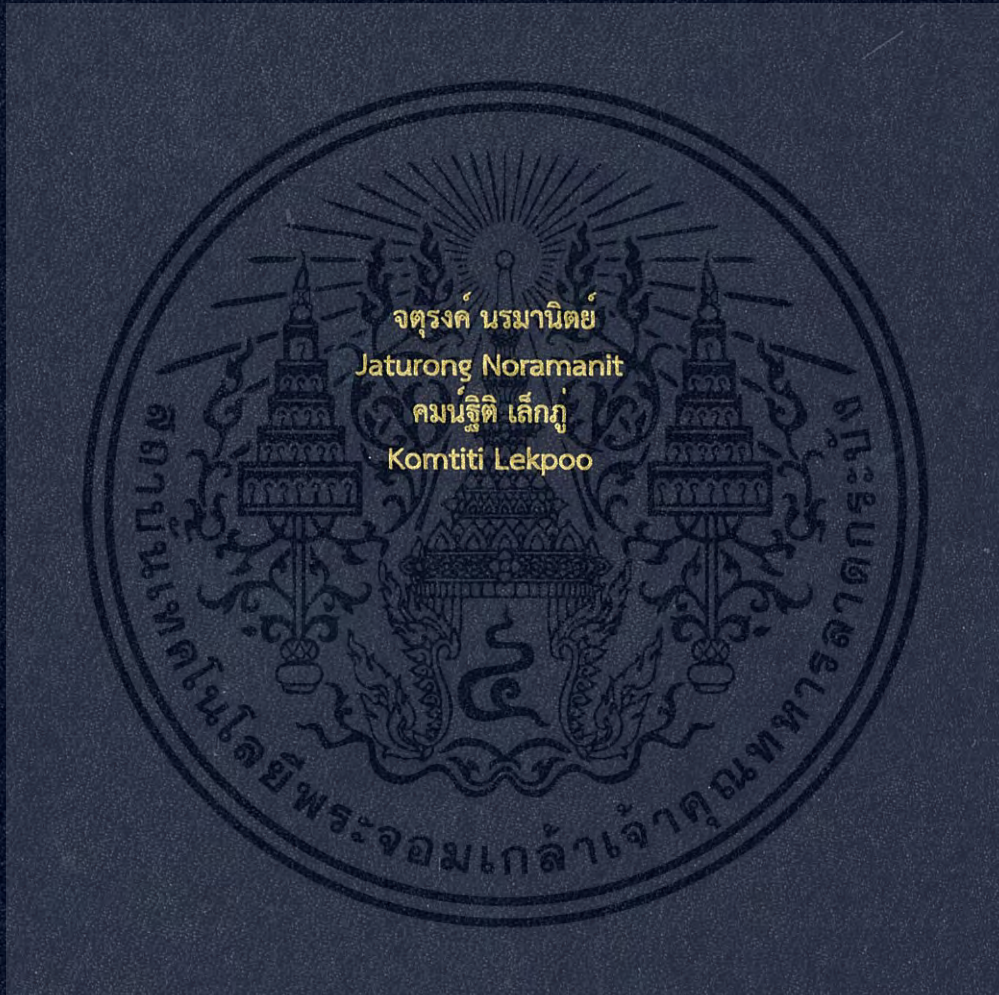


หุ่นยนต์สำรวจ  
Survey Robot



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2560

หุ่นยนต์สำรวจ

Survey Robot

จตุรงค์ นรมานิตย์  
คณบดี เล็กภู



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ปีการศึกษา 2560

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์สำรวจ

(Survey Robot)

ผู้จัดทำ นายคมน์ฐิติ เล็กภู รหัสนักศึกษา 57010138

นายจตุรงค์ นรมานิตย์ รหัสนักศึกษา 57010149

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์  
นักศึกษา

หุ่นยนต์สำรวจ  
นายคมน์ฐิติ เล็กภู  
รหัสประจำตัว 57010138  
นายจตุรงค์ นรมานิตย์  
รหัสประจำตัว 57010149

ปริญญา  
ภาควิชา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเทคโนโลยีของหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้กับทางทหาร กล่าวคือ เมื่อมีวัตถุแปลกปลอมที่อาจจะเป็นอันตราย เราจะนำหุ่นยนต์สำรวจที่สร้างขึ้นมาให้เข้าไปตรวจสอบพื้นที่สุ่มเสี่ยงนั้น โดยหลักการคือ จะควบคุมตัวหุ่นยนต์สำรวจด้วยจอยไร้สายและมีการแสดงภาพจากกล้องบนตัวหุ่นยนต์มายังโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์เพื่อดูว่าวัตถุนั้นคืออะไรมีอันตรายหรือไม่ โดยเราจะใช้ Microcontroller เป็นหัวใจหลักในการประมวลผลควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นสำรวจโดยจะเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ป้อนชุดคำสั่งลงในบอร์ด Arduino UNO R3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                |                                 |                     |
|----------------|---------------------------------|---------------------|
| Thesis title   | Survey robot                    |                     |
| Students       | Mr. Komtiti Lekpoo              | Student ID 57010138 |
|                | Mr. Jaturong Noramanit          | Student ID 57010149 |
| Degree         | Bachelor of Engineering         |                     |
| Program        | Electronics Engineering         |                     |
| Year           | 2017                            |                     |
| Thesis Advisor | Asst. Prof. Polsart Lertprasert |                     |

## Abstract

This project brings the technology of the robot to apply to the military, when there is a strange object that could be dangerous. We will bring the survey robot to risk area, the principle is we control the survey robot with a wireless remote and the camera send the image to a computer to see what the device is. If it dangerous, we will use a microcontroller as the main part in processing. the survey robot is controlled movement by using the program Arduino IDE enter the code into Arduino UNO R3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในปริญญาานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้ อบรมสั่งสอนจนบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งใจไว้ด้วยดีทุกประการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือและแนะนำสิ่งต่างๆในชีวิต รวมถึงบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สำหรับคุณประโยชน์อันพึงเกิดจากปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้แก่คณาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นสถานที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำปริญญาานิพนธ์ ฉบับนี้



คณะผู้จัดทำ

คมนัฐติ เล็กภู

จตุรงค์ นรมานิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                              | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                 | III  |
| สารบัญ.....  | IV   |
| สารบัญตาราง.....                                     | VI   |
| สารบัญรูป.....                                       | VII  |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                    | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....                          | 1    |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....      | 1    |
| 1.3 สมมติฐานการศึกษา.....                            | 2    |
| 1.4 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....                      | 2    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                   | 2    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน.....                    | 3    |
| 2.1 มอเตอร์กระแสตรง.....                             | 3    |
| 2.1.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง.....       | 3    |
| 2.1.2 วิธีการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์.....      | 3    |
| 2.1.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์.....          | 4    |
| 2.2 โมดูลขับมอเตอร์กระแสตรง.....                     | 5    |
| 2.2.1 หลักการทำงานของ Motor Driver Module L298N..... | 5    |
| 2.3 เซอร์โวมอเตอร์.....                              | 6    |
| 2.3.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Servo Motor.....           | 6    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   |    |
|---|----|
| 2.3.2 หลักการทำงานของ Servo motor.....                            | 7  |
| 2.3.3 คู่มือการใช้งาน Servo Motor.....                            | 8  |
| 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....  | 9  |
| 2.4.1 โครงสร้างของบอร์ด ARDUINO UNO R3.....                       | 10 |
| 2.4.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสัญญาณอนาล็อก.....         | 11 |
| 2.5 จอยไร้สาย.....  | 13 |
| 2.5.1 หลักการทำงานภาครับเข้าสำหรับจอยสติค.....                    | 14 |
| 2.5.2 การสื่อสารระหว่าง Arduino กับ Joystick.....                 | 15 |
| 2.6 การใช้งาน Software Arduino IDE.....                           | 16 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....                                     | 17 |
| 3.1 แผนการดำเนินงาน.....  | 3  |
| 3.2 การออกแบบ.....  | 19 |
| 3.2.1 หลักการทำงานของระบบ.....                                    | 19 |
| 3.2.2 การออกแบบทางด้าน Hardware.....                              | 20 |
| 3.2.3 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์ที่เลือกมาใช้งานกับแขนกล.....          | 22 |
| 3.2.4 หลักการทำงานของแขนกล.....                                   | 23 |
| 3.2.5 การออกแบบทางด้าน Software.....                              | 24 |
| 3.3 การต่อใช้งานระหว่าง PS2 Adapter Board กับ Arduino Board.....  | 24 |
| 3.3.1 การทำงานระหว่าง PS2 Adapter Board กับ Arduino Board.....    | 25 |
| 3.4 การต่อใช้งานระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board..... | 25 |
| 3.4.1 การทำงานระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board.....   | 26 |
| 3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ.....                                | 30 |
| 3.6 หลักการทำงานของวงจรรวมทั้งหมด.....                            | 31 |
| 3.7 สาเหตุของการเลือกใช้สัญญาณ Wireless Wireless.....             | 33 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  |    |
|--|----|
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....                        | 34 |
| 4.1 ผลที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้น.....              | 34 |
| 4.1.1 ส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Hardware.....  | 34 |
| 4.1.2 ส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Software ..... | 35 |
| 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่และการควบคุม.....       | 37 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....                   | 44 |
| 5.1 สรุปผลการทำโครงการ.....                        | 44 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ.....                                | 45 |
| 5.2.1 ปัญหาและอุปสรรค.....                         | 45 |
| 5.2.2 แนวทางการพัฒนา.....                          | 45 |
| บรรณานุกรม.....                                    | 46 |
| ภาคผนวก.....                                       | 47 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ข้อมูลทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO.....             | 10   |
| 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ.....  | 17   |
| 3.2 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง Arduino Board และ PS2 Adapter Board..... | 24   |
| 3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board.....         | 26   |
| 3.4 การทำงาน มอเตอร์ A.....   | 27   |
| 3.5 การทำงาน มอเตอร์ B.....   | 27   |
| 4.1 การป้อนคำสั่งเพื่อควบคุม DC motor (ตัวรถ).....                        | 35   |
| 4.2 การป้อนคำสั่งเพื่อควบคุม Servo motor (แขนกล).....                     | 35   |
| 4.3 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ทางราบของหุ่นยนต์สำรวจ.....                | 37   |
| 4.4 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ข้ามสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์สำรวจ.....       | 37   |
| 4.5 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ทางขรุขระของหุ่นยนต์สำรวจ.....             | 37   |
| 4.6 ผลการทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจและแขนกล (ภายนอกอาคาร).....           | 38   |
| 4.7 ผลการทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจและแขนกล (ภายในอาคาร).....            | 39   |
| 4.8 การวัดหาขนาดมุมมองจริงของ Servo motor .....                           | 40   |
| 4.9 การจับชิ้นงาน.....  | 41   |
| 4.10 ผลการทดลองการเลื่อนแขนกล.....  | 42   |
| 4.11 เปรียบเทียบหุ่นยนต์สำรวจ กับผลงานหุ่นยนต์สำรวจตัวเก่า.....           | 43   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปร่างภาพ

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดีวีทีซีเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่..... | 4    |
| 2.2 Motor Driver Module L298N.....   | 5    |
| 2.3 ส่วนประกอบของ servo motor .....  | 6    |
| 2.4 ความกว้างของสัญญาณพัลส์.....   | 7    |
| 2.5 ตำแหน่งและทิศทางการหมุนของ servo motor.....                                      | 7    |
| 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino รุ่น UNO.....                                    | 9    |
| 2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega328 ที่ใช้ในโครงงานนี้.....                 | 9    |
| 2.8 อธิบายส่วนต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega328.....                  | 10   |
| 2.9 ช่องสัญญาณที่สามารถสร้างสัญญาณอนาล็อกแบบ PWM ในไมโครคอนโทรลเลอร์.....            | 12   |
| 2.10 จอยสติคจากเครื่องเล่นเกม Play station 2.....                                    | 13   |
| 2.11 อะแดปเตอร์แปลง PS2 ให้เป็นขาต่อแบบ SPI.....                                     | 13   |
| 2.12 ตำแหน่งขาของตัวรับ PS2.....   | 14   |
| 2.13 เลือกบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload.....                                       | 16   |
| 2.14 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด.....  | 16   |
| 2.15 การ Compile และ Upload.....   | 16   |
| 3.1 หลักการทำงานของระบบหุ่นยนต์สำรวจ.....  | 19   |
| 3.2 ตัวถังของหุ่นยนต์สำรวจ.....  | 20   |
| 3.3 รูปแขนกลที่ออกแบบโดยใช้ SolidWork (Front View).....                              | 21   |
| 3.4 ภาพจากด้านบนของแขนกล.....  | 21   |
| 3.5 เซอร์โวชนิด SG90 ที่เลือกใช้.....  | 22   |
| 3.6 เซอร์โวชนิด S3003 ที่เลือกใช้.....   | 22   |
| 3.7 ตำแหน่งหน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว.....                                     | 23   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   |    |
|---|----|
| 3.8 อะแดปเตอร์แปลง PS2 ให้เป็นขาต่อแบบ SPI..... | 24 |
| 3.9 ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N.....             | 25 |
| 3.9 Block Diagram.....                          | 30 |
| 3.10 โครงสร้างภายในของการทำงาน.....             | 31 |
| 4.1 รูปหุ่นยนต์สำรวจที่เสร็จสมบูรณ์.....        | 36 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 1.3 สมมติฐานการศึกษา

1.3.1 สามารถอธิบายการทำงานของระบบหุ่นยนต์สำรวจที่สามารถโปรแกรมด้วยคำสั่งภาษาซี

### 1.4 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

#### 1.4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางต่างๆ ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา
- หุ่นยนต์สามารถเดินบนพื้นผิวเรียบ หรือพื้นผิวขรุขระที่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งมีความสูงไม่เกิน 5 เซนติเมตรได้
- ใช้ Microcontroller ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
- ควบคุมหุ่นยนต์ผ่านทางจอยแบบไร้สาย
- แขนกลสามารถหยิบจับวัตถุ

#### 1.4.2 ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software)

- เขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อสัญญาณ Wireless กับบอร์ด Arduino ในระยะไม่เกิน 100 เมตร
- เขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของ Servo motor ซึ่งใช้ในการควบคุมแขนกล
- มีการแสดงภาพจากกล้องบนตัวหุ่นยนต์มายังโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์
- มีการบันทึกภาพและจัดเก็บในโปรแกรม

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 หุ่นยนต์สำรวจสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ สามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบและพื้นที่ขรุขระที่มีสิ่งกีดขวางขนาดเล็กได้
- 1.5.2 สร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน
- 1.5.3 เป็นแนวทางเพื่อที่จะนำหุ่นยนต์สำรวจเพื่อไปใช้งานจริงหรือสร้างอุปกรณ์อื่นที่มีหลักการทำงานใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการทำงาน

การที่เราจะสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาได้นั้น เราต้องทำการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์ที่เราจะสร้าง ดังนั้นการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเรานำข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นมาใช้ในการออกแบบการทำงานเพื่อให้สิ่งประดิษฐ์เกิดความสำเร็จสมบูรณ์ได้

### 2.1 มอเตอร์กระแสตรง

ทฤษฎีการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง (DC motor) จะกล่าวถึงพื้นฐานการควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ทั้งการควบคุมทิศทางหมุน และการควบคุมความเร็วรอบในการหมุนมอเตอร์กระแสตรงซึ่งเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลผ่านแกนหมุนหรือเพลลา มอเตอร์สามารถที่จะหมุนได้เนื่องจากมีสนามแม่เหล็ก 2 แหล่ง กระทำต่อกันโดยที่สนามแม่เหล็กทั้งสองแหล่งอาจจะเป็นแบบที่ได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) และขดลวดอาเมเจอร์ (Armature) มอเตอร์กระแสตรงที่นิยมใช้จะเป็นแบบที่มีแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) เป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กแทนขดลวดสเตเตอร์ (Stator) และใช้การผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปขดลวดอาเมเจอร์ เนื่องจากจะลดความสูญเสียจากการที่ไม่มี Field Winding นั่นคือประสิทธิภาพที่ดีขึ้น นอกจากนี้มอเตอร์ยังมีขนาดเล็ก และราคาถูก สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) และเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในขดลวดอาเมเจอร์ จะทำให้เกิดแรงบิด (Torque) เกิดขึ้นที่โรเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุนได้นั่นเอง

#### 2.1.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วยดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

#### 2.1.2 วิธีการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ (PWM)

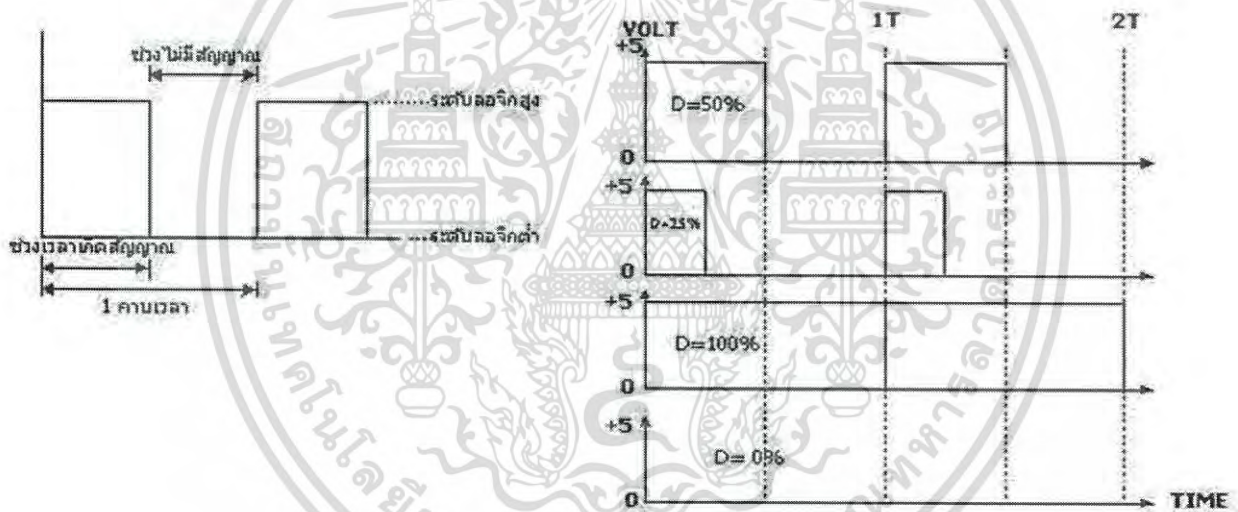
การมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของ ดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของ ดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้าง ของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ ทั้งหมด ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 วัฏจักรสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่ อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป 2.1. และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่า ดิวตี้ไซเคิล มีค่ามากหมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิล มีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.1

$$D = \frac{t_{on}}{(t_{on}+t_{off})} \times 100\% \tag{2.1}$$

- เมื่อ  $D$  = ค่าดิวตี้ไซเคิล
- $t_{on}$  = ช่วงของสัญญาณพัลส์ขณะทำงาน
- $t_{off}$  = ช่วงของสัญญาณพัลส์ขณะหยุดทำงาน



