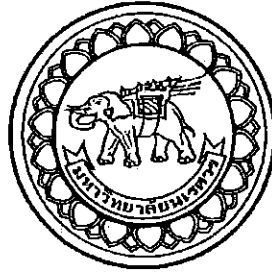


อธิบดีกรมการ



สำนักหอสมุด



เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำขนาดเล็กแบบย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติ

AUTOMATICALLY RELOCATABLE SMALL WATER SURFACE AERATOR



นายชนะธิป ศรีสุเทพ รหัส 56362645

นายปรีชาติ จันทรแดง รหัส 56362959

นายสุทธิรักษ์ สุขศรี รหัส 56363291

๘ CD

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 24 ส.ค. 2561
เลขทะเบียน 17220248 ✓
เลขเรียกหนังสือ ปร

๕143 ค

2559

CD-STL A2

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559




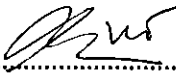
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำขนาดเล็กแบบย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติ
ผู้ดำเนินโครงการ นายชนะธิป ศรีสุเทพ รหัส 56362645
นายปาริชาติ จันทร์แดง รหัส 56362959
นายสุทธิรักษ์ สุขศรี รหัส 56363291
ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร เดชะสิงห์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภวรรณ พลพิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำขนาดเล็กแบบย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติ
ผู้ดำเนินโครงการ	นายชนะธิป ศรีสุเทพ รหัส 56362645
	นายปาริชาติ จันทร์แดง รหัส 56362959
	นายสุทธิรักษ์ สุขศรี รหัส 56363291
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทร์มินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ปฏิญานิทรรศการฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็กเพื่อเพิ่มออกซิเจนที่ผิวน้ำโดยสามารถย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมการทำงาน ตัวเครื่องกลมีรูปทรง 4 เหลี่ยมจัตุรัสและมีก้านติดตั้งขนานกับด้านข้างแต่ละด้านสำหรับตีนน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนและสำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวเครื่อง ก้านทั้งสองด้านถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กซึ่งรับพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 V ผ่านวงจรขับที่ใช้กำหนดทิศการหมุนของก้าน ผู้ใช้สามารถควบคุมเครื่องกลนี้ในแบบวิธีควบคุมด้วยมือผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายซึ่งใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อกลางหรือเลือกให้เครื่องกลทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติซึ่งอาศัยสวิทช์จำกัดระยะที่ติดตั้งไว้แต่ละด้านของตัวเครื่องในการตรวจจับการชนของแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ตลอดเวลาและแจ้งเตือนเมื่อแรงดันลดลงจนต่ำกว่าค่าหนึ่งที่ตั้งไว้

Project title Automatically Relocatable Small Water Surface Aerator
Name Mr. Chanathip Srisuthep ID. 56362645
Mr. Parichat Jundang ID. 56362959
Mr. Suttiruk Suksri ID. 56363291
Project advisor Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2016

Abstract

This thesis presents design and construction of a small aerator for increasing dissolved oxygen in the water surface. The aerator can relocate automatically and is operated by using an Arduino microcontroller. It is designed in a square shape and mounted with a paddle wheel at each side for oxygenating the water surface and determining its direction of movement. Each paddle wheel is driven by a small DC motor and these four motors are powered by a 12-V battery via two drive circuits, which dictate the rotating direction of the paddle wheels. This aerator can be either operated in the manual control mode by means of wireless modules using radio wave as a medium or in the automatic control mode using limit switches that mounted at each side of the aerator for detecting collision against the edge of the water area. In addition, the battery voltage is monitored and the alarm goes off after the voltage drops below a certain level determined by the user.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงการขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงการ โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงการสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปฏิญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปฏิญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร เดชะศิลาภิรักษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงการ

และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมเครื่องมือในการสร้างชิ้นงานขึ้น โดยเฉพาะที่ร้อยตรีธานี โกสุม (พี่ดัน) ซึ่งเป็นรุ่นพี่สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและปัจจุบันเป็นครูช่างของภาควิชาที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและการยืมใช้เครื่องมือจนกระทั่งสร้างชิ้นงานเสร็จสิ้นลง

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ให้แก่ นายชนะธิป ศรีสุเทพ และ นายสุทธิรักษ์ สุขศรี ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงการ รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นายชนะธิป ศรีสุเทพ
นายปาริชาติ จันทร์แดง
นายสุทธิรักษ์ สุขศรี

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 หลักการเติมอากาศให้น้ำและอุปกรณ์ควบคุม.....	4
2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทของก๊าซ.....	4
2.2 หลักการเติมอากาศ.....	5
2.3 เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำ.....	6
2.3.1 เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดแนวตั้ง.....	6
2.3.2 เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดแนวนอน.....	7
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.4.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3.....	8
2.4.2 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560.....	10
2.5 การสื่อสารไร้สาย.....	13
2.5.1 ระบบสื่อสาร.....	13
2.5.2 การส่งสัญญาณ.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.3 การสื่อสารข้อมูล	14
2.5.4 เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูล	14
2.5.5 โมดูล NRF24L01	15
2.5.6 การออกแบบวงจรควบคุมโดยใช้โมดูลสื่อสารไร้สาย NRF24L01	16
2.5.7 เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสาร NRF24L01	16
2.6 มอเตอร์กระแสตรง	18
2.6.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง	18
2.6.2 หลักการทำงานของมอเตอร์	19
2.6.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	20
2.7 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	21
2.7.1 คุณสมบัติทางเคมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	22
2.7.2 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	24
2.8 สวิตช์จำกัดกระแส	25
2.9 รีเลย์	26
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก	29
3.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศ	29
3.1.1 ส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่	30
3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศ	33
3.2 การออกแบบโครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์	37
3.2.1 กล่องควบคุม	37
3.2.2 ส่วนตรวจับการชนขอบของแหล่งน้ำ	37
3.2.3 มอเตอร์และก้านหันตี่น้ำ	40
3.2.4 ส่วนรับน้ำหนัก	41
3.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์	41
3.3.1 การกำหนดทิศการเคลื่อนที่ของเครื่องกล	41
3.3.2 การตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ตีวน้ำ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 รูปแบบการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก.....	44
3.4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ	44
3.4.2 การทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ.....	45
3.4.3 การตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่	51
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	52
4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ	52
4.2 การทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ	53
4.2.1 กรณีเริ่มรอบการทำงานจากการชนด้านหน้าตามแนวการเคลื่อนที่	53
4.2.2 กรณีเริ่มรอบการทำงานจากการชนด้านข้างของแนวการเคลื่อนที่.....	55
4.3 การแจ้งเตือนและตัดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่.....	57
4.3.1 กรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.6 V แต่สูงกว่า 10.4 V	57
4.3.2 กรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.8 V แต่สูงกว่า 10.6 V	60
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	62
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	63
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาพผนวก ก เอกสารประกอบข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	67
ภาพผนวก ข เอกสารประกอบข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560.....	70
ภาพผนวก ค เอกสารประกอบข้อมูลของโมดูล NRF24L01.....	74
ภาพผนวก ง เอกสารประกอบข้อมูลของไอซีหมายเลข L298	77
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.....	22
2.2 คุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน.....	24
3.1 หน้าที่ของสวิทช์ควบคุม.....	45



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของก๊าซบริเวณชั้นผิวของเหลว.....	4
2.2 การแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่หยดน้ำ	5
2.3 การแพร่ของออกซิเจนจากฟองอากาศสู่น้ำ.....	5
2.4 เครื่องกลเติมอากาศผิวน้ำชนิดแนวตั้ง	7
2.5 เครื่องกลเติมอากาศผิวน้ำชนิดแนวนอน.....	7
2.6 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3	8
2.7 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU	10
2.8 แผงวงจร Arduino รุ่น Mega2560	11
2.9 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา	12
2.10 องค์ประกอบของระบบสื่อสาร.....	13
2.11 โมดูล NRF24L01	15
2.12 แผนภาพกรอบของชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	16
2.13 ลักษณะการส่งและรับข้อมูล.....	16
2.14 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง	18
2.15 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง	19
2.16 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส	20
2.17 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวแปลงผันกำลังกระแสตรง	20
2.18 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีในเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	23
2.19 สัญลักษณ์ของสวิทช์จำกัดระยะ	25
2.20 กลไกการทำงานภายในของสวิทช์จำกัดระยะ	25
2.21 สัญลักษณ์ภายใน โครงสร้างของรีเลย์	26
2.22 สถานะการทำงานของรีเลย์	26
2.23 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง	27
2.24 แผนภาพวงจรการทำงานภายในของรีเลย์.....	28
3.1 แผนภาพการเชื่อมต่อส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก.....	29
3.2 แผนภาพการเชื่อมต่อวงจรของส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่.....	30
3.3 การเชื่อมต่อใช้งานรีเลย์ที่ใช้ตัดต่อแบตเตอรี่	31
3.4 การเชื่อมต่อใช้งานตัวรับรู้แรงดัน.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 การเชื่อมต่อใช้งานวงจรทอนระดับแรงดัน	32
3.6 การเชื่อมต่อใช้งานกริ่งจาก Arduino Mega 2560	32
3.7 การเชื่อมต่อใช้งานหลอดแอลอีดีจาก Arduino Mega 2560	33
3.8 แผนภาพการเชื่อมต่อส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องกล	34
3.9 การเชื่อมต่อใช้งานแผงสวิทช์ไปยัง Arduino Uno R3	35
3.10 การต่อใช้งานของโมดูล NRF24L01 ไปยัง Arduino	35
3.11 การเชื่อมต่อใช้งานวงจรจับมอเตอร์	36
3.12 ส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก (มุมมองด้านบน)	37
3.13 ส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก (มุมมองด้านข้าง)	37
3.14 การเชื่อมต่อของก้านชน	38
3.15 การชนด้วยก้านชนด้านหน้า	38
3.16 การชนด้วยก้านชนด้านข้าง	39
3.17 วิธีพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของก้านชน	39
3.18 การเชื่อมตอมอเตอร์กับก้านตีน้ำ	40
3.19 ตำแหน่งของส่วนรับน้ำหนัก	41
3.20 ทิศการหมุนของมอเตอร์เมื่อเคลื่อนที่ไปด้านสีแดง	42
3.21 ทิศการหมุนของมอเตอร์เมื่อตีน้ำ	43
3.22 พื้นที่การกระจายออกซิเจน	43
3.23 แผงสวิทช์ควบคุม	44
3.24 ลำดับการทำงานของเครื่องในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ	46
3.25 พื้นที่การกระจายออกซิเจนที่ผิวน้ำในเส้นทางการเคลื่อนที่	47
3.26 ตำแหน่งตีน้ำที่ค่า n ต่างๆ	48
3.27 ตำแหน่งตีน้ำกรณีที่ $n = 4$	49
3.28 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ	50
4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ	52
4.2 การวัดระยะทางในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า	53
4.3 การตีน้ำในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า	54
4.4 การเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 การวัดระยะทางในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง	55
4.6 การตีน้ำในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง	56
4.7 การเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง	57
4.8 หลอดแอลอีดีมีสีเขียวที่ค่าแรงดันสูงกว่า 10.8 V	58
4.9 หลอดแอลอีดีมีสีแดงและกริ่งดิ่งที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.8 V	58
4.10 หลอดแอลอีดีมีสีแดง กริ่งดิ่ง และก้านหยุดหมุนที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.6 V	59
4.11 การควบคุมด้วยมือที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.6 V	59
4.12 เครื่องกลหยุดทำงานหลังจากที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.4 V	60
4.13 การควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.8 V	61



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันปัญหาน้ำเน่าเสียเป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศไทย เพราะน้ำเน่าเสียเป็นน้ำที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สัตว์น้ำและพืชน้ำอาจไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ อีกทั้งยังส่งกลิ่นเหม็นก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ สาเหตุที่ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียได้แก่ สาเหตุจากธรรมชาติ น้ำทิ้งและสิ่งปฏิกูลจากแหล่งชุมชน การเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการคมนาคมทางน้ำ ซึ่งสาเหตุที่เกิดขึ้นและเกิดบ่อยที่สุดคือสาเหตุจากธรรมชาติอันเกิดจากการเน่าเสียได้เองเมื่อแหล่งน้ำอยู่ในภาวะที่ขาดออกซิเจนส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนแล้วตายลงพร้อมๆกัน เมื่อจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายซากแพลงก์ตอนทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกนำไปใช้มากจนเกิดการขาดแคลน นอกจากนี้การเน่าเสียอาจเกิดได้อีกประการหนึ่งคือ เมื่อน้ำอยู่ในสภาพนิ่งไม่มีการหมุนเวียนถ่ายเท [1] อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำสามารถเพิ่มได้เองตามธรรมชาติและสามารถเพิ่มได้โดยใช้เครื่องกลเติมอากาศ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นตามธรรมชาติมักมีค่าต่ำ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง เช่น บ่อน้ำ สระน้ำ แอ่งน้ำ รวมถึงบ่อเลี้ยงปลาหรือบ่อเลี้ยงกุ้ง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อสัตว์น้ำ ดังนั้นการใช้เครื่องกลเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม

โดยทั่วไปมักพบเห็นเครื่องกลเติมอากาศในแหล่งน้ำนิ่งเป็นลักษณะของเครื่องกลเติมอากาศแบบยัดติดอยู่กับที่ ซึ่งการออกแบบระบบการเพิ่มออกซิเจนของแหล่งน้ำขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เครื่องกลเติมอากาศจำนวนมากและติดตั้งแบบกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วแหล่งน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อการเพิ่มออกซิเจนแต่การเพิ่มจำนวนของเครื่องกลเติมอากาศจำเป็นต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงการจึงมีแนวคิดในการทำให้เครื่องกลเติมอากาศสามารถเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานให้กระจายการเพิ่มออกซิเจนได้อย่างสม่ำเสมอทั่วแหล่งน้ำได้เร็วกว่าเครื่องกลเติมอากาศแบบยัดติดอยู่กับที่ โดยทำงานได้ทั้งแบบวิธีควบคุมด้วยมือและแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ แต่ในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติหากเครื่องกลเติมอากาศไม่สามารถเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อชนขอบของแหล่งน้ำอาจทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงการจึงได้มีแนวคิดในการติดตั้งสวิทช์จำกัดระยะในการตรวจสอบการชนขอบของแหล่งน้ำและสิ่งกีดขวางเพื่อให้เครื่องกลับมาเริ่มเมื่อชนและเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำขนาดเล็กแบบย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติสำหรับแหล่งน้ำนิ่ง โดยสามารถเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อชนขอบของแหล่งน้ำและสิ่งกีดขวางได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงโดยรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมการทำงานของเครื่องกล
- 2) เครื่องกลเติมอากาศสามารถตรวจวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่และส่งสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อระดับแรงดันต่ำ
- 3) ใช้โมดูลสื่อสารส่งคำสั่งจากแผงสวิทช์ควบคุมเพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกลเติมอากาศ
- 4) ใช้สวิทช์จำกัดระยะตรวจสอบการชนขอบของแหล่งน้ำและสิ่งกีดขวางในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

รายละเอียด	พ.ศ. 2559					พ.ศ. 2560			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาการทำงานของ โมดูลสื่อสารร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์									
2) ออกแบบโครงสร้างของเครื่องกลเติมอากาศ									
3) ลงมือสร้างเครื่องกลเติมอากาศโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม									
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญาานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องกลเติมอากาศที่ออกแบบขึ้นในโครงการนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำนิ่งหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และเพิ่มการกระจายตัวของออกซิเจนที่ผิวน้ำได้ดีกว่ารูปแบบที่ยึดติดอยู่กับที่ เนื่องจากเป็นเครื่องกลเติมอากาศแบบเคลื่อนที่ได้ซึ่งสามารถทำงานได้อัตโนมัติและเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ได้เมื่อชนขอบของแหล่งน้ำหรือสิ่งกีดขวาง

1.6 งบประมาณ

1) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	300 บาท
2) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560	600 บาท
3) วงจรทอนระดับแรงดัน	200 บาท
4) รีเลย์กระแสตรง 5 V	50 บาท
5) วงจรขับมอเตอร์ 2 ตัว	300 บาท
6) ตัวรับรู้อะแดปเตอร์	50 บาท
7) สวิตช์จำกัดระยะ จำนวน 4 ตัว	100 บาท
8) โมดูล NRF24L01 จำนวน 2 ตัว	100 บาท
9) แบตเตอรี่ลิเธียมขนาด 12 V	300 บาท
10) สายไฟ สวิตช์และหลอดแอลอีดี	100 บาท
11) กังหันตีน้ำ 4 ตัว	100 บาท
12) โครงสร้างเครื่องกลเติมอากาศ	450 บาท
13) มอเตอร์กระแสตรงแบบทศรอบ 5 V จำนวน 4 ตัว	400 บาท
14) ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่มปริญญาบัตร	950 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันบาทถ้วน)	<u>4,000 บาท</u>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

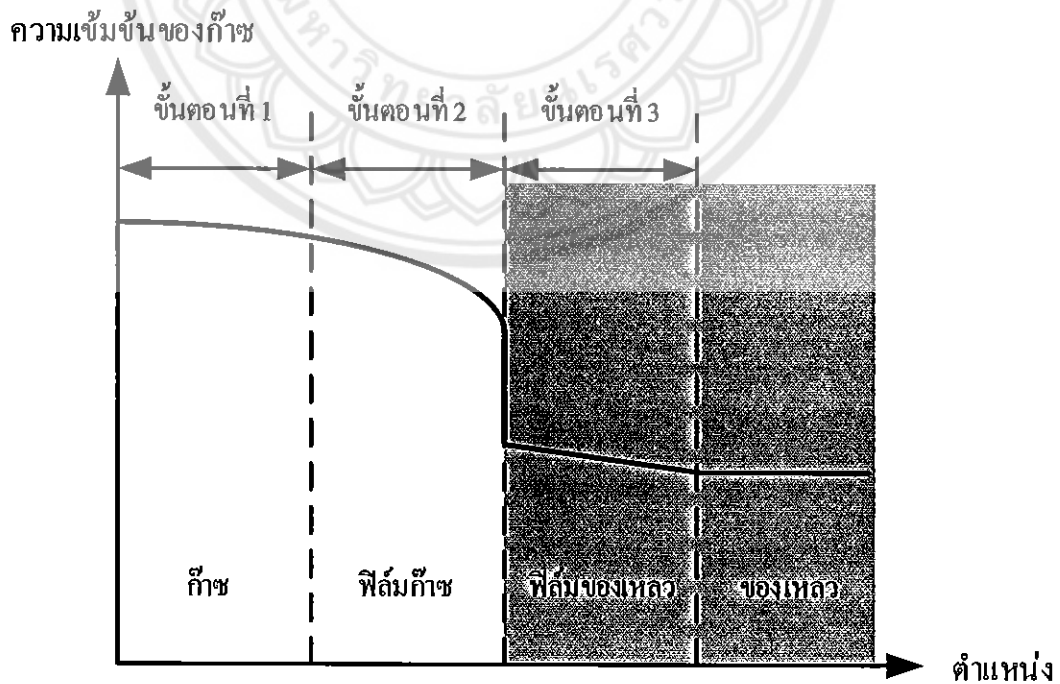
หลักการเติมอากาศให้น้ำและอุปกรณ์ควบคุม

จากที่ทราบความสำคัญของการสร้างเครื่องกลเติมอากาศ กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน และวางแผนการทำงานแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ และอุปกรณ์ควบคุมรวมถึงเบตเตอร์ที่เลือกใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องกล

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทของก๊าซ

การถ่ายเทของก๊าซสามารถพิจารณาเป็น 2 ชั้นคือชั้นของเหลวและชั้นก๊าซ (เช่น ออกซิเจน) ก๊าซจะซึมผ่านชั้นก๊าซและชั้นของเหลวจนกระทั่งเข้าถึงระดับลึกของชั้นของเหลว ซึ่งความเข้มข้นของก๊าซจะค่อยลดลงขณะที่ก๊าซได้ซึมผ่านชั้นก๊าซและชั้นของเหลวจนกระทั่งเข้าถึงระดับลึกของชั้นของเหลว ดังรูปที่ 2.1 ได้แสดงการถ่ายเทของก๊าซ (ออกซิเจน) ซึมผ่านชั้นของเหลว โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นของก๊าซ ณ ตำแหน่งต่างๆ [2]

ขั้นตอนการถ่ายเทออกซิเจน ไปสู่บรรยากาศเข้าสู่ชั้นของเหลวมี 3 ขั้นตอนโดยเริ่มจากการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศเข้าสู่ชั้นฟิล์มก๊าซ จากนั้นเป็นการถ่ายเทออกซิเจนจากชั้นฟิล์มก๊าซเข้าสู่ชั้นฟิล์มของเหลว และสุดท้ายคือการถ่ายเทออกซิเจนจากชั้นฟิล์มของเหลวสู่ชั้นของเหลว

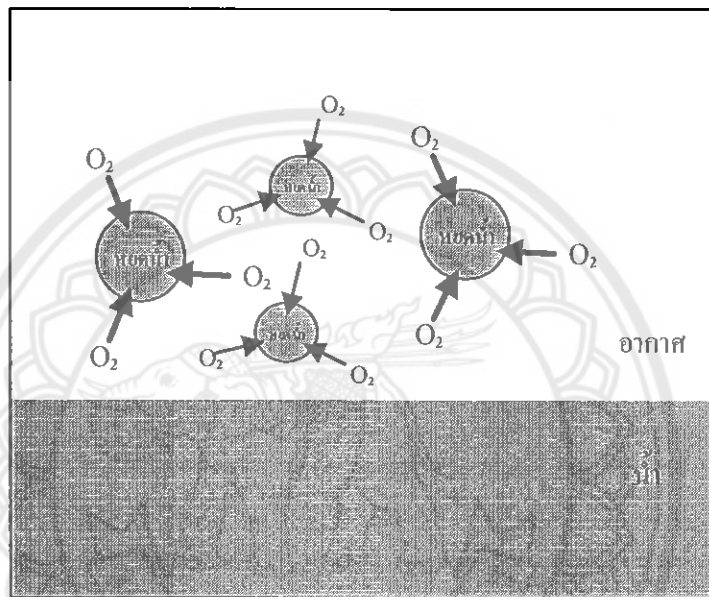


รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของก๊าซบริเวณชั้นผิวของเหลว [2]

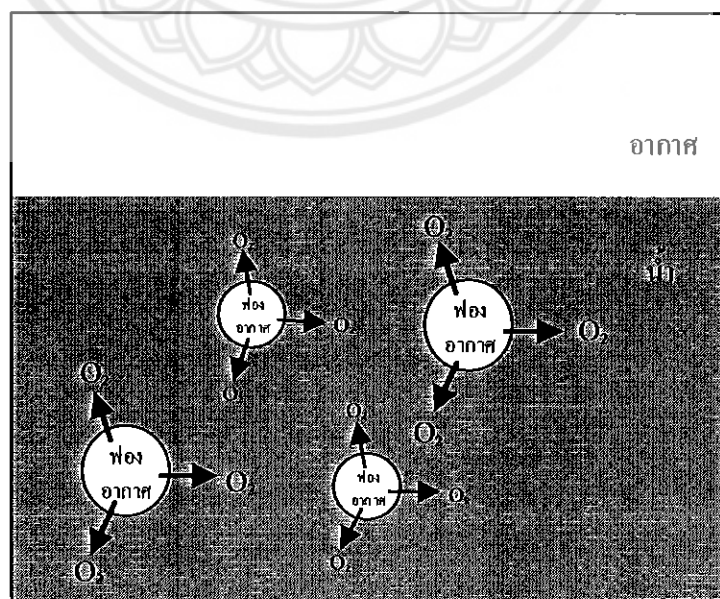
2.2 หลักการเติมอากาศ

หลักการเติมอากาศหรือการถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำเกิดขึ้นได้ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 การถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศให้กับหยดน้ำขนาดเล็กที่เกิดจากการตีน้ำของเครื่องกลเติมอากาศ (Aerator) ซึ่งเป็นการใช้เครื่องเติมอากาศที่ตีน้ำเป็นเครื่องให้ออกซิเจนกับน้ำ ดังรูปที่ 2.2 ออกซิเจนจากอากาศจะแพร่เข้าสู่หยดน้ำเนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศมากกว่าในหยดน้ำ [2]



รูปที่ 2.2 การแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่หยดน้ำ



รูปที่ 2.3 การแพร่ของออกซิเจนจากฟองอากาศสู่น้ำ

วิธีที่ 2 การถ่ายเทออกซิเจนให้กับน้ำที่ห่อหุ้มเป็นการเติมอากาศด้วยการเป่าลมให้เป็นฟองลงในน้ำดังรูปที่ 2.3 ออกซิเจนจากฟองอากาศจะแพร่ออกสู่น้ำเนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนภายในฟองอากาศมีมากกว่าน้ำ [2]

การเติมอากาศหรือออกซิเจนทั้งสองวิธีล้วนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ขนาดของหยดน้ำ ขนาดของฟองอากาศ ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศ และความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างน้ำและอากาศ เนื่องจากการถ่ายเทของออกซิเจนเกิดขึ้นผ่านผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ การทำให้หยดน้ำหรือฟองอากาศมีขนาดเล็กช่วยให้มีการถ่ายเทออกซิเจนได้ดีเนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ

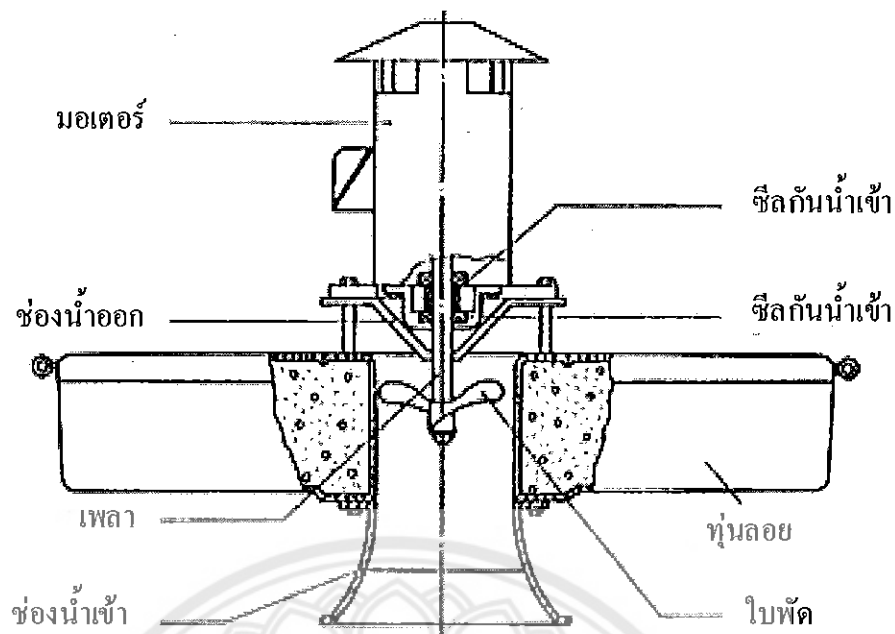
การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศทำให้ออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้มากขึ้นเป็นผลทำให้มีแรงผลักดันการถ่ายเทออกซิเจนเพิ่มขึ้นซึ่งมีความเข้มข้นออกซิเจนในน้ำต่ำ การแพร่ของออกซิเจนก็ยิ่งมากทำให้การเติมออกซิเจนเกิดขึ้นในอัตราที่สูงนั่นคือน้ำที่ขาดแคลนออกซิเจนจะรับการถ่ายเทออกซิเจนได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนสูงจะได้รับการถ่ายเทออกซิเจนช้า

2.3 เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำ

เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำใช้การหมุนของมอเตอร์ในการทำให้ใบพัดตีน้ำหรือใบพัดกวนน้ำหมุนทำให้น้ำกระจัดไปในอากาศและตกลงบนผิวน้ำ กระบวนการนี้ทำให้น้ำได้รับการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในระหว่างที่อยู่กลางอากาศซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

2.3.1 เครื่องกลเติมอากาศผิวน้ำชนิดแนวตั้ง

เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดแนวตั้งมีหลักการในการเพิ่มออกซิเจนโดยการดูดน้ำในบริเวณ 1 ถึง 2 ฟุตในแนวตั้งจากผิวน้ำเข้าไปแล้วพ่นออกมาทางด้านข้างในลักษณะเดียวกับน้ำพุ น้ำที่ถูกพ่นออกมาจะไปกระทบที่ผิวน้ำโดยมีรัศมีประมาณ 3 เมตรดังรูปที่ 2.4

