวฉาย นางสาวเจนจิรา ศรีวิเศษ ที่ช่วยเหลือในการทดลอง

กวิน เลิศเลาะห์กุล

ฐานพล เวียงทอง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
1. บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า	3
2.2 การคำนวณหาขนาดต้นกำลัง	7
2.3 ทฤษฎีแบตเตอรี่	9
2.4 การคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ดึงจากแบตเตอรี่	12
2.5 การคำนวณความจุของแบตเตอรี่	12
2.6 ทฤษฎี Arduino Uno Board	12
2.7 ทฤษฎี Arduino Nano Board	14
2.8 ทฤษฎีเซนเซอร์ Ultrasonic Module (HC-SR04)	16
2.9 ทฤษฎีเซนเซอร์ Infrared Transmitter Module	17
2.10 ทฤษฎีเซนเซอร์ Infrared Receiver Module	17
2.11 ทฤษฎีสวิตช์ไฟฟ้า	18
2.12 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่	24
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	27
3.2 วิธีการดำเนินงาน	28
3.3 การออกแบบ	28
3.4 การคำนวณ	33
3.5 ขั้นตอนการสร้าง	37
3.6 รูปรตแบบของรถบิณฑบาตอัตโนมัติที่เสร็จสมบูรณ์	40
3.7 การทดสอบระบบเซ็นเซอร์การเคลื่อนที่ของตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณ	42
3.8 การทดลอง	43
4. ผลการทดลอง	
4.1 รถบิณฑบาตอัตโนมัติ	44
4.2 การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวรถ	44
4.3 การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่	45
4.4 การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่	47
4.5 สรุปผลการทดลอง	48
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก ก	53
ภาคผนวก ข	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	8
4.1 ผลการทดลองน้ำหนัก	45
4.2 ผลการทดลองความเร็วระยะ 4 เมตร	45
4.3 ผลการทดลองการใช้งานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ	47



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ดีซีมอเตอร์ (DC motor)	3
2.2 มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (brushed)	3
2.3 มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (brush less)	4
2.4 สเตปปิงมอเตอร์ (stepping motor)	4
2.5 เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor)	5
2.6 ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์ไฟฟ้า	5
2.7 แปรงถ่านมอเตอร์ไฟฟ้า	6
2.8 การทำงานของมอเตอร์	6
2.9 แบตเตอรี่ประเภทปฐมภูมิ (Primary Battery)	10
2.10 โครงสร้างของแบตเตอรี่	11
2.11 แบตเตอรี่ประเภททุติยภูมิ (Secondary Battery)	11
2.12 โครงสร้างของ Arduino รุ่น UNO R3	13
2.13 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino	14
2.14 โครงสร้างของ Arduino nano v3.0	16
2.15 เซ็นเซอร์ Ultrasonic Module HC-SR04	16
2.16 การทำงานของเซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	17
2.17 เซ็นเซอร์ Infrared Transmitter Module	17
2.18 เซ็นเซอร์ Infrared Receiver Module	18
2.19 สวิตช์แบบก้านยาว (Toggle Switch)	18
2.20 สวิตช์กระดก	19
2.21 สวิตช์ลูกลอย (Float Switch)	19
2.22 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)	20
2.23 สวิตช์ใบพาย หรือ โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch)	20
2.24 สวิตช์แสงแดด (Photo Control Switch)	21
2.25 ลิ้มิตสวิตช์ หรือ สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)	21

สารบัญรูป (ต่อ)

2.26 สวิตช์ใบมีด	21
2.27 สวิตช์แรงดัน (Pressure Switch)	22
2.28 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch)	22
2.29 รีเลย์ (Relays)	23
2.30 สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch)	23
2.31 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่	25
2.32 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ แบบมีจอ LCD	25
3.1 ชั้นคอนการดำเนินงาน	27
3.2 ชุดวงจรการทำงานของเซ็นเซอร์รถบิณฑบาตอัตโนมัติ	29
3.3 ชุดวงจรการทำงานตัวส่งสัญญาณ	30
3.4 โครงสร้างโดยรวมของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ	31
3.5 รีโมทส่งสัญญาณ	32
3.6 รูปแบบการทำงานของรีโมทส่งสัญญาณ	32
3.7 รูปแบบการทำงานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ	33
3.8 วัดขนาดไม้ที่ต้องการ	37
3.9 ตัดไม้ตามขนาดที่ทำการวัดไว้แล้วไปประกอบเป็นกล่อง	37
3.10 วัดหาตำแหน่งที่จะติดมอเตอร์	37
3.11 เจาะตามตำแหน่งที่วัดไว้และทำการติดมอเตอร์	38
3.12 เจาะรูสายมอเตอร์	38
3.13 วัดหาตำแหน่งและเจาะรูล้อหลัง	38
3.14 ทำการยึดล้อหลัง	39
3.15 ทำการติดทั้งกล่องวงจรและแบตเตอรี่	39
3.16 รูปตัวรถบิณฑบาตอัตโนมัติแบบเสร็จสมบูรณ์	40
3.17 รูปกล่องชั้นที่ 1 ชั้นใส่ของ	40
3.18 รูปกล่องชั้นที่ 2 กล่องวงจรและแบตเตอรี่	41
3.19 รูปด้านหลังของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ	41

สารบัญรูป (ต่อ)

3.20 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า	42
3.21 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ทางด้านขวา	42
3.22 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ทางด้านซ้าย	43
4.1 กราฟเปรียบเทียบเวลาการเดินตัวรถของแต่ละน้ำหนักในระยะ 4 เมตร	46
4.2 กราฟเปรียบเทียบความเร็วของตัวรถของแต่ละน้ำหนักในระยะ 4 เมตร	46
4.3 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของรถบินขบาอัตโนมัติของแต่ละน้ำหนัก	47



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากรายงานของประเทศไทยพบว่าสาเหตุสำคัญของอาการปวดหลังส่วนล่างคือการบาดเจ็บจากการแบกวัตถุที่มีน้ำหนัก ทำให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง โรคที่เกิดจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อ กระดูก และข้อ ถือได้ว่าเป็นกลุ่มโรคไม่ติดต่อที่เป็นภัยเงียบ ที่สำคัญและพบได้บ่อย จากสถิติผู้เจ็บป่วยประมาณ 400 ล้านคนทั่วโลกที่มาพบแพทย์ พบว่าร้อยละ 20-30 มีสาเหตุมาจากโรคเกี่ยวกับระบบกระดูกและข้อ ในประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคกระดูกและข้อประมาณ 10 ล้านคน นับเป็น 1 ใน 6 ของประชากรไทย และจากการจัดอันดับอัตราผู้ป่วย 10 อันดับ ตามกลุ่มโรคของผู้ป่วยนอกทั่วประเทศยกเว้นกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2548 พบผู้ป่วยด้วยโรคระบบกล้ามเนื้อรวมทั้งโครงร่างเท่ากับ 177.62 ต่อ 1,000 ประชากร โดยพบได้มากในช่วงอายุ 35-50 ปี จัดเป็นอันดับ 4 รองจากโรคทางระบบหายใจ โรคระบบย่อยอาหาร และโรคระบบไหลเวียนโลหิต นอกจากนี้ โรคระบบกล้ามเนื้อและโครงร่างยังพบว่า ผู้ป่วยรับบริการเป็นผู้ป่วยในของสถานบริการสาธารณสุขทั่วประเทศ 94,310 ราย โดยโรคที่พบบ่อย คือ โรคปวดหลัง (back pain) [1] (การศึกษาติดตามภาวะสุขภาพของผู้ป่วยที่มีปัญหาปวดหลังส่วนล่างเรื้อรัง ก่อนและหลังผ่าตัดกระดูกสันหลัง)

การออกบิณฑบาตของพระภิกษุสงฆ์เป็นกิจวัตรที่พึงกระทำของพระภิกษุและสามเณรมาตั้งแต่สมัยพุทธกาล สำหรับในปัจจุบันการออกเดินบิณฑบาตของพระภิกษุสงฆ์นั้น พุทธศาสนิกชนมีการถวายภัตตาหารและสิ่งของต่างๆ ทางกลุ่มได้มีแนวคิดนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้งานเพื่อสร้างรถบิณฑบาตอัตโนมัติ ใช้สำหรับของที่รับมาจากศาสนิกชนที่นำของมาถวายหวังลดอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากการแบกของที่มีน้ำหนักที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมา ซึ่งรถบิณฑบาตอัตโนมัติที่นำมาใช้มีปริมาณของถาดจำนวนและน้ำหนักค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการที่มีจำนวนและน้ำหนักของถาดที่มากยังส่งผลให้เกิด Musculoskeletal Disorders (MSD) หรืออาการบาดเจ็บที่ระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในหมู่ผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์อีกด้วย [2]

จากปัญหาดังกล่าวทางกลุ่มได้แนวคิดที่อยากจะแก้ปัญหาหากมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถเคลื่อนที่ไปกับพระภิกษุสงฆ์และผู้ติดตามขณะบิณฑบาต โดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ในรถบิณฑบาตอัตโนมัติในการลดภาระ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติ
- 1.2.2 เพื่อช่วยป้องกันอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากการแบกของที่มีน้ำหนัก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติ
- 1.3.2 ได้ช่วยป้องกันอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากการแบกของที่มีน้ำหนัก



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า [3]

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปต้องการความเร็วรอบหรือกำลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิด จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้า ดีซีมอเตอร์ (DC motor) และเอซีมอเตอร์ (AC motor) ทางกลุ่มได้เลือกใช้มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (brushed) มาใช้เป็นตัวกำลังในการขับเคลื่อน



รูปที่ 2.1 ดีซีมอเตอร์ (DC motor) [3]

2.1.1 ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor)

2.1.1.1 มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (brushed) พบได้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวนมากเช่น พกของเล่น รถยนต์ โดยใช้การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เช่น ของเล่นให้สามารถเดินหน้าถอยหลังได้ มอเตอร์ชนิดนี้ราคาไม่แพง กระบวนการผลิตง่ายไม่ซับซ้อน มีแรงบิดที่ดีที่ความเร็วรอบต่ำ (วัดความเร็วรอบต่อนาทีหรือ RPM) ข้อเสียคือต้องเปลี่ยนแปรงถ่านเนื่องจากเกิดความร้อนหรือเพราะความร้อนและมีเสียงรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.2 มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (brushed) [4]

2.1.1.2 มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (brush less) ใช้แม่เหล็กถาวรในชุดโรเตอร์ นิยมในกลุ่มคนชอบงานอดิเรก สำหรับเครื่องบินและการประยุกต์ใช้ยานพาหนะภาคพื้นดิน มอเตอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง การบำรุงรักษาน้อย เสียงรบกวนต่ำ และให้กำลังงานสูงกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน นอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากและคล้ายมอเตอร์เอซี (AC MOTOR) ที่มีความเร็วรอบคงที่ ยกเว้นใช้กระแสไฟฟ้าไฟติซี แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่บ้างคือ การควบคุมความเร็วค่อนข้างยาก และต้องมีโหลดเริ่มต้นต่ำและอาจจะต้องมีเกียร์บ็อกซ์ (gearboxes) ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นและข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อม



รูปที่ 2.3 มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (brush less) [5]

2.1.1.3 สเตปปิ้งมอเตอร์ (stepping motor) เป็นมอเตอร์ที่มีความแม่นยำสูง พบในเครื่องพิมพ์ เครื่องมือต่าง ๆ และระบบที่ต้องการควบคุมกระบวนการผลิตที่ต้องการความแม่นยำและมีแรงบิดที่สูง การควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้สัญญาณพัลส์ (pulse) ในการควบคุมเพื่อให้ตัวขับ (driver) ส่งแรงดันไฟฟ้าตามสัดส่วนไปยังมอเตอร์ ซึ่งการควบคุมค่อนข้างง่าย แต่จะใช้กระแสสูงสามารถใช้งานได้ดีกับโหลดสูง ๆ



รูปที่ 2.4 สเตปปิ้งมอเตอร์ (stepping motor) [6]

2.1.1.4 เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) เป็นมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมในตลาดและใช้สำหรับการควบคุมตำแหน่งแต่ไม่ต้องการความแม่นยำสูง ใช้ในการควบคุมระยะไกลเช่นรถของเล่น RC และหุ่นยนต์ ประกอบด้วย มอเตอร์ โพเทนชิออมิเตอร์และวงจรควบคุมผ่าน Pulse width modulation (PWM) ผ่านการส่งพัลส์ไฟฟ้าไปยังสายควบคุม เซอร์โวสามารถเป็นได้ทั้ง AC servo หรือ DC servo สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้และใช้สำหรับเครื่องจักรอุตสาหกรรมในขณะที่ DC servo สำหรับงานอดิเรกขนาดเล็ก

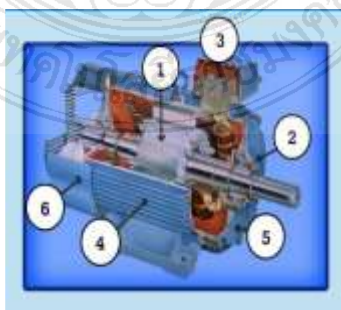


รูปที่ 2.5 เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) [7]

2.1.2 ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ [8]

2.1.2.1 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบนํ้ายานวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2.1.2.2 ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces) คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ อัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ที่จะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์ไฟฟ้า [8]

2.1.2.3 โครงมอเตอร์ (Motor Frame) คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

2.1.2.4 อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเจาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบนํ้ายาล้วน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิมไฟเบอร์อัดแน่นชิดขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมเจอร์ผลักระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

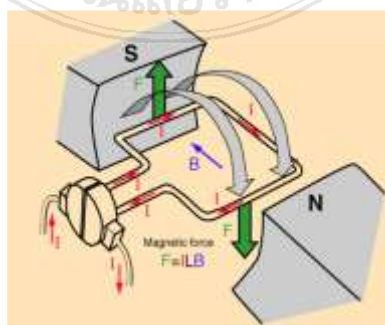
2.1.2.5 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) คือส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลลาพร้อมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่าน เพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์

2.1.2.6 แปรงถ่าน (Brush) คือ ตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์



รูปที่ 2.7 แปรงถ่านมอเตอร์ไฟฟ้า [8]

2.1.3 การทำงานของมอเตอร์ [9]



รูปที่ 2.8 การทำงานของมอเตอร์ [8]

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวาเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆ อีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

2.1.4 การเลือกมอเตอร์ไฟฟ้า [3]

การเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าต้องพิจารณาจาก 3 ปัจจัยสำคัญดังนี้

2.1.4.1 กระแสไฟฟ้า (Voltage) เป็นสิ่งที่ทำให้มอเตอร์ทำงานได้และกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปจะเกิดความเสียหายกับมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์กระแสตรงการใช้งานและมีความสำคัญ ดังนั้นจึงต้องรู้ก่อนว่า มอเตอร์ที่เราจะนำไปใช้ต้องใช้กับ กระแสไฟประเภทไหน เช่น ไฟ 220V (single phase) หรือ ไฟ 380V. (Three phase) ไฟกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่คือค่าเฉลี่ยของกระแสที่มอเตอร์คาดว่าจะอยู่ภายใต้แรงบิดทั่วไป กระแสไฟฟ้าสถิตย์ใช้แรงบิดเพียงพอสำหรับมอเตอร์เพื่อให้ทำงานที่การหยุดกลางคัน (0 RPM) ต้องควบคุมไม่ให้กระแสไฟฟ้าเกินและควรมีแผงระบายความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดไหม้

2.1.4.2 แรงดันไฟฟ้า (Current) ใช้เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันและเพื่อป้องกันกระแสย้อนกลับ แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น แรงบิดที่สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้า จะบอกประสิทธิภาพของมอเตอร์ระหว่างทำงาน ต้องแน่ใจว่าใช้ไฟกี่โวลต์ หากใช้น้อยไปมอเตอร์ไม่หมุน หากแรงดันไฟมากเกินไปมอเตอร์อาจไหม้ได้การทำงานของมอเตอร์ต้องคำนึงถึงแรงบิดด้วย เพราะงานบางอย่างจำเป็นต้องอาศัยแรงบิดที่เพียงพอ แรงบิดมีความสำคัญมากกว่าความเร็ว

2.1.4.3 ความเร่งหรือความเร็ว (RPM) โดยทั่วไปมอเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยความเร็วสูงสุด แต่หากต้องใช้ระบบเกียร์ การเพิ่มเกียร์จะลดประสิทธิภาพของมอเตอร์ดังนั้นโปรดคำนึงถึงความเร็วและแรงบิดที่ลดลงเช่นกัน