รูปที่ 2.1 ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

### 2.1.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ในโครงการนี้มีการใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ทำให้ต้องมีการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เพื่อให้หุ่นยนต์วิ่งไปในทิศทางที่ถูกต้อง การควบคุมทิศทางของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นทำได้โดยการสลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์สามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนได้ส่วนวงจรควบคุมทิศทางหมุนมีหลายวิธีเช่น ใช้รีเลย์กลับทางหมุน หรือใช้วงจรH-Bridge ทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 โมดูลขับมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ 2.2 Motor Driver Module L298N

การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ในโครงการนี้ได้เลือกใช้วงจรถวลกลับทางหมุนด้วย L298N H-Bridge เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมได้ง่าย สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนให้กับภาคควบคุมได้ สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้สูง และสามารถกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้อย่าง รวดเร็ว โดยที่ไม่ต้องกังวลเรื่องกระแสไฟฟ้า กระชากเข้าสู่วงจรควบคุม จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในการควบคุมมอเตอร์ในโครงการนี้

### 2.2.1 หลักการทำงานของ Motor Driver Module L298N

โมดูลนี้จะมีหัวใจหลัก คือ L298N H-Bridge การควบคุมมอเตอร์จะอาศัยหลักการ H-Bridge ซึ่งโมดูลนี้ใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์ นอกจากจะควบคุมการทำงานกับมอเตอร์แล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่นได้อีกด้วย เช่น นำไปควบคุมการหรี่ไฟในบ้าน (ต้องต่ออุปกรณ์อื่นร่วมด้วย) หรือสามารถนำไปหรี่ไฟกระแสตรง (DC) ได้โดยตรง (แต่แรงดันต้องอยู่ในย่านที่กำหนด คือ ไม่เกินแหล่งจ่ายที่รับได้ซึ่งก็คือ 35 โวลต์)

H-Bridge เป็นวงจรที่สามารถใช้ควบคุมกระแสได้ทั้งชั่วคราวและลบด้วยการควบคุม pulse width modulation (PWM) เป็นการควบคุมแบบ digital ที่มีการนำมาใช้กันมาก โดยส่วนมากเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน เพราะการใช้ PWM ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยมาก เมื่อความสูญเสียก็เป็นการประหยัดพลังงานไปในตัว

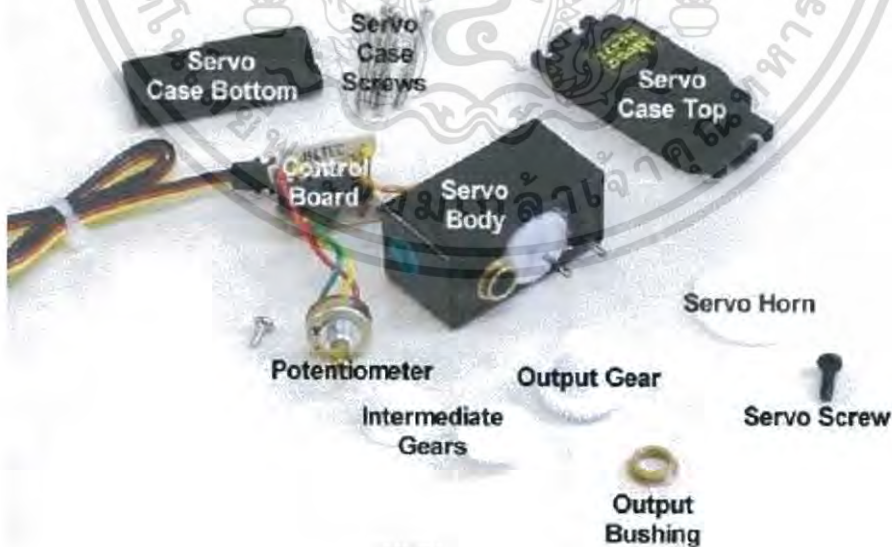
การควบคุมโมดูลทั้งความเร็วรอบและทิศทางการหมุน ถูกควบคุมโดยใช้ PWM โดยมีขาอินพุต ENA และ ENB เป็นตัวกำหนดการใช้งานเอาต์พุต A และ B ในส่วนของทิศทางการหมุนจะถูกควบคุมโดยการให้สัญญาณลอจิก High และ Low ที่ขาอินพุต EN1-EN2 สำหรับมอเตอร์ A หรือ EN3-EN4 สำหรับมอเตอร์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 เซอร์โวมอเตอร์

Servo motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือ ภายในกล่องพลาสติก เดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา, ให้แรงบิดสูง, กินพลังงานน้อยและ สามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะ มอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น หรือบางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210° แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น เซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา หรือครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360°) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify) ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์

### 2.3.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของ Servo Motor

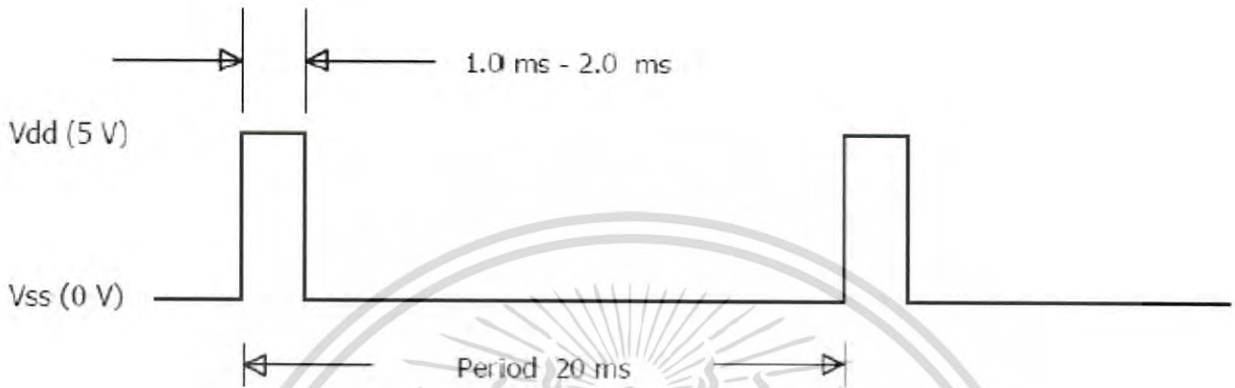


รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของ servo motor

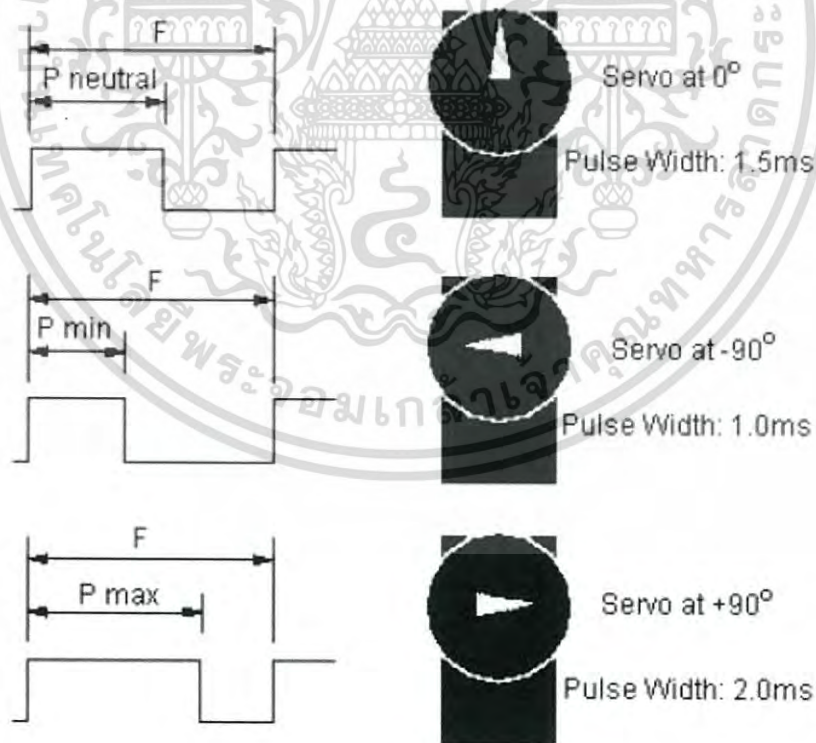
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 หลักการทำงานของ Servo motor

การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ



รูปที่ 2.4 ความกว้างของสัญญาณพัลส์



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งและทิศทางการหมุนของ servo motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

\* **หมายเหตุ** ค่าความกว้างพัลส์ และ ระยะเวลาของการหมุนของมอเตอร์ที่อธิบายด้านบนนั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้นทั้งนี้ระยะเวลาการหมุน และ ขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นในการใช้งานจึงควรศึกษารายละเอียดของมอเตอร์ในแต่ละรุ่นที่นำมาใช้ ซึ่งโดยปกติแล้วรายละเอียดต่างๆ ของมอเตอร์มักจะมีติดมากับตัวมอเตอร์นั้นๆ อยู่แล้วยกตัวอย่างเช่น สำหรับ Servo motor ยี่ห้อ GWS และ HITEC นั้น จะใช้ระบบเฟืองที่ต่างกันทำให้มีทิศทางการหมุนที่ต่างกันโดยจะตรงข้ามกัน เช่น ส่งสัญญาณพัลส์ 1 ms มอเตอร์ GWS จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนมอเตอร์ของ HITEC จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เป็นต้น

### 2.3.3 คู่มือการใช้งาน Servo Motor

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และ สัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไปเป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

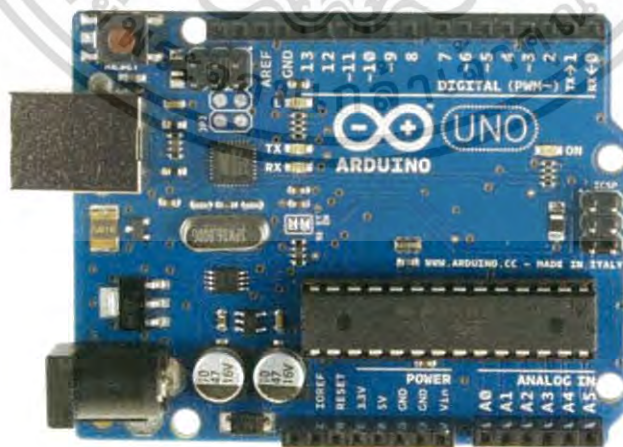
เนื่องจากวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ ต้องมีระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีความซับซ้อนระดับหนึ่ง จึงต้องใช้ตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพพอสมควรในการควบคุม จึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino

Arduino คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในตระกูล AVR มีลักษณะพิเศษ คือ เป็น Open source หรือเป็นระบบเปิด ซึ่งผู้ใช้งานสามารถแก้ไข หรือดัดแปลงตัวโปรแกรมต้นฉบับของ Arduino ได้ และสามารถพัฒนาได้ง่าย ด้วยภาษา C และมีตัวแปลภาษาที่สามารถพัฒนาได้บนทุกระบบปฏิบัติการ อีกทั้งยังมีความเร็วในการทำงานสูง จึงถูกเลือกมาใช้ในโครงการนี้



รูปที่ 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino รุ่น UNO

จากเว็บไซต์ทางการของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ถูกแบ่งเป็นหลายรุ่นหลายแบบด้วยกัน สำหรับรุ่นของ Arduino ที่จะใช้ในโครงการนี้คือ Arduino รุ่น UNO ซึ่งเป็น Arduino รุ่นที่หาได้ง่าย และสามารถปรับใช้งานได้หลายรูปแบบ มีชื่อรหัสสำหรับเรียกอีกอย่างว่า Arduino UNO R3 (ชื่อไมโครชิพที่ใช้)



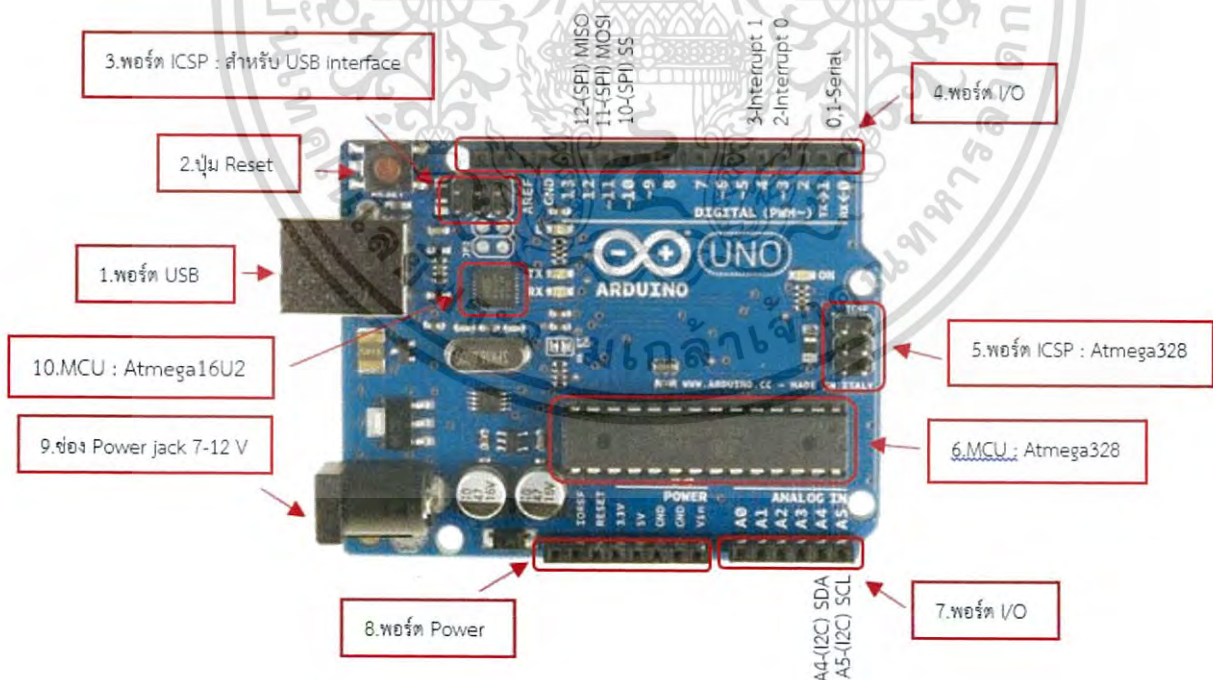
รูปที่ 2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega328 ที่ใช้ในโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO

| ตัวชี้พรมะมวลผล                        | ATmega328                     |
|--|-------------------------------|
| แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน                   | 5V                            |
| จำนวนช่อง รับ - ส่งข้อมูล แบบดิจิตอล   | 14 ช่อง (6 ช่องอนาลอกแบบ PWM) |
| จำนวนช่องรับสัญญาณอนาลอก               | 6 ช่อง                        |
| กระแสไฟฟ้าสูงสุดของช่องรับ - ส่งข้อมูล | 40 mA                         |
| หน่วยความจำแฟลช (Flash Memory)         | 32 KB                         |
| หน่วยความจำหลัก                        | 2 KB                          |
| หน่วยความจำสำรองแบบ EEPROM             | 1 KB                          |
| ความถี่สัญญาณนาฬิกา                    | 16 MHz                        |

### 2.4.1 โครงสร้างของบอร์ด ARDUINO UNO R3



รูปที่ 2.8 อธิบายส่วนต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega328

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.1 โครงสร้างของบอร์ด ARDUINO UNO R3 (ต่อ)

- USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปเดตโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
- Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
- ICSP Port: ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Comport บน Atmega16U2
- I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
- MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
- I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
- Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND,  $V_{in}$
- Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
- MCU: ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

#### 2.4.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสัญญาณอนาล็อก

สัญญาณอนาล็อก คือ สัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป กล่าวคือต้องแปรผันตามเวลา โดยทั่วไปคือสัญญาณที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ เช่น แรงดันของน้ำ ค่าของอุณหภูมิ หรือความเร็วของรถยนต์ เป็นต้น

PWM (Pulse-width modulation) เป็นสัญญาณอนาล็อกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีพื้นฐานจากสัญญาณแบบดิจิทัล โดยใช้หลักการเปิดปิดสัญญาณดิจิทัลตามคาบเวลา จนได้แรงดันเฉลี่ยที่แตกต่างกันไปตามคาบเวลา ในโครงการนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีชุดคำสั่งสำหรับการสร้างสัญญาณอนาล็อกแบบ PWM อยู่คำสั่งในการใช้ PWM ในไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino คือ

```
analogWrite(pin,value);
```

pin = ขาที่ต้องการส่งสัญญาณออก (เฉพาะขาที่รองรับ PWM เท่านั้น)

value = ปริมาณที่ต้องการส่งออก 0 – 255 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ช่องสัญญาณที่สามารถสร้างสัญญาณอนาล็อกแบบ PWM ในไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino จะมีค่าว่า PWM กำกับอยู่ (ขาสัญญาณหมายเลข 3, 5, 6, 9, 10 และ 11) PWM ในไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีลักษณะเป็น 8bit ซึ่งค่าสูงสุดของเลข 8bit คือ 255 หมายถึงสามารถเปลี่ยนแปลงคาบเวลาได้ถึง 256 แบบ โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$V_{out} = \left( \frac{\text{value}}{255} \right) (V_{max}) \quad (2.2)$$

โดยที่

$V_{out}$  คือ แรงดันเฉลี่ยที่ออกมาจากขา PWM หน่วยเป็นโวลต์ (V)

$Value$  คือ ค่าที่ส่งให้คำสั่ง analog Write (0 – 255)

$V_{max}$  คือ แรงดันสูงสุดอ้างอิง (ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าเป็น 5V)

ตัวอย่างการใช้งาน หากต้องการแรงดันออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 2.5VDC จะคำนวณได้ว่า

จากสมการที่ (2.2)

$$\left( \frac{2.5V}{5V} \right) (255) = 127 \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 จอยไร้สาย

ในโครงการนี้ได้ทำการเลือกใช้จอยสติคของเครื่องเล่นเกม Play station2 เนื่องจากมีความคล่องตัวในการใช้งานสูง สามารถหาซื้อได้ง่าย และสามารถนำมาต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ได้ทันที



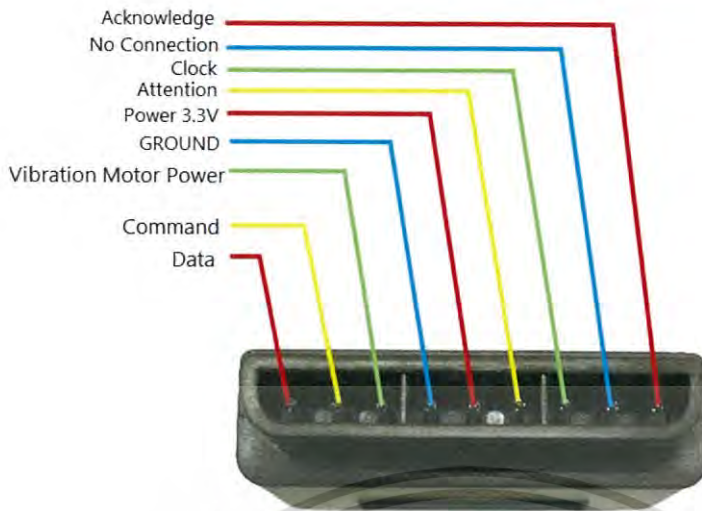
รูปที่ 2.10 จอยสติคจากเครื่องเล่นเกม Play station 2