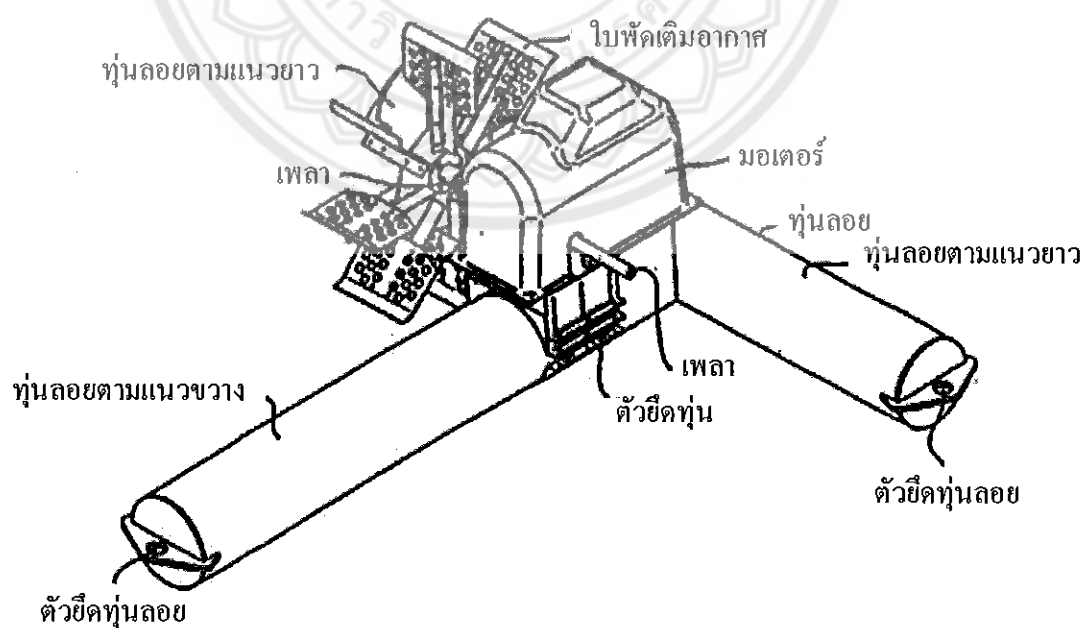


รูปที่ 2.4 เครื่องกลเติมอากาศผิวน้ำชนิดแนวตั้ง

ที่มา: <https://goo.gl/QfvXtc>

2.3.2 เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดแนวนอน

เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำชนิดแนวนอนเป็นเครื่องกลเติมอากาศที่ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศเพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศไปยังน้ำดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องกลเติมอากาศผิวน้ำชนิดแนวนอน

ที่มา: <https://goo.gl/JSUWZk>

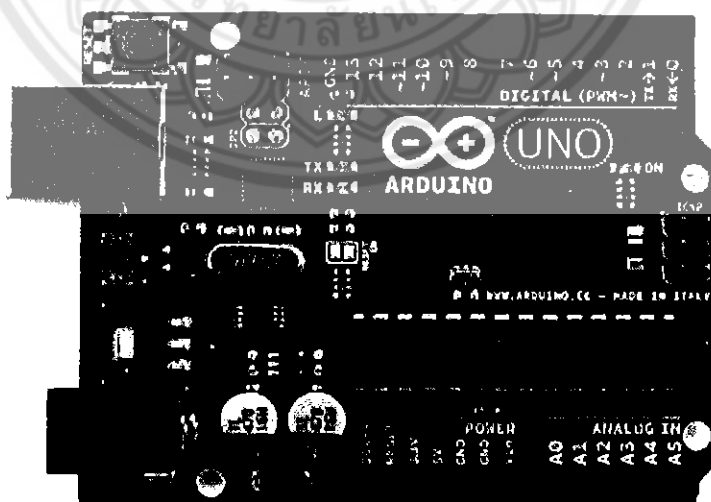
โดยใช้การคืนน้ำของใบพัดเติมอากาศซึ่งวางเหลื่อมตามแนวนอน การหมุนของมอเตอร์ทำให้เพลลาใบพัดหมุนและคืนน้ำให้ลอยขึ้นไปในอากาศและตกลงมากระทบที่ผิวน้ำโดยประสิทธิภาพของการเพิ่มออกซิเจนขึ้นอยู่กับจำนวนของใบพัดเติมอากาศ

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจร Arduino ประกอบด้วย 2 รุ่นคือแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 และรุ่น Mega 2560

2.4.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) มีขนาด 28 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328 ดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาต์พุต (I/O) ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต รวมถึงพอร์ตดิจิทัล พอร์ตแอนะล็อกที่ดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์เดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิทช์หรือตัวรับรู้หรืออุปกรณ์อื่นๆ



รูปที่ 2.6 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 [4]

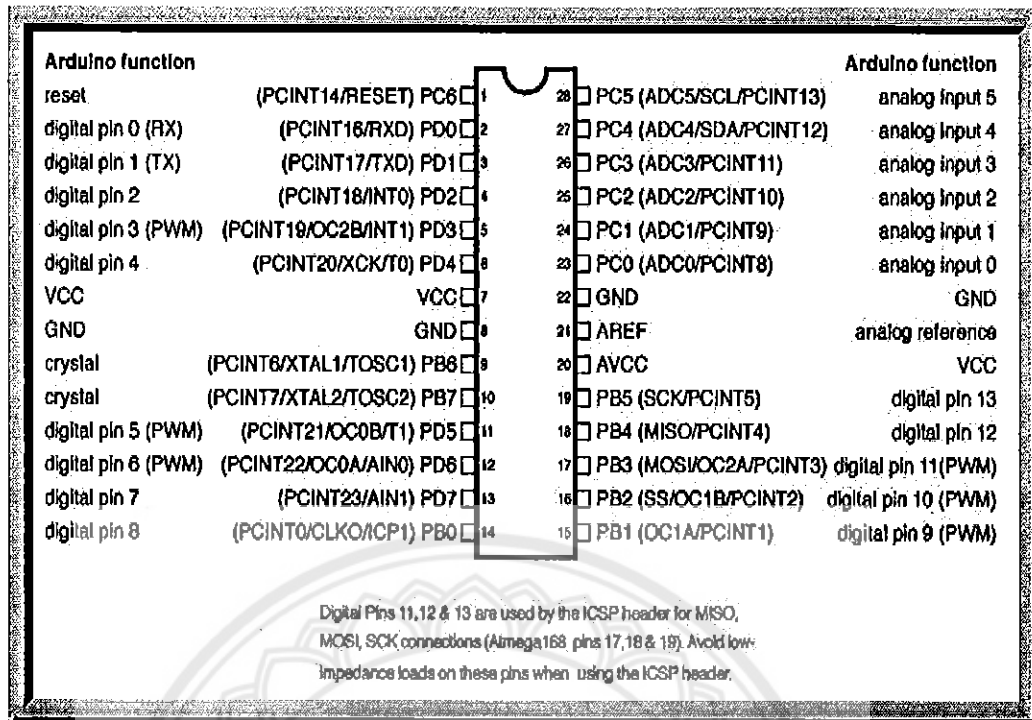
แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากได้มีการออกแบบคำสั่งต่างๆขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและ

มีข้อดีกว่าบอร์ดสำเร็จรูปตัวอื่นคือใช้งานง่ายมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีโปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบตามความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพซึ่งแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ตัวประมวลผลตระกูลเอเวียร์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้มากมาย ภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งมีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกับภาษาซีมาตรฐาน เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่คิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานเล็กน้อยเพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอเวียร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นตัวประมวลผลแบบ RISC (Reduced instruction set computer) และยังมีหน่วยความจำแบบฮาร์วาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับเป็นหน่วยความจำข้อมูล

นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้

- 1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ FLASH ขนาด 32 kB
- 2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 kB
- 3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 kB
- 4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus
- 5) พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 23 บิต
- 6) วงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิตในตัวจำนวน 8 ช่อง
- 7) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 - 5.5 V
- 8) ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 MHz
- 9) วงจรสื่อสารอนุกรม
- 10) ตัวจับเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัวและ U3586 ขนาด 16 บิตจำนวน 1 ตัว
- 11) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีล็บเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 6 ช่อง



รูปที่ 2.7 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU

ที่มา: <https://goo.gl/4z4ByB>

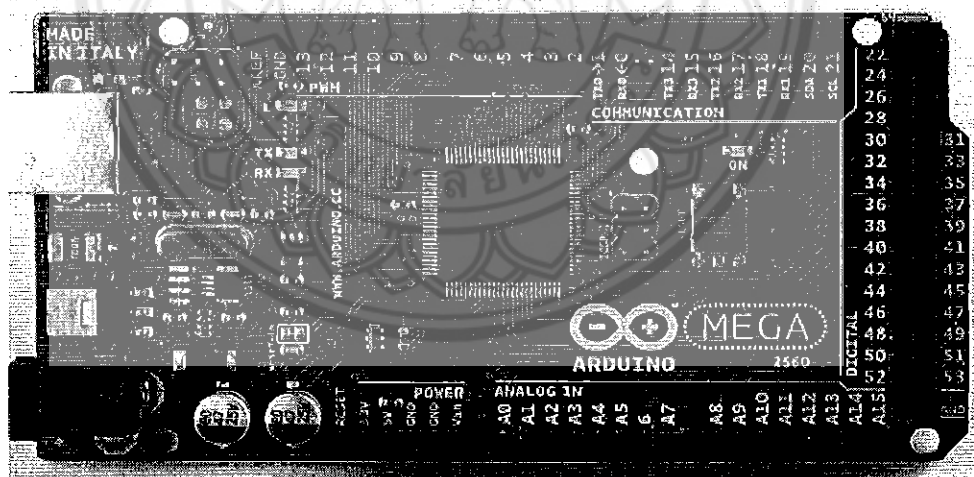
ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Uno R3 ที่ใช้ในโครงงานนี้ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากสวิตช์ควบคุมไร้สายและทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้เพื่อส่งสัญญาณวิทยุไปควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกลเติมอากาศในขณะทำงานในแบบวิธีการทำงานควบคุมด้วยมือ

2.4.2 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560

แผงวงจร Arduino รุ่น Mega 2560 จัดอยู่ในตระกูล AVR และมีขนาด 100 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 แสดงดังรูปที่ 2.8 เป็นแผงวงจร Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้อินพุตและเอาต์พุตมากกว่า Arduino รุ่นอื่นๆ เช่น งานที่ต้องรับสัญญาณจากตัวรับรู้ หรือควบคุมมอเตอร์เซอร์โวหลายๆตัว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาต์พุต (I/O) ที่เพียงพอกับการใช้งานและการเรียนรู้ และมีการพัฒนาแบบ Open source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ แผงวงจรถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวแผงวงจร หรือโปรแกรมต่อได้ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกเข้ามาที่ขา I/O ของแผงวงจร หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับแผงวงจรเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น X Bee Shield, Music Shield, Relay Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับแผงวงจร Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้โดยตัว

แผงวงจรมีคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ต อินพุตและเอาต์พุต ไม่ว่าจะเป็นพอร์ตดิจิทัล พอร์ตแอนะล็อก พินต์เบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิทช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆแผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ [5]

ตัวแผงวงจร Arduino รุ่น Mega 2560 จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 8 bits โดยเป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit, CPU) แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาร์วาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาดดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งมีความจุมากกว่ารุ่น Arduino รุ่น Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน และใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย



รูปที่ 2.8 แผงวงจร Arduino รุ่น Mega2560

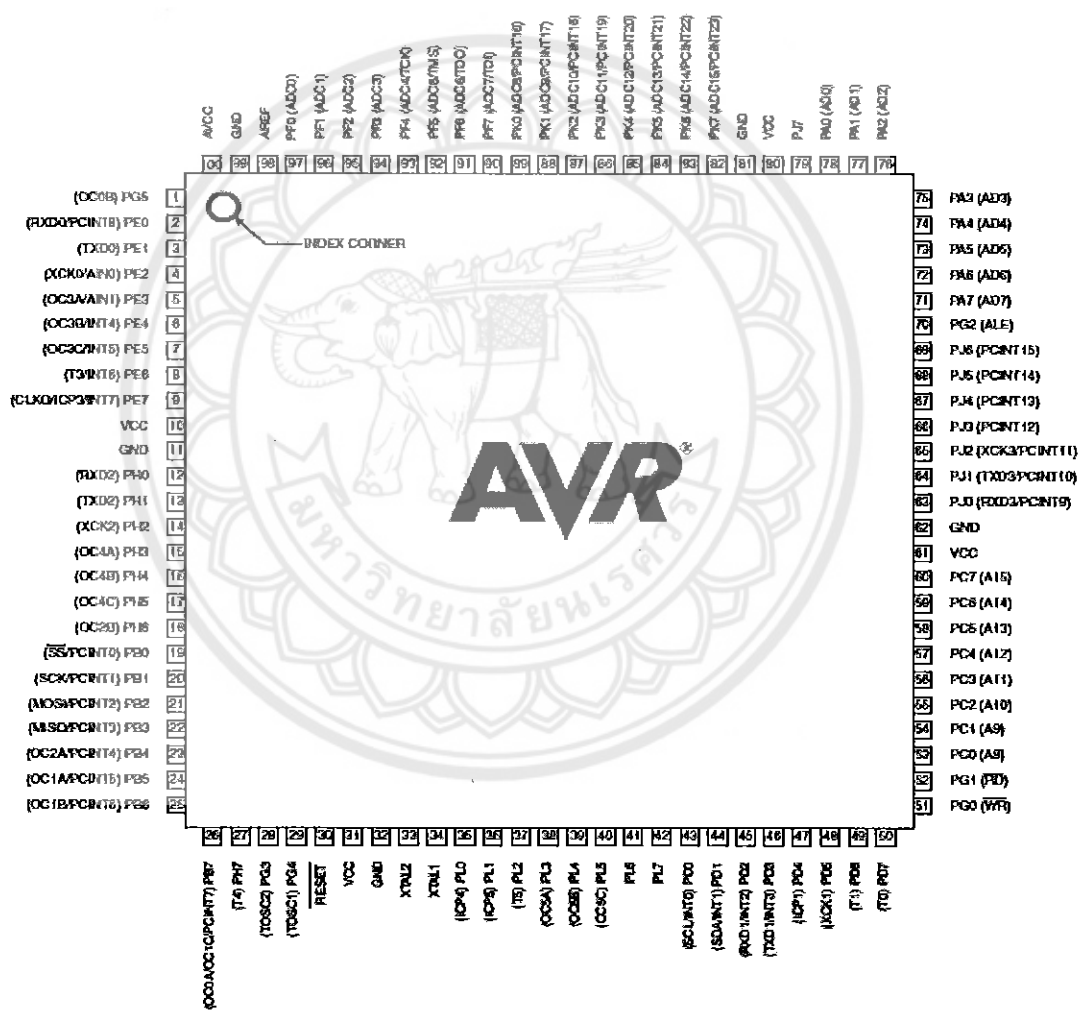
ที่มา: www.arduitronics.com

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega2560 มีคุณสมบัติเด่นดังนี้

- 1) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8-5.5 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V
- 2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 kb
- 3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 kb

- 4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus
- 5) พอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบคิวิตอลจำนวน 54 ช่อง
- 6) พอร์ตเอาต์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง
- 7) วงจรสื่อสารอนุกรม
- 8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้าง สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 14 ช่อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega2560 ที่ใช้ใน โครงการนี้ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากตัวรับรู้ โมดูลสื่อสารไร้สายและทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกลเติมอากาศผ่านมอเตอร์



รูปที่ 2.9 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา ที่มา: www.atmel.com

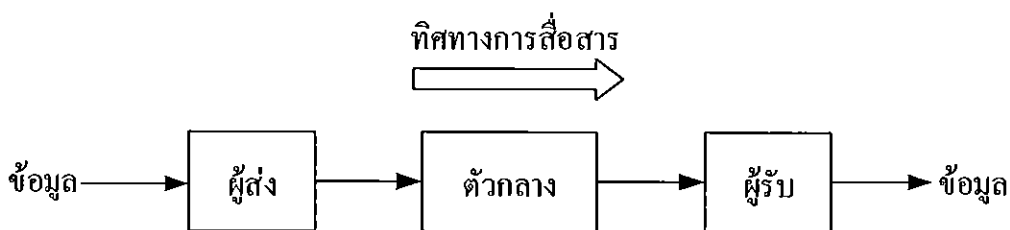
2.5 การสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารไร้สายเป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างเครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) รับและส่งสัญญาณแทนสายเคเบิล ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการพัฒนาจากมาตรฐานระบบ 2G ไปเป็น 3G และ 4G เทคโนโลยีทางด้านระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ได้มีการพัฒนามาตรฐานใหม่ๆ ออกมาเพื่อเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลให้สูงขึ้น

นอกจากนี้บริษัทต่างๆ ได้ผลิตโมดูลสื่อสารไร้สาย (RF Wireless Module) เพื่อนำมาใช้งานในการรับส่งข้อมูล โดยอยู่ในรูปแบบของเครื่องส่ง และเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เช่น โมดูลรับส่ง NRF24L01 โมดูลรับส่ง TLP434/RLP434 โมดูล ET-RF24G V2 และ โมดูลรับส่งเอสเค LWM433 เป็นต้น เมื่อเทคโนโลยีด้านการสื่อสารไร้สายได้พัฒนาก้าวหน้าไปในหลายๆ ด้านแล้วคนเราก็ยังต้องการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้งานเพื่อตอบสนองความต้องการหรือเพื่อแก้ปัญหาบางอย่างมากขึ้น การนำเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายมาประยุกต์ใช้งานนั้นมีหลายรูปแบบอย่างเช่น การประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมรถยนต์บังคับวิทยุ [6] การประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์สำหรับแข่งขันฟุตบอลด้วยลูกปิงปอง การนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์ดีคอล์ฟ [7] นอกจากนี้ยังสามารถนำโมดูลสื่อสารนี้มาประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมให้สามารถบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำขนาดเล็กแบบย้ายตำแหน่งได้อัตโนมัติสำหรับโครงการนี้ได้ โดยมีการออกแบบวงจรเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้ง 4 ตัวที่ในการหมุนใบพัดเติมอากาศทั้ง 4 ด้าน

2.5.1 ระบบสื่อสาร

ระบบสื่อสารมีองค์ประกอบดังรูปที่ 2.10 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ผู้ส่ง สื่อกลาง ผู้รับและเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลคือชุดข้อมูลข่าวสาร (Information) ที่ต้องการสื่อสาร ผู้ส่งได้แก่อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ส่งข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ กล้องวิดีโอ ฯลฯ ผู้รับได้แก่อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูล เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ สื่อกลางคือตัวกลางที่ข้อมูลใช้ในการเดินทางระหว่างอุปกรณ์รับและส่ง เช่น คลื่นวิทยุ เป็นต้น เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลคือชุดของกฎหรือข้อตกลงที่ควบคุมการสื่อสาร



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของระบบสื่อสาร

2.5.2 การส่งสัญญาณ

ระบบสื่อสารจะมีการรับและส่งข้อมูลอยู่ 3 รูปแบบคือ

- 1) การส่งแบบทิศทางเดียว (Simplex) หมายถึงการส่งสัญญาณจากด้านส่งไปยังด้านรับเพียงด้านเดียวโดยไม่สามารถโต้ตอบระหว่างกันได้ เช่น การกระจายเสียงของสัญญาณวิทยุหรือโทรทัศน์เป็นต้น
- 2) การส่งแบบสองทิศทางแต่เวลาต่างกัน (Half-duplex) หมายถึงทั้งด้านส่งและด้านรับสามารถโต้ตอบระหว่างกันได้โดยมีข้อกำหนดว่าต้องมีด้านหนึ่งเป็นด้านรับเสมอ (ผลัดกันส่ง) เช่น วิทยุสมัครเล่น
- 3) การส่งแบบสองทิศทางที่เวลาเดียวกัน (Full-duplex) หมายถึงการที่ด้านรับและด้านส่งสามารถส่งสัญญาณหากันได้พร้อมกันในเวลาเดียวกันโดยไม่ต้องผลัดกันส่งเหมือนแบบ Half-duplex

2.5.3 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลหมายถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวผ่านตัวกลางส่งผ่านและบ่งชี้ประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลซึ่งประกอบขึ้นจากระบบสื่อสารดังกล่าวสามารถทำได้โดยการพิจารณาลักษณะการสื่อสารได้ดังต่อไปนี้

- 1) การนำส่ง (Delivery) ระบบจัดส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้องนั่นคือผู้รับหรืออุปกรณ์ตัวรับที่ระบุเท่านั้นจึงจะสามารถรับข้อมูลได้
- 2) ความเที่ยงตรง (Accuracy) ข้อมูลที่ส่งไปต้องเที่ยงตรง การเปลี่ยนแปลงใดก็ตามที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการส่งจะต้องได้รับการแก้ไขและปรับเปลี่ยนให้ถูกต้องเมื่อถึงปลายทาง
- 3) ความตรงต่อเวลา (Timeliness) การจัดส่งข้อมูลจะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะการสื่อสารข้อมูลแบบเวลาจริง (Real Time) ระบบต้องส่งข้อมูลทันทีที่ข้อมูลถูกสร้างขึ้นในลำดับที่ถูกต้องโดยทำให้เกิดการหน่วงเวลาน้อยที่สุด [8]

2.5.4 เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูล

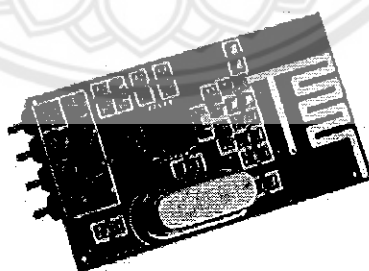
การสื่อสารข้อมูลนั้นจะมุ่งเน้นที่ตัวข้อมูลเป็นหลักเพื่อการรับส่งข้อมูลให้เป็นที่ไปตามที่ ต้องการ วิธีการต่างๆของการสื่อสารข้อมูลที่จะพิจารณาให้การส่งข้อมูลไปยังด้านรับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการจัดการข้อมูลที่สำคัญคือเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูล (Protocol) ที่ช่วยให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อให้การสื่อสารเป็นระบบจึงมีการนำเสนอเป็นรูปแบบมาตรฐานของเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลไว้สำหรับอ้างอิงสำหรับการส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยัง

อีกที่หนึ่งคือผู้ส่งกับผู้รับต้องมีการตกลงกันในเรื่องวิธีการส่งและการรับข้อมูล ขั้นตอน และกระบวนการต่างๆ ในการส่งและรับข้อมูลเพื่อให้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ในการรับส่งสัญญาณ ระยะไกลนั้นสิ่งที่จำเป็นคือการกำหนดรูปแบบวิธีการรับส่งข้อมูลหรือเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลซึ่งในการออกแบบเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลที่ดีต้องอาศัยหลักการออกแบบดังนี้

- 1) เกณฑ์วิธีการรับส่งข้อมูลที่ดีคือในหนึ่งรอบการทำงานจะต้องมีกระบวนการที่สั้น และสามารถทำงานได้ตามความต้องการของระบบ
- 2) ความสามารถในการรองรับการเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลต้องสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบซึ่งออกแบบมาให้รองรับการทำงานในระบบ
- 3) ข้อมูลจากผู้รับควรจะไปถึงผู้ส่งอย่างถูกต้องหรือแม้จะมีข้อผิดพลาดก็ควรเป็นข้อผิดพลาดที่สามารถตรวจสอบได้

2.5.5 โมดูล NRF24L01

โมดูล NRF24L01 ผลิตโดยบริษัท Nordic Semiconductor ใช้ในช่วงความยาวคลื่นที่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่เดียวกับ WiFi, GPS หรือวิทยุสมัครเล่น ลักษณะของเสาอากาศเป็นแบบ สลับฟันปลา (Zig-zag) มีขาสำหรับใช้งานร่วมกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งโมดูลสื่อสารจะทำหน้าที่นำข้อมูลจากแผงไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งไปยังอีกแผง ซึ่งการออกแบบ การสื่อสารนั้นต้องมีโมดูล NRF24L01 1 ตัวใช้สำหรับทำหน้าที่ส่งข้อมูลโดยต่อร่วมกับแผง ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 แผง และต้องมีโมดูล NRF24L01 อย่างน้อย 1 ตัวสำหรับทำหน้าที่รับ ข้อมูลโดยต่อร่วมกับแผงไมโครคอนโทรลเลอร์อีก 1 แผง โดยมีระยะการรับส่งข้อมูลไกลสุด ประมาณ 100 เมตร ดังรูปที่ 2.11

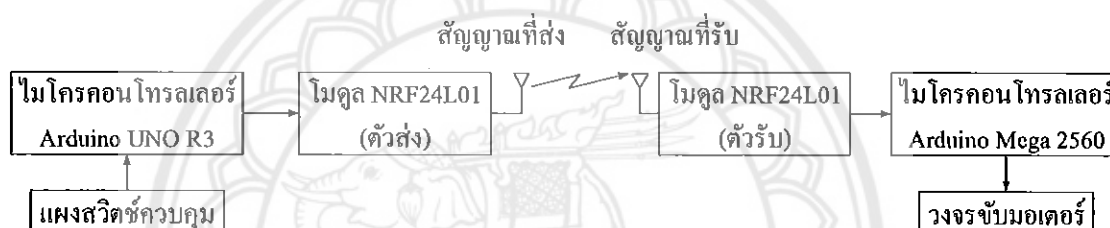


รูปที่ 2.11 โมดูล NRF24L01

ที่มา: <https://goo.gl/LUpUqu>

2.5.6 การออกแบบวงจรควบคุมโดยใช้โมดูลสื่อสารไร้สาย NRF24L01

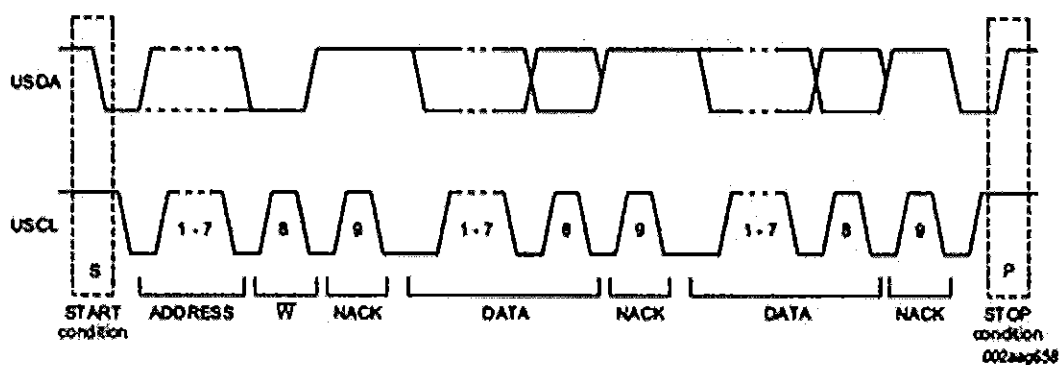
การนำโมดูล NRF24L01 มาใช้ในการรับและส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ กระแสตรงจะใช้งานร่วมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino การออกแบบวงจรควบคุมจะเป็นไปตามแผนภาพกรอบดังรูปที่ 2.12 โดยแยกเป็นชุดส่งข้อมูลและชุดรับข้อมูลรูปด้านซ้ายประกอบด้วยแผงสวิตช์ควบคุมการรับและส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของโหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูล NRF24L01 ชุดรับข้อมูลประกอบด้วยโมดูล NRF24L01 ไมโครคอนโทรลเลอร์และโหนดซึ่งเป็นวงจรขั้วมอเตอร์ เมื่อชุดรับสัญญาณได้รับข้อมูลจากชุดส่งสัญญาณจะทำการถอดรหัสสัญญาณแล้วส่งสัญญาณข้อมูลไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งการให้โหนดทำงานตามคำสั่งที่ส่งมาจากชุดส่งข้อมูล ในกระบวนการทั้งหมดนี้จะมีเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลควบคุมการทำงานทำให้สามารถรับและส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.12 แผนภาพกรอบของชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

2.5.7 เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสาร NRF24L01

การรับส่งข้อมูลจะกำหนดรูปแบบเกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลเป็นแบบอะซิงโครนัสและเป็นรูปแบบการสื่อสารทางเดียว (Simplex) เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูลที่ใช้จะเป็นแบบไอสแควร์ชีหรือไอทูซี (I2C) เป็นวิธีการรับส่งข้อมูลที่ละคู่ โดยมีการกำหนดให้อุปกรณ์หนึ่งเป็นตัวส่งข้อมูล (Master) และกำหนดให้อีกอุปกรณ์หนึ่งเป็นตัวรับข้อมูล (Slave)



รูปที่ 2.13 ลักษณะการส่งและรับข้อมูล

ที่มา: <https://goo.gl/xRIVop>

เกณฑ์วิธีรับส่งข้อมูล I2C จะสื่อสารโดยใช้สายเพียง 2 เส้นเท่านั้นคือ SDA (Serial Line Data) และ SCL (Serial Clock) สามารถส่งข้อมูลหากันได้โดยมีความเร็วตั้งแต่ 100 kHz ไปถึงเป็นระดับ 5 MHz สามารถแสดงลักษณะของการส่งข้อมูลได้ดังรูปที่ 2.13 มีขั้นตอนดังนี้ [9]