2.2 การคำนวณหาขนาดต้นกำลัง [17]

การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ข้อกำหนดที่เลือกโดยมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (brushed) ที่สามารถรับ น้ำหนักของตัวรถรวมกับการบรรทุก 6 กิโลกรัม โดยเริ่มจากกฎข้อที่สองของนิวตัน $\sum F = ma$ เมื่อรถเคลื่อนที่เกิดแรงเสียดทานจากล้อกับพื้นโดยค่าแรงเสียดทานตามตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน [17]

ลำดับ	แรงเสียดทาน	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
1	แรงเสียดทานบนพื้นทั่วไป	0.8
2	แรงเสียดทานของล้อ	0.015
3	แรงเสียดทานอากาศ	0.02
4	แรงเสียดทานของแบร้ง	0.006

ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจากตารางสามารถรวมได้เท่ากับ 0.841 จากกฎข้อที่สองของนิวตัน เมื่อมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นจะได้ว่า

$$F - F_{\text{friction}} = ma \quad (2.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่รถสามารถทำได้

F_{friction} คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น

m คือ มวลของรถ

a คือ ความเร่งของรถ ในที่นี้ให้ความเร็วคงที่

2.2.1 สมการของแรงเสียดทาน

$$F_{\text{friction}} = \mu N \quad (2.2)$$

เมื่อ μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน

N คือ แรงในแนวแรงโน้มถ่วง

2.2.2 สมการของทอร์กกำลังมอเตอร์

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \quad (2.3)$$

เมื่อ P คือ กำลังของมอเตอร์ (W)

T คือ แรงบิดของมอเตอร์ (N·m)

N คือ ความเร็วของมอเตอร์ (rpm)

2.2.3 การหาขนาดของแรงบิดโหลดมอเตอร์

$$T = F \times r \quad (2.4)$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของมอเตอร์ (N·m)

F คือ แรงที่ทำให้เกิดการหมุน (N)

r คือ ระยะจากจุดหมุนไปจุดตั้งฉากกับแนวแรงนั้น (m)

2.3 ทฤษฎีแบตเตอรี่ [9]

เมื่อกล่าวถึงเซลล์ แบบสังกะสี-ถ่าน แบบอัลคาไลน์ แบตเตอรี่แบบปรอท แบบซิลเวอร์แบบสังกะสี อากาศ และแบบลิเทียม ซึ่งเซลล์ต่างๆ ที่กล่าวมานี้ ถูกจัดอยู่ในเซลล์แบบปฐมภูมิเมื่อพลังงานเคมีในตัวมันเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าหมดแล้วก็หมดสภาพการเป็นแหล่งจ่ายไฟอีกต่อไป แต่ยังมีเซลล์อีกแบบหนึ่ง เรียกว่า เซลล์แบบทุติยภูมิ (Secondary Cell) สามารถที่จะประจุไฟกลับใหม่ได้โดยที่ปฏิกิริยาเคมีซึ่ง ง่ายเป็นพลังงานไฟฟ้า ออกมานั้นเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ การใช้เซลล์แบบทุติยภูมินี้ทำให้เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟมาก เนื่องจากถ้าเซลล์ถูกใช้ไปจนหมดแล้ว สามารถที่จะประจุกลับใหม่เพื่อจะได้ใช้ต่อไปได้ เซลล์แบบทุติยภูมิจะมีราคาแพงกว่าเซลล์แบบปฐมภูมิในการลงทุนมาตอนแรกเนื่องจากจำเป็นที่จะต้องซื้อเครื่องประจุไฟมาด้วยแต่เมื่อคิดในระยะยาวแล้ว เซลล์แบบทุติยภูมินี้จะมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าซึ่งก็ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าจะเลือกใช้เซลล์ชนิดใด

2.3.1 ประเภทปฐมภูมิ (Primary Battery)

โดยทั่วไปเรียกว่าแบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell) มีคุณสมบัติในการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าชนิดกระแสตรงที่ได้จากการแปรผันพลังงานโดยกระบวนการทางเคมีแบตเตอรี่ประเภทใช้งานครั้งเดียวเมื่อจ่ายหมดแล้วต้องทิ้ง ไม่สามารถอัดไฟกลับเข้าไปใช้งานใหม่ได้อีก ส่วนมากทำขึ้นจากสังกะสี- คาร์บอน ปรอทและลิเทียม ใช้งานกับเครื่องไฟฟ้าขนาดเล็กประเภทกระเป๋าทูม มีราคาไม่แพง อายุการใช้งานสั้น เช่น ถ่านไฟฉาย ถ่านนาฬิกา เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมเป็นสารขั้วบวก ได้แก่

- แมงกานีส ไดออกไซด์ (Manganese Dioxide) ทำหน้าที่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น
- แอมโมเนียม คลอไรด์ (Ammonium Chloride) ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีความสว่าง
- เมอร์คิวรี คลอไรด์ (Mercuric Chloride) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นสังกะสีเกิดการกัดกร่อนเร็วเกินไป

- อะเซททีลีน แบล็ค (Acetylene Black) ทำหน้าที่เพิ่มความดันและความเข้มของกระแสไฟฟ้า
- แท่งคาร์บอน (Carbon Rod) มีลักษณะเป็นแท่งกลม ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก

- ซิงค์คลอไรด์ (Zinc Chloride)
- ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide)
- คาร์บอน แบล็ค (Carbon Black)
- กราไฟท์ (Graphite)

วัตถุดิบที่ใช้เป็นขั้วลบ คือ กระจกสังกะสีใช้สังกะสีก้อนมาทำการหลอมละลาย ผ่านเครื่องรีดให้เป็นสังกะสีแผ่นนำไปผ่านเครื่องตัดให้ได้สังกะสีตามขนาดที่ต้องการ และนำไปปั๊มให้ขึ้นรูปเป็นกระจกสังกะสีใช้เป็นขั้วลบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบเข้าเป็นก้อนถ่านไฟฉาย ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้

- ยางมะตอย (Asphalt) ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วของกระแสไฟฟ้า
- แป้งสาลีหรือ แป้งมัน ผสมแล้วมีลักษณะคล้ายกาว ทำหน้าที่เป็นตัวยึดให้ก้อนขั้วบวกติดแน่นอยู่กับกระจกสังกะสี
- กระจก มีหลายประเภท เช่น กระจกเคลือบน้ำยาใช้แทนแป้ง หรือกระจกบางกระจกหนาใช้รองก้อน หรือปิดฝา



รูปที่ 2.9 แบตเตอรี่ประเภทปฐมภูมิ (Primary Battery) [11]

2.3.2 ประเภททุติยภูมิ (Secondary Battery)

หรือโดยทั่วไปเรียกว่าแบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery) ประกอบด้วยเซลล์ 6 เซลล์ ต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 2 โวลต์ จึงจ่ายแรงดันได้ 12 โวลต์ มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าชนิดกระแสตรง แบตเตอรี่ประเภทนี้ใช้งานจนไฟหมดหรือเลิกใช้งานแล้ว สามารถนำไปประจุไฟเพิ่มเติมปรับสภาพทางเคมี ให้กลับสู่สภาพพร้อมใช้งานเหมือนเดิมได้ คือ สามารถใช้หมุนเวียน ได้จนกว่าแบตเตอรี่นั้นจะเสื่อมสภาพ แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนมากทำจากตะกั่ว

- กรด ใช้ในรถยนต์ และในการใช้พลังงานไฟฟ้าสำรองในระบบต่างๆ



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของแบตเตอรี่ [9]

- แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว (Pb) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดิในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกันด้วยแผ่นกั้น

- แผ่นกั้น (Separates) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบแตะกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาส หรือยางแข็งเจาะรูพรุนเพื่อให้น้ำกรดสามารถไหลถ่ายเทไปมาได้และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

- น้ำกรดหรือน้ำยาลีเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) น้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรดกำมะถันเจือจางคือจะมีกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด 1.260 - 1.280 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำกรดในแบตเตอรี่เป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

- เซลล์ (Cell) คือช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวกแผ่นธาตุลบที่วางสลับกัน กั้นด้วยแผ่นกั้นแล้วจุ่มในน้ำกรด ในช่องหนึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2.1 โวลต์ ก็จะมีเซลล์ 6 เซลล์ และในแต่ละเซลล์ก็จะมีส่วนบนเป็นที่เติมน้ำกรดและมีฝาปิดป้องกันน้ำกรดกระเด็นออกมา และที่ฝาปิดก็จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีให้ระบายออกไปได้

- ฝาปิดเซลล์ (Battery Cell Plug) หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรด ฝานี้จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ ถ้าไม่มีฝาระบายนี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีก๊าซไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกไปได้ ทำให้เกิดแรงดันจนแบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้แบตเตอรี่ใหม่ๆ ที่ยังไม่มีน้ำกรดที่ฝาปิดจะมีกระดากาวปิดไว้เพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เมื่อเติมน้ำกรดเข้าไปแล้วทำการประจุไฟนำมาใช้งาน กระดากาวที่ปิดนี้จะต้องแกะออกให้หมด เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ประเภทประเภทยุติภูมิ (Secondary Battery) [9]

2.4 การคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ดึงจากแบตเตอรี่ [10]

$$I = \frac{P}{V} \quad (2.5)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

P คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ (W)

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (V)

2.5 การคำนวณความจุของแบตเตอรี่ [11]

$$h = \frac{Ah}{A} \quad (2.6)$$

เมื่อ h คือ เวลาที่ใช้งาน

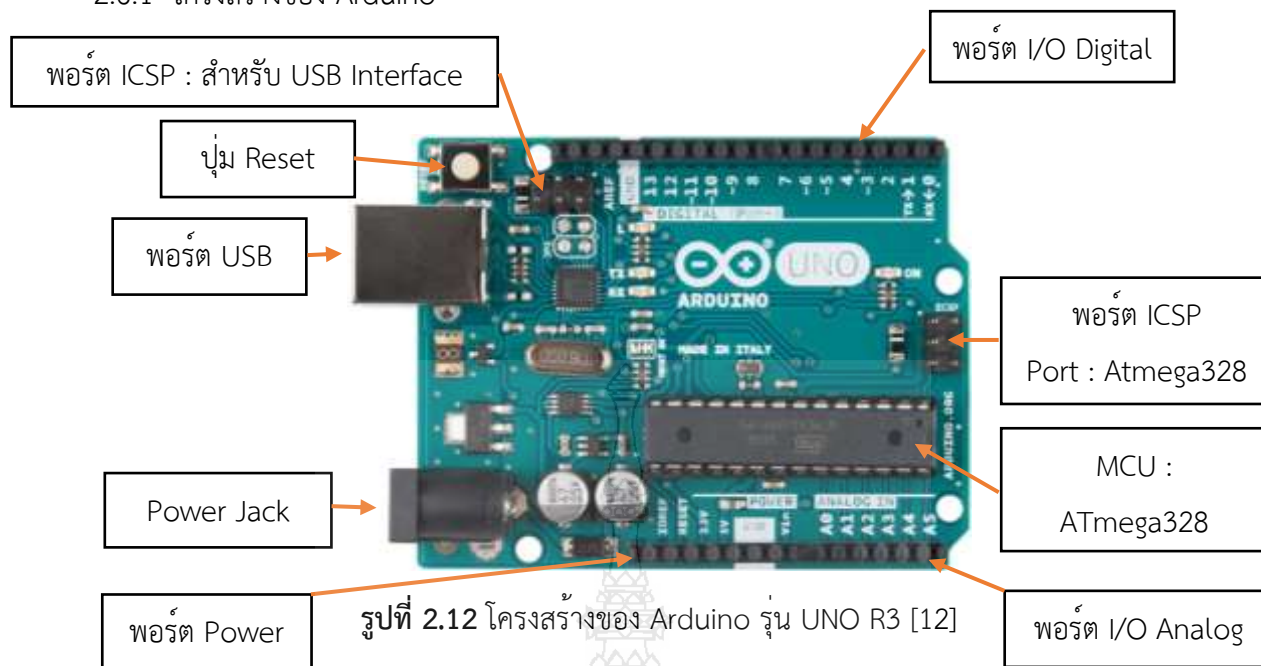
Ah คือ ค่าความจุของแบตเตอรี่

A คือ ค่ากระแสไฟฟ้ามอเตอร์

2.6 ทฤษฎี Arduino Uno Board [12]

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย โดยความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภท เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino, Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลยในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ด Arduino จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของ Arduino โดยจะอ้างอิงตามภาษา C/C++ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino ก็คือการเขียนโปรแกรมภาษา C โดยเรียกใช้ฟังก์ชันและไลบรารีที่ทาง Arduino เตรียมไว้ให้แล้ว ซึ่งสะดวกและทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างลึกซึ้งสามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้

2.6.1 โครงสร้างของ Arduino



2.5.1.1 USB Port ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.5.1.2 Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

2.2.1.3 ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Comport บน Atmega16U2

2.5.1.4 I/O Port Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติม ด้วย เช่น Pin 0, 1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM

2.5.1.5 ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

2.5.1.6 MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาดูโน่

2.5.1.7 I/O Port นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

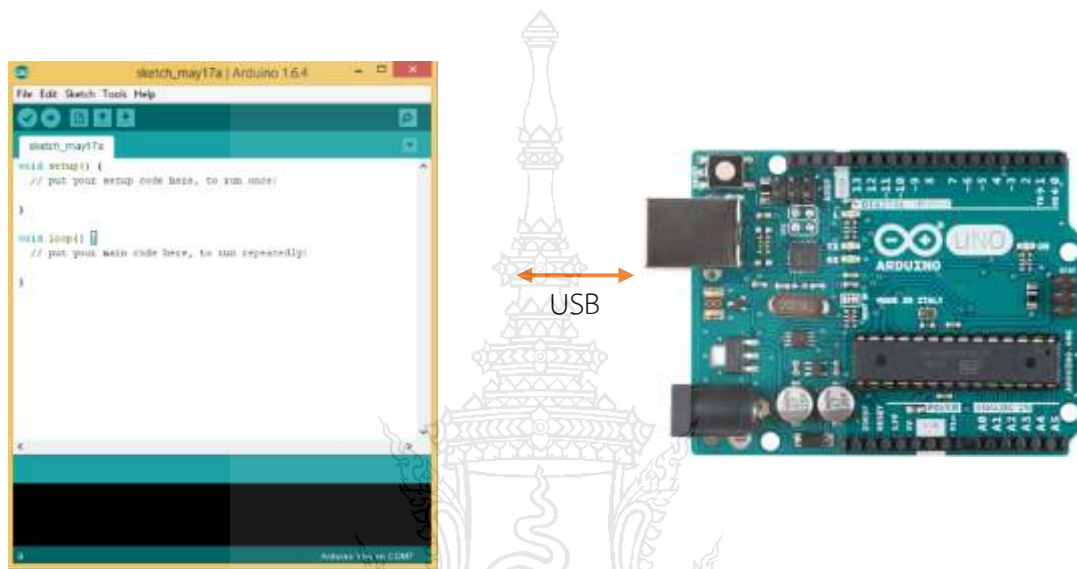
2.5.1.8 Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}

2.5.1.9 Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

2.5.1.10 MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.6.2 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่ง Arduino IDE คือ เครื่องมือการเขียนโปรแกรมที่มีใช้งานได้กับ Arduino ได้ทุกรุ่น โดยภายในจะมีเครื่องมือที่จะเป็น สำหรับติดต่อ Arduino เช่น การค้นหา Arduino ที่ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ การเลือกรุ่น Arduino ที่ต่ออยู่เพื่อตรวจสอบว่าขนาดของโปรแกรมที่เขียน หรือไลบรารีต่าง ๆ ชับพอร์ตกับ Arduino รุ่นนั้นๆ ไหม อีกทั้งยังมีโปรแกรมติดต่อผ่านซีเรียลโดยตรงสำหรับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.13 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino [13]

2.7 ทฤษฎี Arduino Nano Board [13]

บอร์ด Arduino Nano มีพื้นฐานในการออกแบบมาจากบอร์ดของบริษัท Gravitech.us และได้มีการอัปเดตมาหลายเวอร์ชัน เช่น บอร์ดที่เป็นเวอร์ชัน v2.x จะใช้ชิป ATmega168 และต่อมาเปลี่ยนมาใช้ชิป ATmega328 สำหรับเวอร์ชัน v3.3