ก่อนการติดตั้งจอยสติคเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะต้องใช้ อะแดปเตอร์แปลง PS2 ให้เป็นขาต่อแบบ SPI ก่อน เพื่อให้สามารถสื่อสารกับตัวควบคุมหรือ Arduino โดยใช้โปรโตคอลมาตรฐาน SPI เพื่อรับค่าและประมวลผล ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 2.11 อะแดปเตอร์แปลง PS2 ให้เป็นขาต่อแบบ SPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งขาของตัวรับ PS2

### 2.5.1 หลักการทำงานภาครับเข้าสำหรับจอยสติค

- DATA: ขานี้ทำหน้าที่รับข้อมูล (DATA) จากตัวควบคุมมายัง PS2 มีลักษณะเป็นเอาต์พุตแบบ Open collector มีตัวต้านทานต่อพูลอัพ (Pull-up) ไว้ค่าอยู่ที่ 1 ถึง 10k ขึ้นไป
- COMMAND: ขานี้ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจาก PS2 ไปยังตัวควบคุม
- VIBRATION MOTOR POWER: เป็นขาสำหรับจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์สั่นสะเทือน
- GND: ขากราวด์ของวงจร
- VCC: ขาแรงดันไฟบวกย่าน 3-5V
- ATT: ขานี้เหมือนขาอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป ในสภาวะปกติขานี้จะมีสถานะเป็นลอจิกสูง ก่อนจะได้รับหรือส่งข้อมูลแต่ละไบต์ขานี้จะเป็นลอจิกต่ำ และจะกลับมาเป็นลอจิกสูงอีกครั้งเมื่อเสร็จขั้นตอนการรับหรือส่ง ในการทำงานขานี้จะพิจารณาว่าเป็น “Chip Select” หรือ “Slave Select” เพื่อใช้ควบคุมตำแหน่ง Address ที่แตกต่างกันบนบัสเดียวกัน
- CLK: ขาสัญญาณนาฬิกาที่มีค่าเท่ากับ 500kHz ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลมาตรฐาน SPI ไม่ได้เชื่อมต่อ
- ACK: เป็นขาตอบรับเมื่อ PS2 ได้รับสัญญาณจากตัวควบคุม โดยปกติขานี้จะมีสถานะเป็นลอจิกสูงและจะเป็นลอจิกต่ำคาบเวลาประมาณ 12us หลังจากได้รับข้อมูลแต่ละไบต์ ขานี้เป็นเอาต์พุตแบบ Open collector ต้องใช้ตัวต้านทานพูลอัพ (1 ถึง 10k ขึ้นไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.2 การสื่อสารระหว่าง Arduino กับ Joystick

PS2 wireless controller จะสื่อสารกับตัวควบคุมหรือ Arduino ของเราโดยใช้โปรโตคอลมาตรฐาน SPI ซึ่งการรับและส่งข้อมูลสามารถทำได้พร้อมกัน (full duplex) ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม มีสัญญาณนาฬิกา (SCK) เพื่อซิงโครไนซ์บิตข้อมูลให้กับขา DATA และ COMMAND นอกจากนี้ยังมีขา “Attention” (ATT) ซึ่งกำหนดให้กับ Slave หรือตัวควบคุมทราบว่าขณะนั้นมีคำสั่งถูกส่งมาที่ขา COMMAND หรือตรวจสอบสถานะว่า PS2 พร้อมรับข้อมูลส่งผ่านขา DATA หรือไม่ ยังมีขาสัญญาณที่ไม่เกี่ยวกับโปรโตคอล SPI แต่ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล คือ ขา “Acknowledge” (ขา ACK)

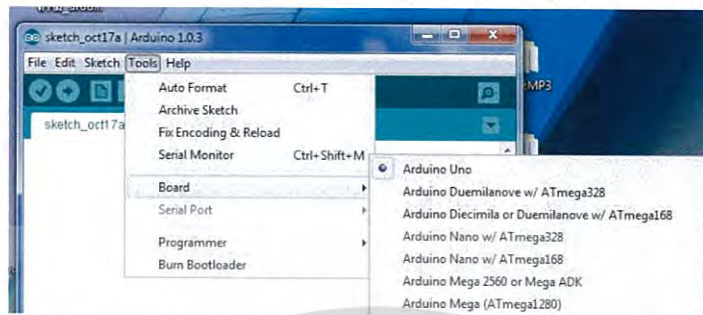
ขา CLK ปกติแล้วอยู่ในสถานะลอจิกสูงจนกระทั่งมีการรับ-ส่งข้อมูล ขานี้จึงจะมีสถานะเป็นลอจิกต่ำเพื่อเริ่มต้นสื่อสาร และเนื่องจากข้อมูลถูกส่งเป็นไบต์ ดังนั้นแต่ละไบต์ (8 บิต) จะเกิดสัญญาณนาฬิกาจำนวน 8 ลูก (ตามจำนวนบิต) ตามสถานะที่มีการรับ-ส่งข้อมูล การอ่านข้อมูลจาก PS2 จะเกิดขึ้นหลังจากขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาหลังจากได้รับคำสั่งแต่ละคำสั่งจากตัวควบคุม ขณะเดียวกันตัวควบคุมจะตรวจสอบแรงดันที่ขา ACK ว่าเป็นลอจิกต่ำหรือไม่ ซึ่งคาบเวลาที่เป็นลอจิกต่ำอย่างน้อยจะต้องเท่ากับหนึ่งไมโครวินาที (สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก) ถ้าในกรณีที่ตัวควบคุมไม่สามารถตรวจสอบสัญญาณที่ขา ACK จาก PS2 ได้ จะถือว่าไม่สามารถควบคุมได้

การใช้งานจริงผู้ใช้เลือกนำอะแดปเตอร์เพื่อแปลงตัวรับ PS2 จากปกติให้เป็นขาต่อแบบ SPI ออกแบบมาสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ซึ่งอะแดปเตอร์นี้สามารถใช้ได้ทั้งจอย PS2 แบบมีสายและแบบไร้สาย

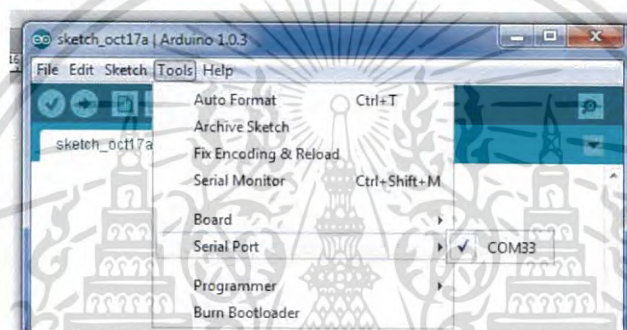
## 2.6 การใช้งาน Software Arduino IDE

2.6.1 เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม **ArduinoIDE**

2.6.2 หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้

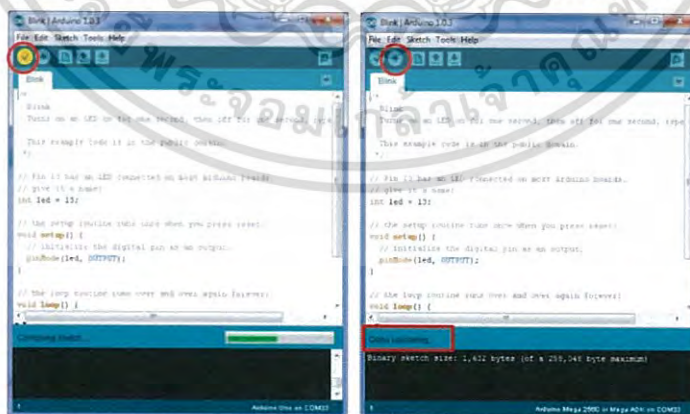


รูปที่ 2.13 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload



รูปที่ 2.14 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

2.6.3 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



รูปที่ 5 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และ Compile โค้ดโปรแกรม

รูปที่ 6 Upload โค้ดโปรแกรม

รูปที่ 2.15 การ Compile และ Upload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินการสร้างหุ่นยนต์ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ และวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ในส่วนของโครงสร้างของหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยชุดแขนกล ชุดฐานของหุ่นยนต์ ชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ และในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยชุดแผงวงจรควบคุมมอเตอร์ ชุดแผงวงจรสำหรับรับค่าประมวลผล การออกแบบโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์บังคับมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดไว้ในวิธีการออกแบบ

#### 3.1 แผนการดำเนินงาน

การสร้างหุ่นยนต์สำรานั้นได้มีการวางแผนการทำงานออกแบบ การดำเนินการสร้างและระยะเวลาในการดำเนินงาน ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางแสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างแผนที่ได้วางไว้กับการดำเนินงานจริง ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

| ระยะเวลาดำเนินงาน                        | เดือน (พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2561 ) |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
|--|--------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|--|
|  | ส.ค.                           | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |  |
| ขั้นตอนการดำเนินงาน                      |                                |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
| ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ             | —                              |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
| เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอคำแนะนำ    | -----                          |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
| จัดทำโครงการเสนออาจารย์ประจำวิชา         | -----                          |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
| ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ | -----                          |       |       |       |      |      |      |       |       |  |
| เตรียมนำเสนอหัวข้อโครงการ                |                                | ----- |       |       |      |      |      |       |       |  |
| ทำการออกแบบตัวโครงของหุ่นยนต์            |                                |       |       | ----- |      |      |      |       |       |  |
| เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์    |                                |       | ----- |       |      |      |      |       |       |  |

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

| ระยะเวลาดำเนินงาน<br>ขั้นตอนการดำเนินงาน     | เดือน (พ.ศ. 2560 – พ.ศ.2561 ) |  |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  |                               |  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ทดสอบการทำงานของโปรแกรม                      |                               |  | ----- | ----- | ----- | ----- |       |       |       |       |
| เขียนภาษา C++ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์       |                               |  | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |       |       |
| ทดสอบการทำงาน                                |                               |  | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |       |       |
| ทำการเชื่อมต่อ Wireless เข้าสู่บอร์ดหุ่นยนต์ |                               |  |       |       | ----- | ----- | ----- |       |       |       |
| ทดสอบและปรับปรุงระบบ                         |                               |  |       |       |       |       |       | ----- | ----- |       |
| จัดทำปฏิญานินท์                              |                               |  |       |       |       |       |       |       | ----- | ----- |

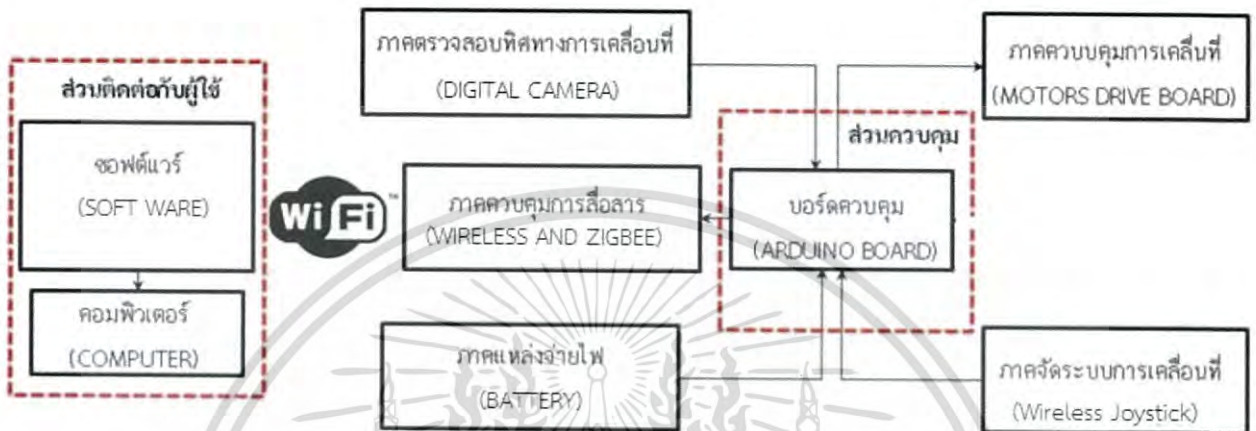
----- แสดงแผนการดำเนินงาน

----- แสดงการดำเนินงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การออกแบบ

ส่วนของการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำรวจ ควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายมีการออกแบบการทำงานโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบทางด้าน Hardware และการออกแบบด้าน Software โดยมีหลักการทำงานของระบบดัง รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของระบบหุ่นยนต์สำรวจ

#### 3.2.1 หลักการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายการทำงานของระบบที่ใช้ในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำรวจคือ เมื่อทำการเปิดสวิตซ์ของหุ่นยนต์สำรวจแล้ว วงจรควบคุมหุ่นยนต์สำรวจ(Arduino board)ก็จะเริ่มทำงาน เมื่ออุปกรณ์ทุกอย่างทำงานพร้อมทุกตัวแล้ว หมายถึงวงจรควบคุมหุ่นยนต์สำรวจสามารถที่จะติดต่อกับ ภาคจัดระบบการเคลื่อนที่ได้(Joystick) จากการส่งสัญญาณ Wireless Joystick controller จะสื่อสารกับตัวควบคุมหรือ Arduino ของเราโดยใช้โปรโตคอลมาตรฐาน SPI ซึ่งการรับและส่งข้อมูลสามารถทำได้พร้อมกัน

### 3.2.2 การออกแบบทางด้าน Hardware

การออกแบบในส่วนของ Hardware นั้น ต้องคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆที่เหมาะสม ในการนำมาเป็นส่วนประกอบหลัก ในการสร้างตัวหุ่นยนต์สำรวจ เพื่อให้มีความคงทนแข็งแรง และไม่เสียหาย ในขณะใช้งาน

- การออกแบบตัวรถหุ่นยนต์

ซึ่งการออกแบบตัวรถนั้นจะทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ดังนี้

- ใช้ Microcontroller Arduino UNO R3 ควบคุมการทำงานต่างๆของตัวหุ่นยนต์
- ใช้ DC motor gear 12 Vdc เพื่อช่วยในการขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์
- ใช้ Motor Driver Module L298N เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของ DC motor ถูกควบคุมโดยใช้ PWM
- ใช้ แผ่นอลูมิเนียม ทำเป็นตัวถังของหุ่นยนต์ กว้าง 200 มม. ยาว 206 มม. สูง 120 มม.



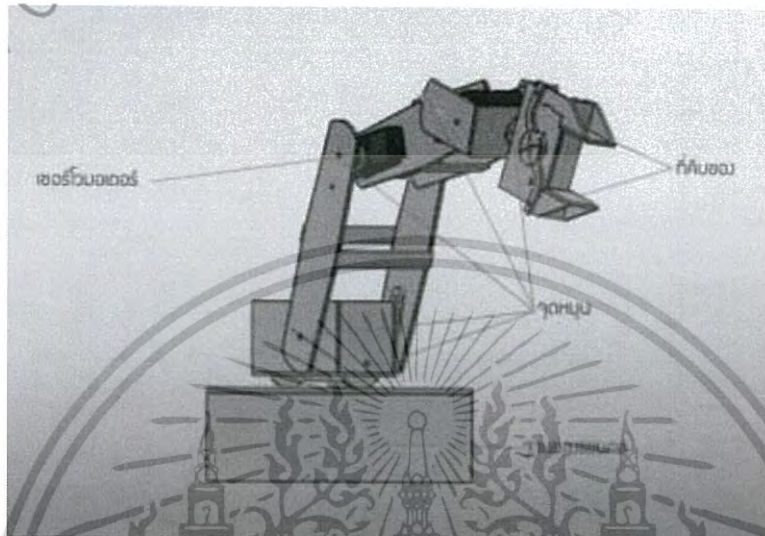
รูปที่ 3.2 ตัวถังของหุ่นยนต์สำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

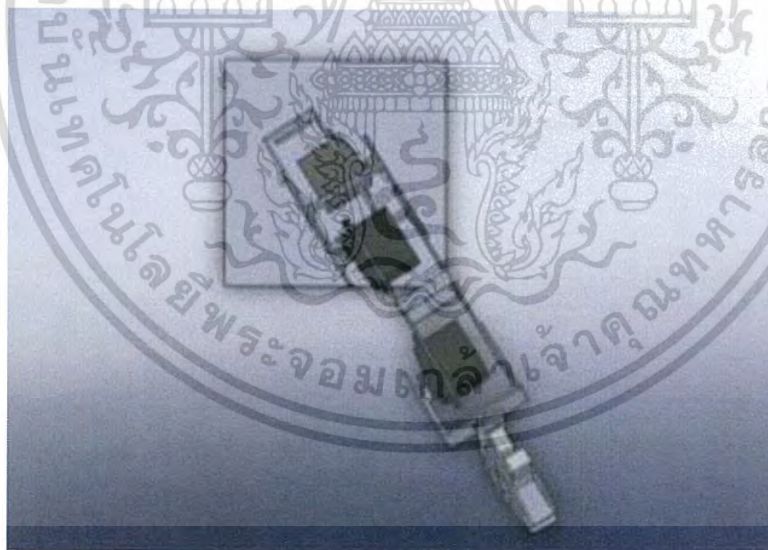
- การออกแบบส่วนของแขนกล

ส่วนประกอบภายนอกของแขนกลทั้งหมด ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks

ส่วนประกอบทั้งหมดใช้แผ่นอะคริลิกในการทำซึ่งใช้เครื่อง CNC ในการกัดชิ้นงานทั้งหมดดังรูปที่ 3.2 และ รูปที่3.3



รูปที่ 3.3 รูปแขนกลที่ออกแบบโดยใช้ SolidWork (Front View)



รูปที่ 3.4 ภาพจากด้านบนของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์ที่เลือกมาใช้งานกับแขนกล

#### - Futaba S3003

Modulation: Analog

Torque: 4.8V: 44.00 oz-in (3.17 kg-cm) 6.0V: 57.00 oz-in (4.10 kg-cm)

Speed: 4.8V: 0.23 sec/60° 6.0V: 0.19 sec/60°

Weight: 1.31 oz (37.0 g)

Dimensions:

Length:1.57 in (39.9 mm)

Width:0.79 in (20.1 mm)

Height:1.42 in (36.1 mm)

#### - SG 90

Modulation: Analog

Torque: 4.8V: 25.0 oz-in (1.80 kg-cm)

Speed: 4.8V: 0.10 sec/60°

Weight: 0.32 oz (9.0 g)

Dimensions:

Length:0.91 in (23.1 mm)

Width: 0.48 in (12.2 mm)

Height:1.14 in (29.0 mm)