- 1) เริ่มต้นในสถานะที่ยังไม่เริ่มทำงานอุปกรณ์ทุกตัวจะมีแรงดันระดับสูง (H)
- 2) เมื่อเริ่มจะส่งข้อมูล SDA จะลดลงไปที่ระดับแรงดันศูนย์ (L) ในขณะที่ SCL ยังอยู่ที่ H โดย SCL จะค้างที่ H นาน $0.6 \mu\text{s}$ ซึ่งคือระยะเวลาที่กำหนดว่าผู้ส่งจะส่งข้อมูล
- 3) SCL จะลงไปที่ L จากนั้น ระหว่างที่รอสัญญาณนาฬิกา (Clock) แรกอีก $1.3 \mu\text{s}$ SDA จะเริ่มกำหนดค่าบิตแรก โดยตัวส่งจะส่งค่าบิตแรกไปพร้อมกับสัญญาณนาฬิกาและไอซีที่เป็นตัวรับบนบัสจะเริ่มอ่านค่าในจังหวะที่ SCL เป็น H
- 4) จากนั้นจะเป็นอย่างนี้ไปอีกเพื่อส่งค่าที่อยู่ (Address) ของไอซีที่ต้องการจะติดต่อดูรวมทั้งสิ้น 7 บิตและตามด้วยบิตที่ 8 ซึ่งจะระบุว่าส่งให้ตัวรับรอคำสั่งหรือจะรออ่านค่าที่ส่งมาจากตัวรับ (Read ระบุค่าโดย SDA เป็น L)
- 5) บิตที่ 9 เป็นการตอบรับจากตัวรับที่มีที่อยู่ตรงกับที่ส่งไป ถ้ามีการตอบรับโดยการดึงสัญญาณ SDA ลง L แปลว่ามีตัวรับพร้อมจะสื่อสารด้วยแต่ถ้าไม่มี SDA ค้างที่ H แปลว่าตัวส่งไม่มีคู่สื่อสาร
- 6) หลังจากการตอบรับช่วงเวลาที่ SCL ถูกดึงลง L เป็นเวลาสั้นๆและ SDA จะถูกปล่อยว่างก่อนที่ตัวรับที่ติดต่อดูจะเริ่มส่งค่าบิตแรกมาที่ SDA
- 7) จากนั้นสัญญาณ SCL จากตัวส่งจะปล่อยออกมาเพื่ออ่านค่าสัญญาณบนสาย SDA ในจังหวะที่ SCL เป็น H และรับค่าเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนข้อมูลครบ 8 บิตแรกตามจังหวะสัญญาณ SCL
- 8) เมื่อข้อมูลครบ 8 บิตแรกแล้วตัวส่งจะให้สัญญาณตอบรับโดยดึงสัญญาณเป็น L เพื่อแสดงให้ตัวรับรู้ว่าตัวส่งจะรอข้อมูลอีก 8 บิตต่อไป (ในกรณีที่ข้อมูลของตัวรับต้องการส่งเป็นแบบ 16 บิต)
- 9) กระบวนการทำงานจะวนไปที่ข้อที่ 6 และอ่านข้อมูลไปจนครบบิตที่ 9 ถึง 16
- 10) จากนั้นเมื่อถึงจังหวะการตอบรับในบิตที่ 9 สำหรับครั้งนี้ตัวรับไม่ต้องการส่งข้อมูลต่ออีกเพราะครบ 16 บิตแล้วตัวรับจะไม่ตอบสนองแล้วสาย SDA จะถูกปล่อยให้ เป็น H
- 11) จากนั้นตัวส่งจะรู้ว่าข้อมูลมาครบถ้วน 16 บิต ก็จะสั่งหยุดโดยการส่งสัญญาณขาขึ้นในสาย SDA พร้อมกับ SCL เป็น H ทำให้รู้ว่าเป็นการหยุดหมายถึงส่งข้อมูลครบไปบิตแรกซึ่งเป็นที่อยู่ของตัวรับตัวที่ตัวส่งต้องการสื่อสารด้วย

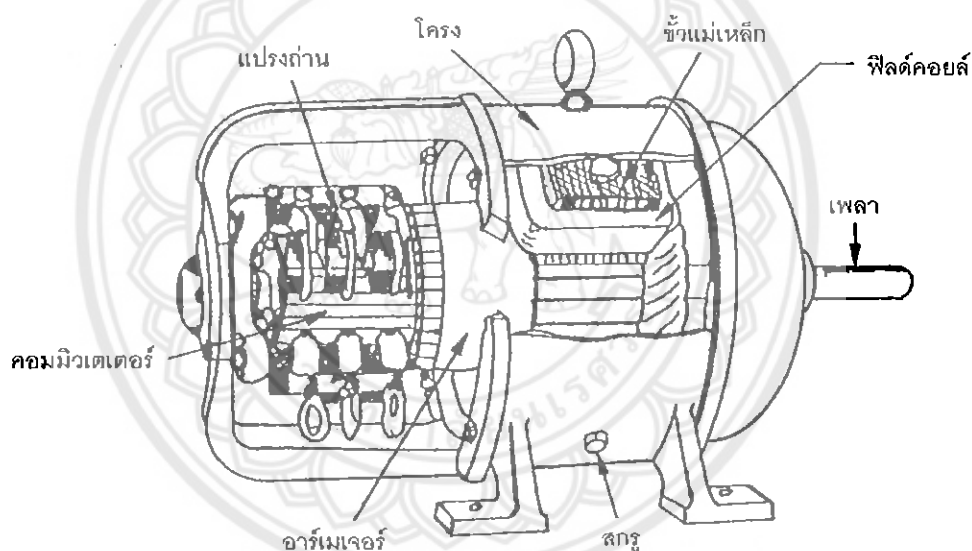
2.6 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการหมุนโดยใช้แหล่งพลังงานจากไฟฟ้า ซึ่งในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างการทำงานการขับเคลื่อนมอเตอร์

2.6.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง

โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.14 โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1) สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนของมอเตอร์ที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย เปลือกหรือโครง (Frame) เป็นทางเดินให้กับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่น ให้มีความแข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาเป็นรูปทรงกระบอกกลม และขั้วสนามแม่เหล็ก (Field poles) เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างฟลักซ์แม่เหล็ก เมื่อตัวนำในขดลวดอาร์เมเจอร์หมุนตัดผ่านฟลักซ์แม่เหล็กนี้จะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น



รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง [10]

2) โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดกำลังงาน ซึ่งมีแกนวางอยู่ในร่องลื่น (Bearing) ประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End plate) ของมอเตอร์ โรเตอร์ของมอเตอร์กระแสตรงประกอบด้วย 4 ส่วน คือ แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวที่ใช้สำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลลานี้วางอยู่บนร่องลื่นเพื่อบังคับให้หมุน โดยไม่มีการสัมผัสเสียดสี แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated sheet steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมกา (Mica) กั้นกลางระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ บริเวณส่วนหัวของคอมมิวเตเตอร์มีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์

คอมมิวเตเตอร์นี้ยึดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon brushes) และขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลิต (Slot) ของแกนอาร์เมเจอร์ ขนาดของลวด และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบของโรเตอร์ชนิดนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับงานต่างๆ แปรงถ่านอาจทำจากส่วนผสมของคาร์บอนกับกราไฟต์ หรือคาร์บอนกับทองแดงทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกส่งไปยังคอมมิวเตเตอร์

2.6.2 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์คือเครื่องจักรกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้ลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ หลักการของมอเตอร์กระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2.15

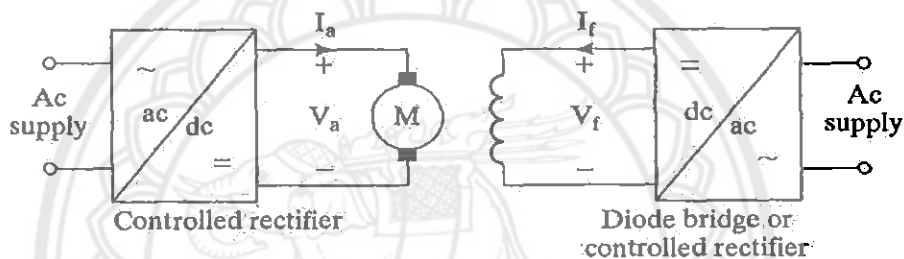


รูปที่ 2.15 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง [11]

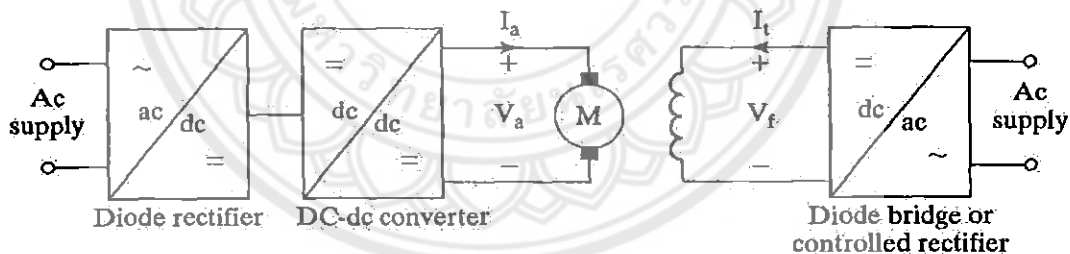
เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าผ่านแปรงถ่านไปยังคอมมิวเตเตอร์และขดลวดอาร์เมเจอร์ส่งผลให้เกิดกระแสไหลในขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งวางอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กจึงเกิดแรงกระทำกับขดลวดอาร์เมเจอร์ดังกล่าว จากรูปที่ 2.15 จะพบว่าด้านซ้ายของขดลวดถูกแรงกระทำในทิศพุ่งขึ้น ในขณะที่ด้านขวาของขดลวดถูกแรงกระทำในทิศพุ่งลงจึงทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เคลื่อนที่ในลักษณะของการหมุน

2.6.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงจากตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสสร้างแรงดันด้านออกกระแสตรงที่ปรับค่าได้จากแรงดันไฟกระแสสลับที่มีค่าคงที่ ในขณะที่ตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงสร้างแรงดันไฟกระแสตรงที่ปรับค่าได้จากแรงดันกระแสตรงที่มีค่าคงที่ ด้วยคุณสมบัติในการสร้างแรงดันไฟกระแสตรงที่ปรับค่าได้อย่างต่อเนื่อง ตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสและตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงจึงก่อให้เกิดวิวัฒนาการทางด้านอุปกรณ์ควบคุมและการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้ในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่มีระดับกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ไม่กี่แอมป์จนถึงหลายเมกะวัตต์ ตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟสนิยมใช้ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงดังรูปที่ 2.16 อีกหนึ่งทางเลือกคือการใช้ตัวเรียงกระแสแบบไดโอดร่วมกับตัวแปลงผันกำลังกระแสตรงดังรูปที่ 2.17 [12]



รูปที่ 2.16 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส [12]



รูปที่ 2.17 การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยตัวแปลงผันกำลังกระแสตรง [12]

สมการที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์กระแสตรง

$$E_g = k \cdot I_f \cdot \omega \tag{2.1}$$

$$V_a = R_a I_a + E_g = R_a I_a + k \cdot I_f \cdot \omega \tag{2.2}$$

$$T_d = k \cdot I_f \cdot I_a = B\omega + T_L \tag{2.3}$$

โดยที่

E_g คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าติกลับ (Back emf) มีหน่วย V

V_a คือ แรงดันตกคร่อมอาร์เมเจอร์ มีหน่วย V

k คือ ค่าคงที่ของมอเตอร์ มีหน่วย V/A.rad/s

I_f คือ กระแสสนาม (Field current) มีหน่วย A

I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์ (Armature current) มีหน่วย A

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ มีหน่วย rad/s

R_a คือ ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ มีหน่วย Ω

T_d คือ แรงบิด (Developed torque) มีหน่วย N·m

T_L คือ แรงบิดโหลด (Load torque) มีหน่วย N·m

B คือ ค่าคงที่แรงเสียดทาน มีหน่วย N·m/rad/s

กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์สร้างขึ้นคำนวณหาได้จาก

$$P_d = T_d \omega \quad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.2) เราสามารถเขียนสมการความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ดังนี้

$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{k \cdot I_f} \quad (2.5)$$

2.7 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Li-ion) ประกอบด้วยเซลล์ที่ใช้สารประกอบของลิเทียมเป็นวัสดุในการสร้างขั้วบวกและขั้วลบ โดยแบตเตอรี่จะมีกระบวนการแลกเปลี่ยน ไอออนของลิเทียม (Li^+) ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบซึ่งเคลื่อนที่ไปมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบในระหว่างการอัดประจุและคายประจุของเซลล์แบตเตอรี่ โดยทั่วไปวัสดุของขั้วบวกเป็นออกไซด์ของโลหะที่มีโครงสร้างเป็นชั้น เช่น ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO_2) หรือวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน เช่น ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (LiMn_2O_4) และมีการสะสมกระแสไว้ที่แผ่นอะลูมิเนียมบาง โดยทั่วไปขั้วลบสร้างจากแกรไฟต์ (Graphite) หรือวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นชั้นและมีการสะสมกระแสไว้ที่แผ่นทองแดง ในขั้นตอนการอัดประจุและการคายประจุ ไอออนของลิเทียมจะถูกแทรกหรือถูกดึงออกจากช่องว่างเล็กๆระหว่างชั้นอะตอมภายในวัสดุเนื้อสาร

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมมีค่าพลังงานจำเพาะ (Specific energy) และมีค่าความหนาแน่นของพลังงาน (Energy density) สูง ทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนเหมาะสำหรับการใช้งานที่ให้ความสำคัญกับน้ำหนัก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีอัตราการคายประจุเอง (Self-discharge)

ค่อนข้างต่ำ มีอายุการใช้งาน (Cycle life) ยาวนาน และช่วงอุณหภูมิของการทำงานกว้าง ทำให้มีความหลากหลายในด้านการใช้งาน ขนาดและรูปร่างซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต โดยทั่วไปหนึ่งเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีค่าแรงดันใช้งานอยู่ในช่วง 2.5-4.2 V ซึ่งมากกว่าประมาณสามเท่าของแรงดันที่ได้จากแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) หรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH)

อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน คือการเสื่อมสภาพลงเมื่อใช้งานจนแรงดันต่ำกว่า 2 V และปล่อยประจุออกเมื่อเกิดการอัดประจุเกิน (Overcharge) ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนไม่มีกลไกทางเคมีในการจัดการกับการอัดประจุเกินซึ่งแตกต่างจากคุณสมบัติทางเคมีของแบตเตอรี่ชนิดน้ำ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนจึงต้องมีวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยตัดการเชื่อมต่อทางกลเพื่อป้องกันการเกิดการคายประจุเกิน (Deep discharge) และการอัดประจุเกินรวมทั้งสถานะอุณหภูมิสูงเกิน แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนจะมีการสูญเสียความสามารถอย่างถาวรที่อุณหภูมิสูง (65°C) แม้ว่าอัตราคายประจุต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมหรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ [13] ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [13]

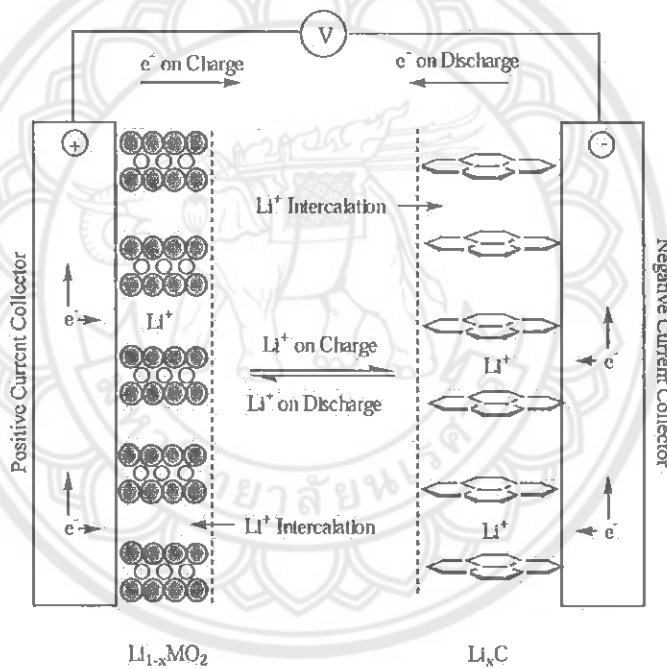
ข้อดี	ข้อเสีย
1) เซลล์ปิดผนึกไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา	1) ราคาค่อนข้างแพง
2) อายุการใช้งานนาน	2) เสื่อมลงเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง
3) ช่วงอุณหภูมิของการทำงานกว้าง	3) ต้องการวงจรป้องกัน
4) มีอายุการเก็บรักษาได้นาน	4) สูญเสียความจุหรือเกิดความร้อนออกมาเมื่อมีการอัดประจุเกิน
5) อัตราการคายประจุเองต่ำ	5) เมื่อเกิดความเสียหายจะมีการปล่อยประจุและความร้อนออกมา
6) สามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็ว	6) การออกแบบรูปทรงกระบอกจะมีความหนาแน่นของพลังงานต่ำกว่านิกเกิลแคดเมียมหรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์
7) ความสามารถในการคายประจุออกมาอัตราที่สูงและกำลังสูง	
8) ประสิทธิภาพทางประจุและพลังงานสูง	
9) พลังงานจำเพาะและความหนาแน่นสูง	
10) ไม่มีผลหน่วยความจำ (Memory effect)	

2.7.1 คุณสมบัติทางเคมีแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่ใช้สารประกอบออกไซด์ของโลหะลิเทียมเป็นวัสดุที่ช่วยในการสร้างขั้วบวก ซึ่งได้แก่สารประกอบลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ และลิเทียมนิกเกิลออกไซด์ (LiNiO_2) แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์เพราะให้ค่าความหนาแน่นพลังงานสูงที่สุด ส่วนขั้วลบใช้คาร์บอนที่มีความพรุนสูงอย่างเช่น แกรไฟต์เป็น

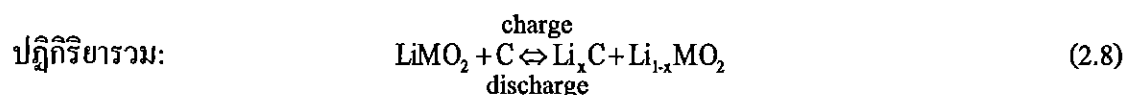
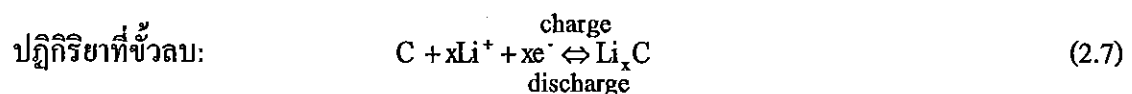
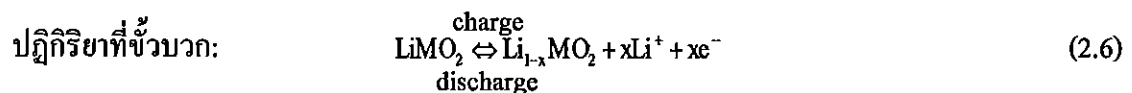
ส่วนประกอบของ อิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนใช้เกลือของลิเทียมหรือฟอสเฟตของลิเทียมที่ละลายในสารละลายอินทรีย์ ในขณะที่ตัวกั้น (Separator) นิยมทำมาจากพลาสติก เช่น โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) หรือ โพลีเอทีลีน (Polyethylene: PE)

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ โดยขณะที่อัดประจุออกไซด์ของโลหะลิเทียมที่ขั้วบวกแตกตัวให้อิออนของลิเทียมและอิเล็กตรอน (e^-) ออกมา อิออนของลิเทียมเคลื่อนที่ออกจากขั้วบวกผ่านอิเล็กโทรไลต์แล้วแทรกตัวอยู่ในชั้นของคาร์บอนที่ขั้วลบ ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วบวกผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วลบเพื่อรวมตัวกับอิออนของลิเทียม และขณะที่คายประจุจะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับลิเทียมไอออนและอิเล็กตรอนแยกตัวออกมา อิออนของลิเทียมเคลื่อนที่ออกจากขั้วลบผ่านอิเล็กโทรไลต์ไปยังขั้วบวกและอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วบวกเพื่อรวมตัวกับอิออนของลิเทียมอีกครั้ง [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีในเซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [13]

ปฏิกิริยาของการอัดและคายประจุในเซลล์แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [13] มีดังนี้



2.7.2 การคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

คุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนระบุไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [13]

คุณลักษณะ	สมรรถนะ
แรงดันของเซลล์ที่ใช้งาน	2.5 V – 4.2 V
ค่าพลังงานจำเพาะ	100 – 158 Wh/kg
ค่าความหนาแน่นของพลังงาน	245 – 430 Wh/L
ความสามารถในการคายประจุ	ใช้งานปกติได้ 1C, สูงสุดได้ 5C
ความสามารถในการจ่ายกระแสพัลส์ (Pulse rate capability)	สูงถึง 25C
อายุการใช้งานที่ 100% ของความลึกของการคายประจุ (Depth of discharge: DoD)	โดยทั่วไป 3,000 รอบการอัดประจุ
อายุการใช้งานที่ 20% – 40% ของความลึกของการคายประจุ	มากกว่า 20,000 รอบการอัดประจุ
อายุการใช้งาน	มากกว่า 5 ปี
อัตราการคายประจุเอง	2% – 10% ต่อเดือน
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน	-40°C – 65°C
ผลหน่วยความจำ (Memory effect)	ไม่มี
ค่าความหนาแน่นของกำลัง (Power density)	2,000 – 3,000 W/L
ค่ากำลังเฉพาะ (Specific power)	700 – 1,300 W/Kg

โดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนให้แรงดันสูงอยู่ในช่วง 2.5 – 4.2 V ซึ่งมากกว่าประมาณสามเท่าของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมหรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ โดยมีค่าพลังงานจำเพาะมากกว่า 150 Wh/Kg และค่าความหนาแน่นพลังงานมากกว่า 400 Wh/L สามารถคายประจุได้ในอัตราสูงถึง 5C อย่างต่อเนื่องหรือกระแสพัลส์ 25C มีค่าความหนาแน่นของกำลังสูงและมีอัตราการคายประจุเองต่ำนอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานหลายปีไม่มีผลหน่วยความจำและมีช่วงอุณหภูมิในการทำงานกว้างโดยสามารถอัดประจุในช่วงอุณหภูมิ 20°C – 60°C และคายประจุในช่วงอุณหภูมิ -40°C – 65°C [13]

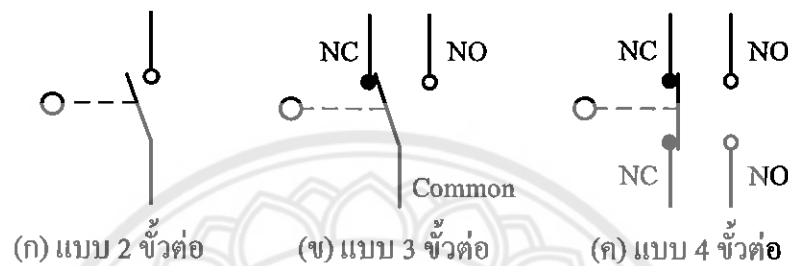


19220248

2.8 สวิตช์จำกัดระยะ

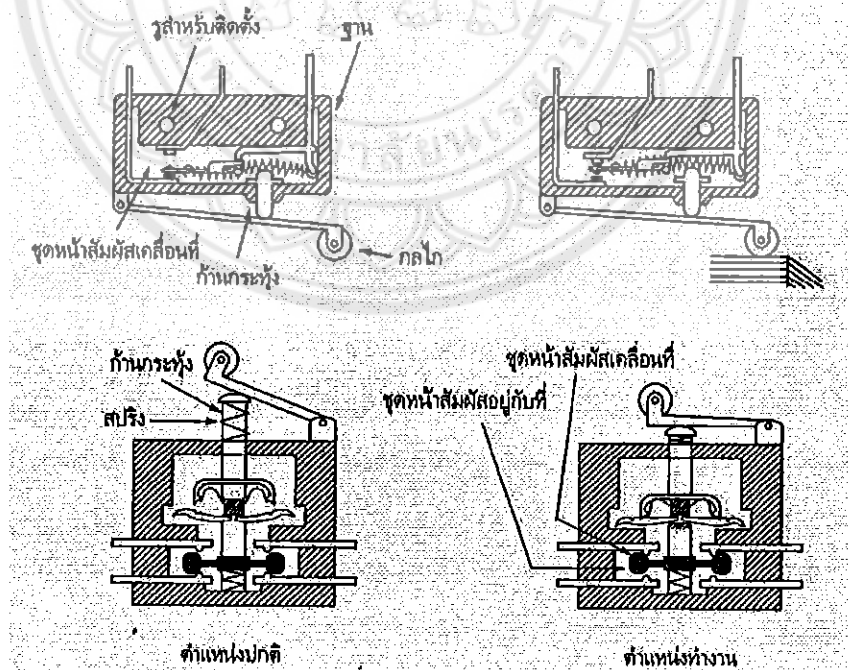
สำนักหอสมุด

การทำงานของสวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch) อาศัยการชนของวัตถุกับลูกกลิ้ง (Roller) แล้วส่งผลให้น้ำสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชนเปิดหรือปิดตามจังหวะของการชน จะเห็นว่าการทำงานดังกล่าวอาศัยแรงกดจากภายนอกมากระทำ เช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด และเป็นผลทำให้น้ำสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชน เปิดและปิดตามจังหวะของการชน สัญลักษณ์ของสวิตช์จำกัดระยะแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ของสวิตช์จำกัดระยะ

สวิตช์จำกัดระยะมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เช่น ลิฟต์โดยสาร ลิฟต์ขนของ ประตูที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น [14,15]



รูปที่ 2.20 กลไกการทำงานภายในของสวิตช์จำกัดระยะ [16]

สวิตช์จำกัดระยะเปรียบได้กับสวิตช์ตัดวงจร ทำหน้าที่หลักในการหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแนวแกนต่าง ของเครื่องจักรที่ถูกออกแบบมา ในกรณีที่เป็นเครื่องจักรทำงานแบบอัตโนมัติ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ไปแตะกับสวิตช์จำกัดระยะ ทำให้น้ำสัมผัสแยกออกจากกันดังแสดงในรูปที่ 2.20 วงจรจะไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่มอเตอร์ขับเคลื่อน [16]

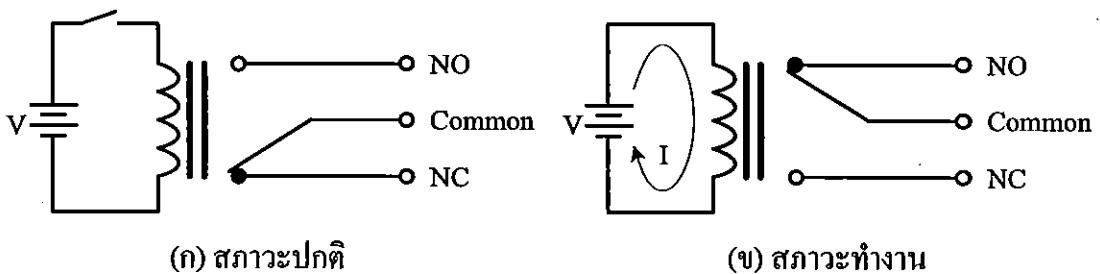
2.9 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) มีทำหน้าที่ตัดต่อวงจร เช่นเดียวกับสวิตช์ รีเลย์มีหลายชนิดและหลายขนาด ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์ขนาดใหญ่ ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โครงสร้างภายในของรีเลย์โดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวดและน้ำสัมผัส ซึ่งประกอบด้วยน้ำสัมผัสปกติปิด (Normally close หรือ NC) และน้ำสัมผัสปกติเปิด (Normally open หรือ NO) ในสภาวะปกติ น้ำสัมผัสปกติปิดเชื่อมต่อกับขาคู่ร่วม (C) [17] ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์

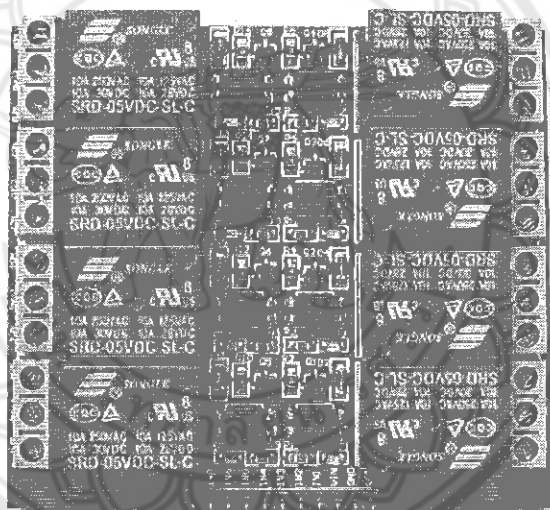
ขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสให้ขดลวดของรีเลย์ น้ำสัมผัสปกติปิดกับขาคู่ร่วมยังต่อถึงกันทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงน้ำสัมผัสขาคู่ร่วมมาต่อกับน้ำสัมผัสปกติเปิด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากน้ำสัมผัสปกติเปิดไปยังขาคู่ร่วมได้ และเมื่อกระแสในขดลวดหยุดไหล น้ำสัมผัสขาคู่ร่วมถูกสปริงดึงกลับไปติดกับน้ำสัมผัสปกติปิดดังเดิม [18] ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 สภาวะการทำงานของรีเลย์

ในโครงการนี้ได้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) สำหรับตัดต่อวงจรในโครงการประกอบด้วยรีเลย์ 8 ตัวดังรูปที่ 2.23 ซึ่งแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 A และใช้งานได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 5 V และมีหลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งมีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์

ในการใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมต่อสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (VCC) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (JD - VCC) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้นไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งาน โมดูลนี้โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน VCC IN1 IN2 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ VCC ของวงจรควบคุม ป้อนให้กับ JD - VCC ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูง กระแสสูง หรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำ



รูปที่ 2.23 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

ที่มา: <https://goo.gl/8bXaQh>

การแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา JD-VCC และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุม จะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN8 และขา VCC โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม ในการใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สามารถดูได้ที่ตัวรีเลย์ ซึ่งจะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 12 VDC หมายถึงต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้จะส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก ๆ อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน

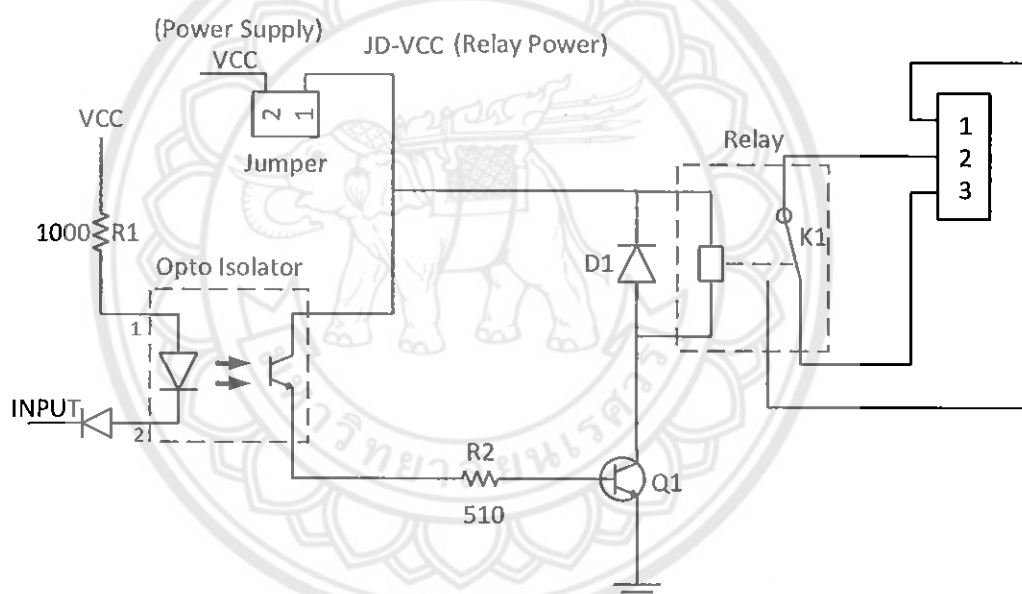
ในส่วนของการต่อวงจรนั้นสามารถต่อเข้ากับขั้วใดก็ได้ เพราะรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากรีเลย์ชนิดพิเศษ)

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส จะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 A 220 VAC หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่ในการใช้งานจริง ควรให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิக்க เนื่องจากหากมีกระแสมากเกินไปจะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นเสียหายได้เร็วขึ้น

3) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์

โครงสร้างภายในและการจ่ายไฟเพื่อให้รีเลย์ทำงาน

ในส่วนของโครงสร้างการทำงานภายในของรีเลย์ สามารถแสดงลักษณะและเส้นทางในการจ่ายไฟของรีเลย์ แสดง ได้ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แผนภาพวงจรการทำงานภายในของรีเลย์

ที่มา: <https://goo.gl/8RdB5o>

การทำงานของรีเลย์ เริ่มด้วยการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) และขดลวดของรีเลย์ การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่นคือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง ทำให้เกิดการไบแอสไปหน้า ส่งผลทำให้ไดโอดเกิดการเปล่งแสงไปตกกระทบบที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสง ทรานซิสเตอร์จึงนำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการนำกระแส จึงเกิดความต่างศักย์ที่ขดลวดของรีเลย์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ส่งผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส

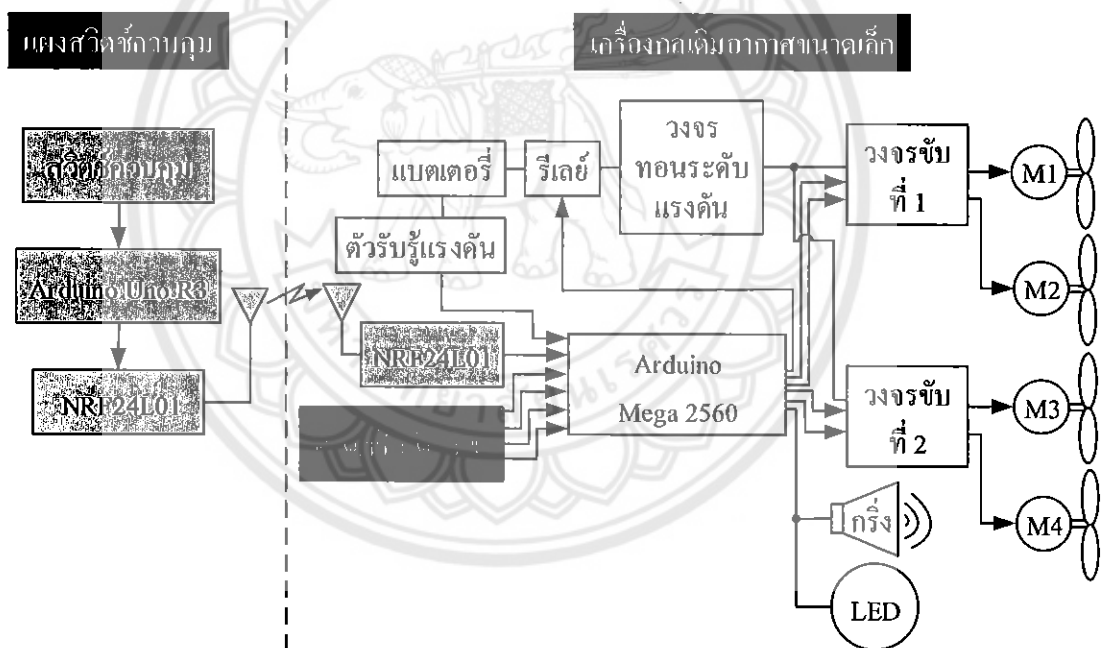
บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก

หลังจากศึกษาหลักการเติมอากาศและตัดสินใจสร้างเครื่องกลเติมอากาศชนิดแวนอนรวมถึงศึกษาหลักการทำงานและรายละเอียดของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้แล้ว ในบทที่ 3 นี้จะอธิบายถึงการออกแบบกลไกการทำงานและโครงสร้างรวมทั้งการสร้างวงจรควบคุมและการประกอบชิ้นส่วนของเครื่องกลเติมอากาศที่ออกแบบ

3.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศ

เครื่องกลเติมอากาศที่ออกแบบสามารถทำงานได้ทั้งแบบวิธีควบคุมด้วยมือและแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



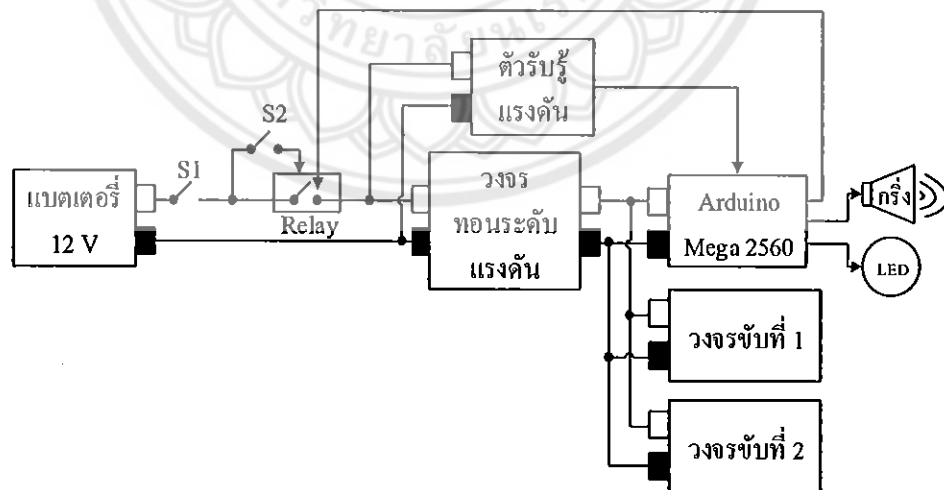
รูปที่ 3.1 แผนภาพการเชื่อมต่อส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก

หลักการทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือเริ่มจากเมื่อผู้ใช้กดสวิตช์ควบคุมแล้วคำสั่งจะถูกนำไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และส่งผ่านโมดูล NRF24L01 (ตัวส่ง) ซึ่งเป็นโมดูลสื่อสารไร้สายที่ส่งข้อมูลด้วยสัญญาณวิทยุ โมดูล NRF24L01 (ตัวรับ) ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องกลเติมอากาศจะนำข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ประมวลผลต่อไป ส่วนในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติเริ่มจากเครื่องกลถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าจนกว่าจะชนกับขอบของแหล่งน้ำหรือสิ่งกีดขวางด้วยก้านชนของสวิตช์จำกัดระยะซึ่งจะเปลี่ยนสถานะ

และส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ประมวลผลเพื่อควบคุมทิศทางในการหมุนของมอเตอร์โดยใช้วงจรขับซึ่งใช้กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกลรวมถึงการตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำ พลังงานที่จ่ายให้มอเตอร์รวมถึงไฟเลี้ยงของวงจรทั้งหมดมาจากแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมที่มีแรงดัน 12 V ซึ่งจ่ายไฟผ่านรีเลย์และวงจรทอนระดับแรงดันเหลือ 8 V เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ เครื่องกลมีการตรวจวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบเมื่อระดับแรงดันมีค่าต่ำผ่านด้วยเสียงของกริ่งและสีของหลอดแอลอีดีเพื่อให้ผู้ใช้ควบคุมเครื่องกลในแบบวิธีควบคุมด้วยมือให้กลับมายังฝั่งก่อนที่ระดับแรงดันจะต่ำจนทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพก่อนกำหนด ส่วนประกอบที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงการเชื่อมต่อเชื่อมต่อวงจร โดยแบ่งเป็นส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่และส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องกลเดิมอากาศ

3.1.1 ส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่

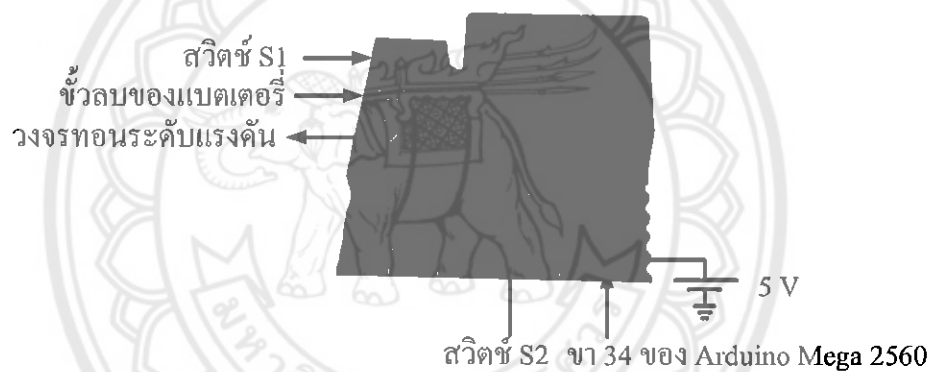
แผนภาพการเชื่อมต่อวงจรในส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 3.2 แบตเตอรี่จ่ายแรงดัน 12 V ผ่านรีเลย์ไปยังวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อรักษาระดับแรงดันไว้ที่ 8 V สำหรับจ่ายให้วงจรขับมอเตอร์และเป็นไฟเลี้ยงของวงจรอื่นๆ ระดับแรงดันของแบตเตอรี่ถูกวัดด้วยตัวรับรู้แรงดันเพื่อส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 เมื่อระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำ Arduino จะส่งสัญญาณให้เครื่องกลทำการแจ้งเตือนด้วยกริ่งและหลอดแอลอีดี แต่หากระดับแรงดันมีค่าต่ำจนอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพก่อนกำหนดรีเลย์จะถูกสั่งให้เปิดหน้าสัมผัสเพื่อตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.2 แผนภาพการเชื่อมต่อวงจรของส่วนควบคุมการตัดต่อแบตเตอรี่

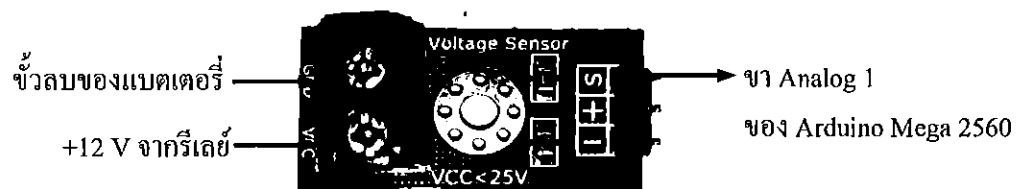
ส่วนประกอบในการควบคุมการจ่ายไฟของแบตเตอรี่มีรายละเอียดดังนี้

1) รีเลย์ที่เลือกใช้ในโครงการนี้เป็นชนิดกระแสตรง 5 V ใช้งานหน้าสัมผัสสปกติเปิด (Normally open: NO) และใช้สัญญาณไฟจั๊ววกในการกระตุ้น (High trigger) มีการเชื่อมต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.3 รีเลย์เชื่อมต่อกับขากระตุ้นจากสองทางคือจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และจากสวิทช์ S2 ซึ่งต่ออยู่หลังสวิทช์ S1 ที่ทำหน้าที่ตัดต่อไฟจากแบตเตอรี่ สวิทช์ S2 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันที่มีค่าเท่ากับแรงดันของแบตเตอรี่เพียงชั่วขณะเพื่อทำให้รีเลย์ต่อวงจรและจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณควบคุมจากขาที่ 34 เป็นแรงดัน 5 V เข้ามากระตุ้นรีเลย์ให้ทำงานอย่างต่อเนื่องแม้ปล่อยมือจาก S2 แต่ไม่ควรกด S2 เป็นเวลานานเพราะเป็นการจ่ายแรงดันสูงเกินค่าพิกัดของรีเลย์ 5 V นานเกินไปจนอาจทำให้รีเลย์เสียหายได้ ขา GND ของรีเลย์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่วนขาอินพุตต่อกับสวิทช์ S1 และขาเอาต์พุตต่อกับวงจรทอนระดับแรงดันและตัวรับรู้อแรงดัน



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อใช้งานรีเลย์ที่ใช้ตัดต่อแบตเตอรี่

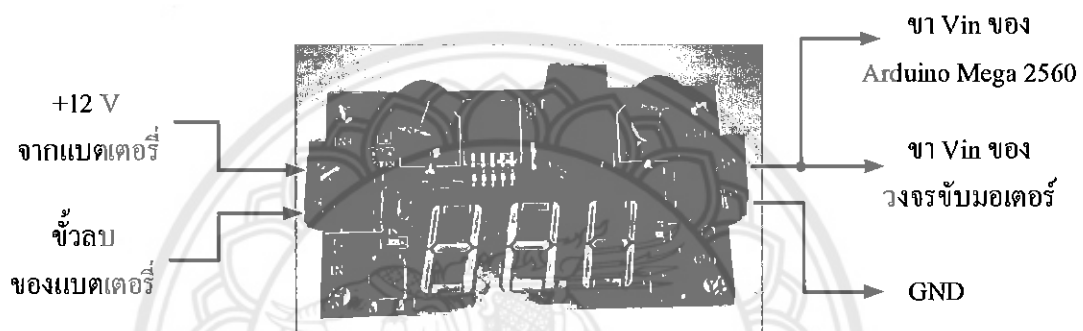
2) ตัวรับรู้อแรงดันทำหน้าที่วัดค่าแรงดันของแบตเตอรี่แล้วส่งให้กับ Arduino Mega 2560 ขาบวกและขาลบของตัวรับรู้อถูกต่อเข้ากับขาเอาต์พุตของรีเลย์และขั้วลบของแบตเตอรี่ตามลำดับ ส่วนขา S ของตัวรับรู้อใช้ส่งค่าไปยังขา Analog 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อใช้งานตัวรับรู้อแรงดัน

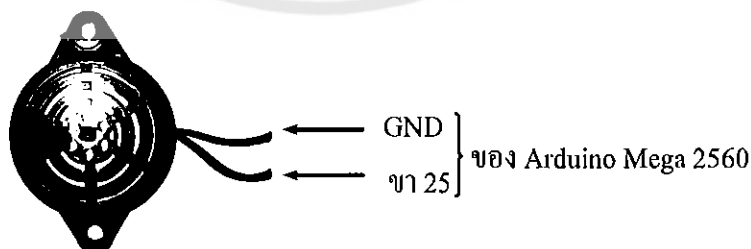
3) วงจรทอนระดับแรงดันรับไฟมาจากแบตเตอรี่ที่มีค่าแรงดันลดลงอย่างต่อเนื่องขณะที่ใช้งานทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันที่จ่ายออกไปยังวงจรขับเคลื่อนและเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรอื่น

3) วงจรทอนระดับแรงดันรับไฟมาจากแบตเตอรี่ที่มีค่าแรงดันลดลงอย่างต่อเนื่องขณะที่ใช้งานทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันที่จ่ายออกไปยังวงจรขับมอเตอร์และเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรอื่นให้มีค่าคงที่ 8 V และให้ค่ากระแสด้านออกสูงขึ้น จึงเหมาะสำหรับจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เนื่องจากการดึงกระแสที่สูงในขณะเริ่มเดินเครื่องทั้ง 4 ตัว การเชื่อมต่อใช้งานวงจรทอนระดับแรงดันแสดงดังรูปที่ 3.5 อินพุตของวงจรต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ผ่านรีเลย์ ขั้วลบเชื่อมต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่วนด้านเอาต์พุตถูกต่อไปเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจ่ายไฟขั้วบวกเข้าขา Vin ส่วนขั้วลบจ่ายเข้าที่ขา GND และเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรขับมอเตอร์ทั้ง 2 วงจรโดยจ่ายขั้วบวกเข้าที่ขา Vin ของวงจรขับส่วนขั้วลบจ่ายเข้าที่ขา GND



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อใช้งานวงจรทอนระดับแรงดัน

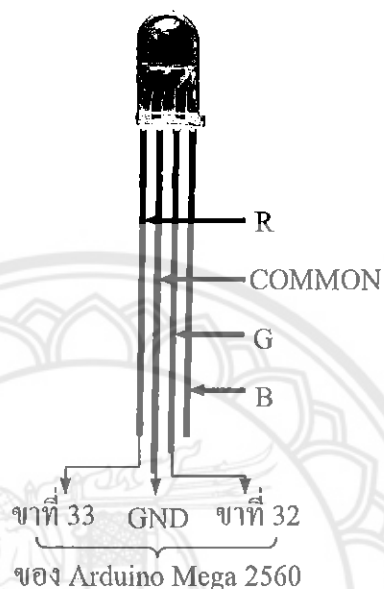
4) ในโครงงานนี้ใช้อุปกรณ์แจ้งเตือนเมื่อแบตเตอรี่ต่ำ 2 อุปกรณ์คือกริ่งและหลอดแอลอีดี เราสามารถทำให้กริ่งมีเสียงออกมาได้ด้วยการจ่ายแรงดันกระแสตรงตั้งแต่ 3 - 24 V โดยมีการเชื่อมต่อใช้งานดังรูปที่ 3.6 สำหรับโครงงานนี้ใช้แรงดัน 5 V ป้อนเข้าที่ขาบวกซึ่งมาจากขาที่ 25 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนขา GND ถูกเชื่อมต่อเข้ากับขา GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อใช้งานกริ่งจาก Arduino Mega 2560

หลอดแอลอีดีที่ใช้เป็นชนิดบวกร่วม (Common anode) สามารถเปล่งแสงได้ 3 สีคือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) โดยแสดงการเชื่อมต่อใช้งานได้ดังรูปที่ 3.7 ขาบวกร่วมถูกต่อเข้ากับขา 5 V ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา R และ G ถูกต่อเข้ากับขาที่ 33 และ 32 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ตามลำดับ ส่วนขา B ไม่ได้ถูกเชื่อมต่อใช้งาน ในโครงงานนี้เราสามารถทำให้หลอดแอลอีดี เปล่งแสงเป็นสีแดงได้โดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณ 5 V และ 0 V ออกมายังขาที่ 32 และ 33 ตามลำดับและสามารถทำให้หลอดเปล่งแสงสีเขียวได้โดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณ 0 V และ 5 V ออกมายังขาที่ 32 และ 33 ตามลำดับ

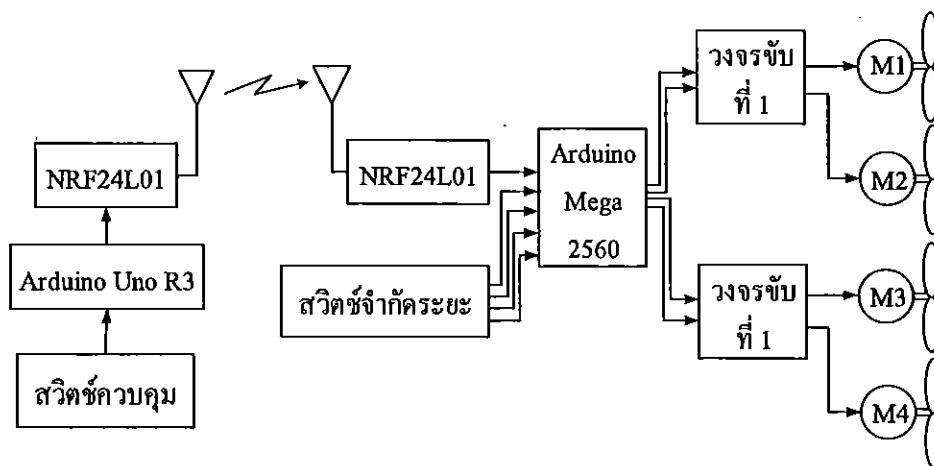


รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อใช้งานหลอดแอลอีดีจาก Arduino Mega 2560

ที่มา: <https://goo.gl/zZwtGZ>

3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศ

เครื่องกลรับสัญญาณอินพุตจากสองแหล่งคือแผงสวิทช์ควบคุมในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ โดยผู้ใช้สามารถกดปุ่มบนสวิทช์ควบคุมการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ในการประมวลผลและส่งคำสั่งไปยังเครื่องกลผ่านสัญญาณวิทยุโดยใช้โมดูล NRF24L01 และในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติซึ่งอาศัยการเปลี่ยนสถานะหน้าสัมผัสของสวิทช์จำกัดระยะ ในขณะที่เซนเซอร์ของแหล่งน้ำ อินพุตที่ได้รับจะถูกนำไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังวงจรขับซึ่งมี 2 วงจร โดยแต่ละวงจรสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.8

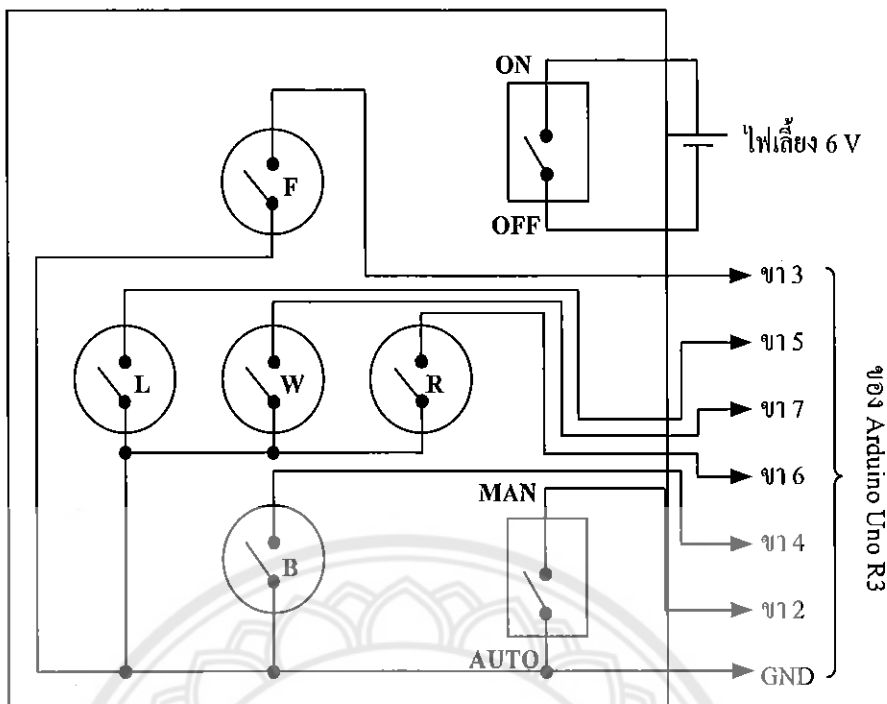


รูปที่ 3.8 แผนภาพการเชื่อมต่อส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องกล

การเชื่อมต่อกันของวงจรถับสามารถแบ่งตามอุปกรณ์ได้ดังนี้

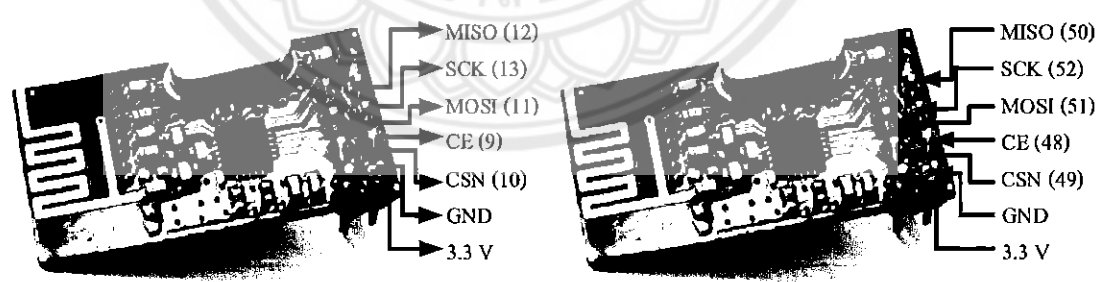
1) แผงสวิตช์ควบคุมทำหน้าที่แปลงคำสั่งจากการกดสวิตช์ควบคุมของผู้ใช้ให้เป็นสัญญาณพัลส์ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เพื่อประมวลผลแล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังโมดูล NRF24L01 โดยสวิตช์ควบคุมประกอบด้วยสวิตช์ปุ่มกดธรรมดา (Push button switch) ชนิดหน้าสัมผัสปกติเปิดจำนวน 5 ตัวประกอบด้วยสวิตช์สั่งให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้า (Forward: F) ซึ่งต่อเข้ากับขาที่ 3 สวิตช์สั่งให้เคลื่อนที่ไปด้านหลัง (Backward: B) ซึ่งต่อเข้ากับขาที่ 4 สวิตช์สั่งให้เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย (Left: L) ต่อเข้ากับขาที่ 5 สวิตช์สั่งให้เคลื่อนที่ไปด้านขวา (Right: R) ซึ่งต่อเข้ากับขาที่ 6 และสวิตช์สั่งให้เครื่องดีน้ำอยู่กับที่โดยต่อเข้ากับขาที่ 7 เพื่อเป็นอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังมีสวิตช์ทางเลือก (Selector switch) อีก 2 ตัวเพื่อเป็นสวิตช์เปิดและปิดการทำงานของแผงสวิตช์ควบคุม โดยต่อกับแบตเตอรี่ขนาด AA 4 ก้อนซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับแผงสวิตช์ควบคุมและไมโครคอนโทรลเลอร์และอีกตัวหนึ่งใช้เป็นสวิตช์เลือกแบบวิธีควบคุมโดยเลื่อนขึ้นไปด้านบนเพื่อสั่งให้เครื่องทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ หรือเลื่อนลงมาด้านล่างเพื่อสั่งให้เครื่องกลทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ ขาที่ 1 ของสวิตช์เลือกแบบวิธีถูกต่อเข้ากับขา 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา Common ต่อกับขา GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.9

โมดูล NRF24L01 ใช้ในการส่งและรับคำสั่งในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ โดยแบ่งเป็นตัวส่งและตัวรับ ตัวส่งทำหน้าที่ส่งคำสั่งจากแผงสวิตช์ควบคุมไปยังเครื่องกล โดยมีโมดูลอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อใช้งานแผงสวิตช์ไปยัง Arduino Uno R3

การเชื่อมต่อวงจรของตัวส่งมีขานำข้อมูลจากผู้รับไปยังผู้ส่ง (MISO) ต่อเข้ากับขาที่ 12 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK) ต่อเข้ากับขาที่ 13 ขานำข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ (MOSI) ต่อเข้ากับขาที่ 11 ขารับส่งสัญญาณ CE และ CSN ต่อเข้ากับขาที่ 9 และ 10 ส่วนขากราวด์และไฟเลี้ยง 3.3 V ต่อกับขา GND และ 3.3 V ตามลำดับดังรูปที่ 3.10(ก)



