

หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

OBSTACLES AVOIDING ROBOT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ปีการศึกษา 2561  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# OBSTACLES AVOIDING ROBOT



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)  
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE


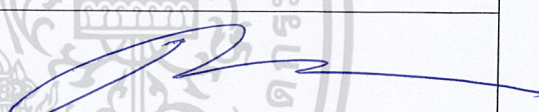
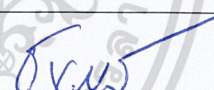
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2018

โครงการพิเศษเรื่อง หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง  
 Obstacles Avoiding Robot  
 ชื่อนักศึกษา นางสาวรชชา เวชารัตนา รหัสนักศึกษา 58051133  
 นายสุรยุทธ พาอ่อนตา รหัสนักศึกษา 58051165  
 นางสาวอัจฉิมา ดาสุงเนิน รหัสนักศึกษา 58051176  
 ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ภาควิชา ฟิสิกส์  
 ปีการศึกษา 2561  
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการ  
 พิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.กฤษกร โส้เจริญรัตน์ ประธานกรรมการ	
ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก กรรมการ	
ผศ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ประโยชน์ของคณะวิทยาศาสตร์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีสิทธิ์ในการนำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวรชชา	เวชรัตน์	รหัสนักศึกษา 58051133
	นายสุรยุทธ	พาอ่อนตา	รหัสนักศึกษา 58051165
	นางสาวอัจฉิมา	ดาสูงเนิน	รหัสนักศึกษา 58051176
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)		
ภาควิชา	ฟิสิกส์		
คณะ	วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์		

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ เป็นการศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง การเขียนชุดคำสั่งการทำงานให้กับหุ่นยนต์ให้สามารถหลบหลีก และการออกแบบตัวหุ่นยนต์ให้สอดคล้องกับการทำงาน การทำงานของหุ่นยนต์ เราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ มาเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ และใช้อัลตราโซนิก (Ultrasonic) เป็นเซนเซอร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางในแต่ละระยะ โดยสิ่งกีดขวางที่เราทดสอบ จะเป็นวัตถุชนิดต่างๆกัน ได้แก่ ฝ่ามือ ขวดใส่น้ำ และแผ่นไม้ นอกจากนี้ เราได้ทำการติดกล้อง Camera Module (OV7670) เพื่อให้บันทึกภาพต่างๆได้ ในที่ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ สำหรับการทดสอบความแม่นยำของการวัดระยะห่างจากหุ่นยนต์ถึงสิ่งกีดขวางแต่ละชนิด เราได้ใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับระยะ โดยค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะห่างจากสิ่งกีดขวางแต่ละชนิด เป็นดังนี้ ไม้ 0.39% ขวดน้ำ 2.89% ฝ่ามือ 5.51% และได้ทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นเอียงที่มีมุมต่างๆ พบว่า มุมสูงสุดของพื้นเอียงที่หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ คือมุม 30 องศา นอกจากนี้เรายังได้ทำการหาค่าความเร็วของหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีมุมต่างๆ กัน ตั้งแต่ 5 องศา ถึง 45 องศา อีกด้วย

**คำสำคัญ :** ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ อัลตราโซนิกเซนเซอร์ Camera Module (OV7670)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Obstacles Avoiding Robot
<b>students</b>	Miss Woracha Wecharattana Student ID 58051133 Mr. Surayut Paonta Student ID 58051165 Miss Ajjima Dasungneon Student ID 58051176
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)
<b>Department</b>	Physics
<b>Faculty</b>	Science
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
<b>Academic Year</b>	2018
<b>Advisor</b>	Assist. Prof. Tanaporn Leelawattananon

### Abstract

This special project is a study of the barrier-avoidance robot's performance, the writing of performance instruction set for the robot to have an avoidance ability, and the robot's physical body designing to be conformed to its performance. We used the Arduino Microcontroller as the performance system controller and the Ultrasonic as the sensor to detect any barriers in each range of distance, by the tested barriers are the various types of object, include a human's hand, a bottle of water, and a piece of wood. Moreover, we set the Camera Module (OV7670) to record the robot's performance. For the distance between the robot and each type of barrier measurement accuracy test, we used the Ultrasonic sensor to detect the distance, by the deviations of the distance measurement from each barrier result in; a piece of wood 0.39%, a bottle of water 2.89%, and a human's hand 5.51%. We also tested the robot's performance on the tilted floor in each angle and found that the highest angle that the robot can move through is 30°. Besides that, we measured the speed of the robot's movement on the tilted floor in each angle from 5° to 45° as well.

Keywords : Arduino Microcontroller , Ultrasonic sensor , Camera Module (OV7670)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการพิเศษ ผู้พัฒนาขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ธนภรณ์ สีลาวัฒนานนท์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ การนำเสนอโครงการ จนกระทั่งการนำไปต่อยอดโครงการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่ช่วยให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำโครงการ ทำயที่สุด ขอบพระคุณ แรงสนับสนุนจากทางครอบครัวที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำโครงการครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และสถานที่ในการทำโครงการตลอดระยะเวลาการศึกษาทั้งหมด



วรัชชา เวชรัตน์  
สุรยุทธ พาอ่อนตา  
อัจฉิมา ดาสูงเนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง-จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช-ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย .....	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและบทความที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>3</b>
2.1 Arduino.....	3
2.2 เซนเซอร์ (Sensor).....	6
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าและล้อรถ.....	8
2.4 แบตเตอรี่.....	11
2.5 Memory card.....	12
2.6 กล้อง OV7670.....	15
2.7 Micro SD Card Module .....	15
2.8 Light Emitting Diode (LED).....	16
2.9 สวิตช์ (Switch) .....	17
2.10 บทความที่เกี่ยวข้อง.....	19

เอกสาร **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน** รั้งควรใช้วงเล็บเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1 การออกแบบหุ่นยนต์.....	21
3.2 การสร้างหุ่นยนต์.....	21
3.3 การทดลองหุ่นยนต์.....	24
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....</b>	<b>27</b>
4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	27
4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง.....	32
4.3 ผลการทดสอบการจับภาพของกล้องและบันทึกภาพของกล้อง.....	35
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>38</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	38
5.2 แนวทางการพัฒนา.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก.....	42
ภาคผนวก ก.....	43
ภาคผนวก ข.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
4.1 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นราบ.....	27
4.2 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น.....	29
4.3 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้นหาความเร็ว....	30
4.4 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้โดยแผ่นไม้ทำมุม 30 องศากับพื้น.....	31
4.5 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้แผ่นไม้เป็นวัตถุ.....	32
4.6 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้ขวดน้ำเป็นวัตถุ.....	34
4.7 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้ฝ่ามือเป็นวัตถุ.....	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1บอร์ด Arduino Uno R3.....	3
2.2 บอร์ด Arduino Nano.....	4
2.3 บอร์ด Arduino Mega.....	4
2.4 บอร์ด Arduino UNO R3.....	5
2.5 Icon โปรแกรมArduino IDE.....	6
2.6 หน้าการทำงานของโปรแกรม Arduino IDE.....	6
2.7 เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04.....	7
2.8 ไดอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิก.....	8
2.9 Motor Driver L298N.....	9
2.10DC Motor Gear และล้อ.....	10
2.11Servo Motor SG90.....	10
2.12ถ่าน Li-on NCR18650BE.....	11
2.13Smart Media Card.....	12
2.14xD Card.....	13
2.15 Compact Flash Card.....	13
2.16 Multimedia Card.....	14
2.17 Secure Digital Card.....	14
2.18 กล้อง OV7670.....	15
2.19 Micro SD Card Module.....	15
2.20 Light Emitting Diode (LED).....	16
2.21 สัญลักษณ์สวิทช์.....	17
2.22 สวิทช์เลื่อน.....	17
2.23 สวิทช์กระดก.....	17
2.24 สวิทช์กด.....	18
2.25 สวิทช์แบบก้านยาว.....	18
2.26 สวิทช์แบบหมุน.....	18
2.27 สวิทช์แบบไมโคร.....	19
2.28 สวิทช์แบบDIP.....	19
3.1 บล็อกไดอะแกรมการออกแบบหุ่นยนต์.....	21

เอกสาร 3.2 การต่อวงจรหุ่นยนต์.....

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 โปรแกรม Arduino IDE.....	22
3.4 Flowchart การทำงานของหุ่นยนต์.....	23
3.5-ก การเชื่อมต่อ Arduino Uno R3 กับ เซนเซอร์อัลตราโซนิก.....	24
3.5-ข การแสดงผลของเซนเซอร์อัลตราโซนิก จาก Serial Monitor.....	25
3.6 กล้อง OV7670 ต่อกับบอร์ด Arduino UNO R3.....	25
3.7 การต่อวงจรของกล้อง OV7670 กับ Arduino UNO R3.....	26
3.8 โปรแกรม ReadSerialPortwin.....	26
4.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในทางตรงพื้นราบ.....	27
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง(ซม.) กับ เวลาเฉลี่ย(วินาที).....	28
4.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น.....	29
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม (องศา) กับ ระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ได้ (ซม.).....	30
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของแผ่นไม้(องศา) กับ ความเร็ว (ซม./วินาที).....	31
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) กับระยะทาง (ซม.) โดยแผ่นไม้ทำมุม 30° กับพื้น.....	31
4.7 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวางของอัลตราโซนิกเซนเซอร์.....	32
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%).....	33
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%).....	34
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%).....	35
4.11 จอแสดงผลจากโปรแกรม ReadSerialPortwin (เปิดไฟ).....	36
4.12 จอแสดงผลจากโปรแกรม ReadSerialPortwin (ปิดไฟ).....	36
4.13 รูปถ่ายจากกล้องOV7670 โดยที่ รูป ก. เปิดไฟ และรูป ข. ปิดไฟ.....	37
4.14 รูปถ่ายจากกล้องโทรศัพท์ โดยที่ รูป ค. เปิดไฟ และรูป ง. ปิดไฟ.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีเหตุการณ์ร้ายแรงมากมายที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตึกถล่ม แผ่นดินไหว ฯลฯ ซึ่งเหตุการณ์ร้ายแรงเหล่านี้ส่งผลให้พื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์กลายเป็นพื้นที่อันตราย เนื่องจาก พื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์อาจมีการรั่วไหลของแก๊สพิษ การรั่วไหลของไฟฟ้า ฝุ่นละอองฟุ้งกระจายเต็มพื้นที่ หรือไม่สามารถรับน้ำหนักที่มากได้ และอาจเป็นพื้นที่แคบ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ไม่เหมาะสมสำหรับให้เจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจสอบ เพราะอาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ ที่เข้าไปทำการช่วยเหลือ

การตรวจสอบพื้นที่โดยไม่ใช่มนุษย์สามารถทำได้หลายวิธี มีนักวิจัยจำนวนมากสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมาด้วยวิธีการควบคุมที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมไร้สายผ่าน Bluetooth แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติเฉพาะตัวของวิธีต่างๆ ทำให้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของหุ่นยนต์ เช่น หุ่นยนต์ทุ้ระเบิดที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยระบบไร้สายและสามารถส่งข้อมูลกลับมายังผู้ควบคุม หุ่นยนต์ประเภทแขนกลที่ตั้งอยู่กับที่สามารถควบคุมผ่านทางอินเทอร์เน็ต หุ่นยนต์สอดแนมที่สามารถควบคุมผ่านทาง Bluetooth

สำหรับในโครงการพิเศษนี้เราได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้เป็นหุ่นยนต์ต้นแบบ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งในปัจจุบันคนนิยมใช้ Arduino ในการควบคุมหุ่นยนต์เนื่องจากสามารถทำได้ง่าย และสะดวก โดยเราจะทำการเขียนโปรแกรมลงใน Arduino ให้เป็นตัวส่งคำสั่งให้กับอุปกรณ์ทุกตัวให้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งหลักการทำงานดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับพื้นที่อันตรายที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบหุ่นยนต์
2. สร้างหุ่นยนต์ที่สามารถควบคุมการหลบหลีกและสำรวจได้โดยอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรม Arduino

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของบอร์ด Arduino
2. ออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์
3. หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวางที่จัดทำขึ้นเป็นเพียงหุ่นยนต์ต้นแบบ ที่สำรวจเฉพาะในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ที่จัดทำขึ้นเป็นเพียงหุ่นยนต์ต้นแบบ ที่สำรวจเฉพาะในพื้นที่  
ปิด  
ไม่ว่าวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา							
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ศึกษาข้อมูล								
เตรียมอุปกรณ์								
ออกแบบการทดลอง								
ทำการทดลอง								
วิเคราะห์ผลการทดลอง								
ทำรูปเล่มรายงาน								

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถควบคุมได้โดยอัตโนมัติโดยสั่งงานผ่านการเขียนโปรแกรมลงในบอร์ด Arduino ได้ถูกต้องและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและบทความที่เกี่ยวข้อง

ในบทความนี้ผู้ทำโครงการจะกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับโครงการโดยอธิบายหลักการเบื้องต้นของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การเขียนโปรแกรมที่ใช้ในโครงการ รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

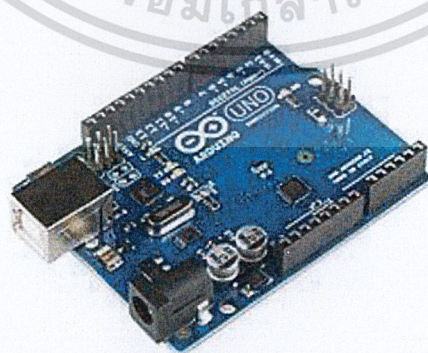
### 2.1 Arduino

Arduino เป็นแพลตฟอร์มต้นแบบด้านอิเล็กทรอนิกส์แบบ open source ซึ่งใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ยืดหยุ่นใช้งานง่ายและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทอื่นเพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าถึงแพลตฟอร์มได้ง่าย Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายเพียงแค่ว่า Arduino ที่เลือกมาใช้มีชิพกี่ตัว แต่ละชิพมีหน้าที่และคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร Arduino จึงถูกนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างหลากหลายเนื่องจากการเขียนโค้ดที่ควบคุมการทำงานของ Arduino ง่ายและมีความยืดหยุ่นแล้วจึงมีความสามารถในการใช้งานระดับสูงซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเขียนโค้ดควบคุม Arduino มีหลากหลายสามารถใช้งานในทุกระบบปฏิบัติการ[1] ไม่ว่าจะเป็น Macintosh Windows หรือ Linux ทำให้ได้รับความนิยมอย่างสูง แพลตฟอร์ม Arduino ประกอบไปด้วย

#### 2.1.1 ฮาร์ดแวร์

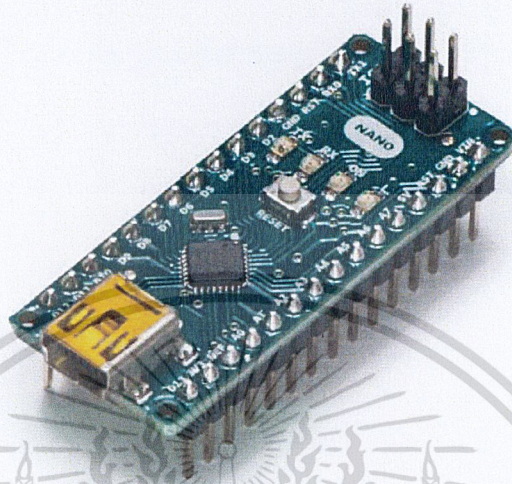
เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิ้นส่วนหลัก จะถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยตัวบอร์ด Arduino เองก็มีหลากหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้ซึ่งบอร์ด Arduino ที่นิยมนำมาใช้ดังเช่น

#### 1. Arduino Uno R3



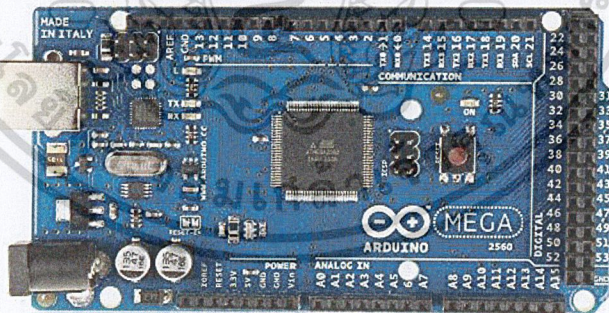
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.1 บอร์ด Arduino Uno R3[1] ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Arduino Nano



รูปที่ 2.2 บอร์ด Arduino Nano[1]

## 3. Arduino Mega

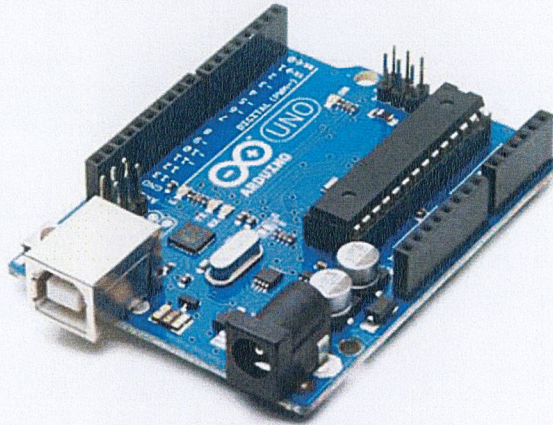


รูปที่ 2.3 บอร์ด Arduino Mega[1]

ซึ่งในโครงการพิเศษนี้เราเลือกใช้บอร์ด Arduino UNO R3

### บอร์ด Arduino UNO R3

เป็นบอร์ดที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานที่เกี่ยวกับ Arduino เพราะออกแบบมาให้ใช้งานง่าย มีช่องเสียบไฟต่าง ๆ ที่สะดวกมี Shield ต่างๆที่ทำมารองรับเยอะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 บอร์ด Arduino UNO R3[1]

Arduino UNO นั้นก็มีออกมาหลายรุ่นด้วยกัน โดยมีพัฒนาการมาเรื่อยๆตั้งแต่ Arduino UNO รุ่นดั้งเดิม Arduino UNO R2 และพัฒนาจนมาเป็น Arduino UNO รุ่นปัจจุบัน นั่นก็คือ Arduino UNO R3 ซึ่ง “R3” นี้แสดงถึงรุ่นที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเป็นครั้งที่ 3 Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ATmega328 (แผ่นข้อมูล) มีอินพุต / เอาต์พุต 14 อินพุต (6 สามารถใช้เป็นเอาต์พุต PWM) 6 อินพุตแบบอนาล็อก ตัวเรโซเนเตอร์เซรามิก 16 MHz การเชื่อมต่อ USB ส่วนหัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต

#### Arduino UNO R3 Specification

Micro controller: ATmega328

Operating Voltage: 5V

Input Voltage (recommended): 7-12V

Input Voltage (limits): 6-20V

Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)

Analog Input Pins: 6

DC Current per I/O Pin: 40 mA

DC Current for 3.3V Pin: 50 mA

Flash Memory: 32 KB of which 0.5 KB used by boot loader

SRAM: 2 KB (ATmega328)

EEPROM: 1 KB (ATmega328)

Clock Speed: 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ซอฟต์แวร์

ภาษาที่ใช้เขียน หรือชุดคำสั่ง เพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์บนคอมพิวเตอร์ เป็นภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งมีไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C/C++ ทำงานตามการออกแบบต่างๆ ซึ่งเราไม่สามารถจับต้องได้ โดยลำดับขั้นตอนการทำงานเขียนขึ้นด้วยคำสั่งของคอมพิวเตอร์[2]

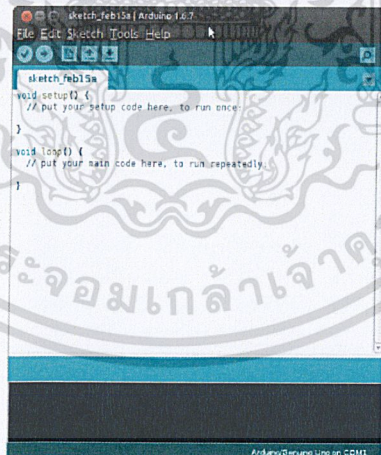
ในโครงงานพิเศษนี้ผู้ทำการทดลองใช้ซอฟต์แวร์ของ Arduino เขียนโดยใช้ภาษา Arduino หรือภาษา C / C++ ในการควบคุมการทำงานและให้คำสั่งในการประมวลผลของหุ่นยนต์ ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้เราใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ในการเขียนโค้ดเพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์

Arduino IDE



รูปที่ 2.5 Icon โปรแกรม Arduino IDE[1]

Arduino IDE ย่อมาจาก (Integrated Development Environment) คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนางานสำหรับบอร์ด Arduino โดยการเขียนโปรแกรมและคอมไพล์ อัปโหลดลงบอร์ด เพื่อป้อนคำสั่งและประมวลผล[3]ออกมาดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หน้าการทำงานของโปรแกรม Arduino IDE

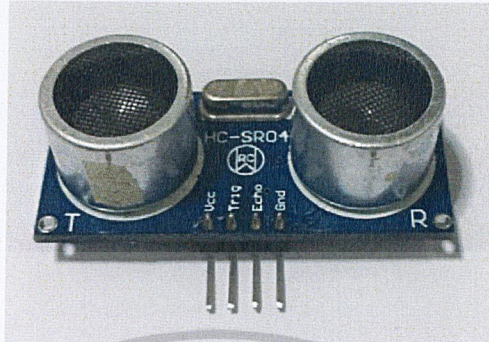
## 2.2 เซนเซอร์ (Sensor)

คืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ การสัมผัส เป็นต้น ซึ่งเซนเซอร์แต่ละชนิดอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันไป โดยการตรวจจับทำโดย

การแปลงสัญญาณด้านอินพุตที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณด้านเอาต์พุตเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงการพิเศษนี้ผู้ทำการทดลองได้เลือกใช้ Sensor Ultrasonic Module HC-SR04 เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino เพื่อทำการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

- หลักการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04



รูปที่ 2.7 เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04

โมดูลเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR04 ใช้ในการวัดระยะทางแบบไม่มีการสัมผัสวัตถุโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินออกไปสะท้อนกับวัตถุที่ต้องการตรวจจับ วัดระยะเซนเซอร์ตัวนี้มีมุมวัด 15 องศาสามารถวัดระยะได้ตั้งแต่ 2cm ถึง 400cm[4]

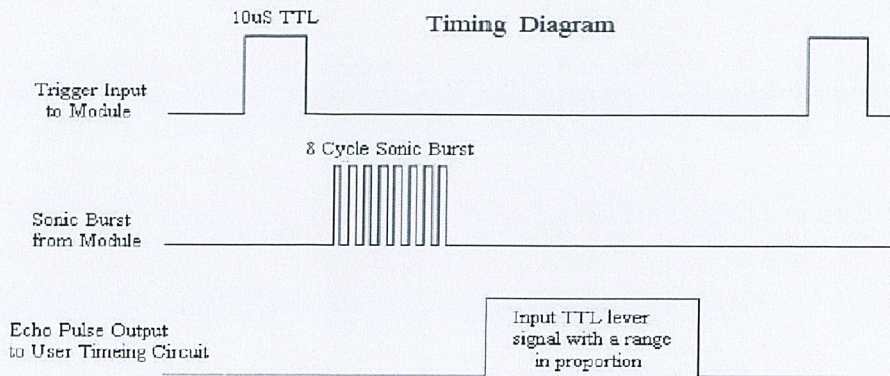
เซนเซอร์อัลตราโซนิกที่นิยมใช้กับ Arduino คือโมดูล HC-SR04 วิธีใช้งานโมดูล HC-SR04 มีขาทั้งหมดเพียง 4 ขา ได้แก่ ขา Vcc, Trig, Echo และ GND โดยที่โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V (4.5V ถึง +5.5V)

- ขา Vcc ใช้ต่อไฟกระแสตรง 5V
- ขา Trig เป็นขา input ของโมดูล HC-SR04 เมื่อโมดูลสัรับสัญญาณพัลส์ก็จะส่งสัญญาณเสียงออกไป
- ขา Echo เป็นขา output ของโมดูล HC-SR04 ซึ่งจะส่งสัญญาณบอกให้ทราบว่าเสียงเดินทางไปและกลับใช้เวลาเท่าไร
- ขา GND ใช้ต่อกับกราวด์เพื่ออ้างอิงระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อมูลเชิงเทคนิคของโมดูล HC-SR04

- ใช้แรงดันประมาณ +5V
- กินกระแสประมาณ 15mA
- ช่วงการวัดระยะทาง (measurement range): ประมาณ 4cm ถึง 4m
- ความกว้างเชิงมุมในการวัด (measuring angle): 15 องศา
- ความกว้างของสัญญาณ Pulse สำหรับ Trigger: 10 usec

- ระดับแรงดันลอจิกสำหรับขา TRIG และ ECHO: 5V TTL



รูปที่ 2.8 ไตอะแกรมการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิก[5]

อุปกรณ์ตัวนี้เริ่มต้นทำงานโดยการส่งสัญญาณจากขา Trig เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ ความกว้าง 10 ไมโครวินาทีเพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40KHz ออกไป 8 พัลส์ แล้วรอฟังเสียงสะท้อนจากตัวส่งขา Echo เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจาก โมดูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับความกว้างของสัญญาณพัลส์และคำนวณเป็นระยะทาง [5]

$$\text{ระยะทาง (cm)} = \text{ความกว้างของสัญญาณ Echo} * 10^6 / 58$$

เนื่องจากเสียงที่ส่งออกไปเป็นคลื่นเสียง ดังนั้นความเร็วของเสียงจึงแปรผันตามอุณหภูมิด้วยตามสูตร

$$C \approx 331.5 + 0.61 T \text{ (m/s)}$$

### 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าและล้อรถ

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามีทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือ (AC Motor) แบ่งเป็น 3 ชนิด

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส
2. มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด 2 เฟส
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส

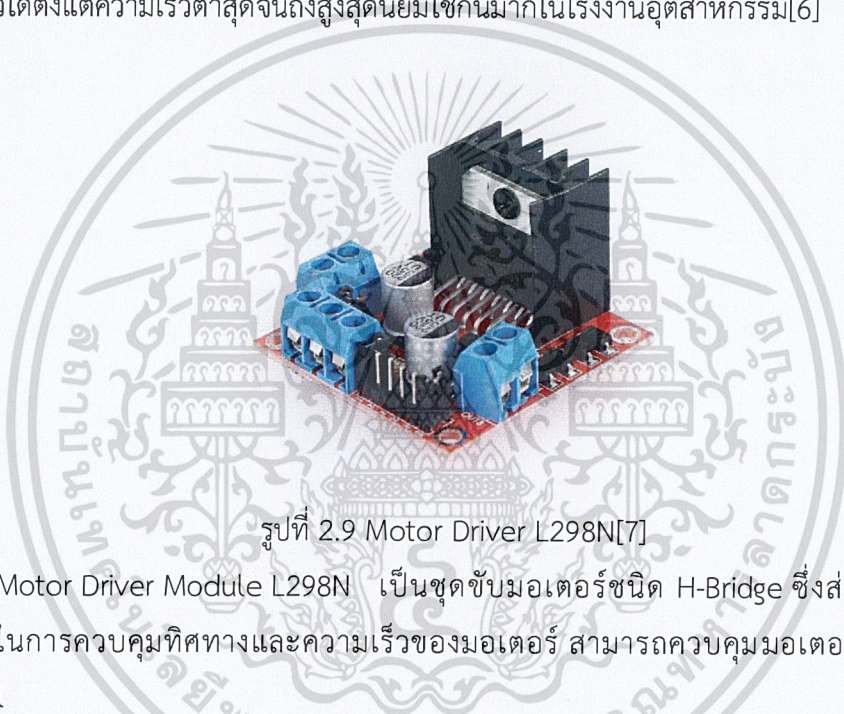
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือ (DC Motor)

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรี่ส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปร่งผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้าง

สนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule)

ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้ผู้ทำการทดลองได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการทดลองเนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม[6]



รูปที่ 2.9 Motor Driver L298N[7]

Motor Driver Module L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 Channel

หลักการทํางานวงจร H-Bridge ของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้ด้วย[7]

PWM (Pulse Width Modulation) คือสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความถี่คงที่แต่ความกว้างของพัลส์เปลี่ยนแปลงได้ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในงานควบคุม เช่นควบคุมความเร็วของมอเตอร์

- DC Motor Gear และล้อ

Gear Motor สำหรับ Smart Robot Car เฟือง 1:120 แบบแกนใส่ล้อได้ 2 ด้าน ใช้ไฟ 3-6V

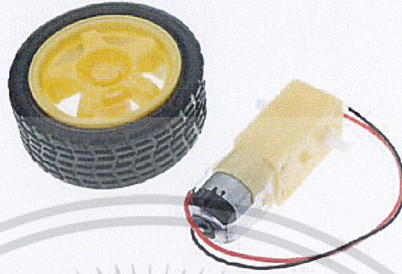
ข้อมูล Gear Motor สำหรับ Smart Robot Car เฟือง 1:120

- ความเร็วรอบขณะเดินเครื่องเปล่า (6 v): 100 RPM

- ไม่มีกระแสไหล (6 v): 60 mA

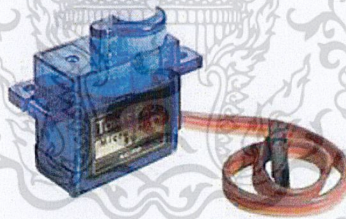
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แรงบิด (6v): 4500 mg \* cm
- ความเร็วมอเตอร์: 100 รอบต่อนาที
- ขนาด: 70.50 มม. x 27.00 มม. x 23.00 มม. (ยาว x กว้าง x สูง)
- น้ำหนัก: 50 กรัม



รูปที่ 2.10 DC Motor Gear และล้อ[8]

สามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)[8] เช่น จาก แบตเตอรี่ หรือถ่านไฟฉาย  
ในส่วนล้อของรถเป็นล้อยาง



รูปที่ 2.11 Servo Motor SG90[9]

- Servo Motor SG90

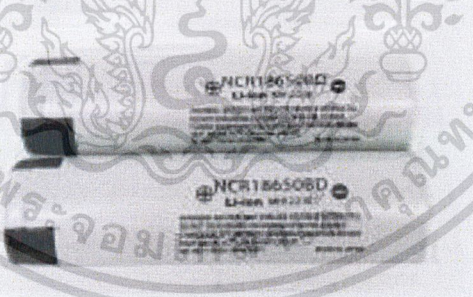
Servo มีรากฐานมาจากภาษาละติน Sevus ซึ่งมีความหมายว่าทาส (Slave) ดังนั้น Servo Motor คือ มอเตอร์ที่เราสามารถสั่งงานหรือตั้งค่าแล้วมอเตอร์จะหมุนไปยังตำแหน่งองศาที่เราสั่งงานหรือตั้งค่าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ[9] ใช้วิธีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) ซึ่ง Servo Motor สามารถหมุนได้ 360 องศาส่วนใหญ่จะต่อเข้ากับ Pin ของ Arduino UNO

Servo เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการหมุนที่แม่นยำ Servo Motor SG90 มีขนาดแรงบิด 1.2 – 1.4 kg/cm สิ้นน้ำตาลเป็นสายกราวด์ สีแดงเป็นไฟเข้า 4.8 – 7.2V สีส้มเป็นสัญญาณอินพุต

## 2.4 แบตเตอรี่

คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมีเพียงหนึ่งเซลล์หรือมากกว่านั้น โดยจะมีการเชื่อมต่อภายนอกเพื่อให้กำลังกับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งแบตเตอรี่จะมี 2 ขั้ว คือขั้วบวก(Anode) และ ขั้วลบ(cathode) ขั้วบวกจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วลบซึ่งขั้วลบเป็นแหล่งที่มาของอิเล็กตรอนที่เมื่อทำการเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้วอิเล็กตรอนจะทำการส่งพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายนอกและเมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอกสารอิเล็กโทรไลต์สามารถที่จะเคลื่อนที่โดยทำตัวเป็นไอออนยอมให้ปฏิกิริยาทางเคมีทำงาน ซึ่งเป็นการส่งพลังงานให้กับวงจรภายนอก การเคลื่อนไหวของไอออนที่อยู่ในแบตเตอรี่จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลออกจากแบตเตอรี่เพื่อใช้งาน[10] แบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ(Primary Battery) คือ แบตเตอรี่ที่ถูกชาร์จเต็มมาจากโรงงาน หากเมื่อใช้ไฟฟ้าในแบตเตอรี่จนหมดจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่นาฬิกา แบตเตอรี่ไฟฉาย
  2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ(Secondary battery) คือ แบตเตอรี่ที่สามารถทำการชาร์จใหม่ได้ เมื่อแบตเตอรี่มีไฟลดลง เช่น แบตเตอรี่รถยนต์
- ซึ่งในงานวิจัยนี้เราใช้ถ่าน Li-on NCR18650BE
- ถ่านชาร์จประเภท 18650 เป็นชื่อเรียกถ่านชาร์จชนิด ลิเทียม-ไอออน ( Li-ion ) มีลักษณะเป็นถ่านทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร(mm) มีความสูงหรือความยาวของถ่าน 65 มิลลิเมตร(mm) มีแรงดันไฟ 3.7V[11]



รูปที่ 2.12 ถ่าน Li-on NCR18650BE[11]

### Specifications

Nominal voltage:3.7V

Nominal Capacity: 3200mAh

Minimum Capacity: 3150mAh

Discharging End Voltage: 2.5V

Standard Charging Current: 909mA

Charging Voltage: 4.20±0.03V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standard Charging Time: 5 hours

Max. Continuous Discharging Current: 3636mA

Internal Resistance: less than 40m $\Omega$

Weight: less than 48.5g

## 2.5 Memory card

Memory card คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ semiconductor ประเภทหนึ่งที่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลโดยไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ข้อมูลทุกอย่างจะไม่สูญหาย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้อย่างรวดเร็วส่วนที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลใน Memory card คือ silicon chips ซิปสามารถควบคุมการบันทึกข้อมูล การอ่าน และเขียนข้อมูลได้ด้วยตัวเอง Memory card แบ่งออกเป็น 5 ประเภทได้แก่ Smart Media Card (SMC) xD Card (xD-Picture Card) Compact Flash Card Multimedia Card (MMC) Secure Digital Card(SD Card)

### 2.5.1 Smart Media Card (SMC)

เป็นการ์ดหน่วยความจำที่มีความเล็กและบางมากที่สุดในสมัยนั้น เนื่องจากมีความพยายามในการลดต้นทุนการผลิตเพื่อที่จะให้มีราคาที่ไม่แพงแต่ตัวสมาร์ทมีเดียมีข้อเสียที่ไม่มีใครเเวอร์ในตัวทำให้ไม่สามารถขยายความจุให้เพิ่มมากขึ้นเหมือนกับอุปกรณ์อื่นทำให้สมาร์ทมีเดียต้องใช้กับอุปกรณ์รองรับเสริม

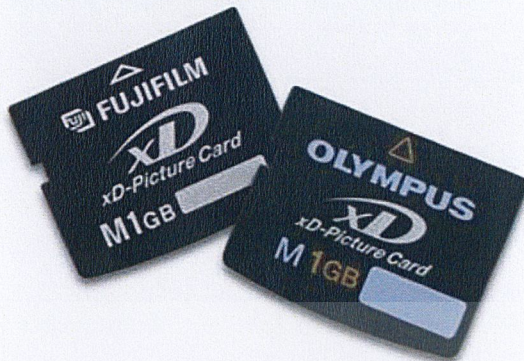


รูปที่ 2.13 Smart Media Card[12]

### 2.5.2 xD Card (xD-Picture Card)

เป็นการ์ดหน่วยความจำที่ผลิตออกมาเพื่อนำไปใช้กับกล้องดิจิทัล โดยขนาดความจุมีตั้งแต่ 16 32 64 128 256 512 และ 32 MB โดยมีความเร็วในการอ่านข้อมูลอยู่ที่ 5 Mbps และมีความเร็วในการเขียนข้อมูลอยู่ที่ 1.8 Mbps ส่วน xD Card ที่มีความจุขนาด 64 128 256 และ 512 MB มีความเร็วในการเขียนข้อมูลอยู่ที่ 3Mbps ความเร็วในการเขียนข้อมูลอยู่ที่ 3Mbps สุดท้าย xD Card ที่มีขนาดความจุ 1 GB จะมีความเร็วในการอ่านข้อมูลอยู่ที่ 4 Mbps และความเร็วในการเขียนข้อมูล ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและห้องอย่างองลงเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใบใช้

2.5 Mbps โดย xD Card มีข้อเสียตั้งแต่เรื่องของขนาดความจุเมื่อเทียบกับการ์ดหน่วยความจำประเภทอื่นๆ มีราคาแพงกว่าหน่วยความจำประเภทอื่นๆ



รูปที่ 2.14 xD Card[12]

