ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

Automatic Block Lifting Robot

ชื่อนักศึกษา

1. นายเจษฎา เอกา	รหัสประจำตัว	48035484
2. นายวีรวัฒน์ ทองแก้ว	รหัสประจำตัว	48035515
3. นายสมพงษ์ รอดความทุกข์	รหัสประจำตัว	48035520
4. นายอภิรมย์ บุตรแก้ว	รหัสประจำตัว	48035529

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุชิน อาจหาญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.วรวิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. ผศ.สุชิน อาจหาญ	
2. ผศ.วรวิทย์ สมหา	
3. ผศ.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
4. อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
5. อ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 9 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 30 เดือน มี.ค. พ.ศ 50

<BT492072>

หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

AUTOMATIC BLOCK LIFTING ROBOT

เจษฎา เอกา
วีรวัฒน์ ทองแก้ว
สมพงษ์ รอดความทุกข์
อภิรมย์ บุตรแก้ว

TJ211
.T55 S3
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 75143
วัน,เดือน,ปี 24 ต.ค. 2550

b 11815322
i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

AUTOMATIC BLOCK LIFTING ROBOT

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่สามารถใช้งานได้จริง
4. เพื่อทดสอบการทำงานและหาข้อบกพร่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ
5. เพื่อส่งหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติเข้าร่วมการแข่งขัน หุ่นยนต์ ส.ส.ท ชิงแชมป์ประเทศไทย ประจำปี 2549

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ
2. ได้แบบของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ
3. ได้หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่สามารถใช้งานได้จริง
4. ได้ผลการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติมาปรับปรุงแก้ไข
5. ได้ส่งหุ่นยนต์เข้าทำการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายเจษฎา	เอกา
	นายวิรวัฒน์	ทองแก้ว
	นายสมพงษ์	รอดความทุกข์
	นายอภิรมย์	บุตรแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สุชิน	อาจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.วรวิทย์	สมหา
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ อาศัยระบบการทำงานของ ซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ ตัวหุ่นยนต์มีความกว้าง 68 เซนติเมตร มีความยาว 92 เซนติเมตร และมีความสูง 137 เซนติเมตร โครงสร้างภายนอกทำจากอลูมิเนียม ซึ่งตัวหุ่นยนต์นั้นมีกลไกที่จะสามารถยกกล่องและดันกล่องเพื่อทำแต้มได้ซึ่งกลไกนั้นประกอบด้วย รางเลื่อน และมอเตอร์ที่ติดไว้กับบรอกและสลิงกลไกการทำงานของตัวดันกล่องและยกกล่อง ดึงตัวยกกล่องที่ติดอยู่กับรางเลื่อนขึ้นด้านบน และเมื่อกลไกส่วนยกกล่องทำงานเสร็จแล้วชุดดันกล่องจะทำงานจะทำการดันกล่องที่บรรจุไว้ในตัวหุ่นยนต์ออกมา เพื่อทำแต้ม หุ่นยนต์นั้นสามารถดันกล่องได้ในระยะใกล้เท่านั้น ภายในตัวหุ่นยนต์ที่ออกแบบมานี้สามารถบรรจุกล่องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มิลลิเมตร น้ำหนัก 500 กรัม จำนวน 2 กล่อง ไว้ภายในตัวหุ่นยนต์ และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Block Lifting Robot	
Students	Mr.Jassada	Aka
	Mr.Verawat	thongkaew
	Mr.Sompong	Rodkhwamtuk
	Mr.Apirom	budkaew
Advisor	Asst.Prof.Suchin	Adhan
Co - Advisor	Asst.Prof.Worawit	Somha
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2006	

ABSTRACT

This thesis presented about Automatic Block Lifting Robot that used system of software and hardware. The robot has a wide sixty-eight centimeters, ninety-two centimeters long and height one hundred thirty-seven centimeters. For the outside structure is made from aluminum.

The robot is consisting of slide rail, elastic band and motor. First mechanism of propel blocked, it needs a stretch the stick out in the back of slide rail. Second when the stick is left, the bolt is rapidly out from the robot. Finally we can make the point. It has to leave out in short distance.

The robot was designed for filling the block. It has a diameter four hundred and fifty millimeters; weight five hundred grams about two blocks. It uses 24 volts direct current supplies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์และโครงงานชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มทุกคน คณะผู้จัดทำขอะบพระคุณท่านอาจารย์วรวิทย์ สมหา และอาจารย์สุชิน อาจหาญ ที่ปรึกษาโครงงานทั้ง 2 ท่าน ที่ได้คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนข้อมูลและอุปกรณ์ต่างๆและขั้นตอนการทำหุ่นยนต์ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานและจัดทำปริญญา-นิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงช่วงเวลาที่คอยร่วมแรงร่วมใจกันในขณะประอบหุ่นยนต์และแข่งขันหุ่นยนต์ทุกๆ นัด

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมที่อุดหนุนทุนทรัพย์ในการจัดทำโครงงานเพื่อเข้าทำการแข่งขันในครั้งนี้

ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล

ขอขอบพระคุณ รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ ที่อนุญาติให้ใช้สถานที่ในการทำโครงงานจนกระทั่งโครงงานเสร็จสมบูรณ์ สามารถเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ชิงแชมป์ประเทศไทยได้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจในการแข่งขันหุ่นยนต์ทุกๆ นัด โดยเฉพาะ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ที่ตามไปให้กำลังใจถึงขอบสนาม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธำรงค์ สว่างเดือน หัวหน้าแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ฝึกซ้อมหุ่นยนต์ สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำดีๆ ที่ช่วยให้โครงงานสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งเทคนิคต่างๆ ในการแข่งขัน ทั้งนี้ขอขอบคุณน้องๆ ทีมกรุงเก่า 2006 ด้วยที่ช่วยเป็นคู่ซ้อมให้

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม รุ่นที่26 ที่คอยให้คำแนะนำและคอยให้กำลังใจทีม "คืนเดียว" ถึงขอบสนามการแข่งขัน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง ด้วยความรักและความห่วงใย