2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Nano v3.3

ใช้ชิป ATMEGA328P-MU (VQFN package) On-chip Flash: 32 KB (เป็น Program Memory สำหรับเอาไว้เก็บคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม และพื้นที่ขนาด 2KB ถูกแบ่งไว้สำหรับเก็บโปรแกรมที่เรียกว่า Arduino Bootloader)

- On-chip SRAM: 2 KB (เป็น Volatile Data Memory สำหรับเก็บค่าของตัวแปรหรือข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างการทำงานของโปรแกรม)
- On-chip EEPROM: 1 KB (เป็น Non-volatile Data Memory ข้อมูลจะไม่สูญหายเมื่อบันทึกเก็บไว้ แล้วปิดไฟเลี้ยงหรือหลังจากรีเซตการทำงาน) ชิปที่อยู่บนบอร์ดได้มีการติดตั้งโปรแกรม Arduino Nano Bootloader (New Version) มาให้แล้ว

- ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า +5V
- มีขาสำหรับดิจิทัล-อินพุตหรือเอาต์พุต: D0 ~ D13 (14 ขา)
- มี 2 ขาที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบบิตอนุกรม: D0 (RX) และ D1 (TX)
- มี 6 ขาที่ใช้สำหรับการสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ PWM (Pulse Width Modulation): D3, D5, D6, D9, D10, D11
- มีขาสำหรับแอนะล็อก-อินพุต: A0 ~ A7 มีทั้งหมด 8 ขา และก็สามารถใช้เป็นขาดิจิทัลได้ 6 ขา
- มีตัวสร้างสัญญาณ (Crystal) ความถี่ 16MHz
- ใช้แรงดันไฟเลี้ยง VBUS = +5V จากพอร์ต USB (Mini-B USB connector)
- มีฟิวส์แบบรีเซตได้ (PTC Resettable Fuse) ขนาด 500mA สำหรับป้องกันกระแสเกิน หากใช้ไฟเลี้ยงจากพอร์ต USB
- มีวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากขา VIN (สามารถรับแรงดันได้ในช่วง +7 ~ +12V) ให้เป็น +5V โดยใช้ไอซี LM1117IMPX-5V @0.8A (max.), Dropout 1.2V, SOT-223 ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแรงดันให้คงที่ (Voltage Regulator)
- มีไดโอดแบบ Schottky (ในทิศทางจากขั้วแอโนดไปยังแคโทด) ต่ออยู่ระหว่าง VUSB กับ +5V ที่ได้จากเอาต์พุตของไอซี LM1117-5V
- ใช้ชิป FTDI FT232RL สำหรับทำหน้าที่เป็น USB-to-Serial Converter และเชื่อมต่อแบบอนุกรมที่ขา D0 (RX) และ D1 (TX) ของบอร์ด (และมีตัวต้านทานแบบ Pull-up ขนาด $1k\Omega$ อย่างละหนึ่งตัวที่ขาทั้งสอง)
- มีวงจร TX_LED และ RX_LED แสดงสถานะลอจิกเมื่อมีการสื่อสารข้อมูลผ่านทาง FT232RL
- สัญญาณ DTR จาก FT232RL ต่อผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า (100nF) ไปยังขารีเซ็ตของ ATmega328P เพื่อใช้ให้สามารถรีเซ็ตบอร์ดเข้าสู่โหมดการทำงานของบูทโหลดเดอร์ได้โดยอัตโนมัติเมื่อทำขั้นตอน Sketch Upload จากซอฟต์แวร์ Arduino IDE
- มีขา +3.3V (50mA max.) ซึ่งมาจากชิป FT232RL สามารถใช้เป็นแหล่งจ่ายได้
- มีคอนเนกเตอร์สำหรับ ICSP (2x3 pins)

2.7.2 โครงสร้าง Arduino nano



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของ Arduino nano v3.0 [13]

2.8 ทฤษฎีเซ็นเซอร์ Ultrasonic Module (HC-SR04) [14]

คลื่นอัลตราโซนิก เป็นคลื่นความถี่เหนือความถี่สัญญาณเสียง โดยปกติแล้วมนุษย์จะสามารถได้ยินเสียงหรือรับรู้ได้ที่ความถี่ 20Hz ถึง 20kHz แต่คลื่นอัลตราโซนิกนั้น ระบุเพียงว่าเป็นคลื่นที่มีความถี่เหนือคลื่นความถี่เสียง ความถี่อัลตราโซนิกนั้น ที่นิยมใช้งานในเซ็นเซอร์วัดระยะรุ่นต่าง ๆ จะมีความถี่ที่ประมาณ 40kHz ข้อดีของการใช้ความถี่นี้ คือมีลักษณะของความยาวคลื่นที่สั้น ส่งผลให้คลื่นไม่แตกกระจายออกเป็นวงกว้าง และสามารถยิงคลื่นตรงไปชนวัตถุชนิดใดๆ ก็ได้และนอกจากนี้ความถี่ 40kHz ยังเป็นความถี่ที่มีระยะเดินทางเพียงพอกับการใช้งาน หากใช้ความถี่สูงขึ้นจะทำให้คลื่นเดินทางได้ในระยะทางที่ลดลง ทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงจะวัดระยะได้ในระยะที่สั้น



รูปที่ 2.15 เซ็นเซอร์ Ultrasonic Module HC-SR04 [14]

2.8.1 หลักการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [14]

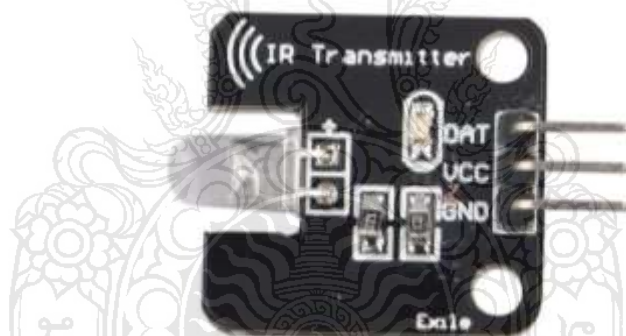
หลักการที่สำคัญของการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก คือการส่งคลื่นอัลตราโซนิกจำนวนหนึ่งออกจากตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) เมื่อคลื่นเดินทางไปชนกับวัตถุ คลื่นจะส่งสัญญาณการสะท้อนกลับมา แล้วเดินทางไปหาตัวรับสัญญาณ (Receiver) ด้วยการเริ่มนับเวลาที่ส่งคลื่นออกไป จนถึงได้รับคลื่นกลับมา ทำให้สามารถหาระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซ็นเซอร์ได้



รูปที่ 2.16 การทำงานของเซ็นเซอร์วัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [14]

2.9 ทฤษฎีเซ็นเซอร์ Infrared Transmitter Module [15]

Infrared Transmitter Module (อินฟราเรดทรานสมิตเตอร์) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลในรูปแบบของคลื่นอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในการสื่อสารไร้สาย เช่น ในรีโมทคอนโทรลของทีวี หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ



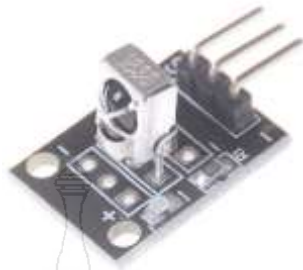
รูปที่ 2.17 เซ็นเซอร์ Infrared Transmitter Module [15]

การทำงานของ IR transmitter จะส่งสัญญาณที่มีความถี่เฉพาะไปยัง IR receiver (อินฟราเรดรีซีฟเวอร์) ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณและแปลเป็นข้อมูลหรือคำสั่งที่ต้องการ ในการใช้งานทั่วไป IR transmitter จะมีลักษณะเป็น LED ที่ปล่อยแสงอินฟราเรดออกมาเมื่อได้รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน

2.10 ทฤษฎีเซ็นเซอร์ Infrared Receiver Module [15]

Infrared Receiver Module เป็นเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณอินฟราเรดที่ถูกส่งมาจากรีโมทอินฟราเรด (IR Remote) โดยแต่ละปุ่มที่อยู่บนรีโมทจะมีค่าตัวเลขที่เป็นรหัสประจำปุ่ม เมื่อถูกกดค่าตัวเลขดังกล่าวจะถูกเข้ารหัส (Encode) และถูกผสมรวมไปกับแสงอินฟราเรดที่ถูกยิงออกมา

จากตัวรีโมทบนคลื่นความถี่ 38 KHz ซึ่งเมื่อไปตกกระทบกับตัวรับ (IR Reciver) ก็จะถูกถอดรหัส (Decode) ออกมาเป็นสัญญาณหรือค่าตัวเลขที่ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด สามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานตามลำดับคำสั่งในโปรแกรมได้



รูปที่ 2.18 เซ็นเซอร์ Infrared Receiver Module [15]

2.11 ทฤษฎีสวิตช์ไฟฟ้า [16]

สวิตช์ไฟ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมวงจรกระแสไฟฟ้าทำหน้าที่เปิดกระแสไฟ หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟ เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า สวิตช์ไฟถูกออกแบบมาให้ติดตั้งได้ง่าย ใช้งานง่าย สามารถตอบสนองความต้องการได้รวดเร็วเพียงแค่สัมผัส ผลิตจากพลาสติกที่ทนความร้อน มีหลายชนิดให้เลือกใช้งานโดยประเภทของสวิตช์ทางกลุ่มได้เลือกใช้เป็นสวิตช์แบบสวิตช์กระดก ทำหน้าที่เปิด-ปิดกระแสไฟของวงจร

2.11.1 สวิตช์ไฟฟ้าแบบต่างๆ

สวิตช์จะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป การออกแบบของสวิตช์ไฟแต่ละประเภทรันั้น เพื่อการใช้งานที่สะดวก และเหมาะสมกับการใช้งานให้ใช้งานง่าย ติดตั้งง่าย เพื่อการใช้ชีวิตประจำวันสะดวกมากขึ้น โดยประเภทของสวิตช์มีดังนี้

2.11.2 สวิตช์โยก

สวิตช์แบบก้านยาว (Toggle Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องโยกก้านสวิตช์ไปมาโดยมีก้านสวิตช์โยกยื่นยาวออกมาจากตัวสวิตช์ การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยโยกก้านสวิตช์ให้ขึ้นบนหรือลงล่าง ในการโยกก้านสวิตช์ขึ้นมักจะเป็นการต่อ (ON) และโยกก้านสวิตช์ลงมักจะเป็นการตัด (OFF) สวิตช์ถูกลอย



รูปที่ 2.19 สวิตช์แบบก้านยาว (Toggle Switch) [16]

2.11.3 สวิตช์กระดก [16]

สวิตช์กระดก เป็นประเภทสวิตช์ที่พบได้รอบตัวที่สุดกว่าได้ สวิตช์แบบกระดกมีการทำงานแบบเปิดปิดในปุ่มเดียวแต่มีการกระดกไปมา ผังหนึ่งเพื่อเปิด อีกผังหนึ่งเพื่อปิด เช่น สวิตช์ปลั๊กไฟ หลอดไฟ เป็นต้น



รูปที่ 2.20 สวิตช์กระดก [16]

2.11.4 สวิตช์ลูลอย [16]

สวิตช์ลูลอย (Float Switch) ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระดับน้ำในภาชนะ โดยแบบสายเคเบิล หรือ Cable Type Float Switch จะเป็นสวิตช์ลูลอยแบบสายเคเบิลที่ราคาประหยัด ออกแบบมาใช้สำหรับหย่อน หรือ จุ่มลงในบ่อหรือถัง น้ำ หรือ น้ำเสีย หรือ ของเหลวอื่นๆ เพื่อใช้ในการเตือน หรือ ควบคุมระดับของเหลวต่างๆ ร่วมกับรีเลย์ หรือ ส่งสัญญาณที่เป็นลักษณะของสวิตช์ไปเข้าระบบ PLC เพื่อควบคุมปั๊ม ในปัจจุบัน



รูปที่ 2.21 สวิตช์ลูลอย (Float Switch) [16]

2.11.5 สวิตช์ปุ่มกด [16]

สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการนำมาใช้งานร่วมกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหรือติดตั้งไว้ภายในตู้ เพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยหลักการทำงาน จะใช้นิ้วมือกดที่ปุ่ม เป็นการควบคุมให้ระบบทำงานและหยุดทำงานได้ทันที ซึ่งลักษณะรูปแบบของปุ่มกดแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่สำคัญคือหน้าสัมผัส เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าที่อยู่ภายใน



รูปที่ 2.22 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) [16]

2.11.6 สวิตช์ใบพาย [16]

สวิตช์ใบพาย หรือ โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch) เป็นสวิตช์ เปิด-ปิด ที่ติดตั้งไว้กับท่อ เพื่อตรวจจําการไหลของน้ำหรือของไหลในท่อ เมื่อมีของไหลผ่านจะทำให้หน้าสัมผัส (Relay Contact) ของสวิตช์ทำงาน โดยหน้าสัมผัสมีทั้งแบบปกติปิด (NC) และแบบปกติเปิด (NO) ต่อใช้งานในการควบคุมการไหลเพื่อคํมปั้ม เช่น ใช้สำหรับตรวจจําการไหลของน้ำในการป้องกันปั้มน้ำไม่ให้เดินตัวเปล่า เนื่องจากจะทำให้ปั้มน้ำเกิดความเสียหาย (Run Dry)



รูปที่ 2.23 สวิตช์ใบพาย หรือ โฟลว์สวิตช์ (Flow Switch) [16]

2.11.7 สวิตช์แสงแดด [16]

สวิตช์แสงแดด (Photo Control Switch) คือสวิตช์ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ด้วยแสงแดดให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานก็ต่อเมื่ออยู่ในที่มืดหรือแสงสลับเท่านั้น ตัวอย่างการใช้งานเช่น ไฟถนน หรือ ไฟรั้วที่ต้องการให้ไฟติดในเวลากลางคืนและไฟดับในเวลากลางวัน การทำงานอย่างอัตโนมัติ นี้เพิ่มความสะดวกรสบายและประหยัดพลังงาน ให้กับผู้ใช้งานเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 2.24 สวิตช์แสงแดด (Photo Control Switch) [16]

2.11.8 ลิ้มิตสวิตช์ [16]

ลิ้มิตสวิตช์ หรือ สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) คือ อุปกรณ์เปิด/ปิด วงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจำกัดระยะทาง และตัด/ต่อ วงจรการทำงานของระบบอัตโนมัติต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เพื่อควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติ และยังใช้ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุว่ามีหรือไม่มี



รูปที่ 2.25 ลิ้มิตสวิตช์ หรือ สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) [16]

2.11.9 สวิตช์ใบมีด [16]

สวิตช์ใบมีดนั้นเป็นอุปกรณ์ตัดตอนที่มีทั้งแบบตัดตอนที่ละ 1 เฟส และที่ละ 3 เฟส และไม่สามารถปลดสับขณะมีกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.26 สวิตช์ใบมีด [16]

2.11.10 สวิตช์แรงดัน [16]

สวิตช์แรงดัน (Pressure Switch) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบเมื่อความดันเกิดความเปลี่ยนแปลงสูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับความดันเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นิยมใช้มากในระบบควบคุมความดันของหม้อไอน้ำ ปั๊มลม ไฮดรอลิก เป็นต้น ถือว่าเป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยชนิดหนึ่ง นอกเหนือไปจากวาล์วระบายความดัน



รูปที่ 2.27 สวิตช์แรงดัน (Pressure Switch) [16]

2.11.11 สวิตช์ฉุกเฉิน [16]

สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch) นิยมใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่าง ๆ เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และเมื่อถึงเวลาใช้งาน ทันทีที่เรากดที่ปุ่ม Emergency Switch เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม emergency switch จะหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.28 สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch) [16]

2.11.12 รีเลย์ [16]

รีเลย์ (Relays) คือ สวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนมากใช้ในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ใช้ในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ รีเลย์มีส่วนประกอบสำคัญคือ ขดลวด และส่วนของหน้าสัมผัสทำหน้าที่เป็นสวิตช์ คือ เมื่อรีเลย์ได้รับการจ่ายไฟแล้วจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิด ถ้าไม่จ่ายไฟหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกันกลายเป็นวงจรเปิดรีเลย์ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องจักรต่างๆ



รูปที่ 2.29 รีเลย์ (Relays) [16]

2.11.13 สวิตช์แบบหมุน [16]

สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) หรือเรียกว่าสวิตช์แบบเลือกค่า (Selector Switch) เป็นสวิตช์ที่ต้องหมุนก้านสวิตช์ไปโดยรอบเป็นวงกลม สามารถเลือกตำแหน่งการตัดต่อได้หลายตำแหน่ง มีหน้าสัมผัสสวิตช์ให้เลือกต่อมากหลายตำแหน่ง เช่น 2, 3, 4 หรือ 5 ตำแหน่ง เป็นต้น