### 2.5.3 Compact Flash Card

เป็นหน่วยความจำที่ถูกนำมาใช้กับกล้องดิจิทัลระดับมืออาชีพ มีจุดเด่นในเรื่องของราคาเมื่อเทียบกับขนาดของความจุที่ได้รับ ซึ่งตัว Compact Flash Card เน้นในเรื่องของขนาดความจุมากกว่าขนาดของรูปร่าง เพราะ Compact Flash Card จะมีขนาดใหญ่กว่าการ์ดหน่วยความจำประเภทอื่น



รูปที่ 2.15 Compact Flash Card[12]

### 2.5.4 Multimedia Card (MMC)

Multimedia Card มีพื้นฐานการทำงานอยู่บน NAND-based Flash Memory รูปร่างของมันมีขนาดประมาณแอสตัมป์โปรซนีย์ ในยุคแรก Multimedia Card ใช้ Interface ในการถ่ายโอนข้อมูล 1-bit Serial ต่อมาในรุ่นใหม่ สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้ 4 bits หรือ 8 bits โดย Multimedia Card จะถูกนำไปใช้งานกับอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องเล่นเพลง ซึ่งปัจจุบันมีเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าได้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ความจุสูงสุดของ Multimedia Card ที่วางจำหน่ายทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ 128 GB ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 Multimedia Card[12]

### 2.5.5 Secure Digital Card (SD Card)

Secure Digital Card เป็น Flashmemory ประเภทหนึ่ง ถูกนิยมมาใช้กับอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือกล้องดิจิทัล โดย SD Card พัฒนาขึ้นมาอยู่บนพื้นฐานของการ์ดหน่วยความจำแบบ Multimedia Card ซึ่งมีรูปร่างเหมือนกัน แต่ Secure Digital Card มีความหนามากกว่า Multimedia Card ซึ่งการพัฒนา Secure Digital Card คือ มีการเพิ่มความสามารถทางด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งทำหน้าที่เข้ารหัสข้อมูลเข้าไปในเทคโนโลยีเดิม Multimedia Card และยังเพิ่มเทคนิคพิเศษ เรียกว่า DRM(Digital Rights Management) และ Secure Digital Card ยังมีความสามารถในการป้องกันการเขียนข้อมูลทับไว้อีกด้วย[12]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและดัดแปลงองค์ประกอบของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

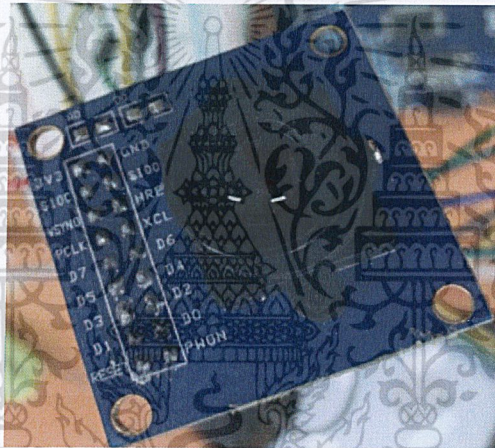
รูปที่ 2.17 Secure Digital Card[12]

## 2.6 กล้อง OV7670

เป็นเซนเซอร์รับภาพที่มีต้นทุนต่ำ ทำงานที่ความละเอียดสูงสุด 30 fps และ 640x480 (VGA) เทียบเท่า 0.3 ล้านพิกเซล ภาพที่ถ่ายจะถูกประมวลผลล่วงหน้าโดย DSP ก่อนส่งออก การประมวลผลล่วงหน้าสามารถกำหนดค่าผ่านทาง Serial Camera Control Bus (SCCB)[13]

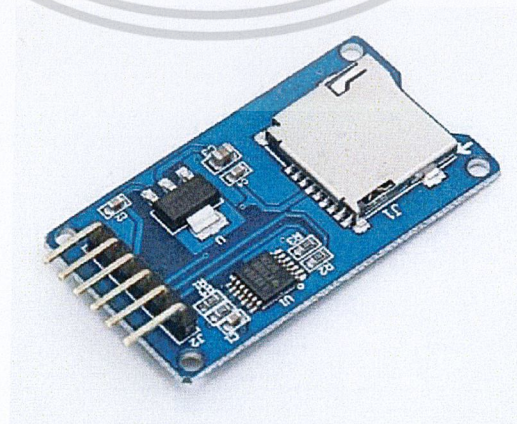
โมดูลกล้อง CMOS Webcam[12]

- ความละเอียด 640x480 Pixel
- ไฟเลี้ยง 2.5 - 3.0 V
- กำลังไฟ 60mW / 15 FPS
- Output : Raw RGB, RGB (GRB4:2:2, RGB565/555/444), YUV(4:2:2) and YCbCr (4:2:2)
- ขนาดเลนส์ : 1/6"
- ขนาดรวม 33 x 33 x 20 mm



รูปที่ 2.18 กล้อง OV7670

## 2.7 Micro SD Card Module



รูปที่ 2.19 Micro SD Card Module[14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นโมดูลสำหรับ บันทึกข้อมูลลง SD Card เพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่างๆจากบอร์ด Arduino ลงบน Micro SD Card ใช้งานง่าย มีอินเตอร์เฟสแบบ SPI มีไลบรารีพร้อมใช้งาน มีวงจรเรกูเรต 3.3 V มาให้ในตัวบอร์ดใช้ไฟได้ในช่วง 4.5V-5.5V[14]

วิธี การต่อขา SD Card Module กับ Arduino Uno

CS - 4

SCK - 13

MOSI - 11

MISO - 12

VCC - 5V

GND - GND

## 2.8 Light Emitting Diode (LED)



รูปที่ 2.20 Light Emitting Diode (LED)

LED (Light Emitting Diode) หรือที่เรียกว่าไดโอดเปล่งแสง การที่เราเห็นแสงของหลอดไฟ LED นั้นเพราะภายในตัวของหลอดไฟ LED จะได้รับแรงดันไฟฟ้าแล้วปล่อยคลื่นแสงออกมาที่มีความถี่ต่างกัน ทำให้สีที่เราเห็นแตกต่างกันไปด้วย หลอดไฟ LED ที่เราเห็นมีหลากหลายแบบโดยแต่ละแบบนี้จะมีหลักการทำงานเหมือนกัน หลอดไฟ LED แบบสีต่างๆ จะมีสีเคลือบที่มองเห็นได้ชัดสีที่นิยมคือ แดง เขียว เหลือง ส้ม เป็นต้น ขนาดของหลอดไฟ LED มีตั้งแต่ 3 5 8 และ 10 mm และยังมีหลอดไฟ

LED แบบหลอดใสเรียกว่า LED แบบซูเปอร์ไบท์[15] ที่ตัวหลอดจะเป็นสีใสซึ่งจะไม่ทราบเลยว่า จะเปล่งแสงเป็นสีอะไรจนกว่าจะมีการป้อนไฟฟ้าเข้าไป มีสีให้เลือก เช่น แดง เขียว น้ำเงิน ขาว ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 สวิตช์ (Switch)

คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ง่าย ๆ คืออุปกรณ์เปิดปิดกระแสไฟฟ้าภายในวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์[16]ดังรูป 2.21



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์สวิตช์[16]

สวิตช์ที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด เช่น สวิตช์เลื่อน สวิตช์กระดก สวิตช์หมุน สวิตช์กด สวิตช์ไมโคร สวิตช์กุญแจ ฯลฯ

สวิตช์เลื่อน เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการเปิดปิดอุปกรณ์โดยการเลื่อน ควบคุมติดต่อสวิตช์ทำได้โดยการเลื่อนสวิตช์ขึ้นหรือลง การเลื่อนสวิตช์ขึ้นเป็นการต่อ(ON) การเลื่อนสวิตช์ลงเป็นการตัด(OFF)



รูปที่ 2.22 สวิตช์เลื่อน[16]

สวิตช์กระดก เป็นสวิตช์ที่ใช้งานโดยการกด เมื่อต้องการเปิดสวิตช์ในกด้านที่ระบุว่าเป็นการเปิดสวิตช์ลง ส่วนอีกด้านจะกระดกขึ้น ส่วนใหญ่จะมีอักษรระบุการทำงานบนสวิตช์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.23 สวิตช์กระดก[16]  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์กด ใช้งานโดยการกดเปิดปิดในปุ่มเดียว คือกดปุ่มที่อยู่กลางสวิตช์ กดสวิตช์หนึ่งครั้ง สวิตช์ต่อ(ON) เมื่อกดสวิตช์อีกหนึ่งครั้งสวิตช์ตัด(OFF)



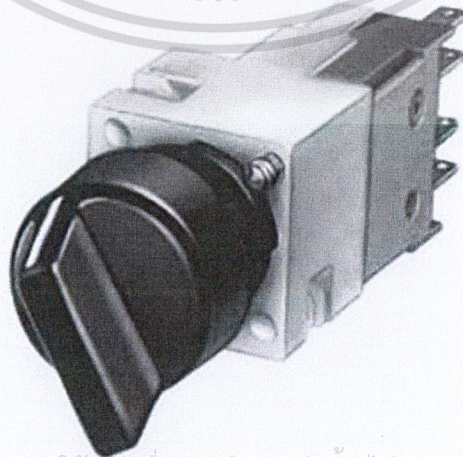
รูปที่ 2.24 สวิตช์กด[16]

สวิตช์แบบก้านยาว ใช้งานโดยโยกสวิตช์ไปมา มีก้านสวิตช์ยื่นออกมาจากตัวสวิตช์ควบคุมตัดต่อสวิตช์โดยโยกก้านสวิตช์ขึ้นบนหรือลงล่าง



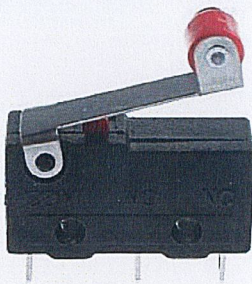
รูปที่ 2.25 สวิตช์แบบก้านยาว[16]

สวิตช์แบบหมุน หรือเรียกว่าสวิตช์แบบเลือกค่าต้องหมุนด้านสวิตช์เป็นวงกลมเลือกตำแหน่งการตัดต่อได้หลายตำแหน่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.26 สวิตช์แบบหมุน[16]  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์แบบไมโคร คือสวิตช์แบบเปิดปิดปล่อยดับมีด้วยกันหลายแบบอาจจะเป็นปุ่มกดหรือแบบโยกมากดสวิตช์อีกทีหนึ่ง



รูปที่ 2.27 สวิตช์แบบไมโคร[16]

สวิตช์แบบ DIP ใช้งานร่วมกับวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์ที่สร้างขึ้นในรูปแบบชิปที่มีขนาดเล็ก ๆ สวิตช์สามารถตัดหรือต่อวงจรได้



รูปที่ 2.28 สวิตช์แบบDIP[16]

## 2.10 บทความที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 Jignesh Patoliya , Haard Mehta , Hitesh, 2015. “Arduino Controlled War Field Spy Robot using Night Vision Wireless Camera and Android Application” Department of Electronics and Communication Engineering Charotar University of Science and Technology. (NUiCONE).

จากบทความนี้วัตถุประสงค์หลักอยู่เบื้องหลังการพัฒนาหุ่นยนต์ คือการเฝ้าระวังกิจกรรมของมนุษย์ในเขตสงครามหรือบริเวณชายแดนเพื่อลดการแทรกซึมจากฝั่งศัตรู ซึ่งหุ่นยนต์ประกอบด้วยกล้องไร้สายสำหรับการมองเห็นในตอนกลางคืนมันสามารถส่งวิดีโอในสนามรบได้เพื่อป้องกันความเสียหายและความสูญเสียต่อชีวิตมนุษย์หุ่นยนต์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันเพื่อลดการสูญเสียชีวิตของมนุษย์และจะป้องกันสิ่งที่ผิดกฎหมายจะช่วยให้ทหารและกองกำลังติดอาวุธรู้สภาพของพื้นที่ก่อนที่ตนเองจะเข้าไป

เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการสื่อสารในการต่อตรงกับหุ่นยนต์ คือเทคโนโลยีบลูทูธโดยบลูทูธสามารถใช้เพื่อแชร์ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองเครื่องโดยพิจารณาจากช่วงระหว่างอุปกรณ์สองเครื่องไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ตรงกันใช้

โมดูลบลูทูธ HC-05 จะเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์และคำสั่ง ไปยังหุ่นยนต์จะได้รับผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

หุ่นยนต์สงครามประกอบด้วย arduino uno board เป็นบอร์ดควบคุม มีไมโครคอนโทรลเลอร์ L293D IC พร้อมกับโมดูลบลูทูธ HC-05 ไมโครคอนโทรลเลอร์กระแสดตรงสองเครื่องยังใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ กล้องมองภาพกลางคืนแบบไร้สายติดอยู่กับหุ่นยนต์เพื่อตรวจสอบสถานการณ์และกล้องสามารถหมุนได้ 360 องศาผ่านทางแอปพลิเคชัน Android ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์[17]

2.10.2 Wan Muhamad Hanif Wan Kadira , Reza Ezuan Saminb , Babul Salam Kader IbrahimIn, 2012. "Internet Controlled Robotic Arm" Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Procedia Engineering 41. 1065 – 1071.

เมื่อเราพูดถึงหุ่นยนต์ คนมักคิดว่าหุ่นยนต์มีความเหมาะสมที่จะใช้ในอุตสาหกรรมหรือเฉพาะสำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่จะทดสอบเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ หน้าที่หลักของหุ่นยนต์คือช่วยมนุษย์ในการทำงานทั้งในอุตสาหกรรม หรือเพียงแค่ช่วยให้ทำงานบ้านปกติ เพื่อลดช่องว่าง "หุ่นยนต์สำหรับอุตสาหกรรมเท่านั้น" จะใช้อินเทอร์เน็ต บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแขนหุ่นยนต์ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ต การเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต หุ่นยนต์ตัวนี้สามารถใช้เพื่อแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถใช้งานภายในบ้านสำหรับงานประจำวันของมนุษย์ หุ่นยนต์ควบคุมโดย Arduino Uno ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Arduino Ethernet Shield มีการวิเคราะห์แบบสองแบบสำหรับโครงการนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์มอเตอร์เซอร์โว และการทดสอบความแม่นยำ การทดสอบความแม่นยำแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของเอาต์พุตที่มอเตอร์เซอร์โวเมื่อเทียบกับอินพุตที่ส่งไปยัง Arduino Uno ทางอินเทอร์เน็ตอยู่ระหว่าง 97% ถึง 99% ต้นแบบของหุ่นยนต์ตัวนี้แสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานประสบความสำเร็จ หุ่นยนต์นี้คาดว่าจะลดช่องว่างระหว่างหุ่นยนต์กับการทำงานบ้าน[18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

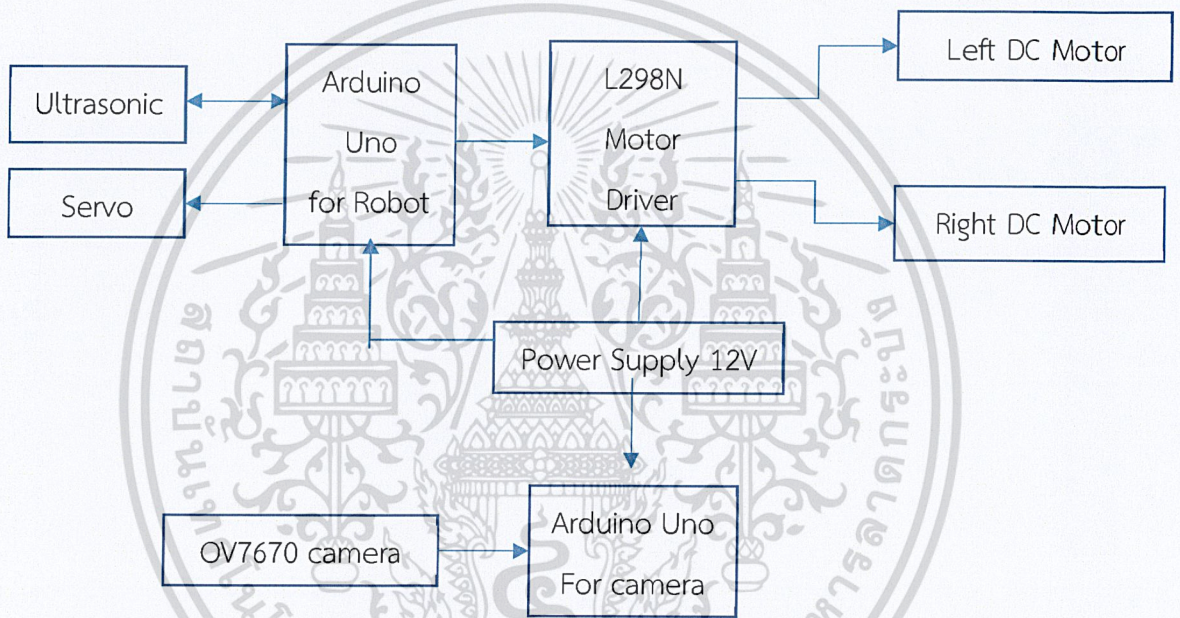
## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

ในโครงการพิเศษนี้ได้มีการแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การออกแบบหุ่นยนต์ ส่วนที่ 2 การสร้างหุ่นยนต์ ซึ่งการสร้างหุ่นยนต์จะมีการใช้ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนที่ 3 การทดลองหุ่นยนต์