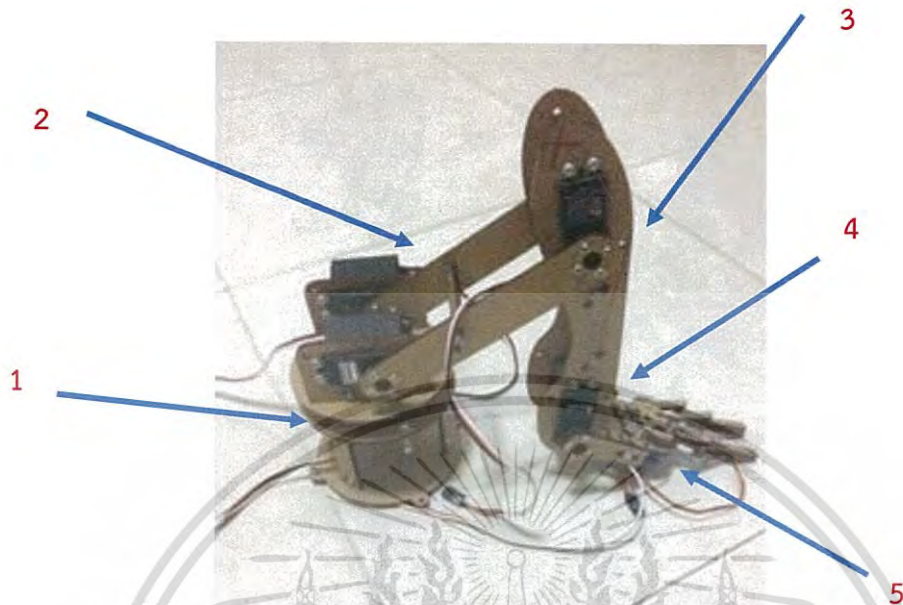


รูปที่ 3.5 เซอร์โวมอเตอร์ SG90 ที่เลือกใช้

รูปที่ 3.6 เซอร์โวมอเตอร์ S3003 ที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 หลักการทำงานของแขนกล



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งหน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว

การเคลื่อนที่ของแขนกลมี 5 ข้อต่อคือ

ข้อต่อที่ 1 คือ ส่วนฐานมีหน้าที่หมุนแขนกลไปในแนวราบ

ข้อต่อที่ 2 คือ ส่วนบนฐานทำให้แขนกลเคลื่อนไหวในระยะใกล้ไกล

ข้อต่อที่ 3 คือ ส่วนเคลื่อนที่ทำให้แขนกลสามารถเคลื่อนไหวในแนวตั้ง

ข้อต่อที่ 4 คือ ข้อต่อที่ช่วยเพิ่มความละเอียดของระยะเป้าหมาย

ข้อต่อที่ 5 คือ ส่วนคิบบีบ

### 3.2.5 การออกแบบทางด้าน Software

การออกแบบในส่วนของ Software นั้น จะต้องใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของหุ่นยนต์ให้ดีขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม ซึ่งในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จะใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (Joystick wireless controller) เป็นสื่อกลางในการส่งคำสั่งในส่วนควบคุมไปยังตัวหุ่นยนต์ และ camera ได้นั้น จะต้องใช้เครื่องมือในการเขียนโปรแกรมดังนี้

เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Microcontroller โดยใช้ภาษา C++ ในโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งในการเขียนชุดคำสั่งควบคุมการทำงานต่างๆของหุ่นยนต์ โดยมีการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจ เริ่มจากโปรแกรมรับคำสั่งในการควบคุมการทำงานผ่านทาง Joystick จากนั้นระบบก็จะทำการส่งคำสั่งมายัง PS2 Adapter Board ที่แปลงขาให้สามารถที่จะสื่อสารกันแบบ SPI กับ Microcontroller ได้ เมื่อ PS2 Adapter Board รับคำสั่งมาแล้วก็จะทำการประมวลผลเพื่อที่จะส่งคำสั่งให้กับ Microcontroller ทำงาน ซึ่งการทำงานของ Microcontroller จะเป็นการสั่งให้ DC motor และ Servo motor แต่ละตัวเพื่อให้ทำการเคลื่อนไหวไปในทิศทางที่ต้องการ

### 3.3 การต่อใช้งานระหว่าง PS2 Adapter Board กับ Arduino Board



รูปที่ 3.8 อะแดปเตอร์แปลง PS2 ให้เป็นขาต่อแบบ SPI

| PS2 Adapter Board     | Arduino Board  |
|-----------------------|----------------|
| สายสีน้ำเงิน - DATA   | D 12           |
| สายสีเหลือง - COMMAND | D 11           |
| สายสีน้ำตาล - CLOCK   | D 13           |
| สายสีขาว - ATT SELECT | D 10           |
| สายสีแดง - 5V         | แหล่งจ่ายไฟ 5V |
| สายสีดำ - Ground      | กราวด์         |

### ตารางที่ 3.2 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง Arduino Board และ PS2 Adapter Board

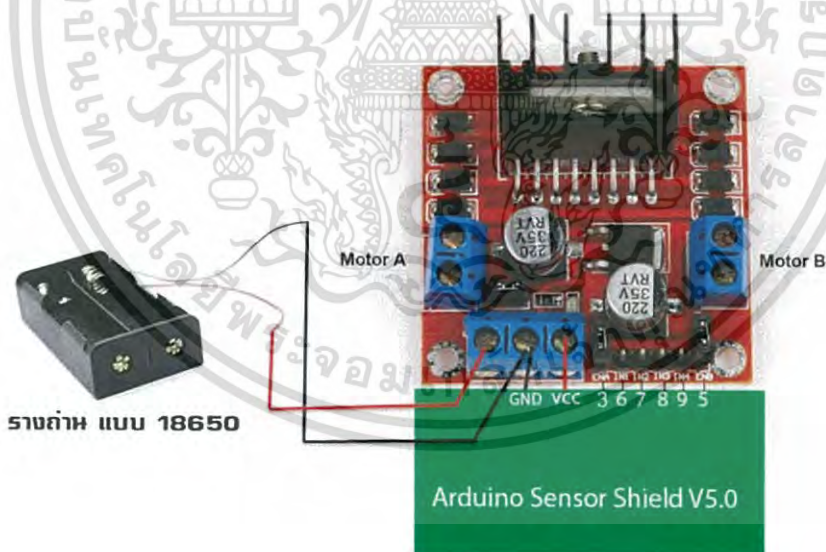
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 การทำงานระหว่าง PS2 Adapter Board กับ Arduino Board

ในการนำจอยสติ๊กมาใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ สายสัญญาณที่ใช้งานมี 4 เส้นคือ DATA, COMMAND, SELECT และ CLOCK

- DATA (DAT) เป็นสัญญาณข้อมูลป้อนของตัวควบคุมหรือจอยสติ๊กที่ถูกกด จะถูกส่งมาจากตัวควบคุมหรือจอยสติ๊ก โดยข้อมูลที่ส่งมามีขนาด 8 บิต โดยส่งบิต LSB หรือบิตที่น้อยสำคัญที่สุดมาก่อน
- COMMAND (CMD) เป็นสัญญาณคำสั่งสำหรับตัวควบคุมหรือจอยสติ๊ก สัญญาณนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นผู้ส่ง
- ATT SELECT (SEL) เป็นสัญญาณเลือกการทำงานหรือเปิดการติดต่อ ซึ่งทางไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องส่งสัญญาณ "0" มาที่ขานี้และต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก "0" ตลอดระยะเวลาที่ทำการติดต่อกัน
- CLOCK (CLK) เป็นสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการทำงาน ฟังก์ชันของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นฝ่ายสร้างสัญญาณส่งมายังตัวควบคุมหรือจอยสติ๊ก

### 3.4 การต่อใช้งานระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board



รูปที่ 3.9 ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Motor Driver L298N | Arduino Board |
|--------------------|---------------|
| VCC                | SUPPLY 5V     |
| GROUND             | GROUND        |
| D3                 | ENA           |
| D5                 | ENB           |
| D6                 | IN1           |
| D7                 | IN2           |
| D8                 | IN3           |
| D9                 | IN4           |

### ตารางที่ 3.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board

ซึ่งแหล่งจ่ายไฟที่เลือกใช้ คือ Li-Ion แบตเตอรี่ ความจุ 3400 มิลลิแอมป์/ชั่วโมง จำนวน 4 ก้อน และต่อเข้ากับ Motor Driver L298N ดังแสดงในรูปที่ 3.8

#### 3.4.1 การทำงานระหว่าง Motor Driver L298N กับ Arduino Board

ในการต่อกับ Arduino นั้น ขา IN1, IN2, IN3 และ IN4 นั้น สามารถต่อกับพอร์ต Digital ใดๆก็ได้ เนื่องจาก 4 ขานี้ จะใช้ในการควบคุมสัญญาณลอจิกบอกทิศทางให้กับมอเตอร์ ส่วน ENA และ ENB นั้น จำเป็นที่จะต้องต่อกับพอร์ต Digital ที่รองรับ PWM เนื่องจากจะต้องใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

ในการสั่งงาน L298N ให้ควบคุมมอเตอร์นั้น มีหลักการพื้นฐานง่ายๆจะแบ่งขาออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ ENA IN1 IN2 และ IN3 IN4 ENB

- ENA ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ A ใช้คำสั่ง analogWrite( พอร์ตที่ต่อขา ENA , ความเร็วมอเตอร์ 0-255 );
- IN1, IN2 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A ใช้คำสั่ง digitalWrite( พอร์ตที่ต่อขา IN1, IN2 , สถานะ HIGH , LOW );

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ENB ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ B ใช้คำสั่ง analogWrite( พอร์ตที่ต่อขา ENB , ความเร็วมอเตอร์ 0-255 );
- IN3,IN4 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B ใช้คำสั่ง digitalWrite( พอร์ตที่ต่อขา IN3, IN4 , สถานะ HIGH , LOW );

การใช้ค่าในการควบคุมมอเตอร์ต่างๆ จะเป็นไปตามตารางด้านล่างนี้

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

ตารางที่ 3.4 การทำงาน มอเตอร์ A

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

ตารางที่ 3.5 การทำงาน มอเตอร์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ A (เป็นมอเตอร์แบบในรูปข้างบน) ต่อขาต่างๆ กับ Arduino UNO ไว้ดังนี้

ENA = ขา 10 (ขาที่รองรับ PWM) IN1 = ขา 9 IN2 = ขา 8

โดยจะสั่งให้ มอเตอร์ A หมุนเดินหน้า ด้วยความเร็วสูงสุด (255) เป็นเวลา 3 วินาทีแล้วหยุดทันที (เบรก) เป็นเวลา 3 วิ แล้วเริ่มหมุนถอยหลังด้วยความเร็วสูงสุด (255)เป็นเวลาอีก 3 วินาที แล้วเบรกอีก 3 วินาที จากนั้นก็วนคำสั่งนี้ไปเรื่อยๆ

จะใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

```
void setup()
{
  //TCCR1B = TCCR1B & B11111000 | B00000101; // ปรับ timer 1 divisor เพื่อให้ได้ค่าความถี่
  // สัญญาณPWM ของขา 9,10 ที่ 30.64 Hz

  pinMode(10,OUTPUT); //กำหนด ขา 10 (ต่ออยู่กับ ENA ให้เป็นแบบ OUTPUT)
  pinMode(9,OUTPUT); //กำหนด ขา 9 (ต่ออยู่กับ IN1 ให้เป็นแบบ OUTPUT)
  pinMode(8,OUTPUT); //กำหนด ขา 8 (ต่ออยู่กับ IN2 ให้เป็นแบบ OUTPUT)
}

void loop()
{
  digitalWrite(9,HIGH); //ตามตารางข้างบน ต้องกำหนด IN1 = HIGH
  digitalWrite(8,LOW); //และ IN2 = LOW มอเตอร์ A จึงจะทำงานหมุนไปด้านหน้า
  analogWrite(10,255); //และสั่งหมุนที่ความเร็วสูงสุด 255 ผ่านทาง ENA (ขา 10) ที่เป็น PWM

  delay(3000); //รอเวลา 3 วินาที

  digitalWrite(9,HIGH); //ตามตารางข้างบน ต้องกำหนด IN1 = HIGH
  digitalWrite(8,HIGH); //และ IN2 = HIGH มอเตอร์ A จึงจะหยุดการทำงานทันที (เบรก)
  analogWrite(10,0); //และสั่งความเร็วมอเตอร์ให้เป็น 0 ผ่านทาง ENA (ขา 10) ที่เป็น PWM

  delay(3000); //รอเวลา 3 วินาที

  digitalWrite(9,LOW); //ตามตารางข้างบน ต้องกำหนด IN1 = LOW
  digitalWrite(8,HIGH); //และ IN2 = HIGH มอเตอร์ A จึงจะทำงานหมุนถอยหลัง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

analogWrite(10,255); //และสั่งหมุนที่ความเร็วสูงสุด 255 ผ่านทาง ENA (ขา 10) ที่เป็น PWM

delay(3000); //รอเวลา 3 วินาที

digitalWrite(9,HIGH); //ตามตารางข้างบน ต้องกำหนด IN1 = HIGH
digitalWrite(8,HIGH); //และ IN2 = HIGH มอเตอร์ A จึงจะหยุดการทำงานทันที (เบรก)
analogWrite(10,0); //และสั่งความเร็วมอเตอร์ให้เป็น 0 ผ่านทาง ENA (ขา 10) ที่เป็น PWM

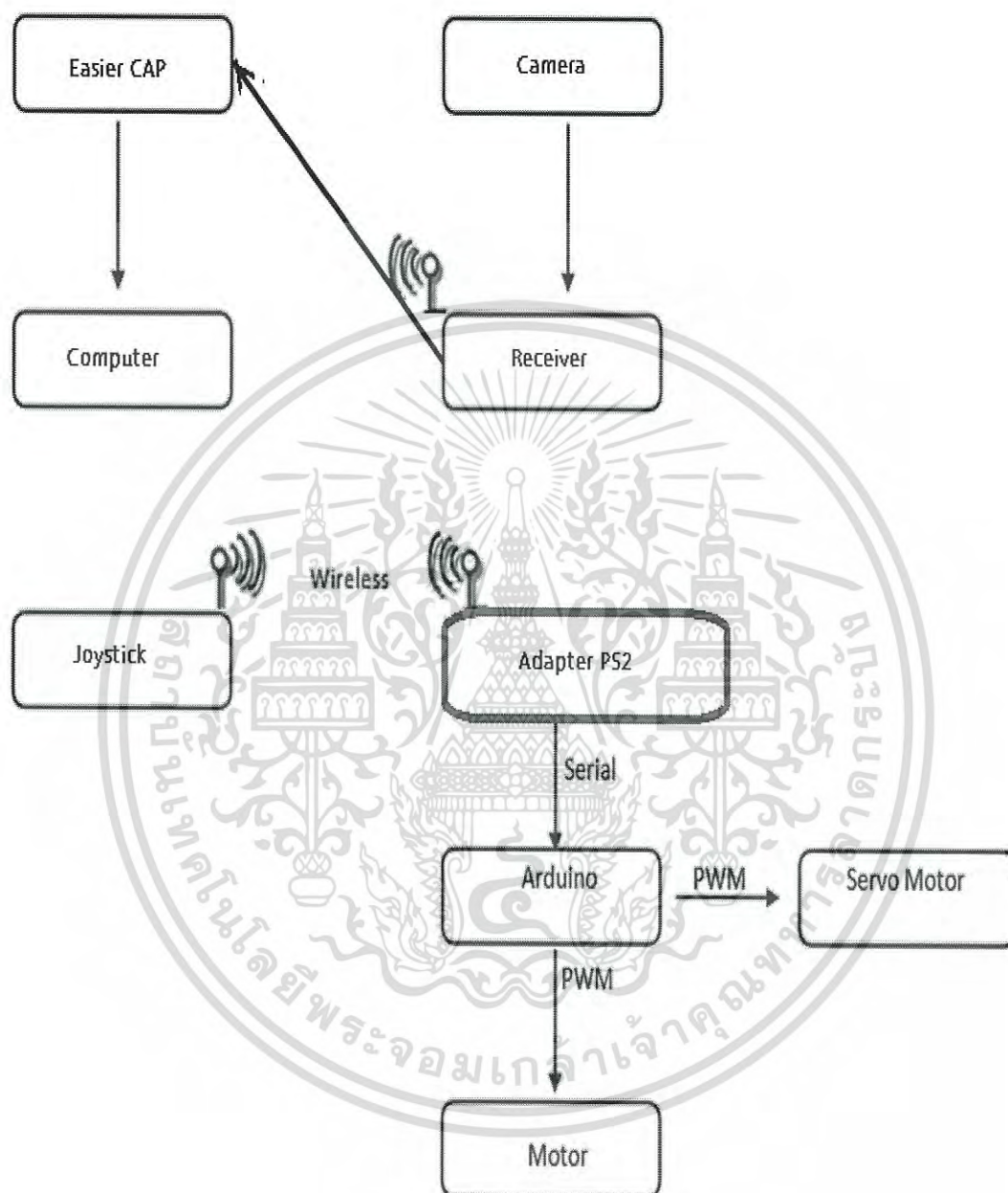
delay(3000); //รอเวลา 3 วินาที จบตรงนี้แล้วโค้ดจะเริ่มใหม่ วนไปเรื่อยๆ

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

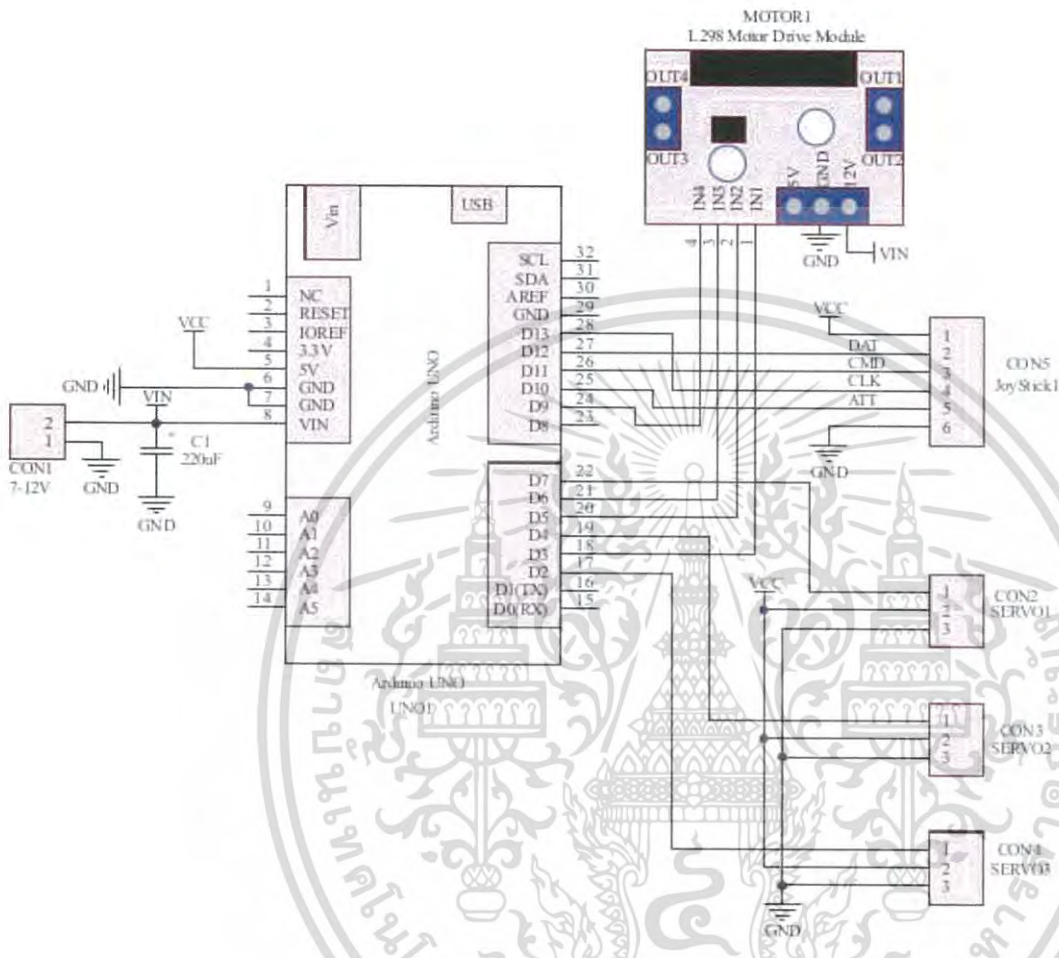
## 3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.9 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 หลักการทำงานของวงจรรวมทั้งหมด



รูปที่ 3.10 โครงสร้างภายในของการทำงาน

รูปที่ 3.10 เป็นวงจรสมบูรณ์ของโครงการนี้จะเห็นว่าอุปกรณ์มีอยู่เพียงไม่กี่ชิ้นหลักๆ ได้แก่ บอร์ดไดร์มอเตอร์ L298 Motor Drive Module, อะแดปเตอร์, คอนเน็คเตอร์ และหัวใจหลักของโครงการ คือ บอร์ด Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด แบ่งออกเป็นเอาต์พุตและอินพุต ในส่วนของอินพุตจะเป็นการรับคำสั่งจาก PS2 wireless controller ซึ่งจะถูกส่งมาจาก JoyStick ผ่านอะแดปเตอร์ที่มีการสื่อสารแบบ SPI ที่มีสายสัญญาณ 3 เส้น บวกกับขา ATT อีก 1 ขา รวมเป็นทั้งหมด 4 ขา ข้อมูลที่รับมาจะเป็น Address ของแต่ละปุ่ม ซึ่งจะมีทั้งแบบบอานาลอกและดิจิทัลตั้งที่กล่าวไว้ข้างต้น หลังจากได้รับข้อมูลมาแล้ว Arduino จะประมวลผลและทำงานตามคำสั่งที่ได้รับมา ตัวอย่างเช่น หากส่งให้เดินหน้า เอาต์พุต IN1 กับ IN3 จะส่งค่า PWM ออกไป ส่วน IN2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 หลักการทำงานของวงจรรวมทั้งหมด (ต่อ)

และ IN4 จะมีสถานะลอจิก Low ทำให้มอเตอร์ทำงานได้หมุนไปข้างหน้า และในทางตรงกันข้ามการถอยหลังเอาต์พุต IN2 กับ IN4 จะส่งค่า PWM ออกไป ส่วน IN1 และ IN3 จะมีสถานะลอจิก Low ทำให้มอเตอร์ทำงานได้หมุนกลับไปอีกทาง

ในการเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาจะใช้หลักการให้มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนไปทางตรงกันข้ามกัน ยกตัวอย่างเช่น การเลี้ยวซ้ายเอาต์พุต IN1 กับ IN4 จะส่งค่า PWM ออกไป ส่วน IN2 และ IN3 จะมีสถานะลอจิก Low ทำให้มอเตอร์ซ้ายและขวาหมุนสวนทางกัน ทำให้รถหมุนไปทางซ้ายได้ ในทางตรงกันข้าม การเลี้ยวขวาเอาต์พุต IN2 กับ IN3 จะส่งค่า PWM ออกไป ส่วน IN1 และ IN4 จะมีสถานะลอจิก Low ทำให้รถหมุนไปทางขวาได้

อีก 4 สภาวะ คือ การเดินหน้าแล้วเลี้ยวซ้าย, การเดินหน้าเลี้ยวขวา, การถอยหลังเลี้ยวซ้ายและการถอยหลังเลี้ยวขวา จะกำหนดให้มอเตอร์ 1 ตัวทำงานและมอเตอร์อีกตัวหยุดทำงาน การเลี้ยวจะคล้ายๆ กับการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาดังที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่ลักษณะการเลี้ยวจะมีการเดินหน้าหรือถอยหลังไปด้วย ทำให้ตัวรถมีการเคลื่อนที่จากจุดเดิม แต่ถ้าเป็นการเลี้ยวอย่างทีกล่าวข้างต้นจะเลี้ยวเพียงอย่างเดียวไม่มีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของรถจะยังอยู่ที่เดิม แต่ตัวรถจะเปลี่ยนไปตามทิศทางการเลี้ยว

ส่วนสุดท้าย คือ การควบคุม Servo Motor (เซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว ตัวแรกจะอยู่ที่ฐานหมุนในแนวแกนนอน ทำหน้าที่หมุนไปทางซ้ายและขวา อีกตัวหนึ่งจะอยู่ด้านบนทำหน้าที่หมุนขึ้นและลง ในการใช้งานเครื่องต้นแบบจะนำไปหมุนตัวยัดโทรศัพท์ เพื่อส่งให้ถ่ายภาพมุมกดและมุมหงายเพื่อเปลี่ยนมุมมองกล้อง หลักการทำงานของ RC Servo Motor คือ เมื่อจ่ายสัญญาณพัลส์เข้าไปให้กับ Servo Motor ส่วนวงจรควบคุม (Electronic Control System) ภายใน Servo จะทำการอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้ Motor หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้น แล้วส่งคำสั่งไปทำการควบคุมให้ Motor หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมี Position Sensor เป็นตัวเซ็นเซอร์คอยวัดค่ามุมที่ Motor กำลังหมุน เป็น Feedback กลับมาให่วงจรควบคุมเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 สาเหตุของการเลือกใช้สัญญา Wireless Wireless

สามารถนำไปใช้ได้ในทุกๆที่และเหมาะกับการทำงานที่เคลื่อนที่ได้ เพราะไม่ยึดติดกับสาย ติดตั้งง่าย สามารถขยายได้ง่าย เพราะไม่ต้องซื้อสายเคเบิลและเสียเวลาเดินสายประยุกต์ใช้งานกับโทรศัพท์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูลได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานนี้ เป็นการนำหุ่นยนต์สำรวจมาทดสอบและวัดผลการทำงานในส่วนต่างๆ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Hardware และส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Software

#### 4.1 ผลที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้น

##### 4.1.1 ส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Hardware

เป็นการทดสอบความแข็งแรง ประสิทธิภาพของการทรงตัว การเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ และความสามารถในการควบคุมหุ่นยนต์ในระยะการควบคุม ผ่านทางระบบเครือข่ายไร้สาย โดยมองผ่านภาพที่ส่งกลับมาจากตัวหุ่นยนต์ ดังนี้

##### 1) ผลการทดสอบตัวหุ่นยนต์

- หุ่นยนต์มีความแข็งแรง ไม่มีชิ้นส่วนของโครงสร้างเสียหาย แตกร้าว หรือหลุดออก ทั้งในขณะที่ยานกำลังทำงานอยู่ และในขณะที่หุ่นยนต์ไม่ทำงาน
- หุ่นยนต์สามารถทรงตัวได้ดี ในขณะที่หุ่นยนต์หยุดอยู่กับที่ และในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ อาศัยภาพรวมหุ่นยนต์สามารถทรงตัวอยู่ได้
- DC motor gear และ Servo motor สามารถรับน้ำหนักโครงสร้างตัวหุ่นยนต์ แขนกล บอร์ดวงจรต่างๆของตัวหุ่นยนต์ แบตเตอรี่ กล้อง ได้ดีพอสมควร
- หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆได้ตามที่กำหนดไว้
- หุ่นยนต์สามารถใช้แขนกลหยิบจับวัตถุได้

##### 2) ผลการทดสอบการทำงานของ wireless

- PS2 Adapter Board สามารถรับและส่งสัญญาณ การเชื่อมต่อกับ Joystick wireless ได้เป็นอย่างดี
- PS2 Adapter Board สามารถควบคุม Microcontroller เพื่อสั่งงานหุ่นยนต์ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ส่วนของผลการทดสอบการทำงานด้าน Software

การทำงานโดยรวมคือ Arduino board อ่านค่าคำสั่งที่ได้รับจาก Wireless Joystick ผ่านทาง PS2 Adapter board นำค่ามาตรวจสอบเงื่อนไข จากนั้นส่งค่าออกมาให้กับ Arduino board และก็จะตรวจสอบค่าที่อ่านมาและจะสั่งให้ Motor Driver L298N ควบคุมการทำงานของ DC motor

ตารางที่ 4.1 การป้อนคำสั่งเพื่อควบคุม DC motor (ตัวรถ)

| ชื่อสัญลักษณ์บนจอยไร้สาย | สัญลักษณ์   | การทำงานของหุ่นยนต์       |
|--------------------------|---|---------------------------|
| ลูกศรขึ้น                |  | หุ่นยนต์เดินหน้า          |
| ลูกศรลง                  |  | หุ่นยนต์ถอยหลัง           |
| ลูกศรซ้าย                |  | หุ่นยนต์เลี้ยวไปทางซ้าย   |
| ลูกศรขวา                 |  | หุ่นยนต์เลี้ยวไปทางขวา    |
| เครื่องหมายสี่เหลี่ยม    |  | หุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่ |

ตารางที่ 4.2 การป้อนคำสั่งเพื่อควบคุม Servo motor (แขนกล)

| ชื่อสัญลักษณ์บนจอยไร้สาย      | สัญลักษณ์   | การทำงานของหุ่นยนต์               |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| จอยสติ๊กด้านซ้าย แกน X        |  | ส่วนฐานหมุนแนวราบซ้ายขวา          |
| จอยสติ๊กด้านซ้าย แกน Y        |  | ส่วนบนฐานหมุนในระยะใกล้ไกล        |
| จอยสติ๊กด้านขวา แกน X         |  | ส่วนข้อต่อเคลื่อนที่แนวตั้งขึ้นลง |
| จอยสติ๊กด้านขวา แกน Y         |  | ส่วนเคลื่อนที่ในแนวตั้งขึ้นลง     |
| เครื่องหมายวงกลมและสามเหลี่ยม |  | ส่วนจับเคลื่อนที่                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หุ่นยนต์สำรวจที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.1 รูปหุ่นยนต์สำรวจที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่และการควบคุม

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ทางราบของหุ่นยนต์สำรวจ

| บริเวณการเคลื่อนที่ | ผลของการทดสอบ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ |
|---------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--------------------------|
|                     | 1             |   | 2 |   | 3 |   | 4 |   | 5 |   | 6 |   | 7 |   | 8 |   | 9 |   | 10 |   |                          |
| ทางราบ              | Y             | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y  | N |                          |
| พื้นกระเบื้อง       | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| พื้นยาง             | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| พื้นหินอ่อน         | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| พื้นไม้             | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ข้ามสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์สำรวจ

| บริเวณการเคลื่อนที่ | ผลของการทดสอบ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ |
|---------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--------------------------|
|                     | 1             |   | 2 |   | 3 |   | 4 |   | 5 |   | 6 |   | 7 |   | 8 |   | 9 |   | 10 |   |                          |
| ระดับกีดขวาง        | Y             | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y  | N |                          |