รูปที่ 2.30 สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) [16]

2.12 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

เครื่องประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้บรรจุพลังงานลงไปในเซลล์ทุติยภูมิหรือแบตเตอรี่ชนิดบรรจุซ้ำได้โดยขับเคลื่อนกระแสไฟฟ้าลงไป

2.12.1 หลักการชาร์จหรือบรรจุไฟ

การชาร์จหรือบรรจุไฟขึ้นกับขนาดและประเภทของแบตเตอรี่ที่ถูกบรรจุไฟ แบตเตอรี่บางประเภททนทานการบรรจุไฟเกินจำเป็นได้ดี และสามารถนำมาบรรจุซ้ำได้โดยเชื่อมต่อกับแหล่งศักย์ไฟฟ้าหรือแหล่งกระแสไฟฟ้าที่เสถียร เครื่องประจุแบตเตอรี่อย่างง่ายจำเป็นต้องถอดอุปกรณ์ออกเมื่อสิ้นสุดวัฏจักรการบรรจุไฟ หรืออาจมีเครื่องจับเวลาที่ตัดกระแสไฟฟ้า ณ จุดเวลาหนึ่ง แบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ ไม่สามารถทนการบรรจุไฟเกินจำเป็นอย่างยาวนานได้ เนื่องจากเครื่องประจุอาจมีวงจรตรวจจับอุณหภูมิหรือศักย์ไฟฟ้าและตัวควบคุมไมโครโพรเซสเซอร์สำหรับปรับกระแสไฟฟ้าที่บรรจุไฟอยู่ กำหนดสถานะของประจุ และตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อบรรจุไฟเสร็จ

2.12.2 ประเภทเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

1. แบตเตอรี่แบบชาร์จหรือถ่านชาร์จ ทุกวันนี้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้ามากขึ้น โดยประสิทธิภาพของแบตเตอรี่แบบชาร์จนั้น ถูกออกแบบมาให้ชาร์จได้กว่าหลายร้อยครั้งซ้ำแล้วซ้ำอีก ตามที่ได้ระบุเอาไว้ที่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นแล้วแบตเตอรี่แบบชาร์จจำเป็นต้องอาศัย เครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งมีสำหรับเอาไว้ชาร์จแบตเตอรี่ครั้งใหม่เพื่อให้ไฟมีพลังงานเต็มที่และพร้อมใช้งาน โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าแทนไดชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ส่วนประกอบของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยทั่วไป คือ สายชาร์จพร้อมหัวคีบ แดง (บวก) กับ ดำ (ลบ) ลูกบิดปรับแรงดัน 12-48 โวลต์ ลูกบิดปรับกระแสและเกจวัดกระแสไฟ หรือแอมป์

2. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลากหลายรูปแบบ และมีราคาตั้งแต่หลักร้อย จนถึงหลักพัน หลักในการเลือกเครื่องชาร์จ ท่านควรตรวจสอบว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ของท่านสามารถชาร์จแบตเตอรี่ ชาร์จขนาดใดได้บ้าง เช่น AA, AAA เครื่องชาร์จของท่านนั้นจะชาร์จพร้อมกันได้ทั้งก้อนและสามารถชาร์จได้เร็วเท่ากันทุกก้อนหรือไม่ รวมทั้งมีวงจรการตัดการชาร์จชนิดเต็มแล้วตัดหรือไม่

2.12.3 การเลือกซื้อเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ควรเลือกใช้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ที่สามารถชาร์จกระแสไฟขั้นต่ำได้ 60 แอมป์ เนื่องจากเครื่องชาร์จที่มีกระแสต่ำจะไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ที่มีแอมป์สูงได้ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ ต้องสามารถปรับแรงดันได้ และต้องมีวงจรป้องกันเมื่อคิบบายสลับขั้ว รวมถึงขดลวดทองแดงควรเป็นรูปแบบ 100 เปอร์เซนต์ เพื่อให้การเลือกซื้อเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ เหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อ

ยืดอายุการใช้งาน และให้ท่านสามารถใช้ประโยชน์จากแบตเตอรี่ได้เต็มประสิทธิภาพ รวมถึงเพื่อความปลอดภัยของท่าน ท่านควรพิจารณาถึงคุณสมบัติของแบตเตอรี่แบบชาร์จเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกเครื่องชาร์จให้เหมาะสมตามการใช้งาน

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่บางเครื่อง ไม่มีระบบควบคุมแรงดันเพื่อหยุดการทำงานของแบตเตอรี่ แต่เป็นการตัดหรือหยุดการทำงานของเครื่องเมื่อถึงเวลาที่เครื่องได้ถูกตั้งเอาไว้ หรือเรียกว่า เครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ที่ตัดการทำงานโดยการตั้งเวลา ซึ่งทำให้เกิดปัญหา คือ การ-ชาร์จเกิน และชาร์จไม่เต็ม ซึ่งอาจทำให้แบตเตอรี่รถยนต์มีอุณหภูมิมากเกินไปและอาจขยายตัวด้วย ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องชาร์จจะร้อนมากและทำให้แบตเตอรี่รถยนต์เสื่อมเร็วขึ้น ถ้าท่านอยากจะหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ ท่านอาจใช้เครื่องชาร์จที่ชาร์จเต็มแล้วตัด เครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ประเภทนี้จะมีราคาแพงกว่าเครื่องชาร์จแบบตั้งเวลา แต่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้เพียงพอเหมาะสม

การใช้งานอื่นๆ หรือฟังก์ชันเพิ่มเติมที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของเครื่องชาร์จที่อาจมีได้ในแต่ละเครื่อง ได้แก่ สามารถปรับความเร็วของการชาร์จให้เร็วหรือช้าได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังมีเครื่องชาร์จที่มีจอ LCD แสดงข้อมูลการชาร์จและตรวจสอบถ่านชาร์จที่ไม่เหมาะสมในการชาร์จได้อีกด้วย



รูปที่ 2.31 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

รูปที่ 2.32 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ แบบมีจอ LC

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุลศิริ และคณะ [16] (2561) ได้พัฒนาระบบรถขนย้ายนำทางอัตโนมัติ เพื่อส่งชิ้นงานภายในโรงงาน โดยใช้การป้อนข้อมูลจากแผงแป้นตัวเลขบนรถเพื่อกำหนดจุดหมายปลายทาง รถขนย้ายเคลื่อนที่โดยใช้มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ สองตัวแยกอิสระในการขับเคลื่อนล้อด้านซ้ายและด้านขวา ใช้การเลี้ยงแบบหยุดล้อด้านหนึ่งและหมุนล้ออีกด้านหนึ่ง แหล่งพลังงานได้จากแบตเตอรี่กระแสตรง 12 โวลต์ ที่ติดตั้งบนตัวรถสามารถใช้งานได้นาน 6 – 10 ชั่วโมงต่อการชาร์ตหนึ่งครั้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมงตัวรถสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ 2.5 กิโลกรัมบนพื้นที่บรรทุกขนาด 210×300 มิลลิเมตร

นพจุจ และสมมาตร [17] (2565) โดยสามารถขนส่งของได้ไม่เกิน 10 กิโลกรัม และขับเคลื่อนโดยใช้สแต็ปมอเตอร์และใช้ Arduino พร้อมกับเซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงาน รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติสามารถวิ่งตามเส้นและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยบอร์ด NodeMCU รถสามารถวิ่งส่งวัสดุ ในบริเวณที่กำหนดได้ตรงจุด เมื่อมีผู้ใช้ผ่านแอปพลิเคชัน ระหว่างทางหากมีคนหรือสิ่งกีดขวางแนวทางการเดินของรถ รถจะหยุดหากนำสิ่งที่ขวางทางออกรถจะสามารถวิ่งต่อไปได้

ยุทธพงษ์ และคณะ [18] (2565) ได้ศึกษาแบบจำลองจลศาสตร์ของยานพาหนะขนส่งวัสดุระบบอัตโนมัติ 4 ล้อแมคคานัม โดยแบบจำลองดังกล่าว สามารถช่วยอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการหมุนของล้อทั้งสี่ ให้อานพาหนะเคลื่อนที่ตามคำสั่งจากการเขียนโปรแกรม Arduino IDE ควบคุมยานพาหนะขนส่งวัสดุ บนพื้นเรียบลายหินขัดและบนพื้นเรียบรองด้วยกระดาษขาว A4 ซึ่งยานพาหนะจะเคลื่อนที่ได้ดีเมื่อมีมวลบรรทุกไม่มาก และลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสอดคล้องกับชุดคำสั่งที่ตั้งโปรแกรมไว้



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานในการสร้างรถบิณฑบาตอัตโนมัติสามารถสรุปเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูล

ศึกษาแนวคิดและหลักการทำงานของ Arduino รวมถึงการใช้งานเซนเซอร์อัลตราโซนิกและเซนเซอร์อินฟราเรด รวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ คู่มือการใช้งาน และคลิปวิดีโอในอินเทอร์เน็ต เพื่อทำความเข้าใจทั้งด้านทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานจริง

3.1.2 ออกแบบและสร้างต้นแบบ

ออกแบบตำแหน่งจัดวางวงจรและอุปกรณ์ทั้งหมดบนตัวรถให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ติดตั้งวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Arduino, เซนเซอร์, มอเตอร์ไฟฟ้า และแหล่งจ่ายไฟ ลงบนโครงสร้างตามแบบที่กำหนด เก็บรายละเอียดของชิ้นงาน ตรวจสอบความเรียบร้อยและความแข็งแรงของประกอบ

3.1.3 ทดสอบการทำงาน

ทดสอบระบบโดยรวม ทั้งการรับ-ส่งสัญญาณจากเซนเซอร์และการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ตรวจสอบความถูกต้องของการตอบสนอง เช่น การหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางหรือการเคลื่อนที่อัตโนมัติ

3.1.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

วิเคราะห์ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความเสถียรในการทำงานของระบบ ระบุปัญหาที่พบ เช่น ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หรือข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ และนำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุง

3.1.5 สรุปผลและจัดทำรายงาน

รวบรวมข้อมูล ผลการทดสอบ และข้อสรุปจากการดำเนินงาน จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ พร้อมข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาโครงการในอนาคต

3.2 วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยและสร้างต้นแบบระบบปัญญาประดิษฐ์อัตโนมัติในครั้งนี้ อาศัยแนวทางดังต่อไปนี้

3.2.1. วิธีการศึกษาข้อมูล

ใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าเชิงเอกสาร (Documentary Research) จากหนังสือ ตำรา คู่มือการใช้งาน Arduino และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนวิดีโอสาธิตและบทความในอินเทอร์เน็ต เพื่อสร้างความเข้าใจในหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์อัลตราโซนิก และเซนเซอร์อินฟราเรด

3.2.2. วิธีการออกแบบ

ใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Method) โดยเริ่มจากการเขียนแบบวงจรไฟฟ้าและวงจรควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งออกแบบโครงสร้างตัวรถด้วยแนวคิด Human-Centered Design เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อม

3.2.3. วิธีการสร้างและพัฒนา

นำวัสดุและอุปกรณ์ เช่น Arduino, มอเตอร์ไฟฟ้า, แบตเตอรี่, เซนเซอร์อินฟราเรด และเซนเซอร์อัลตราโซนิก มาประกอบเข้ากับโครงสร้าง โดยใช้วิธีการทดลอง-ปรับปรุง (Trial and Error) ร่วมกับการเขียนโปรแกรม Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงาน

3.2.4. วิธีการทดสอบ

ใช้วิธีการทดสอบเชิงทดลอง (Experimental Method) โดยตั้งเงื่อนไขการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงการใช้งานจริง เช่น การตรวจจับสิ่งกีดขวาง การตอบสนองของมอเตอร์ และการเคลื่อนที่อัตโนมัติ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ

3.2.5. วิธีการวิเคราะห์ผล

ใช้การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis) โดยเปรียบเทียบผลการทำงานกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ พร้อมทั้งบันทึกข้อผิดพลาดและข้อบกพร่อง เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข

3.2.6. วิธีการสรุปและรายงานผล

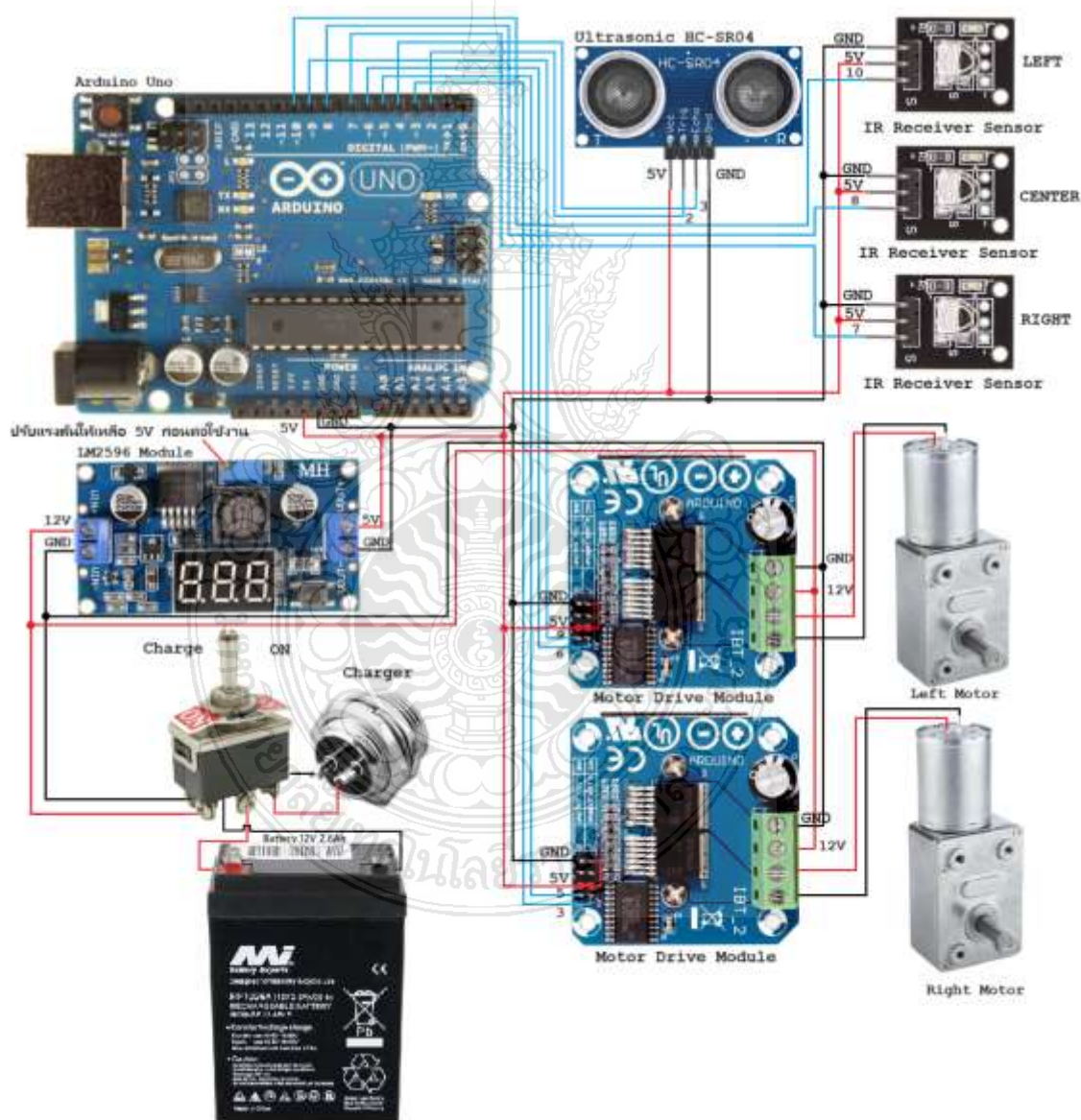
ใช้วิธีการนำเสนอเชิงวิชาการ (Academic Presentation) โดยสรุปกระบวนการทำงาน ผลการทดสอบ และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อยอดเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์