### 3.1 การออกแบบหุ่นยนต์

โดยหุ่นยนต์ที่เราต้องการสร้างนั้นมีพื้นฐานมาจากรถยนต์ ซึ่งจะมีความสามารถดังนี้

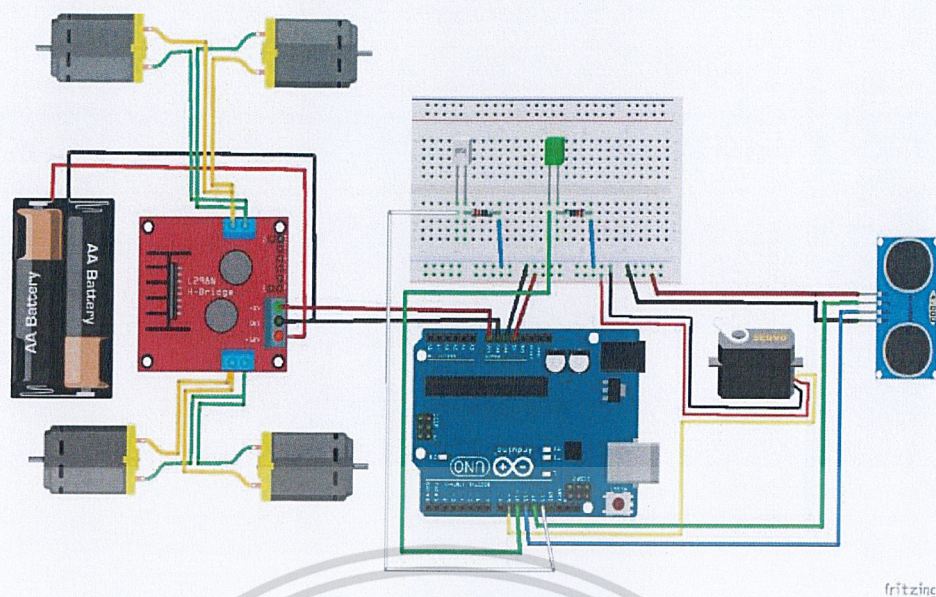


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการออกแบบหุ่นยนต์

จากบล็อกไดอะแกรมที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการออกแบบหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ที่เราสร้างขึ้นจะสร้างเพื่อใช้สำรวจสิ่งแวดล้อม เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยมีลักษณะคล้ายคลึงรถบังคับโดยมีโครงสร้างและฐานเป็นอะคริลิกและมีล้อช่วยในการเคลื่อนที่ โดยเริ่มจากการทำให้หุ่นยนต์สามารถวิ่งทางตรงได้ ส่วนต่อมาเป็นเซนเซอร์ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับสิ่งกีดขวางเพื่อทำการหลบหลีก และส่วนสุดท้ายเป็นกล้องเพื่อจับภาพภาพสภาพแวดล้อมในขณะนั้น

### 3.2 การสร้างหุ่นยนต์

ในการสร้างหุ่นยนต์จะมีทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์จะเป็นโครงสร้างและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาวิจัยภายในของหุ่นยนต์ ในส่วนของซอฟต์แวร์จะเป็นการเขียนโค้ดชุดคำสั่งในการทำงาน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ หงสน อักพทงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



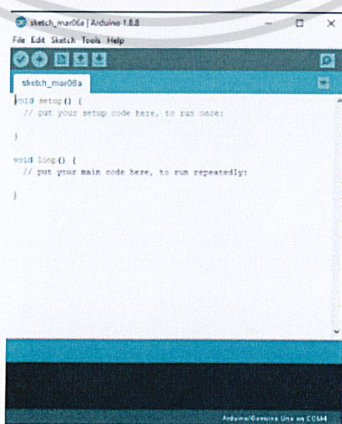
รูปที่ 3.2 การต่อวงจรหุ่นยนต์

### 3.2.1 ฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์มีการใช้ Arduino Uno การควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ และใช้ Ultrasonic sensor HC-SR04 เชื่อมกับ Arduino Uno โดยมีการใช้ Servo Motor SG90 ช่วยเพื่อใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง และต่อ Driver Motor L298N กับ DC Motor เชื่อมเข้ากับ Arduino Uno เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนโดยตรงของล้อ และมีการต่อ Camera Arduino OV7670 เข้ากับ Arduino Uno เพื่อใช้ในการจับภาพ และในโครงงานนี้ได้มีการใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ประเภท 18650 เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

### 3.2.2 ซอฟต์แวร์

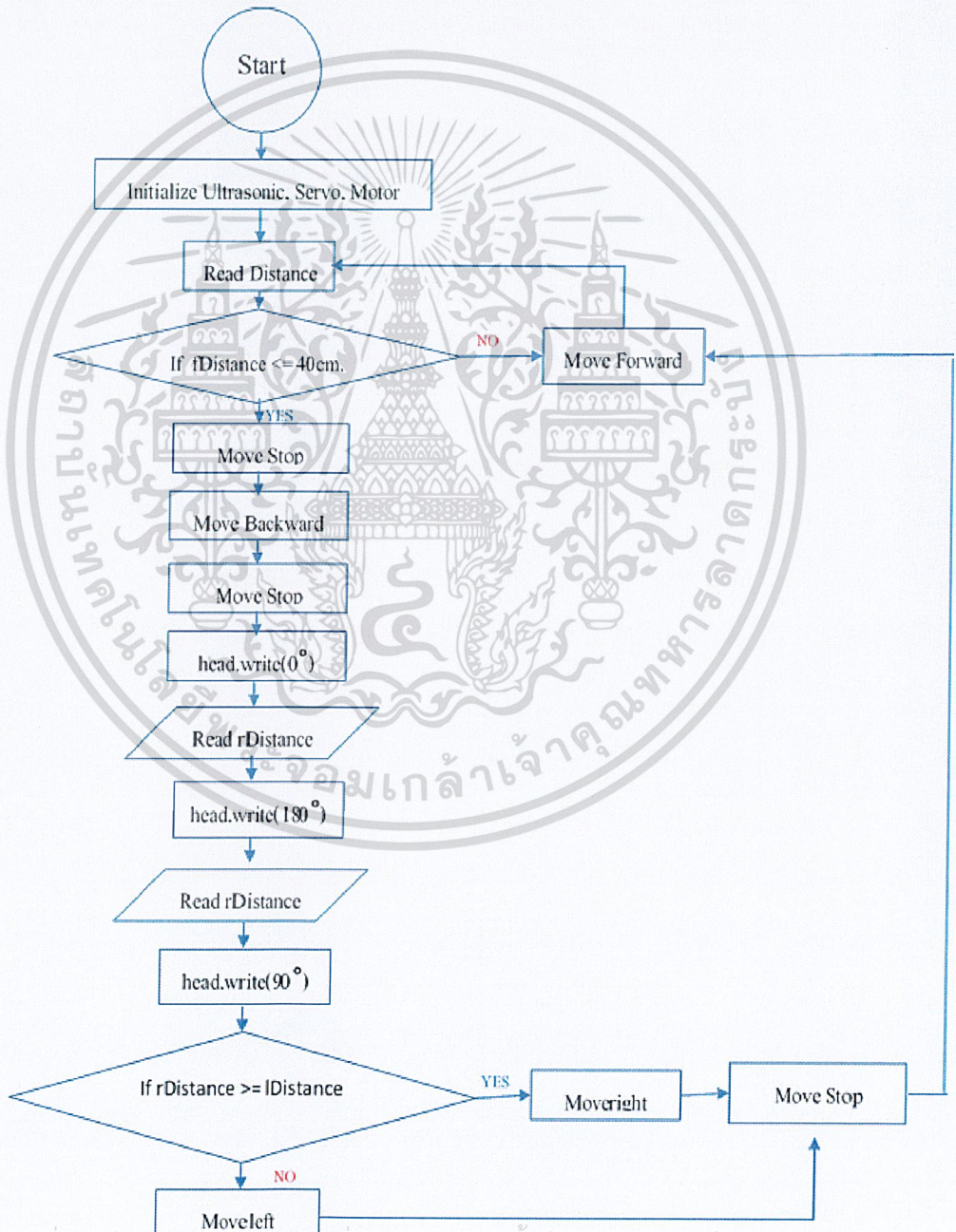
ในโครงงานนี้ได้มีการใช้โปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 3.3 เป็นโปรแกรมที่ใช้เขียนโค้ด [ภาคผนวก ก]ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.3 โปรแกรม Arduino IDE  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การทำงานของระบบ

ในส่วนการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามที่กำหนดจะเริ่มต้นจาก start เมื่อหุ่นยนต์เริ่มทำงานจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนเมื่อมีการตรวจจับเจอสิ่งกีดขวางที่มี distance < 40cm. หุ่นยนต์จะหยุดเคลื่อนที่ถอยหลังหยุดและทำการตรวจสอบด้านขวาและด้านซ้าย ถ้าระยะด้านขวามีระยะที่มากกว่าหรือเท่ากับด้านซ้าย หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปทางขวาหยุดและเดินหน้าต่อไปเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เมื่อตรวจจับไม่เจอสิ่งกีดขวางหุ่นยนต์จะเดินหน้าต่อไปเรื่อยๆ ในส่วนของตัวกล้องจะมีการจับภาพทุกๆ 10 วินาที และส่งเข้า SD Card เพื่อเก็บบันทึกภาพจากรูปที่ 3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.4 Flowchart การทำงานของหุ่นยนต์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การทดลองหุ่นยนต์

ในการทดลองการเคลื่อนที่ตามสภาพพื้นที่ โดยเราจะทำการปล่อยหุ่นยนต์ของเราให้วิ่งไปในสภาพพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วิ่งบนทางตรง ส่วนที่ 2 วิ่งบนแผ่นไม้ที่ทำมุมกับพื้นแนวราบ

#### 3.3.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

**ส่วนที่ 1** ปล่อยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในทางตรงจับเวลาซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ระยะ ระยะละ 5 ครั้ง และคำนวณหาอัตราเร็วโดยใช้สมการที่ 3.1

$$V = \frac{S}{t} \quad (3.1)$$

V = อัตราเร็ว (m/s)

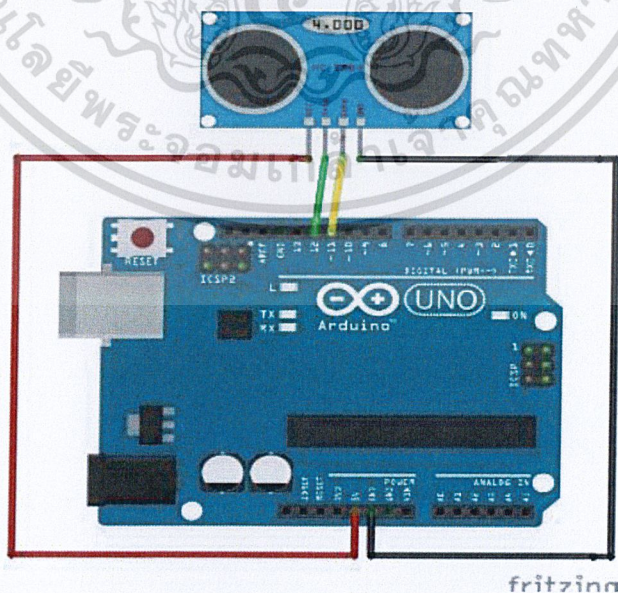
S = ระยะทางที่เคลื่อนที่ (m)

t = เวลา (s)

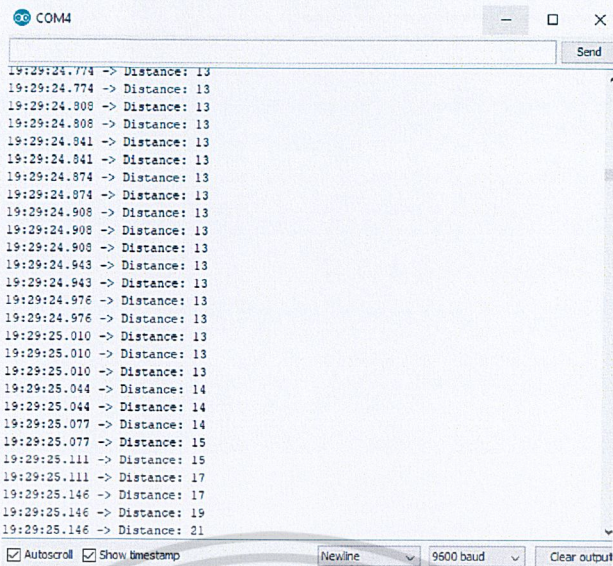
**ส่วนที่ 2** ปล่อยหุ่นยนต์วิ่งบนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้นทดลองทั้งหมด 12 มุม ซึ่งจะทดลองมุมละ 3 ครั้ง และคำนวณหาอัตราเร็วโดยสมการที่ 3.1

#### 3.3.2 ความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ในการทดลองจะทำการต่อ Arduino Uno R3 กับ เซนเซอร์อัลตราโซนิก ดังรูปที่ 3.5-ก เพื่อตรวจสอบจริงกับระยะในการทดลองซึ่งจะทดลองจับระยะกับวัตถุที่ต่างกัน 3 ชนิด โดยใช้แผ่นไม้ ขวดน้ำ และฝ่ามือซึ่งทำการทดสอบวัตถุละ 12 ระยะ ระยะละ 10 ครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.5-ก การเชื่อมต่อ Arduino Uno R3 กับ เซนเซอร์อัลตราโซนิก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

COM4
19:29:24.774 -> Distance: 13
19:29:24.774 -> Distance: 13
19:29:24.908 -> Distance: 13
19:29:24.908 -> Distance: 13
19:29:24.941 -> Distance: 13
19:29:24.941 -> Distance: 13
19:29:24.974 -> Distance: 13
19:29:24.974 -> Distance: 13
19:29:24.908 -> Distance: 13
19:29:24.908 -> Distance: 13
19:29:24.943 -> Distance: 13
19:29:24.943 -> Distance: 13
19:29:24.976 -> Distance: 13
19:29:24.976 -> Distance: 13
19:29:25.010 -> Distance: 13
19:29:25.010 -> Distance: 13
19:29:25.010 -> Distance: 13
19:29:25.044 -> Distance: 14
19:29:25.044 -> Distance: 14
19:29:25.077 -> Distance: 14
19:29:25.077 -> Distance: 15
19:29:25.111 -> Distance: 15
19:29:25.111 -> Distance: 17
19:29:25.146 -> Distance: 17
19:29:25.146 -> Distance: 19
19:29:25.146 -> Distance: 21
Autoscroll Show timestamp Newline 9500 baud Clear output

