หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์
ROBOTIC SOLAR PANEL CLEANER

จาตุรันต์ ดวงไพชุม
ณัชพล อินต๊ะแก้ว
อนุกูล สิงห์เถื่อน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

ROBOTIC SOLAR PANEL CLEANER

จาตุรันต์ ดวงไพชุม

ณัชพล อินต๊ะแก้ว

อนุกูล สิงห์เถื่อน

b00264472
TB00001

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC SOLAR PANEL CLEANER

JATURUN DUANGPHAICHOOM

NUCHAPOL INTAKEAW

ANUKUL SINGHTEAN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERRING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

ROBOTIC SOLAR PANEL CLEANER

ผู้จัดทำ นายจาตุรันต์ ดวงไพชุม 57010168

นายณัชพล อินต๊ะแก้ว 57010392

นายอนุกูล สิงห์เถื่อน 57011466

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

โดย

นายจาตุรันต์ ดวงไพชุม 57010168

นายณัชพล อินต๊ะแก้ว 57010392

นายอนุกูล สิงห์เถื่อน 57011466

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการออกแบบ และพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งความไม่สะอาดของแผงโซลาร์เซลล์จะส่งผลให้การผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพลดน้อยลง จึงจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์อย่างสม่ำเสมอ หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลไร้สาย สามารถทำงานได้ในพื้นที่ลาดเอียง 0-15 องศา ช่วยเพิ่มความสะดวกสบาย ลดระยะเวลาในการทำงาน ลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ และยังทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความสะอาดนั้นจะส่งผลดีต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC SOLAR PANEL CLEANER

By

Mr. Jaturun	Duangphaichoom	57010168
Mr. Nuchapol	Intakeaw	57010392
Mr. Anukul	Singthuan	57011466

Advisor

Asst.Prof.Dr. Noppadol Maneerat

Academic Year 2560

ABSTRACT

This project proposes the "Robotic Solar Panel Cleaner" to use in household and industry. This robotic increases efficiency of electricity production. When the solar panel is uncleanness it will decrease efficiency of electricity production. So it is important to clean the solar panel frequently. The robotic solar panel cleaner has wireless control. The robot can work in slope 0-15 degrees, comfortable, reduced cleaning time and hiring cost. The clean cell panels will have good efficiency in the electricity generation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยการให้ความดูแลและให้คำแนะนำของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำโครงงานนี้ ที่คอยชี้แนะแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ และให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือ และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยอบรม สั่งสอน ชี้แนะแนวทางที่ดีแก่คณะผู้จัดทำเสมอมา ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและแก้ปัญหาในการทำงาน

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา และครอบครัวญาติพี่น้อง ที่คอยอยู่ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในหลายๆ อย่าง ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้จนมาเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้จัดทำ
นายจาตุรันต์ ดวงไพชุม
นายณัชพล อินต๊ะแก้ว
นายอนุกูล สิงห์เถื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์	4
2.1.1 ชนิดของโซลาร์เซลล์	4
2.1.2 ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์	5
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์	6
2.1.4 การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์	7
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.2.3 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.4 สัญญาณ PWM	13
2.4.1 การใช้ประโยชน์จาก PWM	14
2.4.2 การส่งค่า PWM ใน Arduino	15
2.5 เซนเซอร์แสง	15
2.5.1 ประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 ประเภทของเซนเซอร์แสง	16
2.6 เทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย	18
2.7 แบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์	19
2.7.1 คุณสมบัติของแบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์	19
2.8 โปรแกรม Arduino IDE	20
2.8.1 ขั้นตอนการใช้งาน Arduino IDE	20
บทที่ 3 การออกแบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์	21
3.1 อุปกรณ์สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์	21
3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
3.1.2 มอเตอร์กระแสตรง	21
3.1.3 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	22
3.1.4 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า	23
3.1.5 เซนเซอร์วัดระยะ	24
3.1.6 รีโมทคอนโทรลระยะไกล	24
3.1.7 แปรงทำความสะอาด	26
3.2 การออกแบบวงจรการทำงานของระบบ	27
3.2.1 อธิบายรายละเอียดการทำงานของระบบ	27
3.3 การออกแบบระบบบังคับและควบคุม	29
3.3.1 อธิบายรายละเอียดการทำงานของ Flowchart	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	31
4.1 การทดลองขับมอเตอร์กระแสตรง	31
4.2 การทดลองเซนเซอร์วัดระยะ	32
4.2 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับระยะไกล	35
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ	36
5.1 การดำเนินงานจัดทำปริญญานิพนธ์	36
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหา	36
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39
ประวัติผู้วิจัย	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Single Crystalline Silicon Solar Cell	4
2.2 Polycrystalline Silicon Solar Cell	5
2.3 Amorphous Silicon Solar Cell	5
2.4 ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์	6
2.5 การทำงานของมอเตอร์กระแสตรง	9
2.6 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันเพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	11
2.7 Arduino	12
2.8 โครงสร้าง Arduino Board	13
2.9 PWM แบบ Center Aligned	13
2.10 PWM แบบ Edge Aligned	14
2.11 กราฟแสดง Duty Cycle	14
2.12 กราฟแสดง Duty Cycle เทียบกับค่า Analog ของ Arduino	15
2.13 หลักการทำงาน Diffuse Reflective Optical Sensor	17
2.14 หลักการทำงาน Retro Reflective Optical Sensor	17
2.15 หลักการทำงาน Through Beam Optical Sensor	18
2.16 ส่วนประกอบภายในแบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์	19
2.17 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE	20
3.1 Arduino Mega 2560	21
3.2 มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA60FM334I	22
3.3 มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA377	22
3.4 BTS7960H-Bridge DC Motor Drive Module	23
3.5 Motor Drive Module L298N	23
3.6 แบตเตอรี่ Lithium Polymer (LiPo)	24
3.7 เซนเซอร์วัดระยะ Sharp GP2Y0D805Z0F	24
3.8 PS2 Wireless Controller	25
3.9 แปรงทำความสะอาดแบบโรลเลอร์	26
3.10 โครงสร้างการทำงานของระบบ	27
3.11 Flowchart ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	29
3.12 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ที่สมบูรณ์	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การทดลองมอเตอร์ตัวที่ 1	33
4.2 การทดลองมอเตอร์ตัวที่ 2	34
4.3 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 1	34
4.4 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 2	35
4.5 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 3	36
4.6 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 4	36
4.7 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับระยะไกล	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และตารางแผนการทำงาน โดยมีรายละเอียดที่จะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญนิพนธ์

เนื่องจากในปัจจุบันนี้พลังงานสะอาดเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ทั้งในระดับโรงงานอุตสาหกรรม จนถึงระดับครัวเรือน และพลังงานสะอาดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือเซลล์พลังแสงอาทิตย์ แผงโซลาร์เซลล์นั้นต้องได้รับการดูแลที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ฝุ่นละออง เขม่าควัน และละอองเกสรดอกไม้สามารถลดกำลังการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ลงได้ถึง 20% การสูญเสียประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้จากสิ่งสกปรก ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลงเนื่องจากแสงอาทิตย์นั้นไม่ได้สัมผัสกับตัวเซลล์กำเนิดพลังงานโดยตรง

วิธีพื้นฐานในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ที่นิยมใช้คือ การทำความสะอาดด้วยแรงงานคนโดยใช้แปรงขัดเฉพาะ หรือการใช้ลิฟต์บนรถเครนเพื่อใช้น้ำประปาทำความสะอาด ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายหลายด้านทั้งด้านสาธารณูปโภคและค่าแรง นอกจากนี้ยังมีการใช้งานอุปกรณ์ที่ติดตั้งเสริม เช่น แปรงหัวฉีดและฟองน้ำที่มีการเคลื่อนย้ายไปบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มักจะต้องใช้โซ่และชุดขับกำลังกลให้กับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเคลื่อนที่ ซึ่งยากต่อการบำรุงรักษาที่และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูงขึ้น การแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นโดยใช้หุ่นยนต์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยประหยัดงบประมาณ และค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเครื่องจักรขนาดใหญ่ และการใช้แรงงานคนที่ชำนาญงานที่มีค่าจ้างสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาการผลิตหุ่นยนต์ที่สามารถทำความสะอาดได้
2. เพื่อพัฒนาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino
3. เพื่อประยุกต์ใช้ DC Motor, Distance sensors, Wireless Controller และ Arduino เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำชิ้นงานมาใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพ
2. สามารถลดต้นทุนในการดูแลรักษาความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์
3. เพิ่มความสะดวกสบายในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์
4. ง่ายต่อการซ่อมแซม และบำรุงรักษา
5. ได้รับความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR
2. ใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง
3. หุ่นยนต์ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลระยะไกล
4. ทำงานได้ในระนาบเอียงไม่เกิน 15 องศาจากแนวระดับ

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผงโซลาร์เซลล์ และรูปแบบการติดตั้ง
2. ศึกษาต้นแบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดเพื่อมาปรับใช้กับแผงโซลาร์เซลล์
3. ออกแบบโครงหุ่นยนต์ และออกแบบวงจรการทำงาน
4. เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ทำ และกำหนดค่าใช้จ่าย
5. ทำชิ้นส่วน และประกอบอุปกรณ์ส่วนต่างๆ
6. เขียนโปรแกรมควบคุมคอนโทรลเลอร์ของหุ่นยนต์
7. ทดลองและปรับปรุงแก้ไข
8. สรุปผลและนำไปพัฒนาปรับปรุงต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายระเอียดของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทกล่าวนำวัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตในการค้นคว้า ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์ มอเตอร์กระแสตรง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์แสง และเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

บทที่ 3 หลักการออกแบบและโครงสร้างของวงจรควบคุม ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

บทที่ 4 ผลการทดลองของการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรง เซนเซอร์ และการทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับระยะไกล

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, สัญญาณ PWM, เซนเซอร์แสง, เทคโนโลยีการส่งรับข้อมูลแลบไร้สาย, แบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์ และโปรแกรม Arduino IDE โดยมีรายละเอียดที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ PV เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

2.1.1 ชนิดของโซลาร์เซลล์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Sell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 Single Crystalline Silicon Solar Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 Polycrystalline Silicon Solar Cell

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 Amorphous Silicon Solar Cell

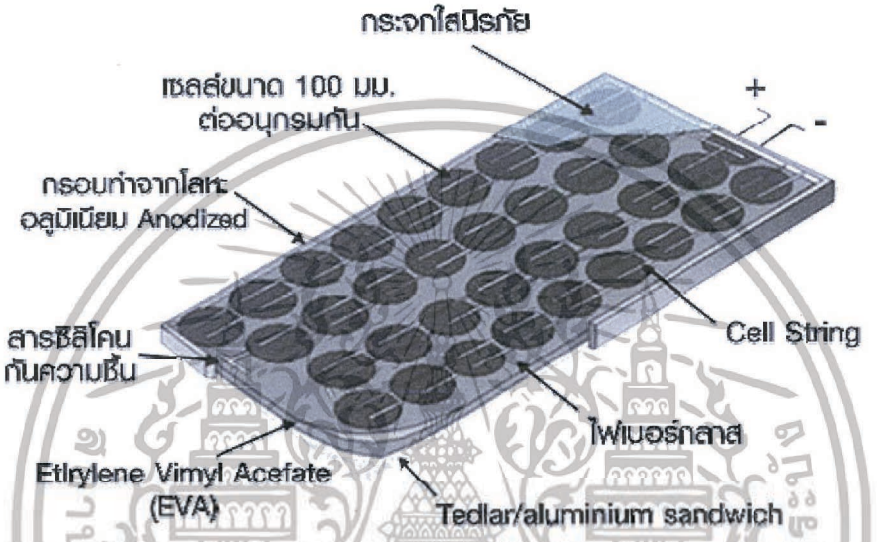
3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์

2.1.2. ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

1. ชนิดของโซลาร์เซลล์

การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของแผงโซลาร์โดยตรงคือ การเลือกใช้เซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าสูง แต่การใช้เซลล์ประสิทธิภาพสูง ย่อมส่งผลให้ราคาของแผงสูงตามด้วย

2. โครงสร้างของแผงโซลาร์เซลล์

โครงสร้างของแผงโซลาร์เซลล์ที่ดีจะช่วยให้แผงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การใช้กระจกที่มีคุณสมบัติลดการสะท้อนแสงเป็นส่วนประกอบของแผง จะช่วยให้เซลล์ได้รับแสงมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ

กระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแข้งของแสง หากแสงที่ตกกระทบแผงโซลาร์มีความเข้มสูง แผงก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก ขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะแปรตามความเข้มแสงน้อยมาก ดังนั้นที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้น เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลง เมื่อเซลล์มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วผู้ผลิตแผงโซลาร์เซลล์จะระบุข้อมูลทางเทคนิคที่วัดจากการทดลองในสภาวะแวดล้อมมาตรฐานคือ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิของแผงที่การใช้งานจริงอาจสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นการออกแบบระบบเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ารวม ที่ต้องการควรคำนึงถึงอุณหภูมิเวลาใช้งานจริง หากโครงสร้างของแผงสามารถระบายความร้อนได้ดี ก็จะช่วยให้ประสิทธิภาพของแผงสูงขึ้นได้อีกด้วย

5. ลักษณะการติดตั้งแผง

หากมีเงาบดบังแผงไฟโซลาร์เซลล์เพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงลดลงอย่างมาก ดังนั้นจึงควรติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในสถานที่ที่ไม่มีเงาของวัตถุใดมาบดบัง องศาการตกกระทบของแสงก็มีผลเช่นกัน โซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อแสงตกกระทบกับเซลล์แบบตั้งฉาก สำหรับประเทศไทยนั้นทิศทางและองศาการติดตั้งแผงที่จะทำให้รับแสงได้ดีที่สุดคือ หันไปทางทิศใต้และทำมุม 15 องศาจากพื้นดิน

6. การดูแลรักษา

เมื่อใช้งานไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ย่อมมีฝุ่นละอองหรือสิ่งปฏิกูล เช่น มูลนก เปื้อนแผงโซลาร์เซลล์ หรืออาจมีต้นไม้งอกขึ้นมาบดบังแสงที่จะตกกระทบแผง ซึ่งมีผลทำให้แผงได้รับแสงลดลงหรือเกิดเงาบนส่วนใดส่วนหนึ่งของแผง ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดลง การทำความสะอาดและดูและไม่ให้เกิดเงามาบดบังแผง จะช่วยให้ประสิทธิภาพของทั้งระบบดีคงเดิมได้

2.1.4 การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

การทำความสะอาดคราบสกปรกและฝุ่นที่เกาะบนแผงโซลาร์เซลล์ สามารถทำได้ด้วยการล้างด้วยน้ำสะอาดและเช็ดคราบสกปรกออก บางครั้งคราบสกปรกจะเป็นพวกยางหรือมูลนกให้ใช้น้ำเย็นล้างและขัดด้วยฟองน้ำ ข้อควรระวังในการทำความสะอาดแผงพลังงานแสงอาทิตย์คือ ห้ามใช้แปรงที่มีขนเป็นโลหะทำความสะอาดผิวของแผงโซลาร์เซลล์ นอกจากนี้ผงซักฟอกก็ไม่ควรใช้ในการทำความสะอาด เพราะอุปกรณ์และน้ำยาทำความสะอาดดังกล่าวจะทำให้เกิดรอยที่ผิวกระจกของแผงพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟฟ้าตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก 2 ชุด มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กัน เกิดแรงผลักดันทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้

2.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

1. สเตเตอร์ (Stator) หรือส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

- เฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

- ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุด แล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque) ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆ แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้าง และเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2. โรเตอร์ (Rotor) หรือ ตัวหมุน

ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Croe) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

- แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Croe) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (Mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มี

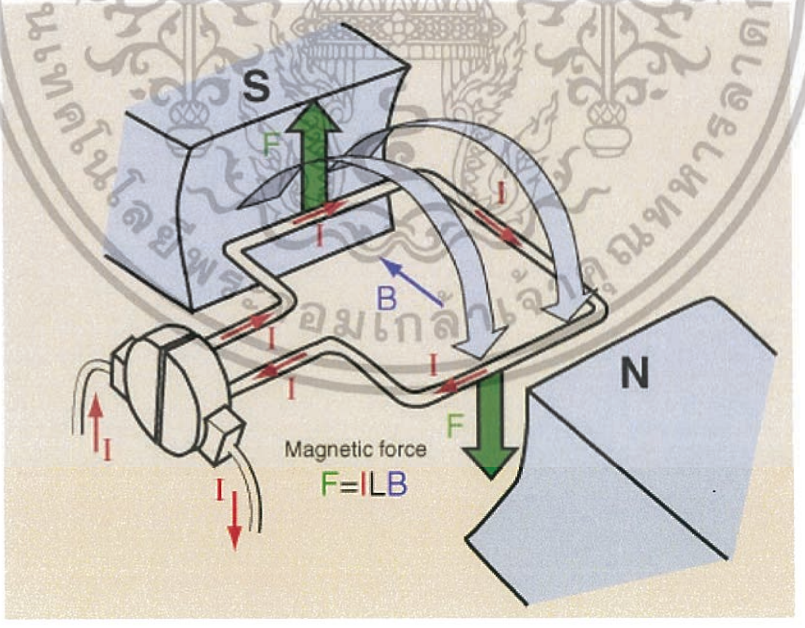
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor Action)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

2.2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปที่คอมมิวเตเตอร์ ผ่านให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ(N) และด้านขวามือเป็นขั้วใต้(S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกัน ตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัวที่ผู้ผลิตกำหนดมา เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นต้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถใช้ไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้น และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ จะมีผลต่ออัตราเร็ว และแรงบิดของมอเตอร์คือ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้ามากอัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

2. การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Dawn)

ในการไหลของกระแสนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่มอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ ไม่ได้ต่อกับโหลดใดๆ นั้นจะมีกระแสไหลผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสนั้นมีความจำเป็นเพราะถ้าหากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วยคือ ถ้าหากจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์มาก อัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ก็จะมากด้วย

3. แรงบิด (Torque)

สำหรับแรงบิดเป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลด ในการพิจารณาเลือกมอเตอร์นั้นถ้าหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่มีน้ำหนักไม่มากนั้น แต่ถ้ามีแรงบิดเพิ่มมากขึ้น สามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นได้ ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้งานมอเตอร์ จึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของมอเตอร์เพื่อที่จะเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานต่อไป

4. อัตราเร็ว (Speed)

ส่วนใหญ่มอเตอร์กระแสตรงจะมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ ตามความต้องการของผู้ใช้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง เป็นต้น สำหรับการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สามารถทำได้โดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปที่ขั้วของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และถ้าต้องการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ก็สามารถทำได้โดยการกลับขั้วการจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์

2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. กรณี No Load

กรณี No Load หรือไม่มีภาระทางกลในการหมุนของมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงสุดค่า e ก็จะสูง ส่งผลให้กระแสไหลเข้ามอเตอร์น้อยที่สุด ซึ่งในทางทฤษฎีจะมีค่าเท่ากับ 0 แต่ในทางปฏิบัติกระแสให้กับมอเตอร์ แต่ถ้าหากต้องการลดความเร็วมอเตอร์ ก็สามารถทำได้โดยการลดแรงดันไฟฟ้า Vs หรือลดกระแสที่ให้กับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อยึดมอเตอร์ไว้ไม่ให้หมุน

เมื่อยึดมอเตอร์ไม่ให้หมุนจะทำให้ e = 0 กระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ Vs/Ra

3. เมื่อมอเตอร์ถูกต่อเข้ากับ Load ใดๆ

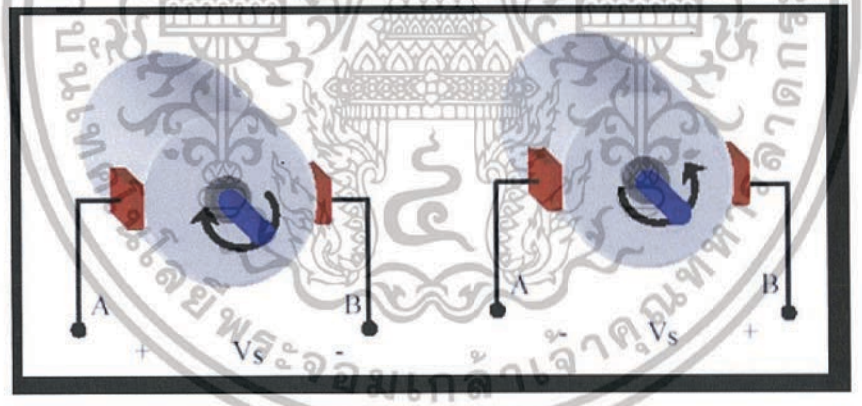
เมื่อมอเตอร์ถูกต่อเข้ากับ Load ความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นกับแรงบิด (Torque) หรือ Load ของมอเตอร์ โดยถ้าหาก Load มากจะต้านการหมุนของมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงและดึงกระแสมาก และในทางกลับกันถ้า Load ต้านทานการหมุนน้อย มอเตอร์จะดึงกระแสน้อยและหมุนเร็วขึ้น

4. ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์

เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ สามารถทำได้โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า Vs หรือเพิ่มกระแสให้มอเตอร์ แต่ถ้าหากต้องการลดความเร็วมอเตอร์ ก็สามารถทำได้โดยการลดแรงดันไฟฟ้า Vs หรือลดกระแสให้กับมอเตอร์

5. การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สามารถทำได้โดยการกลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์



รูปที่ 2.6 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันเพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

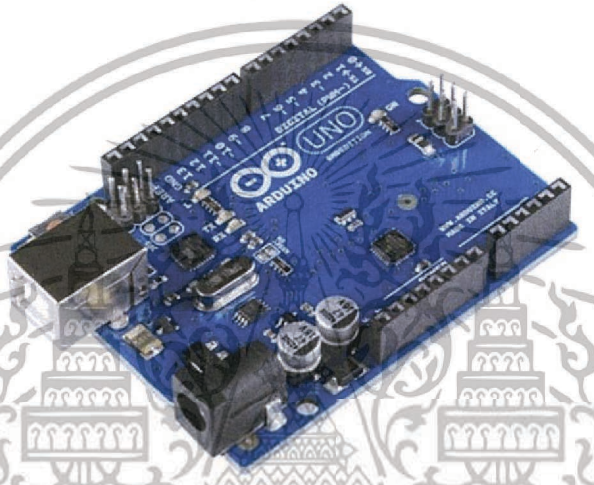
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่าย และสะดวกในการใช้งาน โดยภาษาที่ใช้กับบอร์ดนี้จะมีลักษณะเป็น C/C++ โดยจัดให้มี Library ต่างๆ ให้พร้อมให้เรียกใช้งานได้ทันทีมากมาย ครอบคลุมการติดต่อกับ I/O ต่างๆ ได้หลากหลาย การใช้งานง่ายเพียงเสียบสาย USB ติดตั้งโปรแกรมที่ให้มาก็สามารถประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันที ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนที่เป็น Hardware คือ บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino, โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ ตามสเปคที่ต้องการ

- ส่วนที่เป็น Software คือ ภาษา Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการเขียนแบบเดียวกับภาษา C/C++ และ Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอับโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)

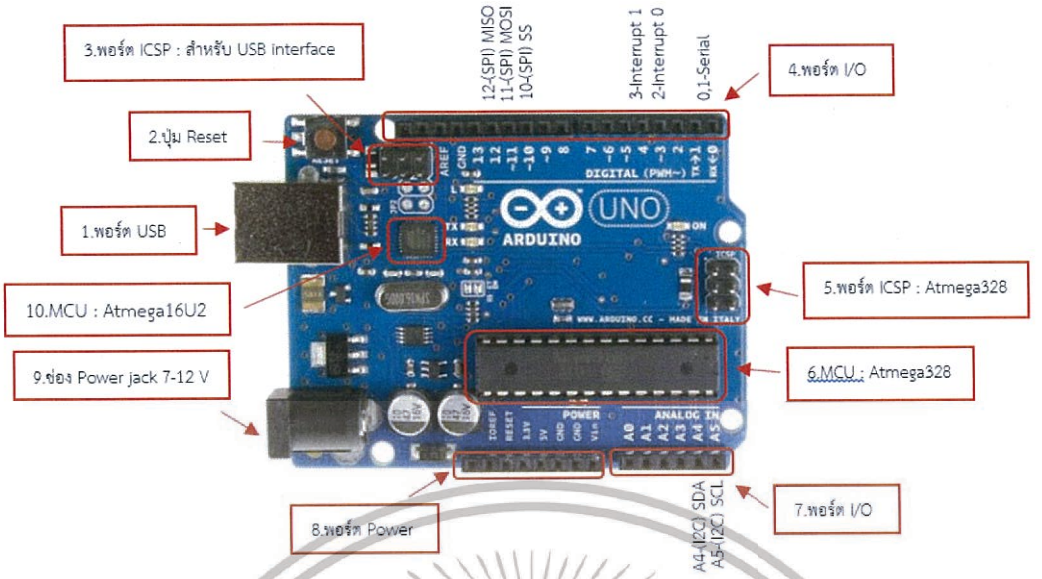


รูปที่ 2.7 Arduino

บอร์ด Arduino มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8 และมีจุดเด่นคือ เรียนรู้และใช้งานง่าย เนื่องจากมีคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนในการใช้งานมีรูปแบบง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งถึงแม้ว่า Arduino เองจะมีรูปแบบการใช้งานคล้ายๆ กับไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ เช่น Basic Stamp, BX-24, Handy Board เป็นต้น แต่มีจุดเด่นที่ไม่เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ อย่างเช่น

