หุ่นยนต์ทรงกลมสองล้อแบบแกนสมดุลเดี่ยว

SINGLE-AXIS BALANCING TWO-WHEELED SPHERICAL ROBOT

หัสวรรษ อ่อนศรี

พรจรัส แซ่แต

คฑาธร รัชชูศิริ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม (ต่อเนื่อง)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-AXIS BALANCING TWO-WHEELED SPHERICAL ROBOT

HATSAWAT ONSRI

PORNCHARAT SAETAE

KATATORN RATCHUSIRI

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 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	โครงงานหุ่นยนต์ทรงกลมสองล้อแบบแกนสมดุลเดี่ยว Single-axis balancing two-wheeled spherical robot		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย หัสวรรษ อ่อนศรี	**รหัสนักศึกษา**	63015196
	นางสาว พรจรัส แซ่แต	**รหัสนักศึกษา**	63015118
	นาย คฑาธร รัชชูศิริ	**รหัสนักศึกษา**	63015020
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2565		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย นิลาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ โครงงานหุ่นยนต์ทรงกลมสองล้อแบบแกนสมดุลเดี่ยว
SINGLE-AXIS BALANCING TWO-WHEELED SPHERICAL ROBOT

นักศึกษาผู้จัดทำ นายหัสวรรษ อ่อนศรี **รหัสนักศึกษา** 63015196
นางสาวพรจรัส แซ่แต **รหัสนักศึกษา** 63015118
นายคฑาธร รัชชูศิริ **รหัสนักศึกษา** 63015020
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย นิลาศ
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของโครงงานนี้คือคุณลักษณะของหุ่นยนต์ทรงกลม และหลักการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ อีกทั้งได้ศึกษาการทำงานของแต่ละส่วนประกอบ ส่วนแรกส่วนของการสร้างแรงขับเคลื่อนให้กับหุ่นยนต์ทรงกลมโดยในส่วนนี้จะมีไดรฟ์ขับมอเตอร์และมอเตอร์กระแสตรงแบบมีเฟืองทดภายในขนาดไม่เกิน 5 VDC เป็นตัวสร้างแรงขับเคลื่อนให้กับหุ่นยนต์ ส่วนที่สองจะเป็นการติดต่อสื่อสาร คือ โมดูลบลูทูธ HC-05 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย ใช้ในการรับส่งข้อมูลกันระหว่างส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนอุปกรณ์ติดต่อกับผู้ใช้งาน ส่วนที่สามเป็นส่วนแอพพลิเคชั่น ซึ่งก็คือโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอยด์ ซึ่งเป็นหนึ่งในระบบปฏิบัติการที่นิยมมากที่สุดในโลกนำมาใช้ในส่วนการแสดงผลการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับหุ่นยนต์ และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของการควบคุม ในโครงงานนี้ได้ใช้กับบอร์ด Arduino NANO ทำหน้าที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการทดสอบการใช้งาน และทำหน้าที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อร่วมเข้ากับวงจรควบคุมจริง ซึ่งทั้งสองมีบทบาทสำคัญต่อระบบในการควบคุมหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	SINGLE-AXIS BALANCING TWO-WHEELED SPHERICAL ROBOT
Authors	Mr. Hatsawat Onsri
	Miss Porncharat Saetae
	Mr. Katatorn Ratchusiri
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Phongchai Nilas
Year	2022

ABSTRACT

This project's primary goal is to study the spherical robot. and understanding how hardware and software operate, as well as learning how each component performs the circular robot's primary source of propulsion. The robot is driven in this section using the motor drive and an internal geared DC motor with a maximum voltage of 5 VDC. The second component is communication, specifically the Bluetooth module HC-05, a wireless technology. utilized for data transmission between the user interface and the microcontroller. The interface between the user and the robot is displayed on the third component, the application, which is a mobile phone running one of the most widely used operating systems in the world, the android. The control portion comes last. It serves as a microcontroller connected to the real control circuit in this project and serves as a microcontroller that is used to verify the functionality. Both components are crucial to the system for operating the robot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนและได้รับคำปรึกษาการช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน โดยให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำโครงงาน จนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ครูอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม ที่ให้การช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย นิลาศ ที่ให้คำปรึกษาโครงการและช่วยให้คำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งแนวทางการแก้ไขปัญหา แนวทางการทำงาน และข้อเสนอแนะต่าง ๆ เป็นผลให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างราบรื่น

นอกจากนี้ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้ได้กล่าวถึง ที่มีส่วนร่วมในการจัดทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 หลักการและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทรงกลม.....3
2.1.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายใน.....3
2.1.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการแกว่งของตุ้มน้ำหนัก (Pendulum driven).....4
2.1.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยการขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์.....4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4
2.2.1 PIC Microcontroller.....4
2.2.2 โปรแกรม CCS'C Compiler.....8
2.2.3 Bluetooth technology.....8
2.2.4 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....10
2.2.4.1 Application Framework.....10
2.2.4.2 Libraries.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4.3 Android Runtime....11
2.2.4.4 Linux Kernel....11
2.2.5 Pulse Width Modulation....11
2.3 อุปกรณ์....12
2.3.1 บอร์ดคอนโทรลเลอร์ Arduino....12
2.3.2 โมดูลบลูทูธ รุ่น HC05....14
2.3.3 เซนเซอร์ (Sensor)....14
2.3.3.1 Ultrasonic sensor....15
2.3.4 Drive motor....18
2.3.5 โมดูลกล้อง OV7670 Camera VGA module....19
2.3.6 มอเตอร์เกียร์มีเฟืองทดภายใน....19
2.4 วัสดุขึ้นโครง....20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน....22
3.1 การวางแผนและการดำเนินงาน....22
3.2 ออกแบบหุ่นยนต์ทรงกลม....23
3.3 รายการอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง....24
3.4 ขั้นตอนการทดลอง....25
3.4.1 ระบบอัตโนมัติ....25
3.4.2 ระบบควบคุมผ่านโทรศัพท์....25
3.5 การตรวจสอบและทดสอบ....25

บทที่ 4 ผลการทดลอง....26
4.1 การทดลองแอพพลิเคชั่นสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบใช้....26
ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Discrete Control Sphere Robot Application)
4.2 การทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบบังคับด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....31
4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบสั่งการอัตโนมัติ.....32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....34
5.1 สรุปผลการวิจัย.....34
5.2 ข้อเสนอเชิงทฤษฎีจากการวิจัย.....34

บรรณานุกรม.....35

ภาคผนวก.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ข้อมูลเฉพาะทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO.....13

3.1 แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายใน....3
2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการแกว่งของตุ้มน้ำหนัก....4
2.3 แสดงไดอะแกรมแสดงขาการทำงานของ ปิก ไมโครคอนโทรลเลอร์....5
2.4 แสดงสถาปัตยกรรม ของ PIC เบอร์ 16F87XA....6
2.5 แสดงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F84A (ซ้าย) เบอร์ 16F877A (ขวา)....8
2.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรม CCS'C compiler....8
2.7 แสดงโครงสร้างเครือข่ายเทคโนโลยีบลูทูธ....9
2.8 แสดงสัญญาณ Pulse Width Modulation....11
2.9 แสดงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่นต่างๆ....12
2.10 แสดงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO....13
2.11 แสดงขาต่อใช้งานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO....13
2.12 แสดงโมดูลบลูทูธ รุ่น HC-05....14
2.13 แสดงภาพแสดงเทคโนโลยีเซนเซอร์....15
2.14 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงแบบกระจายตัว (รูปบน) และคลื่นเสียงที่มีทิศทาง (รูปล่าง)....16
2.15 แสดงภาพไดอะแกรมภายในของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค....17
2.16 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซนเซอร์ที่ถูกต้อง....17
2.17 แสดงการตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน....17
2.18 แสดง Drive motor....18
2.19 แสดงไดอะแกรมการต่อวงจรการทำงานไดรฟ์มอเตอร์....18
2.20 แสดงมอเตอร์เฟืองทดภายใน 48:1....20
2.21 แสดงโครงสร้างของกรดแลคติก....20
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการจัดทำโครงการ....22
3.2 แสดงชิ้นส่วนโครงหุ่นยนต์....23
3.3 แสดงตัวอย่างชิ้นส่วนโครงหุ่นยนต์ของจริง....23
3.4 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทรงกลมเสมือนจริง....24
4.1 แสดงการทดลองการสั่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า....26
4.2 แสดงการทดลองการสั่งเลี้ยวไปทางขวา....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.3 แสดงการทดลองการสั่งเลี้ยวไปทางซ้าย.....27
4.4 แสดงการทดลองการสั่งให้เดินถอยหลัง.....28
4.5 แสดงการทดลองการสั่งให้มอเตอร์หยุดนิ่ง.....28
4.6 แสดงหน้าต่างของผู้ใช้งานการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....29
4.7 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ.....29
4.8 แสดงผลการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ.....30
4.9 แสดงผลการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ 30
(หลังจากกดปุ่มสั่งการทำงานอัตโนมัติ)
4.10 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบบังคับ.....31
ด้วยแอพพลิเคชั่น
4.11 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมด้วยแอพพลิเคชั่น.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์มากขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้ในแวดวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ภาคอุตสาหกรรม และทางวิศวกรรมทางด้านงานอัตโนมัติ ซึ่งสามารถพบเห็นได้อย่างแพร่หลายและเป็นแรงผลักดันให้เกิดจินตนาการกับเหล่านักประดิษฐ์สร้างสรรค์รวมไปถึงเหล่านักเรียนนักศึกษา นักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิศวกรผู้ออกแบบสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เช่น หุ่นยนต์ที่พบเห็นในภาพยนต์ต่าง ๆ หรือที่เห็นได้ในชีวิตประจำวันเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างก้าวหน้าในอนาคตจะเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบที่สร่งแรงผลักดันให้กับเหล่าวิศวกรผู้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์สร้างสรรค์รุ่นใหม่ซึ่งโครงการนี้เป็นการสร้างหุ่นยนต์ทรงกลมที่ใช้ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถควบคุมการทำงานตามคำสั่งที่กำหนดได้ อีกทั้งยังออกแบบพื้นที่ภายในเพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่หรืออุปกรณ์ที่ใช้ Interface กับ Module ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มลูกเล่นให้กับหุ่นยนต์ตัวนี้สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ทรงกลมโดยใช้หลักการขับเคลื่อนด้วยแรงของมอเตอร์ ซึ่งวิทยาการทางด้านหุ่นยนต์ (Robot) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นในด้านสิ่งประดิษฐ์อัจฉริยะ หรือใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมและทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีอยู่อย่างแพร่หลายอันเป็นแรงผลักในการออกแบบการสร้างที่ทำให้เกิดจินตนาการกับนักเรียนนักศึกษาที่มีความสนใจตลอดจนไปถึงทางด้านวิศวกรรมผู้ออกแบบทดลองและสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ซึ่งในอนาคตจะเป็นแรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์ผลงานของเหล่าวิศวกรออกแบบในอนาคตเพื่อเป้นต้นแบบในการต่อยอดของเหล่านักประดิษฐ์รุ่นใหม่ หุ่นยนต์ตัวนี้สามารถเพิ่มเทคโนโลยีการควบคุมที่ทำให้สามารถต่อร่วมกับModuleระบบทำงานต่าง ๆ หรือเพิ่มลูกเล่นเข้าไปได้ กล่าวคือหุ่นยนต์นี้สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้งานในงานแขนงอื่น ๆ อาทิเช่น การนำเอาหุ่นยนต์ไปเป็นไกด์นำทาง หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอีกมากมายกล่าวคือวิศวกรหรือผู้ออกแบบสามารถเพิ่มนวัตกรรมที่ต้องการฝังในตัวหุ่นยนต์ได้อย่างไม่สิ้นสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหุ่นยนต์ต้นแบบและสร้างหุ่นยนต์ทรงกลมต้นแบบ
2. เพื่อศึกษาโปรแกรมการใช้โปรแกรมควบคุมมอเตอร์ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ทรงกลม
3. เพื่อศึกษาและจำลองการทำงานของระบบและการเคลื่อนที่ในรูปแบบทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมหลากหลายรูปแบบและคุณสมบัติของหุ่นยนต์ทรงกลม
2. ศึกษาการใช้เทคโนโลยีบลูทูธในการส่งสัญญาณการบังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลม
3. ศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ทรงกลม
4. ออกแบบหุ่นยนต์ทรงกลม

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาวิธีการออกแบบหุ่นยนต์ทรงกลมและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมไม่ว่าจะเป็นทางด้านโครงสร้างหรือวงจรการควบคุมของหุ่นยนต์
2. ศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ รวมไปถึงการใช้เทคโน-โลยี สื่อสารผ่านบลูทูธ รวมถึงศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การสร้างหุ่นยนต์เป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาในด้านต่าง ๆ มาประยุกต์สร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์เพื่อทดสอบความรู้และความสามารถในการปฏิบัติจริง และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาด้วยตนเอง หรือจากผู้เชี่ยวชาญ พร้อมทั้งมีศักยภาพในการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในขณะปฏิบัติงาน รวมถึงการมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ มีการรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนร่วมงานและฝึกการมีวินัยในการทำงานจนประสบความสำเร็จ ซึ่งก่อให้เกิดประสบการณ์และการปฏิบัติงานในภายภาคหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

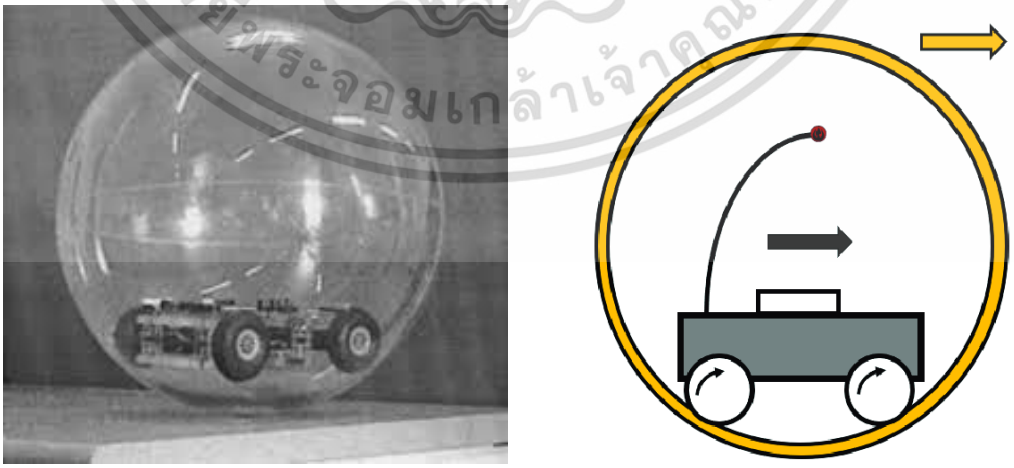
2.1 หลักการและทฤษฎีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลม

นักวิจัยผู้สร้างหุ่นยนต์นั้นต่างมีแนวคิดศึกษาวิธีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมที่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไป ในรายงานเล่มนี้จึงขอยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มาพอสังเขป

1. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายใน
2. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยลูกตุ้มน้ำหนัก(Pendulum driven)
3. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้มอเตอร์ขับที่ตัวของหุ่นยนต์

2.1.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายใน

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายในหรือเรียกอีกชื่อหนึ่ง คือ Hamster ball เป็นรูปแบบการเคลื่อนที่อย่างง่ายของหุ่นยนต์ทรงกลมโดยอาศัยหุ่นยนต์ที่มีล้อขับเคลื่อนด้วยล้อวิ่งอยู่ภายในทรงกลมคล้ายกับการวิ่งของหนูแฮมเตอร์ในลูกบอลสามารถเลือกแบบล้อเดี่ยวหรือหลายล้อ โดยล้อของหุ่นยนต์ภายในจะสัมผัสกับพื้นผิวของหุ่นยนต์ทั้งน้ำหนักและแรงขับของล้อหุ่นยนต์ภายในทำให้สามารถขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ภายนอกได้ หากต้องการเปลี่ยนทิศทางเช่นเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ก็แค่บังคับโดยการใช้วิทยุบังคับ



ภาพที่ 2.1 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการมีล้อขับเคลื่อนภายใน

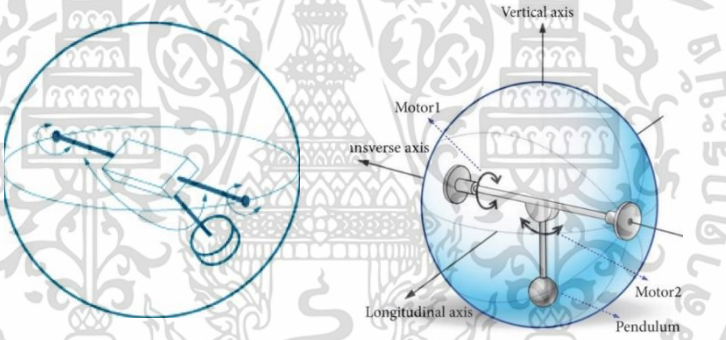
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีคือการติดตั้งและการออกแบบสามารถทำได้โดยง่าย การควบคุมไม่มีความซับซ้อนมาก

ข้อเสียคือการควบคุมเป็นไปได้ยากหากต้องการความละเอียดความแม่นยำในการควบคุมหุ่นยนต์ภายในอาจมีการลื่นไถลส่งผลให้การเคลื่อนที่ไม่ดีหากล้อของหุ่นยนต์ไม่สัมผัสกับพื้นผิวหุ่นยนต์อย่างเต็มที่

2.1.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการแกว่งของตุ้มน้ำหนัก (Pendulum driven)

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยทฤษฎีของ Pendulum ลูกตุ้มจะถูกต่อเข้ากับแกนเพลาที่เจาะติดเข้ากับทรงกลมและหมุนรอบแกนเพลา น้ำหนักและตัวถ่วงเมื่อถูกเหวี่ยงหนีศูนย์กลางก็จะทำให้เกิดการเอียง ส่งผลให้ทรงกลมเคลื่อนที่ อีกทั้งการเลื่อนของเพนดูลัมไปทางซ้ายและทางขวาตามแนวแกนเพลา จะส่งผลให้ศูนย์กลางมวลไปทางซ้ายและทางขวาด้วยเช่นกันและหุ่นยนต์ก็จะไปตามทิศทางดังกล่าว



ภาพที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยอาศัยการแกว่งของตุ้มน้ำหนัก

ยิ่งน้ำหนักของเพนดูลัมเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้แรงบิดที่แกนเพลาเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้หุ่นยนต์ทรงกลมเคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มน้ำหนักของเพนดูลัม หุ่นยนต์ก็ต้องหนักเพิ่มขึ้นทำให้การเคลื่อนที่ในทางลาดชันเป็นเรื่องยากและทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพราะต้องใช้พลังงานเยอะในการเคลื่อนที่ แต่อย่างไรก็ตามก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบ หากออกแบบได้ดีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมก็จะเคลื่อนที่ได้ดีตามต้องการ

2.1.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยการขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์

เป็นการเคลื่อนที่โดยที่อาศัยแรงจากมอเตอร์ที่ติดอยู่กับด้านข้างของตัวโครงหุ่นยนต์ทั้งซ้ายและขวา แรงบิดของมอเตอร์จะทำให้ตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามต้องการและสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทุกทิศทางตามการบังคับจากวิทยุ ยิ่งมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ๆ ก็จะยิ่งทำให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ดีและหากแหล่งจ่ายพลังงานที่เพียงพอก็จำทำให้มอเตอร์มีกำลังที่มากยิ่งขึ้นส่งผลให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้น

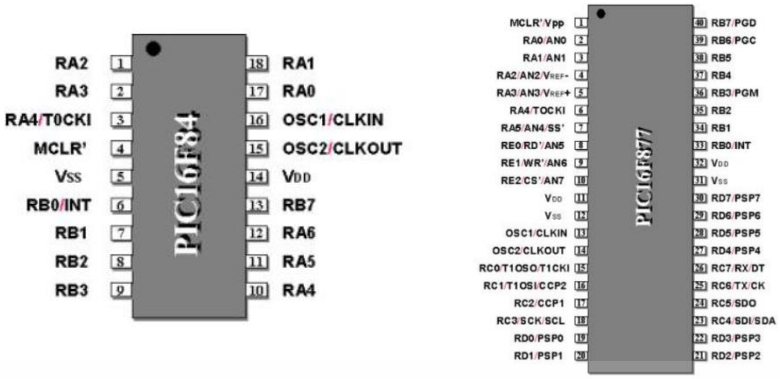
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 PIC Microcontroller

ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดจากคำสองคำที่นำมาผสมกัน นั่นคือคำว่า “ไมโคร” รวมกับคำว่า “คอนโทรลเลอร์” คำว่า ไมโคร คือ คำอุปสรรค (prefixes) เมื่อค่าในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์น้อยหรือมากเกินไปเราอาจเขียนค่านั้นอยู่ในรูปตัวเลขคูณ ด้วย ตัวพหุคูณ (ตัวพหุคูณ คือ เลขสิบยกกำลังบวกหรือลบ) ได้ ตัวอย่างเช่น ระยะทาง 0.002 เมตร เขียนเป็น เมตร แทนด้วยคำอุปสรรค มิลลิ (m) ดังนั้นระยะทาง 0.002 เมตร อาจเขียนได้ว่า 2 มิลลิเมตร คำอุปสรรคที่ใช้แทนตัวพหุคูณและสัญลักษณ์ แสดงไว้ในตาราง SI (The International System of Units) ซึ่งในที่นี้ใช้คำว่าไมโครมีค่าเท่ากับ ซึ่งน้อยมาก ส่วนคำว่าคอนโทรลเลอร์ก็คือตัวควบคุม หากรวมกันแล้ว นั่นก็หมายความว่า ตัวควบคุมที่มีขนาดน้อยมากหรือเล็กมาก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีให้เลือกมากมายหลายตระกูลและหลายบริษัท เช่นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ของบริษัท Philips ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ที่บริษัท Micro chip เป็นผู้ผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนสามารถนำมาใช้งานในการควบคุมได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ครบครัน อีกทั้งยังง่ายต่อผู้ที่เริ่มเรียน คือสามารถที่จะเรียนรู้ได้ง่ายและสามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่สูง ราคาถูก เป็นที่นิยม และมีให้เลือกมากมายหลายเบอร์

ในปัจจุบันนี้ PIC ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในเครื่องมือต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การนำมาควบคุมการแสดงผลของจอแสดงผล,การนำมาส่งสัญญาณเพื่อสร้างคลื่นพาห์สำหรับการส่งอินฟราเรด, การนำมาควบคุมการปิด-เปิดสวิตช์ด้วยสัญญาณคลื่นวิทยุ, การนำมาควบคุมในเตาหุงต้มเหนี่ยวนำความร้อน, การนำมาควบคุมวงจรจุดชนวนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, การนำมาควบคุมหุ่นยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

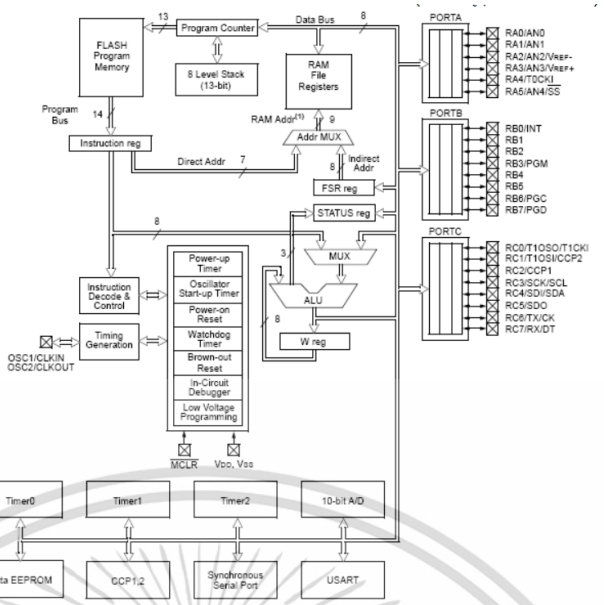


ภาพที่ 2.3 แสดงไดอะแกรมแสดงขาการทำงานของ ปิก ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์มีคุณสมบัติต่าง ๆ มากมาย ในส่วนต่อไปนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในด้านต่าง ๆ ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ค่ายนี้โดยสังเขป

- ความเร็วของ PIC ความเร็วในการทำงานของ PIC ปัจจุบันสัญญาณนาฬิกาสูงสุดของ PIC มีค่าเท่ากับ 20 MHz ดังนั้นหนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 usec
- หน่วยความจำของ PIC ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีทีท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่ หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า 1 x 1,024 x 14 = 14,336 bits ดังนั้นก็คือ 14,336/(8 x 1,024) = 1.75K bytes
- สถาปัตยกรรมของ PIC ตอนนี้มี 3 สายหลัก ๆ สมัยก่อนมีแค่สอง คือขึ้นต้นด้วย 16xxx,17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากสุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาก็จะสูงกว่าด้วย แต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงสถาปัตยกรรม ของ PIC เบอร์ 16F87XA

ลำดับขั้นตอนการทำงานของ PIC

1. การเขียนโปรแกรมภาษาซี การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับ PIC จะมีหลากหลายโปรแกรมให้เลือกใช้ ตัวอย่างเช่นโปรแกรม Mikro C for PIC, โปรแกรม PIC Basic PRO, โปรแกรม C Compiler และโปรแกรม CCS 'C' Compiler ซึ่งจะเป็นภาษาซีที่แตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนในหนังสือเล่มนี้จะใช้โปรแกรม CCS 'C' Compiler เนื่องจากโปรแกรมนี้ใช้ภาษาซีที่ผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากกว่าโปรแกรมอื่นๆ มีการพัฒนาโปรแกรมมาอย่างต่อเนื่อง มีฟังก์ชันต่าง ๆให้เลือกใช้งานมากมาย จึงเหมาะสมกับผู้เริ่มต้น เช่น ฟังก์ชัน LCD.C ที่ผู้ออกแบบโปรแกรมได้เขียนเอาไว้ในไฟล์ driver มาอ้างอิง เพื่อที่จะเป็นการอำนวยความสะดวกให้ผู้ศึกษาสามารถดึงไฟล์ driver ตัวดังกล่าวมาใช้ได้เลย อีกทั้งโปรแกรมนี้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก จึงทำให้เกิดการแชร์ประสบการณ์ของนักเขียนโปรแกรมต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกันปรึกษาปัญหาในการออกแบบและแก้ไขโปรแกรม และทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนามากยิ่งขึ้นไป
2. การจำลองการทำงาน การจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PROTEUS เป็นโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าและสามารถออกแบบแผ่นปริ้นท์ได้อีกด้วย โปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถดูผลการทำงานของโปรแกรม ก่อนที่จะทำการอัดโปรแกรมลงในตัวชิพ จึงช่วยให้ผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมได้ ในโปรแกรมจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมายตัวอย่างเช่น หลอด LED สีต่าง ๆ สวิตช์ปุ่มกด ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ แบตเตอร์รี่ 7-Segment จอแอลซีดี มอเตอร์ต่าง ๆ รวมไปถึงเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น oscilloscope, volt meter, Amp meter