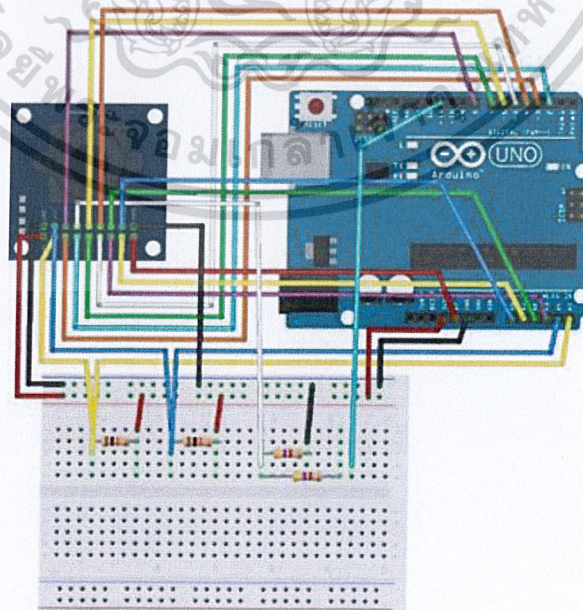
```

รูปที่ 3.5-ข การแสดงผลของเซนเซอร์อัลตราโซนิก จาก Serial Monitor

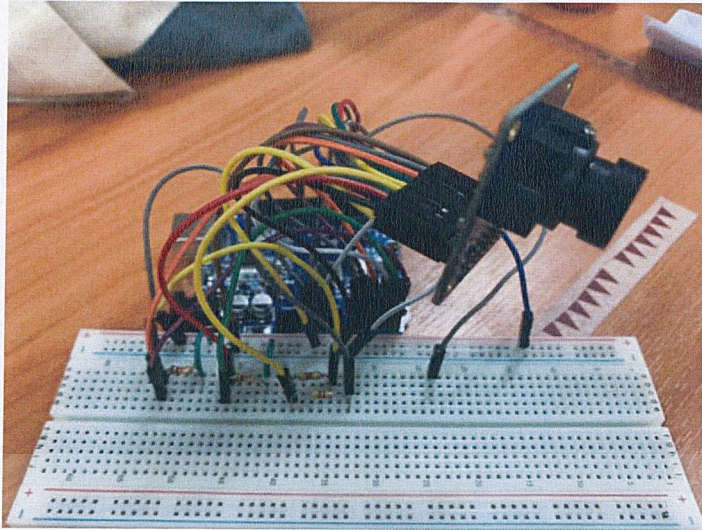
จากรูปที่ 3.5-ข เป็นการแสดงผลของเซนเซอร์อัลตราโซนิกที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3 ที่ได้รับค่าจากการวัดระยะห่างจากวัตถุของเซนเซอร์อัลตราโซนิก โดยที่ distance คือ ระยะห่างของวัตถุที่เซนเซอร์อัลตราโซนิกวัดได้ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

### 3.3.3 การจับภาพและบันทึกภาพของกล้อง

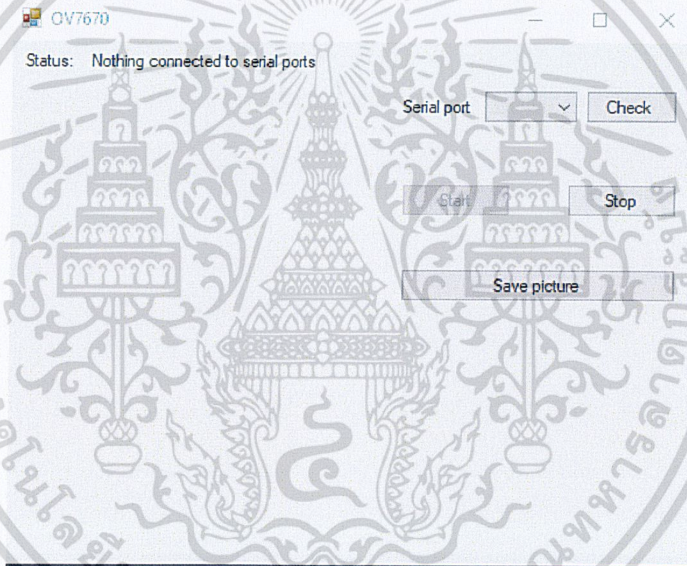
ในการทดลองจะทำการเชื่อมต่อกล้อง OV670 กับบอร์ด Arduino Uno R3 ดังรูปที่ 3.6 รูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8 เพื่อทำการทดสอบภาพจากกล้อง OV670 จากโปรแกรม ReadSerialPortwin



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.6 กล้อง OV670 ต่อกับบอร์ด Arduino UNO R3  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การต่อวงจรของกล้อง OV7670 กับ Arduino UNO R3



รูปที่ 3.8 โปรแกรม ReadSerialPortwin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการอภิปรายผล

จากการทดลองในบทที่ 3 จะแบ่งการทดลองออกเป็น ตอนที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามสภาพพื้นที่ต่างๆ เป็นการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ในการวิ่งบนพื้นเรียบ และ บนแผ่นไม้ที่ทำมุมกับพื้นว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ตอนที่ 2 ความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ซึ่งเซ็นเซอร์จะมีการตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยมีการกำหนดระยะห่าง เพื่อดูว่าเซ็นเซอร์มีความแม่นยำในการทำงานของเซ็นเซอร์ และตอนที่ 3 การจับภาพของกล้อง

#### 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดย Robot Car มีความกว้าง 22 เซนติเมตร ยาว 23.4 เซนติเมตร และสูง 14.8 เซนติเมตร น้ำหนัก 782 กรัม

ส่วนที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในทางตรงพื้นราบและคำนวณหาความเร็ว เซนติเมตร/วินาที



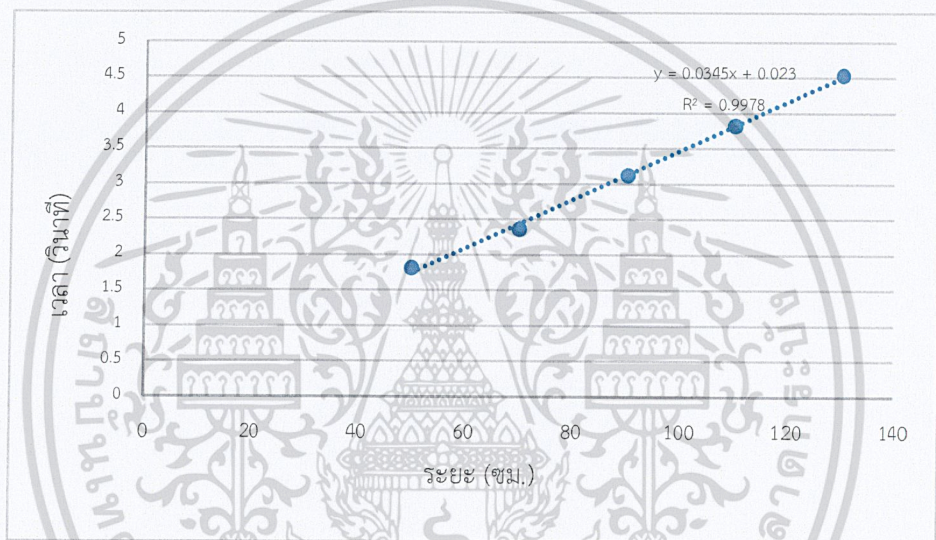
รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในทางตรงพื้นราบ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นราบ

S (ซม.)	Time(วินาที)					Time(วินาที) เฉลี่ย	V=S/t (ซม./ วินาที)
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>		
130	4.54	4.54	4.52	4.55	4.52	4.53	28.69
110	3.82	3.80	3.85	3.84	3.79	3.82	28.79

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นราบ (ต่อ)

S (ซม.)	Time (วินาที)					Time(วินาที) เฉลี่ย	V=S/t (ซม./ วินาที)
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>		
90	3.10	3.12	3.17	3.15	3.12	3.12	28.84
70	2.33	2.39	2.35	2.37	2.39	2.36	29.66
50	1.79	1.82	1.81	1.81	1.82	1.81	27.62
ความเร็วเฉลี่ย (ซม./วินาที)							28.72



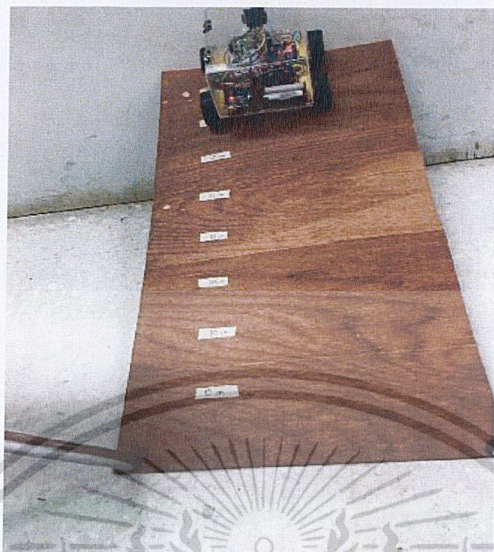
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง(ซม.) กับ เวลาเฉลี่ย(วินาที)

จากการทดลองส่วนที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในพื้นราบทางตรงเราทำการปล่อยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามระยะทางที่กำหนดในตารางที่ 4.1 แล้วนำมาคำนวณทำให้ทราบว่าหุ่นยนต์เรามีความเร็ว 28.72 ซม./วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนที่ 2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น

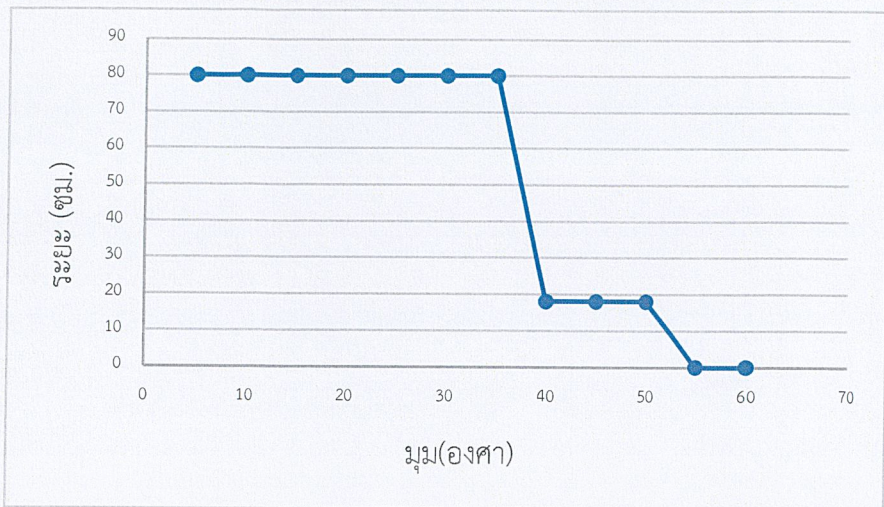
### 2.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น



รูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น

Angle (องศา)	ระยะ (ซม.)			$S_{เฉลี่ย}$ (ซม./วินาที)
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	
5	80	80	80	80
10	80	80	80	80
15	80	80	80	80
20	80	80	80	80
25	80	80	80	80
30	80	80	80	80
35	80	80	80	80
40	18	18	18	18
45	18	18	18	18
50	18	18	18	18
55	0	0	0	0
60	0	0	0	0

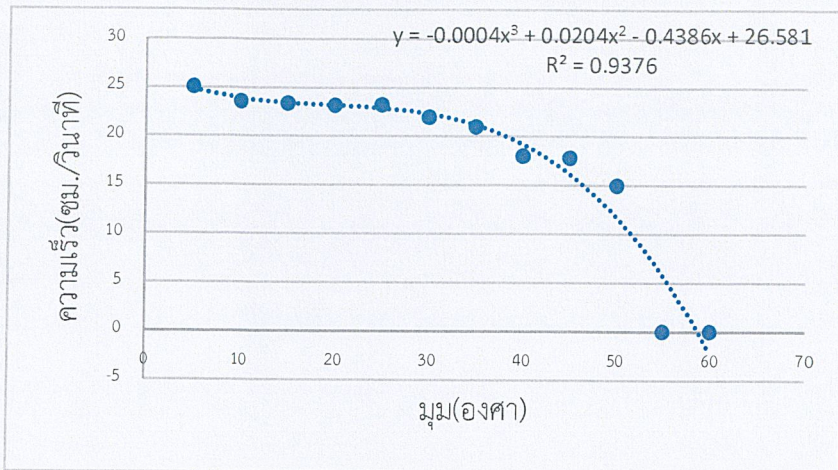


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม (องศา) กับ ระยะทางที่รถสามารถเคลื่อนที่ได้ (ซม.)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้โดยแผ่นไม้ทำมุมกับพื้น เพื่อหาความเร็ว

Angle (°)	Sเฉลี่ย (cm)	เวลา(s)			Tเฉลี่ย (s)	V (cm/s)
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>		
5	80	3.16	3.20	3.22	3.19	25.07
10	80	3.42	3.36	3.40	3.39	23.59
15	80	3.36	3.42	3.50	3.42	23.39
20	80	3.40	3.53	3.43	3.45	23.18
25	80	3.43	3.42	3.48	3.44	23.25
30	80	3.68	3.63	3.61	3.64	21.97
35	80	3.83	3.80	3.81	3.81	20.99
40	18	1.02	0.99	1.01	1.00	18.00
45	18	1.02	1.00	1.02	1.01	17.82
50	18	1.18	1.23	1.20	1.20	15.00
55	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

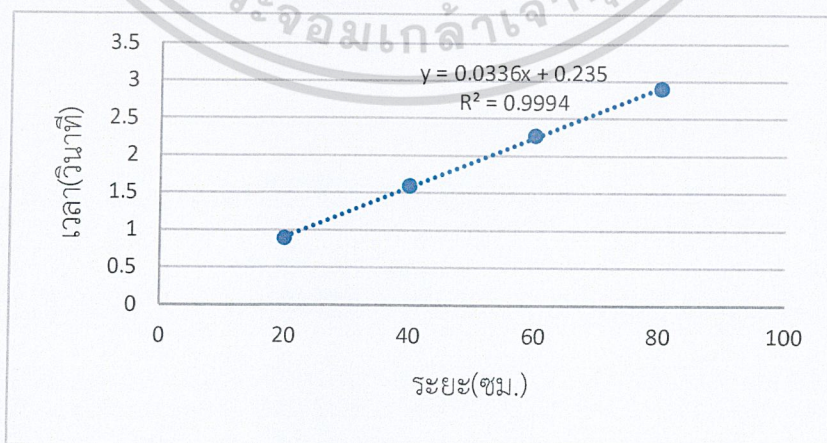


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของแผ่นไม้(องศา) กับ ความเร็ว (ซม./วินาที)

จากการทดลองส่วนที่ 2.2.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้ที่ทำมุมกับพื้นราบดังตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ามุมยิ่งเพิ่มขึ้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ได้ในระยะทางที่สั้นลง

2.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้โดยแผ่นไม้ทำมุม 30 องศา กับพื้น ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผ่นไม้โดยแผ่นไม้ทำมุม 30 องศา กับพื้น

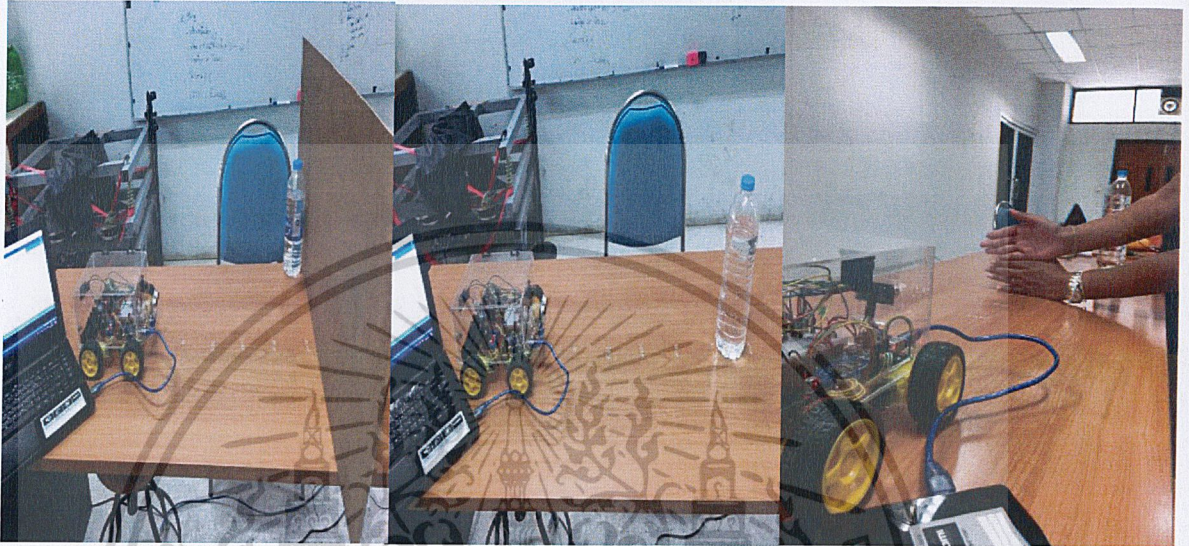
S (ซม.)	เวลา (วินาที)			Tเฉลี่ย (วินาที)
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	
20	0.86	0.9	0.92	0.89
40	1.58	1.58	1.62	1.59
60	2.23	2.33	2.25	2.27
80	2.93	2.9	2.89	2.90



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) กับระยะทาง (ซม.) โดยแผ่นไม้ทำมุม 30° กับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

ความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ซึ่งเซ็นเซอร์จะมีการตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยมีการกำหนดระยะห่างตั้งแต่ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 เซนติเมตร โดยมีการทดสอบซ้ำระยะละ 10 ครั้งเพื่อทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ 4.2.1 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุทางตรง



รูปที่ 4.7 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวางของ Ultrasonic

การแสดงผลของเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก แล้วทำการวัดระยะความห่างจากแผ่นไม้ไผ่คณวก ขยโดยที่ duration, เซนติเมตร ในคำสั่ง code ของ Arduino คือ ระยะความห่างจากวัตถุ แสดงในหน่วย เซนติเมตร

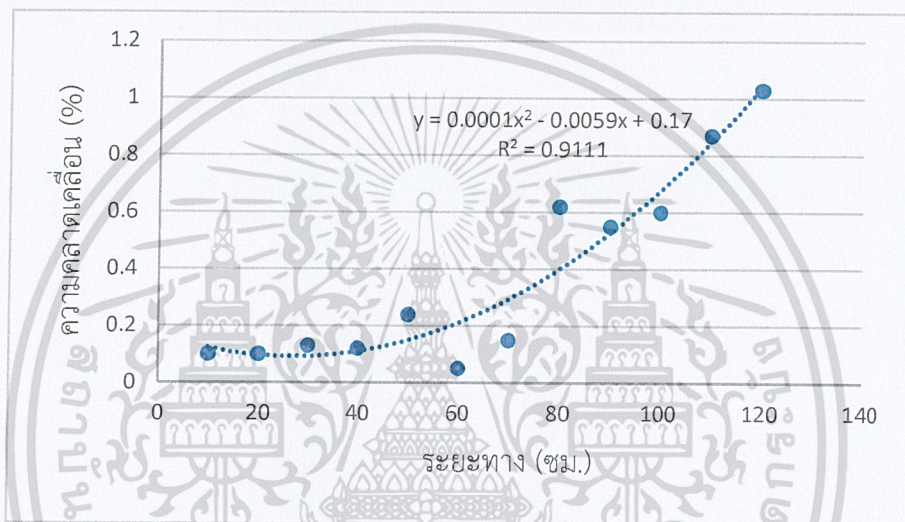
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้แผ่นไม้เป็นวัตถุ

ระยะทางจริง (ซม.)	ระยะทางที่วัดได้ เฉลี่ย (ซม.)	คลาดเคลื่อน (%)
10	9.99	0.10
20	19.98	0.10
30	30.04	0.13
40	39.95	0.12
50	50.12	0.24
60	59.97	0.05
70	70.11	0.15
80	79.50	0.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้แผ่นไม้เป็นวัตถุ(ต่อ)

ระยะทางจริง (ซม.)	ระยะทางที่วัดได้เฉลี่ย (ซม.)	คลาดเคลื่อน (%)
90	89.50	0.55
100	99.40	0.60
110	109.04	0.87
120	118.76	1.03
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		0.39



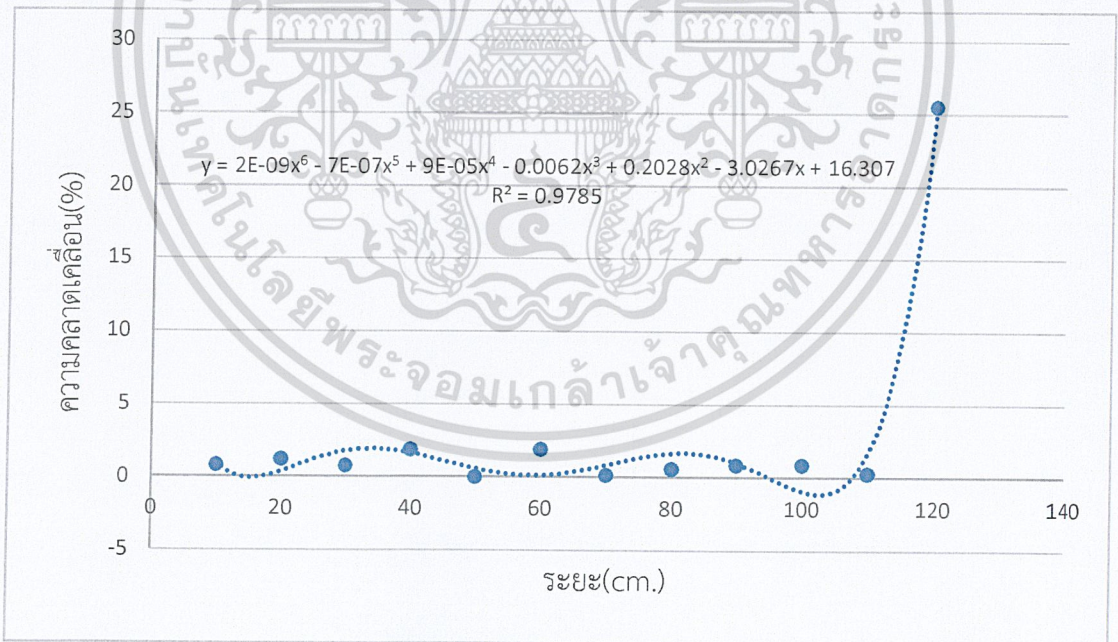
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%)

การแสดงผลของเซนเซอร์ ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิก แล้วทำการวัดระยะความห่างจากขดน้ำ[ภาคผนวก ข]โดยที่ duration, เซนติเมตร ในคำสั่ง code ของ Arduino คือ ระยะความห่างจากวัตถุ แสดงในหน่วย เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้ขวดน้ำเป็นวัตถุ

ระยะทางจริง (ซม.)	ระยะทางที่วัดได้เฉลี่ย (ซม.)	คลาดเคลื่อน (%)
10	10.08	0.80
20	20.24	1.20
30	30.23	0.76
40	40.75	1.87
50	49.99	0.02
60	58.85	1.91
70	70.10	0.14
80	80.47	0.58
90	89.23	0.85
100	99.13	0.87
110	109.69	0.28
120	89.42	25.48
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		2.89



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%)

การแสดงผลของเซนเซอร์ ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิก

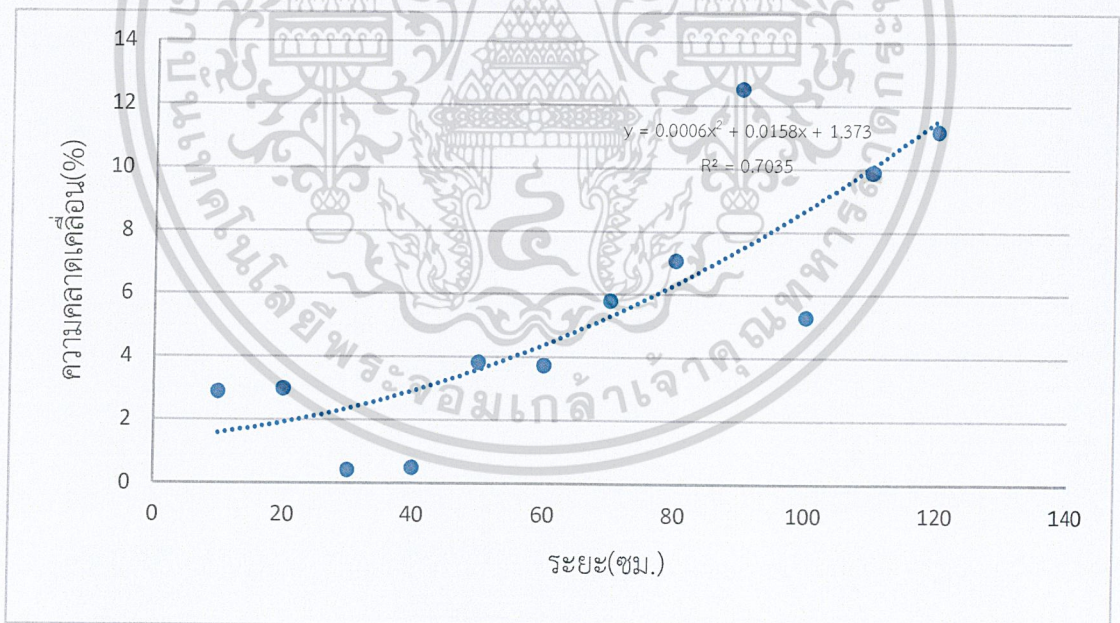
แล้วทำการวัดระยะความห่างจากฝ่ามือ[ภาคผนวก ข]โดยที่ duration, เซนติเมตร ในคำสั่ง code

ของ Arduino คือ ระยะความห่างจากวัตถุ แสดงในหน่วย เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำ  
 ไปใช้โดยไม่แจ้งชื่อผู้จัดทำเอกสาร หรือมีการนำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ (HC-SR04) ที่ใช้ฝ่ามือเป็นวัตถุ

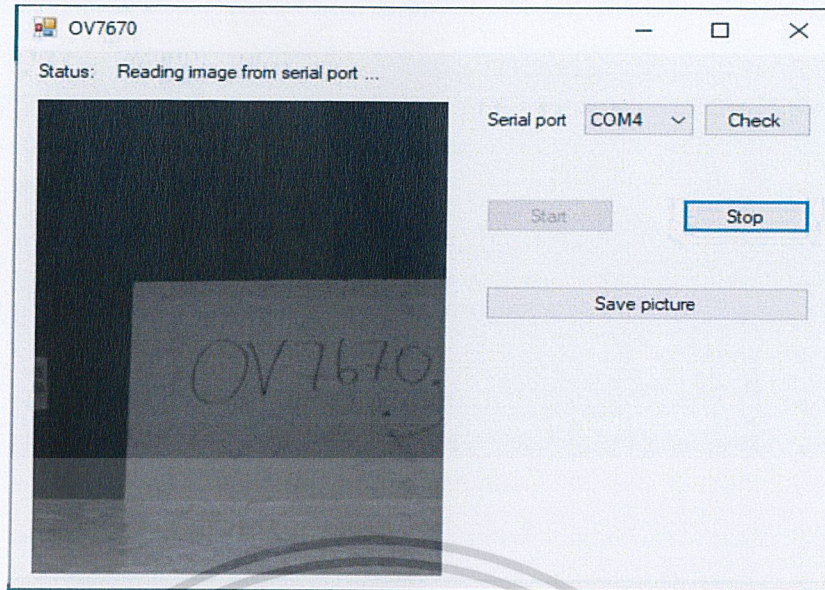
ระยะทางจริง (ซม.)	ระยะทางที่วัดได้ เฉลี่ย (ซม.)	คลาดเคลื่อน (%)
10	10.29	2.90
20	19.40	3.00
30	30.13	0.43
40	40.20	0.50
50	48.08	3.84
60	57.75	3.75
70	65.94	5.80
80	74.33	7.08
90	78.73	12.52
100	94.71	5.29
110	99.106	9.90
120	106.58	11.18
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		5.51



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทาง (ซม.) กับ ความคลาดเคลื่อน (%)

### 4.3 ผลการทดสอบการจับภาพของกล้องและบันทึกภาพของกล้อง

ทำการเชื่อมกล้อง OV7670 กับบอร์ด Arduino Uno R3 และต่อบอร์ดเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อ  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าเว็บไซต์นี้เป็นการค้า  
 RUN ได้แล้วเปิดโปรแกรม ReadSerialPortwin ดังรูปที่ 4.16  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



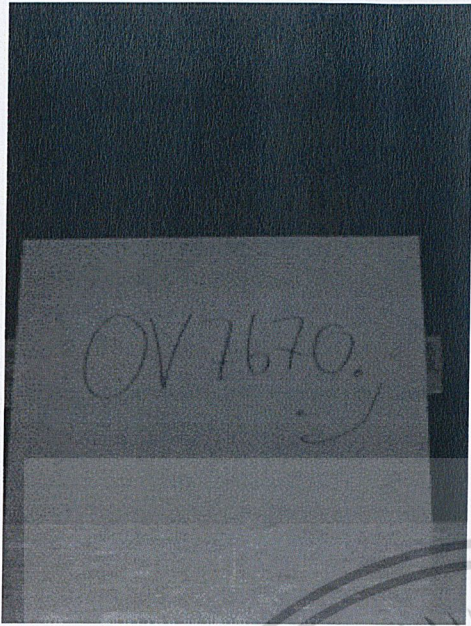
รูปที่ 4.11 จอแสดงผลจากโปรแกรม ReadSerialPortwin (เปิดไฟ)



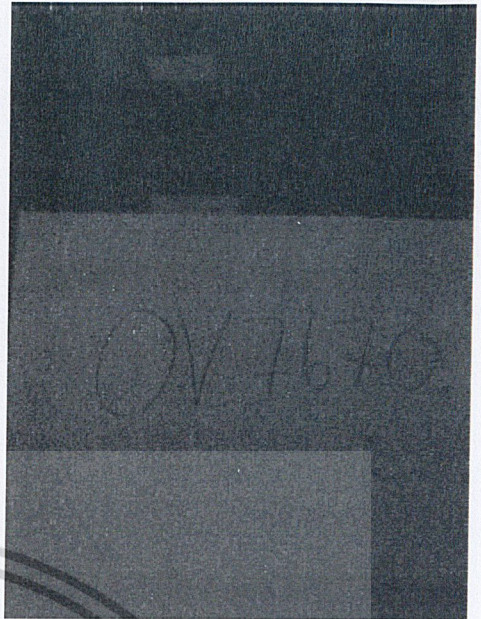
รูปที่ 4.12 จอแสดงผลจากโปรแกรม ReadSerialPortwin (ปิดไฟ)

ผลจากการทดลองการจับภาพของกล้อง OV7670 โดยการบันทึกจากโปรแกรม ReadSerialPortwin รูปที่ได้ออกมาเป็นรูปขาวดำ และเป็นไฟล์สกุล .BMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.

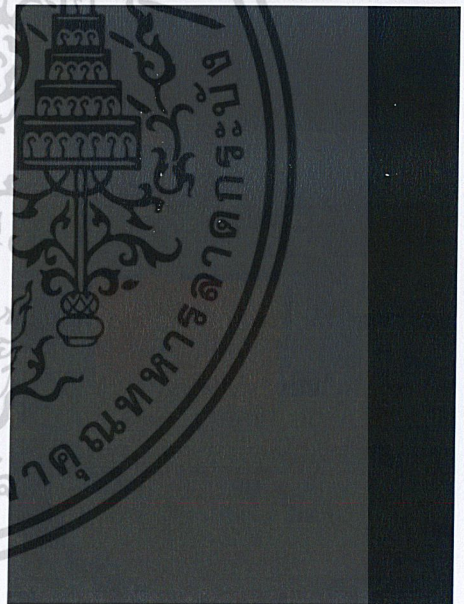


รูป ข.

รูปที่ 4.13 รูปถ่ายจากกล้อง OV7670 โดยที่ รูป ก. เปิดไฟ และรูป ข. ปิดไฟ



รูป ค.



รูป ง.

รูปที่ 4.14 รูปถ่ายจากกล้องโทรศัพท์ โดยที่ รูป ค. เปิดไฟ และรูป ง. ปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อทำการสำรวจพื้นที่ โดยการเขียนชุดคำสั่งซอฟต์แวร์ในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อควบคุม Ultrasonic sensor ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ในโครงการพิเศษนี้เราได้ทำการทดลองหุ่นยนต์โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามสภาพพื้นที่ต่าง ๆ ตอนที่ 2 ความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง และตอนที่ 3 การจับภาพของกล้อง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น พบว่าการวิ่งบนพื้นราบไม่มีปัญหาและหุ่นยนต์ที่เราทำการทดลองยังมีความเร็ว 28.72 cm./s แต่การเคลื่อนที่บนพื้นตั้งชันที่มุม 35 องศา ขึ้นไป หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ได้เพียงระยะหนึ่งอาจเกิดจากน้ำหนักของอุปกรณ์บนตัวหุ่นยนต์จึงทำให้ตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้เพียงเล็กน้อย แต่พอถึงมุมที่ 55 องศา ปรากฏว่าหุ่นยนต์เราไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของเราจึงมีข้อจำกัดว่าถ้าเป็นพื้นที่ที่ตั้งชันมากๆ ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ และยังทำการสำรวจได้แคในพื้นที่ปิด

ในส่วนการทดลองความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวางของอัลตราโซนิกเซนเซอร์กับวัตถุต่างกัน 3 ชนิด คือ แผ่นไม้ ขวดน้ำ และฝ่ามือกำหนดให้วัดทั้งหมด 12 ระยะพบว่าอัลตราโซนิกเซนเซอร์ในการตรวจจับวัตถุที่ต่างกันจะมีความคลาดเคลื่อนต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุซึ่งในการทดลองพบว่าแผ่นไม้มีความคลาดเคลื่อน 0.39% ขวดน้ำ 2.89% และฝ่ามือ 5.51% ในการทดลองก็ยังมี ความคลาดเคลื่อนที่ไม่มากจึงคิดว่าอัลตราโซนิกเซนเซอร์นั้นมีความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวางไปในทางที่ดี เหมาะที่จะใช้ในการตรวจจับระยะและราคาค่อนข้างถูก

ผลการทดลองการจับภาพและบันทึกของกล้อง OV7670 จากการทดลองต่อกับบอร์ด Arduino UNO R3 แล้วใช้สาย USB ต่อเข้าคอมพิวเตอร์โดยตรงซึ่งใช้โปรแกรม ReadSerialPortwin ในการจับและบันทึกภาพจะได้ไฟล์ .BMP แต่เมื่อนำกล้อง OV7670 มาต่อเข้ากับ Micro SD Card เขียนชุดคำสั่งให้มีการจับภาพอัตโนมัติ เมื่อนำ SC Card มาเปิดพบว่าได้ไฟล์ .BMP แต่ปัญหาที่พบคือไม่สามารถเปิดดูภาพได้

### 5.2 แนวทางการพัฒนา

หุ่นยนต์ต้นแบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อทำการสำรวจพื้นที่ที่จัดทำขึ้นนี้มีแนวทางที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย ซึ่งมีแนวคิดที่จะนำไปพัฒนาได้ดังนี้

1. ติดกล้องที่สามารถดูภาพเคลื่อนไหวได้ผ่านทางโทรศัพท์
2. พัฒนาเป็นเครื่องดูดฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3. ติดเครื่องส่งเสียงเพิ่มเป็นหุ่นยนต์ GPS ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้ในการเลือกและวางวัตถุที่ต้องการโดยบอกทิศทางจากการวัดระยะห่างของ Ultrasonic Sensor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1]อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. บอร์ด Arduino คืออะไร. [Online]. Available : <https://sites.google.com/site/karanwinatktech/unit1>.
- [2]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2554. เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่ 1พิมพ์ที่โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว
- [3]ครูทันพงษ์ ภูริรักษ์, 2559. หนังสือไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น. [Online]. Available : [http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP\\_Unit\\_2.pdf](http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_2.pdf).
- [4]Formerly known as "Embedded Systems Lab (ESL@KMUTNB)" Department of Electrical and Computer Engineering (ECE) Faculty of Engineering, KMUTNB, Bangkok Thailand, 2015. การทดลองใช้งานโมดูล HC-SR04 วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก. [Online]. Available : <http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=hc-sr04-ultrasonic>.
- [5]เจ้าของร้าน, 2558. [Online]. Available : <https://www.arduitronics.com/article/18/ultrasonic-ranging-module-hc-sr04>.
- [6]psptech.co.th, 2558. มอเตอร์ (Motor) คืออะไร. [Online]. Available : <http://www.psptech.co.th>.
- [7]Unknow, 2560. บทความการใช้งาน การใช้งาน L298N motor drive. [Online]. Available : <http://gamerbloggerport.blogspot.com/2017/09/l298n-motor-drive.html>
- [8]Supplier, 2559. 1:48/1:120 Tt Smart Gear Motor With 65Mm Wheel Diy Wheeled Robotic Car Chassis Diy Rc Toy Kit. [Online]. Available : [https://www.miniinthebox.com/en/p/tt-motor-wheel-kit\\_p584553.html](https://www.miniinthebox.com/en/p/tt-motor-wheel-kit_p584553.html).
- [9]Ken RobotSiam, 2559. การใช้งาน Micro Servo Tower Pro SG90 กับ Sensor Shield V5.0.[Online]. Available : <https://robotsiam.blogspot.com/2016/09/micro-servo-tower-pro-sg90-sensor.html>.
- [10]PV Solar Photovoltaic Technical Training Manual, Mr. Herbert Wade, เส้นทางสู่พลังงานสีเขียว ตอนแบตเตอรี่. [Online]. Available : <http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway14.php>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [11]teershop, 2560. **ทำความเข้าใจและเลือกซื้อแบตเตอรี่ Li-Ion (Lithium-ion battery) เบอร์14500 18650 26650 3.7v.** [Online]. Available: <http://www.teershop.com/article>.
- [12]ecloudtec -Thailand, **รู้จักกับการ์ดหน่วยความจำหรือ Memory Card.** [Online].Available : <https://ecloudtec.com/memorycard/>.
- [13]Jorge Aparicio's blog, 2012. **Hacking the OV7670 camera module (SCCB cheat sheet inside).**[Online]. Available : <http://embeddedprogrammer.blogspot.com>.
- [14]นิรนาม, 2558. **โมดูล Micro SD Card Micro SD Card Module MicroSD Card Adapter (Catalex).** [Online].Available : <https://www.arduinoall.com>.
- [15]LEDONLOOK, **หลอดไฟ LED คืออะไร.** [Online]. Available : <http://www.ledonhome.com/content/12-what-led>.
- [16]edu.e-tech.ac.th, 2559. **สวิตซ์ต่างๆที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า.** [Online]. Available : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>.
- [17]Jignesh Patoliya , Haard Mehta , Hitesh, 2015. “Arduino Controlled War Field Spy Robot using Night Vision Wireless Camera and Android Application” Department of Electronics and Communication Engineering Charotar University of Science and Technology. (NUiCONE).
- [18]Wan Muhamad Hanif Wan Kadira , Reza Ezuan Saminb , Babul Salam KaderlbrahimIn, 2012. “Internet Controlled Robotic Arm” Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Procedia Engineering 41. 1065 – 1071.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## โค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