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ชิงแชมป์ประเทศไทย 2549 ทุกๆ ทีมที่สอนให้รู้จักประสบการณ์อันล้ำค่า รู้แพ้ รู้ชนะ รู้อภัย และรู้จักเพื่อนใหม่หลายๆ คน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดโครงงาน	2
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการทำงานโครงงาน	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์	4
2.2.1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่	5
2.3 ประโยชน์ของหุ่นยนต์	5
2.3.1 ในโรงงานอุตสาหกรรม	6
2.3.2 ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์	6
2.3.3 ในโรงพยาบาล	6
2.3.4 ในงานการทหารและความมั่นคง	6
2.3.5 ในงานบันเทิงและการแสดง	6
2.3.6 ในที่อยู่อาศัย	6
2.3.7 ในร่างกาย	7
2.4 ลักษณะทั่วไปของสมองของหุ่นยนต์	7
2.5 ประเภทคอมพิวเตอร์สำหรับหุ่นยนต์	7
2.5.1 ไมโครคอนโทรเลอร์	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 คอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดสำเร็จรูป	9
2.6 สัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output)	9
2.6.1 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	10
2.6.2 การแปลงข้อมูล	10
2.6.3 การจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณความถี่	11
2.6.4 ส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ	11
2.7 การใช้ตัวแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นแบบสัญญาณดิจิตอล	12
2.7.1 หลักการทำงานของของตัวแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล	12
2.7.2 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	12
2.7.3 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่รวมอยู่ในไมโครคอลโทรเลอร์	13
2.8 การแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญารอนาล็อก	13
2.9 การนำร่องหุ่นยนต์	15
2.9.1 การบรรลุจุดหมาย	15
2.9.2 การเดินทางตามเส้นที่กำหนดไว้	16
2.9.3 การเดินตามผนัง	17
2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	18
2.10.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	19
2.10.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	28
2.10.3 การกลับทิศทางหมุน	29
2.10.4 การเลือกมอเตอร์ให้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	29
2.10.5 การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	31
2.11 รีเลย์	39
2.11.1 โครงสร้างของรีเลย์	40
2.11.2 คุณสมบัติของรีเลย์ชนิดต่างๆ	41
2.11.3 คุณลักษณะของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า	42
2.12 อลูมิเนียม	44
2.13 เซ็นเซอร์	45
2.13.1 เซ็นเซอร์แสง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.13.2 ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	47
2.14 เฟืองและเฟืองทดรอบ	51
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง การทำงาน	57
3.1 กล่าวนำ	57
3.2 การออกแบบและโครงสร้างหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	58
3.2.1 การทำงานเบื้องต้น	60
3.2.2 ชุดขับเคลื่อน	60
3.2.3 ชุดยกกล่องขึ้น	63
3.2.4 ชุดดันกล่อง	65
3.2.5 ชุดแทรกเส้น	68
3.3 ส่วนควบคุม	72
3.3.1 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	72
3.3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) เบอร์ 16F877-20/P	73
3.3.3 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์	74
3.3.4 แผงวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	75
3.4 แหล่งจ่าย	77
3.5 ผังการทำงาน	78
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	79
4.1 กล่าวนำ	79
4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	79
4.2.1 การทดลองชุดเซนเซอร์	79
4.2.2 การทดลองโปรแกรม	80
4.2.3 ชุดการเดินตามเส้น	82
4.2.4 การทดลองชุดยกกล่อง	83
4.2.5 การทดลองชุดดันกล่อง	84
บทที่ 5 บทสรุป	85
5.1 สรุป	85
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3 แนวทางการพัฒนา	86
บรรณานุกรม	87
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	88
ภาคผนวก ข วงจร	92
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	100
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงาน	104
ภาคผนวก จ โปรแกรม	106
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	111
ภาคผนวก ช กฎกติกาที่ใช้ในการแข่งขัน	119
ประวัติผู้แต่ง	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของรีเลย์ชนิดต่างๆ	41
4.1 ผลการทดลองตำแหน่งสีของสนามแข่งขันกับสภาวะลอจิกที่ได้จากเซ็นเซอร์	80
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	102
ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	103
ฉ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น	116
ฉ.2 ข้อมูลจำเพาะ	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การนำร่องหุ่นยนต์ไปยังพื้นที่ต่างๆ	15
2.2 การวางตำแหน่งซ้าย-ขวาของโฟโตทรานซิสเตอร์สำหรับหุ่นยนต์แบบเดินตามเส้น	17
2.3 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	19
2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	21
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	22
2.6 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชนาน	22
2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	25
2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	25
2.9 วงจรแสดงการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชั้นท์และแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาวด์	26
2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	27
2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์	28
2.12 การเดินตรง	32
2.13 การเดินถอยหลัง	32
2.14 การเลี้ยวซ้าย	32
2.15 การเลี้ยวขวา	33
2.16 การหมุนรอบตัวเองด้านซ้าย	33
2.17 การหมุนรอบตัวเองด้านขวา	33
2.18 ล้อแบบหมุนที่ติดตั้งไว้ต่ำกว่าล้อที่ขับเคลื่อนทั้งสองล้อ	34
2.19 การใช้รีเลย์ในการเปิด-ปิดมอเตอร์โดยใช้สัญญาณแบบ TTL	35
2.20 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยใช้รีเลย์สัญญาณแบบ TTL	36
2.21 วงจรควบคุมแบบเปิด/ปิดและควบคุมทิศทางของมอเตอร์ในวงจรเดียวกัน	36
2.22 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว	37
2.23 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยการต่อทรานซิสเตอร์แบบ npn เป็นรูปตัว"H"	38
2.24 แสดงโครงสร้างของคอนแทกเตอร์	39
2.25 ลักษณะของรีเลย์	40
2.26 โครงสร้างของรีเลย์	40
2.27 คุณสมบัติของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับแสง	46
2.29 ดิจิตอล RGB ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	48
2.30 โครงสร้างเส้นใยแก้วไฟเบอร์ออปติก	49
2.31 รูปร่างลักษณะและการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์	49
2.32 วงจรอินพุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	50
2.33 วงจรเอาต์พุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	50
2.34 รูปที่ใช้แทนเฟืองทดรอบที่มีอัตราส่วน 2:1	52
2.35 เฟืองหลายตัวถูกขับโดยเฟืองที่มีจำนวนฟัน 20 ซี่ตัวเดียว	53
2.36 การทดรอบของเฟืองที่เกิดจากเฟืองที่ติดตั้งอยู่บนแกนเพลาเดียวกัน	53
2.37 ชนิดของเฟืองต่างๆ	55
2.38 การใช้สกรูยึดระหว่างเฟืองกับเพลา	56
3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล้องแบบอัตโนมัติ	57
3.2 รูปด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	58
3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	58
3.4 รูปด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	59
3.5 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	59
3.6 ชุดขับเคลื่อนหุ่นยนต์กกล่องแบบอัตโนมัติ	60
3.7 ขนาดของชุดขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	60
3.8 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านขวาของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	61
3.9 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านขวาที่ออกแบบ	61
3.10 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านซ้ายของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	62
3.11 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อซ้ายที่ออกแบบ	62
3.12 ชุดยกกล่องของหุ่นยนต์อัตโนมัติ	63
3.13 ขนาดและลักษณะของชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	63
3.14 ลักษณะของมอเตอร์ควบคุมชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	64
3.15 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ควบคุมชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	64
3.16 ชุดวางกล่องและตัวเคลื่อนกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 ขนาดและลักษณะชุดวางกล่องและตัวเคลื่อนกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	65
3.18 ลักษณะของตัวดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	66
3.19 ขนาดและลักษณะของตัวดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	66
3.20 มอเตอร์ควบคุมชุดดันกล่อง	67
3.21 ขนาดและลักษณะของมอเตอร์ควบคุมชุดดันกล่องที่ออกแบบ	67
3.22 ด้านหน้าของชุดแทรคเส้นอัตโนมัติ	68
3.23 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของชุดแทรคเส้นของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	68
3.24 ด้านข้างของชุดแทรคเส้นอัตโนมัติ	69
3.25 ขนาดและลักษณะด้านข้างของชุดแทรคเส้นของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ	69
3.26 หน่วยเซ็นเซอร์สี	70
3.27 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านบน	70
3.28 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์สีกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านล่าง	71
3.29 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านหลัง	71
3.30 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	72
3.31 วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	73
3.32 ลักษณะการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	74
3.33 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์การยกกล่องและดันกล่อง	75
3.34 วงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม	76
3.35 วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	76
3.36 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	77
3.37 แบตเตอรี่ 12 V 1.3 A	77
3.38 ผังงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	78
4.1 เซนเซอร์แสง	79
4.2 แผงวงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แผงวงจรชุดรับสัญญาณจากเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม	81
4.4 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม	81
4.5 สนามจำลองในการทดสอบ	82
4.6 ชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	83
4.7 ชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	84
ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	89
ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	90
ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	91
ข.1 วงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม	93
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม	93
ข.3 แผงวงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ประกอบใช้ในการทดลองโปรแกรม	94
ข.4 วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์	94
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์	95
ข.6 แผงวงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ที่ประกอบใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม	95
ข.7 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์	96
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์	96
ข.9 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม	97
ง.1 ผังงานการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	105
ฉ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	114
ฉ.2 แผงชุดควบคุม หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	115
ช.1 รูปบล็อกที่ใช้ในการแข่งขัน	127
ช.2 สนามการแข่งขัน	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์นั้นได้เจริญก้าวหน้าไปมาก ต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์จะถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ แต่ปัจจุบันมีการนำมาใช้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ให้ได้ในชีวิตประจำวัน

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ และสามารถโปรแกรมให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างได้ อย่างไรก็ดี ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ยอมรับกัน ในที่ประชุมระดับนานาชาติ ของบริษัทอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ ได้ให้ความหมายว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ เครื่องจักรกลที่สามารถทำการโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้งสามารถทำงานได้หลายๆ หน้าที่ซึ่งมันได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถหยิบจับเคลื่อนย้าย วัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน ให้ทำงานได้ตามต้องการและในปัจจุบันได้มีการออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถทำงานเลียนแบบการเคลื่อนไหวและให้ใกล้เคียงมนุษย์มากยิ่งขึ้น ซึ่งในอนาคตหุ่นยนต์อาจจะเข้ามาทำงานแทนมนุษย์ก็เป็นได้

จากการจัดการประกวดและแข่งขันหุ่นยนต์ในหัวข้อ การแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ชิงแชมป์ประเทศไทย ประจำปี 2549 "Building the World's Tallest Twin Tower" หรือ "ตึกแฝดเสียดฟ้า ท้าพิชิต" โดยมีสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นสมาคมที่ให้การสนับสนุนให้สถาบันการอาชีวศึกษาและสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศรวมถึงหน่วยงานที่สนใจส่งหุ่นยนต์เข้าร่วมการประกวดและแข่งขัน ซึ่งในการแข่งขันครั้งนี้นั้นมีจุดมุ่งหมายให้หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมา มีความสามารถที่จะนำบล็อกหรือกล้องก่อสร้างทำจากโพลีสไตล์ลีนไปปล่อยในหอสะพานลอยหรือตึกหอคอยที่กำหนดไว้ในตำแหน่งที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้สร้างหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อเข้าร่วมการประกวดและแข่งขันหุ่นยนต์ในหัวข้อดังกล่าว

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

เนื่องจากในแต่ละปีมีการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ของ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งในปี พ.ศ. 2549 มีการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท.ชิงแชมป์ประเทศไทยประจำปี 2549 ระดับอุดมศึกษา เพื่อหาตัวแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปแข่งขันในระดับประเทศ ABU ROBOT CONTEST THAILAND CHAMPIONSHIP 2006 ไปแข่งขันในระดับชาติ ABU ROBOT CONTEST 2006 KUALA LUMPUR ณ. กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย กลุ่มผมจึงสนใจที่จะนำหุ่นยนต์ไปร่วมแข่งขันในรายการดังกล่าว

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อทำการสร้างหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติขึ้นมาแล้ว ผู้ที่จัดทำจะสามารถมีความรู้ทางด้านกลไกต่างๆ ของระบบหุ่นยนต์และนำหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติไปแข่งขันได้จริง

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานมีขีดความสามารถดังนี้

1.หุ่นยนต์สามารถบรรจุชิ้นงานทรงกระบอกทำจากโพลีสไตล์ลีนขนาดสูง 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 45 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 20 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินหรือสีแดงจำนวน 2 ชิ้น

2. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถบรรจุกล่องได้ไม่เกิน 6 กล่อง

3. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติมีขนาดความกว้างความยาวของหุ่นยนต์ไม่เกิน 1 เมตร และขนาดความสูงของหุ่นยนต์ไม่เกิน 2 เมตร

4. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติใช้แหล่งจ่ายไฟ DC ไม่เกิน 24 V

5. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 3 กิโลกรัม

6. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้เองอัตโนมัติ

7. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถทำคะแนนได้ภายในเวลา 3 นาที

8. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลา 3 นาที

9. หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติสามารถเดินตามเส้นสีขาวได้โดยการใช้เซนเซอร์และโปรแกรมในการควบคุมการเดิน

1.5 ขั้นตอนของการทำโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะต้องมีการทดสอบและทดลองให้ได้ตามขีดความสามารถที่ได้ตั้งไว้ในระดับหนึ่งแล้ว ทำการทดสอบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพิ่มเติม และเมื่อทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะนำหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติเข้าร่วมในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการ ความเป็นมาของหุ่นยนต์ ประเภทของหุ่นยนต์ ประโยชน์ของหุ่นยนต์ เกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของสมองของหุ่นยนต์ การนำร่องหุ่นยนต์ การทำงานของรีเลย์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเซ็นเซอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงสร้าง ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงานตลอดจนการออกแบบ และการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น แบบของหุ่นยนต์ วงจรควบคุมการทำงาน โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนต่างๆ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ และการทำงานในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนาโครงงาน

ภาคผนวก ก แสดงภาพหุ่นยนต์ต้นแบบ

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดของวงจรควบคุม

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ภาคผนวก ง แสดงผังงานของโปรแกรมควบคุม

ภาคผนวก จ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์

ภาคผนวก ช กฎกติกาการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

จากที่ได้มีการกล่าวในบทนำนั้นเราสรุปได้ว่าหุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติและสามารถโปรแกรมทำงานในลักษณะงานต่างๆ กันไป และหุ่นยนต์สามารถตัดสินใจโดยมีการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด สามารถทำงานแทนเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์โดยมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง

2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์หรือRobot มาจากคำว่า Crack ซึ่งหมายถึงทาสหรือคนรับใช้ และเข้ามาในศัพท์ภาษาอังกฤษในปี ค.ศ.1921 โดยนักเขียนบทละครชื่อ KAREL KAPEX ในบทละครแนวล้อเลียน โดยละครเรื่องนี้หุ่นยนต์ก็คือ จักรกลที่คล้ายคลึงกับมนุษย์และนำมาทำงานที่น่าเบื่อแทนมนุษย์ แต่ในตอนหลังพวกหุ่นยนต์รวมตัวกันต่อต้านและทำลายมนุษย์

ในช่วงปลายปี 1940 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 งานวิจัยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้เกิดขึ้น ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องจักรกลควบคุมระยะไกลสำหรับการขนถ่ายวัสดุกัมมันตภาพรังสี

ในกลางปี 1950 George C. Devol ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เขาเรียกว่า "Programmed Articulated Transfer Device" ซึ่งเป็นมานิพิวเลเตอร์ (Manipulator) ที่การทำงานของมันสามารถโปรแกรมได้ ซึ่งแนวความคิดนี้ ต่อมาได้นำเข้ามาสู่อุตสาหกรรม โดยบริษัท Unimation Inc. ในปี 1959 หัวใจสำคัญของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ การใช้ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับมานิพิวเลเตอร์ เพื่อผลิตเรื่องจักรกลที่สามารถสั่งให้ทำงานหลากหลายได้อย่างอัตโนมัติ โดยการโปรแกรมเข้าไป

ในปี 1968 McCarty และผู้ร่วมงานของเขาที่ The Stanford Artificial Intelligence Laboratory ได้รายงานการพัฒนาคอมพิวเตอร์กับมือ ตา หู (Manipulators, TV Cameras, Microphones) โดยระบบนี้จะจดจำข่าวสารในรูปแบบของเสียง และมองวัตถุที่ถูกวางกระจัดกระจายอยู่บนโต๊ะเพื่อโยกย้ายสิ่งของเหล่านั้นตามคำสั่ง

ในปี 1995 บริษัท IBM ได้พัฒนามานิพิวเลเตอร์ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์กับเซ็นเซอร์แรง และสัมผัส

ในปัจจุบันนี้จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์เป็นสาขาที่มีขอบเขตกว้างมาก ซึ่งประกอบไปด้วย Kinematics, Dynamics, Planning System, Programming Languages, Machine Intelligence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์สนใจอย่างยิ่งที่จะทำงานให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้แต่ให้งานทั้งหมดสำเร็จ ในการออกแบบหุ่นยนต์ขึ้นเพื่อเพิ่มลักษณะบวกและจำกัดลักษณะลบของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่ความพยายามทั้งหมดอยู่ในทิศทางนี้ ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างเครื่องจักรอัตโนมัติปัจจุบันและอดีต คือ เครื่องจักรปัจจุบันสามารถโปรแกรมได้ ณ วันนี้สิ่งที่หุ่นยนต์ทำจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในตัวหุ่นยนต์ ในวันหน้าหุ่นยนต์จะเพิ่มความชาญฉลาดและในที่สุดจะมีความฉลาดที่ยิ่งใหญ่ หุ่นยนต์จะสามารถทำงานของตนให้ได้ประโยชน์สูงสุดและตอบสนองสิ่งที่ไม่คาดคิดและสิ่งรบกวนต่างๆ ที่คาดไม่ถึงได้อย่างหลักแหลม ซึ่งสิ่งรบกวนทั้งหลายที่คาดไม่ถึงทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยการปิดเครื่อง ส่งเสียงเตือน เรียกหาผู้ปฏิบัติงาน หรือคัดชิ้นส่วนออก สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากจากวัฏจักรหนึ่งไปวัฏจักรหนึ่ง และชิ้นส่วนหนึ่งไปยังชิ้นส่วนหนึ่งนั้นยากเกินจะควบคุมได้แต่หุ่นยนต์มีความละเอียดอ่อน และแข็งแรงพอที่จะกำหนด ตรวจจับ และตอบสนองได้อย่างเหมาะสม

หุ่นยนต์อาจแยกออกเป็นสองประเภท คือ

1. Fixed Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ
2. Mobile Robots คือ หุ่นยนต์ที่ไม่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ โดยที่ฐานมีล้อหรือ ต้นระบบ

สรุปได้ว่าหุ่นยนต์คือ "เครื่องจักรที่สามารถโปรแกรมได้ และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเคลื่อนที่สิ่งของผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือเครื่องมือเพื่อทำงาน หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจและมีการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด สามารถรับและส่งข้อมูลให้กับสิ่งรอบข้าง แต่อาจจะเคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆ ได้หรือไม่ได้ก็ได้"

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์ คือ Fixed Robots และ Mobile Robots หุ่นยนต์ประเภทที่สองค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรก ซึ่งในโครงงานนี้ก็จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ Mobile Robot

2.2.1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่

หุ่นยนต์เคลื่อนที่(Mobile Robots) หมายถึง หุ่นยนต์ที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งได้หรือเคลื่อนที่ไปที่ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์สำรวจ หุ่นยนต์ขนถ่ายสินค้า หุ่นยนต์ตรวจการ หุ่นยนต์ประเภทนี้จะออกแบบให้ระบบเคลื่อนที่ และมีแหล่งจ่ายพลังงานในตัวเองโดยมีน้ำหนักไม่มากเพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคในการเคลื่อนที่ โดยในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่มักจะใช้ล้อ (Wheel) หรือล้อตีนตะขาบ (Crawler Tracks)

2.3 ประโยชน์ของหุ่นยนต์

ปัจจุบันเราสามารถพบหุ่นยนต์ได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเทคโนโลยีที่พัฒนาเร็วขึ้นทำให้ได้เห็นหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ มากขึ้น ซึ่งหุ่นยนต์เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ทำงานแทนมนุษย์ในงานที่มนุษย์ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำงานได้หรืองานที่ต้องเสี่ยงอันตรายซึ่งการใช้งานของหุ่นยนต์ที่จะทำงานแทนมนุษย์นั้นแบ่งตามประเภทของงานได้ดังนี้

2.3.1 ในโรงงานอุตสาหกรรม

ในงานอุตสาหกรรมนั้นมีความต้องการด้านแรงงานสูง ดังนั้นการจ้างคนงานมากขึ้นจึงเป็นการทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น และงานอุตสาหกรรมบางงานเป็นงานที่อันตรายเกินกว่ามนุษย์จะทำได้ หรือเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำและความเร็วในการทำงานสูง หุ่นยนต์จึงเป็นทางเลือกในงานอุตสาหกรรมและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยการทำงานของหุ่นยนต์จะทำงานในลักษณะทำตามโปรแกรมที่ตั้งเอาไว้ เช่น หุ่นยนต์เชื่อมโลหะในโรงงานผลิตรถยนต์เป็นต้น

2.3.2 ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์

งานสำรวจทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสำรวจใต้ท้องทะเลลึก หรือบริเวณภูเขาไฟเป็นงานที่อันตรายที่เกินความสามารถของมนุษย์ที่จะลงสำรวจเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ทำให้มีการออกแบบหุ่นยนต์ให้ทนต่อสภาพแวดล้อมสามารถควบคุมได้ในระยะไกล และมีเซนเซอร์ในการวัดและเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ เราจะเห็นได้บ่อยในภาพยนตร์ สารคดี เช่น หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ หรือ หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคาร

2.3.3 ในโรงพยาบาล

ทางการแพทย์ได้มีการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการผ่าตัด เนื่องจากความต้องการในการทำงานที่ความละเอียดสูง เช่น การผ่าตัดสมองจำเป็นต้องการความละเอียดมาก หุ่นยนต์จึงเป็นอีกเครื่องมือสำหรับแพทย์ โดยการทำงานของหุ่นยนต์จะต้องเป็นในลักษณะแขนกลที่ควบคุมผ่านแพทย์อีกทีหนึ่งโดยการทำงานจะเน้นเรื่องความปลอดภัย และความละเอียดในการเคลื่อนที่