(ก) โมดูล NRF24L01 ตัวส่งเชื่อมต่อกับ Arduino Uno R3

(ข) โมดูล NRF24L01 ตัวรับเชื่อมต่อกับ Arduino Mega 2560

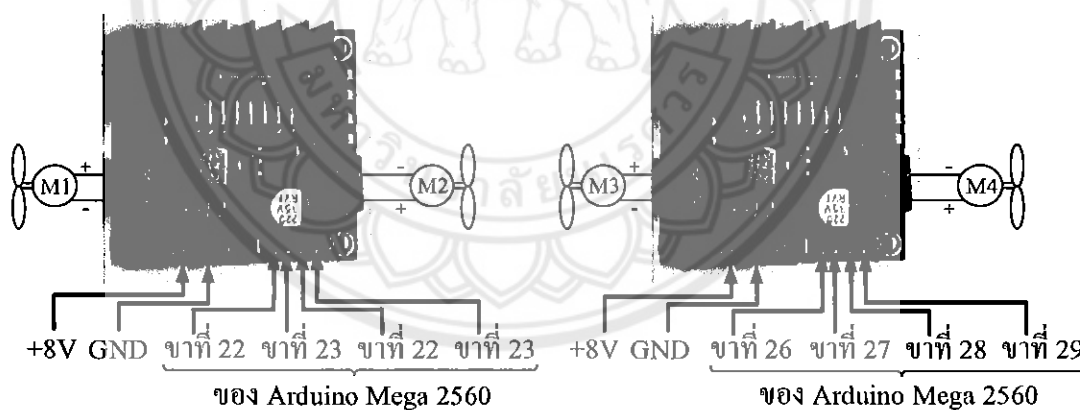
รูปที่ 3.10 การต่อใช้งานของโมดูล NRF24L01 ไปยัง Arduino

ส่วนตัวรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 โดยขาที่นำข้อมูลจากผู้รับไปยังผู้ส่ง (MISO) นำไปต่อเข้ากับขาที่ 50 ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK) ต่อเข้ากับขาที่ 52 ขานำ

ข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ (MOSI) ต่อเข้ากับขาที่ 51 ขารับส่งสัญญาณ CE และ CSN ต่อเข้ากับขาที่ 48 และ 49 ส่วนขาราวด์และไฟเลี้ยง 3.3 V ต่อเข้ากับขา GND และ 3.3 V ตามลำดับดังรูปที่ 3.10(ข)

2) สวิตช์จำกัดระยะที่ใช้ในโครงการนี้มี 4 ตัวซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในกล่องสวิตช์จำกัดระยะทั้ง 4 ด้านของเครื่องกล โดยเลือกใช้ขาต้านปกติปิด (Normally close: NC) ของสวิตช์จำกัดระยะมาใช้งานโดยเชื่อมต่อขา Common เข้ากับขา GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์และต่อขาต้านปกติปิดของตัวที่ 1-4 เข้ากับขาที่ 18-21 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ

3) วงจรขับมอเตอร์ใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัวโดยรับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ละวงจรสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ตัว ในโครงการนี้ใช้วงจรขับ 2 วงจรซึ่งได้รับไฟเลี้ยง 8V จากวงจรทอนระดับแรงดัน สำหรับวงจรขับที่ 1 ขาอินพุต 1 ถึง 4 เชื่อมต่อกับขาที่ 22 ถึง 25 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับส่วนขาเอาต์พุต 1 และ 2 เชื่อมต่อกับขั้วบวกและลบของมอเตอร์ตัวที่ 1 ตามลำดับและขาเอาต์พุต 3 และ 4 เชื่อมต่อกับขั้วบวกและลบของมอเตอร์ตัวที่ 2 ตามลำดับ สำหรับวงจรขับที่ 2 ขาอินพุต 1 ถึง 4 เชื่อมต่อกับขาที่ 26 ถึง 29 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ ส่วนขาเอาต์พุต 1 และ 2 เชื่อมต่อกับขั้วบวกและลบของมอเตอร์ตัวที่ 3 ตามลำดับ และขาเอาต์พุต 3 และ 4 เชื่อมต่อกับขั้วบวกและลบของมอเตอร์ตัวที่ 4 ตามลำดับดังแสดงในแสดงดังรูปที่ 3.11



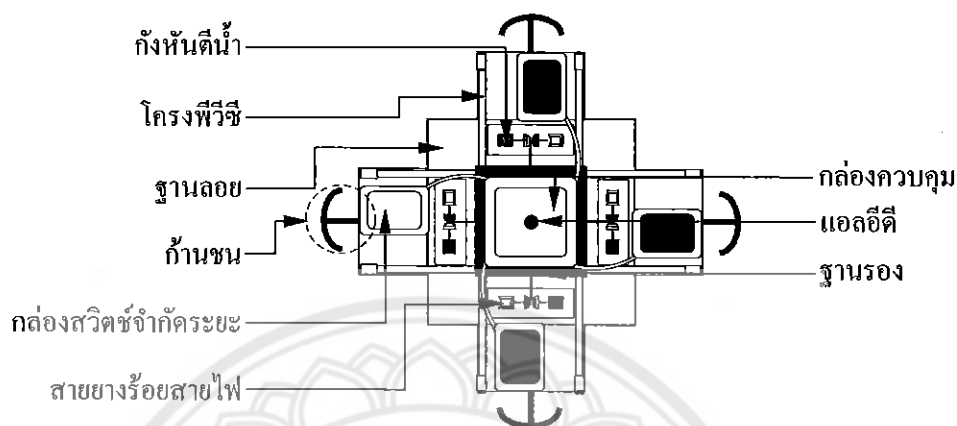
ก) วงจรขับมอเตอร์ที่ 1

ข) วงจรขับมอเตอร์ที่ 2

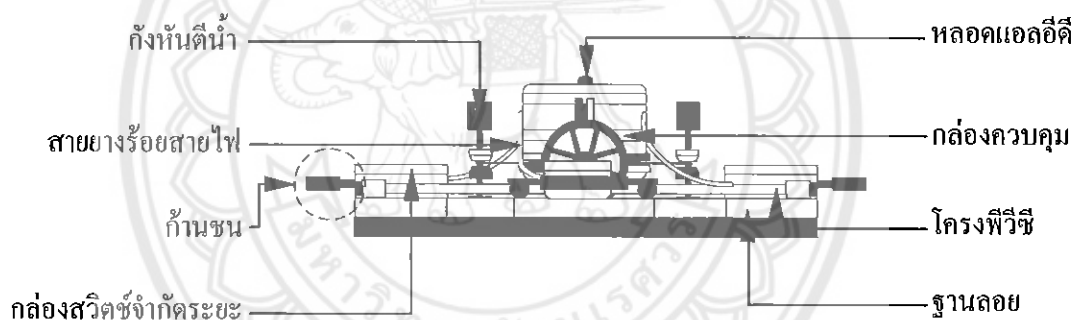
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อใช้งานวงจรขับมอเตอร์

3.2 การออกแบบโครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

โครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็กแสดงได้ดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 โดยแบ่งโครงสร้างออกเป็นส่วนประกอบหลักได้ดังนี้



รูปที่ 3.12 ส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก (มุมมองด้านบน)



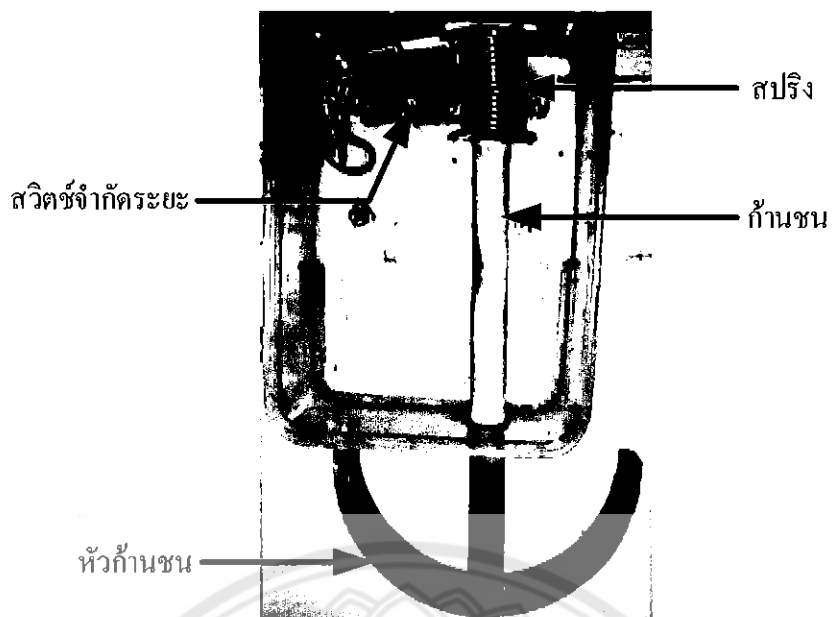
รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก (มุมมองด้านข้าง)

3.2.1 กล่องควบคุม

กล่องควบคุมทำจากพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับบรรจุวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศซึ่งภายในกล่องนั้นประกอบด้วย แบตเตอรี่ลิเธียมขนาด 12 V ตัวรับรู้แรงดันโมดูล NRF24L01 (ตัวรับ) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 วงจรขับมอเตอร์ 2 วงจรมอเตอร์กระแสตรง 4 ตัว กริ่ง และหลอดแอลอีดีซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบนของฝากล่อง หน้าที่สำคัญของกล่องคือป้องกันฝุ่น น้ำและแรงทางกลที่อาจทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ภายในกล่อง

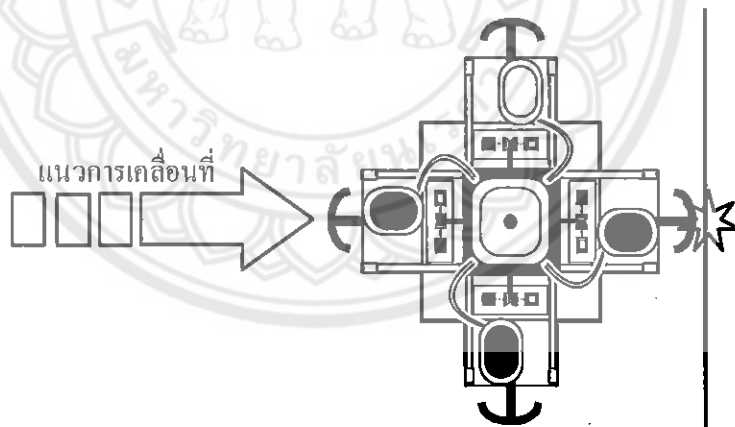
3.2.2 ส่วนตรวจจัดการชนขอบของแหล่งน้ำ

ในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติเครื่องกลจะได้รับคำสั่งจากสวิทช์จำกัดระยะทั้ง 4 ตัวที่ถูกบรรจุอยู่ในกล่องซึ่งถูกต่อกับก้านชนที่ยื่นออกมาจากกล่องเพื่อช่วยเพิ่มระยะเวลาในการชนกับขอบของแหล่งน้ำหรือสิ่งกีดขวาง โดยใช้สปริงขึ้นกลางดังแสดงในรูปที่ 3.14

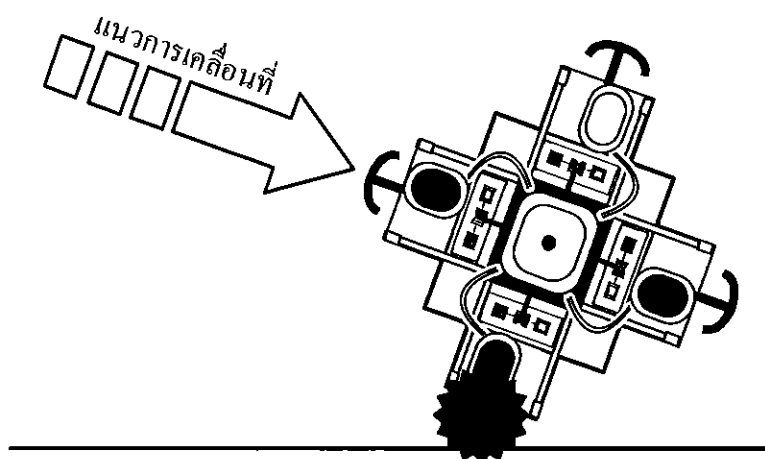


รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อของก้านชน

ลักษณะการชนของก้านชนนั้นทางผู้ดำเนินโครงการได้ออกแบบให้เครื่องกลสามารถชนด้วยก้านชนด้านหน้า (ชนด้านเดียวกับแนวการเคลื่อนที่) ดังรูปที่ 3.15 หรือชนด้วยก้านชนด้านข้าง (ชนด้านข้างของแนวการเคลื่อนที่) ดังรูปที่ 3.16

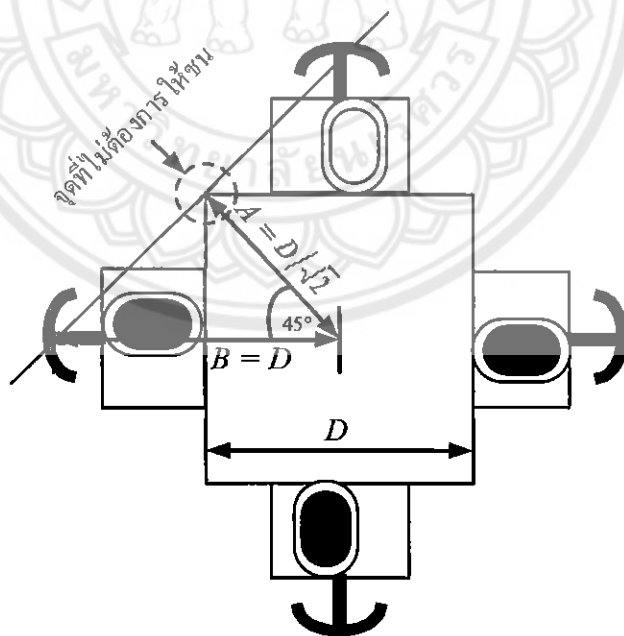


รูปที่ 3.15 การชนด้วยก้านชนด้านหน้า



รูปที่ 3.16 การชนด้วยก้านชนด้านข้าง

ในที่นี้ได้ออกแบบ โครงสร้างโดยกำหนดให้เครื่องกลต้องไม่ชนกับขอบของแหล่งน้ำ หรือสิ่งกีดขวางด้วยมุมของฐานลอยแทนที่จะชนด้วยก้านชนซึ่งจะทำให้สวิทช์จำกัดระยะไม่เปลี่ยนสถานะและส่งผลให้เครื่องกลไม่เปลี่ยนแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นความยาวของก้านชนต้องครอบคลุมการชนได้ทุกทิศทาง ถ้าฐานลอยมีความยาวด้านเท่ากับ D สามารถพิจารณาความยาวของก้านชนได้โดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 วิธีพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของก้านชน

จะได้

$$A = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{D}{\sqrt{2}}$$

เมื่อได้ความยาว A มาจะสามารถคำนวณความยาวของจุดกึ่งกลางฐานลอยไปจนถึงปลายของก้านชน (B) ได้จาก

$$A = B \cos 45^\circ$$

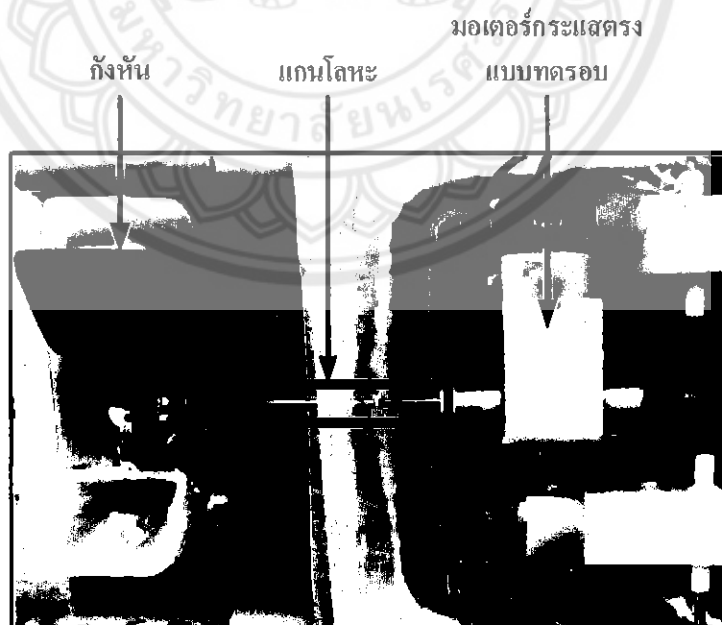
$$B = \frac{A}{\cos 45^\circ} = \frac{D}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{\sqrt{2}} = D$$

ความยาวของก้านชนรวมกับกล่องสวิตช์จำกัดระยะคือระยะ $B - (D/2)$ เท่ากับ $D/2$

ดังนั้นความยาวของก้านชนต้องมากกว่า $(D/2)$ - ความยาวของกล่องสวิตช์จำกัดระยะ

3.2.3 มอเตอร์และก้านตีน้ำ

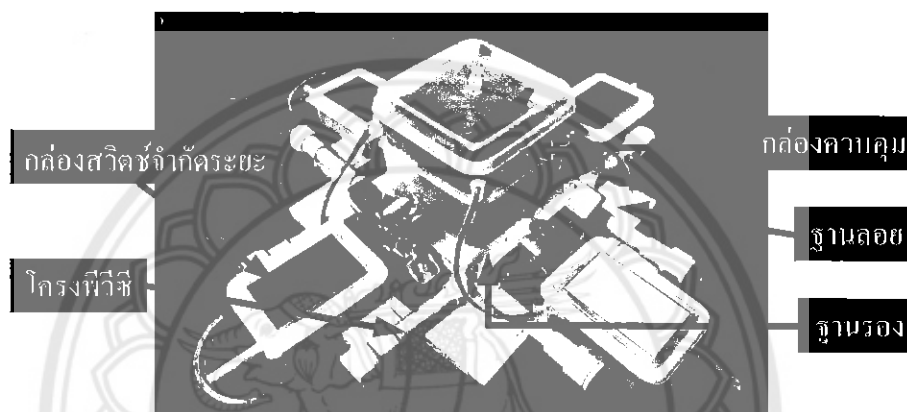
ส่วนขับเคลื่อนเป็นส่วนที่สำคัญในการทำงานของเครื่องกลอย่างมากเนื่องจากทำให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆหรือตีน้ำอยู่กับที่ ซึ่งอาศัยการหมุนของก้านตีน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ทั้ง 4 ชุด ในการสร้างเครื่องกลได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบทอรอบ (Gear motor) ซึ่งสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ดี รวมถึงสามารถปรับความเร็วได้ในช่วงกว้าง และเหมาะสำหรับการใช้งานในระบบขนาดเล็กการทอรอบส่งผลให้ความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์ลดลงแต่ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น สำหรับก้านตีน้ำที่อยู่นอกกล่องควบคุมและมอเตอร์ที่อยู่ในกล่องควบคุมถูกเชื่อมต่อกันด้วยแกนโลหะดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อมอเตอร์กับก้านตีน้ำ

3.2.4 ส่วนรับน้ำหนัก

ส่วนรับน้ำหนักทำหน้าที่ยึดกล่องควบคุมและกล่องสวิตช์จำกัดระยะเข้าด้วยกันรวมถึงทำให้เครื่องกลสามารถลอยอยู่บนผิวน้ำได้ซึ่งประกอบด้วยฐานรองที่ทำจากไม้ทำหน้าที่ยึดระหว่างกล่องควบคุมและ โครงฟิวซีเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.19 ซึ่ง โครงฟิวซีนี้นยึดต่อกับฐานลอยที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของอุปกรณ์ในกล่องควบคุมและกล่องสวิตช์จำกัดระยะและยังทำให้เครื่องกลสามารถลอยน้ำได้ ทางกลุ่มผู้ดำเนิน โครงการงาน ได้เลือกใช้แผ่น โฟมลอยตัวเป็นฐานลอยเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและง่ายต่อการตัดเป็นรูปร่าง



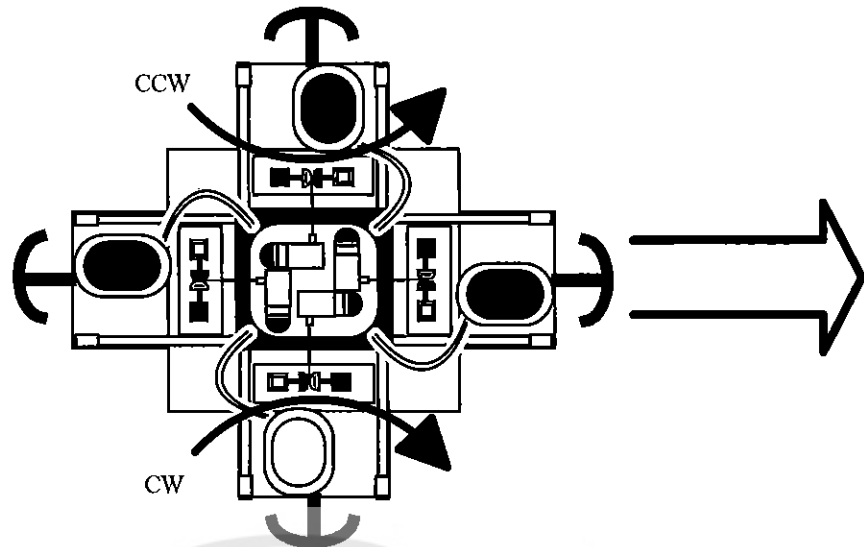
รูปที่ 3.19 ตำแหน่งของส่วนรับน้ำหนัก

3.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

การควบคุมทิศทางของมอเตอร์อาศัยการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ส่งข้อมูลไปยังวงจรขับทั้ง 2 วงจร ซึ่งได้รับคำสั่งควบคุมมอเตอร์จากทั้ง 2 ทางคือแผงสวิตช์ควบคุมและสวิตช์จำกัดระยะ โดยผู้ดำเนินโครงการงานได้กำหนดทิศการหมุนของมอเตอร์ที่ติดอยู่กับก้านแต่ละตัวมีสองทิศทางคือหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise: CW) และหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counter clockwise: CCW) การควบคุมมอเตอร์นั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบคือกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และการดีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำ

3.3.1 การกำหนดทิศการเคลื่อนที่ของเครื่องกล

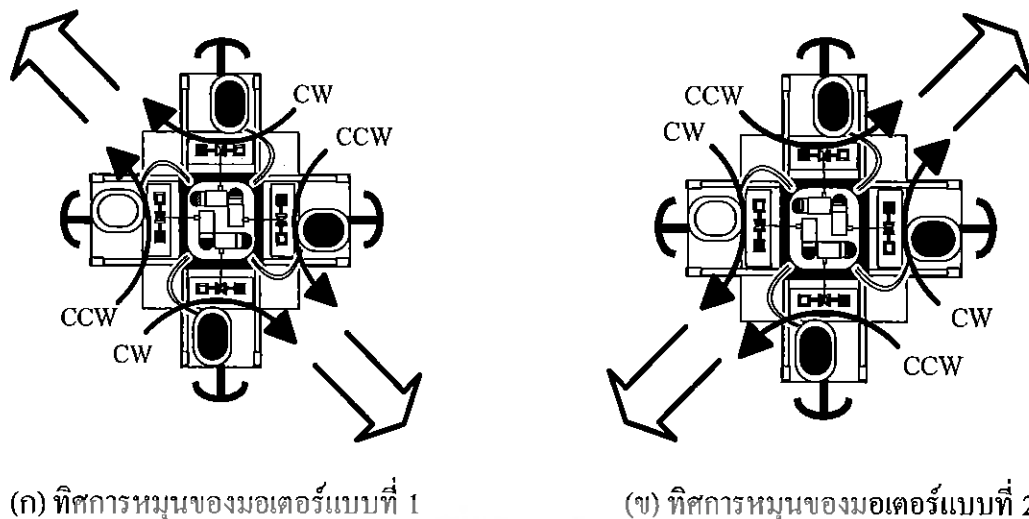
การกำหนดทิศทางทำได้โดยการให้มอเตอร์ 2 ตัวที่อยู่ด้านตรงข้ามกันหมุนพร้อมกันในทิศทางตรงข้ามกัน เราสามารถทำให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยให้มอเตอร์ตัวซ้ายหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาส่วนมอเตอร์ตัวขวาหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาในแต่ละทิศการเคลื่อนที่ ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปทางด้านสี่แดงมอเตอร์ด้านสีน้ำเงินจะหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาส่วนมอเตอร์ด้านสีเหลืองจะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ทิศการหมุนของมอเตอร์เมื่อเคลื่อนที่ไปด้านสีแดง

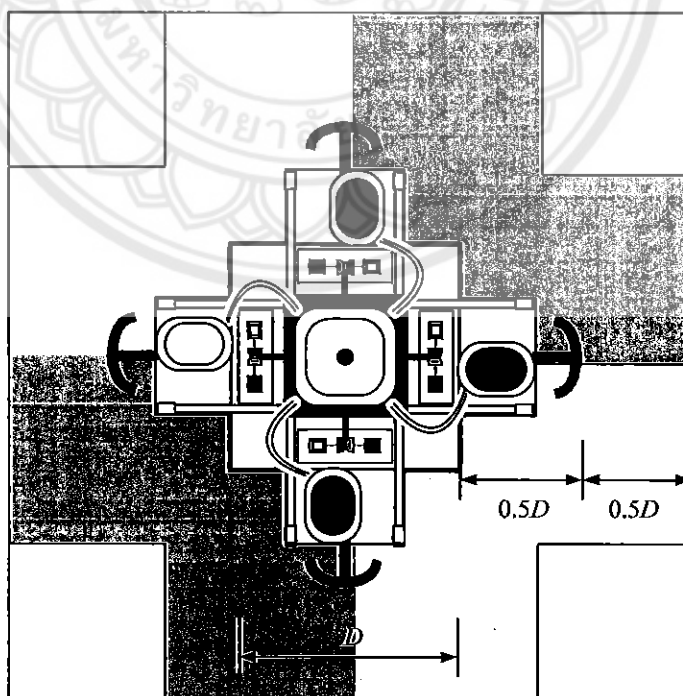
3.3.2 การตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำ

เมื่อเครื่องกลเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่เหมาะสมจะทำการตีน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่งในที่นี่ใช้เวลาเพียง 6 วินาทีเนื่องจากความจุของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้คือ 2.2 Ah ซึ่งมีค่าต่ำหากต้องการให้เครื่องกลตีน้ำได้หลายตำแหน่ง โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ทั้ง 4 ตัวหมุนพร้อมกัน แต่ต้องไม่ทำให้เครื่องกลหมุนรอบตัวเองซึ่งทำได้ด้วยการบังคับให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไป 2 ทิศทางพร้อมๆกัน โดยกำหนดให้มอเตอร์ด้านสีเขียวและสีแดงหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา ส่วนมอเตอร์ด้านสีเหลืองและน้ำเงินหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 3.21(ก) ทิศทางในการเคลื่อนที่ตรงข้ามกันจึงทำให้แรงลัพธ์ของการเคลื่อนที่มีค่าเป็นศูนย์ทำให้เครื่องกลไม่เคลื่อนที่ขณะตีน้ำแต่จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่ากังหันแต่ละตัวตีน้ำไม่เท่ากันทำให้เครื่องกลหมุนรอบตัวเองตามเข็มนาฬิกาเล็กน้อยขณะตีน้ำอยู่กับที่ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาคือกลับทิศการหมุนของกังหันทุกตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.21(ข) อย่างไรก็ตามการตีน้ำในแบบที่ 2 นี้ยังทำให้เครื่องกลหมุนรอบตัวเองทวนเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกันแต่กลาเคลื่อนไปจากจุดเดิมมากกว่าแบบที่ 1 ด้วยเวลาเท่ากันดังนั้นเพื่อเป็นการชดเชยการหมุนรอบตัวเองจึงกำหนดให้มอเตอร์หมุนแบบที่ 1 ตามรูปที่ 3.21(ก) เป็นเวลา 4.5 วินาทีสลับกับหมุนแบบที่ 2 ตามรูปที่ 3.21(ข) เป็นเวลา 1.5 วินาที



รูปที่ 3.21 ทิศการหมุนของมอเตอร์เมื่อตีน้ำ

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าทิศการหมุนของมอเตอร์ในแบบที่ 1 ดังรูปที่ 3.21(ก) จะทำให้ตำแหน่งที่หยดน้ำกระจายไปตกคือพื้นที่สี่ฟาดังรูปที่ 3.22 แต่ในทางกลับกันทิศการหมุนของมอเตอร์ในแบบที่ 2 ดังรูปที่ 3.21(ข) จะทำให้ตำแหน่งที่หยดน้ำกระจายไปตกคือพื้นที่สี่เหลี่ยม กลุ่มผู้ดำเนินโครงการจึงกำหนดพื้นที่การกระจายออกซิเจนเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้างของแต่ละด้านเป็น 3 เท่าของความยาวฐานลอย (3D)