1. ราคาไม่แพง เนื่องจาก Source Code และวงจรแจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรขึ้นเองได้
2. โปรแกรมที่ใช้พัฒนารองรับการทำงานทั้ง Windows, Linux และ Macintosh OSX
3. มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้กับงานจริงที่มีความซับซ้อนมากๆ ได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ๆ มาใช้งานเองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้นแล้ว

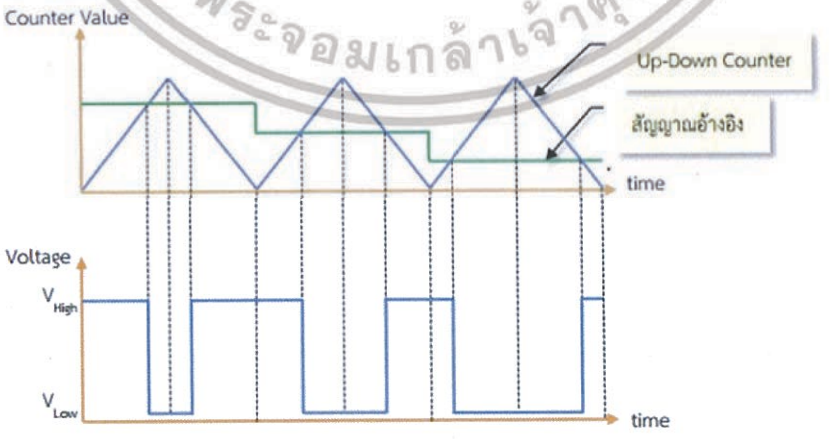
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้าง Arduino Board

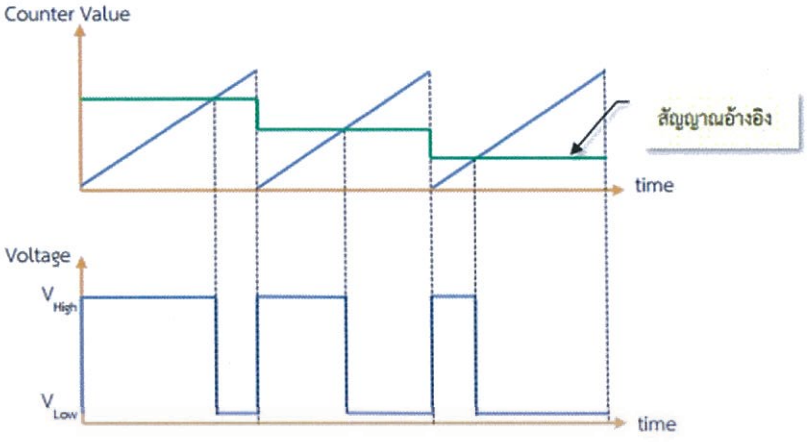
2.4 สัญญาณ PWM

PWM ย่อมจาก Pulse Width Modulation คือ การปรับความกว้างของพัลซ์สามารถทำได้โดยนำสัญญาณสองชุดมาเปรียบเทียบกัน โดยสัญญาณชุดแรกคือ สัญญาณสามเหลี่ยม กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลซ์ (สัญญาณอ้างอิง) สัญญาณ PWM เป็นที่นิยมนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปรับความเร็วของ DC Motor หรือความสว่างของหลอดไฟ โดยมีข้อดีคือ ลดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากมีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง และสามารถเชื่อมต่อกับ Microcontroller หรือคอมพิวเตอร์ได้ง่าย ถ้าต้องการส่งพลังงานไปยังอุปกรณ์มาก ให้ปรับ Duty Cycle มาก หากต้องการส่งพลังงานน้อย ให้ปรับ Duty Cycle น้อย เป็นต้น ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10



รูปที่ 2.9 PWM แบบ Center Aligned

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

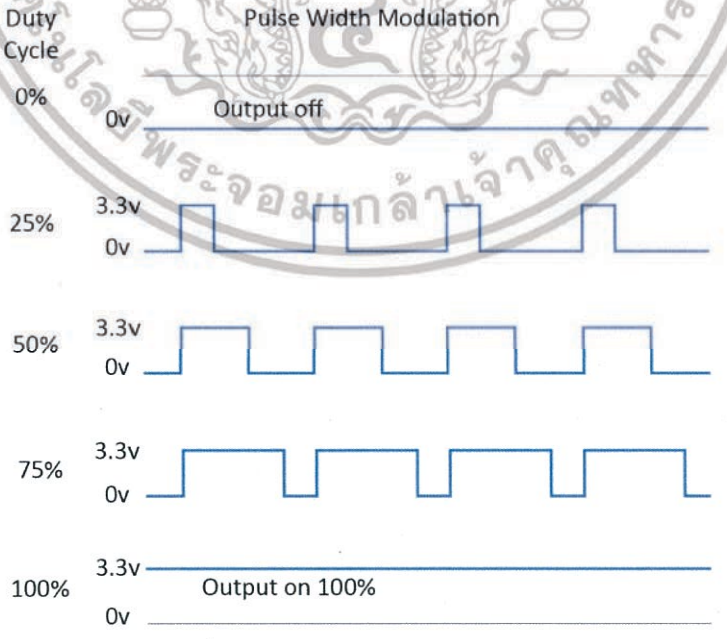


รูปที่ 2.10 PWM แบบ Edge Aligned

2.4.1 การใช้ประโยชน์จาก PWM

ในระบบดิจิตอลนั้นจะมีสัญญาณแค่ High และ Low ลองนึกภาพว่า ถ้าต้องการจะนำระบบดิจิตอลไปควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องควบคุมด้วยสัญญาณ Analog เช่น การนำไปควบคุมความเร็วมอเตอร์ เป็นต้น ในระบบดิจิตอลจะไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์พวกนี้ได้ตรงๆ จะต้องใช้ PWM ในการควบคุม โดยจะปรับคาบเวลาของ High-Low (Duty Cycle) ดังตัวอย่างต่อไปนี้ ดังรูปที่ 2.11

- 50% Duty Circle คือ คาบเวลาที่เป็น High 50% และคาบเวลาที่เป็น Low 50%
- 25% Duty Circle คือ คาบเวลาที่เป็น High 25% และคาบเวลาที่เป็น Low 75%
- 75% Duty Circle คือ คาบเวลาที่เป็น High 75% และคาบเวลาที่เป็น Low 25%

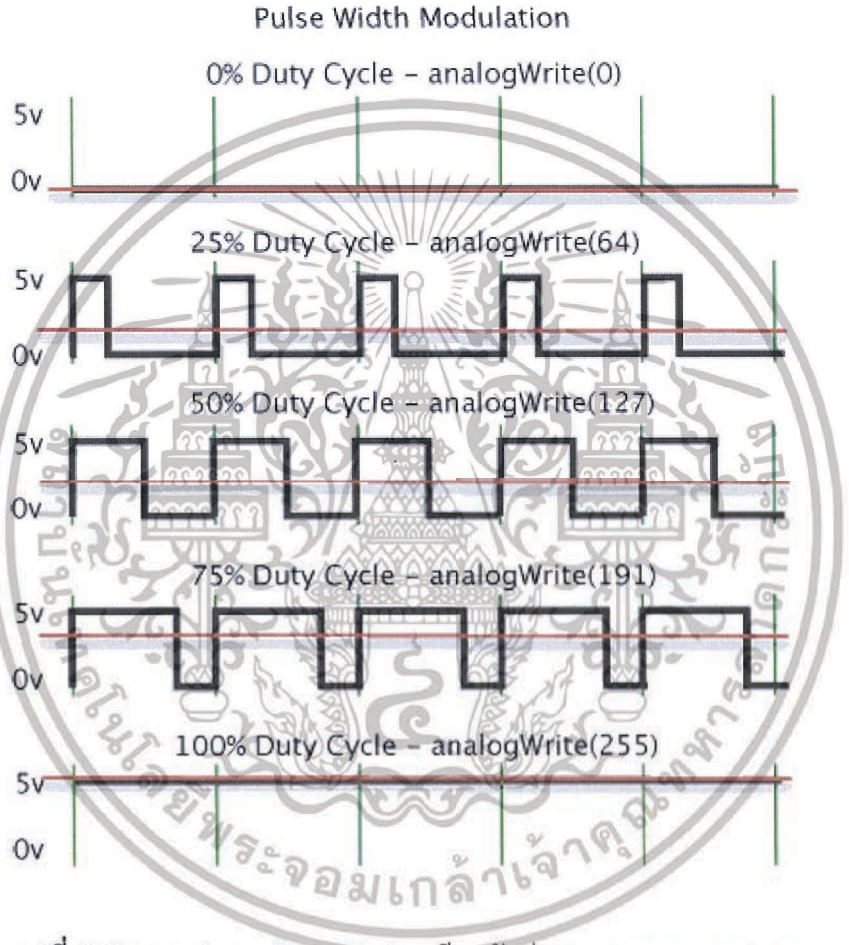


รูปที่ 2.11 กราฟแสดง Duty Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การส่งค่าสัญญาณ PWM ใน Arduino

PWM (Pulse Width Modulation) คือ เทคนิคการส่งสัญญาณแบบสวิตช์ หรือส่งค่าดิจิตอล 0-1 โดยให้สัญญาณความถี่คงที่ การควบคุมระยะเวลาสัญญาณสูง-ต่ำต่างกัน ก็จะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณต่างกันด้วย สำหรับโมดูล PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 Bit หรือปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งสามารถเทียบสัดส่วนคำนวณจากเลขจริงเป็นเลขทางดิจิตอลได้ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 กราฟแสดง Duty Cycle เทียบกับค่า Analog ของ Arduino

2.5 เซนเซอร์แสง

เซนเซอร์แสง (Optical Sensor) หรือ Photo Sensor โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) หรือโฟโต้-ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือนแบ่ง

2.5.1 ประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของแสง

1. LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 นาโนเมตร ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

2. LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี

3. LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

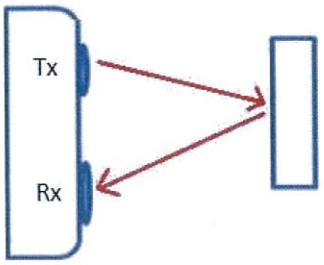
4. LED ประเภทแสงเลเซอร์ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการวัด

2.5.2 ประเภทของเซนเซอร์แสง

เซนเซอร์แสงสามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท

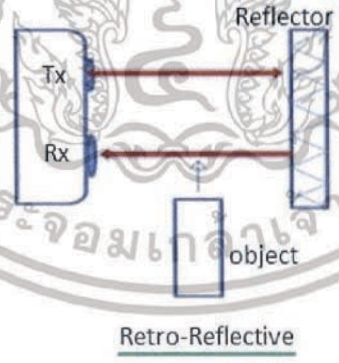
1. เซนเซอร์แสงประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse Reflective Optical Sensor) เป็น เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical Sensor/Photo Sensor) ประเภทนี้ตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกัน ตรวจจับโดยการสะท้อนลำแสงโดยตรงกับตัววัตถุ และใช้วัตถุนั้นเป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับแสง โดยไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง ระยะการตรวจจับใกล้ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น มีระยะการตรวจจับประมาณ 1 เมตร เซนเซอร์ประเภทนี้นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสะดวกและง่ายในการติดตั้ง ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย ราคาถูก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเพราะมีทั้งตัวส่งและตัวรับอยู่ในตัวเดียวกัน สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวด้านหรือดูดกลืนแสงและวัตถุที่โปร่งแสง เหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวเรียบ เป็นมันวาวและทึบแสง ระยะการตรวจจับขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ เช่น สี และความเรียบมันของวัตถุ โดยระยะการตรวจจับจะลดลงอย่างมากถ้าเป็นวัตถุสีดำ ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 หลักการทำงาน Diffuse Reflective Optical Sensor