| สิ่งกีดขวาง 1cm     | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| สิ่งกีดขวาง 2cm     | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| สิ่งกีดขวาง 3cm     | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| สิ่งกีดขวาง 4cm     | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| สิ่งกีดขวาง 5cm     | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการเดินเคลื่อนที่ทางขรุขระของหุ่นยนต์สำรวจ

| บริเวณการเคลื่อนที่ | ผลของการทดสอบ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ |
|---------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--------------------------|
|                     | 1             |   | 2 |   | 3 |   | 4 |   | 5 |   | 6 |   | 7 |   | 8 |   | 9 |   | 10 |   |                          |
| พื้นขรุขระ          | Y             | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N | Y  | N |                          |
| คอนกรีต             | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |
| หินตัวหนอน          | /             |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | / |   | /  |   | 100 %                    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจ จะสังเกตเห็นว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจ สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกในบริเวณที่เป็นพื้นระนาบ พื้นขรุขระ และข้ามสิ่งกีดขวางได้ เนื่องจากมีการออกแบบส่วนของโครงสร้างที่แข็งแรงซึ่งส่งผลให้การเคลื่อนที่โดยรวมของตัวหุ่นยนต์สำรวจเกิดความมั่นคงทำให้สามารถผ่านอุปสรรคต่างๆไปได้

สรุปผลการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจคือ หุ่นยนต์สำรวจสามารถทำการเคลื่อนที่ได้ดีในสภาพพื้นผิวขรุขระ และพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางได้ไม่เกิน 5 เซนติเมตรและมีประสิทธิภาพสูงสุดในบริเวณที่เป็นพื้นราบ ซึ่งคุณสมบัติของพื้นที่ที่กล่าวมาจะทำให้การเคลื่อนที่ได้มั่นคงแม่นยำและสมบูรณ์ที่สุด

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจและแขนกล (ภายนอกอาคาร)

| คำสั่ง (ครั้ง) | ระยะทดสอบ (เมตร) |    |    |    |    |
|----------------|------------------|----|----|----|----|
|                | 50               | 60 | 70 | 80 | 90 |
| เดินหน้า       | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ถอยหลัง        | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |
| เลี้ยวซ้าย     | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |
| เลี้ยวขวา      | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |
| หมุนขึ้น       | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |
| หมุนลง         | 10               | 10 | 10 | 10 | 10 |

จากผลการทดสอบระยะควบคุมภายนอกอาคาร (ตารางที่ 3) ซึ่งทดสอบการสั่งงานการเคลื่อนที่ของรถ การปรับหมุนแขนกล และการปรับมุมกล้องที่ระยะ ต่างๆ จำนวน 10 ครั้งต่อเนื่องกันภายนอกอาคารพบว่า สามารถทำงานได้คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนคุณภาพของภาพ วิดีโอที่รับได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครือข่ายไร้สายในขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจและแขนกล (ภายในอาคาร)

| คำสั่ง (ครั้ง) | ระยะทดสอบ (เมตร) |    |    |    |    |
|----------------|------------------|----|----|----|----|
|                | 30               | 40 | 50 | 60 | 70 |
| เดินหน้า       | 10               | 9  | 7  | 0  | 0  |
| ถอยหลัง        | 10               | 9  | 8  | 0  | 0  |
| เลี้ยวซ้าย     | 10               | 10 | 8  | 0  | 0  |
| เลี้ยวขวา      | 10               | 10 | 8  | 0  | 0  |
| หมุนขึ้น       | 10               | 9  | 7  | 0  | 0  |
| หมุนลง         | 10               | 10 | 8  | 0  | 0  |

จากผลการทดสอบระยะควบคุมภายในอาคาร (ตารางที่ 4) ซึ่ง ทดสอบการสั่งงานการเคลื่อนที่ของรถและการปรับหมุนแขนกล และการปรับมุมกล้องที่ระยะต่างๆ จำนวน 10 ครั้งต่อเนื่องกันภายในอาคาร (บริเวณอาคารภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีผนังและสัญญาณไวไฟรบกวน) พบว่า ที่ระยะ 30 เมตร สามารถทำงาน ได้คิดเป็นร้อยละ 100 ที่ระยะ 40 เมตร สามารถทำงานได้คิดเป็นร้อยละ 95 ที่ระยะ 50 เมตร สามารถทำงานได้คิดเป็นร้อยละ 76 ส่วนที่ระยะ 60 และ 70 เมตร ไม่สามารถทำได้งานเนื่องจากไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายได้ส่วนคุณภาพของภาพวิดีโอที่รับได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครือข่ายไร้สายในขณะนั้นซึ่งที่ระยะ 60 และ 70 เมตรไม่สามารถรับภาพวิดีโอได้เลย

สรุปผลการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจที่ระยะต่างๆ เนื่องจากว่าในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจนั้นจะต้องควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สายจึงมีปัญหาในด้านของการสื่อสารเพราะถ้ามีตัวกระจายสัญญาณ Access point อยู่มากจะทำให้มีการรบกวนกันของสัญญาณทำให้การควบคุมการทำงานนั้นเกิดความผิดพลาดได้

ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจจึงต้องควบคุมการทำงานในบริเวณที่มีการรบกวนของสัญญาณน้อยเพื่อการทำงานของหุ่นยนต์จะได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การวัดหาขนาดมุมมองจริงของ Servo motor

| Servo ตัวที่ | องศาที่ทำการวัด(องศา)<br>(X1) | ค่าที่วัดได้(องศา)<br>(X2) | ค่าความคลาดเคลื่อน<br>(%error) |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Servo 1      | 30                            | 30                         | 0                              |
| Servo 1      | 45                            | 45                         | 0                              |
| Servo 1      | 90                            | 90                         | 0                              |
| Servo 2      | 30                            | 30                         | 0                              |
| Servo 2      | 45                            | 45                         | 0                              |
| Servo 2      | 90                            | 90                         | 0                              |
| Servo 3      | 30                            | 38                         | 26.66                          |
| Servo 3      | 45                            | 57                         | 26.66                          |
| Servo 3      | 90                            | 108                        | 20                             |
| Servo 4      | 30                            | 25                         | 16.66                          |
| Servo 4      | 45                            | 40                         | 11.11                          |
| Servo 4      | 90                            | 75                         | 16.66                          |
| Servo 5      | 90                            | 90                         | 0                              |
| Servo 5      | 120                           | 115                        | 4.16                           |
| Servo 5      | 150                           | 145                        | 3.33                           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ตารางที่ 4.9 การจับชิ้นงาน

ผลการทดลองการจับชิ้นงานจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ขนาดกล่องที่จับ  $3.5 \times 3.5 \times 3.5 \text{ cm} = 10.5$  ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 100 กรัม ระยะห่างระหว่างตำแหน่ง 30 cm

| ครั้งที่จับชิ้นงาน | ตรงตำแหน่ง | ไม่ตรงตำแหน่ง |
|--------------------|------------|---------------|
| 1                  | /          |               |
| 2                  | /          |               |
| 3                  | /          |               |
| 4                  |            | /             |
| 5                  |            |               |
| 6                  | /          |               |
| 7                  | /          |               |
| 8                  | /          | /             |
| 9                  | /          |               |
| 10                 | /          |               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการเลื่อนแขนกล

| %PWM | PWM | First time (cm) | Second time (cm) | Third time (cm) | Average (cm) | % error |
|------|-----|-----------------|------------------|-----------------|--------------|---------|
| 68   | 173 | 29.5            | 29.5             | 29.4            | 29.46        | 1.80    |
| 69   | 176 | 29.5            | 29.5             | 30.0            | 29.66        | 1.13    |
| 70   | 179 | 30.0            | 30.0             | 30.0            | 30.00        | 0.00    |
| 71   | 181 | 31.1            | 31.1             | 31.1            | 31.10        | -3.66   |
| 72   | 184 | 31.1            | 31.1             | 30.9            | 31.03        | -3.43   |

การทดสอบกำหนดค่า PWM ให้เป็นตัวแปรในการปรับตั้งค่าความเร็วของการยกแขนกลขึ้นและลง โดยเลือกค่า PWM ที่ใกล้เคียงจุดที่เราต้องการมากที่สุด จากนั้นจึงนำค่ามาทดลองโดยละเอียด โดยจะทำการเพิ่มหรือลดครั้งละ 1 % เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน

ในการคำนวณหาค่า PWM จะใช้สมการดังนี้

$$PWM = \frac{X \times 255}{100}$$

เมื่อ PWM คือ ค่าตัวตั้งไซเคิลที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

X คือ ร้อยละของปริมาณที่ต้องการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบหุ่นยนต์สำรวจ กับผลงานหุ่นยนต์สำรวจตัวเก่า

| เปรียบเทียบความแตกต่าง     |                           |                           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ส่วนของการเปรียบเทียบ      | หุ่นยนต์สำรวจตัวใหม่      | หุ่นยนต์สำรวจตัวเก่า      |
| 1. วัสดุโครงสร้างลำตัว     | Aluminum                  | อะคริลิก                  |
| 2. วัสดุโครงสร้างแขนกล     | อะคริลิก                  | ไม่มี                     |
| 3. การรับน้ำหนักอุปกรณ์    | 6 กิโลกรัม                | 2 กิโลกรัม                |
| 4. ความสูง                 | 20 เซนติเมตร              | 8 เซนติเมตร               |
| 5. ความเร็วการเคลื่อนที่   | 2.35 เมตร/วินาที          | 2.05 เมตร/วินาที          |
| 6. แบตเตอรี่               | 3400 mAh 4 ก้อน           | 3400 mAh 2 ก้อน           |
| 7. ความมั่นคงการเคลื่อนที่ | มีความมั่นคงสูง           | ปานกลาง                   |
| 8. ความแข็งแรง             | มีความแข็งแรงสูง          | มีความแข็งแรงน้อย         |
| 9. ระยะเวลาทำงาน           | ตามความสามารถของ wireless | ตามความสามารถของ wireless |