3. การถ่ายโอนชุดคำสั่งสู่ PIC (Compiler) การถ่ายโอนชุดคำสั่งหรือคอมไพเลอร์นั้น มีอยู่ 2 วิธีคือ 1) โปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมและ 2) โปรแกรมผ่านพอร์ต USB ซึ่งการเลือกใช้ว่าจะโปรแกรมด้วยวิธีไหนนั้นขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ใช้ เนื่องจากคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ จะไม่มีพอร์ตอนุกรม การโปรแกรมผ่านพอร์ต USB จึงง่ายกว่าและสะดวกกว่าสำหรับคอมพิวเตอร์Note Book การโปรแกรมผ่านพอร์ต USB นั้น จะใช้บอร์ด Pic kit 2 และจะต้องใช้ควบคู่กันกับโปรแกรม Pic Kit 2
4. การนำPICไปต่อใช้งาน การต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น เป็นเรื่องง่ายมาก เนื่องจากทางบริษัทไมโครชิพมีแนวคิด คือ การพยายามรวมเอาทุกอย่างไว้ในชิพตัวเดียวกัน การต่อเพิ่มเติมจึงมีไม่มาก เพียงจ่ายไฟเลี้ยงให้ ต่อวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา และวงจรรีเซ็ตเป็นวงจรพื้นฐานเท่านั้น ซึ่งในแต่ละการทดลองจะมีบอกไว้ อาจจะมีการเชื่อมต่อหน่วยความจำจากภายนอกก็ต่อเมื่อใช้งานมากขึ้นเท่านั้น เช่นการเชื่อมต่อกับไอซีที่บอก วัน/เดือน/ปี ในงานที่จำเป็นต้องเชื่อมต่อเช่น การสร้างนาฬิกาดิจิตอลเป็นต้น

รายละเอียดคุณสมบัติต่าง ๆ ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877A

- มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
- ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz
- ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 พร้อมกันได้
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
- มี RAM ขนาด 368 ไบต์ ให้เราใช้งาน
- มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
- ตอบสนองกับอินเตอร์รัพได้ทั้งหมด 14 แหล่ง
- มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
- มีระบบ Power on Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

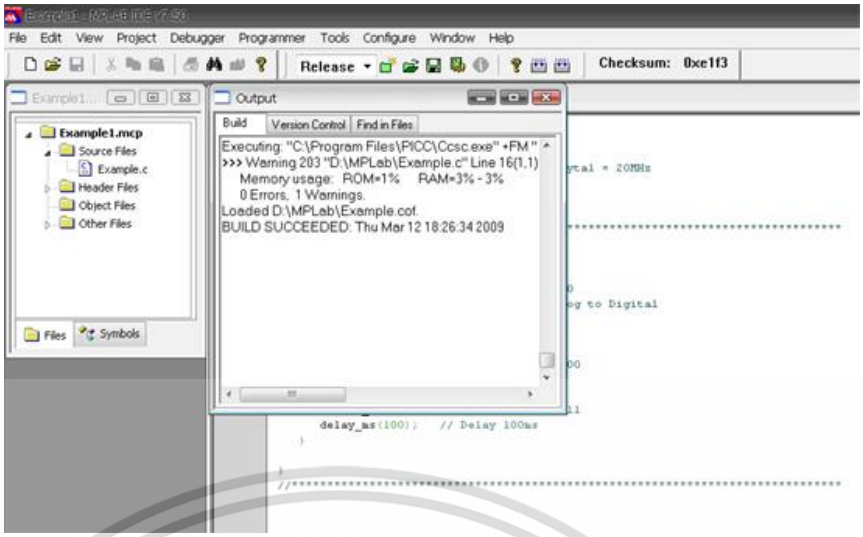
- Watchdog timer
- มีระบบ Code Protection
- สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจร RC ก็ได้
- สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5VDC ได้
- ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5VDC
- Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25mA
- มี Timer/Counter 3 ตัว
- มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด (มี PWM คุม DC Motor)
- มี A-TO-D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้าในตัวเอง
- มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232 หรือดีกว่า
- มีระบบตรวจระดับไปเลี้ยง (Brown-out reset)

ภาพที่ 2.5 แสดงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F84A (ซ้าย) เบอร์ 16F877A (ขวา)

2.2.2 โปรแกรม CCS'C Compiler

CCS C เป็นซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการเขียนโค้ดโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Programmable Integrated Circuit) แบ่งออกเป็น 2 เวอร์ชั่น คือ เวอร์ชั่นคอมไพล์ โปรแกรมผ่านคอมมานด์ไลน์ (ในโหมดดอสพร้อม) และเวอร์ชั่นคอมไพล์โปรแกรมผ่านวินโดวส์ ซึ่งทำงานในรูปแบบ IDE หรือ Integrated Develop Environment (เขียนแล้วคอมไพล์ในตัว) สำหรับโปรเจคนี้จะใช้แบบคอมไพล์บนวินโดวส์

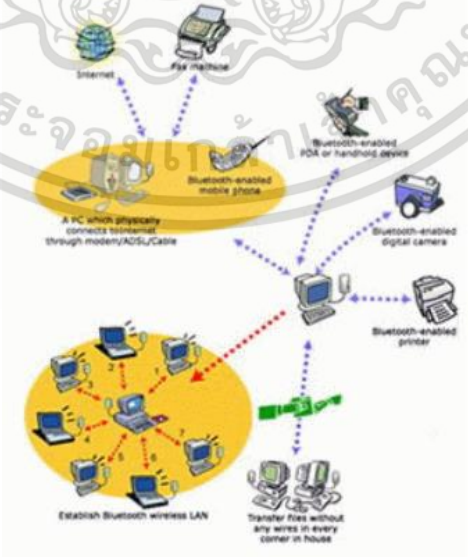
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรม CCS'C compiler

2.2.3 Bluetooth technology

Bluetooth technology คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กโทรนิกแบบสองทางด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือสายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นจะต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกันอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ และในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ Headset บนโทรศัพท์มือถือด้วย



ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างเครือข่ายเทคโนโลยีบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานของ Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกไปตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้ง ต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้นโดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอพพลิเคชั่นต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย ส่วนความสามารถการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกกะบิตต่อวินาที) และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ซึ่งถือว่าเหลือเฟือมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ล่ะก็ คงจะช้าเกินไป และถ้าถูกนำไปเปรียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้วความสามารถของ Bluetooth คงจะห่างชั้นกันเยอะ ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของ Bluetooth จะอยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์ หากเทียบกับคลื่นของโทรศัพท์มือถือ

2.2.4 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คือ ระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอฟแวร์ต้นฉบับ (Open Source) โดยบริษัท Google Inc. ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีจำนวนมาก อุปกรณ์มีหลากหลายระดับ หลายราคา รวมทั้งสามาถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอ และความละเอียดแตกต่างกันได้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามต้องการ และหากมองในทิศทางสาหรับนักพัฒนาโปรแกรมแล้วนั้น การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไม่ใช่เรื่องที่ยาก เพราะมีข้อมูลในการพัฒนารวมทั้ง Android SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้ให้กับนักพัฒนาได้เรียนรู้ และเมื่อนักพัฒนาต้องการจะเผยแพร่หรือจาหน่ายโปรแกรมที่พัฒนาแล้วเสร็จ ก็ยังมีตลาดในการเผยแพร่โปรแกรม ผ่าน Android Market แต่หากจะกล่าวถึงโครงสร้างภาษาที่ใช้ในการพัฒนานั้น สำหรับ Android SDK จะยึดโครงสร้างของภาษาจาวา (Java language) ในการเขียนโปรแกรมเพราะโปรแกรมที่พัฒนามาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ Dalvik Virtual Machine เช่นเดียวกับโปรแกรมจาวาที่ต้องทางานอยู่ภายใต้ Java Virtual Machine (Virtual Machine เปรียบได้กับสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมทางานอยู่) ส่วน Application หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่าง ๆ ได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้

2.2.4.1 Application Framework

เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จาเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมาก ๆ เพียงแค่ทาการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนามาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

1. Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทางานของหน้าต่างโปรแกรม (Activity)
2. Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคาสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้
3. View System เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)
4. Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่นหมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น
5. Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ
6. Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์
7. Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคาสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรมต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานผ่านทางแถบสถานะ (Status Bar) ของหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 Libraries

Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการการแสดงภาพและเสียง, Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3 มิติ และ 2 มิติ, SQLite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น

2.2.4.3 Android Runtime

Android Runtime จะมี Darvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทางานบนอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำ (Memory), หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และพลังงาน (Battery) ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Darvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทางาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับหน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)

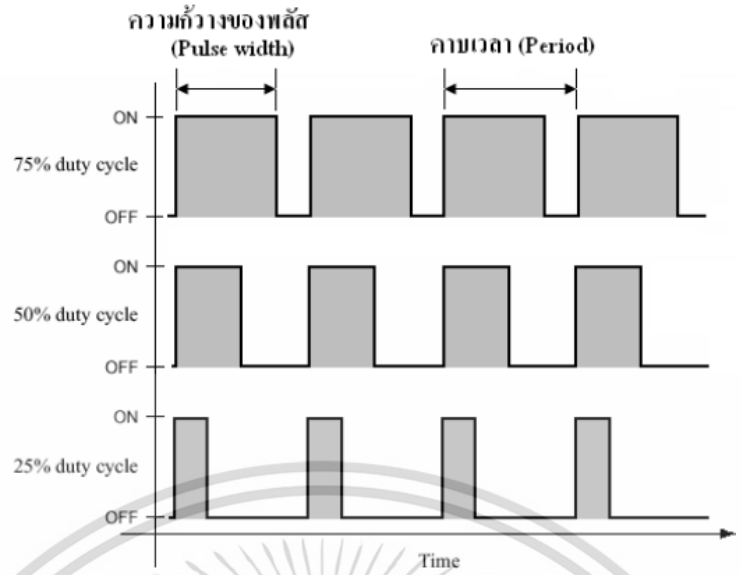
2.2.4.4 Linux Kernel

Linux Kernel เป็นส่วนที่ทาหน้าที่หัวใจสำคัญในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำพลังงานติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ความปลอดภัย เครือข่าย โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6 (Linux 26. Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

2.2.5 Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation หรือ PWM คือ สัญญาณพลัสที่มีค่าความถี่คงที่แต่ความกว้างของพลัสเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่ง PWM เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในงานควบคุม เช่น การควบคุมความเร็วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงสัญญาณ Pulse Width Modulation

ในระบบ digital นั้นจะมีสัญญาณแค่ High และ Low ถ้าต้องการจะนำระบบ digital ไปควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องควบคุมด้วยสัญญาน analog เช่น การควบคุมความเร็วมอเตอร์, การควบความความสว่างของหลอดไฟ ฯลฯ ในระบบ digital จะไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้โดยตรง จะต้องใช้ PWM ในการควบคุม โดยจะปรับคาบเวลาของ High-Low (Duty cycle) ในการปรับคาบเวลาจะมีผลกับ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไปยังอุปกรณ์ที่จะควบคุม ถ้าปรับ 50% Duty cycle จะทำให้มีช่วงที่เป็น High 50% ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไปจะเหลือแค่ 50% ของทั้งหมด เมื่อนำไปควบคุมมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 50% ของความเร็วสูงสุด

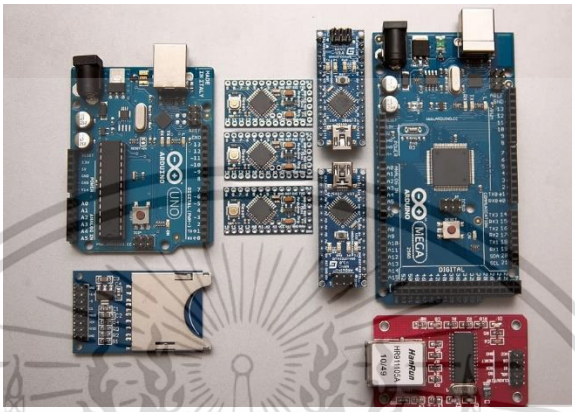
2.3 อุปกรณ์

2.3.1 บอร์ดคอนโทรลเลอร์ Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึง ขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึง ตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาหน่วยประมวลผลหลัก หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญรวมเข้าไว้ด้วยกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino คือ แผงวงจรหรือบอร์ด Arduino ใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย สำหรับการพัฒนาโปรแกรมรวมถึงได้พัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานพื้นฐานที่เรียกว่า Boot loader Firmware ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของรีจิสเตอร์ภายใน และเป็นเครื่องโปรแกรม ทำให้การพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น จึงได้รับความนิยมในการ นำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน แผงวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีหลายรุ่น แต่ละรุ่นมีคุณสมบัติ, จำนวนขาพอร์ต (I/O Port หรือเรียกว่า Pin) และหน่วยความจำแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 2.9 แสดงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่นต่างๆ

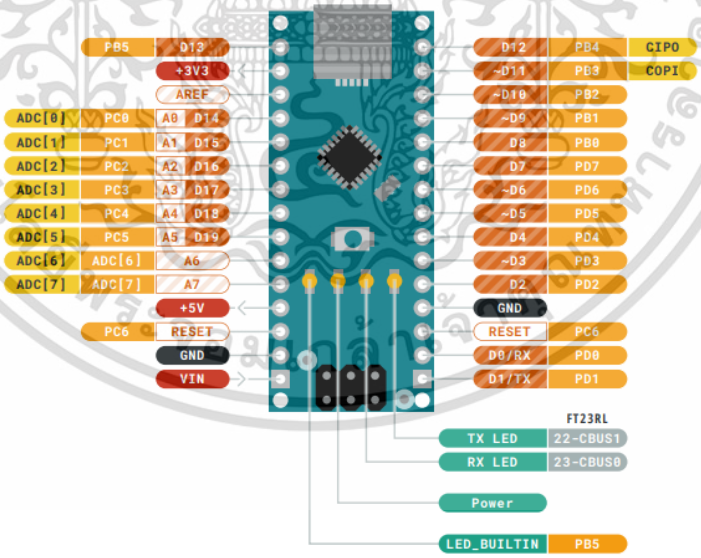
ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO เป็นบอร์ดขนาดเล็กที่ มีประโยชน์เทียบเท่ากับ Arduino Uno เพราะใช้ชิฟตัวเดียวกันคือ Atmega328 โดย Arduino Nano มีการเปลี่ยนหัว DC Jack เป็นการต่อกับขา VIN แทน และส่วนหัวเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เป็นแบบ Mini USB ทำให้เป็นบอร์ดที่มีขนาดเล็กที่สุด

ภาพที่ 2.10 แสดงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเฉพาะทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO

ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
แรงดังการทำงาน	5 โวลต์ ○ แนะนำที่ 7-12 โวลต์ ○ จำกัดที่ 6-20 โวลต์
ดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต	22 ขา (ใช้เป็นPWM ได้ 6 ขา)
อนาล็อกอินพุต/เอาต์พุต	8 ขา
กระแสไฟฟ้าในพินอินพุต/เอาต์พุต	40 มิลิแอมป์
กระแสไฟฟ้าในพิน 3.3 โวลต์	50 มิลิแอมป์
หน่อยความจำ	32 กิโลไบต์
SRAM	2 กิโลไบต์
EEPROM	1 กิโลไบต์
ความเร็วสัญญาณนาฬิกา	16 เมกะเฮิรตซ์
ขนาด	ยาว 45 มิลลิเมตร กว้าง 18 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	7กรัม



ภาพที่ 2.11 แสดงขาต่อใช้งานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO

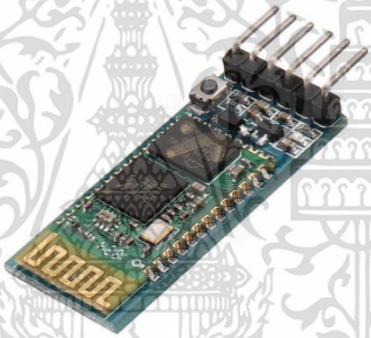
2.3.2 โมดูลบลูทูธ รุ่น HC05

HC05 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับสมาร์ทดีไวซ์ต่าง ๆ ให้สมาร์ทดีไวซ์สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino AVR PIC etc.) ได้ ผ่าน Serial port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลรุ่น HC05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งโหมด Master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และโหมด Slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่าง ๆ คุณสมบัติพิเศษของ HC05 มีดังต่อไปนี้

1) ความถี่ 2.4 GHz Bluetooth 2.0+EDR
2) สามารถตั้งค่าเป็นได้ทั้ง Master และ Slave
3) แรงดัน 3.3 V. (1.8-3.6 V)
4) รองรับ Baud rate ที่ 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800
5) Built-in antenna
6) ขนาด 27.0*12.7*2.2 mm.
7) UART Interface สามารถปรับค่า Baud rate ได้
8) แก้ไขค่าต่าง ๆได้ด้วยคำสั่ง AT Command
9) รหัสจับคู่ (Device's Pairing code): 1234



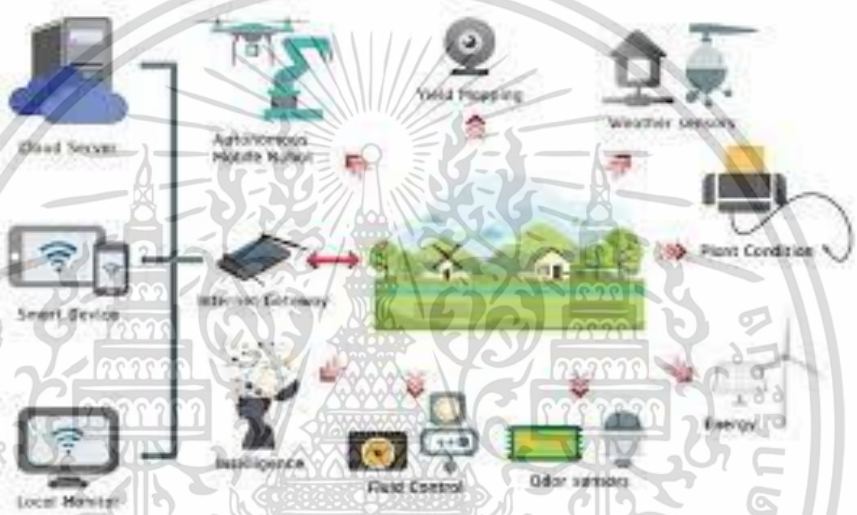
ภาพที่ 2.12 แสดงโมดูลบลูทูธ รุ่น HC-05

2.3.3 เซนเซอร์(Sensor)

เซนเซอร์ หมายถึง ชุดอุปกรณ์ ระบบ หรือ วงจร ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การรับรู้ของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นรูป รส กลิ่น เสียง หรือการสัมผัส โดยทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือลักษณะของสารที่เป็นเป้าหมายในการวิเคราะห์ (Analytical Target) และแสดงผลในลักษณะสัญญาณที่สามารถตรวจวัดในเชิงปริมาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญานไฟฟ้า สัญญาณกลศาสตร์ (Mechanic) สัญญาณเชิงแสง (Optic) หลักในการทำงานเบื้องต้นของเซนเซอร์ คือ เป็นการตรวจจับสัญญาณแต่ละชนิด เช่น แสง สี การเปลี่ยนแปลงมวล อุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นระหว่างเป้าหมายที่ต้องการวัดกับตัวทำปฏิกิริยาที่จำเพาะ จากนั้นส่งผ่านเครื่องแปลงสัญญาณ (Transducer) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่เกิดขึ้นมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ตรวจสอบได้ และถูกวิเคราะห์ พร้อมทั้งนำเสนอโดยระบบประมวลและแสดงผล (Detector and Display System) โดยทั่วไปเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ เครื่องมือตรวจวัดคุณสมบัติของระบบหรือสิ่งที่ต้องการวัด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบประมวลผลและแสดงผลของการวัดในภาพรวมเซนเซอร์ ครอบคลุมเทคนิควิธีการตรวจวัด 3 ด้าน ได้แก่ เซนเซอร์ด้านกายภาพ (Physical Sensor) เซนเซอร์ด้านเคมี (Chemical Sensors) เซนเซอร์ด้านชีวภาพ (Biosensors) นอกจากนี้ยังรวมถึง Electrical, Electronic Sensors ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำเอาข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้เทคนิคด้านกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ ข้างต้นมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า และแปลงค่ามาเป็นข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์อีกครั้ง เพื่อให้สามารถอ่านค่าและวิเคราะห์ผลได้ง่ายมากขึ้นซึ่งเทคโนโลยีเซนเซอร์ก็มีหลายรูปแบบ ในโปรเจคนี้ใช้เซนเซอร์วัดระยะทางหรืออัลตร้าโซนิคและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



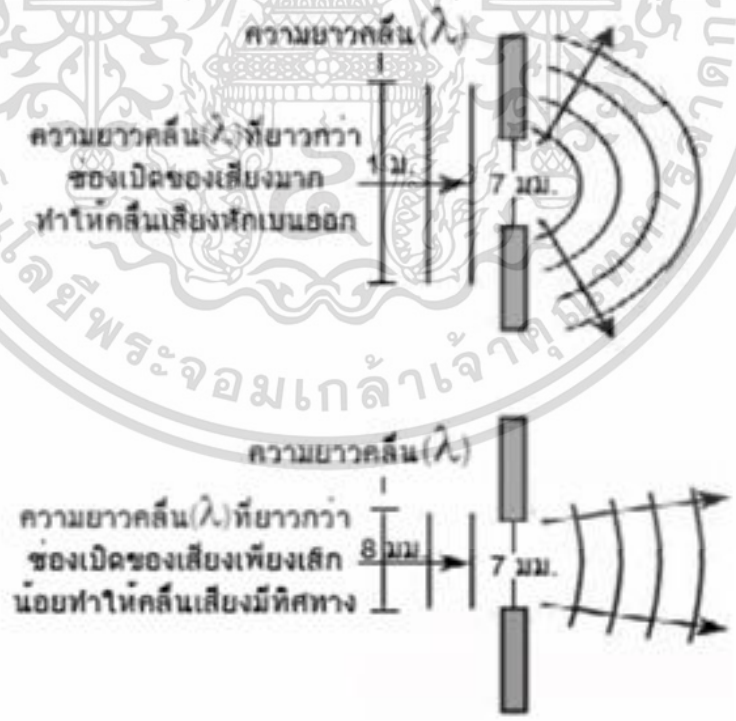
ภาพที่ 2.13 แสดงภาพแสดงเทคโนโลยีเซนเซอร์

2.3.3.1 Ultrasonic sensor

Ultrasonic sensor คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระยะห่างเริ่มจากหัววัดของเซนเซอร์ถึงสิ่งของต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ ข้อดีของอัลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์เมื่อเทียบกับโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์แบบใช้วัดระยะทาง ก็คือ ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ฝุ่นผงและความสกปรก สามารถตรวจวัดระยะห่างของวัตถุได้ดีแม้ว่าวัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส โปร่งแสง มีความแวววาวได้อย่างแม่นยำ และยังเหมาะสำหรับการตรวจจับของเหลวและวัตถุที่เป็นเม็ดได้เป็นอย่างดี ซึ่งอัลตร้าโซนิคคือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกิน 20,000 Hz จนหูมนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้ คลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ดีนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 20 Hz จนถึง 15 kHz โดยเฉลี่ยสำหรับบุคคลคนที่มีอายุเลยวัยเด็กและประมาณ 20 Hz จนถึง 20 kHz สำหรับเด็กที่มีอายุน้อย ๆ แต่คลื่นอัลตร้าโซนิคจะมีความถี่อยู่ที่ 20 kHz ขึ้นไป ซึ่งมีความถี่ที่สูงจน ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้เลย ซึ่งความถี่นี้จะมีสัตว์อยู่บางประเภทที่สามารถได้ยินได้ เช่น ค้างคาวและโลมา เนื่องจากค้างคาวมีดวงตาที่เล็กและออกหากินใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลากลางคืน ซึ่งค้างคาวจะใช้คลื่นความถี่อัลตร้าโซนิคเพื่อใช้ระบุตำแหน่ง รูปร่าง ทิศทาง ของวัตถุที่ขวางเส้นการเดินทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของสิ่งๆนั้นได้อย่างแม่นยำ ด้วยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงที่ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งค้างคาวจะเปล่งคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิคออกมาซึ่งจะมีความถี่ประมาณ 24.6 kHz และใช้การคำนวนระยะทางและเวลาที่เสียงเดินทางไปและเดินทางกลับ ทำให้ค้างคาวสามารถจับตำแหน่งสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำแม้ในเวลากลางคืน ด้วยหลักการเดียวกันนี้ มนุษย์จึงนำคลื่นย่านอัลตร้าโซนิคนี้มาใช้งาน เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถเล็งคลื่นไปที่ตำแหน่งหรือเป้าหมายที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากคุณสมบัติของคลื่นที่ว่า ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงมากเท่าไหร่ ความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลงพิสูจน์ได้จากสูตรที่ 1 ด้านหน้านี้ ถ้าความยาวของคลื่นยาวกว่าช่องเปิด หรือช่องที่คลื่นเสียงสามารถออกมาได้ เช่น คลื่น 300 Hz จะมีความยาวคลื่นประมาณ 1 เมตร ซึ่งยาวกว่าช่องเปิดที่คลื่นเสียงสามารถออกมาได้ ทำให้คลื่นนั้นเกิดการหักเบนออกที่ขอบด้านนอกของช่องเปิด ทำให้คลื่นมีการกระจายตัว ไม่สามารถระบุตำแหน่งหรือโฟกัสไปที่จุด ๆ หนึ่งได้ แต่ถ้าคลื่นมีความถี่สูง ความยาวคลื่นก็จะสั้นลง เช่น คลื่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นประมาณ 8 มม.ซึ่งเล็กกว่าช่องเปิดของคลื่น ทำให้เสียงไม่มีการหักเหหรือเลี้ยวเบน ทำให้คลื่นเสียงที่ส่งออกมาจะพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ ซึ่งก็หมายความว่าคลื่นเสียงนั้นมีทิศทาง

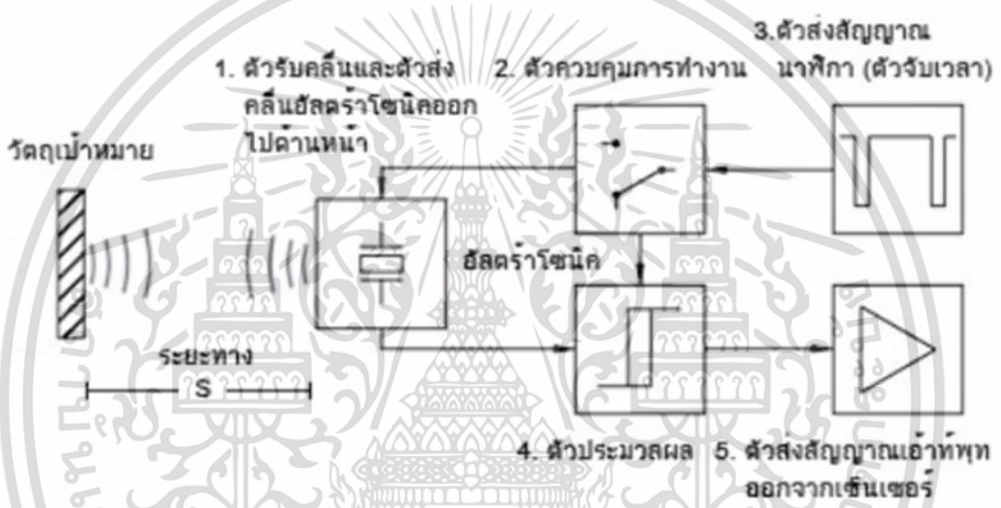


ภาพที่ 2.14 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงแบบกระจายตัว (รูปบน) และคลื่นเสียงที่มีทิศทาง (รูปล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์เป็นเซนเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ โดยส่วนประกอบของตัวเซนเซอร์จะประกอบด้วย

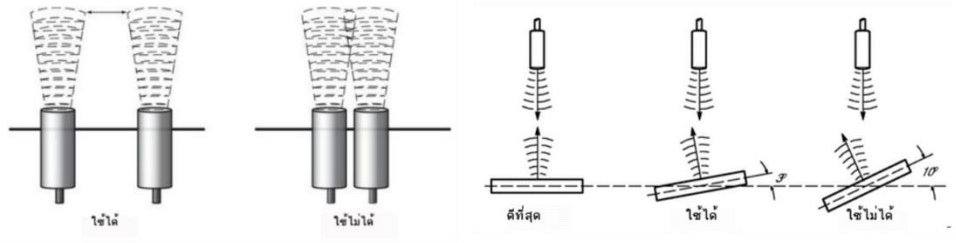
1. ตัวส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคและตัวรับคลื่นอัลตร้าโซนิค (อัลตร้าโซนิค ทรานสดิวเซอร์)
2. ตัวควบคุมการทำงาน
3. ตัวส่งสัญญาณนาฬิกา
4. ตัวประมวลผล
5. ตัวส่งสัญญาณเอาต์พุต