2.3.4 ในงานการทหารและความมั่นคง

หุ่นยนต์ที่นำมาใช้ในทางการทหารจะทำงานในลักษณะควบคุมระยะไกล ในเขตอันตรายที่เสียงต่อความปลอดภัยของมนุษย์ เช่น การเก็บกู้ระเบิด หรือเป็นงานในลักษณะสอดแนม ซึ่งต้องติดตั้งกล้องหรือเซนเซอร์ไว้ที่หุ่นยนต์ ซึ่งเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการทหารนี้เป็นเทคโนโลยีที่เป็นความลับจะไม่มีการเผยแพร่สู่ธารณะชน เพราะเสี่ยงต่อความมั่นคงของประเทศ ทำให้รู้แต่หลักการทำงานอย่างคร่าวๆเท่านั้น

2.3.5 ในงานบันเทิงและการแสดง

ทุกวันนี้เราจะพบหุ่นยนต์ในงานแสดงบ่อยขึ้น เพราะหุ่นยนต์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมได้มาก นอกจากนี้เรายังใช้หุ่นยนต์ในการสร้างเทคนิคพิเศษของภาพยนตร์ เช่น สร้างสัตว์ประหลาด เป็นต้น

2.3.6 ในที่อยู่อาศัย

แนวคิดที่นำหุ่นยนต์มาเป็นคนรับใช้ภายในบ้านนั้น ปัจจุบันได้เริ่มมีการพัฒนาให้มีความสามารถในรูปแบบของปัญญาประดิษฐ์มากขึ้น ซึ่งอนาคตอันใกล้เราจะมีหุ่นยนต์ ไว้รับใช้ภายในบ้านแทบทุกหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบหุ่นยนต์ในที่อยู่อาศัยรูปแบบของหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยง โดยหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงจะมีเซนเซอร์ และถูกตั้งโปรแกรมให้มีการเคลื่อนที่ทำให้มีการแสดงออกเหมือนสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข หรือแมว ได้

2.3.7 ในร่างกาย

เราสามารถนำส่วนประกอบของหุ่นยนต์มาทดแทนอวัยวะที่เสียไปของร่างกาย โดยการทำงานของชิ้นส่วนนั้นจะทำหน้าที่และการเคลื่อนที่เหมือนอวัยวะของมนุษย์ ซึ่งจะมีแหล่งจ่ายพลังงานภายใน เช่น การนำแขนกลของหุ่นยนต์มาใช้แทนแขนที่เสียไปของผู้พิการ เป็นต้น

2.4 ลักษณะทั่วไปของสมองหุ่นยนต์

สมอง คือ ส่วนที่ทำให้มนุษย์หุ่นยนต์แตกต่างจากเครื่องจักรกลธรรมดาทั่วไป สมองจะใช้ในการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับโดยใช้โซนาร์ หรือ bumper switch หลังจากนั้นวงจรพื้นฐานภายในหรือโปรแกรมประยุกต์ที่ถูกฝังอยู่ที่สมองก็คำนวณและวิเคราะห์ว่าจะให้หุ่นยนต์ทำสิ่งต่อไป ดังนั้นหากว่าปราศจากสมองแล้วหุ่นยนต์ก็ไม่ต่างกับของเล่นที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เท่านั้น

โดยทั่วไปสมองของหุ่นยนต์จะประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นแบบหรือรุ่นใดก็ตาม แต่สมองของหุ่นยนต์ก็ไม่ซับซ้อนเท่ากับคอมพิวเตอร์ส่วนตัวหรือ PC ที่ใช้อยู่ ถึงแม้ว่าบางครั้งจะสามารถประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนตัวแทนสมองของหุ่นยนต์ได้ก็ตาม และแน่นอนสมองของหุ่นยนต์ก็ไม่จำเป็นต้องประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์เสมอไปบางครั้งสมองของหุ่นยนต์ก็อาจจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานอย่างเช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุเท่านั้น

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงสมองชนิดต่างๆ ที่พบในหุ่นยนต์ทั่วไป รวมถึงไมโครคอนโทรเลอร์ซึ่งเป็นชิปคอมพิวเตอร์แบบพิเศษที่ถูกออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบันอย่างเช่น Basic Stamp II

2.5 ประเภทของคอมพิวเตอร์สำหรับหุ่นยนต์

คอมพิวเตอร์ทุกประเภทจะสามารถใช้เป็นสมองของหุ่นยนต์ได้ แต่ที่นิยมใช้จะมีอยู่ 3 ประเภท ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถโปรแกรมได้ด้วยภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาระดับสูง เช่น ภาษาเบสิกหรือ ภาษาซี หุ่นยนต์ LEGO Mindstroms RCX เป็นอย่างหนึ่งที่ชัดเจนของการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แทนสมองของหุ่นยนต์
2. คอมพิวเตอร์แบบบอร์ดสำเร็จรูปสามารถโปรแกรมได้ด้วยภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาระดับสูง เช่นกัน แต่จะให้ความสามารถในการประมวลผลที่ดีกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์
3. คอมพิวเตอร์ส่วนตัว เช่น IBM PC หรือ Macintosh หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์รุ่นเก่า เช่น Commodore 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ได้กลายมาเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมที่สุดสำหรับการสร้างสมองให้กับหุ่นยนต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาไม่แพง ต้องการแหล่งจ่ายไฟต่ำ (5 โวลต์) และสามารถโปรแกรมได้ด้วยโปรแกรมประยุกต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เมื่อการโปรแกรมเสร็จสิ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถทำงานได้ด้วยตนเอง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบที่โปรแกรมด้วยภาษาระดับต่ำได้เพียงอย่างเดียว และแบบที่โปรแกรมภาษาระดับสูงได้ โดยแบบหลังนี้จะมีโปรแกรมปฏิบัติการเพื่อควบคุมการดาวน์โหลดของโปรแกรมภาษาขั้นสูงลงในไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทอดหนึ่ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งแบบ 4, 8, 16 และ 32 บิต ในปัจจุบันนี้ PC จะมีโครงสร้างแบบ 16 บิตขึ้นไป แต่งานที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่เกิน 8 บิต

2.5.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโปรแกรมด้วยภาษาระดับต่ำ

ในทางกายภาพแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบที่สามารถโปรแกรมส่วนเชื่อมต่อภายในได้ด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่บันทึกไป ไมโครคอนโทรลเลอร์จะวิเคราะห์สัญญาณขาเข้า (input) และให้สัญญาณขาออก (output) ที่ค่าต่าง ๆ โดยทั่วไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้หลักการเดียวกับ PC แต่จะต่างกันตรงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกออกแบบให้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอก (มอเตอร์ รีเลย์ หลอดไฟ ฯลฯ) แทนที่จะติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางแป้นพิมพ์หรือทางหน้าจอ

การโปแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบพื้นฐานจะเป็นการโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีโดยผ่านทาง PC ภาษาแอสเซมบลีอาจจะดูยุ่งยากสำหรับนักเขียนโปรแกรมมือใหม่ แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ไม่มากนัก จึงไม่เป็นการอยากจนเกินไปหากนักเขียนโปรแกรมจะศึกษาและฝึกฝนให้เกิดความชำนาญได้

รูปแบบของประโยคคำสั่งของภาษาแอสเซมบลีในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต PIC จาก Microchip ก็มีรูปแบบคำสั่งอย่างหนึ่ง ในขณะที่ไมโครคอนโทรเลอร์จาก Intel, Motolora, NEC, Atmel, Texus Instruments, Philips, Hitachi, Holtek และบริษัทอื่นๆ ก็อาจจะมีรูปแบบคำสั่งที่แตกต่างกันออกไป ถึงแม้ว่าความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะคล้ายคลึงกัน แต่การเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ก็จะมีความยากง่ายแตกต่างกันไป ดังนั้นผู้ผลิตจึงพยายามที่จะยึดติดกับยี่ห้อใดยี่ห้อหนึ่งเพื่อย่นเวลาการเรียนรู้สิ่งใหม่ให้น้อยที่สุด

ภาษาแอสเซมบลีเป็นวิธีพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ก็ไม่ใช่วิธีเดียวที่ใช้กัน ปัจจุบันได้มีการนำเอาตัวแปลภาษา (compiler) มาใช้เพื่อแปลงภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาที่เครื่องเข้าใจได้ (machine code) หลังจากถูกแปลงเป็นภาษาเครื่องแล้ว โปรแกรมประยุกต์เหล่านั้นก็จะถูกโหลดลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูง

ไมโครคอนโทรเลอร์ประเภทนี้จะประกอบด้วยตัวอธิบายภาษาระดับสูง (high-level language interpreter) อยู่บนตัวชิป ในระบบนี้ตัวแปลภาษาจะแปลภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาระดับกลาง จากนั้นตัวอธิบายภาษาก็จะแปลภาษาระดับกลางให้เป็นภาษาเครื่องของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น

ในบรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้ เบอร์ที่นิยมที่สุดก็คือ basic stamp แต่หลายปีที่ผ่านมาก็ได้มีคู่แข่งของ stamp เช่น OOPic จาก Savage Industry