2. เซนเซอร์แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (Retro Reflective Optical sensor) เป็นเซนเซอร์แสง (Optical Sensor/Photo Sensor) ที่อาศัยหลักการสะท้อนกลับของลำแสง โดยตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกันเช่นเดียวกับแบบตรวจจับโดยตรง ต่างกันที่เซนเซอร์ประเภทนี้ต้องใช้งานร่วมกับแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มความเข้มของแสงให้มากขึ้น มีผลทำให้ระยะทางในการตรวจจับเพิ่มมากขึ้นด้วย มีระยะการตรวจจับประมาณ 3-10 เมตร ข้อดีของเซนเซอร์ใช้แสง (Optical Sensor/Photo Sensor) ประเภทนี้คือ การปรับแต่งทิศทางลำแสงทำได้ง่าย ติดตั้งง่าย มีระยะการตรวจจับปานกลาง การตรวจจับและระยะการตรวจจับไม่ขึ้นกับสีของวัตถุ แต่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีผิวมันเงาและโปร่งแสงได้ เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่ดูดกลืนแสงและไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ ดังรูปที่ 2.14

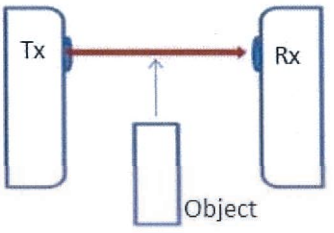


รูปที่ 2.14 หลักการทำงาน Retro Reflective Optical Sensor

3. เซนเซอร์แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (Through Beam Optical Sensor) เป็นเซนเซอร์แสง (Optical Sensor/Photo Sensor) ที่อาศัยวิธีการตัดต่อลำแสงเมื่อมีวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างตัวรับและตัวส่ง เซนเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งตัวส่งแสงกับตัวรับแสงแยกกันและต้องจ่ายไฟให้ทั้งตัวส่งและตัวรับ และเป็นเซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่มีระยะการตรวจจับไกลที่สุด อย่างไรก็ตามเซนเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งยาก และมีราคาสูงกว่าประเภทตรวจจับโดยตรงและลำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านตลอด โดยสีและความมันวาวของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ สามารถตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวทึบแสงเท่านั้น ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีสภาพผิวโปร่งแสงได้ ข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งเซนเซอร์แสงประเภทนี้คือ ต้องปรับตั้งศูนย์ของตัวรับและตัวส่งให้ตรงกันเสมอ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 หลักการทำงาน Through Beam Optical Sensor

2.6 เทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

เทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบไร้สาย อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อกลางนำสัญญาณซึ่งสามารถแบ่งตามช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ 4 ชนิด ดังนี้

1. อินฟราเรด (Intrared) เป็นลักษณะของคลื่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลระยะใกล้ๆ ในช่วงความถี่ที่แคบมาก ใช้ช่องทางสื่อสารน้อย มักใช้กับการสื่อสารข้อมูลที่ไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างตัวส่งกับตัวรับสัญญาณ โดยต้องใช้วิธีการสื่อสารตามแนวเส้นตรง ระยะทางไม่เกิน 1–2 เมตร ความเร็วประมาณ 4-1 เมกกะบิตต่อนาที เช่น การส่งสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลไปยังโทรทัศน์ การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยผ่านพอร์ตไออาร์ดีเอ เป็นต้น

2. คลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ใช้ส่งสัญญาณไปในอากาศ โดยมีตัวกระจายสัญญาณส่งไปยังตัวรับสัญญาณ และใช้คลื่นวิทยุในช่วงความถี่ต่างๆ กัน มีความเร็วต่ำประมาณ 2 เมกกะบิตต่อนาที เช่น การสื่อสารโดยใช้ระบบไร้สาย การสื่อสารในระบบวิทยุเอฟเอ็ม (Frequency Modulation : FM) เอเอ็ม (Amplitude Modulation : AM) เป็นต้น

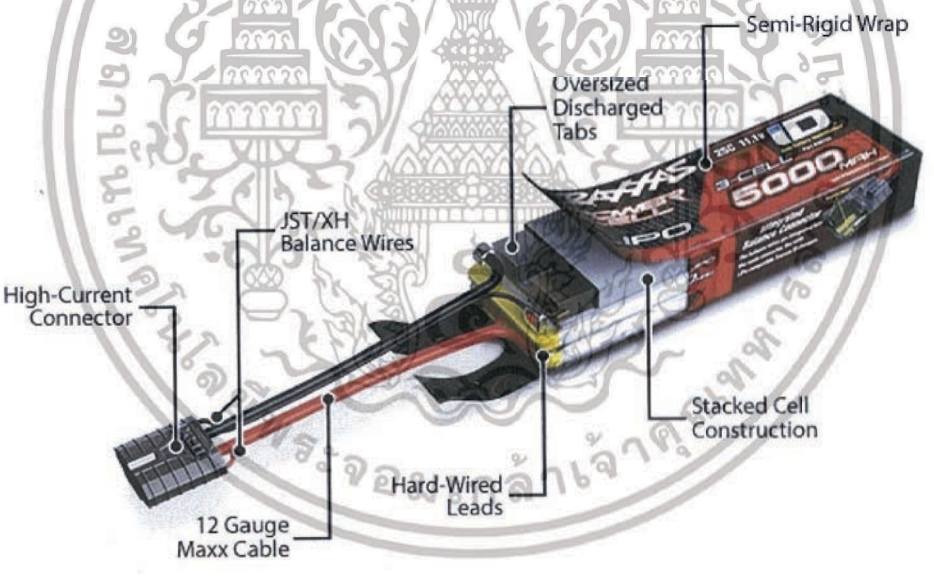
3. ไมโครเวฟ (Microwave) จะใช้การส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปในอากาศพร้อมกับข้อมูลที่ต้องการส่ง และต้องมีสถานีที่ทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูล เนื่องจากสัญญาณไมโครเวฟจะเดินทางเป็นเส้นตรงไม่สามารถเลี้ยวหรือโค้งตามขอบโลกได้ จึงต้องมีการตั้งสถานีรับ–ส่งข้อมูลเป็นระยะๆ และส่งข้อมูลต่อกันเป็นทอดๆ ระหว่างสถานีต่อสถานี จนกว่าจะถึงสถานีปลายทาง และแต่ละสถานีจะตั้งอยู่ในที่สูง เช่น ดาดฟ้าของตึกสูง ยอดเขา เป็นต้น เพื่อหลีกเลี่ยงการชนสิ่งกีดขวางในแนวการเดินทางของสัญญาณ เหมาะกับการส่งข้อมูลในพื้นที่ห่างไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ดาวเทียม (Satellite) เป็นสถานีรับส่งสัญญาณไมโครเวฟบนดาดฟ้า ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของสถานีรับ–ส่งไมโครเวฟบนผิวโลก เพื่อใช้เป็นสถานีรับ–ส่งสัญญาณไมโครเวฟบนอวกาศ และทวนสัญญาณในแนวโคจรของโลก ซึ่งจะต้องมีสถานีภาคพื้นดิน ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณขึ้นไปบนดาวเทียมที่โคจรอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,600 ไมล์ โดยดาวเทียมเหล่านั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เท่ากับการหมุนของโลก จึงเสมือนกับดาวเทียมนั้นอยู่นิ่งกับที่ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง ทำให้การส่งสัญญาณไมโครเวฟจากสถานีหนึ่งขึ้นไปบนดาวเทียม และการกระจายสัญญาณจากดาวเทียมลงมายังสถานีตามจุดต่างๆ บนผิวโลกเป็นไปอย่างแม่นยำ

2.7 แบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์

แบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกโดยการรวมอิเล็กโทรไลท์-โพลิเมอร์ ในรูปแบบแข็ง และแห้ง คล้ายกับฟิล์มพลาสติก ทำให้ผลออกมาคือรูปร่างจะมีลักษณะบาง แต่ยังคงมีความสามารถในการคงอายุการใช้งานได้ดี นอกจากนี้แบตเตอรีชนิดนี้ยังมีความเบา และถูกปรับปรุงให้มีความปลอดภัยสูงยิ่งขึ้น แต่ก็มีข้อเสียคือ แบตเตอรีประเภทนี้มีราคาสูงกว่าแบตเตอรีลิเธียมไอออน และมีความหนาแน่นของแบตเตอรีน้อยกว่า ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบภายในแบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์

2.7.1 คุณสมบัติของแบตเตอรีลิเธียมโพลิเมอร์

1. เก็บประจุไฟฟ้านาน 1 ปีโดยไม่คลายประจุ
2. ของเหลวด้านในไม่ติดไฟ ปลอดภัย ลดความเสี่ยงเรื่องระเบิด
3. พร้อมใช้งาน แกะออกจากกล่องแล้วใช้งานได้ทันที
4. น้ำหนักเบา พกพาสะดวก

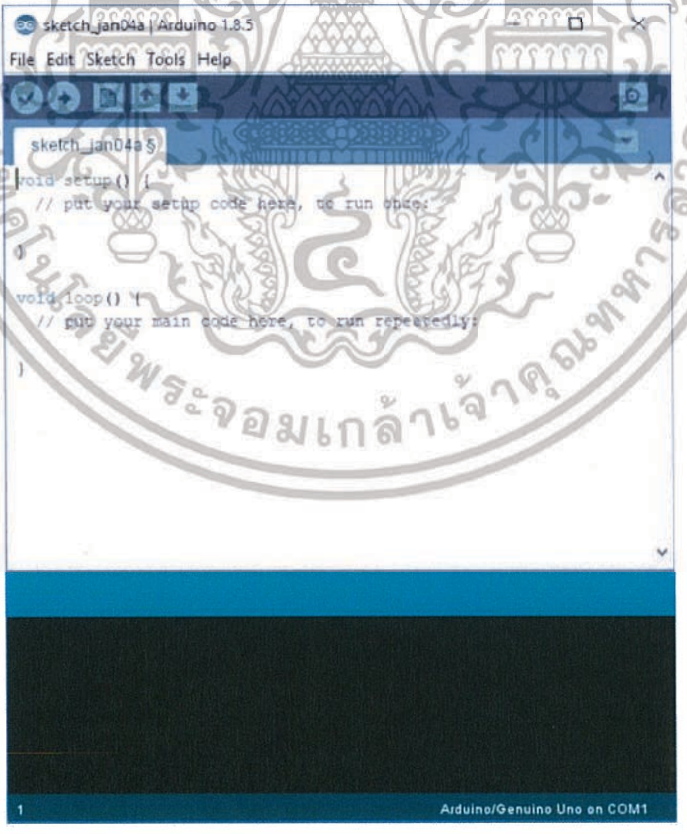
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE หรือ Arduino Integrated Development Environment คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Arduino โดยสามารถใช้งานได้กับ Arduino ทุกรุ่น โปรแกรม Arduino IDE เป็นโปรแกรม Open Source สามารถโหลดไปใช้งานได้ฟรี และยังมีโค้ดตัวอย่างให้ทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โปรแกรมไฟกระพริบ โปรแกรมทดสอบมอเตอร์ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.17

2.8.1 ขั้นตอนการใช้งาน Arduino IDE

1. ตั้งค่าบอร์ดให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน
2. ตั้งค่าพอร์ตเชื่อมต่อกับบอร์ด (กรณีต่อบอร์ดจริง)
3. ตั้งค่าชนิดการเขียนโปรแกรม (กรณีต่อบอร์ดจริง)
4. เขียนโปรแกรม
5. กดปุ่ม Compile เพื่อแปลงไฟล์เป็นภาษาเครื่อง
6. กดปุ่มเบิร์นไฟล์ลงบอร์ด (กรณีต่อบอร์ดจริง)



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

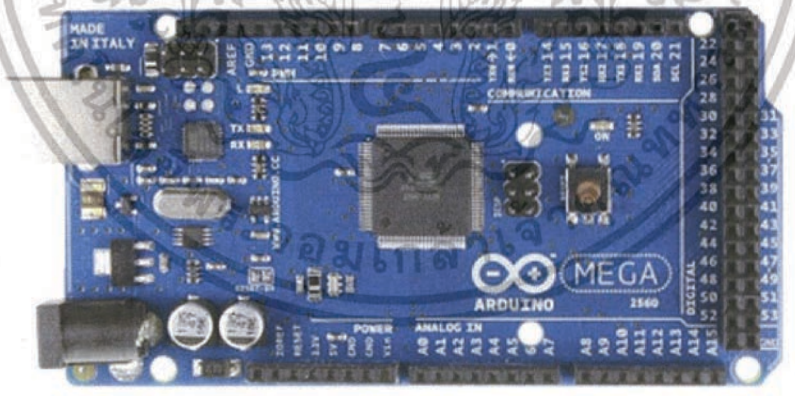
ในบทนี้จะกล่าวถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ และการพัตนาระบบควบคุม เพื่อให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1 อุปกรณ์สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

ทำการออกแบบระบบขับเคลื่อนและควบคุมโดยจะมีส่วนต่างๆประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์กระแสตรง เซนเซอร์ตรวจจับระยะ แหล่งจ่ายไฟฟ้า บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง แปรงทำความสะอาด รีโมทบังคับระยะไกล