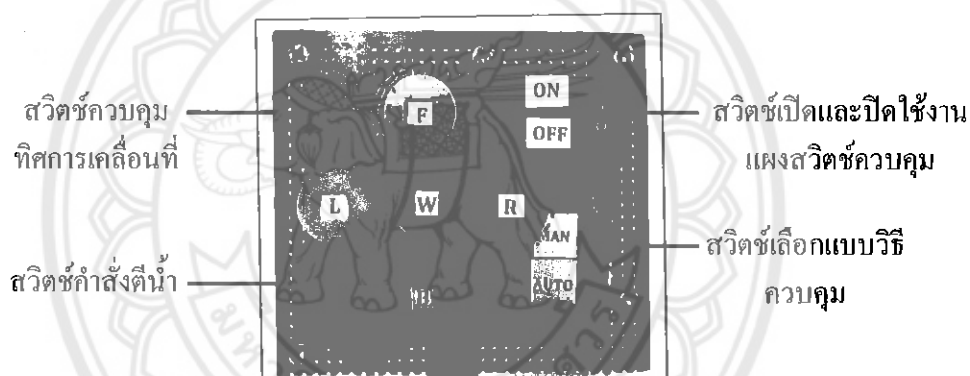
รูปที่ 3.22 พื้นที่การกระจายออกซิเจน

3.4 รูปแบบการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็ก

หลังจากที่ได้กำหนดหลักการการทำงานของเครื่องกลการจับวางส่วนประกอบต่างๆรวมทั้งกำหนดวิธีการควบคุมการเคลื่อนที่และการดีน้ำแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบการทำงานของเครื่องกลซึ่งมี 3 รูปแบบการทำงานคือการทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ แบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ และการตรวจวัดระดับแรงดันแบคเตอร์

3.4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ

การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือนั้นถูกออกแบบไว้ในกรณีที่ใช้ต้องการควบคุมเครื่องให้ไปดีน้ำในจุดที่ต้องการและใช้ควบคุมเครื่องกลให้กลับเข้าฝั่งเมื่อระดับแรงดันแบคเตอร์ต่ำ หลังจากออกแบบลักษณะและการเชื่อมต่อวงจรสวิตซ์ควบคุมในหัวข้อที่ 3.1.2 แล้วสามารถสร้างแผงสวิตซ์ควบคุมได้ในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แผงสวิตซ์ควบคุม

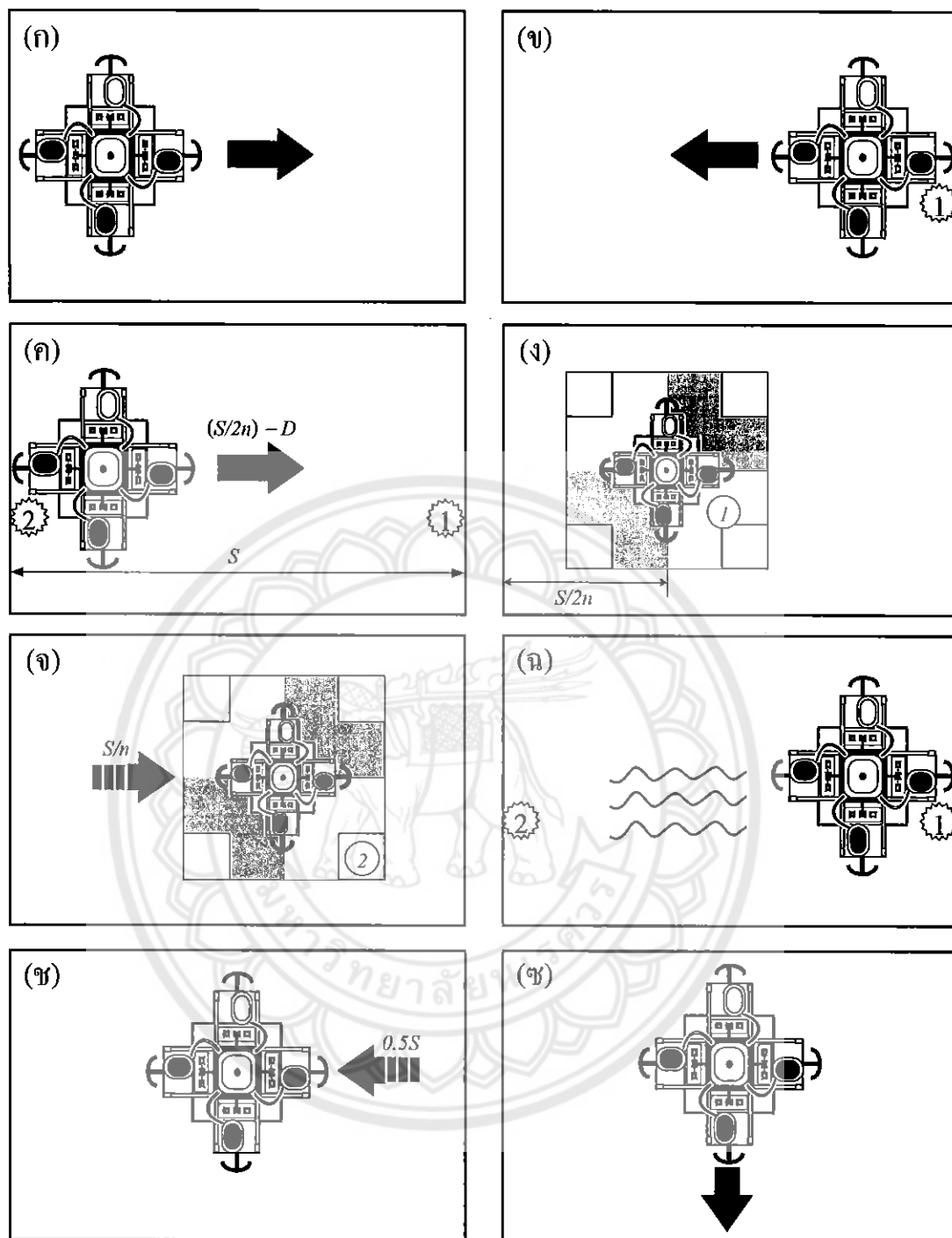
ภายในแผงสวิตซ์ควบคุมประกอบด้วยปุ่มคำสั่งต่างๆ หน้าที่ของสวิตซ์แต่ละตัวแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยสวิตซ์ควบคุมมี 7 ตัวคือสวิตซ์เปิดและปิดใช้งานแผงสวิตซ์ควบคุม ซึ่งเป็นสวิตซ์ทางเลือกหากเลือกไปที่ตำแหน่ง ON จะเป็นการเปิดใช้งานแผงสวิตซ์ควบคุม หากเลือกไปที่ตำแหน่ง OFF จะเป็นการปิดใช้งานแผงสวิตซ์ควบคุม สวิตซ์เลือกแบบวิธีควบคุมเป็นสวิตซ์ทางเลือกที่ใช้เลือกแบบวิธีการทำงานของเครื่อง หากเลือกไปที่ MAN จะเป็นการควบคุมเครื่องในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ หากเลือกที่ AUTO จะทำให้เครื่องทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ สวิตซ์ตัวที่ 3-6 เป็นสวิตซ์ควบคุมทิศทางซึ่งในกรณีที่ให้สีเขียวเป็นด้านหน้า ด้านที่เป็นด้านหลังคือสีแดง ส่วนด้านซ้ายขวาเป็นสีเหลืองและน้ำเงินตามลำดับ เครื่องกลจะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับที่ผู้ใช้งานปุ่ม สวิตซ์ตัวสุดท้ายคือสวิตซ์สีม่วงใช้เพื่อควบคุมให้เครื่องกลดีน้ำอยู่กับที่เมื่อกดปุ่มเครื่องกลจะทำการดีน้ำโดยไม่หมุนและไม่เคลื่อนที่เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำในบริเวณที่ผู้ใช้ต้องการ

ตารางที่ 3.1 หน้าที่ของสวิตช์ควบคุม

สวิตช์	สี	การทำงานของเครื่องกล
สวิตช์เปิดและปิดใช้งาน แผงสวิตช์ควบคุม	ดำ	เริ่มหรือหยุดการทำงานแผงสวิตช์ควบคุม
สวิตช์เลือกแบบวิธี การควบคุม	ดำ	เลือกแบบวิธีควบคุมด้วยมือหรือแบบวิธีควบคุม อัตโนมัติ
F	เขียว	เคลื่อนที่ไปด้านสีเขียว
B	แดง	เคลื่อนที่ไปด้านสีแดง
L	เหลือง	เคลื่อนที่ไปด้านสีเหลือง
R	น้ำเงิน	เคลื่อนที่ไปด้านสีน้ำเงิน
W	ม่วง	คืนน้ำอยู่กับที่

3.4.2 การทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ

ลำดับการทำงานในแบบวิธีอัตโนมัติมีอธิบายได้ดังรูปที่ 3.23 เริ่มจากรูปที่ 3.23(ก) เมื่อนำเครื่องกลเดิมอากาศไปลอยน้ำและเลือกแบบวิธีการทำงานเป็นแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติแล้ว เบื้องต้นจะกำหนดให้ด้านสีเขียวเป็นด้านหน้า เครื่องกลจะเริ่มเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเรื่อยๆจนกระทั่งชนขอบของแหล่งน้ำแล้วถอยหลังกลับตามรูปที่ 3.23(ข) ซึ่งขอบของแหล่งน้ำอาจถูกชนด้วยก้านชนด้านหน้า (สีเขียว) หรืออาจถูกชนด้วยก้านชนด้านข้าง (สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน) ผลของการชนนั้น จะทำให้การเคลื่อนที่ครั้งต่อไปแตกต่างกันคือหากด้านที่ชนคือด้านหน้า (สีเขียว) เครื่องกลจะเคลื่อนที่ถอยหลัง (เคลื่อนที่ไปในทิศของสีแดง) หากชนก้านชนด้านซ้าย (ด้านสีเหลือง) เครื่องกลจะเคลื่อนที่กลับในด้านตรงข้ามกับด้านที่ชนนั่นคือจะเคลื่อนที่ไปทางด้านขวา (เคลื่อนที่ไปในทิศของสีน้ำเงิน) และหากชนก้านชนด้านขวา (ด้านสีน้ำเงิน) จะเคลื่อนที่กลับในด้านตรงข้ามกับด้านที่ชน นั่นคือเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้าย (เคลื่อนที่ไปในทิศของสีเหลือง) ซึ่งเราจะกำหนดให้เป็นการชนครั้งที่ 1 หลังจากนั้นเครื่องกลจะเคลื่อนที่กลับในด้านตรงข้ามกับด้านที่ชน โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะในกรณีที่ชนครั้งที่ 1 เป็นการชนด้านหน้า (ด้านสีเขียว) เครื่องจะถอยหลังอย่างต่อเนื่องไปจนกว่าจะชนขอบของแหล่งน้ำซึ่งตรงกับด้านที่เริ่มเคลื่อนที่ในตอนแรกดังรูปที่ 3.24(ค) หลังจากชนแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าเป็นการชนครั้งที่ 2 และคำนวณระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ไปชนขอบของแหล่งน้ำทั้ง 2 ด้านซึ่งเป็นเส้นทางที่เครื่องจะทำการคืนน้ำต่อไป



รูปที่ 3.24 ลำดับการทำงานของเครื่องในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณระยะทางค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณเป็นไปตามสมการที่ (3.1) และสมการที่ (3.2) ตามลำดับ

$$S = V \cdot t_s \quad (3.1)$$

$$t_s = t_2 - t_1 \quad (3.2)$$

โดยที่

S คือ ระยะทางระหว่างขอบของแหล่งน้ำหรือสิ่งกีดขวางสองสิ่งที่ชน

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแหล่งน้ำนิ่งของเครื่องกลเติมอากาศในโครงการมี

ค่าประมาณ 0.22 m/s

t_s คือ ระยะเวลาที่เครื่องใช้เคลื่อนที่เริ่มนับจากการชนครั้งที่ 1 ไปจนถึงการชนครั้งที่ 2

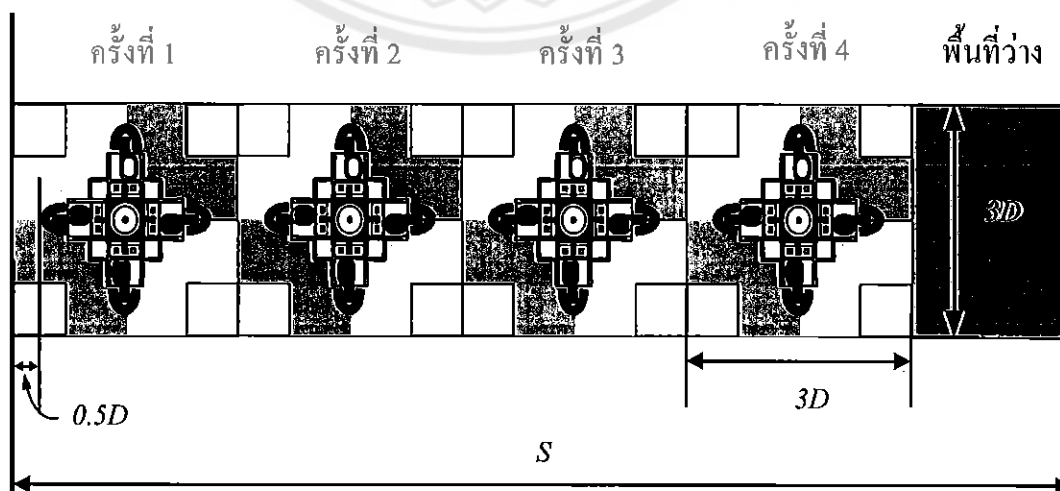
t_1 คือ ระยะเวลาที่เครื่องใช้เริ่มเคลื่อนที่ไปจนถึงการชนครั้งที่ 1

t_2 คือ ระยะเวลาที่เครื่องใช้เริ่มเคลื่อนที่ไปจนถึงการชนครั้งที่ 2

หลังจากรู้ระยะทางในเส้นทางที่จะทำการตีน้ำแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการตีน้ำ โดยจำนวนครั้งของการตีน้ำขึ้นอยู่กับพื้นที่ของการตีน้ำของเครื่องกล จากหัวข้อที่ 3.3 เครื่องกลมีพื้นที่ที่เพิ่มปริมาณออกซิเจนขณะตีน้ำเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้างของแต่ละด้านเป็น 3 เท่าของความยาวฐานลอย ($3D$) พื้นที่ของการตีน้ำตามเส้นทางเคลื่อนที่ที่เกิดจากการนำพื้นที่การตีน้ำของเครื่องซึ่งเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้นมาเรียงต่อกัน เราสามารถคำนวณหาจำนวนครั้งที่เครื่องต้องทำการตีน้ำ (n) ได้จากสมการที่ (3.3)

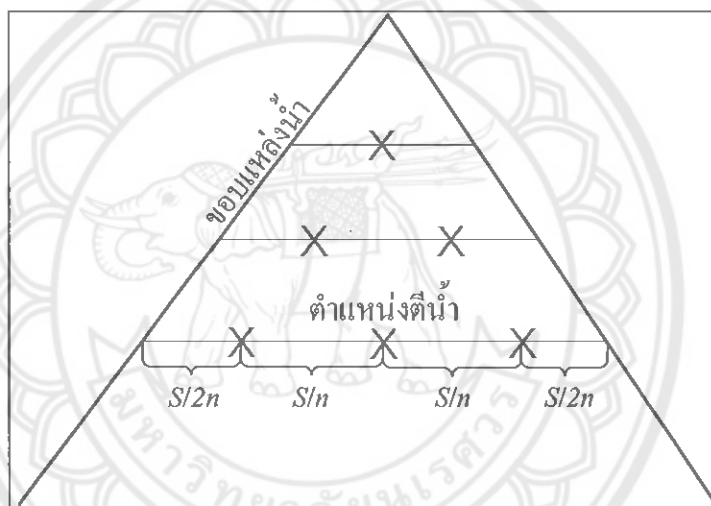
$$n = \frac{S - 0.5D}{3D} \quad (3.3)$$

ในการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการชนเพื่อเปลี่ยนหน้าสัมผัสของสวิทช์จำกัดระยะต้องใช้แรงกระทำในระดับหนึ่ง ในขณะที่ความเร็วขณะเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งมีค่าต่ำจึงจำเป็นต้องเหลือระยะทางให้เครื่องกลเคลื่อนที่มากพอที่จะทำให้เครื่องกลเร่งความเร็วจนถึงระดับที่ชนขอบของแหล่งน้ำแล้วสวิทช์จำกัดระยะเปลี่ยนสถานะการทำงานได้ จึงกำหนดให้ค่าของ n ที่คำนวณได้ถูกปัดลงเสมอซึ่งแสดงเส้นทางการตีน้ำได้ดังรูปที่ 3.25



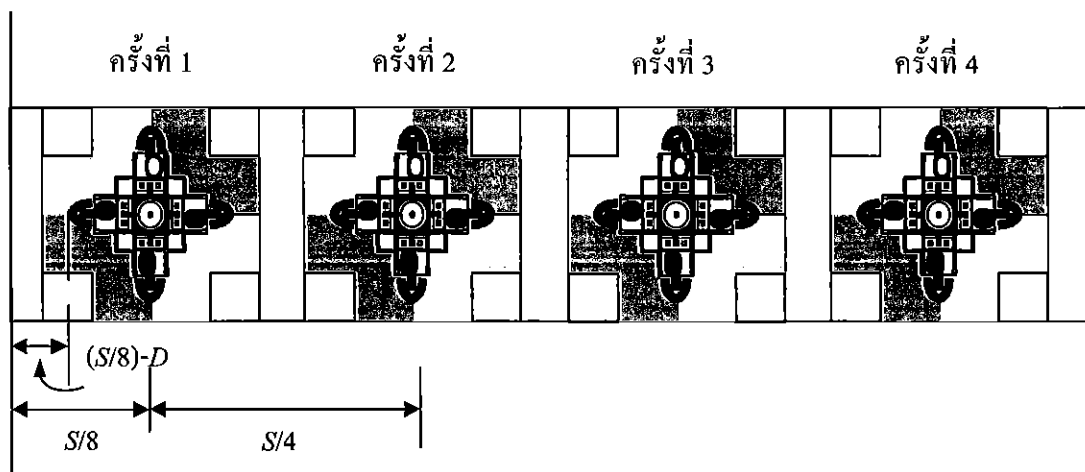
รูปที่ 3.25 พื้นที่การกระจายออกซิเจนที่ผิวน้ำในเส้นทางเคลื่อนที่

อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าการกระจายของออกซิเจนนั้นยังไม่สม่ำเสมอตลอดเส้นทาง เนื่องจากบริเวณปลายของเส้นทางเคลื่อนที่มีพื้นที่ที่ไม่ได้รับออกซิเจนเป็นบริเวณกว้าง กลุ่มผู้ดำเนินโครงการจึงได้มีการปรับปรุงจุดที่เครื่องจะตักน้ำ โดยกระจายพื้นที่การตักน้ำให้สม่ำเสมอตลอดเส้นทางซึ่งมีแนวคิดแสดงดังรูปที่ 3.26 โดยเฉลี่ยให้มีพื้นที่ว่างเท่าๆกันในแต่ละตำแหน่งซึ่งจะห่างกันเป็นระยะ S/n ส่วนครั้งแรกกับครั้งสุดท้ายจะห่างจากขอบแหล่งน้ำเป็นระยะ $S/2n$ ดังนั้นในการจะทำให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตามทฤษฎีได้เมื่อชนและทำการคำนวณระยะ n แล้วเครื่องกลต้องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเป็นระยะ $(S/2n) - D$ เนื่องจากในขณะที่ชนนั้นจะทำให้จุดกึ่งกลางของเครื่องอยู่ห่างจากขอบฝั่งเป็นระยะ D หลังจากเคลื่อนที่ไปด้วยระยะดังกล่าวแล้วเครื่องจะตักน้ำอยู่กับที่หลังจากนั้นจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าต่อเป็นระยะ S/n แล้วตักน้ำอยู่กับที่แล้วทำการวนการนี้ซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบตามจำนวนครั้งที่คำนวณไว้



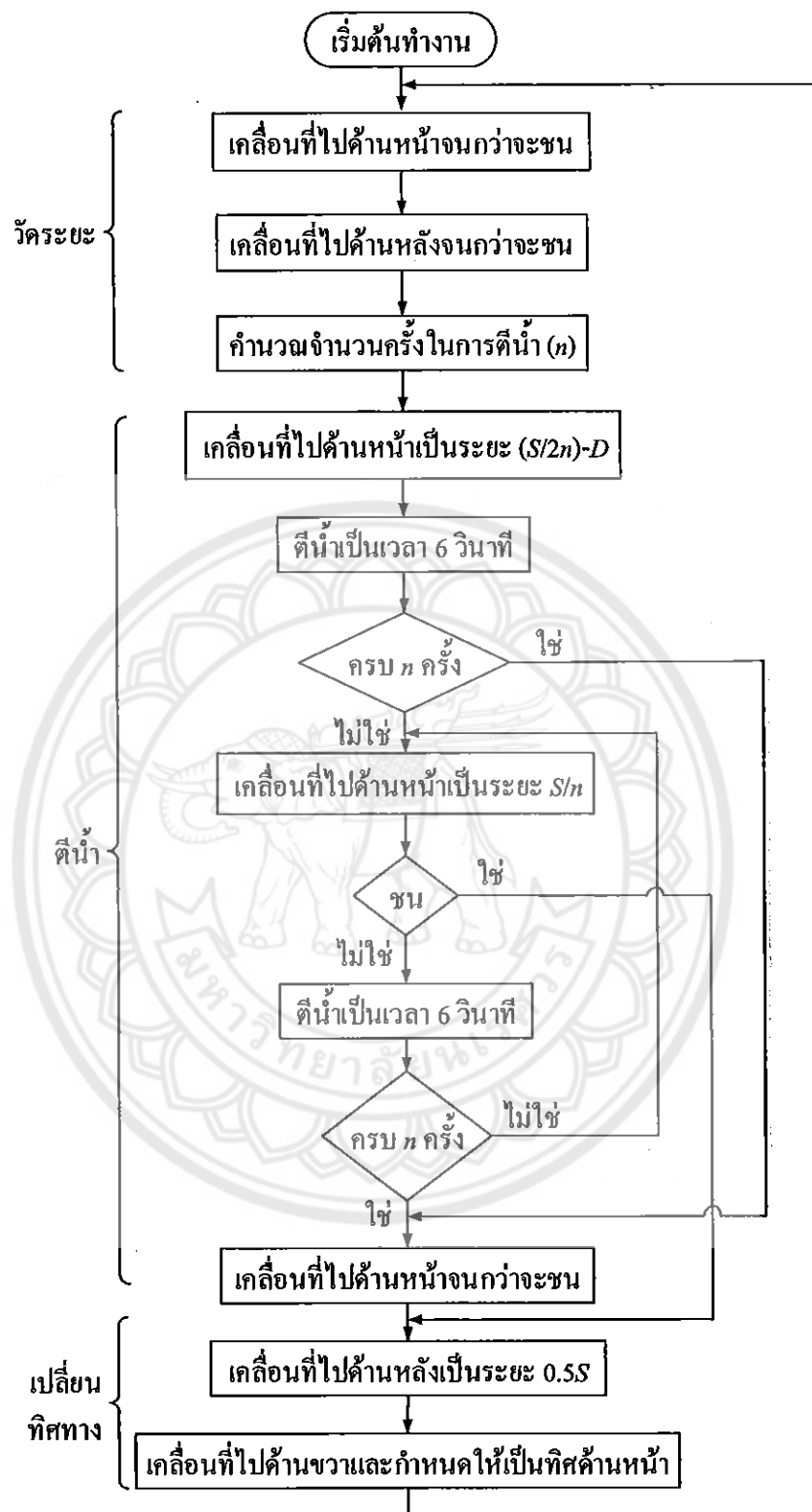
รูปที่ 3.26 ตำแหน่งตักน้ำที่ค่า n ต่างๆ

ตัวอย่างเช่น หากเครื่องคำนวณ n มีค่าเท่ากับ 4 ระยะที่เครื่องกลจะเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.27 โดยหลังจากที่ชนแล้วเครื่องจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเป็นระยะ $(S/8) - D$ และเมื่อทำการตักน้ำครั้งแรกเสร็จจะเคลื่อนที่ต่อไปด้านหน้าเป็นระยะ $S/4$ และตักน้ำอยู่กับที่แล้วทำแบบนี้ซ้ำกันไปเรื่อยๆจนกว่าจะตักน้ำครบ 4 ครั้ง



รูปที่ 3.27 ตำแหน่งดีน้ำกรณีที่ $n = 4$

เมื่อเครื่องกลดีน้ำครบตามจำนวนครั้งแล้วจะเคลื่อนที่ต่อไปด้านหน้าเรื่อยๆจนกว่าจะชนขอบของแหล่งน้ำดังรูปที่ 3.24(ค) จากนั้นเครื่องกลจะเคลื่อนที่ถอยหลังกลับมากึ่งกลางตามเส้นทาง S เป็นระยะทาง $0.5S$ ในกรณีที่เครื่องกลยังดีน้ำไม่ครบตามจำนวนครั้งแต่ชนขอบของแหล่งน้ำหรือสิ่งกีดขวางก่อน (เนื่องจากเคลื่อนที่ไม่เป็นแนวเส้นตรงเพราะกั้นกันแต่ละตัวดีน้ำได้ไม่เท่ากัน) เครื่องกลจะถอยหลังกลับมากึ่งกลางเส้นทาง S ทันทีโดยไม่รอจนดีน้ำครบตามจำนวนครั้งที่คำนวณได้ หลังจากนั้นจะกำหนดให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปด้านขวามือแล้วกำหนดให้ทิศการเคลื่อนที่ปัจจุบันเป็นด้านหน้า (ในกรณีนี้คือสีน้ำเงิน) และเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจนกว่าจะชนดังรูปที่ 3.24(ข) จากนั้นลำดับการทำงานจะวนกลับไปเริ่มต้นใหม่ในขั้นตอนแรกและจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าที่จะมีการเปลี่ยนแบบวิธีการทำงานเป็นแบบวิธีควบคุมด้วยมือหรือจนกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่จะต่ำจนรีเลย์ตัดการเชื่อมต่อ ซึ่งแต่ละรอบการทำงานจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือการวัดระยะ การดีน้ำ และการเปลี่ยนทิศทางดังแสดงด้วยผังการทำงานในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ

3.4.3 การตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

จากการศึกษาข้อมูลของแบตเตอรี่ลิเธียม 12 V พบว่าระดับการคายประจุที่ไม่ทำให้แบตเตอรี่ทำงานหนักจนเกินไปมีค่าอยู่ในช่วง 10.4 – 10.7 V หากต่ำกว่าระดับนี้แรงดันของแบตเตอรี่จะตกลงอย่างรวดเร็วจนวงจรตอนระดับแรงดันไม่สามารถรักษาระดับแรงดันไว้ได้จึงกำหนดให้รีเลย์ตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ออกจากวงจรที่ 10.4 V และกำหนดให้เครื่องกลส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านกริ่งและหลอดแอลอีดีที่ค่าแรงดัน 10.8 V โดยค่าแรงดันของแบตเตอรี่ถูกป้อนมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ผ่านตัวรับรู้แรงดันและตรวจวัดระดับแรงดันการแจ้งเตือนและตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่มีรายละเอียดดังนี้

1) เมื่อใช้งานเครื่องกลที่ค่าแรงดันของแบตเตอรี่มากกว่า 10.8 V หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีเขียวเพื่อแจ้งให้ทราบว่ายังสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ปกติ หลังจากที่ระดับแรงดันลดต่ำกว่า 10.8 V กริ่งจะส่งเสียงอย่างต่อเนื่องและแอลอีดีจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเพื่อแจ้งเตือนให้ทราบว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำแต่เครื่องกลยังคงสามารถทำงานต่อได้ โดยหากผู้ใช้สามารถควบคุมเครื่องในแบบวิธีควบคุมด้วยมือให้กลับมายังบริเวณขอบฝั่งที่ใกล้กับผู้ใช้ได้โดยเปลี่ยนแบบวิธีการทำงานบนแผงสวิตช์ควบคุมซึ่งจะทำให้เสียงเตือนของกริ่งจะหยุดแต่ยังคงแสดงผลหลอดแอลอีดีเป็นสีแดงอยู่

2) หากยังคงให้เครื่องกลทำงานต่อไปโดยผู้ใช้ไม่ควบคุมให้เครื่องกลกลับมายังขอบฝั่งค่าแรงดันของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งมีค่าน้อยกว่า 10.6 V เครื่องกลจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนเพื่อประหยัดพลังงานและรอจนกว่าจะมีคนมาควบคุมเครื่องกลกลับ โดยเครื่องกลยังคงแจ้งเตือนด้วยเสียงกริ่งและสีแดงของหลอดแอลอีดี ในระหว่างนี้หากผู้ใช้เริ่มควบคุมในแบบวิธีควบคุมด้วยมือเสียงกริ่งจะหยุดทันที

3) ในระหว่างที่ควบคุมให้เครื่องกลกลับมายังขอบฝั่งหากค่าแรงดันแบตเตอรี่น้อยกว่า 10.4 V รีเลย์จะตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ออกจากวงจรทันทีเพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ก่อนกำหนด