3.3 การออกแบบ

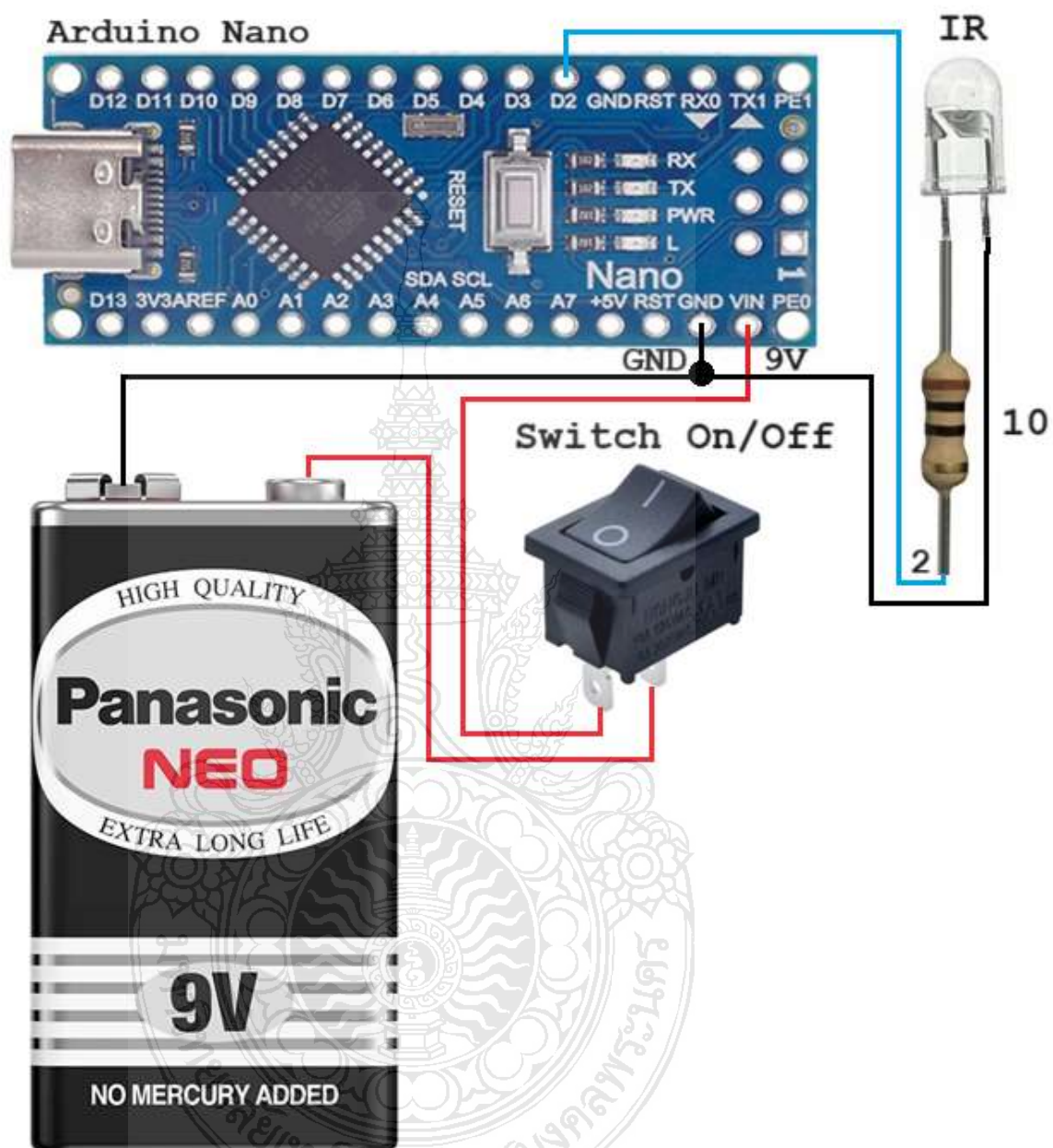
ในการออกแบบระบบปัญญาประดิษฐ์อัตโนมัติ ได้มีการออกแบบโดยแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆ ได้แก่ การออกแบบชุดวงจรการทำงานของเซ็นเซอร์ และการออกแบบโครงสร้าง

3.3.1 ชุดวงจรการทำงานของเซ็นเซอร์รถบิณฑบาตอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 Vdc 2.6 Ah ซึ่งจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ Arduino และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 Vdc ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที Arduino จะทำหน้าที่ควบคุม ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ เซ็นเซอร์อินฟราเรดและเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

3.3.2 ชุดวงจรการทำงานของตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วย Arduino Nano สวิตช์เปิด-ปิดการทำงาน ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบตเตอรี่ชนิดอัลคาไลน์ 9 Vdc ทำหน้าที่ควบคุมการส่งสัญญาณให้กับรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

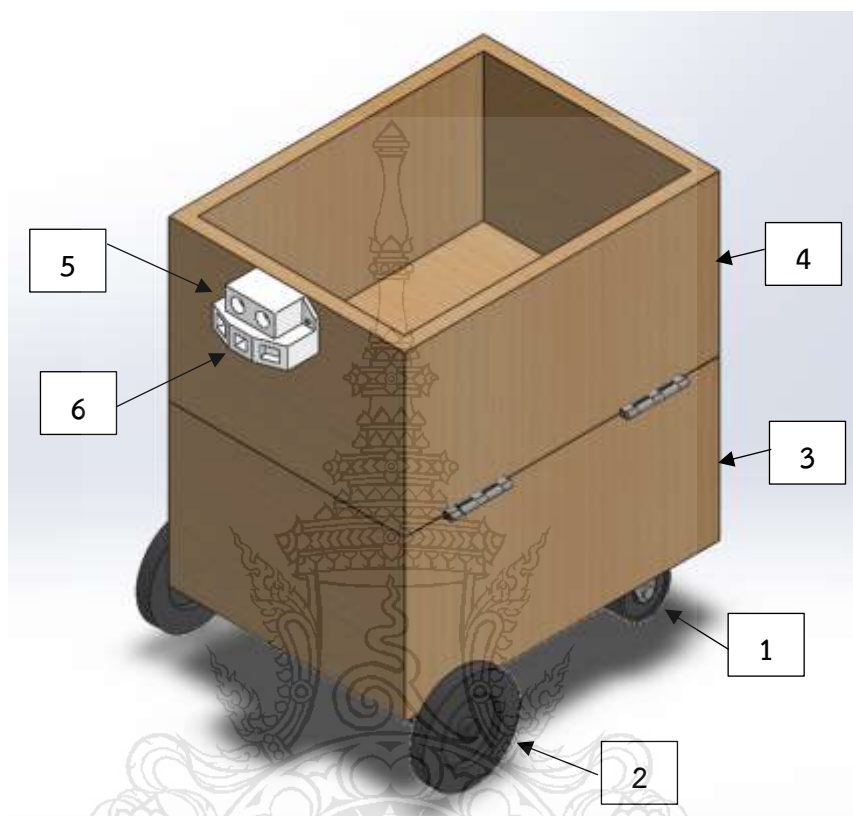


รูปที่ 3.2 ชุดวงจรการทำงานของเซ็นเซอร์ รถบิณฑบาตอัตโนมัติ



รูปที่ 3.3 ชุดวงจรการทำงานตัวส่งสัญญาณ

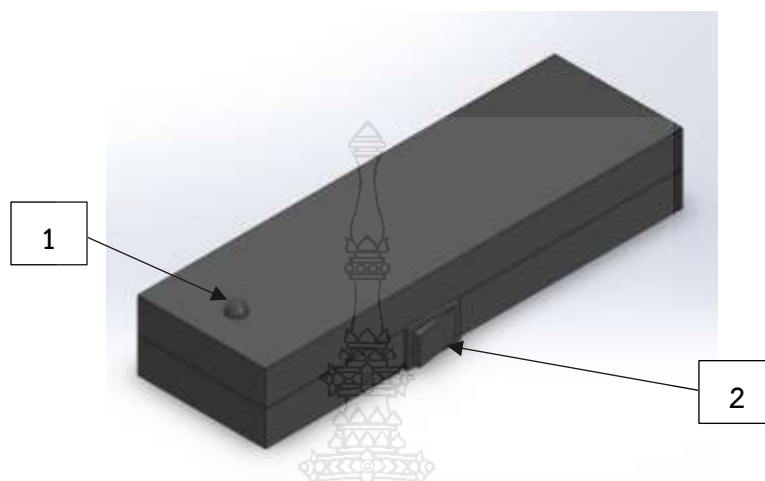
3.3.3 โครงสร้างโดยรวมของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างโดยรวมของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

1. ล้อแบบแป้นหมุน 2.5 นิ้ว
2. มอเตอร์ต้นกำลังกับล้อ 5 นิ้ว
3. ชั้นวางจebakเบตเตอร์
4. ชั้นใส่ของ
5. เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก
6. เซ็นเซอร์อินฟราเรด

3.3.4 ตัวส่งสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 รีโมทส่งสัญญาณ

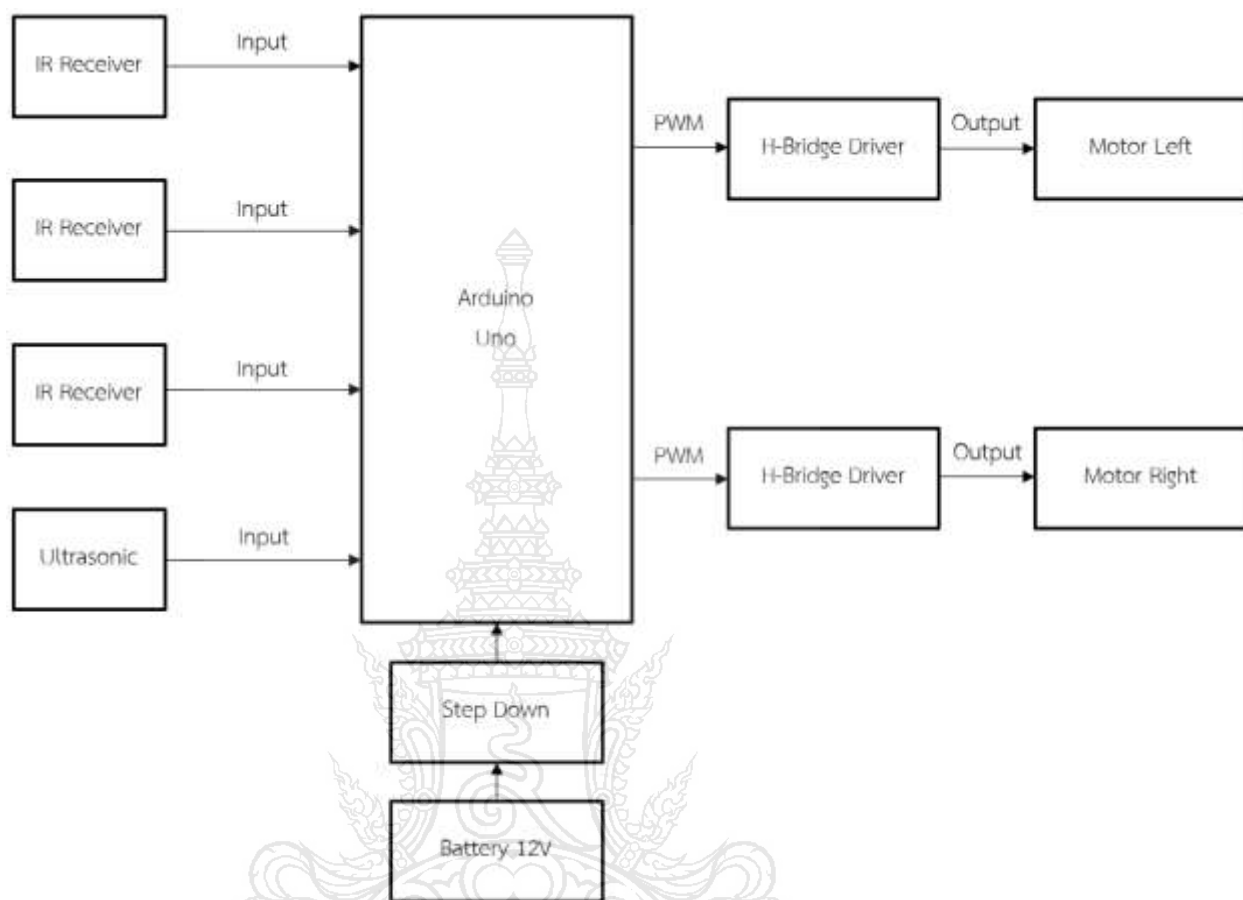
1. หลอดส่งสัญญาณอินฟราเรด
2. สวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของตัวส่งสัญญาณ

3.3.5 การออกแบบการทำงานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

การควบคุมการทำงานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติที่วิ่งตามรีโมทส่งสัญญาณใช้ระบบควบคุมวงจรถัดไป หลักการควบคุมแบบป้อนกลับ feedback control หรือระบบควบคุมวงจรถัดไป การทำงานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติออกแบบโดยใช้ตัวรับ-ตัวส่ง สร้างสัญญาณภาพ 40 KHz Modulate กับ Data เพื่อส่งไปให้หุ่นยนต์ ผ่านหลอดอินฟราเรด เช่น เซอร์อัลตราโซทรจจับสิ่งกีดขวาง ติดตัวรับอินฟราเรด 3 ตัว เมื่อรถได้ตรวจจับสัญญาณรีโมท เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้ไปในทิศทางของรีโมท ตัวรถจะทำการเดินไปข้างหน้าเมื่อตัวรถจับสัญญาณด้านซ้ายหรือด้านขวาจะทำให้มอเตอร์ด้านตรงข้ามจับตัวสัญญาณอินฟราเรดได้ลดความเร็วลงทำให้ตัวรถสามารถเข้าโค้งหรือเลี้ยวได้ และถ้ามีสิ่งกีดขวางทางเดินของตัวรถจะทำให้ตัวรถตรวจจับสิ่งกีดขวางจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก เมื่อระยะทางที่อ่านได้น้อยกว่า 4 เมตร หุ่นยนต์จะหยุดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.6 รูปแบบการทำงานของรีโมทส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.7 รูปแบบการทำงานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

3.4 การคำนวณ

3.4.1 คำนวณแรงที่ต้องรับ

สูตร

$$F = m \times g \quad (3.1)$$

$$F = 6\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$F = 58.86\text{N}$$

มอเตอร์ต้องสามารถให้แรง อย่างน้อย 58.86 N เพื่อรับน้ำหนักนี้ได้

3.4.2 หาสมการของแรงเสียดทาน

สูตร

$$F_{\text{friction}} = \mu N \quad (3.2)$$

$$F_{\text{friction}} = 0.841 \times 58.86 \text{ N}$$

$$F_{\text{friction}} = 49.50 \text{ N}$$

ค่าสมการของแรงเสียดทาน 49.50 N ซึ่งมีล้อที่รับแรงทั้งหมด 4 ล้อ

แทนค่า

$$= \frac{49.50 \text{ N}}{4}$$

$$= 12.37 \text{ N}$$

ดังนั้นจะมีแรงกระทำที่ล้อเท่ากับ 12.37 N

3.4.3 คำนวณหาแรงบิดมอเตอร์

แรงบิดของมอเตอร์ = 9 kgf·cm

แปลงค่า

$$\frac{T \times g}{100}$$

(3.3)

แทนค่า

$$= \frac{9 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{100}$$

$$T = 0.882 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.4.5 หากำลังมอเตอร์

สูตร

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \quad (3.4)$$

แทนค่า

$$P = \frac{2\pi(0.882 \text{ N} \cdot \text{m})(40\text{rpm})}{60}$$

$$P = 3.69 \text{ W}$$

จากการคำนวณหำลังมอเตอร์ 3.69 W เป็นขนาดที่ไม่มีจำหน่ายจึงเลือกใช้เป็นมอเตอร์ 3.6 W มาทดแทน

3.4.6 หาขนาดของแรงบิดโหลตของมอเตอร์

$$T = F \times r$$

(3.5)

ย้ายสมการเพื่อหา F แรง เป็น

$$F = \frac{T}{r}$$

แทนค่า

$$F = \frac{0.882 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.127 \text{ m}}$$

$$F = 7 \text{ N}$$

3.4.7 หาค่าการรับน้ำหนักของล้อต้นกำลัง

จำนวนล้อต้นกำลังมี 2 ล้อ

แทนค่า

$$7 \times 2 = 14 \text{ N}$$

จากการคำนวณหาขนาดของแรงบิดโหดของมอเตอร์จะอยู่ที่ 7 N ซึ่งล้อต้นกำลัง 2 ล้อ
จะได้ 14 N จากการคำนวณของแรงเสียดทานได้ 12.38 N ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