| 10. เวลาในการใช้งาน        | 20 นาทีขึ้นไป             | 10-15 นาที                |
| 11. รูปแบบการเชื่อมต่อ     | สัญญาณ Wireless           | สัญญาณ Wireless           |
| 12. รูปแบบการควบคุม        | จอยไร้สาย                 | จอยไร้สาย                 |
| 13. ส่งภาพกลับมายังผู้ใช้  | camera                    | camera                    |
| 14. การข้ามสิ่งกีดขวาง     | ไม่เกิน 5 เซนติเมตร       | ไม่ได้                    |

จากตารางการเปรียบเทียบผลงานเก่า กับหุ่นยนต์สำรวจ จะเห็นได้ถึงความแตกต่างของผลงานทั้งสองซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเห็นได้ชัดเจนว่าหุ่นยนต์ มีประสิทธิภาพและความสามารถมากกว่า ทั้งในด้านส่วนของการออกแบบโครงสร้าง Hardware ส่วนของการโปรแกรมควบคุม Software และส่วนของการเชื่อมต่อรวมไปถึงระบบแขนกลที่มีอยู่ในตัวของหุ่นยนต์สำรวจตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบ การดำเนินงาน และทดสอบโครงการหุ่นยนต์สำรวจ ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการสรุปผล ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคของการทำโครงการนี้ รวมทั้งข้อเสนอแนะในการนำเอาโครงการไปพัฒนาต่อ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจ

#### 5.1 สรุปผลการทำโครงการ

โครงการ หุ่นยนต์สำรวจควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบจนถึงขั้นตอนการสร้างอาจเกิดปัญหาในบางส่วน เนื่องมาจากการออกแบบที่ต้องเน้นถึงความแข็งแรงคงทนในการรับน้ำหนักและตัวหุ่นยนต์ต้องมีน้ำหนักที่เหมาะสมกับมอเตอร์จึงเลือกใช้ตัวถังหุ่นยนต์เป็นอลูมิเนียม และในส่วนของแขนกลเลือกใช้เป็นแผ่นอะครีลิกหนาในการทำส่วนข้อต่อต่างๆ

การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจนั้นสามารถควบคุมการทำงานได้ผ่านทางสัญญาณ Wireless โดยควบคุมการทำงานจากจอยไร้สาย เพื่อที่จะใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์การหมุนปรับมุมของแขนกล จากความพยายามในการทำโครงการครั้งนี้ทำให้ได้ผล ดังนี้

5.1.1 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ จากการควบคุมการทำงานของ DC motor และ แขนกลสามารถเคลื่อนหยับจับวัตถุได้ จากการควบคุมการทำงานของ Servo motor โดยใช้ Microcontroller ตามที่ได้โปรแกรมเอาไว้

5.1.2 สามารถควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์สำรวจผ่านทาง Wireless

5.1.3 หุ่นยนต์สามารถเดินบนพื้นผิวขรุขระและเคลื่อนที่ข้ามสิ่งกีดขวางที่มีขนาด ไม่เกิน 5 เซนติเมตรได้

5.1.4 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ได้ ดังนี้ ได้แก่ เดินหน้า, เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา, ถอยหลัง และส่วนของแขนกล ข้อต่อต่างๆสามารถหมุนเคลื่อนที่ได้ตามที่โปรแกรมไว้

5.1.5 สามารถแสดงภาพที่หุ่นยนต์ส่งกลับมายังผู้ควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) ผู้จัดทำโครงการนี้ ขาดประสบการณ์และความชำนาญ ทำให้ใช้เวลานานในการศึกษา ออกแบบ สร้าง และเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ
- 2) วงจร และ Servo motor ที่ใช้งานนั้น ต้องการค่าแอมแปร์สูงกว่าแบตเตอรี่ธรรมดาทั่วไป จึงทำให้เกิดปัญหา ในภาคจ่ายไฟของหุ่นยนต์
- 3) ผู้จัดทำขาดประสบการณ์ และความชำนาญในการเขียนโปรแกรมในส่วนหลักและโปรแกรมในส่วนการควบคุมแขนกลของหุ่นยนต์ ทำให้ใช้เวลานาน ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานต่างๆของหุ่นยนต์
- 4) ปัญหาด้านการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจในบริเวณที่มีตัวกระจายสัญญาณรบกวนอยู่เป็นจำนวนมาก ในการควบคุมนั้นจะหลุดบ่อย และระยะทางในการควบคุมไม่ไกลมากนัก

### 5.2.2 แนวทางการพัฒนา

- 1) พัฒนาให้ตัวหุ่นยนต์สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น
- 2) พัฒนาให้โครงงานสร้างมีน้ำหนักที่เบาลง
- 3) พัฒนาการเขียนโปรแกรมให้ Servo ที่ควบคุมแขนกลนิ่งมากขึ้น
- 4) พัฒนาให้หุ่นยนต์สำรวจสามารถควบคุมได้ในระยะที่ไกลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] ทวีทรัพย์ สัญจรดี และ วรพร สุวรรณแสน 2550 “หุ่นยนต์กู้ภัย” ปรินท์งานพิมพ์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [2] วัชรินทร์ เคารพ 2546 คู่มือการใช้งาน Servo motor [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :  
[http://www.kmitl.ac.th/robot/article/servo\\_motor\\_book.pdf](http://www.kmitl.ac.th/robot/article/servo_motor_book.pdf) (25 สิงหาคม 2560)
- [3] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554 ภาษาซี [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:  
<http://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาซี> (25 สิงหาคม 2560)
- [4] ปกรณ์ ศานติวัฒน์และ ปณิตดา แสงเทียนชัย 2550 การแปลงสัญญาณอนาล็อก-ดิจิทัล [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://www.cpe.ku.ac.th/yuen/204471/conversion/adc>  
 (6 พฤศจิกายน 2560)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก



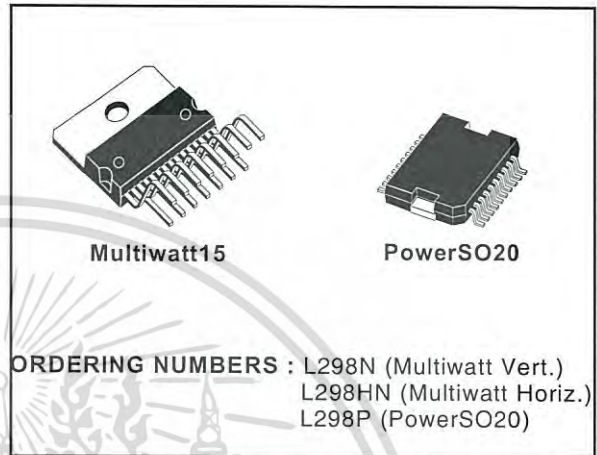
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

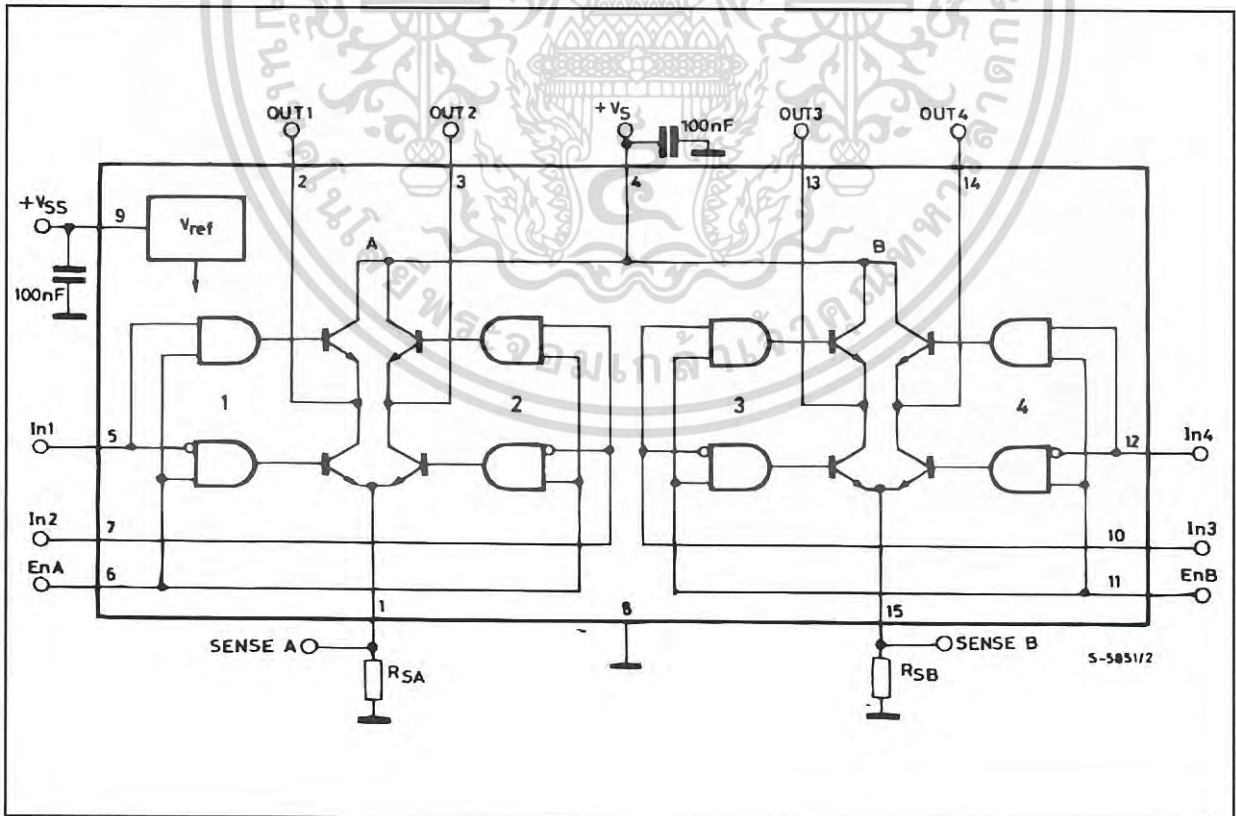
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

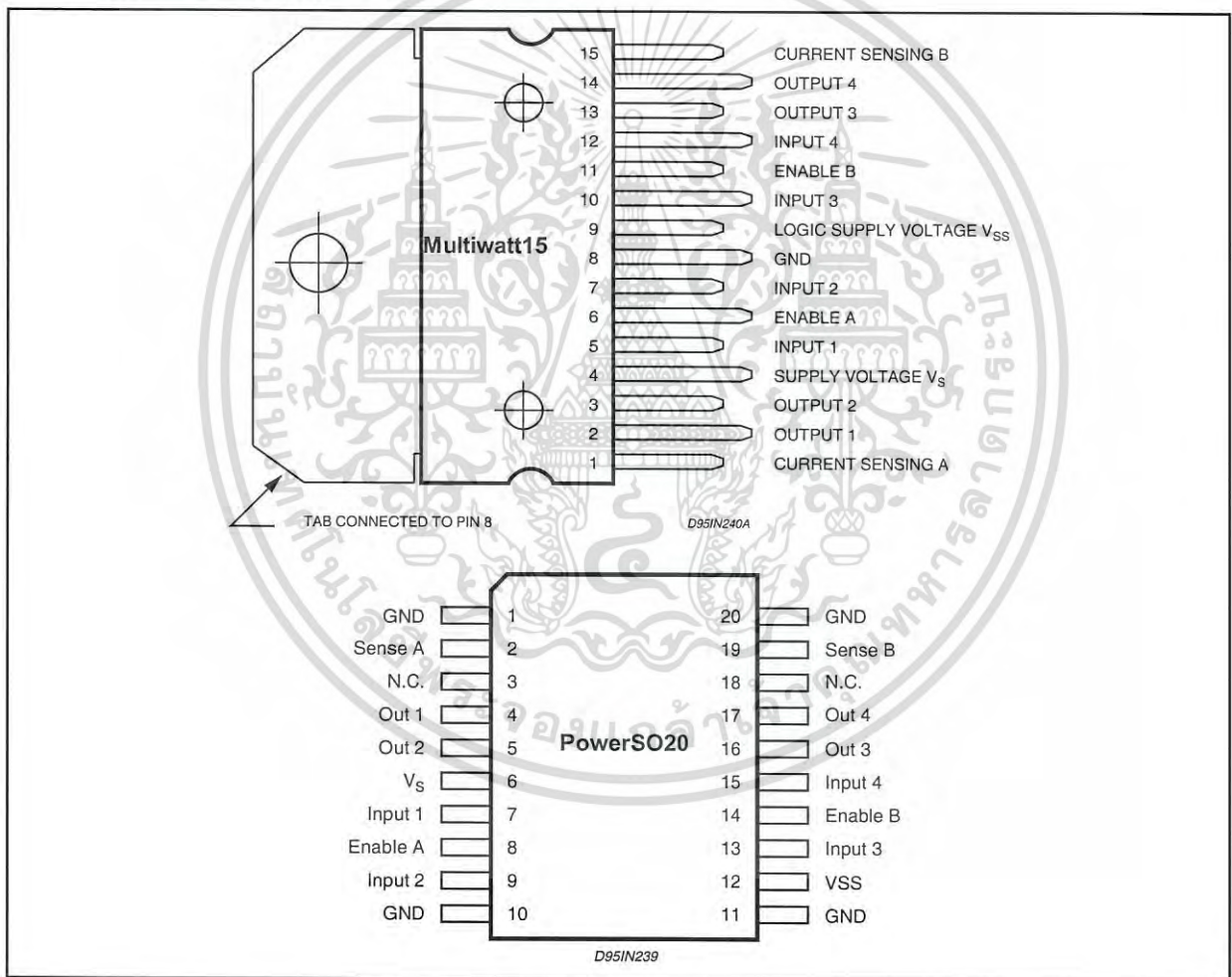
### BLOCK DIAGRAM



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

| Symbol                            | Parameter  | Value      | Unit |
|-----------------------------------|--|------------|------|
| V <sub>S</sub>                    | Power Supply   | 50         | V    |
| V <sub>SS</sub>                   | Logic Supply Voltage                                   | 7          | V    |
| V <sub>I</sub> , V <sub>en</sub>  | Input and Enable Voltage                               | -0.3 to 7  | V    |
| I <sub>O</sub>                    | Peak Output Current (each Channel)                     |            |      |
|                                   | - Non Repetitive (t = 100μs)                           | 3          | A    |
|                                   | - Repetitive (80% on -20% off; t <sub>on</sub> = 10ms) | 2.5        | A    |
|                                   | -DC Operation  | 2          | A    |
| V <sub>sens</sub>                 | Sensing Voltage  | -1 to 2.3  | V    |
| P <sub>tot</sub>                  | Total Power Dissipation (T <sub>case</sub> = 75°C)     | 25         | W    |
| T <sub>op</sub>                   | Junction Operating Temperature                         | -25 to 130 | °C   |
| T <sub>stg</sub> , T <sub>j</sub> | Storage and Junction Temperature                       | -40 to 150 | °C   |

**PIN CONNECTIONS (top view)**



**THERMAL DATA**

| Symbol                 | Parameter                           | PowerSO20 | Multiwatt15 | Unit |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------|------|
| R <sub>th j-case</sub> | Thermal Resistance Junction-case    | Max.      | 3           | °C/W |
| R <sub>th j-amb</sub>  | Thermal Resistance Junction-ambient | Max.      | 13 (*)      | °C/W |

(\*) Mounted on aluminum substrate



## PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

| MW.15  | PowerSO    | Name               | Function  |
|--------|------------|--------------------|---|
| 1;15   | 2;19       | Sense A; Sense B   | Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.                               |
| 2;3    | 4;5        | Out 1; Out 2       | Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.      |
| 4      | 6          | V <sub>S</sub>     | Supply Voltage for the Power Output Stages.<br>A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground. |
| 5;7    | 7;9        | Input 1; Input 2   | TTL Compatible Inputs of the Bridge A.  |
| 6;11   | 8;14       | Enable A; Enable B | TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).                     |
| 8      | 1,10,11,20 | GND                | Ground.   |
| 9      | 12         | V <sub>SS</sub>    | Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.                          |
| 10; 12 | 13;15      | Input 3; Input 4   | TTL Compatible Inputs of the Bridge B.  |
| 13; 14 | 16;17      | Out 3; Out 4       | Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.     |
| –      | 3;18       | N.C.               | Not Connected   |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

| Symbol                 | Parameter                                      | Test Conditions   | Min.                 | Typ.       | Max.            | Unit     |
|------------------------|--|---|----------------------|------------|-----------------|----------|
| V <sub>S</sub>         | Supply Voltage (pin 4)                         | Operative Condition   | V <sub>IH</sub> +2.5 |            | 46              | V        |
| V <sub>SS</sub>        | Logic Supply Voltage (pin 9)                   |   | 4.5                  | 5          | 7               | V        |
| I <sub>S</sub>         | Quiescent Supply Current (pin 4)               | V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0<br>V <sub>i</sub> = L<br>V <sub>i</sub> = H |                      | 13<br>50   | 22<br>70        | mA<br>mA |
|                        |  | V <sub>en</sub> = L<br>V <sub>i</sub> = X   |                      |            | 4               | mA       |
| I <sub>SS</sub>        | Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9) | V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0<br>V <sub>i</sub> = L<br>V <sub>i</sub> = H |                      | 24<br>7    | 36<br>12        | mA<br>mA |
|                        |  | V <sub>en</sub> = L<br>V <sub>i</sub> = X   |                      |            | 6               | mA       |
| V <sub>iL</sub>        | Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)          |   | –0.3                 |            | 1.5             | V        |
| V <sub>iH</sub>        | Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)         |   | 2.3                  |            | V <sub>SS</sub> | V        |
| I <sub>iL</sub>        | Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)  | V <sub>i</sub> = L  |                      |            | –10             | μA       |