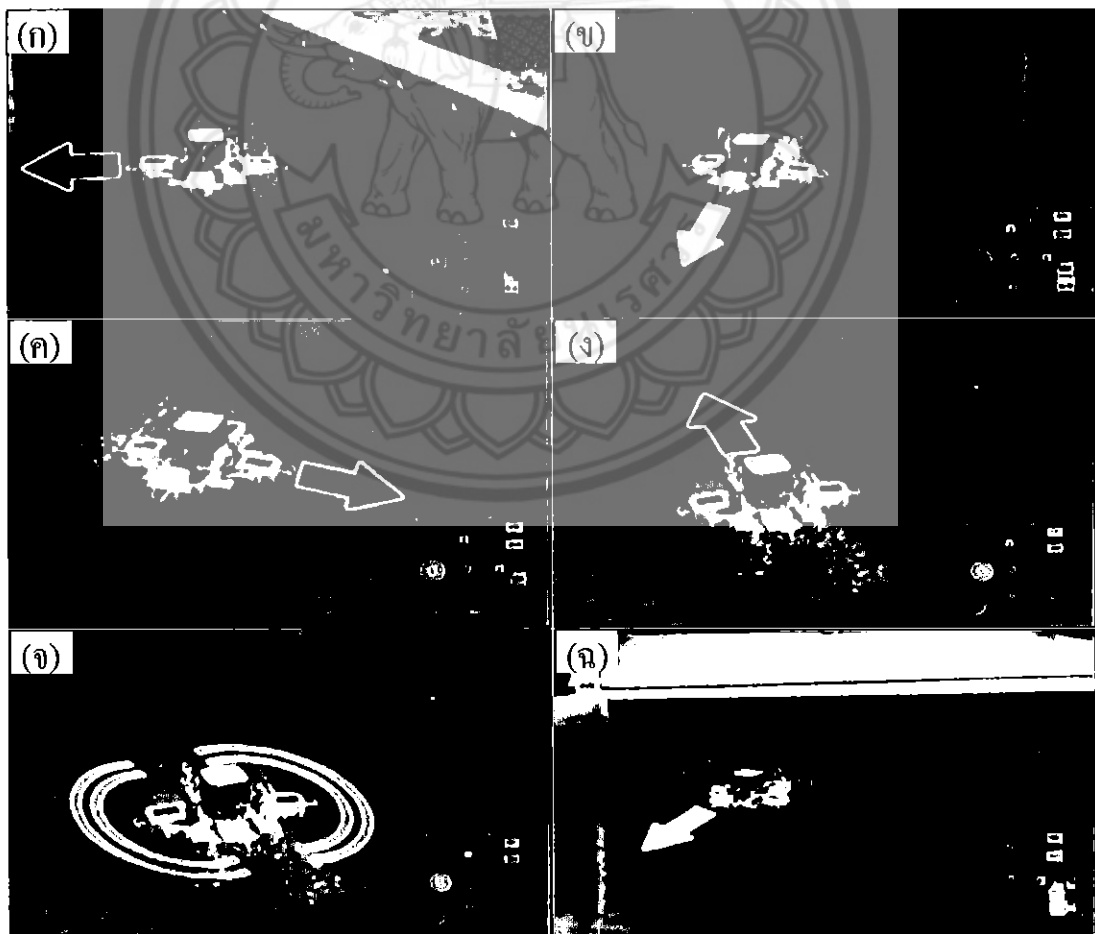
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากที่ได้ทำการกำหนดรูปแบบการทำงานและลงมือสร้างเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็กแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องกลในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ แบบวิธีควบคุมอัตโนมัติและการตรวจวัดระดับแรงดันเบตเตอร์

4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ

กลุ่มผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกดปุ่มบนแผงสวิตช์ควบคุมและการตอบสนองของเครื่องแสดงดังรูปที่ 4.1 สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การควบคุมทิศทาง การควบคุมให้เครื่องดีน้ำ และการควบคุมเครื่องเข้าฝั่ง



รูปที่ 4.1 การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ

ในควบคุมทิศทางการกลุ่มผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดสอบ โดยกดปุ่มบนแผงสวิทช์ควบคุมทั้งสวิทช์สีเขียว สีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงินตามลำดับ โดยเครื่องกลสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่แสดงด้วยสีบนกล่องสวิทช์จำกัดระยะดังแสดงในรูปที่ 4.1(ก) รูปที่ 4.1(ข) รูปที่ 4.1(ค) และรูปที่ 4.1(ง) ตามลำดับส่วนการควบคุมให้เครื่องกลดีน้ำอยู่กับที่เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวหน้าโดยให้มอเตอร์ทั้ง 4 ตัวหมุนพร้อมๆกันดังรูปที่ 4.1(จ) ซึ่งมีการหมุนรอบตัวเองเกิดขึ้นเนื่องจากการหมุนไม่เท่ากันของก้านหันดีน้ำแต่ละตัว หลังจากนั้นบังคับให้เครื่องกลกลับเข้าฝั่งซึ่งโดยให้เครื่องกลเคลื่อนที่มาทางด้านสีเหลืองดังแสดงในรูปที่ 4.1(ฉ)

4.2 การทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติ

การทดสอบเริ่มต้น โดยให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปทางด้านสีเขียวเสมอจนกว่าจะชนและยึดด้านที่ชนด้านแรกเป็นด้านหน้า จากนั้นจะเคลื่อนที่ถอยหลังไปจนกว่าจะชนและเมื่อชนเครื่องกลจะวัดระยะเวลาระหว่างการชนครั้งแรกกับการชนครั้งที่สองและตีความเป็นระยะทางแล้วนำมาคำนวณเป็นจำนวนครั้งที่ต้องทำการดีน้ำรวมทั้งหาจุดที่เหมาะสมสำหรับการดีน้ำ หลังจากดีน้ำครบจำนวนครั้งแล้วเครื่องกลจะเดินหน้าต่อไปจนกระทั่งชนกับขอบของแหล่งน้ำและเคลื่อนที่ถอยหลังมาครึ่งหนึ่ง ในเส้นทางเดิมต่อจากนั้นจะเปลี่ยนตำแหน่ง โดยกำหนดให้ด้านขวาในขณะนั้นเป็นด้านหน้า ซึ่งในขั้นตอนนี้หากเครื่องกลดีน้ำไม่ครบจำนวนครั้งแต่ไปชนกับขอบของแหล่งน้ำก่อนเนื่องจากระยะทางเคลื่อนที่ไปดีน้ำนั้นสั้นกว่าระยะทางที่คำนวณได้เครื่องกลจะกระโดดข้ามขั้นตอนไปเปลี่ยนทิศทางทันที ซึ่งกลุ่มผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดสอบ 2 แบบ ในการทดสอบแรกจะเป็นการทำงานของเครื่องในรูปแบบพื้นฐานนั่นคือการชนด้วยก้านชนด้านหน้าที่เรากำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มต้นคือสีเขียวและทำการดีน้ำครบจำนวน ส่วนการทดสอบที่ 2 เป็นการชนด้วยก้านชนด้านข้างนั่นคือด้านที่ชนด้านแรกไม่ใช่สีเขียวแต่เป็นสีเหลืองจะทำให้ด้านหน้าเป็นสีเหลืองและเครื่องกลดีน้ำไม่ครบตามจำนวนที่คำนวณได้

4.2.1 กรณีเริ่มรอบการทำงานจากการชนด้านหน้าตามแนวการเคลื่อนที่

การทำงานของเครื่องกลในแบบวิธีอัตโนมัติแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือการวัดระยะ การดีน้ำ และการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งการวัดระยะแสดงดังรูปที่ 4.2



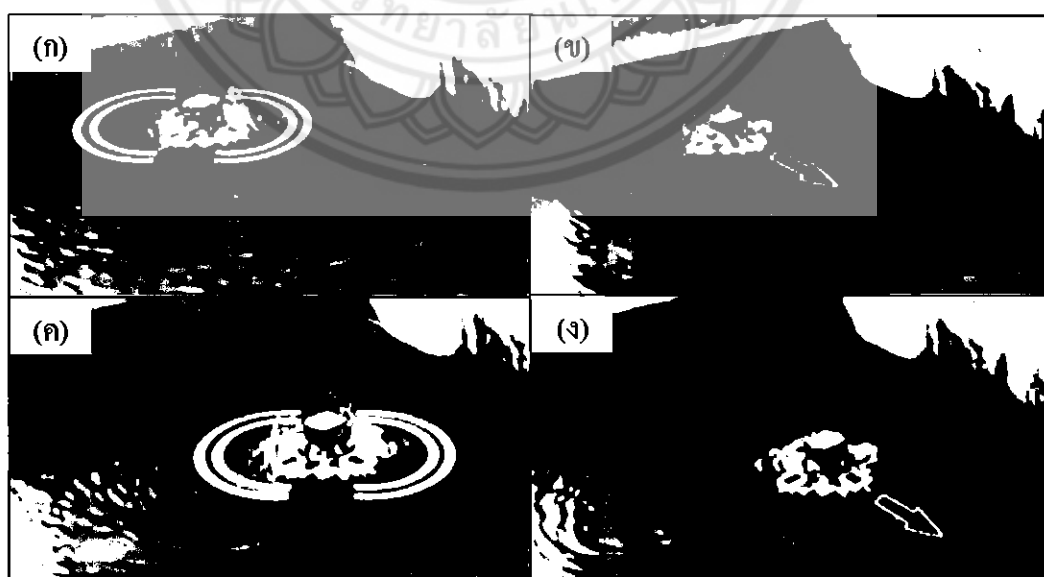
รูปที่ 4.2 การวัดระยะทางในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า

เครื่องกลถูกสั่งให้เริ่มทำงาน โดยกำหนดให้เคลื่อนที่ไปด้านสี่เหลี่ยมจนกว่าจะชน ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ก) ด้านที่ชนจะถูกกำหนดให้เป็นด้านหน้า (สำหรับการทดสอบนี้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปชนด้านสี่เหลี่ยม ดังนั้นด้านสี่เหลี่ยมจึงถูกกำหนดให้เป็นด้านหน้า) และเครื่องกลจะเริ่มทำการนับเวลาไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ถอยหลังจนกว่าจะชน (ซึ่งตรงกับด้านสี่เหลี่ยม) ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ข) และหลังจากที่ถอยหลังจนชน จะเป็นการสิ้นสุดการนับเวลาพร้อมกับคำนวณออกมาเป็นค่าระยะทาง (S_1) โดยใช้ความเร็วของเครื่องกลซึ่งมีค่าประมาณ 0.22 m/s และเวลาที่นับได้คือ 9.9 s มาคำนวณในสมการที่ (3.1) เมื่อได้ระยะทางแล้วจะทำการคำนวณจำนวนครั้งที่จะตีน้ำตามสมการที่ (3.3) แล้วคำนวณตำแหน่งที่ต้องตีน้ำดังรูปที่ 4.2(ค) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของเครื่องกลไม่ได้เป็นเส้นตรงตามที่ต้องการเนื่องจากการตีน้ำไม่เท่ากันของก้นกู่ที่บังคับให้เคลื่อนที่

$$S_1 = V \cdot t_s = 0.22 \times 9.9 = 2.2 \text{ m}$$

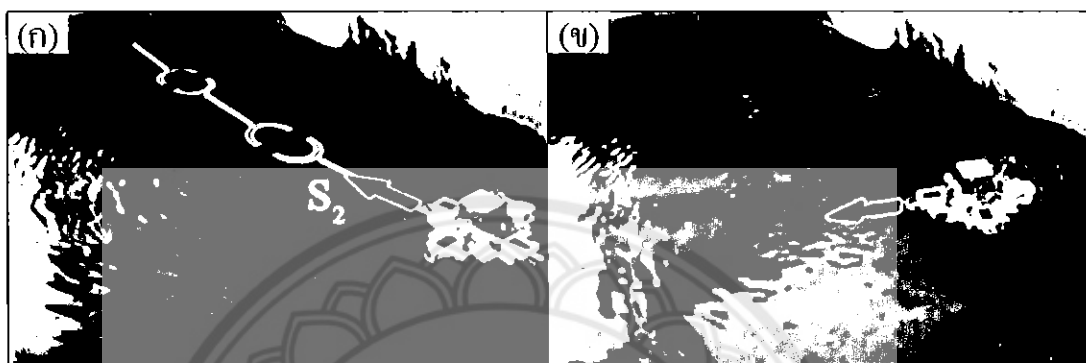
$$n = \frac{S_1 - 0.5D}{3D} = \frac{2.2 - (0.5 \times 0.3)}{3 \times 0.3} = 2.3$$

ค่าของ n ที่คำนวณได้ปัดลงแล้วมีค่าเท่ากับ 2 แล้วนำค่าจำนวนครั้งไปกำหนดตำแหน่งที่ต้องตีน้ำ 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจากตำแหน่งที่ชนเป็นระยะ $(S_1/2n) - D$ ซึ่งคำนวณได้ 25 cm ดังแสดงในรูปที่ 4.3(ก) เมื่อตีน้ำในครั้งแรกเสร็จสิ้นเครื่องกลจึงเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าเพื่อตีน้ำในตำแหน่งที่ 2 เป็นระยะ S_1/n ซึ่งคำนวณได้ 1.1 m ดังแสดงในรูปที่ 4.3(ข) และรูปที่ 4.3(ค) เมื่อตีน้ำครบ 2 ครั้งเครื่องกลเคลื่อนที่ไปด้านหน้าต่อจนกว่าจะชนดังแสดงในรูปที่ 4.3(ง)



รูปที่ 4.3 การตีน้ำในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า

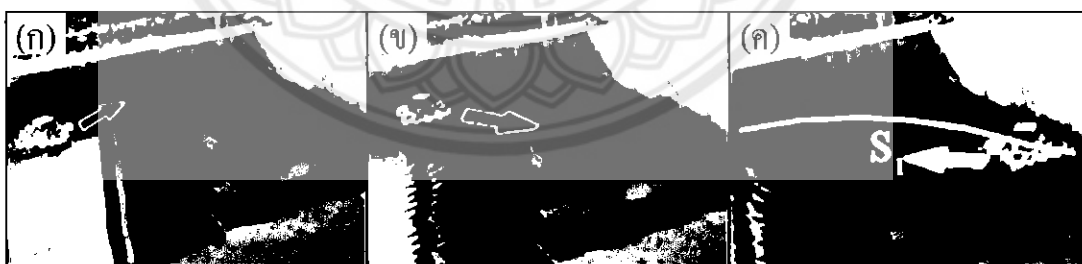
ในการทดสอบนี้แนวการเคลื่อนที่ขณะตีส้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วัดได้ทำให้แนวการตีส้ำใหม่ยาวขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.4(ก) หลังจากที่ยกขบฝั้จะเคลื่อนที่ถอยหลังมาเป็นระยะครึ่งหนึ่งของแนวการเคลื่อนที่ใหม่ (S_2) ซึ่งวัดได้ 3.1 m ดังนั้นเครื่องกลจึงเคลื่อนที่ถอยหลังเป็นระยะ 1.55 m จากนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทางแล้วกำหนดให้ทิศการเคลื่อนที่ปัจจุบันเป็นด้านหน้า (ในที่นี้คือสีน้ำเงิน) แล้วเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าเพื่อเริ่มการทำงานในรอบที่ 2 ดังรูปที่ 4.4(ข)



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ในกรณีเริ่มจากการชนด้านหน้า

4.2.2 กรณีเริ่มรอบการทำงานจากการชนด้านข้างของแนวการเคลื่อนที่

เป็นการทดสอบลักษณะเดียวกับการทดสอบที่ 1 แตกต่างกันที่การชนครั้งแรกด้วยก้านชนที่แตกต่างกันซึ่งแบ่งขั้นตอนการทำงานของเครื่องแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือการวัดระยะ การตีส้ำ และการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งการวัดระยะแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การวัดระยะทางในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง

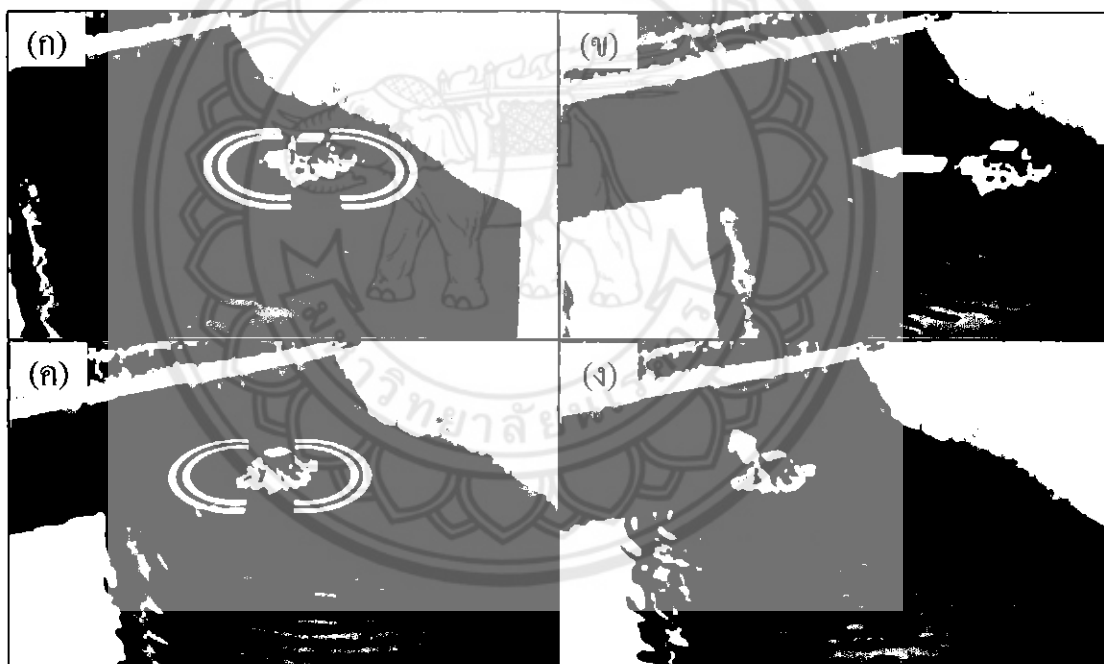
เริ่มการทำงานเครื่องกลโดยกำหนดให้เคลื่อนที่ไปด้านสีเขียวจนกว่าจะชนดังแสดงในรูปที่ 4.5(ก) ด้านที่ชนถูกกำหนดให้เป็นด้านหน้า (สำหรับการทดสอบนี้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปชนด้านสีเหลือง ดังนั้นด้านสีเหลืองจึงถูกกำหนดให้เป็นด้านหน้า) และเครื่องกลจะเริ่มทำการนับเวลาไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ถอยหลังจนกว่าจะชน (ซึ่งตรงกับด้านสีน้ำเงิน) ดังแสดงในรูปที่ 4.5(ข) เป็นค่าระยะทาง (S_1) โดยใช้ความเร็วของเครื่องกลและเวลาที่นับได้คือ 14.55 s มาคำนวณในสมการที่ (3.1) เมื่อได้ระยะทางจะทำการคำนวณจำนวนครั้งที่จะตีส้ำตามสมการที่ (3.3) จากนั้นคำนวณ

ตำแหน่งที่ต้องตีดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5(ค) ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าการเคลื่อนที่เครื่องกลไม่ได้เป็นเส้นตรงตามทฤษฎีเนื่องจากการตีดน้ำไม่เท่ากันของกังหัน

$$S_1 = V \cdot t_s = 0.22 \times 14.55 = 3.2 \text{ m}$$

$$n = \frac{S_1 - 0.5D}{3D} = \frac{3.2 - (0.5 \times 0.3)}{3 \times 0.3} = 3.4$$

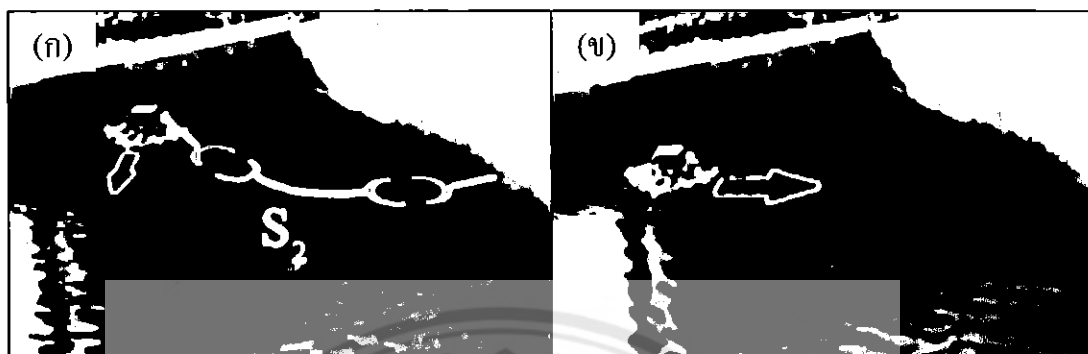
ค่าของ n ที่คำนวณได้ปัดลงมีค่าเท่ากับ 2 แล้วนำค่าจำนวนครั้งไปกำหนดตำแหน่งที่จะต้องตีดน้ำ 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจากตำแหน่งที่ชนเป็นระยะ $(S_1/2n) - D$ ซึ่งคำนวณได้ 23 cm ดังแสดงในรูปที่ 4.6(ก) เมื่อตีดน้ำในครั้งแรกเสร็จจึงเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าเพื่อตีดน้ำในตำแหน่งที่ 2 เป็นระยะ S_1/n ซึ่งคำนวณได้ 1.1 m เช่นเดียวกับครั้งที่ 3 ดังรูปที่ 4.6(ข) และรูปที่ 4.6(ค) เมื่อตีดน้ำครบ 2 ครั้งเครื่องกลเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อตีดน้ำครั้งที่ 3 แต่ระหว่างนั้นชนกับขอบของแหล่งน้ำก่อนข้ามไปยังขั้นตอนการเปลี่ยนทิศทางทันทีในรูปที่ 4.6(ง)



รูปที่ 4.6 การตีดน้ำในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง

ในทำนองเดียวกับในการทดสอบที่ 1 แนวการเคลื่อนที่ขณะตีดน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วัดได้เนื่องจากเครื่องกลหมุนหลังจากชนขอบฝั่งด้วยก้านชน ทำให้แนวการตีดน้ำใหม่ลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.6(ก) หลังจากการชนเครื่องกลจะเคลื่อนที่ถอยหลังมาเป็นระยะครึ่งหนึ่งของแนวการเคลื่อนที่ใหม่ (S_2) ซึ่งวัดได้ 1.6 m ดังนั้นเครื่องกลจึงเคลื่อนที่ถอยหลังเป็นระยะ 0.8 m (ในที่นี้คือตีดน้ำเงิน) จากนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศขวามือแล้วกำหนดให้ทิศการเคลื่อนที่ปัจจุบันเป็นด้านหน้า

(ในที่นี้คือด้านสีเขียว) แล้วเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อทำงานในรอบที่ 2 ดังรูปที่ 4.6(ข) หลังจากนั้นเครื่องกลจะทำซ้ำกระบวนการตั้งแต่นั้น โดยเริ่มจากการวัดระยะ การตีน้ำ และการเปลี่ยนทิศทาง เช่นนี้จนกว่าจะปิดการทำงานของเครื่องกล



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่ในกรณีเริ่มจากการชนด้านข้าง

4.3 การแจ้งเตือนและตัดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่

การแจ้งเตือนและตัดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่เป็นการจำลองการลดลงของค่าแรงดันแบตเตอรี่ซึ่งใช้เครื่องจ่ายไฟทำหน้าที่จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าแทนและใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันของเครื่องจ่ายไฟเพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงในการทดลอง โดยได้ทดสอบปรับลดค่าแรงดันลงจากค่าที่มากกว่า 10.8 V ลดลงต่อเนื่องจนแรงดันต่ำกว่า 10.4 V ซึ่งในขณะที่ค่าแรงดันลดลงเครื่องกลจะมีการแจ้งเตือนผ่านกริ่งและหลอดแอลอีดีหรือตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ที่ระดับแรงดันต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไปไว้ในบทที่ 3 การทดสอบถูกแบ่งเป็น 2 แบบคือกรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.6 V แต่สูงกว่า 10.4 V และกรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.8 V แต่สูงกว่า 10.6 V

4.3.1 กรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.6 V แต่สูงกว่า 10.4 V

เริ่มจากการสั่งให้เครื่องกลทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติโดยปรับค่าแรงดันเริ่มต้นไว้ที่สูงกว่า 10.8 V (ในการทดสอบปรับค่าแรงดันไว้ที่ 11.04 V) ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่เครื่องทำงานได้อย่างปกติโดยหลอดแอลอีดีจะแสดงผลเป็นสีเขียวดังรูปที่ 4.8



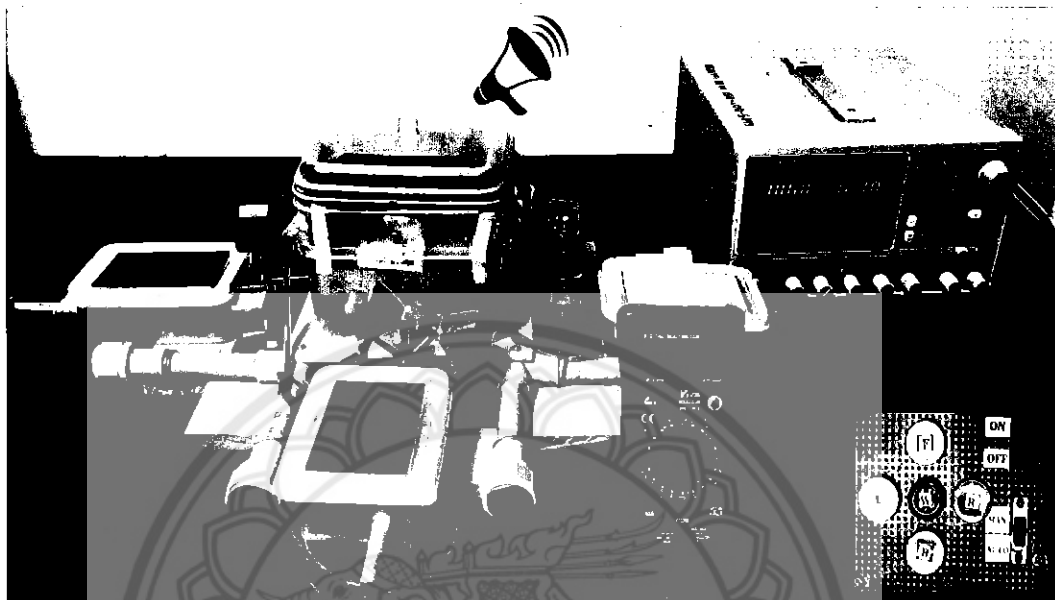
รูปที่ 4.8 หลอดแอลอีดีมีสีเขียวที่ค่าแรงดันสูงกว่า 10.8 V

หลังจากนั้นปรับลดแรงดันของเครื่องจ่ายไฟลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับแรงดันลดลงต่ำกว่า 10.8 V (ในการทดสอบปรับแรงดันลงเหลือ 10.75 V) เครื่องกลทำการแจ้งเตือนโดยหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงและกริ่งส่งเสียงต่อเนื่อง ในขณะที่มอเตอร์ยังคงหมุนในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติต่อดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 หลอดแอลอีดีมีสีแดงและกริ่งดังที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.8 V

ในกรณีที่ผู้ใช้ปล่อยให้เครื่องกลทำงานต่อในขณะที่มีการแจ้งเตือนและแรงดันลดลงจนกระทั่งต่ำกว่า 10.6 V (ในการทดสอบปรับลดแรงดันเหลือ 10.55 V) มอเตอร์จะหยุดหมุนเพื่อประหยัดแบตเตอรี่ในขณะที่เดียวกันก็ยังทำการแจ้งเตือนต่อไปดังรูปที่ 4.10



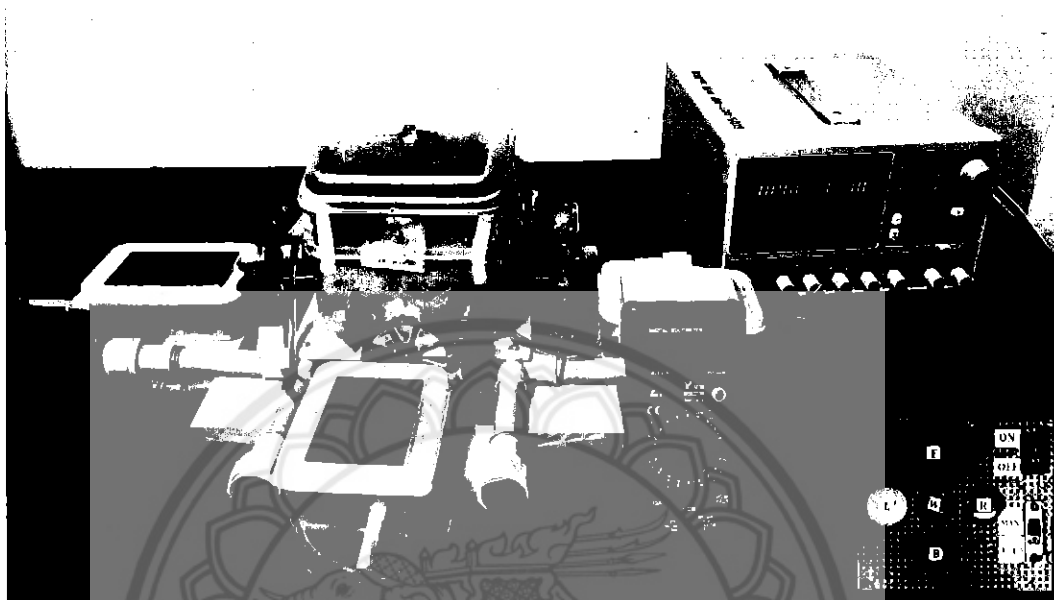
รูปที่ 4.10 หลอดแอลอีดีมีสีแดง กริ่งดัง และก้านหยุดหมุนที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.6 V