2.5.2 คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป

คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จ (Single - Board Computer, SBC) จะเปรียบเหมือนกับ PC รุ่นเล็กๆ ที่ทุกอย่างจะอยู่บนแผงวงจรเพียงแผงวงจรเดียว โดยปกติ SBC จะเข้ากันได้กับ PC และส่วนใหญ่จะใช้ชิปของ Intel ซึ่งจะมีซอฟต์แวร์ส่วนปฏิบัติการติดมาด้วย ในส่วนฮาร์ดแวร์ของ SBC ก็จะประกอบตัวประมวลผลกลาง (CPU) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (I/O interface) และวงจรนับเวลา (timer) โดยโครงสร้างแล้ว SBC สามารถจะมีหน่วยความจำได้หลายกิโลไบต์หรือแม้กระทั่งหลายเมกกะไบต์ ดังนั้นจำนวนของหน่วยความจำที่ต้องการก็ขึ้นอยู่กับงานแต่ละงาน

SBC เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตรงที่สามารถโปรแกรมได้ด้วยภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาระดับสูงอย่างเช่นภาษาเบสิกหรือภาษาซีได้ โครงสร้างของ SBC จะมีพื้นฐานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Intel เพราะฉะนั้นจึงสามารถที่จะรัน MS DOS หรือโปรแกรมที่ถูกออกแบบให้ใช้บน PC ได้ Dos หรือ Windows จะถูกโหลดเข้าไปเก็บใน ROM เพื่อเป็นการไม่สิ้นเปลืองหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมประยุกต์ในงาน

การที่ PC มีขนาดใหญ่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่สามารถติดตั้งลงบนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ตลอดเวลาได้ ที่สำคัญขึ้นอยู่กับว่าต้องการจะใช้มันหรือไม่ เพราะโดยส่วนใหญ่คุณภาพของ PC ก็ย่อมต้องดีกว่าคอมพิวเตอร์รุ่นที่กล่าวมาทั้งหมด

2.6 สัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output)

หุ่นยนต์ต้องการสัญญาณขาเข้า (สัญญาณจากตัวตรวจจับ) และสัญญาณขาออก (สัญญาณเพื่อนำไปควบคุมมอเตอร์) สัญญาณขาเข้า และสัญญาณออกพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ 2 สถานะ คือ ปิด และเปิด ซึ่งโดยปกติจะมีแรงดันไฟฟ้าที่ 2 และ 5 โวลต์ นอกจากสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกที่เป็นแบบระดับไฟสูง (5 โวลต์) และระดับไฟต่ำ (0 โวลต์) แล้วยังมีสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกอีกหลายประเภทที่พบใน SBC และไมโครคอนโทรลเลอร์สัญญาณประเภทที่ใช้บ่อยๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

1. I2C (Inter-integrated circuit) เป็นการสื่อสารที่ใช้สายไฟ 2 เส้น (คิดค้นโดยบริษัท Philips) โดยไอซีต่างๆ สามารถติดต่อกันได้โดยการใช้ I2C เราสามารถให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวในหุ่นยนต์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยที่ตัวหนึ่งจะเป็นมาสเตอร์ (master) และอีกตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นสลาฟ (slave)
2. Micro wire เป็นการสื่อสารแบบอนุกรมใช้ในผลิตภัณฑ์ของ National Semiconductor และเป็นที่นิยมมากในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ของบริษัท Microchip Technology อุปกรณ์ที่ใช้ได้กับการสื่อสารแบบ Micro wire ส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออุปกรณ์เสริม เช่น หน่วยความจำหรือตัวแปลงสัญญาณอานาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D, ADC)
3. SCI (serial communication interface) การสื่อสารประเภทนี้ได้รับการพัฒนามาจากการสื่อสารแบบ UART
4. SPI (serial peripheral interface) การสื่อสารประเภทนี้จะเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Motorola เช่นเดียวกับการสื่อสารแบบ Micro wire การสื่อสารแบบ SPI จะใช้มากในงานการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์เสริมอย่างเช่น EEPROM
5. Synchronous serial port การสื่อสารประเภทนี้ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละบิต โดยใช้สายสัญญาณ 2 เส้น สายสัญญาณเส้นที่หนึ่งจะทำหน้าที่ส่งข้อมูล ในขณะที่อีกเส้นหนึ่งจะทำหน้าที่ให้สัญญาณนาฬิกา (clock) เพื่อให้จังหวะในการส่ง
6. UART (universal asynchronous receiver transmitter) การสื่อสารประเภทนี้จะใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ เช่น PC และคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในหุ่นยนต์การสื่อสารแบบนี้จะไม่ใช้สัญญาณนาฬิกาเพื่อให้จังหวะ แต่จะใช้บิตข้อมูลพิเศษเพื่อควบคุมการสื่อสารแทน (start and stop bits)

2.6.2 การแปลงข้อมูล (Data Conversion)

การแปลงข้อมูลจะมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. ADC (analog to digital conversion) เป็นการแปลงสัญญาณอานาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ADC สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ภายนอกหรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ (ไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นจะมี ADC ประกอบอยู่ภายในแล้ว) ADC ส่วนใหญ่จะมีสัญญาณขาเข้าหลายช่อง (4, 8, หรือ 16 ช่อง)
2. DAC (digital to analog conversion) เป็นการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็น สัญญาณอนาล็อก ซึ่งไม่ค่อยนิยมใช้ในหุ่นยนต์มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณความถี่

มีการจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์ (pulse signal) และสัญญาณความถี่ (frequency signal) 3 ประเภทดังนี้

1. Input capture การจัดการประเภทนี้จะมีสัญญาณขาเข้าไปที่ตัวนับสัญญาณนาฬิกา ซึ่งจะเป็นตัวที่พิจาณาถึงความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา
2. PWM (pulse width modulator) เป็นสัญญาณขาออกแบบดิจิตอลซึ่งมีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) ที่มีช่วงสัญญาณที่มีสถานะสูง (5 โวลต์) ที่สามารถปรับค่าได้ PWM มักจะใช้ในวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณเสียง หรือใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
3. Pulse accumulator เป็นวงจรตัวนับแบบอัตโนมัติ (counter) ที่สามารถนับสัญญาณพัลส์ในช่วงเวลาที่กำหนด pulse accumulator จะเป็นส่วนหนึ่งของไมโครโพรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถที่จะถูกโปรแกรมได้โดยอิสระกล่าวคือ สามารถจะเก็บข้อมูลในขณะที่ส่วนอื่นๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงทำงานอยู่

2.6.4 ส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ (Special Function)

1. ส่วนกำเนิดอินเตอร์รัพต์ (hardware interrupt) อินเตอร์รัพต์เป็นสัญญาณขาเข้าชนิดพิเศษที่ใช้เรียกความสนใจจากไมโครโพรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่ออินเตอร์รัพต์ถูกทริกเกอร์ (trigger) ไมโครโปรเซสเซอร์จะหยุดการทำงานชั่วคราวและไปทำงานที่ถูกสั่งไว้เมื่อเกิดการอินเตอร์รัพต์นั้นๆ
2. ตัวเปรียบเทียบ (comparator) ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าขาเข้ากับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง โดย comparator จะให้สัญญาณขาออกเป็นสัญญาณสถานะต่ำ (0 โวลต์) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงและจะให้แรงดันไฟฟ้าขาออกเป็นสัญญาณสถานะสูง (5 โวลต์) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้ามากกว่าแรงดันอ้างอิง
3. Analog / mixed signal ขาของสัญญาณประเภทนี้จะรับได้ทั้งสัญญาณที่เป็นสัญญาณอานาล็อกและสัญญาณดิจิทัล แต่จะมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์บางเบอร์เท่านั้น
4. ขาสัญญาณรีเซตจากภายนอก (external reset) ขาสัญญาณนี้จะใช้รีเซต PC หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลบข้อมูลในแรม (RAM) และเริ่มต้นโปรแกรมใหม่อีกครั้ง
5. ตัวดีเบาว์เซอร์ (switch debouncer) อุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่กรองการสะเทือน ของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มโดยปราศจากตัวดีเบาว์เซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสถานะสัญญาณและอาจจะอธิบายสัญญาณตัวนั้นผิดพลาดได้ การใช้ตัวดีเบาว์เซอร์จะทำให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้สถานะของสัญญาณเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นสถานะของสัญญาณที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวดึงแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า (input pull-up) ตัวต้านทานแบบ pull-up (5-10Ω) มีความจำเป็นมากในวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์หลายๆ ชนิดถ้าแหล่งจ่ายไฟขาเข้าไม่ได้สร้างสัญญาณใดๆ ขึ้นมาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้านั้นอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (floating) และอาจจะทำให้หุ่นยนต์เกิดความสับสน ดังนั้นตัวต้านทานแบบ pull-up (ซึ่งเป็นส่วนประกอบตัวหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถใช้งานได้โดยการโปรแกรม) จึงเป็นตัวที่ช่วยลดปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น

2.7 การใช้ตัวแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นแบบสัญญาณดิจิตอล

เป็นการแปลงสัญญาณอานาล็อกให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอล ADC สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ภายนอกหรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ (ไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นจะมี ADC ประกอบอยู่ภายในแล้ว) ADC ส่วนใหญ่จะมีสัญญาณขาเข้าหลายช่อง (4, 8, หรือ 16 ช่อง)

2.7.1 หลักการทำงานของของตัวแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล

ตัวแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณแบบดิจิทัล(ADC) จะแปลงค่าสัญญาณแบบอนาล็อกให้อยู่ในรูปของระบบเลขฐานสอง ADC จะแปลงค่าความเปลี่ยนแปลงในสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นค่าความเปลี่ยนแปลงของระบบเลขฐานสอง ถ้าความเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของสัญญาณแบบอนาล็อกสามารถทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในเลขฐานสองได้มาก แสดงว่า ADC นั้นมีความละเอียดสูง (high resolution) ความละเอียดของตัว ADC จะขึ้นอยู่กับช่วงของแรงดันไฟฟ้าที่เลี้ยง ADC อยู่ (โดยปกติจะอยู่ที่ 0-5 โวลต์) และขึ้นอยู่กับจำนวนของเลขบิตที่ใช้แทนระบบเลขฐานสองนั้น

2.7.2 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ Successive Approximation

มี ADC อยู่หลายประเภท ทั้งแบบ successive Approximation, single slope, delta-sigma และแบบ flash แต่แบบที่นิยมใช้มากที่สุดคือ แบบ Successive Approximation ADC ประเภทนี้จะให้ค่าเลขฐานสองของสัญญาณแบบอนาล็อกด้วยการแบ่งช่วงของเลขฐานสองที่ใช้อยู่ออกเป็น 2 กลุ่มอีกครั้งและจะดูว่าค่าที่รับเข้ามาน่าจะอยู่ที่ช่วงตัวเลขกลุ่มใด จากนั้นจะทำการแบ่งช่วงตัวเลขในกลุ่มนั้นออกเป็น 2 กลุ่มอีกครั้ง และจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งค่าที่รับเข้ามามีค่าตรงกับเลขฐานสองตัวใดตัวหนึ่ง

ฟังดูแล้วการประมวลผลแบบนี้อาจจะใช้เวลามาก แต่ในความเป็นจริงใช้เวลาเพียงไม่กี่ไมโครวินาทีเท่านั้น ข้อเสียข้อหนึ่งของ ADC ประเภทนี้ก็คือ อาจให้ค่าออกมาไม่ถูกต้อง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าสัญญาณแบบอนาล็อกก่อนที่การแปลงค่าจะเสร็จสมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ ADC ในปัจจุบันจึงมีวงจร sample and hold ประกอบอยู่ภายในเพื่อเก็บค่าของสัญญาณแบบอนาล็อกไว้ชั่วคราวระหว่างที่มีการแปลงค่าอยู่

เราสามารถสร้างวงจรแปลงสัญญาณแบบอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลได้เองโดยใช้วิธีง่ายๆ คือ ใช้ตัวไอซีของ ADC ซึ่งมีอยู่หลายประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบสัญญาณขาเข้าช่องเดียว (single input) หรือแบบสัญญาณขาเข้าหลายช่อง (multiplexed input) แบบสัญญาณขาเข้าช่องเดียว เช่น ADC0804 จะสามารถรับสัญญาณแบบอนาล็อกได้ทีละหนึ่งสัญญาณ ในขณะที่ ADC แบบสัญญาณขาเข้าหลายช่อง เช่น ADC0809 หรือ ADC0817 สามารถจะรับสัญญาณขาเข้าได้มากกว่าหนึ่งสัญญาณ โดยจะมีวงจรควบคุมอยู่ภายในเพื่อให้ผู้ใช้เลือกอ่านช่องสัญญาณแต่ละตัวได้
2. ความละเอียดของตัวเลข (bit resolution) ADC พื้นฐานแต่ละตัวจะใช้ระบบเลขฐานสองแบบบิต แต่ตัวที่มีความละเอียดมากอาจจะมีความละเอียดสูงถึง 10-12 บิต ADC แบบ 16 บิตมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด แต่จะไม่ค่อยนิยมใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ ADC แบบ 12 บิตที่นิยมใช้มากที่สุดคือ LTC1298 ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณได้ถึง 4,096 ค่า
3. สัญญาณขาออกแบบขนานหรือแบบอนุกรม (Parallel หรือ serial output) ADC ชนิดที่ให้สัญญาณแบบขนานออกมาจะมีขาสัญญาณแต่ละขาเพื่อแทนสัญญาณเลขแต่ละบิต ในขณะที่ ADC ที่ให้สัญญาณแบบอนุกรมจะมีขาสัญญาณแบบขาเดียว โดยข้อมูลจะส่งออกมาที่ละบิต ADC ประเภทนี้จะมีประโยชน์มากหากไมโครคอนโทรลเลอร์มีจำขาสัญญาณที่จำกัดดัง ตัวอย่างข้างต้น ADC08xx จะมีสัญญาณขาออกเป็นแบบขนาน ในขณะที่ LTC1298 จะเป็นแบบอนุกรม

2.7.3 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่รวมอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายๆ เบอร์จะมีวงจร ADC ประกอบอยู่ภายใน ซึ่งจะช่วยให้คุณประหยัดเวลาและลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น โดยไม่ต้องกังวลว่า ADC จะให้ข้อมูลเป็นแบบอนุกรมหรือขนาน เพราะการประมวลผลข้อมูลจะอยู่ภายในแล้ว เพียงแต่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณขาเข้าและแปลงสัญญาณนั้นให้อยู่ในรูปของเลขฐาน

แต่ข้อเสียเปรียบของ ADC ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อเทียบกับ ADC ที่เป็นไอซีก็คือ จะมีความยืดหยุ่นในการทำงานน้อยกว่า เช่น ในไอซีของ ADC เราสามารถจะตั้งช่วงของแรงดันไฟฟ้าที่ช่วงต่างๆ ได้ แทนที่จะใช้ช่วงค่า 0-5 โวลต์เท่านั้น ด้วยช่วงของแรงดันไฟฟ้าที่แคบลง จะทำให้ความละเอียดในการแปลงค่าสูงขึ้น ในทางตรงข้าม ADC ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะไม่สามารถตั้งค่าช่วงของแรงดันไฟฟ้าได้ ยิ่งไปกว่านั้น เราอาจจะต้องใช้ความละเอียดของ ADC ที่ถูกกำหนดมาแล้วจากบริษัทผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ๆ

2.8 การแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก

การแปลงสัญญาณแบบดิจิตอลเป็นสัญญาณแบบอนาล็อก DAC จะทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับ DAC โดยจะแปลงสัญญาณแบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณแบบอนาล็อก DAC นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเครื่องเล่นซีดีเพลง ซึ่งตัว DAC จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงแบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณเสียงแบบต่อเนื่องเพื่อให้มนุษย์สามารถรับฟังได้

อย่างไรก็ตาม ในงานของหุ่นยนต์นั้น ตัว DAC จะไม่เป็นที่นิยมเท่ากับตัว ADC แต่ถ้าเราจำเป็นต้องใช้วงจร DAC จริงๆ โดยส่วนใหญ่เราจะใช้การต่อวงจรแบบง่าย ๆ ขึ้นมามากกว่า เทคนิคที่ใช้กันโดยทั่วไปก็คือ การใช้วงจร RC นั่นเอง โดยสัญญาณแบบดิจิตอลจะถูกส่งเป็นสัญญาณพัลส์ จากนั้นตัวเก็บประจุก็จะคายประจุด้วยความเร็วในการคายที่ออกแบบไว้ หากความเร็วในการส่งพัลส์มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าสูงขึ้นตาม

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมักจะถูกควบคุมโดยใช้เทคนิคที่คล้ายคลึงกับ DAC กล่าวคือแทนที่จะปรับเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมอเตอร์โดยตรง ก็จะใช้เทคนิค pulse width modulation (PWM) ซึ่งหลักการก็คือ การป้อนสัญญาณพัลส์อย่างต่อเนื่องไปที่มอเตอร์ โดยความกว้างของตัวพัลส์จะเป็นตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์

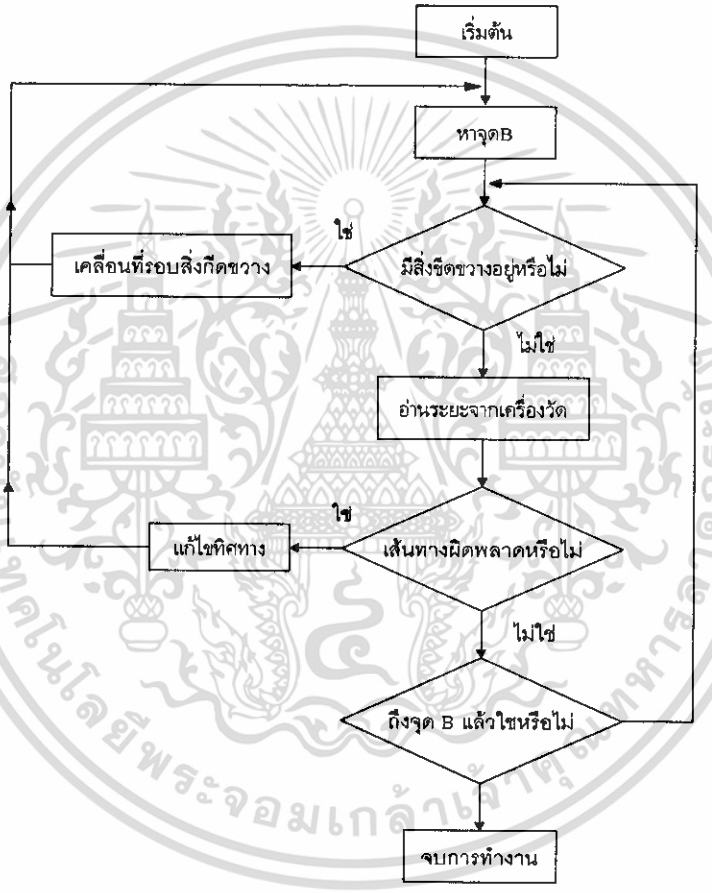
เราสามารถจะเลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณที่มีขายอยู่ทั่วไปได้ เช่น DAC08 ซึ่งจะแปลงสัญญาณดิจิตอลแบบ 8 บิตให้เป็นสัญญาณแบบอนาล็อก ซึ่งมีราคาไม่แพงนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การนำร่องหุ่นยนต์