```

pinMode(motorR1, OUTPUT);
pinMode(motorR2, OUTPUT);
pinMode(motorL1, OUTPUT);
pinMode(motorL2, OUTPUT);

digitalWrite(motorR1, LOW);
digitalWrite(motorR2, LOW);
digitalWrite(motorL1, LOW);
digitalWrite(motorL2, LOW);
}

void loop()
{
  scan();
  fDistance = distance;
  delay (50);

  if(fDistance <= triggerDistance){
    moveStop();
    delay (50);
    moveBackward();
    delay(800);
    moveStop();
    delay (50);
    head.write(0);

    scan();
    delay(500);
    rDistance = distance;
    head.write(180);

    scan();
    delay(500);
    lDistance = distance;
    head.write(90);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์(ต่อ)

```

    if(rDistance >= lDistance){
        moveRight();
        delay(500);
        moveStop();
        delay (50);
        moveForward();
        {digitalWrite(ledG,HIGH);
        digitalWrite(ledV,LOW);
        }
    }
    else {
        moveLeft();
        delay(500);
        moveStop();
        delay (50);
        moveForward();
        digitalWrite(ledG,LOW);
        digitalWrite(ledV,HIGH);
    }
}
else{
    moveForward();
    {digitalWrite(ledG,HIGH);
    digitalWrite(ledV,LOW);
    }
}
}
}

void scan(){
    time = sonar.ping();
    distance = time / US_ROUNDTRIP_CM;
    if(distance == 0){
        distance = 150;
    }
    return distance;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์(ต่อ)

```
void moveForward(){
  digitalWrite(motorR1, HIGH);
  digitalWrite(motorR2, LOW);
  digitalWrite(motorL1, HIGH);
  digitalWrite(motorL2, LOW);
}
```

```
void moveBackward(){
  digitalWrite(motorR1, LOW);
  digitalWrite(motorR2, HIGH);
  digitalWrite(motorL1, LOW);
  digitalWrite(motorL2, HIGH);
}
```

```
void moveStop(){
  digitalWrite(motorR1, LOW);
  digitalWrite(motorR2, LOW);
  digitalWrite(motorL1, LOW);
  digitalWrite(motorL2, LOW);
}
```

```
void moveLeft(){
  digitalWrite(motorR1, HIGH);
  digitalWrite(motorR2, LOW);
  digitalWrite(motorL1, LOW);
  digitalWrite(motorL2, HIGH);
}
```

```
void moveRight(){
  digitalWrite(motorR1, LOW);
  digitalWrite(motorR2, HIGH);
  digitalWrite(motorL1, HIGH);
  digitalWrite(motorL2, LOW);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โค้ดกล้อง OV7670