| I <sub>iH</sub>        | High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12) | V <sub>i</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V  |                      | 30         | 100             | μA       |
| V <sub>en</sub> = L    | Enable Low Voltage (pins 6, 11)                |   | –0.3                 |            | 1.5             | V        |
| V <sub>en</sub> = H    | Enable High Voltage (pins 6, 11)               |   | 2.3                  |            | V <sub>SS</sub> | V        |
| I <sub>en</sub> = L    | Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)        | V <sub>en</sub> = L   |                      |            | –10             | μA       |
| I <sub>en</sub> = H    | High Voltage Enable Current (pins 6, 11)       | V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V   |                      | 30         | 100             | μA       |
| V <sub>CEsat</sub> (H) | Source Saturation Voltage                      | I <sub>L</sub> = 1A<br>I <sub>L</sub> = 2A  | 0.95                 | 1.35<br>2  | 1.7<br>2.7      | V<br>V   |
| V <sub>CEsat</sub> (L) | Sink Saturation Voltage                        | I <sub>L</sub> = 1A (5)<br>I <sub>L</sub> = 2A (5)                                  | 0.85                 | 1.2<br>1.7 | 1.6<br>2.3      | V<br>V   |
| V <sub>CEsat</sub>     | Total Drop                                     | I <sub>L</sub> = 1A (5)<br>I <sub>L</sub> = 2A (5)                                  | 1.80                 |            | 3.2<br>4.9      | V<br>V   |
| V <sub>sens</sub>      | Sensing Voltage (pins 1, 15)                   |   | –1 (1)               |            | 2               | V        |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

| Symbol                            | Parameter                     | Test Conditions                                    | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|------|------|------|------|
| T <sub>1</sub> (V <sub>i</sub> )  | Source Current Turn-off Delay | 0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 1.5  |      | μs   |
| T <sub>2</sub> (V <sub>i</sub> )  | Source Current Fall Time      | 0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 0.2  |      | μs   |
| T <sub>3</sub> (V <sub>i</sub> )  | Source Current Turn-on Delay  | 0.5 V <sub>i</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 2    |      | μs   |
| T <sub>4</sub> (V <sub>i</sub> )  | Source Current Rise Time      | 0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 0.7  |      | μs   |
| T <sub>5</sub> (V <sub>i</sub> )  | Sink Current Turn-off Delay   | 0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 0.7  |      | μs   |
| T <sub>6</sub> (V <sub>i</sub> )  | Sink Current Fall Time        | 0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 0.25 |      | μs   |
| T <sub>7</sub> (V <sub>i</sub> )  | Sink Current Turn-on Delay    | 0.5 V <sub>i</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 1.6  |      | μs   |
| T <sub>8</sub> (V <sub>i</sub> )  | Sink Current Rise Time        | 0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 0.2  |      | μs   |
| f <sub>c</sub> (V <sub>i</sub> )  | Commutation Frequency         | I <sub>L</sub> = 2A                                |      | 25   | 40   | KHz  |
| T <sub>1</sub> (V <sub>en</sub> ) | Source Current Turn-off Delay | 0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4) |      | 3    |      | μs   |
| T <sub>2</sub> (V <sub>en</sub> ) | Source Current Fall Time      | 0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 1    |      | μs   |
| T <sub>3</sub> (V <sub>en</sub> ) | Source Current Turn-on Delay  | 0.5 V <sub>en</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (2); (4) |      | 0.3  |      | μs   |
| T <sub>4</sub> (V <sub>en</sub> ) | Source Current Rise Time      | 0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (2); (4)  |      | 0.4  |      | μs   |
| T <sub>5</sub> (V <sub>en</sub> ) | Sink Current Turn-off Delay   | 0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4) |      | 2.2  |      | μs   |
| T <sub>6</sub> (V <sub>en</sub> ) | Sink Current Fall Time        | 0.9 I <sub>L</sub> to 0.1 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 0.35 |      | μs   |
| T <sub>7</sub> (V <sub>en</sub> ) | Sink Current Turn-on Delay    | 0.5 V <sub>en</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4) |      | 0.25 |      | μs   |
| T <sub>8</sub> (V <sub>en</sub> ) | Sink Current Rise Time        | 0.1 I <sub>L</sub> to 0.9 I <sub>L</sub> (3); (4)  |      | 0.1  |      | μs   |

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V<sub>sens min</sub> ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

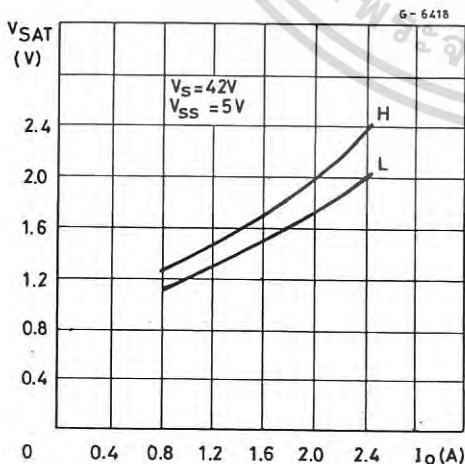
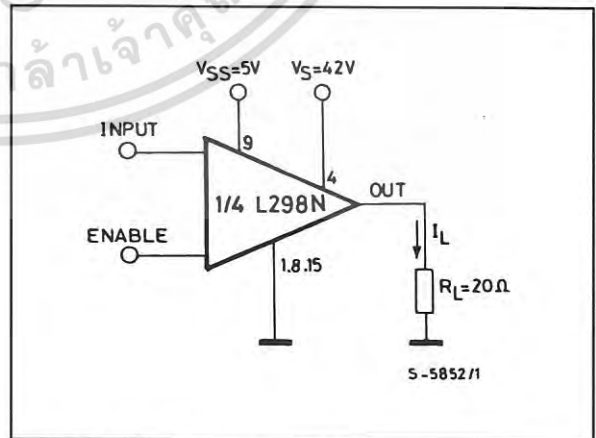


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

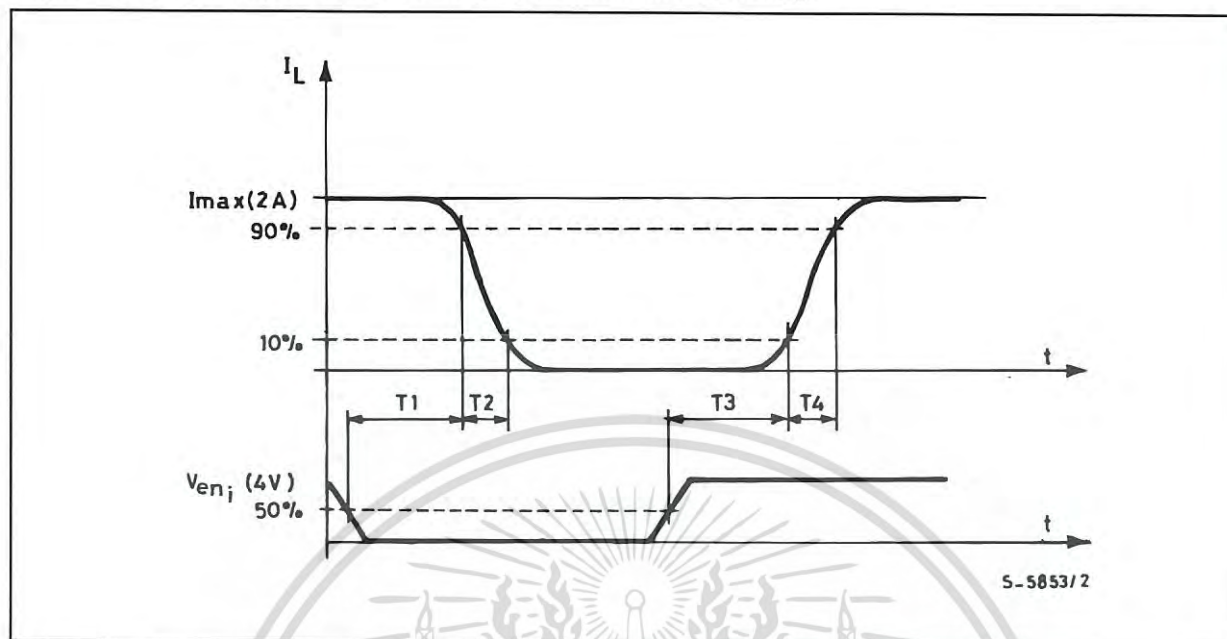
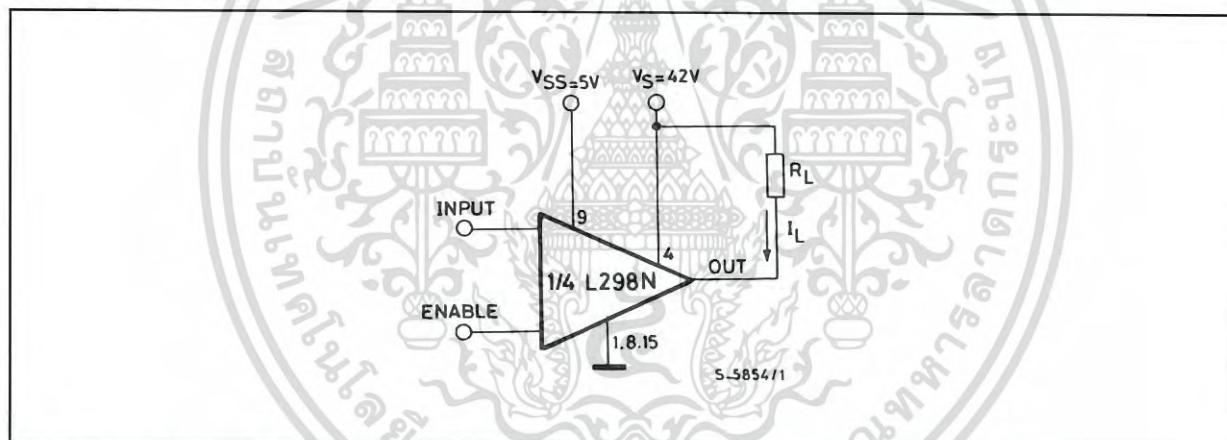


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = L

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

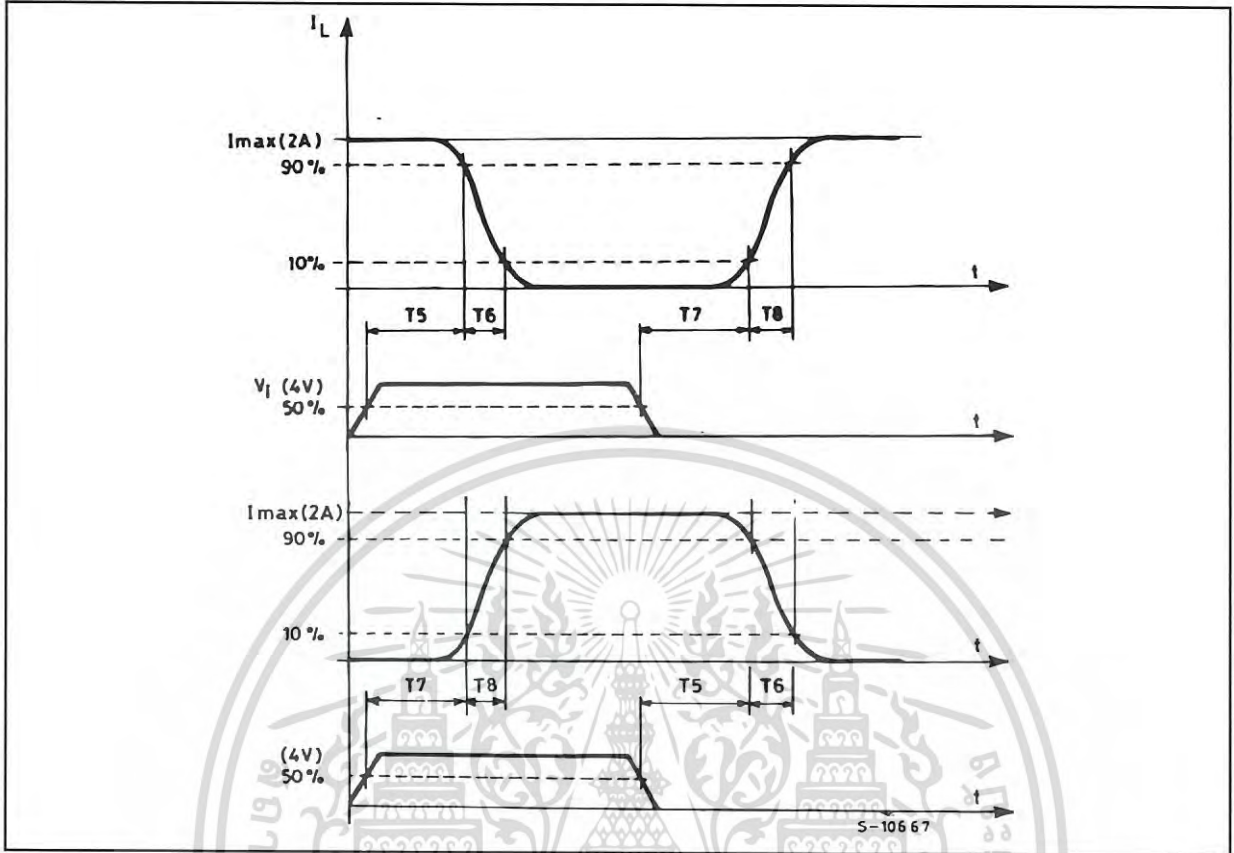
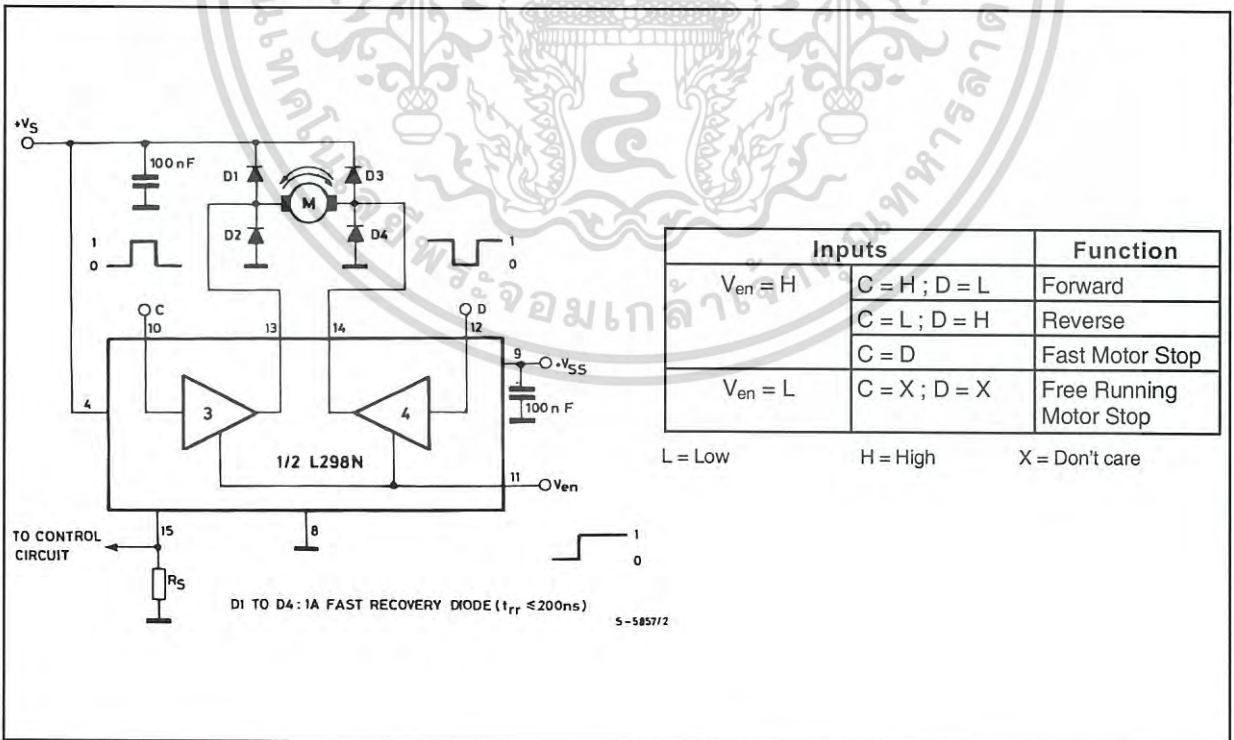
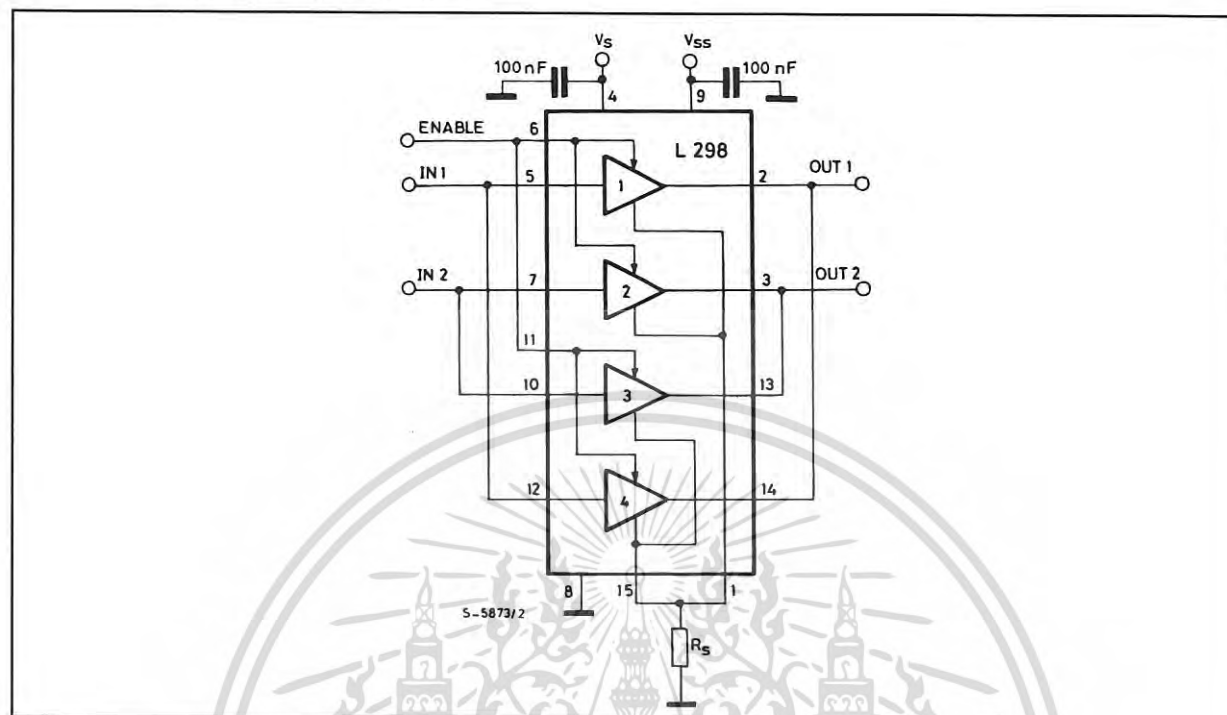


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.



**Figure 7 :** For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor ( $R_{SA}$  ;  $R_{SB}$ ) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $In1$  ;  $In2$  ;  $EnA$  and  $In3$  ;  $In4$  ;  $EnB$ . The  $In$  inputs set the bridge state when The  $En$  input is high ; a low state of the  $En$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

## 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_s$  and  $V_{ss}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_s$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

## 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes  $D1$  to  $D4$  is made by four fast recovery elements ( $trr \leq 200$  nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Schottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

**Figure 8 :** Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

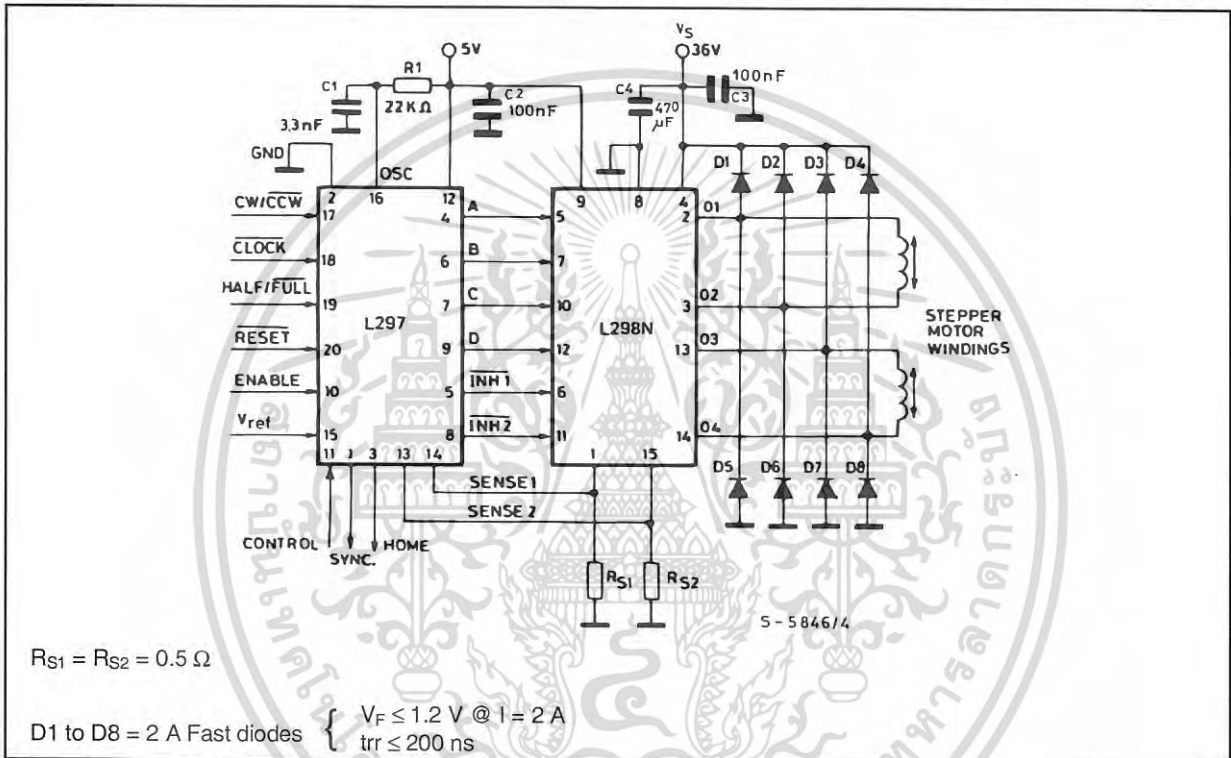


Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

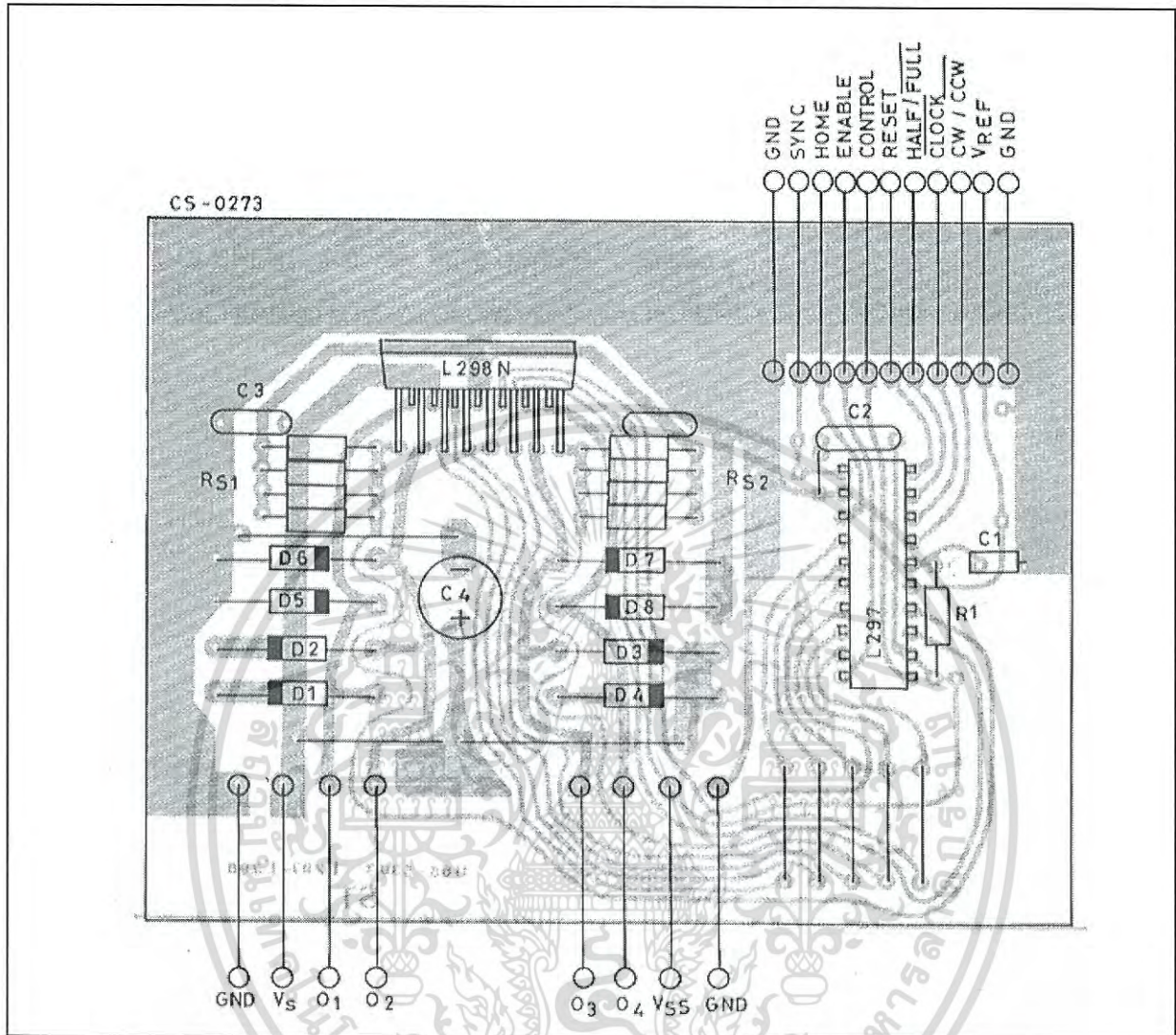
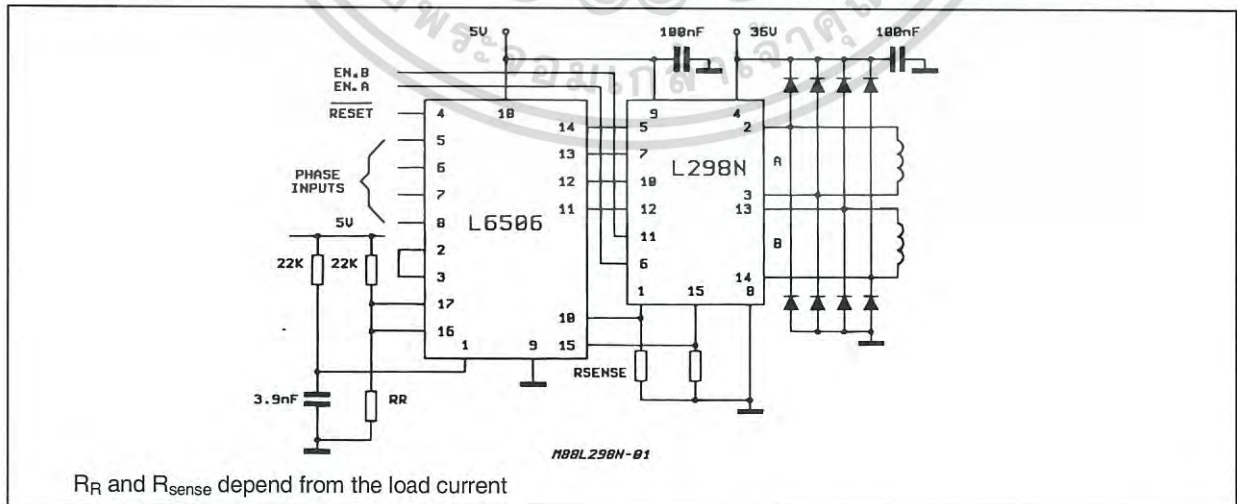
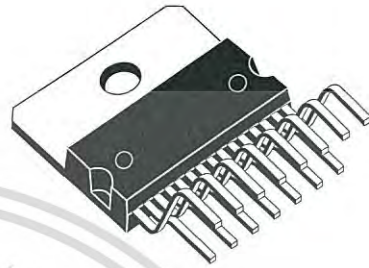


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

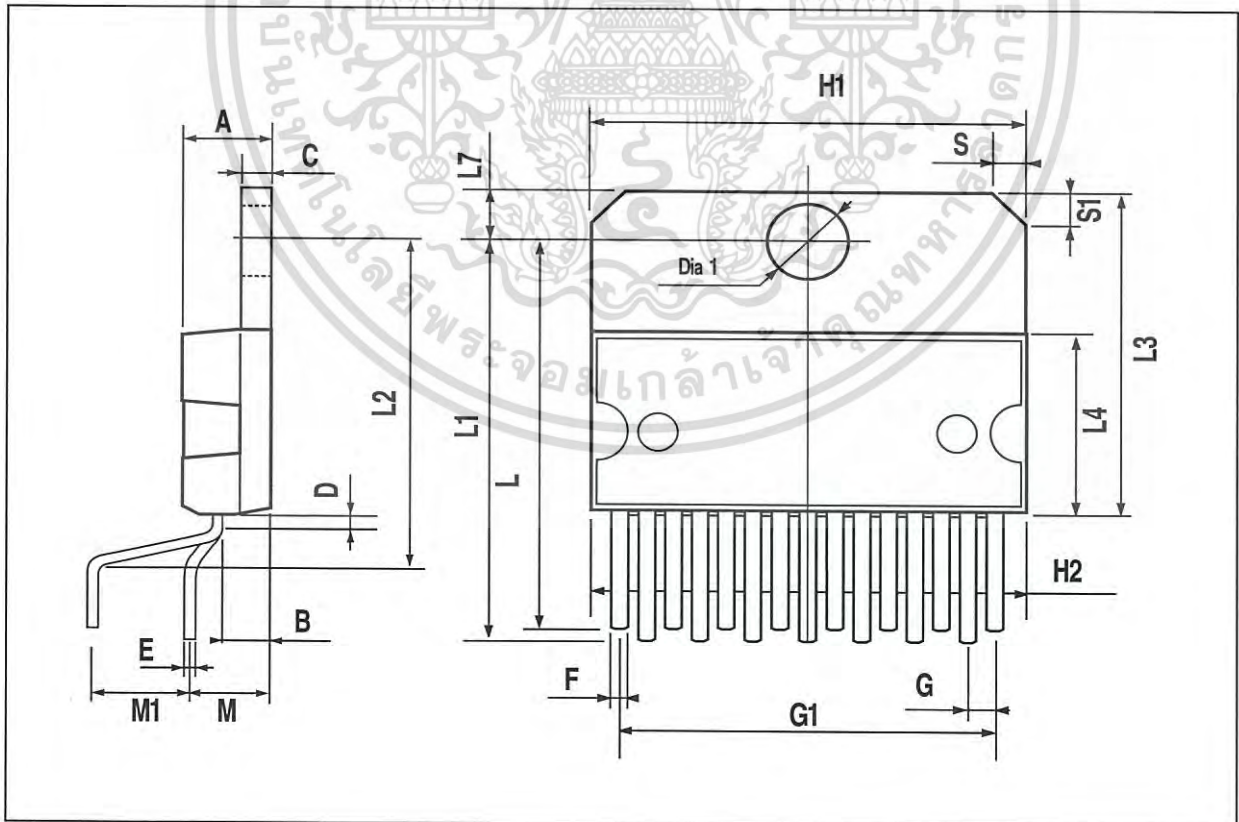


| DIM. | mm    |       |       | inch  |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | MIN.  | TYP.  | MAX.  | MIN.  | TYP.  | MAX.  |
| A    |       |       | 5     |       |       | 0.197 |
| B    |       |       | 2.65  |       |       | 0.104 |
| C    |       |       | 1.6   |       |       | 0.063 |
| D    |       | 1     |       |       | 0.039 |       |
| E    | 0.49  |       | 0.55  | 0.019 |       | 0.022 |
| F    | 0.66  |       | 0.75  | 0.026 |       | 0.030 |
| G    | 1.02  | 1.27  | 1.52  | 0.040 | 0.050 | 0.060 |
| G1   | 17.53 | 17.78 | 18.03 | 0.690 | 0.700 | 0.710 |
| H1   | 19.6  |       |       | 0.772 |       |       |
| H2   |       |       | 20.2  |       |       | 0.795 |
| L    | 21.9  | 22.2  | 22.5  | 0.862 | 0.874 | 0.886 |
| L1   | 21.7  | 22.1  | 22.5  | 0.854 | 0.870 | 0.886 |
| L2   | 17.65 |       | 18.1  | 0.695 |       | 0.713 |
| L3   | 17.25 | 17.5  | 17.75 | 0.679 | 0.689 | 0.699 |
| L4   | 10.3  | 10.7  | 10.9  | 0.406 | 0.421 | 0.429 |
| L7   | 2.65  |       | 2.9   | 0.104 |       | 0.114 |
| M    | 4.25  | 4.55  | 4.85  | 0.167 | 0.179 | 0.191 |
| M1   | 4.63  | 5.08  | 5.53  | 0.182 | 0.200 | 0.218 |
| S    | 1.9   |       | 2.6   | 0.075 |       | 0.102 |
| S1   | 1.9   |       | 2.6   | 0.075 |       | 0.102 |
| Dia1 | 3.65  |       | 3.85  | 0.144 |       | 0.152 |

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**



**Multiwatt15 V**

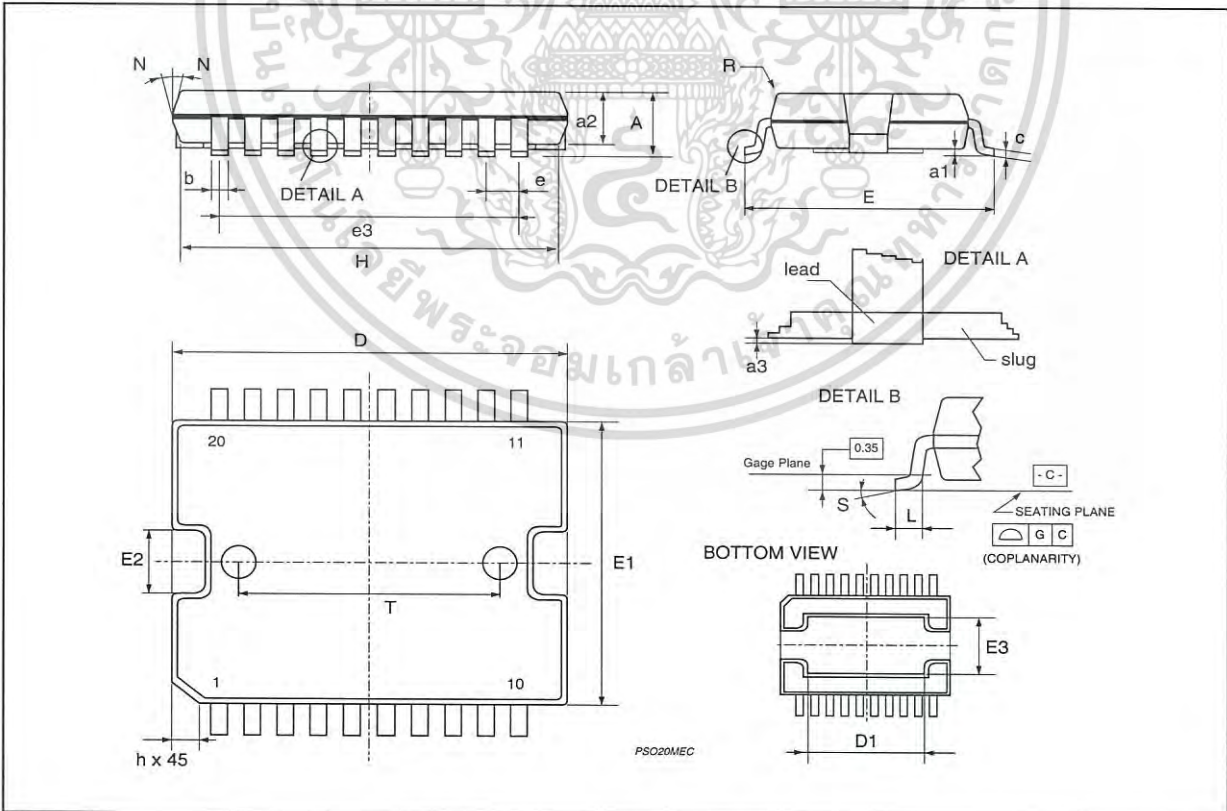




| DIM.   | mm   |       |            | inch  |       |       |
|--------|------|-------|------------|-------|-------|-------|
|        | MIN. | TYP.  | MAX.       | MIN.  | TYP.  | MAX.  |
| A      |      |       | 3.6        |       |       | 0.142 |
| a1     | 0.1  |       | 0.3        | 0.004 |       | 0.012 |
| a2     |      |       | 3.3        |       |       | 0.130 |
| a3     | 0    |       | 0.1        | 0.000 |       | 0.004 |
| b      | 0.4  |       | 0.53       | 0.016 |       | 0.021 |
| c      | 0.23 |       | 0.32       | 0.009 |       | 0.013 |
| D (1)  | 15.8 |       | 16         | 0.622 |       | 0.630 |
| D1     | 9.4  |       | 9.8        | 0.370 |       | 0.386 |
| E      | 13.9 |       | 14.5       | 0.547 |       | 0.570 |
| e      |      | 1.27  |            |       | 0.050 |       |
| e3     |      | 11.43 |            |       | 0.450 |       |
| E1 (1) | 10.9 |       | 11.1       | 0.429 |       | 0.437 |
| E2     |      |       | 2.9        |       |       | 0.114 |
| E3     | 5.8  |       | 6.2        | 0.228 |       | 0.244 |
| G      | 0    |       | 0.1        | 0.000 |       | 0.004 |
| H      | 15.5 |       | 15.9       | 0.610 |       | 0.626 |
| h      |      |       | 1.1        |       |       | 0.043 |
| L      | 0.8  |       | 1.1        | 0.031 |       | 0.043 |
| N      |      |       | 10° (max.) |       |       |       |
| S      |      |       | 8° (max.)  |       |       |       |
| T      |      | 10    |            |       | 0.394 |       |

(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").  
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
 © 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
 Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.  
<http://www.st.com>