3.4.8 หาค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ดึงจากแบตเตอรี่

สูตร

$$I = \frac{P}{V} \quad (3.6)$$

แทนค่า

$$I = \frac{12.3 \text{ W}}{12 \text{ A}}$$

$$I = 1.0 \text{ A}$$

3.4.9 หาค่าความจุของแบตเตอรี่

สูตร

$$h = \frac{Ah}{A}$$

แทนค่า

$$h = \frac{2.6 \text{ Ah}}{1.0 \text{ A}} \quad (3.7)$$

$$h = 2.6 \text{ h}$$

แบตเตอรี่สามารถใช้งานมอเตอร์ที่ 12.3W ได้นานประมาณ 2 ชั่วโมง 46 นาที

3.5 ขั้นตอนการสร้าง



รูปที่ 3.8 วัดขนาดไม้ที่ต้องการ



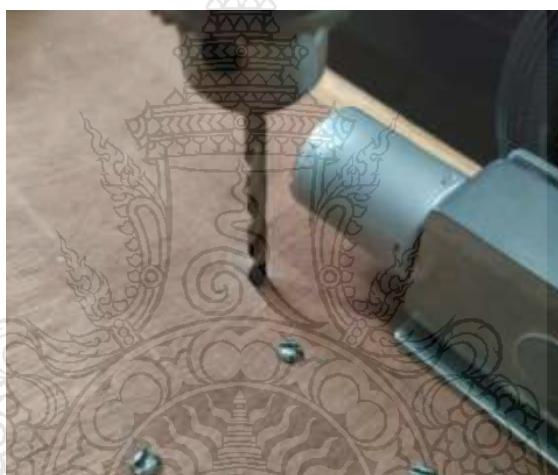
รูปที่ 3.9 ตัดไม้ตามขนาดที่ทำการวัดไว้แล้วไปประกอบเป็นกล่อง



รูปที่ 3.10 วัดหาตำแหน่งที่จะติดมอเตอร์



รูปที่ 3.11 เจาะตามตำแหน่งที่วัดไว้และทำการติดมอเตอร์



รูปที่ 3.12 เจาะรูสายมอเตอร์



รูปที่ 3.13 วัดหาตำแหน่งและเจาะรูล้อหลัง



รูปที่ 3.14 ทำการยัดล้อหลัง



รูปที่ 3.15 ทำการติดทั้งกล่องวงจรและแบตเตอรี่

3.6 รูปทรงต้นแบบของรถบิณฑบาตอัตโนมัติที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.16 รูปตัวรถบิณฑบาตอัตโนมัติแบบเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.17 รูปกล่องชั้นที่ 1 ชั้นใส่ของ



รูปที่ 3.18 รูปกล่องชั้นที่ 2 กล่องวงจรและแบตเตอรี่



รูปที่ 3.19 รูปด้านหลังของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

3.7 การทดสอบระบบเซ็นเซอร์การเคลื่อนของตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.20 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า



รูปที่ 3.21 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ทางด้านขวา



รูปที่ 3.22 รูปการทดสอบการเคลื่อนที่ทางด้านซ้าย

3.8 การทดลอง

3.8.1 การทดลองน้ำหนัก ทดลองโดยการนำแผ่นน้ำหนักใส่ในรถบิณฑบาตอัตโนมัติตั้งแต่ 1-7 กิโลกรัม จนมอเตอร์ไม่สามารถที่จะรับน้ำหนักนั้นได้

3.8.2 การทดลองการใช้งานรถบิณฑบาตอัตโนมัติ ทดลองโดยการนำแผ่นน้ำหนัก 1-6 กิโลกรัม ใส่ในรถบิณฑบาตอัตโนมัติและทำการทดลองเพื่อให้รถบิณฑบาตอัตโนมัติเคลื่อนที่ตามตัวส่งสัญญาณ จนรถบิณฑบาตอัตโนมัติหยุดการเคลื่อนที่

3.8.3 การทดลองความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถบิณฑบาตอัตโนมัติในระยะทาง 4 เมตร โดยทดลองใช้น้ำหนักตั้งแต่ 1-6 กิโลกรัม

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 รถบิณฑบาตอัตโนมัติ

การศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติแบบปิด มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติ โดยกำหนดขอบเขตสำหรับเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปกับพระภิกษุสงฆ์และผู้ติดตามได้โดยรายละเอียด ดังนี้

จากรูปที่ 4.1 แสดงเครื่องต้นแบบรถบิณฑบาตอัตโนมัติ ซึ่งมีขนาดกว้างและยาว และสูง $30 \times 40 \times 45$ เซนติเมตร โดยแบ่งเป็น 2 ชั้น ดังรูปที่ 4.2 กล่องชั้นที่ 1 ใช้สำหรับใส่วงจรอาณูโนและวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า และวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ และแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2.6 แอมป์ กล่องชั้นที่ 2 ใช้สำหรับใส่ช่องที่ได้รับมาจากการออกเดินบิณฑบาตของพระภิกษุสงฆ์ ด้านหน้าของตัวรถติดตั้งเซ็นเซอร์แสดงดังรูป 4.3 และดังรูปที่ 4.4 คือเครื่องส่งสัญญาณจะทำการสร้างสัญญาณที่ 40 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อส่งไปยังตัวรถ โดยผ่านหลอดอินฟราเรด ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ความเร็ว 40 รอบ/นาทีพร้อมล้อขนาด 5 นิ้ว และล้อหลังขนาด 2.5 นิ้ว แสดงดังรูปที่ 4.5

ผลการทดลองของรถบิณฑบาตอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก ได้แก่ การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวรถ การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ และการทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งผลที่ได้รับสามารถแสดงถึงประสิทธิภาพและขีดจำกัดของตัวรถต้นแบบที่ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยลดภาระของผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์ในระหว่างการออกบิณฑบาต

4.2 การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวรถ

ในการทดสอบน้ำหนักของตัวรถ ได้มีการทดลองใส่น้ำหนักตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ไปจนถึง 7 กิโลกรัม โดยพบว่ารถสามารถรองรับน้ำหนักได้สูงที่สุดที่ 6 กิโลกรัม ซึ่งหมายความว่าในระหว่างการใช้งานจริง รถสามารถรับภัตตาหารที่มีน้ำหนักรวมอยู่ในช่วงนี้ได้โดยไม่มีปัญหา อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มน้ำหนักเป็น 7 กิโลกรัม พบว่ารถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดของมอเตอร์และโครงสร้างของตัวรถ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองน้ำหนัก

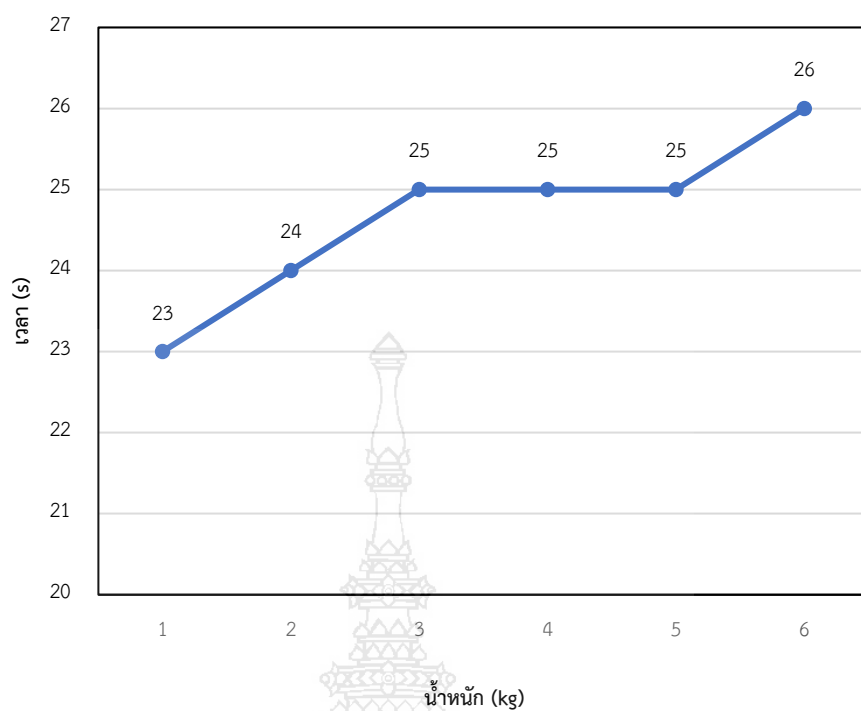
น้ำหนัก	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	☒	
2	☒	
3	☒	
4	☒	
5	☒	
6	☒	
7		☒

4.3 การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่

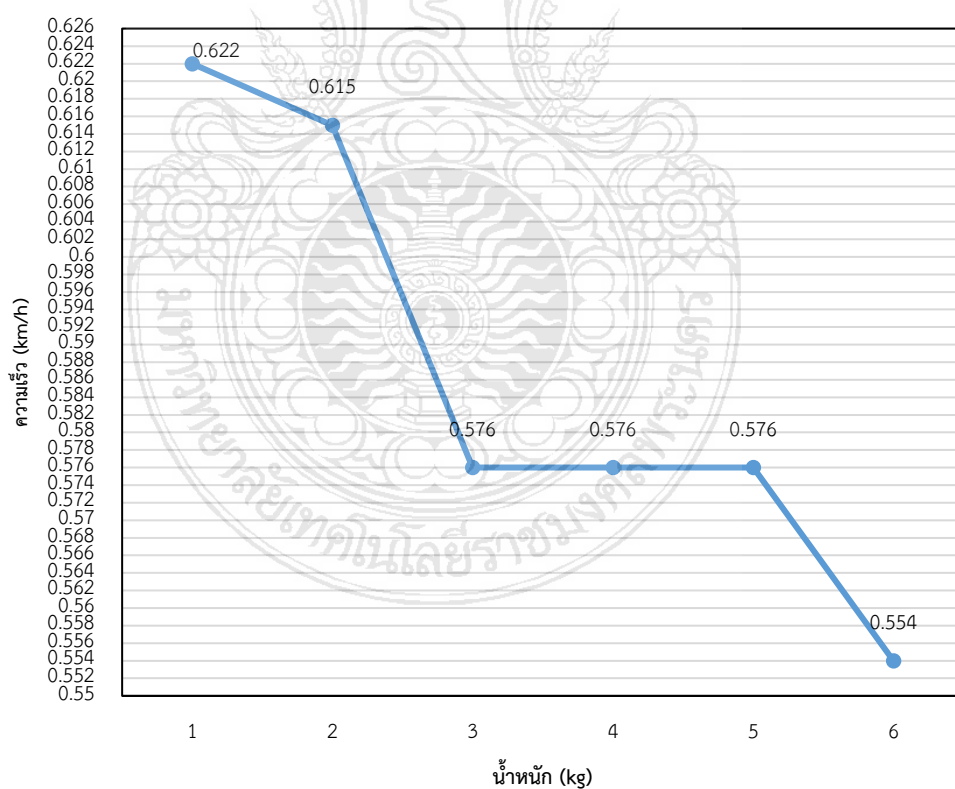
จากการทดสอบความเร็วของรถในระยะ 4 เมตร โดยมีการจับเวลาการเดินทางในแต่ละครั้ง และคำนวณค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าความเร็วของรถมีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ 0.173 เมตรต่อวินาที แต่เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 6 กิโลกรัม ความเร็วลดลงเป็น 0.154 เมตรต่อวินาที ซึ่งหมายความว่าเมื่อบรรทุกน้ำหนักมากขึ้น รถจะใช้เวลาเดินทางมากขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม อัตราการลดลงของความเร็วไม่ได้ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของรถ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเร็วระยะ 4 เมตร

น้ำหนัก (kg)	ครั้งที่ 1 เวลา (s)	ครั้งที่ 2 เวลา (s)	ครั้งที่ 3 เวลา (s)	เฉลี่ย เวลา (s)	ความเร็ว (km/h)
1	24	23	21	23	0.622
2	25	24	23	24	0.615
3	25	24	25	25	0.576
4	25	25	25	25	0.576
5	26	24	24	25	0.576
6	27	25	25	26	0.554



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบเวลาการเดินตัวรถของแต่ละน้ำหนักในระยะ 4 เมตร



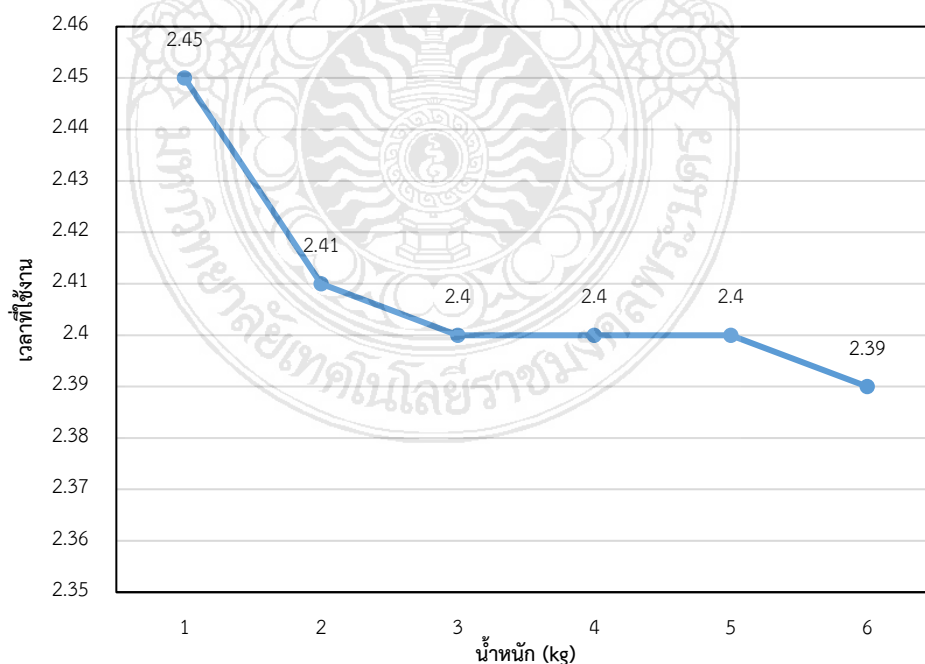
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบความเร็วของตัวรถของแต่ละน้ำหนักในระยะ 4 เมตร

4.4 การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

ในส่วนของการทดสอบระยะเวลาการใช้งาน พบว่ารถสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 40 นาที โดยมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น จากการทดลอง น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ทำให้รถสามารถใช้งานได้นานที่สุดที่ 2 ชั่วโมง 45 นาที ขณะที่น้ำหนัก 6 กิโลกรัม ทำให้เวลาการใช้งานลดลงเล็กน้อยเป็น 2 ชั่วโมง 39 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่สามารถรองรับการทำงานของตัวรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่น้ำหนักบรรทุกไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการใช้งานมากนัก

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการใช้งานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติ

น้ำหนัก (kg)	ระยะเวลาที่ใช้ (h)
1	2 h 45 m
2	2 h 41 m
3	2 h 40 m
4	2 h 40 m
5	2 h 40 m
6	2 h 39 m



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบการใช้งานของรถบิณฑบาตอัตโนมัติของแต่ละน้ำหนัก

4.5 สรุปผลการทดลอง

โดยสรุป ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารถบิณฑบาตอัตโนมัติสามารถรองรับน้ำหนักได้สูงสุดที่ 6 กิโลกรัม โดยยังสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ว่าความเร็วจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มน้ำหนัก การใช้งานของแบตเตอรี่มีความเสถียรและสามารถรองรับการทำงานได้ต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 40 นาที จากรูปที่ 4.7 จุดกราฟที่ 2-3 กิโลกรัม นั้นจะเห็นได้ว่าช่วงความเร็วลดลงเกิดจากจุดศูนย์ถ่วงของรถเปลี่ยนไปอาจเพิ่มแรงเสียดทานในบางจุดทำให้ถ่วงน้ำหนักไปด้านล้อต้น กำลังคู้หน้าทำให้รับภาระมากขึ้น ทำให้มอเตอร์ปรับการรักษาสสมดุลจึงทำให้รถมีความเร็วช้าลงในช่วงนี้ ผลกระทบที่ทำให้ช่วงน้ำหนัก 3-5 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับซึ่งหากพิจารณาปัจจัยทั้งหมด ผลกระทบหลักที่มีอิทธิพลมากที่สุดเป็นส่วนหนึ่งของแรงบิดของมอเตอร์และแรงเสียดทานคงที่ในช่วง 3-5 กิโลกรัม แรงบิดของมอเตอร์อาจยังสามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้โดยไม่มีผลกระทบมากแต่เมื่อเกิน 5 กิโลกรัม แรงบิดอาจไม่เพียงพอทำให้ความเร็วและพลังงานลดลง ในช่วงน้ำหนัก 3-5 กิโลกรัม ระยะเวลาที่ใช้งานหรือความเร็วไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะมอเตอร์ยังสามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าตัวรถบิณฑบาตอัตโนมัตินั้นสามารถใช้งานได้เพียงพอสำหรับการเดินบิณฑบาตในช่วงเช้า ดังนั้น รถบิณฑบาตอัตโนมัติที่ถูกรออกแบบและสร้างขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดภาระของผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์ในการแบกของหนักได้เป็นอย่างดี



บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา ออกแบบและสร้าง รถบิณฑบาตอัตโนมัติในครั้งนี้ พบว่ารถต้นแบบที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเน้นไปที่การช่วยลดภาระของผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์ที่ต้องแบกของหนักขณะเดินบิณฑบาตทุกวัน

จากการทดลองพบว่า รถบิณฑบาตอัตโนมัติสามารถรองรับน้ำหนักได้สูงสุดที่ 6 กิโลกรัม โดยที่ยังสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างเสถียร ไม่เกิดปัญหาในการขับเคลื่อนหรือหยุดชะงัก ในด้านของความเร็ว พบว่ารถสามารถเคลื่อนที่ได้ตามปกติแม้ว่าจะมีการเพิ่มน้ำหนักขึ้น โดยที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม รถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.662 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อเพิ่มน้ำหนักขึ้นเป็น 6 กิโลกรัม ความเร็วลดลงเป็น 0.554 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แม้ว่าจะมีอัตราการลดลงของความเร็วเล็กน้อยตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของรถในภาพรวม รถยังสามารถเดินตามสัญญาณและทำงานได้อย่างต่อเนื่องนอกจากนี้ การทดสอบระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ พบว่าโดยเฉลี่ย รถสามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 40 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการเดินบิณฑบาตในช่วงเช้า

โดยสรุป รถบิณฑบาตอัตโนมัติที่สร้างขึ้นสามารถตอบโจทย์การใช้งานได้จริงและมีศักยภาพในการลดภาระของผู้ติดตามพระภิกษุสงฆ์ในการแบกของหนัก การออกแบบโครงสร้างรถสามารถรองรับภาระน้ำหนักในระดับที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน นอกจากนี้ การทำงานของระบบขับเคลื่อนและเซ็นเซอร์ติดตามสัญญาณมีความเสถียร สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นที่ราบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่มขีดความสามารถในการรับน้ำหนัก โดยพิจารณาการเลือกใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงขึ้น รวมถึงพัฒนาโครงสร้างของตัวรถให้แข็งแรงขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักที่มากกว่า 6 กิโลกรัม

5.2.2 ควรเพิ่มระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยพิจารณาใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุมากขึ้น หรือพิจารณาใช้ระบบพลังงานเสริม เช่น แผงโซลาร์เซลล์ เพื่อลดข้อจำกัดด้านระยะเวลาการใช้งาน

5.2.3 ควรปรับปรุงระบบเซ็นเซอร์และการติดตามสัญญาณ โดยควรมีการปรับปรุงความแม่นยำของระบบเซ็นเซอร์และตัวรับสัญญาณให้มีความไวมากขึ้น เพื่อให้สามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

5.2.4 โดยพัฒนาให้สามารถใช้งานในพื้นที่ต่างระดับ ในปัจจุบันรถต้นแบบสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในพื้นที่ราบ แต่ยังมีข้อจำกัดเมื่อต้องเคลื่อนที่บนทางลาด ควรปรับปรุงระบบล้อและแรงขับเคลื่อนให้สามารถรองรับการขึ้นลงพื้นที่ต่างระดับได้ดีขึ้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- [1] อินทิรา รูปสว่าง และคณะ, 2552, การศึกษาติดตามภาวะสุขภาพของผู้ป่วยที่มีปัญหาปวดหลังส่วนล่างเรื้อรัง ก่อนและหลังผ่าตัดกระดูกสันหลัง, วิทยานิพนธ์, หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [2] ธนู นพโสภณและคณะ, 2564, ความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างพระสงฆ์, วิทยานิพนธ์, ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม, คณะแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] บริษัท อินดัสทรีโปร จำกัด, 2565, การเลือกซื้อมอเตอร์ไฟฟ้า MOTOR [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://industrypro.co.th/choosing-to-motor/>. เข้าถึงเมื่อ 27 มกราคม 2566, 2566.
- [4] Putian Xiang Neng เครื่องจักรกลไฟฟ้า บจก, 2562, มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.hsiangneng.com/th/product/6V-12V-21-./micro-dc-motors_HN210.html. [27/01/2566]
- [5] Retek Motion Co, 2560, มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://thai.automotivedcmotors.com/sale-10210494-surgery-tools-brushless-electric-motor-mini-brushless-dc-motor-11-0-44-9w-output.html>. [27/01/2566]
- [6] AR Robot, 2561, Stepper Motor [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.ar-robotall.com/product/28/stepper-motor-4-phase-12v-สเต็ปปีงมอเตอร์-12v>. [27/01/2566]
- [7] Fitrox Electronics, 2561, เซอร์โวมอเตอร์ [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://fitrox.lnwshop.com/product/352/sg90-micro-servo>. [27/01/2566]
- [8] บริษัท พีเอสพี เทค จำกัด, 2565, มอเตอร์ (Motor) คืออะไร [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.psptech.co.th/มอเตอร์motorคืออะไร-19171.page>. [27/01/2566]
- [9] เอกชัย และคณะ, 2555, จักรยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์, หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [10] บริษัท โซล่าฮับ จำกัด, 2558, ความรู้ทางไฟฟ้าเบื้องต้น [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.solarhub.co.th/solar-information/electrical-basic/299-watts-volt-ampare>. [27/01/2566]

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] บริษัท ไทย เทรดดิง แอนด์ โซลูชั่น จำกัด, 2562, การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ [ออนไลน์], แหล่งที่มา:
<http://www.thaitrading-solution.com/webboard/topic/53345/การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่>. [27/01/2566]
- [12] ดนัย และคณะ, 2559, การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในเส้นใยนาแสง, วิทยานิพนธ์, หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [13] เรวัต ศิริโภคภิรมย์, 2565, บอร์ด Arduino Nano [ออนไลน์], แหล่งที่มา:
https://iot-kmutnb.github.io/blogs/arduino/arduino_nano/. [27/01/2566]
- [14] Cybertice, 2564, เซ็นเซอร์วัดระยะทาง [ออนไลน์], แหล่งที่มา:
<https://www.cybertice.com/article/66/สอนใช้งาน-เซนเซอร์-วัดระยะทาง-hc-sr04-hc-sr05-us-100-us-016>. [27/01/2566]
- [15] เรวัต ศิริโภคภิรมย์, 2565, การใช้งานโมดูลรีโมตตัวส่งและตัวรับแสงอินฟราเรดเป็นอุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://iot-kmutnb.github.io/blogs/sensors/ir_receiver/. [27/01/2566]
- [16] บริษัท นอร์ทพาวเวอร์ จำกัด, 2565, สวิตช์ คืออะไร [ออนไลน์] แหล่งที่มา:
<https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ>. [27/01/2566]
- [17] จุลศิริ และคณะ, 2561, การพัฒนาระบบรถขนย้ายนำทางอัตโนมัติ, วิทยานิพนธ์, วารสารวิศวกรรมวิจัยและพัฒนา, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [18] นพรุจ และสมมาตร, 2565, การออกแบบและพัฒนารถขนส่งวัสดุอัตโนมัติราคาถูก สำหรับขนส่งวัสดุระหว่างกระบวนการผลิต, วิทยานิพนธ์, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- [19] ยุทธพงษ์ และคณะ, 2565, แบบจำลองจำลองศาสตร์ของยานพาหนะขนส่งวัตถุ ระบบอัตโนมัติ 4 ล้อแมคคานัม, วิทยานิพนธ์, วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ประวัติผู้วิจัย



ประวัติผู้วิจัย

นายกวิน เลิศเล่ห์กุล



การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญญาโท M.Sc. (Automotive Soft Engineering)
Technische Universität Chemnitz, Germany

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร





ประวัติผู้วิจัย

นายฐณพล เวียงทอง

การศึกษา

ปริญญาตรี Licence en Génie des Procédés - Energie
Université Grenoble-Alpes, France

ปริญญาโท Master en Génie des Procédés - Energie
Université Grenoble-Alpes, France

ปริญญาเอก Docteur en Génie des Procédés - Energie
Université de Montpellier, France

ปัจจุบัน

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ภาคผนวก ก. การเผยแพร่งานวิจัย



ภาคผนวก ข. ชุดคำสั่งรีโมทส่งสัญญาณและรณูปโภคอัตโนมัติและแบบรณูปโภคอัตโนมัติ



1. ชุดคำสั่งรีโมทส่งสัญญาณ

```

4  /*****
5  /* FUNCTION : setup()
6  /*****
7  void setup()
8  {
9  |   pinMode(2,OUTPUT); // กำหนดขา 2 เป็นขาเอาต์พุต
10 }

```

รูปที่ ค.1 ใช้คำสั่งกำหนดขาเอาต์พุตหลอดอินฟราเรด

```

13 /*****
14 /* FUNCTION : loop()
15 /*****
16 void loop() {
17
18 // วงจรสร้างสัญญาณ 40 Khz
19 for(int i=0; i<500; i++){ // วงจรทั้งหมด 500 ครั้ง
20   digitalWrite(2,HIGH); // สั่งให้หลอด IR ติด
21   delayMicroseconds(10); // หน่วงเวลา 10 us
22   digitalWrite(2,LOW); // สั่งให้หลอด IR ดับ
23   delayMicroseconds(10); // หน่วงเวลา 10 us
24 }
25 delay(40);
26 }

```

รูปที่ ค.2 ใช้คำสั่งลูปเพื่อกำหนดให้หลอดอินฟราเรดทำงาน

2. ชุดคำสั่งรบบินทาบอดอัตโนมัติ

```

1  #include <HCSR04.h>
2
3  //define DEBUG
4
5
6  /*****
7  // เซนเซอร์ Ultrasonic
8  /*****
9  UltraSonicDistanceSensor distanceSensor(2, 4);
10
11
12 /*****
13 // อินฟราเรดเซนเซอร์
14 /*****
15 // ขา 10 ต่อกับ IR ด้านซ้ายของหุ่นยนต์
16 // ขา 8 ต่อกับ IR ด้านหน้าของหุ่นยนต์
17 // ขา 7 ต่อกับ IR ด้านขวาของหุ่นยนต์
18 const byte IR_PIN[3] = {10,8,7}; // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับ IR

```

รูปที่ ค.3 ใช้คำสั่งกำหนดขาเอาต์พุตเซ็นเซอร์

```

21 //#####
22 // บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์
23 //#####
24 #define FORWARD 1 // ประกาศให้ FORWARD แทนค่า 1
25 #define BACKWARD 2 // ประกาศให้ BACKWARD แทนค่า 2
26 #define STOP 0 // ประกาศให้ STOP แทนค่า 0
27
28 // มอเตอร์ซ้าย
29 const byte MOTOR_L_PWM1 = 3; // กำหนดค่า 3 เชื่อมต่อกับขา PWM1 ของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ด้านซ้าย
30 const byte MOTOR_L_PWM2 = 5; // กำหนดค่า 5 เชื่อมต่อกับขา PWM2 ของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ด้านซ้าย
31
32 // มอเตอร์ขวา
33 const byte MOTOR_R_PWM1 = 6; // กำหนดค่า 6 เชื่อมต่อกับขา PWM1 ของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ด้านขวา
34 const byte MOTOR_R_PWM2 = 9; // กำหนดค่า 9 เชื่อมต่อกับขา PWM2 ของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ ด้านขวา

```

รูปที่ ค.4 ใช้คำสั่งกำหนดขาเอาต์พุตมอเตอร์

```

37 //#####
38 /* FUNCTION : setup() */
39 //#####
40 void setup() {
41
42     Serial.begin(9600);
43
44     pinMode(IR_PIN[0], INPUT_PULLUP); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เป็นขาอินพุต แบบดึงตัวต้านทานภายใน
45     pinMode(IR_PIN[1], INPUT_PULLUP); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เป็นขาอินพุต แบบดึงตัวต้านทานภายใน
46     pinMode(IR_PIN[2], INPUT_PULLUP); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เป็นขาอินพุต แบบดึงตัวต้านทานภายใน
47
48     pinMode(MOTOR_L_PWM1, OUTPUT); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เป็นเอาต์พุต
49     pinMode(MOTOR_L_PWM2, OUTPUT); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เป็นเอาต์พุต
50
51     pinMode(MOTOR_R_PWM1, OUTPUT); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เป็นเอาต์พุต
52     pinMode(MOTOR_R_PWM2, OUTPUT); // กำหนดขาที่เชื่อมต่อกับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เป็นเอาต์พุต
53
54     ControlMotor_L(STOP, 255); // สั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน
55     ControlMotor_R(STOP, 255); // สั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน
56
57
58
59 }

```

รูปที่ ค.5 คำสั่งกำหนดการทำงานของมอเตอร์

```

63 //#####
64 /* FUNCTION : loop() */
65 //#####
66 void loop()
67 {
68     static unsigned long Timeout[3] = {millis(), millis(), millis()}; // สร้างตัวแปรสำหรับขีดเวลา
69     static byte State[3] = {0, 0, 0}; // สร้างตัวแปรควบคุมลำดับการทำงาน
70     static unsigned long Time[3] = {0, 0, 0}; // สร้างตัวแปรเก็บเวลาเริ่มต้น
71     static unsigned long TotalTime[3] = {0, 0, 0}; // สร้างตัวแปรเก็บเวลาที่ผ่านไป
72     static boolean SensorStatus[3] = {0, 0, 0}; // สร้างตัวแปรเก็บสถานะเซ็นเซอร์
73     static unsigned long PrintStatus = millis(); // สร้างตัวแปรสำหรับขีดเวลาแสดงผล
74     static unsigned long ReadDistanceTime = millis();
75     static int Distance = 0;

```

รูปที่ ค.6 คำสั่งกำหนดการทำงานของตัวรถ

```

77 // วนลูปทั้งหมด 3 ครั้ง
78 for(byte i = 0; i<3; i++){
79
80 // ตรวจสอบลำดับการทำงาน ถ้า State เท่ากับ 0
81 if(State[i] == 0){
82
83 // ถ้า IR อ่านได้ลอจิก 0
84 if(digitalRead(IR_PIN[i])==0){
85     Time[i] = millis(); // เก็บค่าเวลาเริ่มต้น
86     State[i] = 1; // เลื่อนลำดับการทำงานไปทำงานใน State ที่ 1
87     Timeout[i] = millis(); // เก็บค่าเวลาเริ่มต้น
88 }

```

รูปที่ ค.7 คำสั่งลูปกำหนดการทำงานของตัวรถ (ต่อ)

```

90 // ถ้า State ไม่เท่ากับ 0
91 }else{
92
93 // ถ้า IR อ่านได้ลอจิก 1
94 if(digitalRead(IR_PIN[i])==1){
95
96 // คำนวณคาบเวลาที่อ่านได้
97 TotalTime[i] = millis() - Time[i];
98
99 #ifdef DEBUG
100 Serial.print("T");
101 Serial.print(i+1);
102 Serial.print("=");
103 Serial.println(TotalTime[i]);
104 #endif
105
106 // ถ้าคาบเวลาที่อ่านได้มากกว่า 10 ms
107 if(TotalTime[i]>10){
108 // ให้สถานะเซนเซอร์ เป็น 1
109 SensorStatus[i] = 1;
110 }
111
112 // กลับไปทำงานที่ State = 0
113 State[i] = 0;
114 }
115 }

```

รูปที่ ค.8 คำสั่งลูปกำหนดการทำงานของตัวรถ (ต่อ)

```

117 // ถ้าไม่มีสัญญาณ IR นานกว่า 100 ms ให้ทำงานในเงื่อนไข
118 if((millis()-Timeout[i])>100){
119     Timeout[i] = millis(); // เคลียร์ค่าเวลา
120     SensorStatus[i] = 0; // ให้สถานะเซนเซอร์เป็น 0
121 }
122 }

```

รูปที่ ค.9 คำสั่งกำหนดเงื่อนไขการทำงานของตัวรถ

```

124 // ถ้าเวลาครบ 100 ms ให้ทำงานในเงื่อนไขนี้
125 if((millis()-PrintStatus)>100){
126     PrintStatus = millis();
127     // แสดงสถานะเซนเซอร์ ทั้ง 3 ตัว
128     Serial.print(SensorStatus[0]);
129     Serial.print(SensorStatus[1]);
130     Serial.println(SensorStatus[2]);
131 }