(แหล่งที่มา : <https://hkalasua.wordpress.com/2017/09/11/ov7670-arduino-sd/>)

```
#include <Wire.h>
#include <SD.h>
int CS_Pin = 10;
void Init_YUV422(){
  WriteOV7670(0x12, 0x00);//COM7
  WriteOV7670(0x8C, 0x00);//RGB444
  WriteOV7670(0x04, 0x00);//COM1
  WriteOV7670(0x40, 0xC0);//COM15
  WriteOV7670(0x14, 0x1A);//COM9
  WriteOV7670(0x3D, 0x40);//COM13
}
void Init_QVGA(){
  WriteOV7670(0x0C, 0x04);//COM3 - Enable Scaling
  WriteOV7670(0x3E, 0x19);//COM14
  WriteOV7670(0x72, 0x11);//
  WriteOV7670(0x73, 0xF1);//
  WriteOV7670(0x17, 0x16);//HSTART
  WriteOV7670(0x18, 0x04);//HSTOP
  WriteOV7670(0x32, 0xA4);//HREF
  WriteOV7670(0x19, 0x02);//VSTART
  WriteOV7670(0x1A, 0x7A);//VSTOP
  WriteOV7670(0x03, 0x0A);//VREF
}
void Init_OV7670(){
  //Reset All Register Values

  WriteOV7670(0x12,0x80);

  delay(100);

  WriteOV7670(0x3A, 0x04); //TSLB
  WriteOV7670(0x13, 0xC0); //COM8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WriteOV7670(0x00, 0x00); //GAIN
WriteOV7670(0x10, 0x00); //AECH
WriteOV7670(0x0D, 0x40); //COM4
WriteOV7670(0x14, 0x18); //COM9
WriteOV7670(0x24, 0x95); //AEW
WriteOV7670(0x25, 0x33); //AEB
WriteOV7670(0x13, 0xC5); //COM8
WriteOV7670(0x6A, 0x40); //GGAIN
WriteOV7670(0x01, 0x40); //BLUE
WriteOV7670(0x02, 0x60); //RED
WriteOV7670(0x13, 0xC7); //COM8
WriteOV7670(0x41, 0x08); //COM16
WriteOV7670(0x15, 0x20); //COM10 - PCLK does not toggle on HBLANK
}
void WriteOV7670(byte regID, byte regVal){
// Slave 7-bit address is 0x21.
// R/W bit set automatically by Wire functions
// dont write 0x42 or 0x43 for slave address
Wire.beginTransmission(0x21);
// Reset all register values
Wire.write(regID);
Wire.write(regVal);
Wire.endTransmission();
delay(1);
}
void ReadOV7670(byte regID){
// Reading from a register is done in two steps
// Step 1: Write register address to the slave
// from which data is to be read.
Wire.beginTransmission(0x21); // 7-bit Slave address
Wire.write(regID); // reading from register 0x11
Wire.endTransmission();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Step 2: Read 1 byte from Slave
Wire.requestFrom(0x21, 1);
Serial.print("Read request Status:");
Serial.println(Wire.available());
Serial.print(regID,HEX);
Serial.print(":");
Serial.println(Wire.read(),HEX);
}

void XCLK_SETUP(void){
  pinMode(9, OUTPUT); //Set pin 9 to output
  //Initialize timer 1
  //WGM13, WGM12, WGM11 & WGM10 bits SET- Fast PWM mode
  //COM1A0 SET- Toggle OC1A on compare match
  TCCR1A = (1 << COM1A0) | (1 << WGM11) | (1 << WGM10);
  //SET CS10 bit for clock select with no prescaling
  TCCR1B = (1 << WGM13) | (1 << WGM12) | (1 << CS10);
  //Output Compare Register 1A(OCR1A) = 0
  //This will lead to a match on every clock cycle
  //Toggle OC1A output pin on every match instance
  //Therefore, the generated waveform will have half
  //the frequency of the driving clock i.e. 8Mhz
  //OC1A pin- PB1 (alternate functn) pin i.e. Arduino pin 9
  OCR1A = 0;
}

```

```

// Two Wire Interface Setup
// Sets the frequency of the SCL line
// Default is 100KHz so we won't use this function

```

```

void TWI_SETUP(void){
  //Set prescaler bits in TWI Status Register (TWSR) to 0
  TWSR &= ~3;
  //Set SCL frequency to 100KHz

```

```

  //SCLfreq = CPUfreq/(16 + 2(TWBR) - 4^(TWPS))

```

```

  //TWBR = 72, TWPS(prescaler) = 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TWBR = 72;
}

void OV7670_PINS(void){
    //Setup Data input pins and Interrupt pins
    //DDRC bits 3:0 = 0 => bits configured as Data Inputs
    //DDRC 3:0 - A3,A2,A1,A0
    DDRC &= ~15;//low d0-d3 camera
    //~(0b11111100) = 0b00000011
    //make DDRD 7:2 = 0 => Inputs
    //d7-d4 as data inputs, d3-INT1 is VSYNC and d2-INT0 is PCLK
    DDRD &= ~252;
}

void QVGA_Image(String title){
    int h,w;
    File dataFile = SD.open(title, FILE_WRITE);
    while (!(PIND & 8)); //wait for high
    while ((PIND & 8)); //wait for low
    h = 240;
    while (h--){
        w = 320;
        byte dataBuffer[320];
        while (w--){
            while ((PIND & 4)); //wait for low
            dataBuffer[319-w] = (PINC & 15) | (PIND & 240);
            while (!(PIND & 4)); //wait for high
            while ((PIND & 4)); //wait for low
            while (!(PIND & 4)); //wait for high
        }
        dataFile.write(dataBuffer,320);
    }
    dataFile.close();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 delay(100);  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

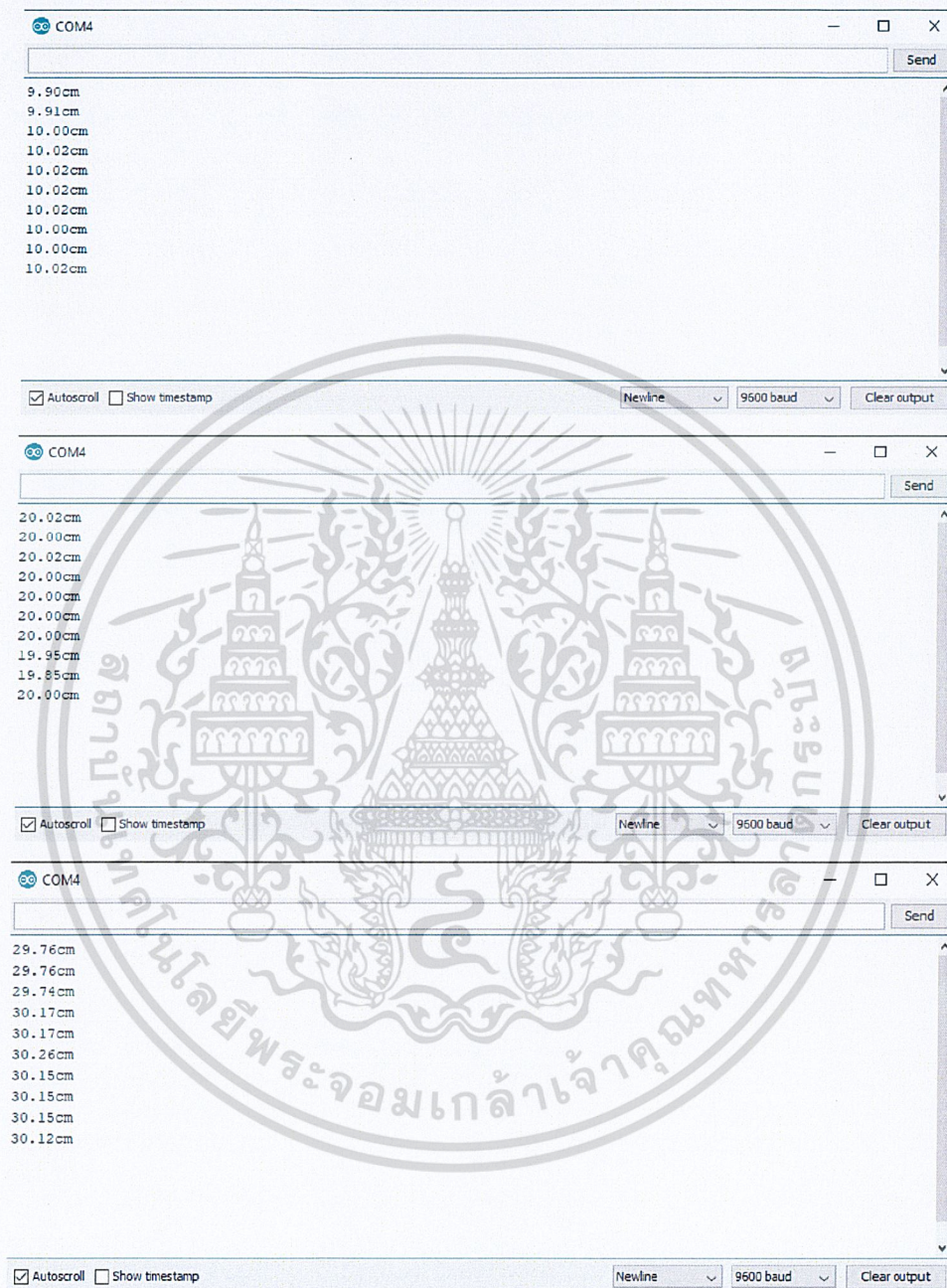
}
void setup(){
  noInterrupts(); //Disable all interrupts
  XCLK_SETUP(); //Setup 8MHz clock at pin 11
  OV7670_PINS(); // Setup Data-in and interrupt pins from camera
  delay(1000);
  TWI_SETUP(); // Setup SCL for 100KHz
  interrupts();
  Wire.begin();
  Init_OV7670();
  Init_QVGA();
  Init_YUV422();
  WriteOV7670(0x11, 0x1F); //Range 00-1F
  noInterrupts();
  Serial.begin(9600);
  pinMode(CS_Pin, OUTPUT);
  SD.begin(CS_Pin);
}
void loop(){
  QVGA_Image("0.png");
  QVGA_Image("1.png");
  QVGA_Image("2.png");
  QVGA_Image("3.bmp");
  QVGA_Image("4.bmp");
  QVGA_Image("5.bmp");
  QVGA_Image("6.bmp");
  QVGA_Image("7.bmp");
  QVGA_Image("8.bmp");
  while(1);
}

```

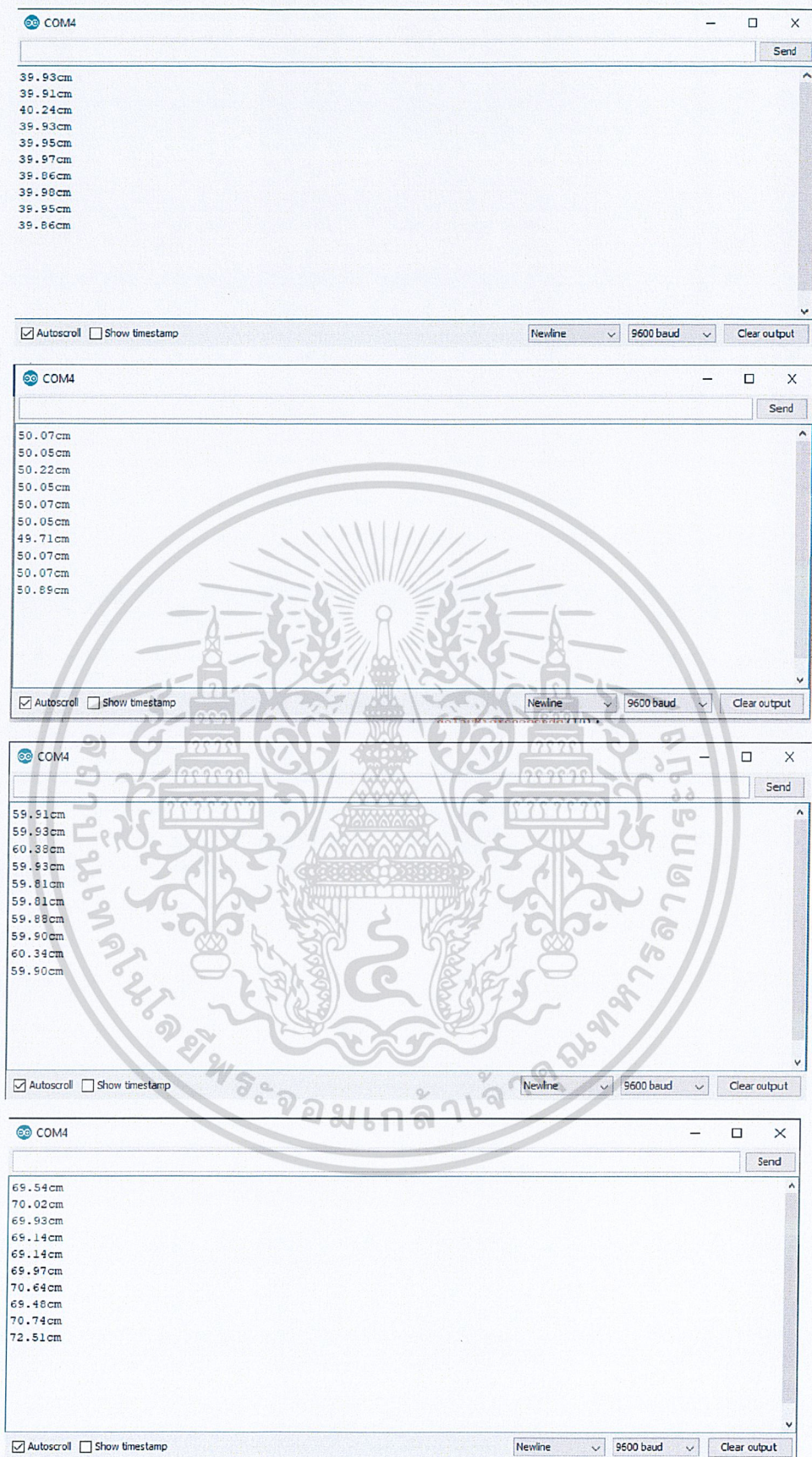
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

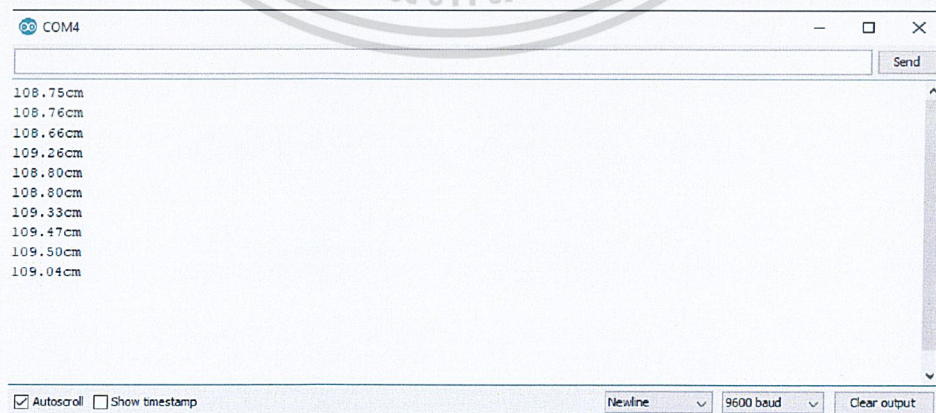
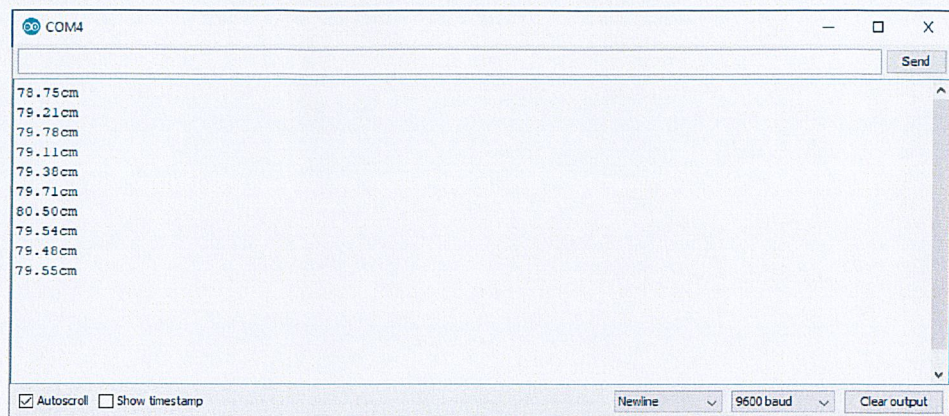
การแสดงผลของเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิก แล้วทำการวัดระยะความห่างจากแผ่นไม้



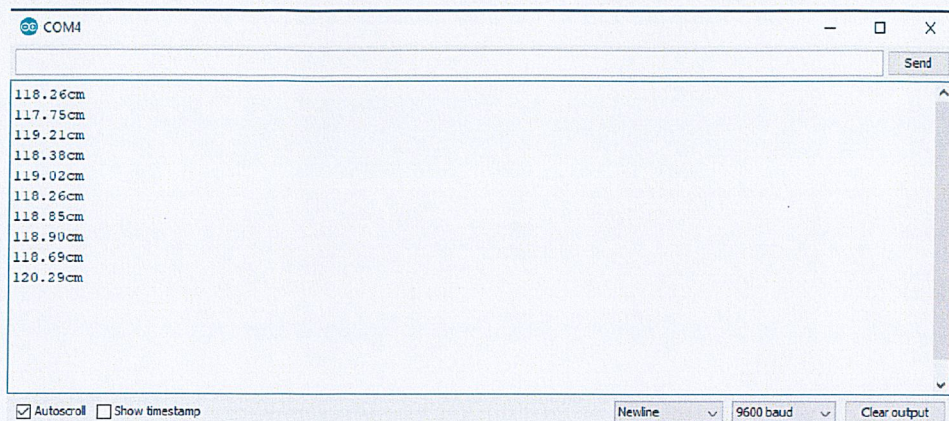
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



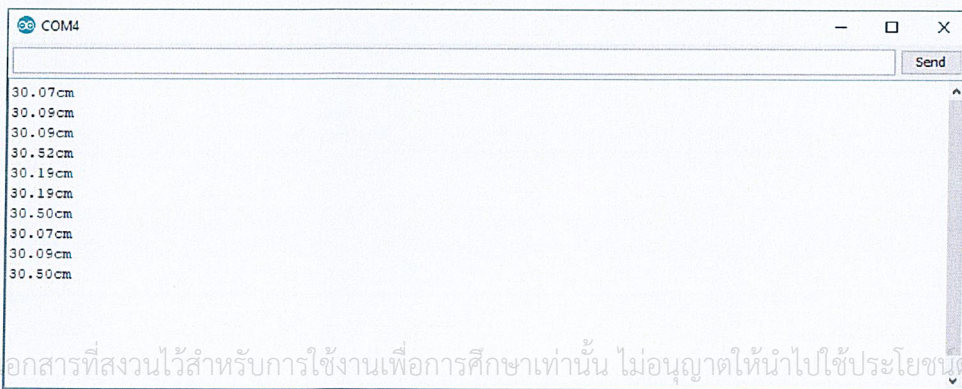
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