2.9.1 การบรรลุจุดหมาย

จุดประสงค์ของการนำร่องก็คือ การนำทางให้หุ่นยนต์สามารถเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การเดินทางดังกล่าวย่อมมีโอกาสที่จะมีอุปสรรคเข้ามากีดขวางได้เสมอ ซึ่งอุปสรรคที่ว่านั้นอาจจะเป็น สายไฟ เก้าอี้ แมว หรือแม้แต่คน



รูปที่ 2.1 การนำร่องหุ่นยนต์ไปยังพื้นที่ต่างๆ

การที่หุ่นยนต์จะสามารถเดินทางจากจุด A ไปยังจุด B ได้นั้นหุ่นยนต์ต้องพิจารณาโดยอาศัยกระบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เรียกคำสั่งเกี่ยวกับเป้าหมาย (goal) เช่นสั่งให้ไปที่จุด B ซึ่งคำสั่งเหล่านี้อาจจะมาจากโปรแกรมคำสั่งภายนอก (external command) หรือคำสั่งกระตุ้นภายใน (internal stimulus) เมื่อแบตเตอรี่ของหุ่นยนต์เหลือน้อย อาจจะมีระบบภายในกระตุ้นให้รู้ว่าจะต้องไปที่สถานีอัดประจุไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค้นค้าความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่จะไป (ในที่นี้คือจุด B) และจุดที่อยู่ในปัจจุบัน (จุด A) จากนั้นจึงกำหนดเส้นทางหรือวิธีการที่จะเดินทางไป
3. หลบหลีสิ่งกีดขวางต่างๆ ที่อาจอยู่ระหว่างทาง ถ้าสิ่งกีดขวางไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ให้อ้อม แล้วคำนวณเส้นทางใหม่เพื่อจะไปที่จุด B
4. แก้ไขข้อผิดพลาดในการนำร่อง ซึ่งอาจเกิดจากเหตุการณ์ต่างๆ เช่น การไกลของล้อหรืออื่นๆ ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการให้หุ่นยนต์ประเมินตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันใหม่อย่างสม่ำเสมอ ด้วยการคำนวณจากจุดอ้างอิง
5. ยกเลิกคำสั่ง ถ้าเป้าหมายไม่สามารถบรรลุได้ภายในระยะเวลาหรือระยะทางที่กำหนด

ปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้หุ่นยนต์ของเราไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ถ้ามีวัตถุที่ไม่สามารถเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายได้มากีดขวาง หุ่นยนต์จะต้องสามารถเดินอ้อมวัตถุนั้นๆ ไปได้นั่นหมายความว่าเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ในตอนแรกจะต้องคำนวณขึ้นมาใหม่ ความผิดพลาดในเรื่องตำแหน่งและการคำนวณเส้นทางของหุ่นยนต์เป็นเองที่ปกติและเกิดขึ้นอยู่เสมอ อย่างไรก็ดีสามารถที่จะลดผลกระทบที่เกิดจากความผิดพลาดต่างๆ เหล่านั้นโดยให้หุ่นยนต์ทำการประเมินตำแหน่ง ของตัวเองอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้วิธีอ้างอิงแบบต่างๆ เช่น การใช้แผนที่ ไฟสัญญาณหรือจุดอ้างอิง เป็นต้น

2.9.2 การเดินทางตามเส้นที่กำหนดไว้

หนึ่งในวิธีที่ง่ายที่สุดในการนำร่องหุ่นยนต์ก็คือ การให้หุ่นยนต์เดินไปตามเส้นที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องหมายที่อยู่บนพื้น ซึ่งเครื่องหมายที่ว่าอาจจะเป็นสีขาวหรือสีดำที่ถูกกวาดไว้บนพื้นแข็ง หรืออาจจะเป็นสายไฟที่ถูกฝังไว้ใต้พรมหรือวิธีอื่นๆ วิธีการนำร่องหุ่นยนต์ในลักษณะนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานบางประเภท การใช้เทปสะท้อนแสงก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมาก เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและไม่ทำให้ผิวของพื้นเสียหาย

ระบบการนำร่องหุ่นยนต์ด้วยการใช้เทปจัดได้ว่าเป็นวิธีง่ายและได้ผลดีวิธีหนึ่ง โดยที่ระบบนี้อาจจะเป็นความสามารถเพียงอย่างเดียวของหุ่นยนต์หรือเป็นหนึ่งในหลายๆ ความสามารถของหุ่นยนต์ก็ได้

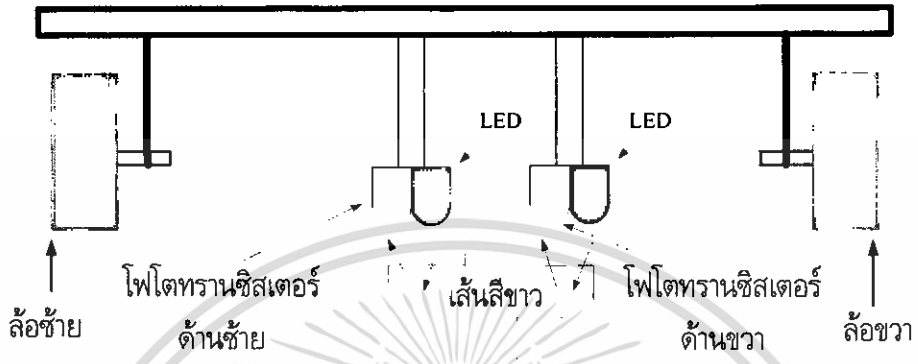
ในการนำร่องแบบใช้เทปนั้น สามารถใช้เทปสีขาวหรือเทปสีสะท้อนแสงก็ได้ โดยแปะไว้บนพื้นและเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด พื้นควรจะเป็นพื้นแข็ง ซึ่งอาจเป็นไม้ คอนกรีต หรือลิโนเลียม แต่ที่แน่ๆ คือไม่ควรเป็นพื้นพรม ควรจะติดตั้งตรวจจับแสงอย่างน้อยหนึ่งตัวบนหุ่นยนต์ โดยที่เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำงานร่วมกับหลอด LED แบบอินฟราเรด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์แบบอินฟราเรดเมื่อตัวทรานซิสเตอร์ทำงาน เซ็นเซอร์ก็จะทำหน้าที่ตรวจแสงสว่างจากหลอด LED ซึ่งสะท้อนออกมาจากเทปดังนั้น ยิ่งพื้นของคุณเป็นสีเข็มเท่าใด แสงที่สะท้อนออกมาจากเทปก็ยิ่งสว่างขึ้น และจะมีผลทำให้เซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หลอด LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ที่ติดตั้งให้หุ่นยนต์นั้นควรจะอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและควรจะมีตัวกั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกระแทก อีกทางเลือกหนึ่งก็คือ ใช้หลอด LED โฟโต้ทรานซิสเตอร์หนึ่งคู่โดยติดตั้งโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไว้ที่ด้านล่างหุ่นยนต์ โดยระยะห่างระหว่างโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนั้นควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จะมากกว่าความกว้างของเทปที่เลือกใช้ เช่น ถ้าความกว้างของเทปที่ใช้คือ 0.25 นิ้ว ระยะห่างที่เหมาะสมของเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัวก็อาจจะเป็น 0.25 นิ้ว เป็นต้น



รูปที่ 2.2 การวางตำแหน่งซ้าย-ขวาของโฟโตทรานซิสเตอร์สำหรับหุ่นยนต์แบบเดินตามเส้น

การเลือกใช้มอเตอร์และการปรับแต่งค่าความเร็ว (switching speed) ของตัวรีเลย์มีความสำคัญมากต่อประสิทธิภาพในการทำงานของหุ่นยนต์ ปัญหาหนึ่งที่พบคือ ระบบอาจจะเคลื่อนแบบเชื่องช้าหรือสะเปะสะปะ ซึ่งเกิดจากการที่หุ่นยนต์พยายามที่จะแก้ไขผิดพลาดบ่อยเกินไป วิธีลดปัญหาวิธีหนึ่งก็คือ การใช้รีเลย์ที่ทำงานเร็วขึ้นอีกหนึ่งก็คือ ให้ลองปรับระยะห่างระหว่างตัวเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว เพราะถ้าช่องว่างดังกล่าวนั้นกว้างขึ้น หุ่นยนต์จะหมกมุ่นกับการแก้ไขข้อผิดพลาดเล็กๆ น้อยๆ ลดลง

โดยปกติจะไม่พบรางรถไฟที่มีการหักเลี้ยวด้วยมุมที่น้อยกว่า 8 องศาเหตุผลก็คือ ถ้ามุมน้อยกว่านั้นรถไฟจะสามารถทรงตัวอยู่บนรางได้ ในกรณีของหุ่นยนต์ก็เช่นกัน การหักเลี้ยวของเส้นทางที่วางไว้ก็ไม่ควรต่ำกว่า 10-15 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรัศมีในการเลี้ยวของหุ่นยนต์แต่ละตัว เหตุผลก็คือถ้ามุมที่เลี้ยวน้อยเกินไปหุ่นยนต์จะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยความเร็วที่เพียงพอขณะที่พยายามจะข้ามผ่านเส้น ซึ่งผลที่อาจจะตามมาก็คือ หุ่นยนต์อาจจะหลุดออกมาจากเส้นตรงได้