3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino Mega 2560 เนื่องจากบอร์ดรุ่นนี้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ เพราะจำนวนขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมมีจำนวนมาก เพียงพอต่อการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1

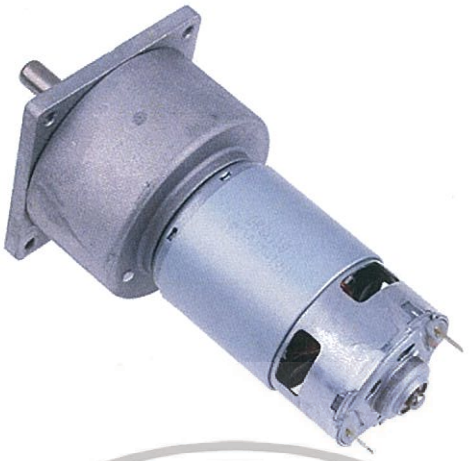


รูปที่ 3.1 Arduino Mega 2560

3.1.2 มอเตอร์กระแสตรง

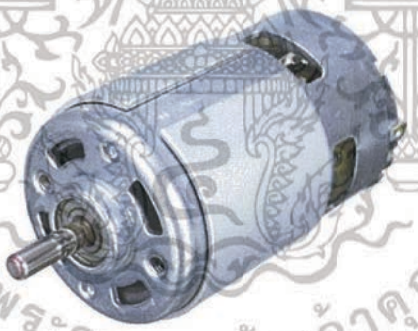
เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA60FM334I เป็นตัวขับเคลื่อนหุ่นยนต์ เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่ให้กำลังสูง และเป็นมอเตอร์เกียร์ ทำให้เมื่อไม่มีกระแสในมอเตอร์ หุ่นยนต์จะไม่เคลื่อนที่ตกลงจากพื้นเอียง ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA60FM334I

และเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA377 เป็นตัวขับแปรงทำความสะอาด เนื่องจากการที่รอบในการทำงาน 80 rpm เหมาะแก่การทำความสะอาด และยังใช้กระแสในการทำงานที่น้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.3

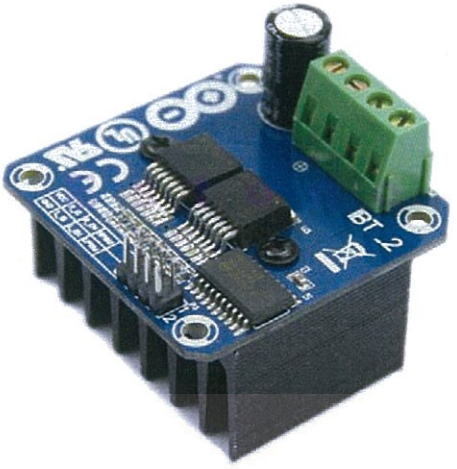


รูปที่ 3.3 มอเตอร์กระแสตรง 12 V รุ่น ZGA377

3.1.3 บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

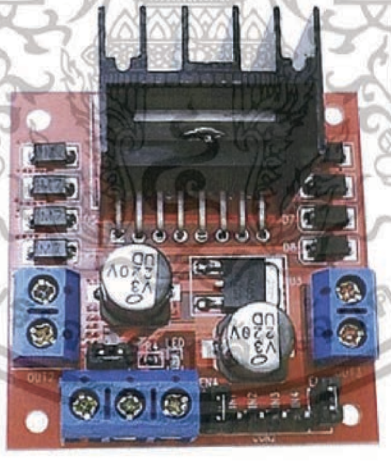
ในส่วนขับเคลื่อนหุ่นยนต์ เลือกใช้บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง รุ่น Motor Drive Module (BTS790) 43A with H-Bridge เนื่องจากสามรถขับมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้สัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) และสามารถขับกระแสได้มากสุด 43 A มีระบบป้องกันต่างๆ ได้แก่ Over-Voltage, Under-Voltage, Over-Temperature ดังแสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 BTS7960H-Bridge DC Motor Drive Module

ในส่วนขับเคลื่อนแปรงทำความสะอาด เลือกใช้บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง รุ่น Motor Drive Module L298N ซึ่งหลักการทำงานจะเหมือน BTS790 แต่สามรถขับกระแสได้น้อยกว่ามอเตอร์ที่ใช้ขับแปรงทำความสะอาดไม่จำเป็นต้องมีกำลังเยอะมาก ดังนั้นกระแสที่ใช้ขับจึงเพียงพอ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Motor Drive Module L298N

3.1.4 แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

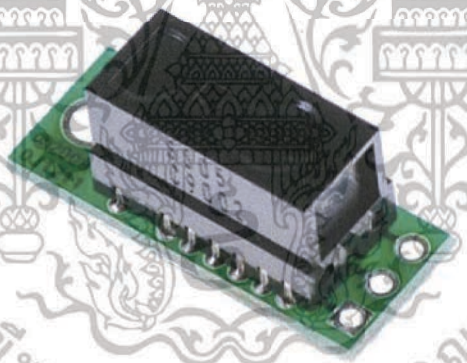
แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหุ่นยนต์ เลือกใช้แบตเตอรีประเภท Lithium Polymer (LiPo) เพราะว่าจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าแบตเตอรีปกติทั่วไป โดยใช้แบตเตอรี 11.1 V (3 Cell) ความจุ 5200 mAh จ่ายกระแส 35c ทำให้เพียงพอต่อการทำงานภายใน 1 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แบตเตอรี Lithium Polymer (LiPo)

3.1.5 เซนเซอร์วัดระยะ

เลือกใช้เซนเซอร์วัดระยะชนิดอินฟราเรด รุ่น Sharp GP2Y0D805Z0F เพราะว่ามีขนาดเล็ก สามารถตรวจจับระยะ ได้ตั้งแต่ 0.5-5 cm ทำงานในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงได้ จึงเหมาะการนำไปใช้ในพื้นที่กลางแจ้ง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เซนเซอร์วัดระยะ Sharp GP2Y0D805Z0F

3.1.6 รีโมทคอนโทรลระยะไกล

เลือกใช้รีโมทบังคับระยะไกลเป็นแบบจอยสติ๊ก รุ่น PS2 Wireless Controller เนื่องจากสามารถควบคุมจากระยะไกล มีปุ่มทั้งแบบดิจิตอล และอนาล็อก และยังมีความสามารถในการสั่งให้เกิดการสั่นที่รีโมทได้ ซึ่งทำให้นำมาใช้ในการเตือนการเกิดอุบัติเหตุเวลาบังคับได้ ทำงานโดยใช้ถ่านขนาด AAA 2 ก้อน ซึ่งใช้งานง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 PS2 Wireless Controller

คุณสมบัติของ PS2 Wireless Controller

1. ความถี่ในการสื่อสารข้อมูล 24 GHz
2. ระยะการส่งสัญญาณ 8 เมตร
3. ตัวควบคุมไร้สาย ทำงานในโหมดอะนาลอก มีไฟแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อ
4. ตัวรับสัญญาณใช้ไฟเลี้ยง 3.3 – 5 V
5. ใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกแบบ

สัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อ PS2 Wireless Controller กับไมโครคอนโทรลเลอร์

1. DATA (DAT) เป็นสัญญาณข้อมูลปุ่มที่ถูกกดของตัวควบคุม จะถูกส่งมาจากตัวควบคุม โดยข้อมูลที่ส่งมามีขนาด 8 บิต โดยส่ง LSB ดูมาก่อน

2. COMMAN (CMD) เป็นสัญญาณคำสั่งสำหรับตัวควบคุม

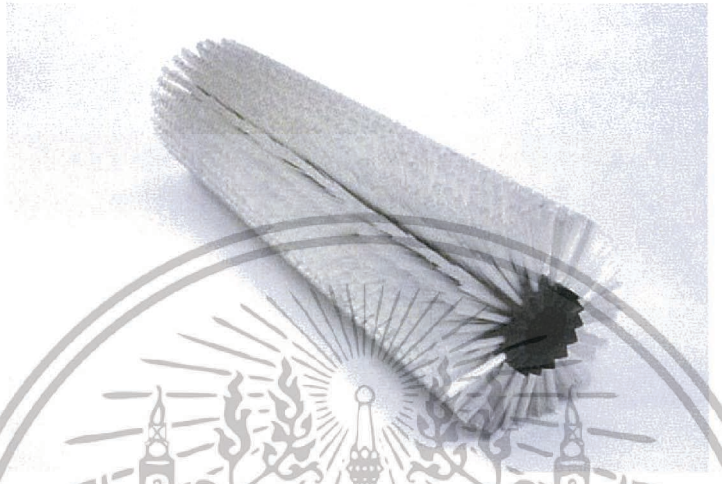
3. ATT SELECT (SEL) เป็นสัญญาณที่ใช้เลือกการทำงานหรือปิดการติดต่อ ซึ่งทางไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ “0” มาที่ขานี้และทำให้ขานี้เป็นลอจิก “0” ตลอดเวลาที่ติดต่อกัน

4. CLOCK (CLK) เป็นสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการทำงาน ฝั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นฝ่ายสร้างสัญญาณส่งมายังตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 แปรงทำความสะอาด

เลือกใช้แปรงทำความสะอาดแบบโรลเลอร์ ขนแปรงทำจากไนล่อนชนิดพิเศษ ซึ่งมีความอ่อนนุ่ม ทำให้สามารถทำความสะอาดได้ดี และไม่ส่งผลเสียต่อแผงโซลาร์เซลล์ อันเนื่องมาจากรอยขีดข่วนบนพื้นผิวรับแสงของแผงโซลาร์เซลล์ สามารถดูแลทำความสะอาดได้ง่าย ดังรูปที่ 3.9

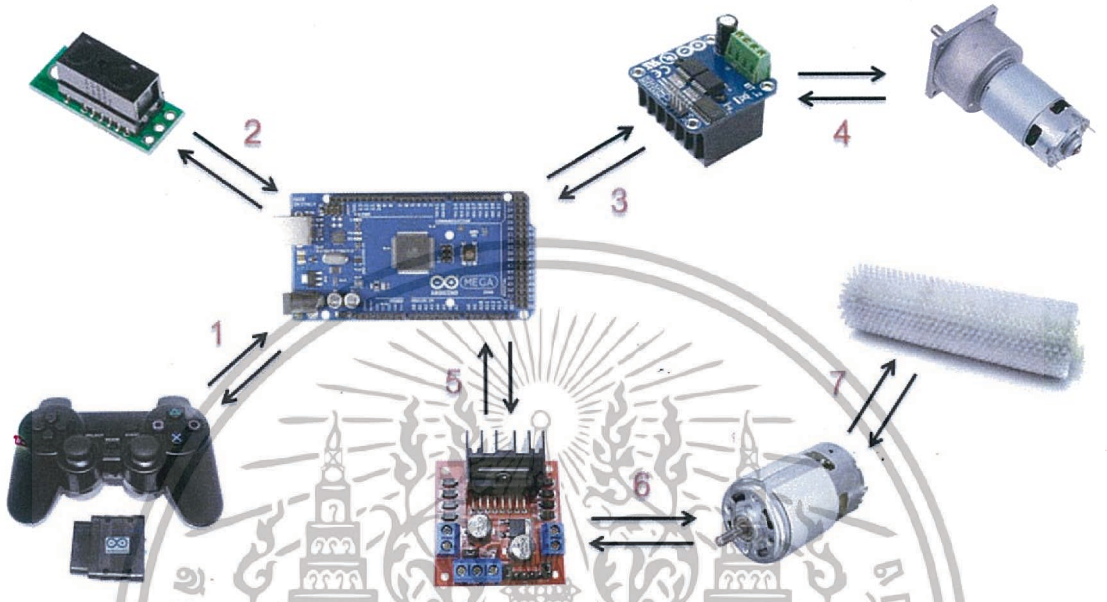


รูปที่ 3.9 แปรงทำความสะอาดแบบโรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรการทำงานของระบบ

การทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ มีการทำงานโดยควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย DC motor และจะถูกควบคุมการทำงานผ่านรีโมทคอนโทรลระยะไกลจากโปรแกรมที่ออกแบบมา ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างการทำงานของระบบ

3.2.1 อธิบายรายละเอียดการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.10 คือ โครงสร้างการทำงานของระบบทั้งหมด โดยที่จะแบ่งออกเป็น 7 ส่วนด้วยกัน คือ

1. เป็นการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ Receiver PS2 Wireless Controller เป็นการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลในการควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ รวมถึงการสั่งงานแปรงทำความสะอาดให้ทำงานหรือหยุดทำงาน