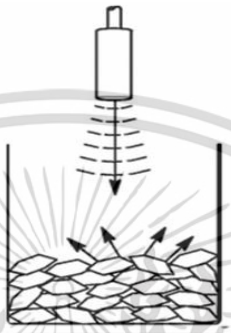
ภาพที่ 2.15 แสดงภาพไดอะแกรมภายในของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

การจัดวางตำแหน่งของเซนเซอร์ การเว้นระยะห่างของตัวเซนเซอร์ควรเว้นระยะห่างของเซนเซอร์ เพื่อไม่ให้คลื่นเสียงที่ส่งออกไปมีการรบกวนกัน เพื่อประสิทธิภาพและความแม่นยำในการตรวจจับของตัวเซนเซอร์การวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับ ควรจัดวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับให้มีระนาบที่จะสามารถสะท้อนคลื่นเสียงที่ส่งไปกลับมาได้ ตามคุณสมบัติของคลื่นเสียงที่ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนวัตถุที่จะทำการสะท้อนนั้น ควรจะมีลักษณะเป็นแนวราบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการตรวจจับดีที่สุด ถ้าวัตถุที่ทำการตรวจจับเป็นชิ้นเล็ก ๆหรือมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนจะทำให้ความสามารถในการตรวจจับและความแม่นยำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



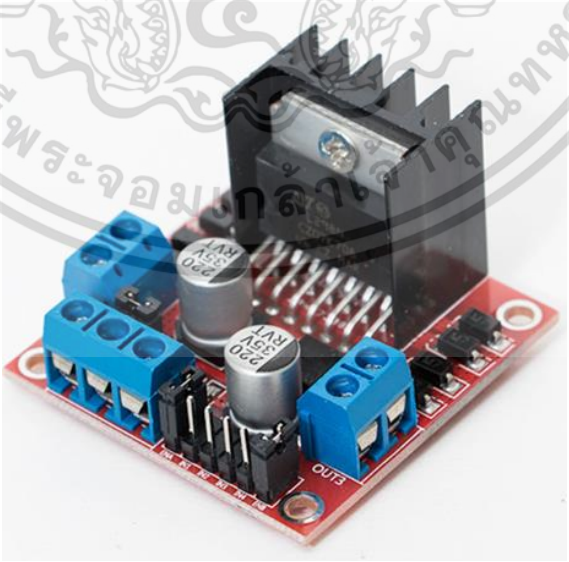
ภาพที่ 2.16 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซนเซอร์ที่ถูกต้อง



ภาพที่ 2.17 แสดงการตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

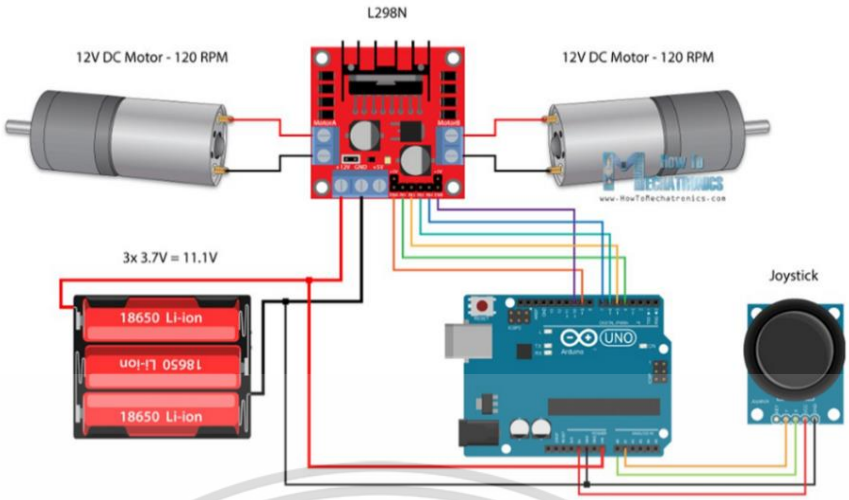
2.3.4 Drive motor

L298N Motor Driver Module เป็นโมดูลขับมอเตอร์ราคาถูก ใช้ชิฟ L298N สามารถขับมอเตอร์ได้ 2 ตัวแบบแยกอิสระ สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ ใช้ไฟ 5 โวลต์ สามารถรับไฟเข้า 7-35 โวลต์ได้ มีวงจรเรกกูเลตในตัว ขับมอเตอร์กระแสสูงสุดได้ 2A



ภาพที่ 2.18 แสดง Drive motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 แสดงไดอะแกรมการต่อวงจรการทำงานไดรฟ์มอเตอร์

ขาการทำงานของ Drive motor

1) VCC เป็นจุดต่อไฟแรงสูงสำหรับขับมอเตอร์ รองรับตั้งแต่ 5 - 35V
2) GND เป็นจุดต่อกราวด์ร่วม
3) 5V เป็นจุดต่อไฟเลี้ยงวงจร โดยจะต่อมาจาก 5V ของบอร์ด Arduino ให้สังเกตด้านหลังจะมีจุดจั๊ม 5VEN หากเราจั๊มจุดนี้ไว้โมดูลจะดึงไฟจาก VCC ไปผ่านไอซี 5V Regulator สำหรับใช้เลี้ยงวงจร ทำให้เราไม่ต้องต่อ 5V มาจาก Arduino แต่หากเราต่อไว้ 5V ของโมดูลจะส่งไฟออกไปเลี้ยงบอร์ด Arduino แทน ซึ่งมีจุดที่ควรระวังคือหากเราจั๊มไว้แล้วจะต้องจ่าย VCC ให้มากกว่าที่ใช้งาน 2V
4) ENA เป็นขาสำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชุด A (ในรูปพิมพ์ OUT1) หากเราจั๊มกับ 5V ด้านหลังไว้จะทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วคงที่ แต่หากต้องการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้หมุนช้าเร็วก็ต้องถอดจั๊มออกแล้วดึงสัญญาณ PWM มาควบคุม ENA แทน
5) IN1 และ IN2 ใช้ควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์
6) ENB, IN3 และ IN4 ก็มีหน้าที่เหมือนกัน แต่จะเป็นการควบคุมมอเตอร์ชุด B แทน
7) OUT1 และ OUT2, OUT3 และ OUT4 สำหรับต่อสายไฟไปควบคุมมอเตอร์ A และมอเตอร์ B ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 โมดูลกล้อง OV7670 Camera VGA module

กล้องสำหรับถ่ายภาพขนาดเล็ก สำหรับ Arduino แบบ VGA 8 Bit การเชื่อมต่อแบบ SCCB Interface I2C Interface ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ สามารถถ่ายภาพ นามสกุล JPEG ได้ รองรับ RawRGB, RGB (GRB4: 2:2, RGB565/555/444), YUV (4:2:2) and YCbCr (4:2:2) output format รองรับ VGA,CIF ถ่าย VDO สูงสุด 30 Frames ต่อวินาที สามารถปรับแสง UV , Edge enhancement, noise reduction อัตโนมัติ และสามารถบันทึก VDO ได้อีกด้วย มีเลนส์สามารถปรับความคมชัดของกล้อง และเมื่อถ่ายภาพเสร็จแล้วจะทำการส่งภาพ File ที่ได้ไปยัง SD Card เพื่อเก็บเป็นไฟล์รูปภาพได้อย่างง่ายดายสามารถนำ OV7670 Camera VGA module ไปประยุกต์ใช้งาน เช่น การบันทึกภาพ กล้องตรวจจับขโมย กล้องบันทึกภาพการทำงานต่างๆ ตั้งเวลาถ่ายภาพ บันทึกภาพลงใน SD card เป็นต้น หรือสามารถนำมาใช้ร่วมกับ Nodemcu Esp8266 เพื่อส่งข้อมูลแบบ streaming ผ่าน อินเตอร์เน็ตได้อีกด้วย

คุณสมบัติกล้อง OV7670 Camera VGA module

1) สามารถถ่ายภายขนาดสูงสุด 640x480
2) รองรับแรงดัน : 2.5V ถึง 3.0 V
3) พลังงานที่ใช้ : 60mW ต่อการถ่าย VDO 15 fps
4) โหมดประหยัดพลังงาน Sleep : ใช้กระแส น้อยกว่า 20 μA
5) ทำงานได้ที่อุณหภูมิ : -30 $^{\circ}$C ถึง 70 $^{\circ}$C
6) ระบบรองรับ Formats : YUV/YCbCr4: 2:2 RGB565/555/444 GRB4: 2:2 Raw RGB Data
7) ถ่ายภาพสูงสุดได้ : 30fps VGA
8) SNR: 46dB
9) Dynamic range: 52 dB

2.3.6 มอเตอร์เกียร์มีเฟืองทดภายใน

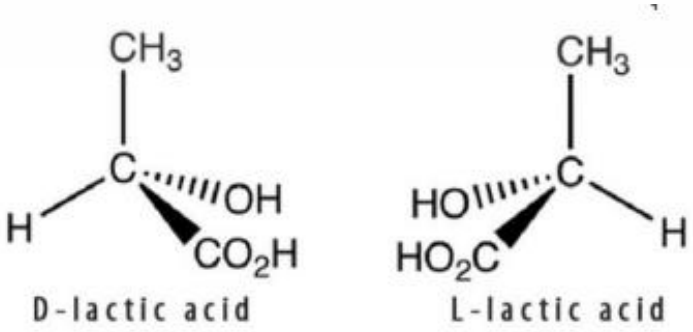
มอเตอร์ที่มีเฟืองทดภายในให้แรงบิดสูงมาก เหมาะกับงานที่ต้องการแรงฉุด แรงดึงที่สูงกว่ามอเตอร์แบบปกติ ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 3-6 VDC มีอัตราทดเท่ากับ 48:1 มีแรงเสียดทานในชุดเกียร์น้อยมาก เหมาะกับการประยุกต์สร้างหุ่นยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.20 แสดงมอเตอร์เฟืองทดภายใน 48:1

2.4 วัสดุขึ้นโครง

พลาสติกประเภท PLA+ คือ พลาสติกประเภท PLA ที่มีการแก้ไขปรับปรุงข้อเสียของพลาสติกประเภท PLA แล้ว โดยพลาสติกประเภท PLA (พอลิแลคติคแอซิด (Poly(lactic acid)) เป็นพลาสติกชีวภาพที่สลายตัวได้ (Compostable polymer) โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถหาได้จากทรัพยากรที่เกิดขึ้นใหม่ได้ เช่น แป้งที่ได้จากพืชพวกข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งมอนอเมอร์ของ PLA คือ กรดแลคติกซึ่งมีไอโซเมอร์สองรูปแบบ ได้แก่ แบบดี-ไอโซเมอร์ และ แบบ แอล-ไอโซเมอร์ (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นอิแนนชิโอเมอร์ (Enantiomer) ที่มีความว่องไวต่อแสง (Optical active) ต่างกัน กล่าวคือมีสูตรเคมีเหมือนกัน การจัดเรียงตัวในสามมิติไม่เหมือนกัน และมีการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ในทิศทางต่างกัน ในธรรมชาติส่วนใหญ่พบในรูปแบบแอล-ไอโซเมอร์หรือในรูปของผสมระหว่างแอล-ไอโซเมอร์ และดี-ไอโซเมอร์ เรียกว่าของผสมราซิมิค (Racemic mixture, อัตราส่วน = 1:1 เขียนแทนด้วย DL) หรือ สารประกอบมีโซ (meso-compound) ที่ไม่มีสมบัติบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ (Optically inactive)



ภาพที่ 2.21 แสดงโครงสร้างของกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ PLA ความบริสุทธิ์เชิงแสง (Optical purity) ของ PLA ส่งผลอย่างมากต่อสมบัติทางความร้อน สมบัติเชิงกลและสมบัติต้านการซึมผ่านของก๊าซและของเหลว (Barrier properties) PLA ที่มีสัดส่วนของ L-isomer สูงกว่าร้อยละ 90 มีแนวโน้มเป็นพอลิเมอร์กึ่งผลึก (Semicrystalline polymer) ในขณะที่พอลิเมอร์ที่มี D-isomer ในองค์ประกอบเพิ่มขึ้นจะมีความบริสุทธิ์เชิงแสงต่ำลง และมีแนวโน้มเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีรูปร่างหรือมีไม่มีรูปร่างที่แน่นอน (Amorphous) นอกจากนี้อุณหภูมิการหลอมเหลว อุณหภูมิกลาสทรานสิชั่นและระดับความเป็นผลึกมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของ L-isomer ที่ลดลงด้วย โดยสัดส่วนของไอโซเมอร์ที่แตกต่างกันในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้ PLA ที่สังเคราะห์ขึ้นมีคุณสมบัติได้หลากหลายจึงสามารถปรับให้รองรับความต้องการใช้งานได้กว้างขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เช่น Polyethylene Terephthalate (PET) และ Polystyrene (PS) โดย PLA มีความใสและมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติต้านการซึมผ่านของก๊าซที่ใกล้เคียงกัน

คุณสมบัติของ PLA+

1. PLA+ มีความแข็งแรงและทนทานกว่า PLA รวมทั้งมีความเหนียวในระดับที่สูงกว่า
2. PLA+ จะมีความยืดหยุ่นมากกว่า PLA โดยเส้นใย PLA+ นั้น มีชิ้นส่วนที่พิมพ์มีความเหนียวกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนที่พิมพ์ด้วย PLA ทั่วไป ดังนั้น PLA+ จึงถูกมองว่ามีคุณสมบัติความยืดหยุ่นกึ่งกลางระหว่าง PLA และ ABS
3. PLA+ ได้มีการปรับแต่งเส้นใยทั่วไป ให้มีความทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่ง PLA มีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำมาก เกิดการบิดงอและการเสียรูปที่อุณหภูมิสูงขึ้น
4. PLA+ มีความหนืดต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ PLA
5. PLA+ มีคุณสมบัติของพื้นผิวที่เรียบเนียนกว่า PLA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนและการดำเนินงาน

3.1.1 กำาหนดหัวข้อและกำหนดรายละเอียดของโครงการ

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ทรงกลม

3.1.3 ศึกษาข้อมูลและหลักการทำงานออกแบบรูปร่างชิ้นส่วน

3.1.4 ศึกษารายการวัสดุ อุปกรณ์ และราคา ที่ต้องใช้ในการดำเนินการสร้างหุ่นยนต์ทรงกลม

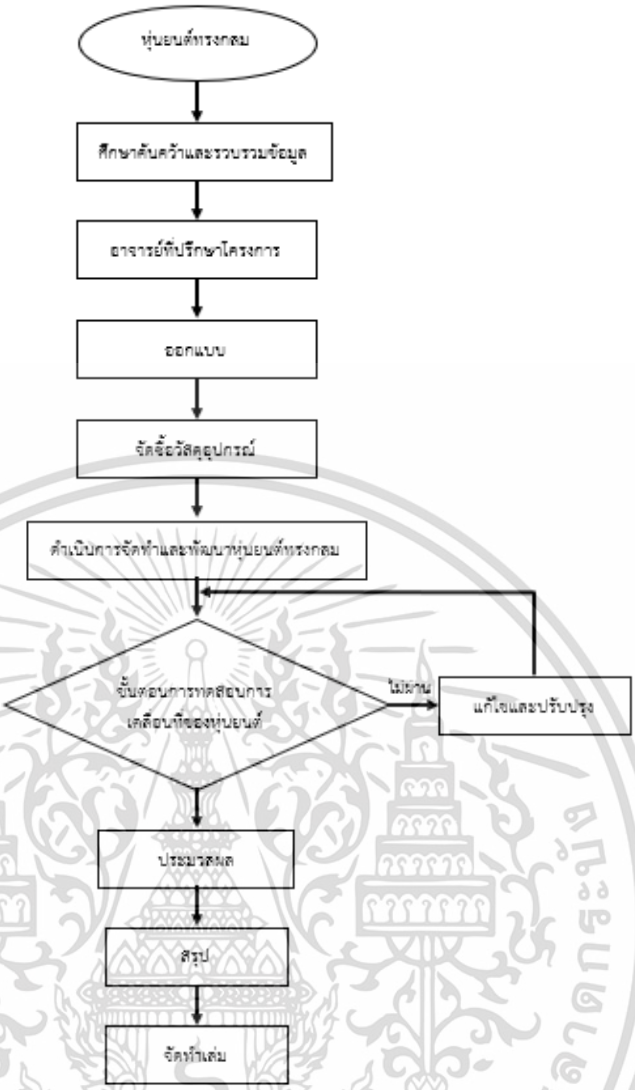
3.1.5 รวบรวมรายการวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเตรียมจัดเตรียมซื้อวัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ

3.1.6 ดำเนินการสร้างหุ่นยนต์ทรงกลม

3.1.7 ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ทรงกลม

3.1.8 สรุปและประเมินผลที่ได้จากการดำเนินโครงงานตามวัตถุประสงค์และขอบเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

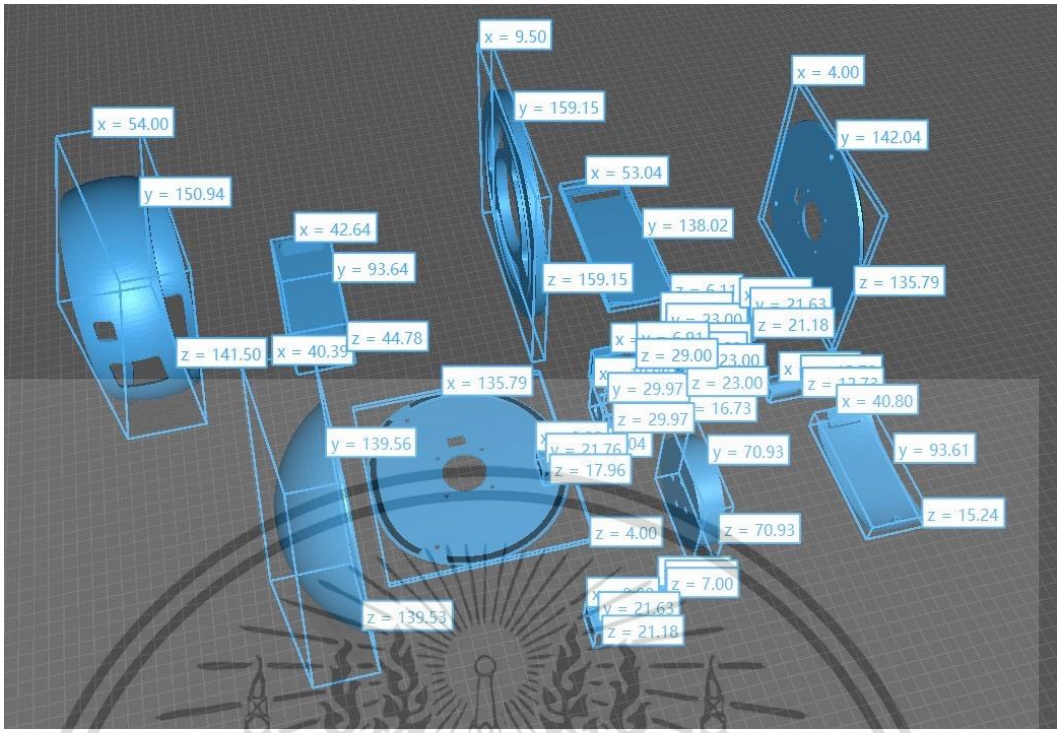


ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการจัดทำโครงการ

3.2 ออกแบบหุ่นยนต์ทรงกลม

ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบโครงเครื่องไม้ให้มีขนาดใหญ่จนเกินไป เคลื่อนที่ได้อย่างสะดวกและวิธีใช้งานง่าย โดยโครงของหุ่นยนต์จะเป็นการสั่งปริ้น 3D ซึ่งจะใช้เป็นพลาสติกประเภท PLA+ เนื่องจากมีคุณสมบัติของพื้นผิวที่เรียบเนียนมี ความแข็งแรงและทนทานกว่า PLA โดยเส้นใย PLA+ นั้น มีชิ้นส่วนที่พิมพ์มีความเหนียวกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนที่พิมพ์ด้วย PLA ทั่วไป ดังนั้น PLA+ จึงถูกมองว่ามีคุณสมบัติความยืดหยุ่นกึ่งกลางระหว่าง PLA และ ABS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

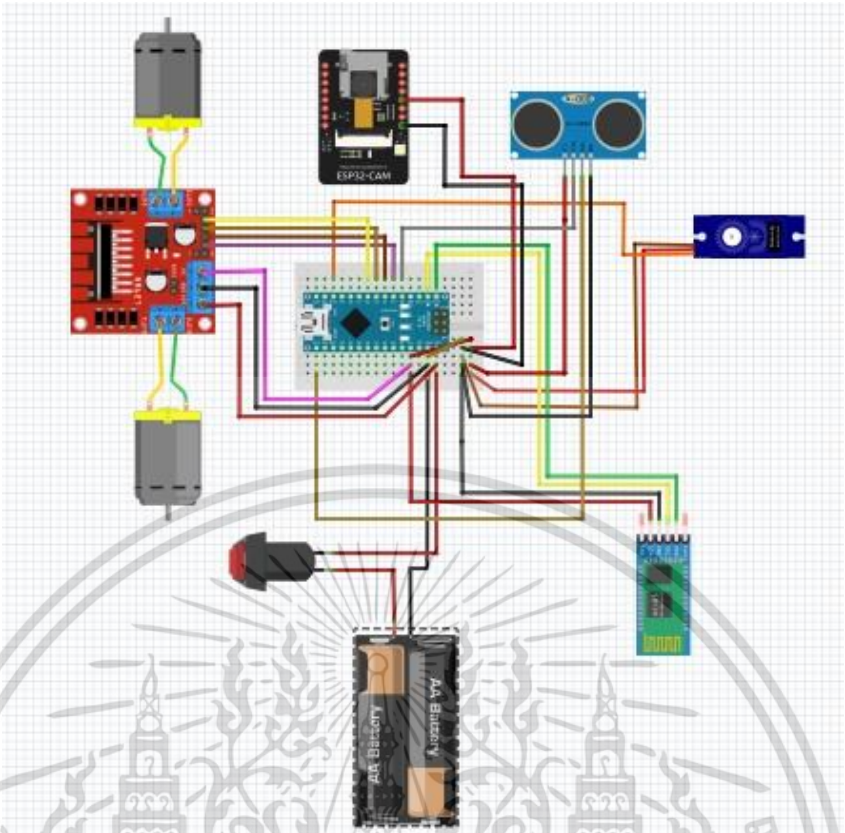


ภาพที่ 3.2 แสดงชิ้นส่วนโครงหุ่นยนต์

ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างชิ้นส่วนโครงหุ่นยนต์ของจริง

การออกแบบวงจรการใช้งานของหุ่นยนต์ทรงกลมนั้น ทางผู้จัดทำได้พยายามทำให้วงจรใช้งานได้สะดวกและตรวจสอบดูแลรักษาได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทรงกลมเสมือนจริง

3.3 รายการอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1.	บอร์ด Arduino NANO	1 บอร์ด
2.	บอร์ดโมดูลบรูทูธ HC-05	1 บอร์ด
3.	บอร์ดโมดูลไดร์ฟมอเตอร์	1 บอร์ด
4.	มอเตอร์	2 อัน
5.	เซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิค	1 ชุด
6.	โมดูลกล้อง OV7670 Camera VGA	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 ระบบอัตโนมัติ

1. เปิดสวิตช์ที่ตัวหุ่นยนต์
2. รอระบบเซ็ตตัว
3. หุ่นยนต์เริ่มเคลื่อนที่
4. เมื่อมีสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะหยุดเคลื่อนที่ และเซ็นเซอร์จะหาทางที่ไม่มีสิ่งกีดขวางเพื่อเคลื่อนที่หลบ

3.4.2 ระบบควบคุมผ่านโทรศัพท์

1. เปิดสวิตช์ที่ตัวหุ่นยนต์
2. รอระบบเซ็ตตัวและทำการเชื่อมต่อบลูทูธระหว่างโทรศัพท์และตัวหุ่นยนต์
3. สั่งการเคลื่อนผ่านโทรศัพท์
4. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่ง

3.5 การตรวจสอบและทดสอบ

3.5.1 ตรวจสอบการทำงานของหุ่นยนต์ทรงกลม

3.5.2 ทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลม

3.5.3 ตรวจสอบข้อบกพร่องและทำการปรับปรุงแก้ไข

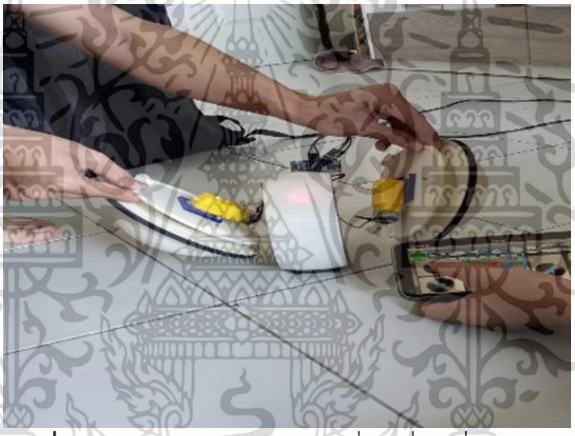
3.5.4 บันทึกผลการทำงานวิเคราะห์และสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองแอพพลิเคชั่นสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Discrete Control Sphere Robot Application)

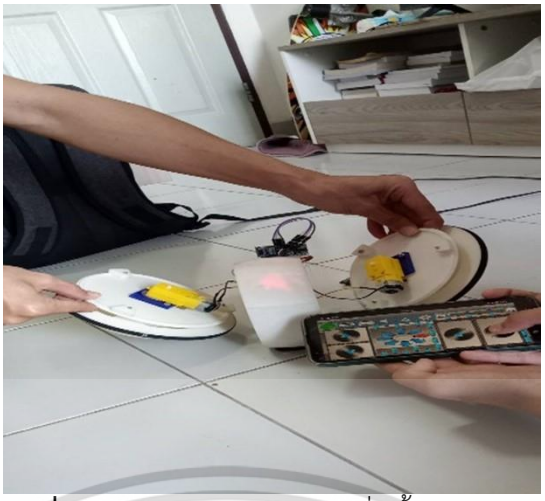
ในส่วนของการทดลองนี้จะประกอบไปด้วย แอพพลิเคชั่นสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งรันอยู่บนมือถือปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ และส่วนโปรแกรมสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งรันอยู่บนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั้งสองส่วนนี้จะสื่อสารกันผ่านเทคโนโลยีบลูทูธบนโทรศัพท์มือถือและบลูทูธซึ่งถูกประกอบเค้ากับวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ การทดลองนี้ใช้มอเตอร์กระแสตรงสองตัวดังรูปที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงการทดลองการสั่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

จากภาพจะเห็นได้ว่าเมื่อกดสั่งการเดินหน้ามอเตอร์ทั้งสองตัว (ซ้ายและขวา) จะเกิดการหมุนพร้อมกันไปในทิศทางเดียวกันด้วยความเร็วที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงการทดลองการสั่งเลี้ยวไปทางขวา