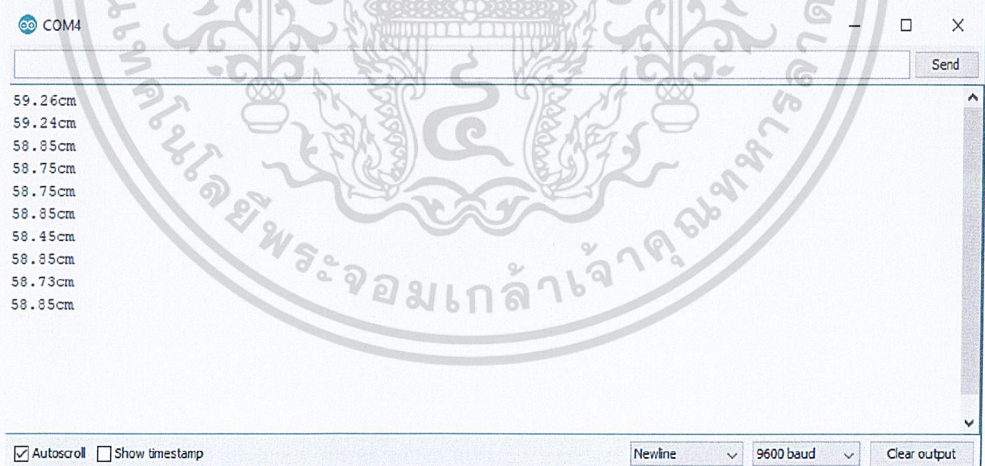
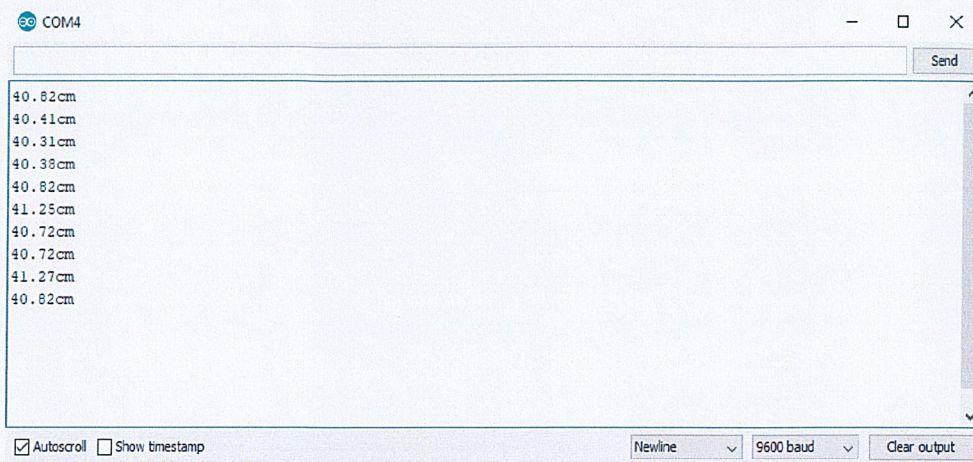
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



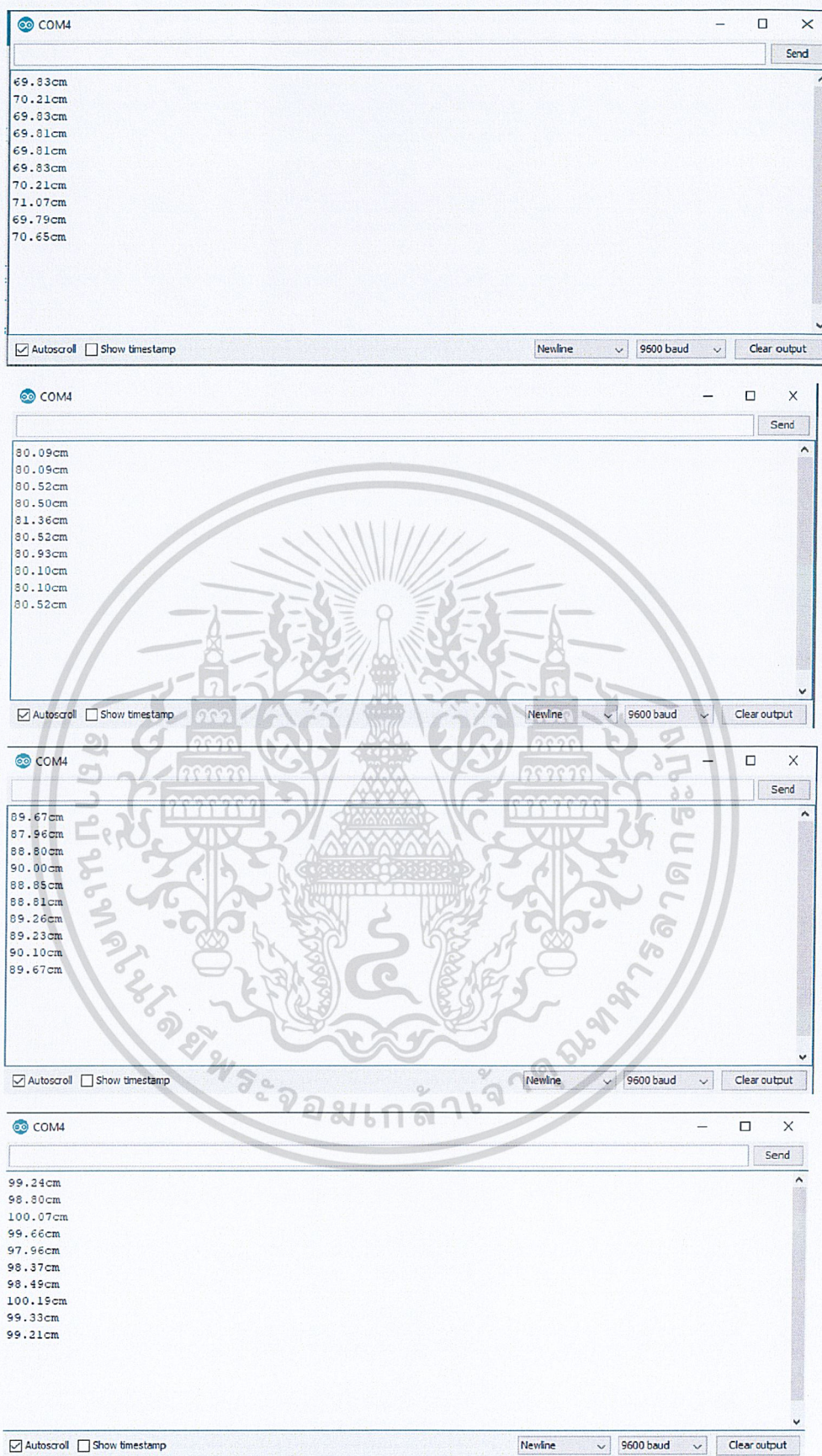
การแสดงผลของเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิก แล้วทำการวัดระยะความห่างจากขวดน้ำ



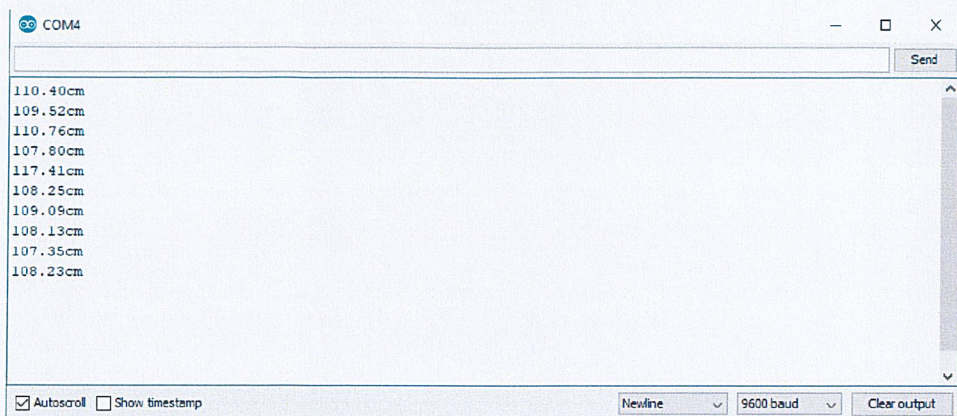
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



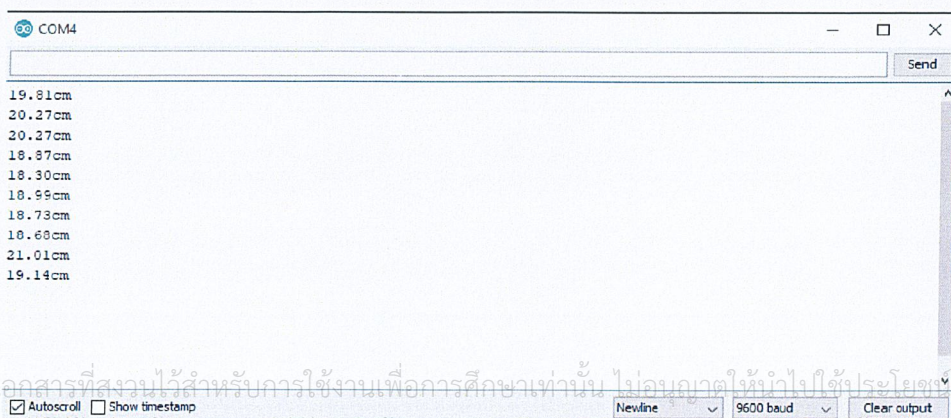
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



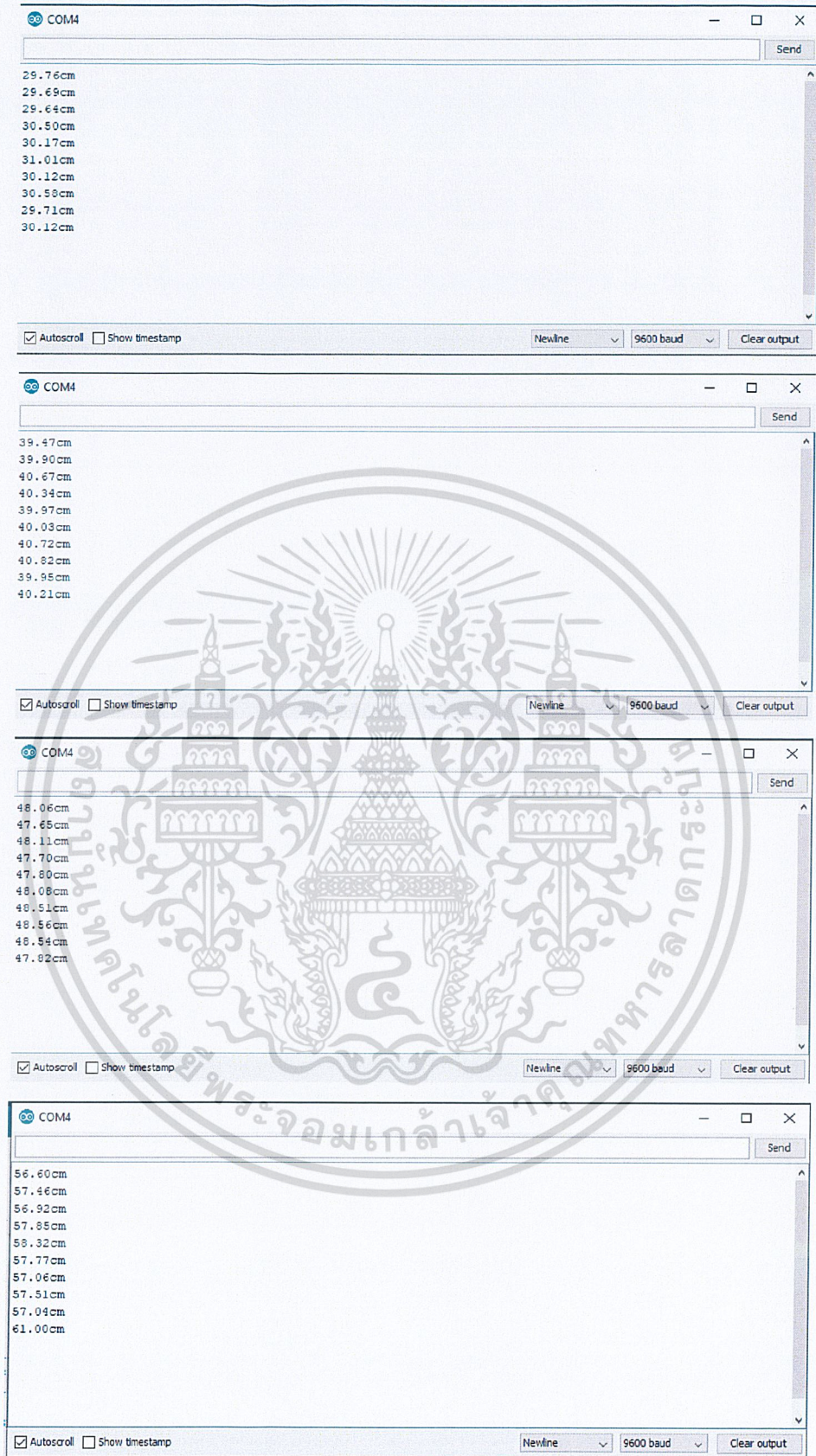
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



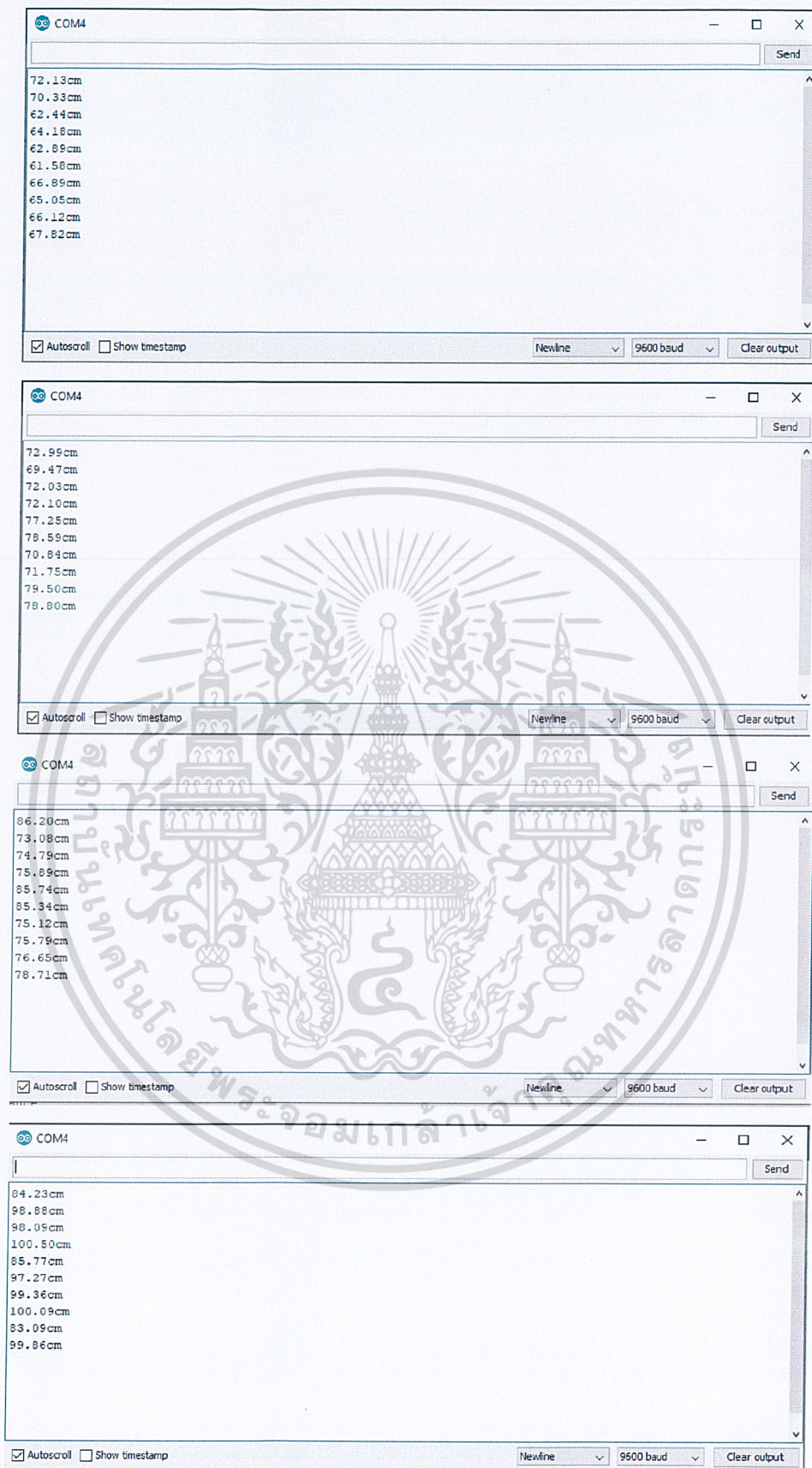
การแสดงผลของเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ที่รับค่าจาก เซนเซอร์อัลตราโซนิก แล้วทำการวัดระยะความห่างจากฝ่ามือ



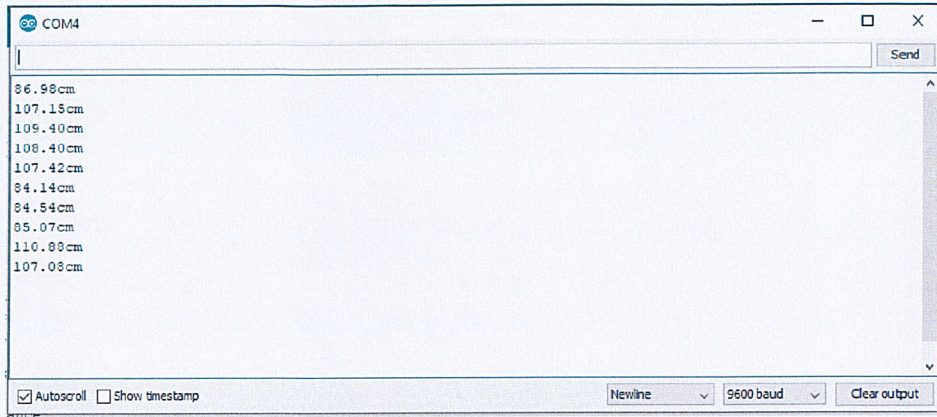
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้