2. เป็นการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ Infrared Sensor Module ใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ซึ่ง Infrared Sensor Module จะทำการส่งข้อมูลทั้งหมดไปให้กับบอร์ดโดยการส่ง Output ออกเป็นแบบดิจิตอล

3. เป็นการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ Motor Drive Module BTS7690 ซึ่งเป็นตัวขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์, การเปิดปิด และความเร็วของมอเตอร์ด้วยการส่งสัญญาณการควบคุมแบบ PWM ได้ โดยสามารถควบคุมการขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 1 ตัว ในส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นส่วนใช้ในการขับมอเตอร์ของล้อของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเชื่อมต่อระหว่าง Motor Drive Module BTS7690 กับ Motor DC 12 V 10 rpm (Gears Motor) ที่ใช้ในการขับเคลื่อนล้อของหุ่นยนต์ ซึ่งการเชื่อมต่อนี้จะมีอยู่ 4 ชุดด้วยกัน เพราะเนื่องจากต้องมีมอเตอร์ซ้าย และขวา ด้านหน้า และด้านหลัง

5. เป็นการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ Motor Drive Module L298N ซึ่งเป็นตัวขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์, การเปิดปิด และความเร็วของมอเตอร์ด้วยการส่งสัญญาณการควบคุมแบบ PWM ได้ โดยสามารถควบคุมการขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 1 ตัว ในส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นส่วนใช้ในการขับมอเตอร์ของแปรงทำความสะอาด

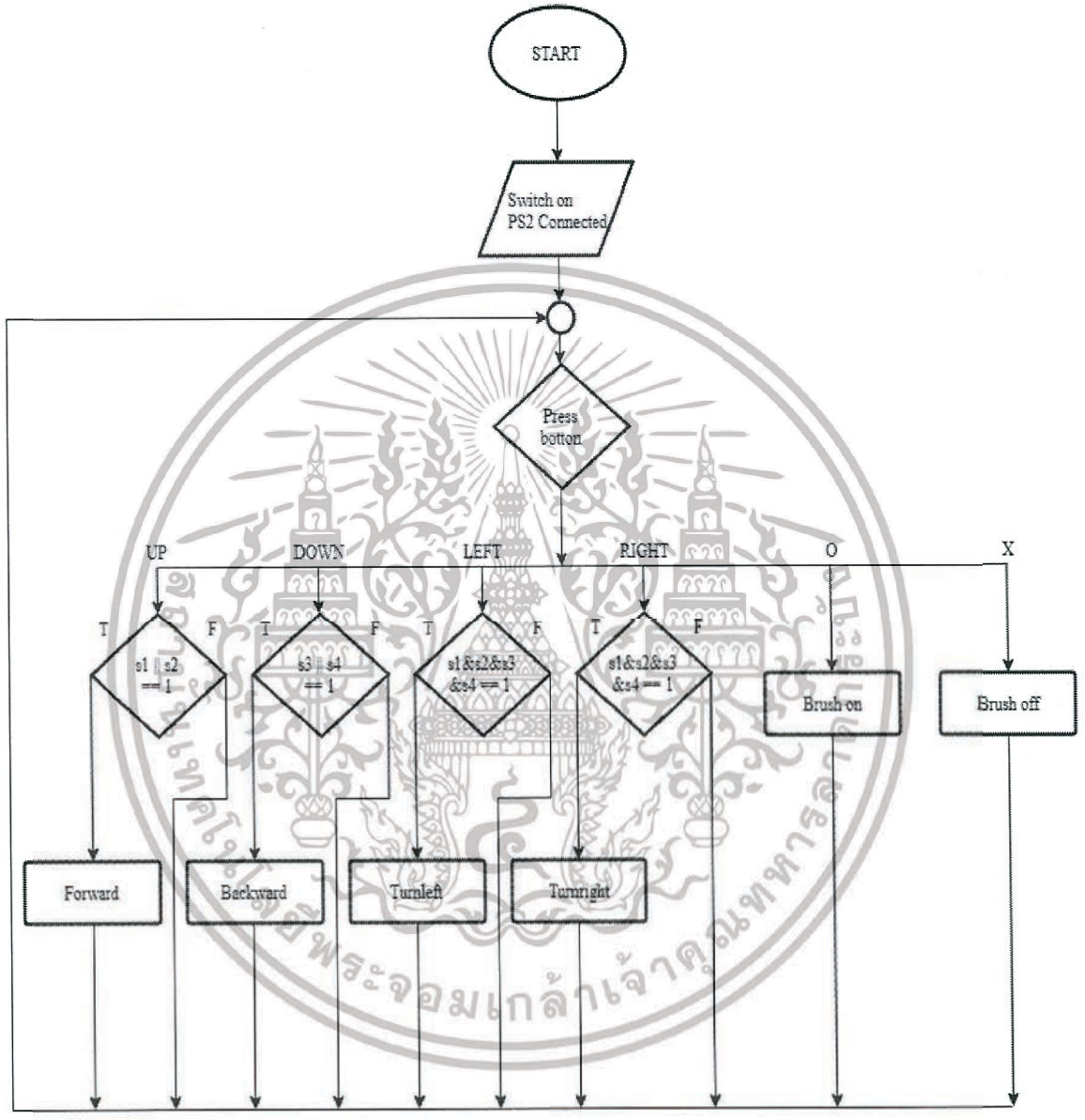
6. การเชื่อมต่อระหว่าง Motor Drive Module L298N กับ Motor DC 12 v 80 rpm ที่ใช้ในการหมุนแปรงทำความสะอาดของหุ่นยนต์ โดยบอร์ดจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์ 2 ตัว ภายในบอร์ดเดียว

7. มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้หมุนแปรงทำความสะอาด กับแปรงทำความสะอาด โดยที่แปรงทำความสะอาดนั้นจะถูกหมุนด้วยมอเตอร์จำนวน 2 ตัว เพื่อให้กำลังในการหมุนที่เพียงพอต่อการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบระบบบังคับและควบคุม

เป็นการออกแบบระบบบังคับและควบคุมผ่านรีโมทคอนโทรลระยะไกล โดยการใช้ Flowchart ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 Flowchart ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.1 อธิบายรายละเอียดการทำงานของ Flowchart

ในส่วนของการออกแบบระบบบังคับและควบคุมหุ่นยนต์นั้น จะเป็นการออกแบบ Flowchart เพื่อให้หุ่นยนต์นั้นสามารถเคลื่อนไปในทิศทางที่กำหนด โดยในส่วนจะเริ่มการทำงานจากจุดเริ่มต้นคือ Start เมื่อเริ่มการทำงาน Switch on และ PS2 Wireless Controller Connected

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์จะสามารถรับคำสั่งจากรีโมทบังคับระยะไกล จากนั้นอ่านค่าที่ได้จากการสั่งงานรีโมท เมื่อตรวจสอบสถานะแต่ละสถานะ ได้แก่

1. สถานะ UP หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ก็ต่อเมื่อ Sensor 1 หรือ Sensor 2 จะต้องมีค่าสถานะเป็น 1

2. สถานะ DOWN หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหลังได้ก็ต่อเมื่อ Sensor 3 หรือ Sensor 4 จะต้องมีค่าสถานะเป็น 1

3. สถานะ LEFT หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่หมุนซ้ายได้ก็ต่อเมื่อ Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3 และ Sensor 4 จะต้องมีค่าสถานะเป็น 1

4. สถานะ RIGHT หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่หมุนซ้ายได้ก็ต่อเมื่อ Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3 และ Sensor 4 จะต้องมีค่าสถานะเป็น 1

5. สถานะ O หุ่นยนต์จะทำการเปิดการใช้งานแปรงทำความสะอาด

6. สถานะ X หุ่นยนต์จะทำการปิดการใช้งานแปรงทำความสะอาด

ซึ่งเมื่อคำสั่งที่อ่านได้จากรีโมทบังคับได้ถูกตรวจสอบและทำงานแล้ว หุ่นยนต์จะถูกรับคำสั่งต่อไปเสมอ จนกว่าจะปิดการทำงานของระบบ

รูปที่ 3.12 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ที่ได้จากการทดลองเพื่อนำมาใช้พัฒนาและปรับปรุงหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองขับมอเตอร์กระแสตรง

ใช้บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง BTS7960 ในการต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสตรง และใช้แบตเตอรี่ลิเธียม โพลิเมอร์เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยทดลองส่งค่า Analog 2 ค่า จากบอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อทดลองควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งจะทำการใส่ค่า Analog ตั้ง 0-255 ได้การทดลองดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การทดลองมอเตอร์ตัวที่ 1

Analog1(R_EN)	Anlog2(L_EN)	ทิศทางการหมุน	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	% ความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี
0	0	-	0	0.0%
0	64	CW	26	3.7%
0	127	CW	53	3.6%
0	191	CW	80	2.5%
0	255	CW	108	1.8%
64	0	CCW	26	3.7%
127	0	CCW	52	5.4%
191	0	CCW	78	4.8%
255	0	CCW	105	4.5%
255	255	-	0	0.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองมอเตอร์ตัวที่ 2

Analog1(R_EN)	Anlog2(L_EN)	ทิศทางการหมุน	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	% ความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี
0	0	-	0	0.0%
0	64	CW	27	0.0%
0	127	CW	54	1.8%
0	191	CW	81	1.2%
0	255	CW	108	1.8%
64	0	CCW	26	3.7%
127	0	CCW	54	1.8%
191	0	CCW	80	2.4%
255	0	CCW	109	0.9%
255	0	-	0	0%

4.2 การทดลองเซนเซอร์ตรวจจับระยะ

การทดลองเซนเซอร์ตรวจจับระยะ โดยทำการใช้เซนเซอร์อินฟราเรด Sharp GP2Y0D805Z0F ในการวัดระยะ ซึ่งพิกัดการวัดระยะอยู่ที่ 0.5–5 เซนติเมตร เซนเซอร์จะทำการส่งค่า Output แบบดิจิตอลให้กับ Arduino Mega 2560 เพื่อแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ ได้การทดลองดังตารางที่ 4.3, ตารางที่ 4.4, ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 1

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
0.0	0	0	0	0
0.5	1	0	1	1
1.0	1	1	1	1
1.5	1	1	1	1
2.0	1	1	1	1
2.5	1	1	1	1
3.0	1	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 1 (ต่อ)

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
3.5	1	1	1	1
4.0	1	1	1	1
4.5	1	1	1	1
5.0	1	1	1	1
5.5	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.4 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 2

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
0.0	0	0	0	0
0.5	1	0	1	1
1.0	1	1	1	1
1.5	1	1	1	1
2.0	1	1	1	1
2.5	1	1	1	1
3.0	1	1	1	1
3.5	1	1	1	1
4.0	1	1	1	1
4.5	1	1	1	1
5.0	1	1	1	1
5.5	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 3

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
0.0	0	0	0	0
0.5	1	0	1	1
1.0	1	1	1	1
1.5	1	1	1	1
2.0	1	1	1	1
2.5	1	1	1	1
3.0	1	1	1	1
3.5	1	1	1	1
4.0	1	1	1	1
4.5	1	1	1	1
5.0	1	1	1	1
5.5	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.6 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 4

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
0.0	0	0	0	0
0.5	1	0	1	1
1.0	1	1	1	1
1.5	1	1	1	1
2.0	1	1	1	1
2.5	1	1	1	1
3.0	1	1	1	1
3.5	1	1	1	1
4.0	1	1	1	1
4.5	1	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดลองเซนเซอร์อินฟราเรดตัวที่ 4 (ต่อ)

ระยะทางจริง (cm)	ค่าที่ได้จากทฤษฎี	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 1	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 2	ค่าเซนเซอร์ครั้งที่ 3
5.0	1	1	1	1
5.5	0	0	0	0
6.0	0	0	0	0

4.3 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับระยะไกล (PS2 Wireless Controller)

การทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับจากระยะไกล เพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ในด้านการเคลื่อนที่ ระบบป้องกันการตกจากแผงโซลาร์เซลล์ และระยะเวลาในการทำความสะอาด โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์จำนวน 2 แผง ขนาดแผงโซลาร์เซลล์ 100x50 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดลองควบคุมหุ่นยนต์ผ่านรีโมทบังคับระยะไกล

การทดลองครั้งที่	ผลการทดลอง		
	การเคลื่อนที่	ระบบป้องกัน	ระยะเวลา(นาที)
1	ปกติ	ทำงาน	35.23
2	ปกติ	ทำงาน	37.88
3	ปกติ	ทำงาน	40.32
4	ปกติ	ทำงาน	42.11
5	ปกติ	ทำงาน	36.24
6	ปกติ	ทำงาน	40.54
7	ปกติ	ทำงาน	39.72
8	ปกติ	ทำงาน	39.44
9	ปกติ	ทำงาน	41.71
10	ปกติ	ทำงาน	37.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานนี้ทำให้ต้องคำนึงถึงขนาดของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ต่อขนาดแผงโซลาร์เซลล์ การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ การทดลองค่าที่ได้จากเซนเซอร์และการปรับตำแหน่งของเซนเซอร์เพื่อให้มีความเสถียร การรับส่งค่าไร้สายผ่านรีโมทควบคุม สามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

5.1 การดำเนินงานจัดทำปริญญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นโครงงานที่ทำการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งการควบคุมหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นั้น ทำได้ด้วยการควบคุมผ่านรีโมทควบคุมระยะไกล ในการทำงานนั้นได้ร่วมมือกันทำงาน และศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อทำให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ทำงานได้มีประสิทธิภาพ ทำงานได้รวดเร็ว มีความสะอาด ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ รวมถึงความปลอดภัยในการทำงานจากที่สูง หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ทำให้สามารถทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้เป็นประจำ ส่งผลให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งอื่นส่งผลต่อการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ

การสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจหลากหลายด้าน อาทิเช่น ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านระบบควบคุม ด้านแมคคานิกส์ ฯลฯ ซึ่งต้องศึกษาอย่างเจาะลึกในด้านนั้นๆ ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งเพื่อให้สามารถทำงานได้ โดยมีข้อสงสัยน้อยที่สุด ความรู้ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นในท้ายที่สุดจะนำมาประกอบกันให้เกิดการทำงานที่มีผลต่อกันเป็นระบบ เมื่อทำแล้วเจอปัญหาจึงมาช่วยกันแก้ให้การทำงานหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

1. ปัญหาเนื่องจากขาดอุปกรณ์ในการทำงาน เพราะชิ้นงานจำเป็นต้องอุปกรณ์เฉพาะเพื่อให้ได้คุณภาพชิ้นงานที่ออกมาดี ทำให้งานบางอย่างจำเป็นต้องทำหาวิธีทำชิ้นงานจากแหล่งอื่นๆ

2. ปัญหาเนื่องจากงานชิ้นงานจำเป็นต้องใช้ทักษะที่มีความชำนาญในการทำงาน ทำให้ต้องใช้เวลานานในการสร้างชิ้นงาน

3. ปัญหาเนื่องจากชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เพราะชิ้นงานต้องทักษะความชำนาญ ทำให้จำเป็นต้องปรับแก้หลายครั้ง เกิดความล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัญหาเนื่องจากอุปกรณ์บางส่วนจำเป็นต้องสั่งซื้อ สั่งทำเป็นพิเศษ และส่วนประกอบของหุ่นยนต์บางชิ้นนั้นเป็นส่วนเฉพาะที่ต้องใช้เวลาในการหา หรือสร้างขึ้นมา ทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมากในการศึกษาและหาแหล่งขายอุปกรณ์ชนิดนั้น

5. ปัญหาเนื่องจากความปลอดภัยจากทำงาน เพราะชิ้นงานที่สร้างนั้น มีขั้นตอนในการสร้างที่มีความอันตรายต่อร่างกาย อาทิเช่น การเชื่อมชิ้นงาน การตัดชิ้นงาน การกลึงชิ้นงาน เป็นต้น ทำให้จำเป็นต้องเรียนรู้การใช้งานอุปกรณ์ที่ปลอดภัย และต้องหาอุปกรณ์มาป้องกันการเกิดอันตรายจากทำงาน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

1. การพัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้นานขึ้นจากเดิม เพื่อการทำงานที่ต่อเนื่อง

2. การพัฒนาระบบฉีดน้ำควบคู่ไปกับการทำความสะอาดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดที่สูงขึ้น

3. การพัฒนาระบบนำทางและการทำงานอัตโนมัติ

4. การทำงานมีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัย ต้องมีความระมัดระวังในการทำงาน และควรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันที่มีมาตรฐานเพื่อหลีกอันตรายจากทำงาน

5. ในการดำเนินงานต่างๆ อาจเกิดอุปสรรคและปัญหา เมื่อเกิดปัญหาขึ้นจำเป็นต้องวิเคราะห์ แยกแยะ และแสวงหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Dejan Nedelkovski. 2017. **Arduino DC Motor Control Tutorial – L298N | PWM | H-Bridge**. [Online]
Available:https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/

[2] John Doyle, Bruce Francis, Allen Tannenbaum. 1990. **Feedback Control Theory**. [Online]
Available:https://la.epfl.ch/files/content/sites/la/files/shared/import/ migration/ fct.pdf

[3] Tarun Agarwal. 2015. **Infrared IR Sensor Circuit Diagram and Working Principle**. [Online]
Available: https://www.elprocus.com/infrared-ir-sensor-circuit-and-working/

[4] Mybotic. 2016. **TUTORIAL TO INTERFACE HMC5883L COMPASS SENSOR WITH ARDUINO**. [Online]
Available: http://www.instructables.com/id/Tutorial-to-Interface-HMC-5833L-With-Arduino-Uno/

[5] Erich Styger. 2014. **Using the HC-06 Bluetooth Module**. [Online]
Available: https://mcuoneclipse.com/2013/06/19/using-the-hc-06-bluetooth-module/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Arduino Mega 2560

Overveiw :

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Summary:

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MH

Power:

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

VIN. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.

5V. The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.

3V3. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.

GND. Ground pins.

Memory:

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input and Output:

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.

External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.

PWM: 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.

SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication using the SPI library. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.

LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

I2C: 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I2C (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I2C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

There are a couple of other pins on the board:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AREF. Reference voltage for the analog inputs. Used with analogReference().

Reset. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication:

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation on the Wiring website for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming:

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (download). For details, see the reference and tutorials.

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available in the Arduino repository. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

Automatic (Software) Reset:

Rather then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection:

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

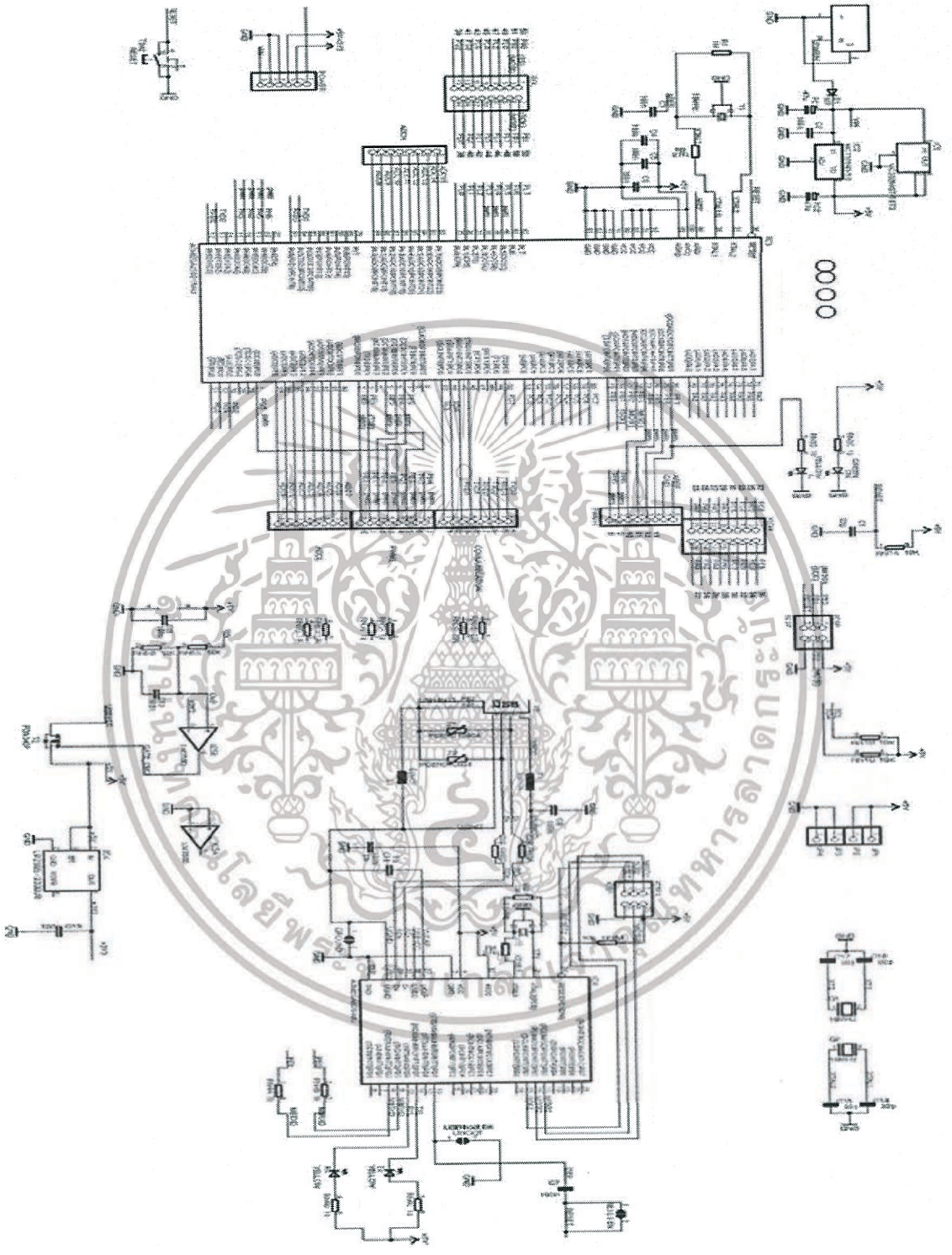
Physical Characteristics and Shield Compatibility:

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. Please note that I2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schemetic:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Motor Driver 43A BTS7960

The Motor Driver 43A BTS7960 uses an H-bridge driver module that composed by Infineon power drive chip, with overheating and overcurrent protection. Double BTS7960 H-bridge driver circuit, with strong drive and braking effect, uses 74HC244 chip to effectively isolate the microcontroller and the motor driver. It can operate at high current up to 43A.

Applications:

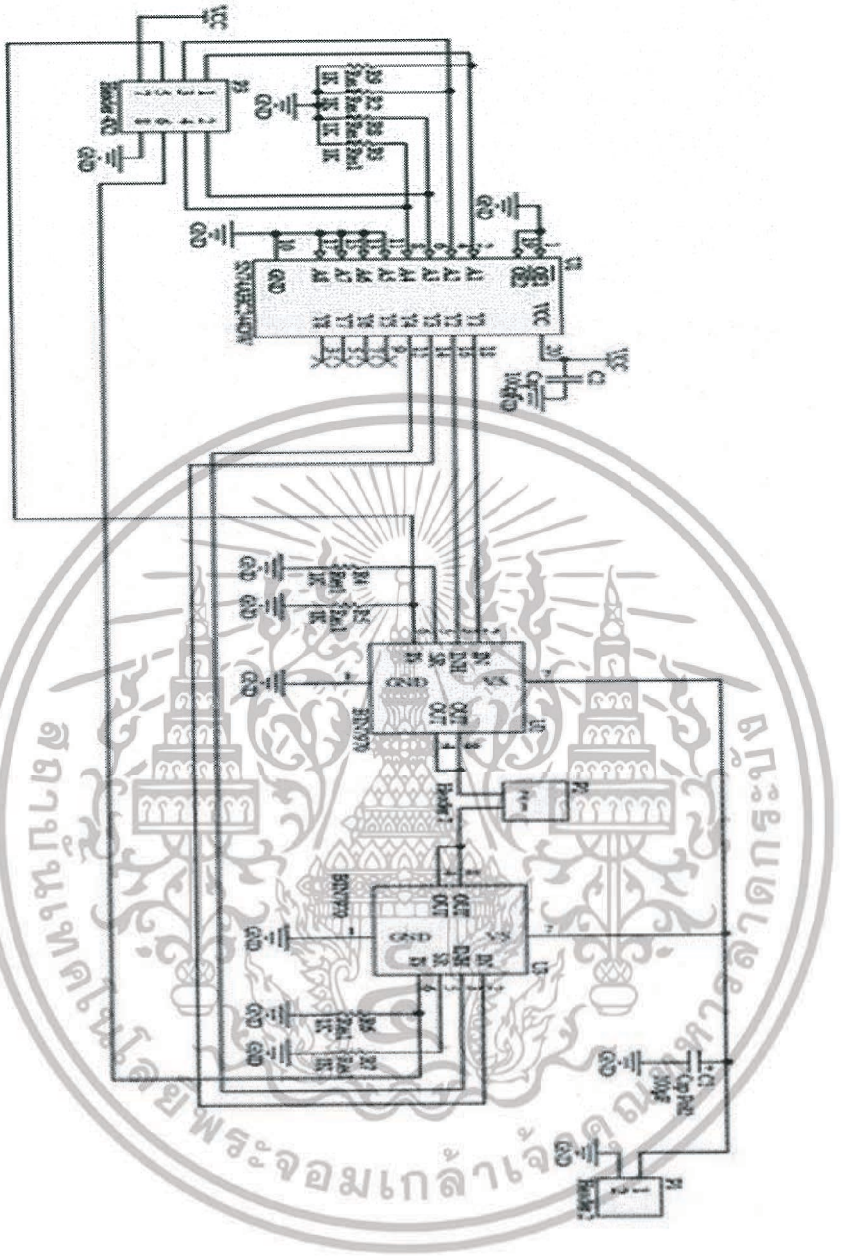
- Current diagnostic
- Slope adjustment
- Dead Time generation
- Overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent protection
- Short circuit protection

Specifications:

- Input voltage: 6V-27V
- Model: IBT-2
- Maximum current: 43A
- Input level: 3.3-5V
- Control mode: PWM or level
- Duty cycle: 0-100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Infrared Sensor (Sharp GP2Y0D805Z0F)

Distance Measuring Sensor Unit Digital output (50 mm) type

Description:

GP2Y0D805Z0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PD (photo diode) , IRED (infrared emitting diode) and signal processing circuit. The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method. The output voltage of this sensor stays high in case an object exists in the specified distance range. So this sensor can also be used as proximity sensor.