เมื่อผู้ใช้ควบคุมเครื่องในแบบวิธีควบคุมด้วยมือเสียงเตือนจากกริ่งจะหยุดดังทันทีแต่หลอดแอลอีดียังคงเปล่งแสงสีแดงอยู่ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การควบคุมด้วยมือที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.6 V

ในขณะที่ควบคุมเครื่องให้กลับเข้าฝั่งหากระดับแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10.4 V รีเลย์จะตัดแบตเตอรี่ออกจากวงจรทันที (ในการทดสอบปรับลดแรงดันเหลือ 10.35 V) รีเลย์ตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ออกจากวงจรทั้งหมดทำให้เครื่องหยุดทำงานทันทีดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เครื่องกลหยุดทำงานหลังจากที่ค่าแรงดันต่ำกว่า 10.4 V

4.3.2 กรณีเริ่มการควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.8 V แต่สูงกว่า 10.6 V

ปรับแรงดันของเครื่องจ่ายไฟมากกว่า 10.8 V (ในการทดลองปรับแรงดันที่ 11.4 V) เครื่องกลสามารถทำงานในแบบวิถีอัตโนมัติได้ปกติและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวเช่นเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 4.8 แล้วปรับลดแรงดันของเครื่องจ่ายไฟลงอย่างต่อเนื่องเมื่อแรงดันลดลงต่ำกว่า 10.8 V (ในการทดลองปรับแรงดันลงเหลือ 10.75 V) เครื่องกลทำการแจ้งเตือนโดยหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงและกริ่งส่งสัญญาณแจ้งเตือนต่อเนื่องในขณะที่มอเตอร์ยังคงหมุนต่อในแบบวิถีควบคุมอัตโนมัติเช่นเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 4.9 เมื่อรับรู้ถึงการแจ้งเตือนว่าแบตเตอรี่ต่ำ ผู้ใช้จะต้องทำการควบคุมเครื่องกลกลับเข้าฝั่งด้วยแบบวิถีควบคุมด้วยมือก่อนที่แรงดันแบตเตอรี่ลดต่ำลงจนกระทั่งไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ตัดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ออกจากวงจรทั้งหมด โดยในการทดสอบเมื่อเปลี่ยนการทำงานเป็นแบบวิถีควบคุมด้วยมือและเริ่มควบคุมเสียงจากกริ่งจะหยุดทันทีแต่หลอดแอลอีดียังคงเปล่งแสงสีแดงอยู่ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การควบคุมด้วยมือที่ระดับแรงดันต่ำกว่า 10.8 V

เมื่อใช้งานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือต่อไปในขณะที่ระดับแรงดันลดลงจนต่ำกว่า 10.6 V (ในการทดสอบปรับลดแรงดันลงเหลือ 10.55 V) เครื่องกลยังคงทำงานต่อเนื่องได้โดยไม่มีหยุดหมุนของกังหันขณะที่แรงดันต่ำกว่า 10.6 V แตกต่างจากการทดลองที่ 1 เมื่อระดับแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10.4 V รีเลย์จะทำการตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ออกจากวงจร ซึ่งในการทดลองทำโดยการปรับแรงดันลดลงต่ำกว่า 10.4 V (ในการทดลองปรับลดแรงดันเหลือ 10.35 V) รีเลย์จึงทำการตัดการเชื่อมต่อทำให้เครื่องกลหยุดทำงานทันทีเช่นเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 4.12

เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ที่รีเลย์ตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ก่อนที่ผู้ใช้จะบังคับให้เครื่องกลกลับเข้าฝั่ง ได้จึงได้ทำการทดสอบบังคับเครื่องกลในช่วงที่เริ่มแจ้งเตือนที่ค่าแรงดัน 10.8 V สามารถใช้งานเมื่อมีการแจ้งเตือนได้เป็นระยะทางสูงสุดประมาณ 40 เมตรก่อนที่ระดับแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10.4 V แต่หากเริ่มบังคับเครื่องตั้งแต่การแจ้งเตือนขณะที่มอเตอร์ถูกสั่งให้หยุดหมุนแล้วที่ระดับแรงดัน 10.6 V จะสามารถบังคับเครื่องกลได้เป็นระยะทางสูงสุดประมาณ 20 เมตร อย่างไรก็ตามจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ สำหรับโครงการนี้ใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีความจุ 2.2 Ah สามารถใช้งานในช่วงระดับแรงดันดังกล่าวได้ประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากที่ได้ทำการลงมือสร้างทดสอบการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศขนาดเล็กทั้งในแบบวิธีควบคุมด้วยมือ แบบวิธีควบคุมอัตโนมัติและการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่แล้วทำการปรับปรุงชิ้นงานไปแล้ว ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการดำเนินงาน ซึ่งแจ้งให้ทราบถึงปัญหาและข้อเสนอแนะรวมถึงแนวทางการพัฒนาต่อ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงการนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศที่สามารถเพิ่มออกซิเจนที่ผิวน้ำ ออกแบบให้เครื่องมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ติดตั้งก้านตีน้ำไว้ขนานกับแต่ละด้านของเครื่องกลซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรง 4 ตัว โดยมอเตอร์กระแสตรงถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ 12 V ตัวเครื่องกลถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ทั้งในแบบวิธีควบคุมด้วยมือที่ให้ผู้ควบคุมเครื่องผ่านแผงสวิตช์ควบคุมไปยังเครื่องกลผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายโดยใช้สัญญาณวิทยุเป็นสื่อกลาง และแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติที่ใช้สวิตช์จำกัดระยะเป็นตัวตรวจจับการชนของฝั่ง ซึ่งการเคลื่อนที่ของเครื่องกลจะอาศัยก้าน 2 ตัวที่ขนานกับทิศการเคลื่อนที่นั้นหมุนพร้อมกัน ส่วนการตีน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนจะอาศัยการหมุนของก้านทั้ง 4 ตัวในทิศทางที่ทำให้แรงลัพธ์ในการเคลื่อนที่มีค่าเป็นศูนย์เพื่อให้เครื่องกลตีน้ำอยู่กับที่และไม่หมุนรอบตัวเองจึงช่วยให้ตีน้ำได้แรงและเพิ่มปริมาณออกซิเจนได้มากกว่าในขณะที่เคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังสามารถแจ้งเตือนด้วยหลอดไฟแอลอีดีและกริ่งเมื่อระดับแรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำ

ผู้ใช้งานสามารถเลือกแบบวิธีการทำงานได้ด้วยปุ่มบนแผงสวิตช์ควบคุม ในแบบวิธีควบคุมด้วยมือที่ผู้ใช้งานกดปุ่มบนแผงสวิตช์ควบคุมเพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่รวมถึงการควบคุมให้เครื่องหยุดอยู่กับที่เพื่อตีน้ำ ส่วนการทำงานในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติที่เครื่องกลวัดระยะทางในแนวเคลื่อนที่แล้วคำนวณจำนวนครั้งและกำหนดตำแหน่งในการตีน้ำ หลังจากเสร็จสิ้นการตีน้ำในทิศทางดังกล่าวเครื่องจะเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เพื่อให้ตำแหน่งของการตีน้ำกระจายทั่วทั้งแหล่งน้ำต่อไป

ในระหว่างการทำงานของเครื่องกลค่าแรงดันของแบตเตอรี่ถูกตรวจสอบและแสดงผลด้วยหลอดไฟแอลอีดีและกริ่ง ในขณะที่ค่าแรงดันมากกว่า 10.8 V กำหนดให้เป็นช่วงการใช้งานปกติของแบตเตอรี่หลอดไฟแอลอีดีมีสีเขียว เมื่อค่าแรงดันลดต่ำกว่า 10.8 V กำหนดให้เป็นช่วงที่แรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำหลอดไฟแอลอีดีมีสีแดงและเสียงกริ่งดังต่อเนื่องจนกระทั่งผู้ใช้เลือก

แบบวิธีควบคุมด้วยมือบนแผงสวิทช์ควบคุมเพื่อบังคับให้เครื่องกลเคลื่อนที่กลับเข้าหาฝั่งก่อนที่ระดับแรงดันจะลดต่ำกว่า 10.4 V ซึ่งจะทำให้รีเลย์ตัดการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่ออกจากวงจรทำให้ไม่สามารถควบคุมเครื่องกลได้อีกและอาจทำให้เครื่องกลลอยอยู่กลางแหล่งน้ำ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวในโครงการนี้ควรใช้เครื่องกลกับแหล่งน้ำที่มีด้านที่ยาวที่สุดไม่เกิน 20 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่และขนาดของมอเตอร์ที่ใช้

แม้ว่าผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องกลเคลื่อนที่ไม่เป็นแนวเส้นตรงตามที่ได้ออกแบบไว้แต่ไม่ได้ส่งผลเสียต่อเป้าหมายของโครงการ นั่นคือเครื่องกลสามารถคืนน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำและเปลี่ยนตำแหน่งของการคืนน้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำกระจายทั่วแหล่งน้ำได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะการใช้งานจริงนั้นเกิดขึ้นจากการที่ไม่สมบูรณ์ของส่วนประกอบต่างๆ ในโครงสร้าง ซึ่งจะส่งผลให้ลักษณะการทำงานที่มองเห็น ไม่ได้เป็นไปตามการออกแบบรูปแบบการเคลื่อนที่ทั้งหมด ซึ่งผลดังกล่าวเกิดจากสาเหตุดังนี้

1) แม้ออกแบบให้เครื่องกลเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง แต่ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแนวการเคลื่อนที่ไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเร็วรอบมอเตอร์แต่ละตัว การติดตั้งแกนระหว่างมอเตอร์กับก้านที่ไม่อยู่ในแนวระดับ ระดับการคืนน้ำไม่เท่ากันของก้านแต่ละตัว การร่น้ำของก้านคู่ที่ไม่ได้ทำงาน และการกระจายน้ำหนักที่ไม่สม่ำเสมอของอุปกรณ์ในกล่องควบคุม ถึงแม้มอเตอร์ที่เลือกใช้จะมีพิกัดเท่ากันแต่อาจมีความเร็วรอบแตกต่างกันเล็กน้อยรวมทั้งการติดตั้งแกนระหว่างมอเตอร์กับก้านที่ไม่อยู่ในแนวระดับซึ่งส่งผลให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างแกนและกล่องควบคุมซึ่งทำหน้าที่ประคองแกนส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลงและไม่เท่ากันในแต่ละด้าน นอกจากนี้การติดตั้งใบพัดของก้านที่ไม่สมมาตรทำให้ระดับการคืนน้ำของก้านแต่ละตัวไม่เท่ากันและการร่น้ำของก้านคู่ที่ไม่ได้ทำงานจึงประพฤติตัวเป็นหางเสือ ในขณะที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งรวมทั้งการกระจายน้ำหนักที่ไม่สม่ำเสมอของอุปกรณ์ในกล่องควบคุมส่งผลให้แนวการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนไปจากทิศทางที่ต้องการ ซึ่งแนวทางในการแก้ไขได้แก่การเลือกใช้ก้านสำเร็จรูป ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดและความเร็วรอบเท่ากันโดยสมบูรณ์หรือประยุกต์ใช้การควบคุมแบบวงปิดเพื่อควบคุมให้ความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากันและออกแบบให้เครื่องกลยกก้านคู่ที่ไม่ทำงานให้พ้นน้ำ รวมถึงการประกอบชิ้นส่วนต้องมีความถูกต้องและแม่นยำในแง่ของตำแหน่งการติดตั้ง

2) ในแบบวิธีควบคุมอัตโนมัติการชนกับขอบของแหล่งน้ำด้วยก้านชนด้านข้างของเครื่องกลบางครั้งไม่เพียงพอที่จะทำให้หน้าสัมผัสของสวิทช์จำกัดระยะเปลี่ยนสถานะซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เพียงพอ แนวทางแก้ไขคือการเพิ่มความเร็วของเครื่องกลโดยใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้น การเลือกใช้สวิทช์จำกัดระยะที่มีความไวสูง หรือใช้ตัวรับรู้ความถี่เหนือเสียงเพื่อตรวจจับขอบของแหล่งน้ำแทนการชน

3) ในบางครั้งที่การทำงานในแบบวิธีควบคุมด้วยมือเครื่องกลไม่ตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมซึ่งเป็นผลมาจากระยะห่างระหว่างโมดูลสื่อสารทั้งสองตัวและสิ่งกีดขวางเนื่องจากติดตั้งโมดูลสื่อสารไว้ในกล่องควบคุมรวมถึงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการตัดต่อหน้าสัมผัสของรีเลย์ แนวทางการแก้ไขคือการติดตั้งเสาอากาศจากโมดูลสื่อสารไร้สายออกมานอกกล่องควบคุมเพื่อช่วยให้รับสัญญาณได้ดีขึ้นและออกแบบการวางตำแหน่งของรีเลย์ให้ห่างจากอุปกรณ์อื่น

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1) ในการใช้งานเครื่องกลกับแหล่งน้ำที่อยู่กลางแจ้งสามารถออกแบบให้รับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแบตเตอรี่ ในช่วงเวลากลางวันและความเข้มแสงมีค่ามากพอแผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงานเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกลและประจุแบตเตอรี่ ในขณะที่ความเข้มแสงมีค่าต่ำหรือในเวลากลางคืนแบตเตอรี่คายพลังงานเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกล

2) การใช้โมดูลสื่อสารไร้สายเพื่อส่งข้อมูลค่าแรงดันของแบตเตอรี่มาแสดงที่แผงสวิทช์ควบคุมโดยอาจแสดงในรูปของค่าแรงดันหรือเปอร์เซ็นต์ของประจุที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ หรืออาจส่งการแจ้งเตือนเป็นข้อความมายังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบระดับแรงดันของแบตเตอรี่และสถานะการทำงานของเครื่องกลแม้ไม่ได้อยู่ในบริเวณใกล้เคียงก็ตาม

3) ในกรณีที่สามารถออกแบบและสร้างเครื่องกลให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงได้ เราสามารถเขียนคำสั่งให้เครื่องกลเรียนรู้และจดจำเส้นทางที่เคลื่อนที่ผ่านไปแล้วเพื่อเลี่ยงการตีน้ำในเส้นทางเดิมและลดระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มออกซิเจนที่ผิวน้ำให้ทั่วแหล่งน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริมาณ จงจิตรกลาง และคณะ, “สาเหตุและผลกระทบของมลพิษทางน้ำ”, สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2559, จาก <https://goo.gl/Crr3yy>.
- [2] เกียรติศักดิ์ อุดมสิน โรจน์, วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 3, มิตรนภาการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2537.
- [3] Wei-Kai (Willy) Chiu, Preston Lee-Jang Chui, Han-Ying (Jessie) Lin, Greg Liu, Robert W. Virtue. Laser Aiming Computerized Targeting and tracking Engine. 6 July 25, 2002.
- [4] Arduino UnoBoard, “Overview arduinouno R3”, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2557 จาก <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
- [5] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2558 จาก <http://www.ee.buu.ac.th>.
- [6] P. James Vial, G. Serafani and I. Raad, “Soccer Robot Toy within an Education Environment”, The First IEEE International Workshop on Digital Game an Intelligent Toy Enhanced Learning, 2007.
- [7] M. Hesam Goudarzi, Wireless in High – Tech Agriculture. Eastern Mediterranean University, Jun.2007, pp. 18-19.
- [8] จักรวิช พฤษการ, การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์, บ.สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, 2549.
- [9] Mountain A, “I2C Communication” สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2559 จาก <https://goo.gl/xRIVop>.
- [10] ไชชาญ หินเกิด, “เครื่องกลไฟฟ้า 1”, บ.ประชาชน, กรุงเทพฯ, 2537.
- [11] www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek9.htm, สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2558.
- [12] Muhammad H. Rashid, “Power Electronics Circuits, Devices and Applications”, Pearson Education, Inc., Third Edition, 2004.
- [13] Grant M. Ehrlich, “Lithium-Ion Batteries”, In: Handbook of Batteries, 3rd ed.: New York: McGraw-Hill, 2002.
- [14] <http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module2/symbole.html>, สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2558.
- [15] <http://fonengineering.com/our-products/19-limit-switch.html>, สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2558.
- [16] <http://epautomation.blogspot.com/2011/11/blog-post.html>, สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2558.

- [17] Smart Learning, “หลักการทางานของรีเลย์ (Relay)”, สืบค้นเมื่อพฤศจิกายน 2558 จาก <http://www.smartlearningweb.com/knowledge/relay/relay.htm>.
- [18] บ้านอิเล็กทรอนิกส์, “อุปกรณ์ ตอน รีเลย์”, สืบค้นเมื่อพฤศจิกายน 2558 จาก http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=28.
- [19] บริษัท เมเซอร์ โทโรนิกส์ จำกัด, จาก <http://www.9engineer.com>, สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555.



ภาพผนวก ก
เอกสารประกอบข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3



Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Power

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

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 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.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno 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).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** 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: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **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.

The Uno has 6 analog Inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **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.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the ATmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial 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 Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno 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](#)).

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

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

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.



ภาพผนวก ข

เอกสารประกอบข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

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 MHz

Power

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

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](#)).

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:

- **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](#)).

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





ภาพผนวก ค

เอกสารประกอบข้อมูลของโมดูล NRF24L01

BLOCK DIAGRAM

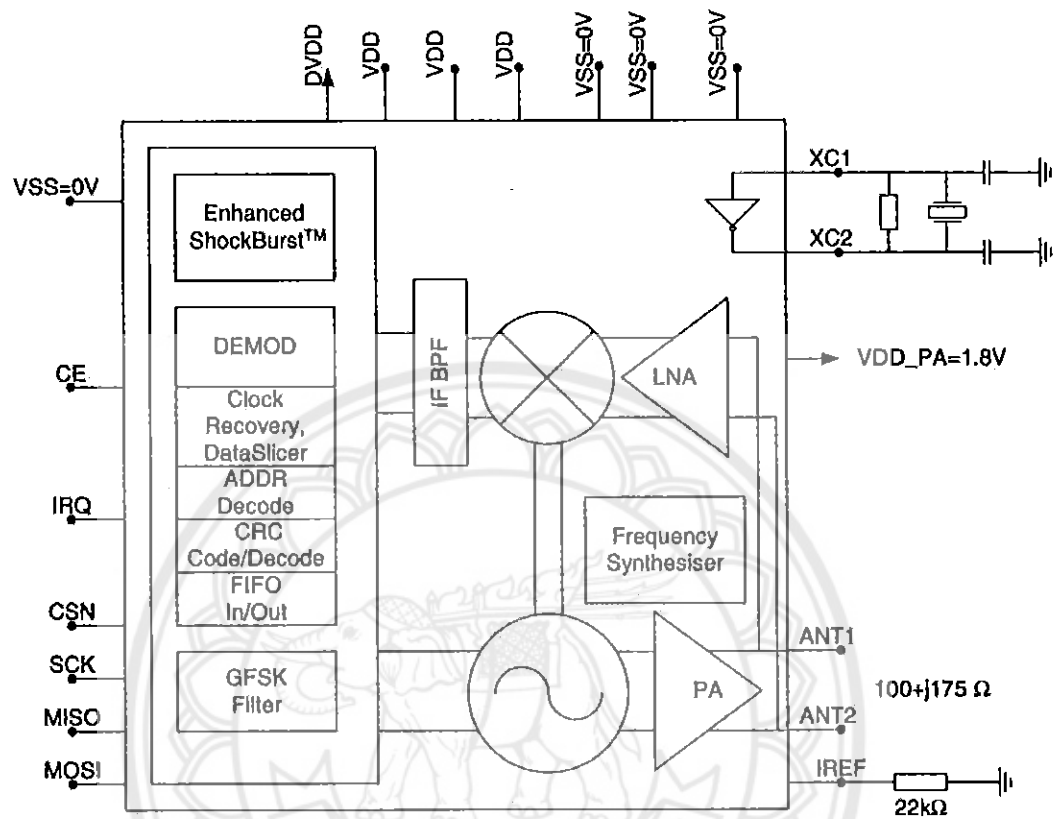


Figure 1 nRF24L01 with external components.

PIN FUNCTIONS

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin
7	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
19	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 3 nRF24L01 pin function

PIN ASSIGNMENT

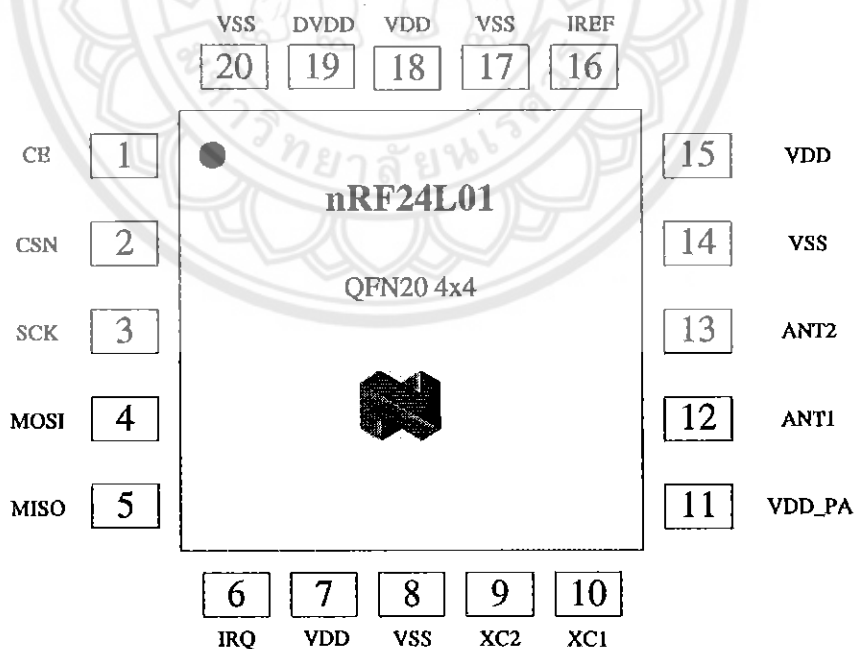


Figure 2 nRF24L01 pin assignment (top view) for a QFN20 4x4 package.

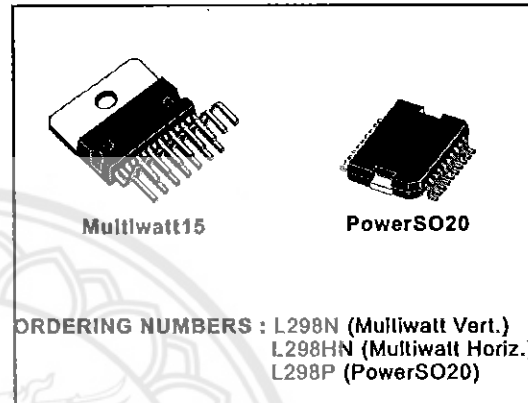




L298

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)

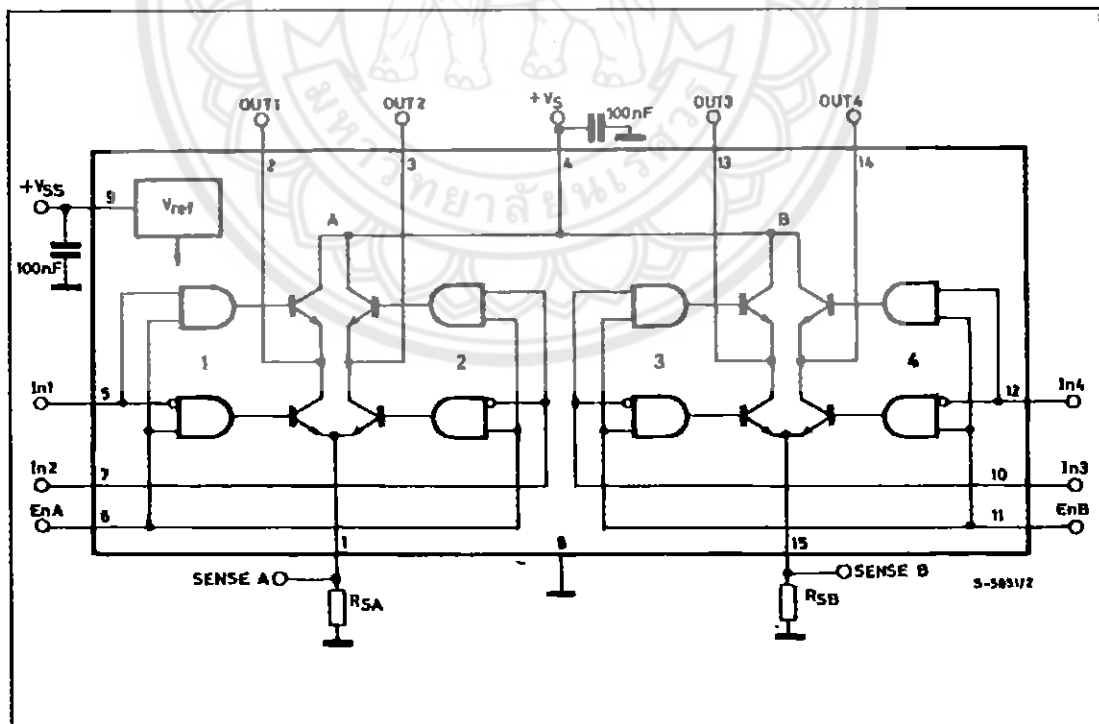


DESCRIPTION

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.

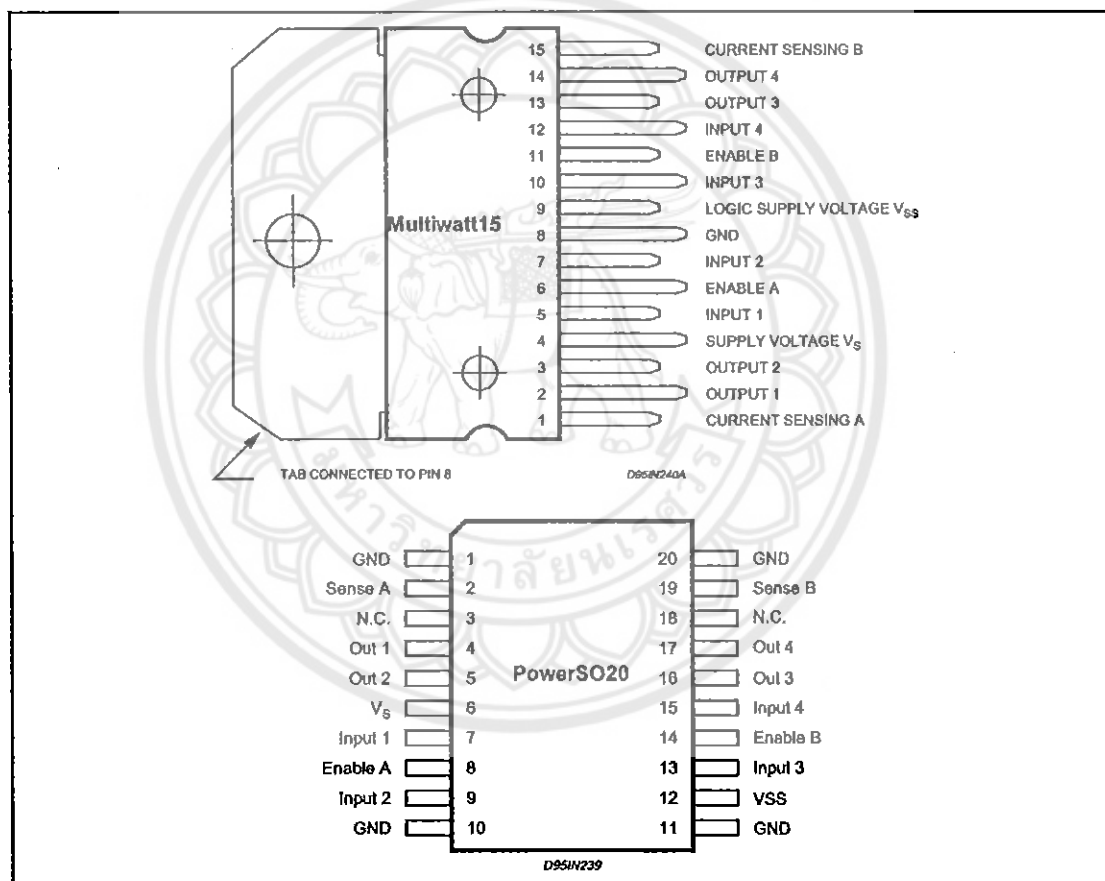
BLOCK DIAGRAM



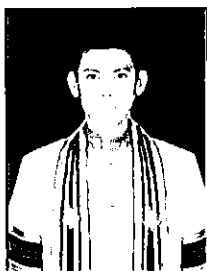
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายชนะธิป ศรีสุเทพ
 ภูมิลำเนา 398/4 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิจิตร
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: chanathips56@email.nu.ac.th



ชื่อ นายปรีชาติ จันทร์แดง
 ภูมิลำเนา 76 หมู่ 9 ต.หนองปลิง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนวัชรวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: parichatju56@email.nu.ac.th



ชื่อ นายสุทธิรักษ์ สุขศรี
 ภูมิลำเนา 334 หมู่ 7 ต.จิวราย อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนตะพานหิน
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: suttiruks56@email.nu.ac.th