```

รูปที่ ค.10 คำสั่งกำหนดเงื่อนไขการทำงานตัวรถ (ต่อ)

```

133 if((millis()-ReadDistanceTime)>1000){
134     ReadDistanceTime = millis();
135     Distance = distanceSensor.measureDistanceCm();
136     Serial.print("Distance=");
137     Serial.println(Distance);
138     if(Distance<0) {Distance = 0;}
139     if(Distance>200) {Distance = 200;}
140 }

```

รูปที่ ค.11 คำสั่งกำหนดเงื่อนไขวัดระยะสัญญาณ

```

142 if(Distance > 50){
143     // ตรวจสอบสถานะเซนเซอร์ และควบคุมการทำงานของมอเตอร์
144     if((SensorStatus[0]==0) && (SensorStatus[1]==0) && (SensorStatus[2]==0)){ // เงื่อนไข ทั้ง 3 ตัว
145         ControlMotor_L(STOP,0); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายหยุดทำงาน ความเร็ว 0
146         ControlMotor_R(STOP,0); // สั่งให้มอเตอร์ขวาหยุดทำงาน ความเร็ว 0
147     }else if((SensorStatus[0]==0) && (SensorStatus[1]==1) && (SensorStatus[2]==0)){ // เงื่อนไข เฉพาะด้านซ้ายหน้า
148         ControlMotor_L(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 255
149         ControlMotor_R(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 255
150     }else if((SensorStatus[0]==1) && (SensorStatus[1]==1) && (SensorStatus[2]==0)){ // เงื่อนไข ทั้ง 2 ด้านหน้า
151         ControlMotor_L(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 255
152         ControlMotor_R(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 255
153     }else if((SensorStatus[0]==1) && (SensorStatus[1]==1) && (SensorStatus[2]==0)){ // เงื่อนไข ด้านซ้าย และด้านหน้า
154         ControlMotor_L(FORWARD,200); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 200
155         ControlMotor_R(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 255
156     }else if((SensorStatus[0]==1) && (SensorStatus[1]==0) && (SensorStatus[2]==0)){ // เงื่อนไข ด้านซ้าย
157         ControlMotor_L(FORWARD,100); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 100
158         ControlMotor_R(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 255
159     }else if((SensorStatus[0]==0) && (SensorStatus[1]==1) && (SensorStatus[2]==1)){ // เงื่อนไข ด้านขวา และด้านหน้า
160         ControlMotor_L(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 255
161         ControlMotor_R(FORWARD,200); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 200
162     }else if((SensorStatus[0]==0) && (SensorStatus[1]==0) && (SensorStatus[2]==1)){ // เงื่อนไข ด้านขวา
163         ControlMotor_L(FORWARD,255); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายทำงาน ความเร็ว 255
164         ControlMotor_R(FORWARD,100); // สั่งให้มอเตอร์ขวาทำงาน ความเร็ว 100
165     }

```

รูปที่ ค.12 คำสั่งกำหนดเงื่อนไขการทำงานมอเตอร์

```

166     }else{
167         ControlMotor_L(STOP,0); // สั่งให้มอเตอร์ซ้ายหยุดทำงาน ความเร็ว 0
168         ControlMotor_R(STOP,0); // สั่งให้มอเตอร์ขวาหยุดทำงาน ความเร็ว 0
169     }
170 }
171 }

```

รูปที่ ค.13 คำสั่งกำหนดเงื่อนไขหยุดการทำงานของมอเตอร์

```

173  /*******
174  /* FUNCTION : ControlMotor_L (byte Dir, int Speed) */
175  /*******
176  void ControlMotor_L (byte Dir, int Speed)
177  {
178      // กำหนดทิศทางให้มอเตอร์หมุนเดินหน้า
179      if(Dir == FORWARD){
180          analogWrite(MOTOR_L_PWM1,0);
181          analogWrite(MOTOR_L_PWM2,Speed);
182      // กำหนดทิศทางมอเตอร์ให้หมุนถอยหลัง
183      }else if(Dir == BACKWARD){
184          analogWrite(MOTOR_L_PWM1,Speed);
185          analogWrite(MOTOR_L_PWM2,0);
186      // กำหนดทิศทางให้มอเตอร์หยุดทำงาน
187      }else if(Dir == STOP){
188          analogWrite(MOTOR_L_PWM1,0);
189          analogWrite(MOTOR_L_PWM2,0);
190      }
191  }

```

รูปที่ ค.14 คำสั่งกำหนดความเร็วมอเตอร์ด้านซ้าย

```

193  /*******
194  /* FUNCTION : ControlMotor_R (byte Dir, int Speed) */
195  /*******
196  void ControlMotor_R (byte Dir, int Speed)
197  {
198      // กำหนดทิศทางให้มอเตอร์หมุนเดินหน้า
199      if(Dir == FORWARD){
200          analogWrite(MOTOR_R_PWM1,0);
201          analogWrite(MOTOR_R_PWM2,Speed);
202      // กำหนดทิศทางมอเตอร์ให้หมุนถอยหลัง
203      }else if(Dir == BACKWARD){
204          analogWrite(MOTOR_R_PWM1,Speed);
205          analogWrite(MOTOR_R_PWM2,0);
206      // กำหนดทิศทางให้มอเตอร์หยุดทำงาน
207      }else if(Dir == STOP){
208          analogWrite(MOTOR_R_PWM1,0);
209          analogWrite(MOTOR_R_PWM2,0);
210      }
211  }

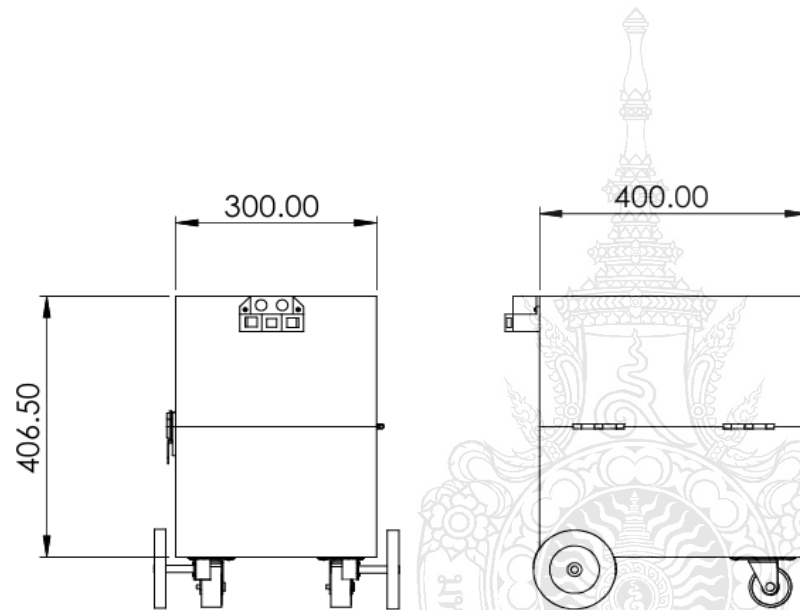
```

รูปที่ ค.15 คำสั่งกำหนดความเร็วมอเตอร์ด้านขวา

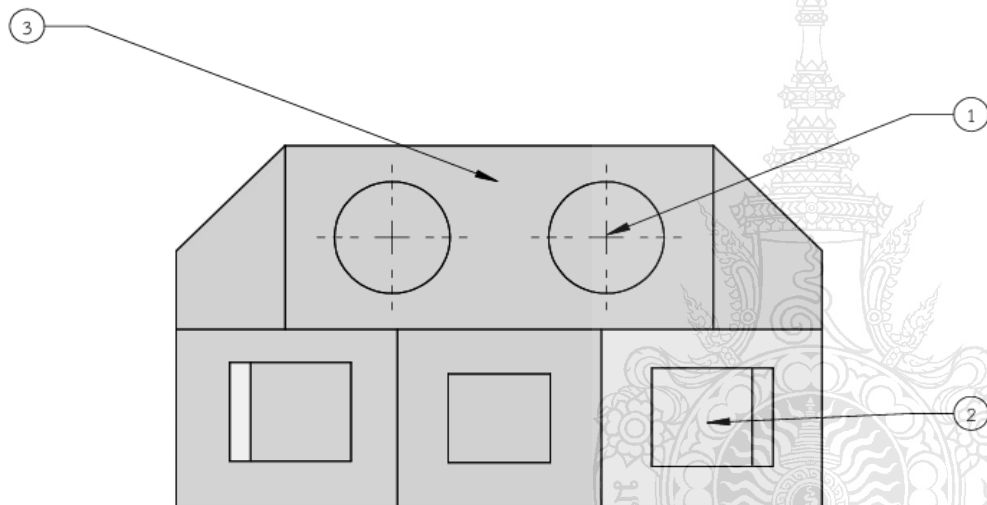


1	กล่องเก็บวงจร
2	กล่องใส่ภัตตาหาร
3	เซ็นเซอร์รับสัญญาณ
4	ล้อขับเคลื่อน
5	ล้อหลัง

1	Machine structure	30x40x37	Wood	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. KANATIP		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025

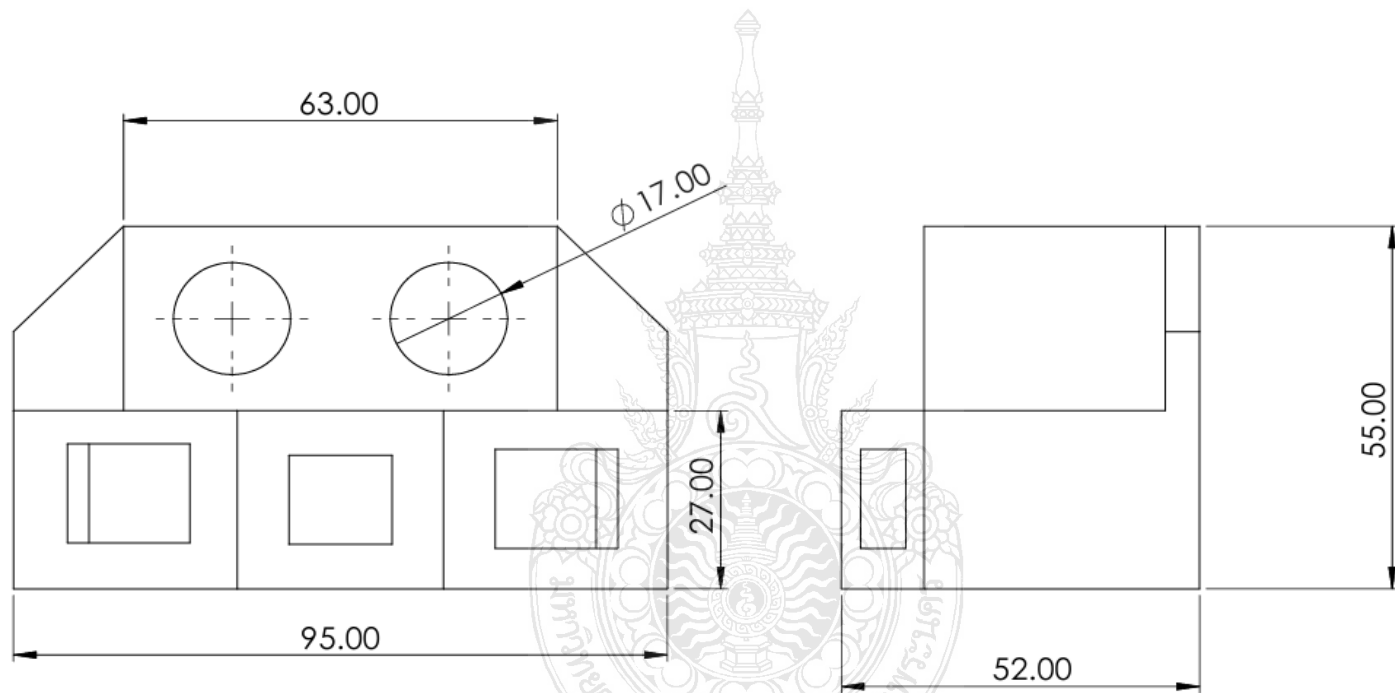


1	Machine structure	30x40x40.65	Wood	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. KANATIP		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025

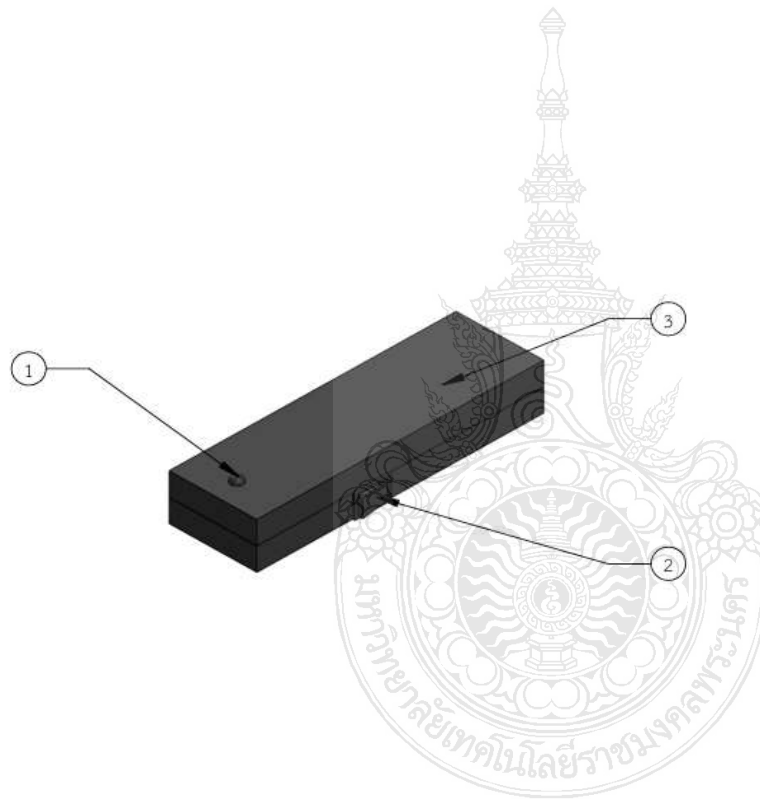


1	เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก
2	เซ็นเซอร์อินฟราเรด
3	บล็อกใส่เซ็นเซอร์

1		95x52x55	Plastic	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. KANATIP		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025

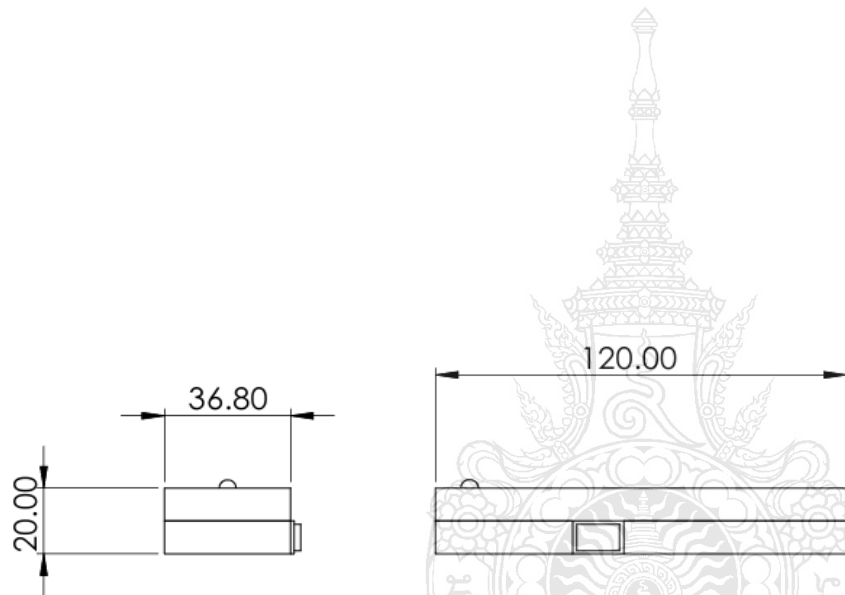


1		95x52x55	Plastic	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. KANATIP		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025



1	หลอดส่งสัญญาณอินฟราเรด
2	สวิตช์เปิด-ปิดการทำงาน
3	รีโมท

1		36.80x120x20	Plastic	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. Kanatip		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025



1		36.80x120x20	Plastic	ME-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	K. KANATIP		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	S. JANJIRA				
APPROVED	K. KANATIP				
SCALE: 1:2	TITLE: Alms-gathering Automated Trolley			SHEET:	DATE:
UNIT : mm				1 OF 1	2/3/2025