Applications:

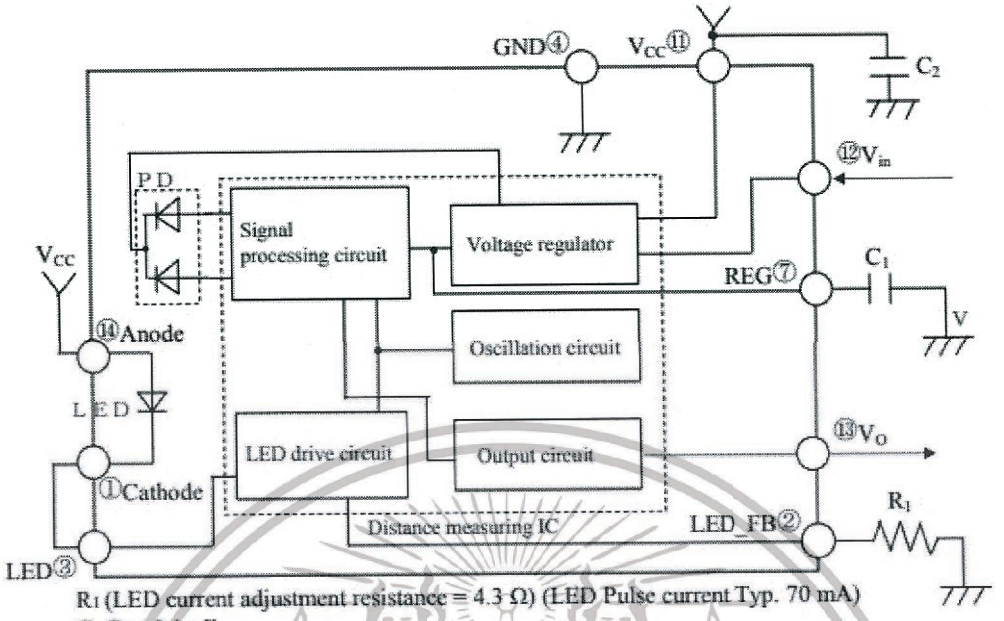
1. Touch-less switch (Sanitary equipment, Control of illumination, etc.)
2. Robot cleaner

Features:

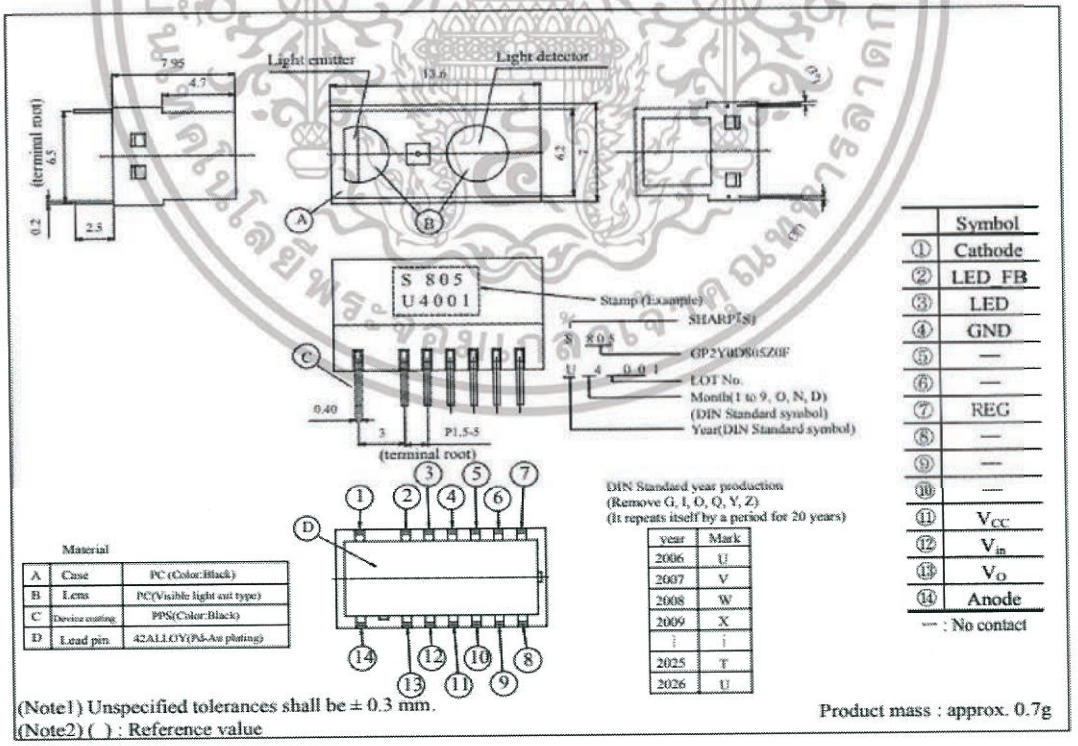
1. Digital output type
2. Short distance type Detecting distance : Typ. 50 mm
3. Low profile Package size : 13.6×7×7.95 mm
4. Consumption current : Typ. 5 mA
5. Battery drive possible Supply voltage : 2.7 to 6.2 V
6. Sunlight tolerance
7. Add Vin terminal, and an external transistor of Vcc line is unnecessary at intermittent operating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block diagram:



Outline Dimensions:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

Arduino Code Programming

```
#include <PS2X_lib.h>
PS2X ps2x;
int motorA1=7;
int motorA2=8;
int motorB1=4;
int motorB2=5;
int motorB3=6;
int motorC1=22;
int motorC2=23;
int motorC3=2;
int motorD1=24;
int motorD2=25;
int motorD3=3;
int sensor1=A0;
int sensor2=A1;
int sensor3=A2;
int sensor4=A3;
int sensor11;
int sensor22;
int sensor33;
int sensor44;
byte vibrate = 0;
void setup() {
 Serial.begin(57600);
 pinMode(motorA1,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(motorA2,OUTPUT);
  pinMode(motorB1,OUTPUT);
  pinMode(motorB2,OUTPUT);
  pinMode(motorB3,OUTPUT);
  pinMode(motorC1,OUTPUT);
  pinMode(motorC2,OUTPUT);
  pinMode(motorC3,OUTPUT);
  pinMode(motorD1,OUTPUT);
  pinMode(motorD2,OUTPUT);
  pinMode(motorD3,OUTPUT);
  pinMode(sensor1,INPUT);
  pinMode(sensor2,INPUT);
  pinMode(sensor3,INPUT);
  pinMode(sensor4,INPUT);
  ps2x.config_gamepad(13,11,10,12, true, true);
}

void loop() {
   ps2x.read_gamepad(false, vibrate);
   sensor11 = digitalRead(sensor1);
   sensor22 = digitalRead(sensor2);
   sensor33 = digitalRead(sensor3);
   sensor44 = digitalRead(sensor4);
    if((sensor11==0) || (sensor22==0)){
       if(ps2x.Button(PSB_PAD_UP)) {

          analogWrite(motorA1, 255);
          analogWrite(motorA2, 0);
          analogWrite(motorB3, 255);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(motorB1, LOW);

digitalWrite(motorB2, HIGH);
delay(50);

 analogWrite(motorA1, 0);
analogWrite(motorA2, 0);
analogWrite(motorB3, 0);

 digitalWrite(motorB1, LOW);

 digitalWrite(motorB2, LOW);
  }
}
if((sensor11==0) && (sensor22==0) && (sensor33==0) && (sensor44==0)){
 if(ps2x.Button(PSB_PAD_LEFT)){

  analogWrite(motorA1, 0);
 analogWrite(motorA2, 255);
 analogWrite(motorB3, 255);

 digitalWrite(motorB1, LOW);

 digitalWrite(motorB2, HIGH);
   delay(50);

  analogWrite(motorA1, 0);
  analogWrite(motorA2, 0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    analogWrite(motorB3, 0);

    digitalWrite(motorB1, LOW);

    digitalWrite(motorB2, LOW);
 }
}

if((sensor11==0) && (sensor22==0) && (sensor33==0) && (sensor44==0)){
  if(ps2x.Button(PSB_PAD_RIGHT)){

     analogWrite(motorA1, 255);
     analogWrite(motorA2, 0);
     analogWrite(motorB3, 255);


     digitalWrite(motorB1, HIGH);

     digitalWrite(motorB2, LOW);
      delay(50);

     analogWrite(motorA1, 0);
     analogWrite(motorA2, 0);
     analogWrite(motorB3, 0);

     digitalWrite(motorB1, LOW);

     digitalWrite(motorB2, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
}
if((sensor33==0) || (sensor44==0)){
  if(ps2x.Button(PSB_PAD_DOWN)){

       analogWrite(motorA1, 0);
      analogWrite(motorA2, 255);
      analogWrite(motorB3, 255);

      digitalWrite(motorB1, HIGH);

      digitalWrite(motorB2, LOW);
        delay(50);
      analogWrite(motorA1, 0);
      analogWrite(motorA2, 0);

      analogWrite(motorB3, 0);

      digitalWrite(motorB1, LOW);

      digitalWrite(motorB2, LOW);
   }
 }
     if(ps2x.ButtonPressed(PSB_RED)){

      analogWrite(motorC3, 255);

       analogWrite(motorD3, 255);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    digitalWrite(motorC1, HIGH);

    digitalWrite(motorC2, LOW);

    digitalWrite(motorD1, LOW);

    digitalWrite(motorD2, HIGH);

}


if(ps2x.NewButtonState(PSB_BLUE)){
    analogWrite(motorC3, 0);

    analogWrite(motorC3, 0);

    digitalWrite(motorC1, LOW);

    digitalWrite(motorC2, LOW);

    digitalWrite(motorD1, LOW);

    digitalWrite(motorD2, LOW);
 }

 if((sensor11==1) && (sensor22==1)){
   vibrate = ps2x.Button(PSAB_PAD_UP);
 }
   if((sensor33==1) && (sensor44==1)){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vibrate = ps2x.Button(PSAB_PAD_DOWN);
    }
 delay(10);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายจาตุรันต์ ดวงไพชุม

Name : Mr. Jaturun Duangphaichoom

วัน/เดือน/ปี เกิด : 1 ตุลาคม 2538

ที่อยู่ : 112/11 ถนนโพนพิสัย ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี รหัสไปรษณีย์ 41000

เบอร์โทรศัพท์ : 0821156379

อีเมล : jaturun.jd@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล ปีการศึกษา 2551-2556

ระดับอุดมศึกษา : ปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557-ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายณัชพล อินต๊ะแก้ว

Name : Mr. Nuchapol Intakaew

วัน/เดือน/ปี เกิด : 5 มิถุนายน 2538

ที่อยู่ : 28/1 ถนนพหลโยธิน ตำบลสันทราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย รหัสไปรษณีย์ 57000

เบอร์โทรศัพท์ : 0931979172

อีเมล : Nuchapol.In@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม ปีการศึกษา 2551-2556

ระดับอุดมศึกษา : ปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557-ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายอนุกูล สิงห์เถื่อน

Name : Mr. Anukul Singthuan

วัน/เดือน/ปี เกิด : 31 ธันวาคม 2538

ที่อยู่ : 95 หมู่ที่ 4 ตำบลสักงาม อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร รหัสไปรษณีย์ 62180

เบอร์โทรศัพท์ : 0952361947

อีเมล : Anukul.Singthuan@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม ปีการศึกษา 2551-2556

ระดับอุดมศึกษา : ปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557-ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้