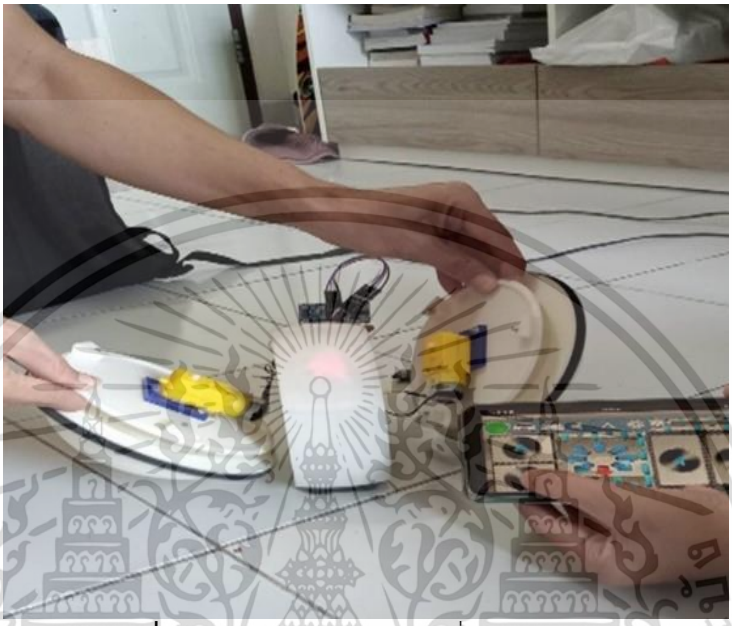
ยกตัวอย่างการเลี้ยวทางขวาของหุ่นยนต์ จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการกดสั่งเลี้ยวขวามอเตอร์ที่อยู่ทางด้านขวาจะทำงานเพียงตัวเดียวและมอเตอร์ที่อยู่ทางฝั่งซ้ายจะหยุดการทำงาน เป็นการแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์อยู่ในสภาวะเลี้ยวไปทางขวา และการเลี้ยวไปทางซ้าย จะเห็นได้จากภาพที่ 4.3 เมื่อการกดสั่งให้เลี้ยวไปทางซ้ายมอเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายจะทำงานหมุนในทิศตรงกันข้ามกับมอเตอร์ทางขวาและมอเตอร์ที่อยู่ทางขวาจะหยุดทำงาน ซึ่งทำให้เห็นว่าหุ่นยนต์อยู่ในสภาวะเลี้ยวไปทางซ้าย

ภาพที่ 4.3 แสดงการทดลองการสั่งเลี้ยวไปทางซ้าย

ยกตัวอย่างการถอยหลังของหุ่นยนต์ จะเห็นได้จากภาพที่ 4.4 เมื่อมีการกดสั่งให้ถอยหลังมอเตอร์ที่อยู่ทั้งสองฝั่งของหุ่นยนต์ (มอเตอร์ทางซ้ายและมอเตอร์ทางขวา) จะหมุนในทิศทางตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้ามกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วเท่ากันและทำงานพร้อมกันซึ่งทำให้เห็นว่าหุ่นยนต์อยู่ในสภาวะถอยหลัง และสุดท้ายคือการให้หุ่นยนต์หยุดทำงาน ซึ่งหมายความว่าจะไม่มีการสั่งการใด ๆ จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีการสั่งงานใด ๆ มอเตอร์ทั้งสองตัว (มอเตอร์ทางซ้ายและมอเตอร์ทางขวา) จะไม่ทำงานซึ่งทำให้เห็นว่าหุ่นยนต์อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง

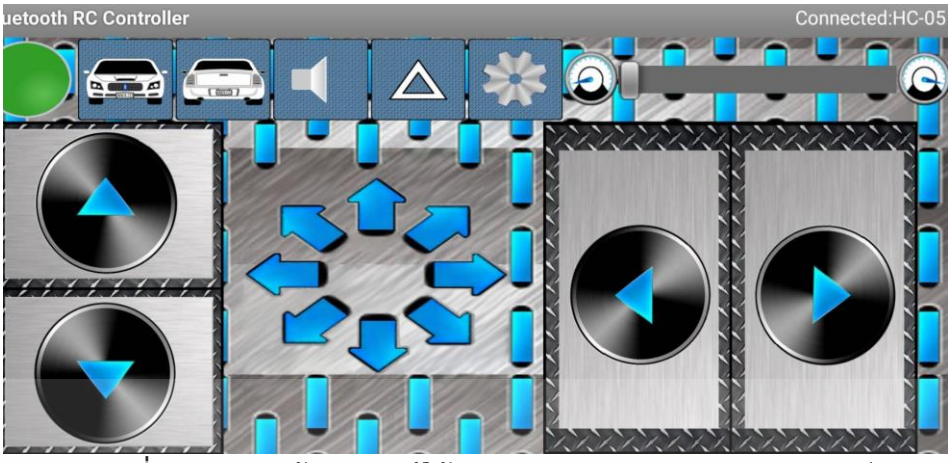


ภาพที่ 4.4 แสดงการทดลองการสั่งให้เดินถอยหลัง

ภาพที่ 4.5 แสดงการทดลองการสั่งให้มอเตอร์หยุดนิ่ง

ผลการทดลองอีกส่วนหนึ่ง จะเป็นผลการทดลองในส่วนแอพพลิเคชั่นที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีหน้าต่างของผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นดังต่อไปนี้

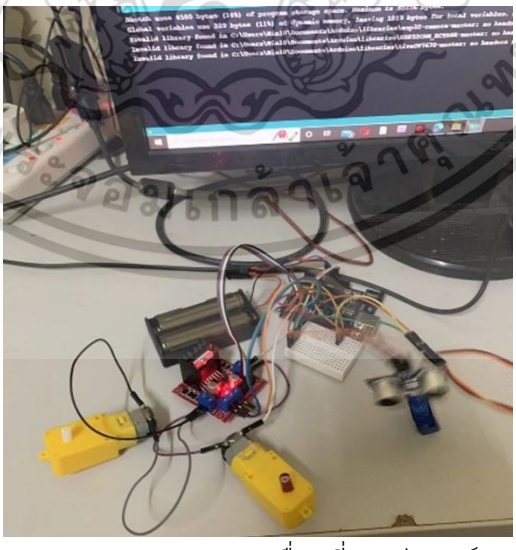
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แสดงหน้าต่างของผู้ใช้งานการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

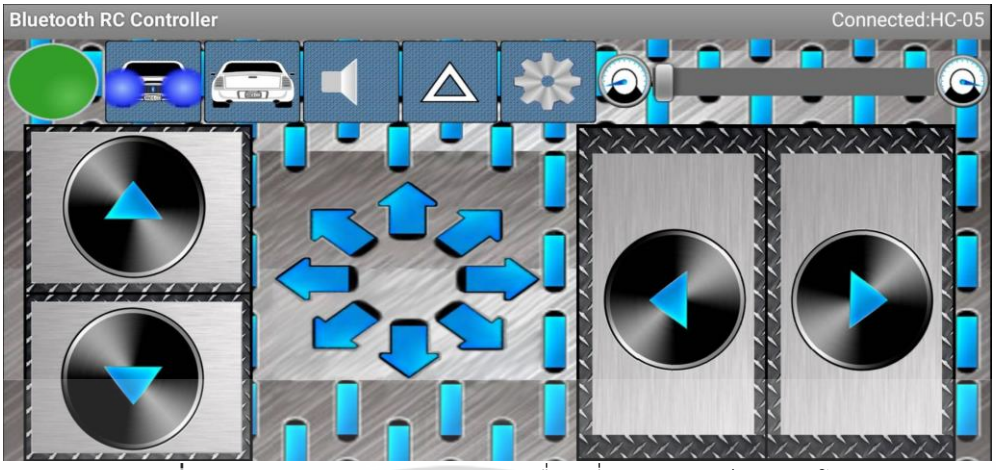
4.2 การทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ

ในส่วนของการทดลองนี้ จะประกอบไปด้วยแอพพลิเคชั่นที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ และอีกส่วนหนึ่งจะอยู่บนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยทั้งสองส่วนนี้จะรับส่งสัญญาณผ่านเทคโนโลยีบลูทธและในการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติจะมีเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางที่มีหน้าที่ในการตรวจวัดระยะทางเพื่อบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ใกลที่สุดซึ่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยโมดูลกล้องที่จะช่วยบันทึกภาพตลอดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และในการทดลองนี้จะใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดระยะทางเพื่อเป็นการบังคับการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงโดยแสดงให้เห็นดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงผลการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเชื่อมต่อบลูทูธที่ถูกต่ออยู่บนบอร์ด อาดูอิโน่ นาโน (Arduino nano) แล้ว หน้าต่างแอพพลิเคชั้นของผู้ใช้งานจะแสดงไฟสีเขียวเพื่อแจ้งเตือนว่าแอพพลิเคชั่นได้เชื่อมต่อบลูทูธชื่อ HC-05 เมื่อทำการเชื่อมต่อบลูทูธเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถเริ่มทำการทดลองสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ทันทีเริ่มจากการทดลองโดยกดที่ปุ่มสั่งการทำงานอัตโนมัติที่อยู่บนหน้าต่างแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้งาน เมื่อกดปุ่มคำสั่งที่หน้าต่างผู้ใช้งานจะแสดงไฟสีน้ำเงินที่ปุ่มคำสั่งเพื่อแจ้งสถานะพร้อมทำงาน จากนั้นสัญญาณก็จะถูกส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่ออยู่กับวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อได้รับคำสั่งจากหน้าต่างผู้ใช้งานก็จะส่งค่าไปที่ตัวเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางเพื่อเป็นการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองตัว(มอเตอร์ทางซ้ายและมอเตอร์ทางขวา)ผ่านตัวอุปกรณ์ไดรฟ์ที่ใช้สั่งการทำงานของมอเตอร์ โดยหลักการทำงานคือ หากเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางตรวจวัดเส้นทางแล้วพบสิ่งกีดขวางก็จะทำการตรวจวัดระยะทางใหม่อีกครั้งเพื่อหาเส้นทางที่สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ใกลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9 แสดงผลการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ
(หลังจากกดปุ่มสั่งการทำงานอัตโนมัติ)

จากภาพที่ 4.9 จะเห็นได้ว่ามอเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานตามการตรวจวัดระยะทางจากเซนเซอร์หากเซนเซอร์พบสิ่งกีดขวางทางข้างหน้าก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับหลังเพื่อเป็นการสั่งให้หุ่นยนต์เดินถอยหลัง หากเซนเซอร์พบสิ่งกีดขวางทางซ้ายหรือทางขวาก็จะสั่งให้มอเตอร์ทั้งสองฝั่งทำงานตรงกันข้ามเพื่อเป็นการบังคับให้หุ่นยนต์เลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางตามการตรวจจับของเซนเซอร์ ผลการทดลองอีกส่วนหนึ่งแสดงบนหน้าต่างแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ของหน้าต่างผู้ใช้งานดังภาพที่ 4.8

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบบังคับด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในส่วนของการทดลองนี้เป็นการทดลองแบบบังคับด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยมีเงื่อนไขว่า หลังจากทำการเชื่อต่อบลูทูธระหว่างแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือกับเทคโนโลยีบลูทูธที่ติดอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวหุ่นยนต์แล้ว เมื่อทำการสั่งการเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง หรือเลี้ยวไปทางซ้ายและไปทางขวา หุ่นยนต์ต้องเคลื่อนที่ตามคำสั่ง เพื่อเป็นการทดสอบว่า หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นอย่างไร รูปทรงของหุ่นยนต์มีผลต่อการเคลื่อนที่อย่างไร ระบบการทำงานของหุ่นยนต์มีความเสถียรมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.10 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบบังคับด้วยแอพพลิเคชั่น

จากภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมนั้น ผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพึงพอใจคือหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้ตามต้องการ มีข้อเสียบางประการซึ่งผลการทดลอง มีดังนี้

1. หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามคำสั่งที่รับสัญญาณจากแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้เป็นอย่างดีได้ทุกคำสั่งการเคลื่อนที่
2. เนื่องจากโครงสร้างของหุ่นยนต์ทรงกลมส่วนที่สัมผัสกับพื้นนั้นมีแรงเสียดทานที่ดีทำให้การเคลื่อนที่นั้น เคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดีไม่เกิดการลื่นขณะเคลื่อนที่
3. ประสิทธิภาพการบังคับจะดี ขึ้นอยู่กับความเสถียรระหว่างการสื่อสารของเทคโนโลยีบลูทูธจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และเทคโนโลยีบลูทูธที่ติดอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวหุ่นยนต์
4. ความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองตัวภายในหุ่นยนต์ทรงกลมนั้น ยังมีความเร็วแต่ละข้างไม่เท่ากันซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของไดร์ฟที่ใช้ขับมอเตอร์ส่งผลให้การเคลื่อนเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีความเอนเอียงไปทางขวาเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมแบบสั่งการอัตโนมัติ

ในส่วนของการทดลองนี้เป็นการทดลองโดยสั่งการเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย์โดยมีเงื่อนไขว่าหลังจากทำการเชื่อมต่อบลูทูธระหว่างแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือกับเทคโนโลยีบลูทูธที่ติดอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตัวหุ่นยนต์แล้ว เมื่อกดปุ่มสั่งการเคลื่อนที่อัตโนมัติเซอร์เซอร์ตรวจวัดระยะทางจะทำงานเพื่อเป็นการตรวจหาระยะทางให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยสามารถหลบสิ่งกีดขวามได้ตามการตรวจจับของเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทาง และโมดูลที่ติดอยู่ทางด้านหน้าของหุ่นยนต์ต้องมีการบันทึกภาพและแสดงผลบนหน้าจอของผู้สั่งการ เพื่อเป็นการทดสอบว่า หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นอย่างไร รูปทรงของหุ่นยนต์มีผลต่อการเคลื่อนที่อย่างไร ระบบการทำงานของหุ่นยนต์มีความเสถียรมากน้อยเพียงใด

ภาพที่ 4.11 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทรงกลมด้วยแอพพลิเคชั่น

จากภาพที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าผลการทดลองการเคลื่อนที่นั้นอยู่ในระดับพึงพอใจ แต่ก็พบข้อเสียบางประการ ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

1. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้หลังจากกดสั่งการอัตโนมัติจากแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. เนื่องเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางมีประสิทธิภาพไม่อยู่ในระดับที่ดีมากพอทำให้การตรวจวัดระยะทางของเซนเซอร์นั้นอยู่ในระดับที่ยังไม่ดีพอ
3. โมดูลกล้องมีความเร็วในการบันทึกภาพที่ดีตลอดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเสถียรของสัญญาณWIFIที่ใช้ในการเชื่อมต่อ
4. โครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนที่สัมผัสกับพื้นที่เป็นส่วนเคลื่อนที่นั้นเป็นวัสดุที่มีแรงเสียดทานที่ดีทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างราบเรียบ
5. ความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองตัวภายในหุ่นยนต์ทรงกลมนั้น ยังมีความเร็วแต่ละข้างไม่เท่ากันซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของไดร์ฟที่ใช้ขับมอเตอร์ส่งผลให้การเคลื่อนเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีความเอนเอียงไปทางขวาเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในโครงการนี้ แสดงให้เห็นว่า หุ่นยนต์ทรงกลมจะเคลื่อนที่ได้ราบเรียบอันเนื่องมาจากโครงสร้างของทรงกลมที่มีขนาดกระทัดรัดและจุดสัมผัสที่เป็นสายพานทำให้มีแรงเสียดทางระหว่างตัวหุ่นยนต์กับพื้นส่งผลให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างนุ่มนวลแต่ควบคุมทิศทางในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้ากับเคลื่อนที่ไปข้างหลังลำบากเนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองข้างไม่เท่ากันส่งผลให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทางตรงได้ไม่ค่อยดี และมีข้อเสียในด้านความเร็วคือ ถ้ามีการเพิ่มความเร็วที่มากขึ้นจะทำให้แกนกลางของหุ่นยนต์เกิดการสะบัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หุ่นยนต์ทรงกลมสองล้อแบบแกนสมดุลเดี่ยว สามารถทำให้เคลื่อนได้ดียิ่งขึ้นโดยการปรับมอเตอร์ให้มีความเร็วทั้งสองตัวเท่ากัน
2. ในส่วนวงจรควบคุมการทำงาน ควรใช้ไดร์ฟควบคุมที่มีประสิทธิภาพที่ดีเพราะจะส่งผลที่ดีต่อการขับเคลื่อนของมอเตอร์
3. มอเตอร์ที่สร้างแรงขับเคลื่อนหุ่นยนต์ควรเป็นมอเตอร์ที่มีแรงบิดที่สูง หรือความเร็วรอบที่สูงกว่านี้ เพื่อสร้างแรงขับเคลื่อนที่มากขึ้นสำหรับการเคลื่อนที่บนพื้นที่มีแรงเสียดทานมาก เช่น สนามหญ้าหรือพื้นทราย
4. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ดีขึ้น อาจนำทฤษฎีการเคลื่อนที่ต่าง ๆ มาร่วมใช้ เช่นการเคลื่อนที่โดยใช้ใช้รถบังคับภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Benedict O'Neill, “PLA vs PLA+: What are the differences and which FDM filament should you buy”, 2564. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www-wevolver-com.translate.goog/article/ (20 พฤศจิกายน 2565).

[2] Derek Lieber, “A Two Wheel Gimbal Motor Powered Robot”, 2565. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://revenanteagle-org.translate.goog/checksix/ballbot/ballbot.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=th&_x_tr_hl=th&_x_tr_pto=wapp

[3] Isaac, “Arduino Nano: ทุกสิ่งที่คุณจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับบอร์ดพัฒนานี้”, 2564. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.hwlibre.com/th/arduino-nano/

[4] The Invention, “ARDUINO NANO V.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จิ๋วแต่แจ๋ว”, 2564. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.ai-corporation.net/2021/11/26/arduino-nano-v3/

[5] Thiti Yamsung, “PWM คืออะไร”, 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://thiti.dev/blog/6142/

[6] โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ, “บทที่ 4 พอลิแลคติคแอซิด (Poly(lactic acid))”, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2565.

[7] ณรงค์ บวบทอง, “การใช้งาน PWM และการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์”, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2559.

[8] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล, “พอลิแลกติกแอซิด: พอลิเอสเทอร์จากทรัพยากรที่สร้างทดแทนใหม่ได้”, กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสาร มก. 77: 99-110, 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <NewPing.h>
Servo servoLook;
int m11 = 3;
int m12 = 10;
int m21 = 5;
int m22 = 6;
int speedPinA = 9;
int speedPinB = 11;
byte trig = 2;                    //Assign the ultrasonic sensor pins
byte echo = 13;
byte maxDist = 150;                //Maximum sensing distance (Objects
further than this distance are ignored)
byte stopDist = 50;                //Minimum distance from an object to stop
in cm
float timeOut = 2*(maxDist+10)/100/340*1000000;   //Maximum time to wait for a
return signal
int motorOffset = 10;              //Factor to account for one side being
more powerful
int val;


void setup()
{
  pinMode(m11, OUTPUT);      //หน้าขวา
  pinMode(m12, OUTPUT);      //หลังขวา
  pinMode(m21, OUTPUT);      //หน้าซ้าย
  pinMode(m22, OUTPUT);      //หลังซ้าย
  servoLook.attach(4);                  //Assign the servo pin
  pinMode(trig,OUTPUT);                 //Assign ultrasonic sensor pin modes
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(echo,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  servoLook.write(90);
  pinMode(speedPinA,OUTPUT);
  pinMode(speedPinB,OUTPUT);
}
void loop()
{
  val = Serial.read();
  if (val == 'W') {
    if(val != 'W'){
    return 37;}
  servoLook.write(90);                    //Set the servo to look straight ahead
  delay(750);
  int distance = getDistance();             //Check that there are no objects ahead
  if(distance >= stopDist)                  //If there are no objects within the stopping
distance, move forward
  {
    moveForward();
  }
  while(distance >= stopDist)               //Keep checking the object distance until
it is within the minimum stopping distance
  {
    distance = getDistance();
    delay(250);
  }
  stopMove();                           //Stop the motors
  int turnDir = checkDirection();           //Check the left and right object distances
and get the turning instruction
  Serial.print(turnDir);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  switch (turnDir)                    //Turn left, turn around or turn right
depending on the instruction
  {
    case 0:                           //Turn left
      turnLeft (100);
      break;
    case 1:                           //Turn around
      turnLeft (175);
      break;
    case 2:                           //Turn right
      turnRight (100   );
      break;
  }
  return 39; }

    if (val == 'F') {
      moveForward();
    }
    if (val == 'B') {
      moveBackward();
    }
    if (val == 'L') {
      turnLeft ();
    }
    if (val == 'R') {
      turnRight ();
    }
    if (val == 'S'){
      stopMove();
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (val == 'T') {
      fll();
    }
    if (val == 'G') {
      frr();
    }
    if (val == 'I') {
      bll();
    }
    if (val == 'J') {
      brr();
    }}
void moveForward()                    //เดินหน้า
{
    analogWrite(speedPinA, 95);
    analogWrite(speedPinB, 95);
      digitalWrite(m22, LOW);
      digitalWrite(m21, HIGH);
      digitalWrite(m12, HIGH);
      digitalWrite(m11, LOW);
}
void moveBackward()                   //ถอยหลัง
{
    analogWrite(speedPinA, 95);
    analogWrite(speedPinB, 95);
      digitalWrite(m22, HIGH);
      digitalWrite(m21, LOW);
      digitalWrite(m12, LOW);
      digitalWrite(m11, HIGH);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void stopMove()                          //หยุด
{
   analogWrite(speedPinA, 0);
   analogWrite(speedPinB, 0);
    digitalWrite(m22, LOW);
    digitalWrite(m21, LOW);
    digitalWrite(m12, LOW);
    digitalWrite(m11, LOW);
}

void turnLeft(int duration)
{
   analogWrite(speedPinA, 95);
   analogWrite(speedPinB, 95);
    digitalWrite(m22, LOW);
    digitalWrite(m21, LOW);
    digitalWrite(m12, LOW);
    digitalWrite(m11, HIGH);
}

void turnRight(int duration)
{
  analogWrite(speedPinA, 95);
  analogWrite(speedPinB, 95);
   digitalWrite(m22, HIGH);
   digitalWrite(m21, LOW);
   digitalWrite(m12, LOW);
   digitalWrite(m11, LOW);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void turnLeft()
{
   analogWrite(speedPinA, 95);
   analogWrite(speedPinB, 95);
    digitalWrite(m22, LOW);
    digitalWrite(m21, LOW);
    digitalWrite(m12, LOW);
    digitalWrite(m11, HIGH);
}

void turnRight()
{
 analogWrite(speedPinA, 95);
  analogWrite(speedPinB, 95);
   digitalWrite(m22, HIGH);
   digitalWrite(m21, LOW);
   digitalWrite(m12, LOW);
   digitalWrite(m11, LOW);
}
 void fll()
{
      analogWrite(speedPinA, 70);
      digitalWrite(m22, LOW);
      digitalWrite(m21, HIGH);
      analogWrite(speedPinB, 95);
      digitalWrite(m12, HIGH);
      digitalWrite(m11, LOW);
}

 void frr()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
    analogWrite(speedPinA, 95);
    digitalWrite(m22, LOW);
    digitalWrite(m21, HIGH);
    analogWrite(speedPinB, 70);
    digitalWrite(m12, HIGH);
    digitalWrite(m11, LOW);
}
void bll()
{
    analogWrite(speedPinA, 70);
    digitalWrite(m22, HIGH);
    digitalWrite(m21, LOW);
    analogWrite(speedPinB, 95);
    digitalWrite(m12, LOW);
    digitalWrite(m11, HIGH);
}

void brr()
{
    analogWrite(speedPinA, 95);
    digitalWrite(m22, HIGH);
    digitalWrite(m21, LOW);
    analogWrite(speedPinB, 70);
    digitalWrite(m12, LOW);
    digitalWrite(m11, HIGH);
}

int getDistance()                    //Measure the distance to an object
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  unsigned long pulseTime;                    //Create a variable to store the pulse
travel time
  int distance;                               //Create a variable to store the calculated
distance
  digitalWrite(trig, HIGH);                   //Generate a 10 microsecond pulse
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, LOW);
  pulseTime = pulseIn(echo, HIGH, timeOut);   //Measure the time for the pulse
to return
  distance = (float)pulseTime * 340 / 2 / 10000;   //Calculate the object distance
based on the pulse time
  return distance;
}

int checkDirection()                          //Check the left and right
directions and decide which way to turn
{
  int distances [2] = {0,0};                  //Left and right distances
  int turnDir = 1;                            //Direction to turn, 0 left, 1 reverse,
2 right
  servoLook.write(150);                       //Turn servo to look left
  delay(500);
  distances [0] = getDistance();              //Get the left object distance
  servoLook.write(30);                        //Turn servo to look right
  delay(1000);
  distances [1] = getDistance();              //Get the right object distance
  if (distances[0]>=200 && distances[1]>=200)       //If both directions are
clear, turn left
    turnDir = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

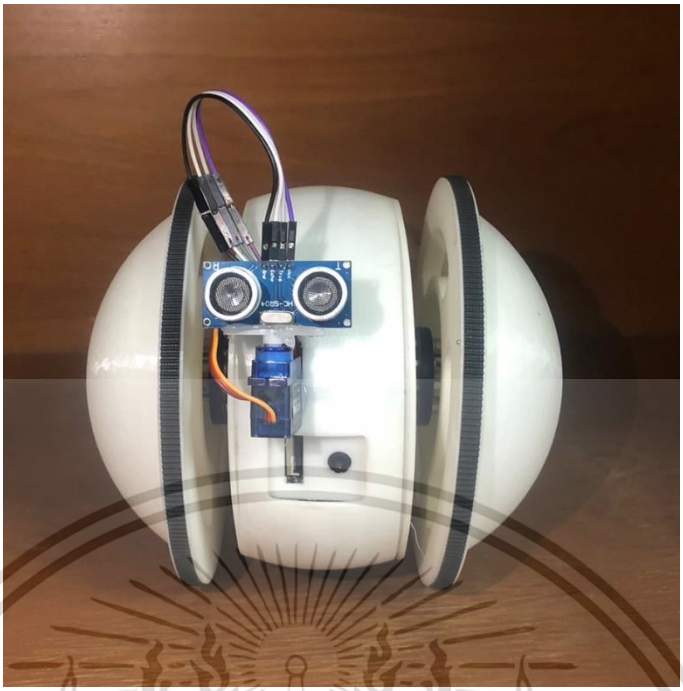
```
  else if (distances[0]<=stopDist && distances[1]<=stopDist)    //If both directions are
blocked, turn around
    turnDir = 1;
  else if (distances[0]>=distances[1])                          //If left has more space, turn
left
    turnDir = 0;
  else if (distances[0]<distances[1])                           //If right has more space, turn
right
    turnDir = 2;
  return turnDir;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปภาพเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



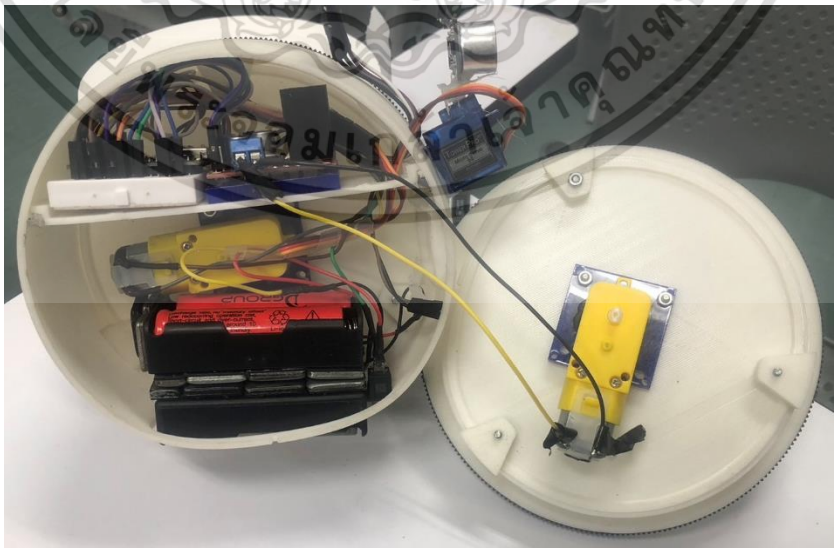
ภาพที่ ข-1 แสดงหุ่นยนต์ด้านหน้า

ภาพที่ ข-2 แสดงหุ่นยนต์ด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข-3 แสดงหุ่นยนต์ด้านข้าง

ภาพที่ ข-4 แสดงล้อของหุ่นยนต์



ภาพที่ ข-5 แสดงภายในของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้