รัศมีในการเลี้ยวของหุ่นยนต์แต่ละตัวนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้ด้วยมุมหรือองศาแคบๆ ก็ควรจะสร้างหุ่นยนต์ให้มีขนาดเล็ก ถ้าหุ่นยนต์สามารถคิดได้ด้วยคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถจะใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์แทนการต่อโดยตรงไปที่รีเลย์ได้

2.9.3 การเดินตามผนัง

การใช้ผนังก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากสำหรับนำร่องหุ่นยนต์ ประโยชน์ข้อหนึ่งที่เห็นได้ชัดจากการใช้วิธีนี้ก็คือ เราไม่ต้องมานั่งลากเส้นหรือแปะเทปให้เสียเวลา และถ้าเราออกแบบหุ่นยนต์ได้ดีพอหุ่นยนต์ก็สามารถหลบหลีกเคลื่อนที่รอบๆ สิ่งกีดขวางเล็กๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

75143

วิธีการเดินตามผนังแบบต่างๆ

หุ่นยนต์ที่ใช้การนำร่องแบบเดินตามผนัง (wall following) สามารถทำได้โดยการใช้วิธีหนึ่งจาก 4 วิธีดังต่อไปนี้

1. โดยการสัมผัสหุ่นยนต์สามารถใช้สวิตช์แบบกล (mechanical switch) หรือ stiff wire ที่ต่ออยู่กับสวิตช์เพื่อการรับรู้หรือรู้สึก ในกรณีที่เกิดการสัมผัสผนังเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง อย่างไรก็ดี ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ สวิตช์จะเสียหายได้ง่ายจากการทำงานของหุ่นยนต์
2. โดยการใช้ active sensor หุ่นยนต์สามารถใช้ active proximity sensor เช่นอินฟราเรด หรืออัลตราโซนิกในการวัดหรือคำนวณระยะห่างระหว่างตัวของหุ่นยนต์กับผนังได้ ดังนั้น การสัมผัสทางกายภาพระหว่างหุ่นยนต์และผนังจึงไม่จำเป็น โดยปกติแล้วหุ่นยนต์ประเภทนี้จะใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัวเพื่อพิจารณาว่าหุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่ขนานกับผนังหรือไม่
3. โดยการใช้ passive sensor หุ่นยนต์สามารถใช้ passive sensor เช่น สวิตช์แบบลิเนียร์ ฮอลเอฟเฟกต์ (linear hall effect) โดยการคำนวณหรือวัดระยะระหว่างตัวของหุ่นยนต์กับผนังที่ถูกเตรียมขึ้นเป็นพิเศษ ในกรณีที่เราใช้ สวิตช์แบบ Hall effect ก็สามารถตกแต่งผนังได้ด้วยสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าแรงต่ำ เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับสวิตช์ ตัวเซ็นเซอร์ต่างๆ ก็จะได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากกระแสไฟฟ้า และในกรณีที่ผนังเป็นเหล็ก ตัวเซ็นเซอร์เหล่านั้นก็ยังสามารถทำหน้าที่ช่วยในการพิจารณาระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์และผนังได้อีกด้วย
4. โดยการสัมผัสแบบเบาๆ (soft contact) วิธีนี้หุ่นยนต์จะมีการสัมผัสกับผนังทางกายภาพ โดยที่การสัมผัสนั้นจะถูกทำนิ่มนวลขึ้นโดยการใช้วัสดุที่อ่อนนุ่ม เช่น เราสามารถใช้โฟมซึ่งมีน้ำหนักเบามาทำเป็นล้อใต้ผนัง ประโยชน์ข้อหนึ่งของวิธีนี้ก็คือ ช่วยลดความผิดพลาดทางกล (mechanical failure) เนื่องจากการสัมผัสระหว่างหุ้นยนต์กับผนังนั้นเกิดขึ้นโดยมีวัสดุที่อ่อนนุ่มหรือยืดหยุ่นได้มาเป็นตัวกลาง

2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

นิยามของมอเตอร์คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูด และผลักของสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานได้เกือบทุกรูปแบบ สำหรับการใช้งานของมอเตอร์ ในทิศทางและการหมุน การทำงานอย่างต่อเนื่องของมอเตอร์ และการลดความเร็วในระยะเวลาสั้นๆ จะอยู่ในช่วงไร้ขอบเขต (ควบคุมการลดความเร็วลงถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้อย่างราบเรียบนุ่มนวล) มักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อมันต้องจ่ายแรงบิดที่จะทำให้มอเตอร์หมุนมากกว่าแรงบิดขณะใช้งานปกติ 3 เท่าหรือมากกว่า

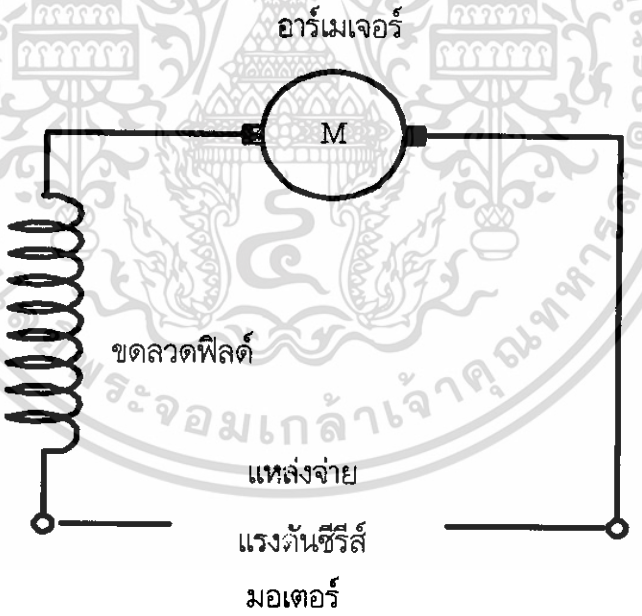
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในสถานการณ์ฉุกเฉิน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะจ่ายแรงบิดได้มากกว่า 5 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ โดยปราศจากการหยุดกลางคัน (ต้นกำลังสามารถจ่ายกำลังให้ได้) การเบรกแบบ Dynamic (พลังงานที่เกิดจากมอเตอร์จะถูกป้อนเข้าไปยังขดลวดความต้านทาน) หรือการเบรกแบบ Regenerative (พลังงานที่เกิดจากมอเตอร์จะถูกป้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง) สามารถทำได้อย่างง่ายดายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีเบรกทางกลหรืออาจจะลดขนาดของเบรกทางกลลงได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะควบคุมความเร็วจนถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้ อย่างไม่มีอุปสรรคโดยการเร่งในทิศทางตรงกันข้ามอย่างทันทีทันใด โดยไม่ต้องสับเปลี่ยนวงจรกำลังและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณควบคุม ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมันมีอัตราแรงบิดต่อความเฉื่อยสูง

2.10.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

2.10.1.1 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)



รูปที่ 2.3 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์แบบอนุกรม คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า "ซีรี่ฟิลด์" มีคุณลักษณะที่ดีคือในขณะรับโหลดมากๆ มอเตอร์จะหมุนช้า แต่ในขณะที่มีโหลดน้อยๆ ความเร็วของมอเตอร์จะสูง แต้ถ้าไม่มีโหลดเลยมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากจนเกิดเป็นอันตราย เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลผ่านขดลวดซีรีส์ฟิลด์น้อยมาก เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่อาร์เมเจอร์ (I_aR_a) และที่ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (I_aR_{se}) ก็จะมีค่าน้อย จะทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับมีค่ามาก ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการดั้งนี้ $E_b = V - I_a(R_a + R_{se})$ ซึ่ง E_a เป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ เช่นเดียวกับในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบด้วย ดังนั้นเมื่อ E_a สูงนั่นแสดงว่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะต้องสูง แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดทำให้กระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์เพิ่มขึ้น และ $I_a(R_a+R_{se})$ จะมากขึ้น ทำให้ E_a ลดลง ความเร็วก็จะลดลง ดังนั้นซีรีส์มอเตอร์จึงต้องต่ออยู่กับโหลดเสมอ และห้ามใช้งานโดยไม่มีโหลด ซีรีส์มอเตอร์จะต้องไม่นำไปใช้กับชุดสายพานใดๆ เลย เพราะบางครั้งอาจเผลอปลดเอาสายพานออกไปโดยไม่ได้ตั้งใจมอเตอร์ก็จะมีความเร็วสูงมาก และมอเตอร์อาจจะชำรุดเสียหายได้ ซีรีส์มอเตอร์จะใช้กับเครื่องที่ต้องการแรงบิดสูง เช่น เครื่องปั่นจั่น มอเตอร์สตาร์สำหรับรถยนต์ รถรางไฟฟ้า มอเตอร์ลิฟต์ เป็นต้น ความเร็วรอบของซีรีส์มอเตอร์จะเปลี่ยนไปได้มากตามโหลด ด้วยเหตุนี้ซีรีส์มอเตอร์จึงห้ามนำไปใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบที่คงที่

คุณลักษณะการทำงานของซีรีส์มอเตอร์ที่พิจารณาในกรณีของแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบกับกระแสอาเมเจอร์ ซึ่งแบ่งพิจารณาได้ดังนี้

คุณลักษณะระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ แรงบิดที่ได้จากซีรีส์มอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์และเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ฟิลด์คอยล์ สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้คือ

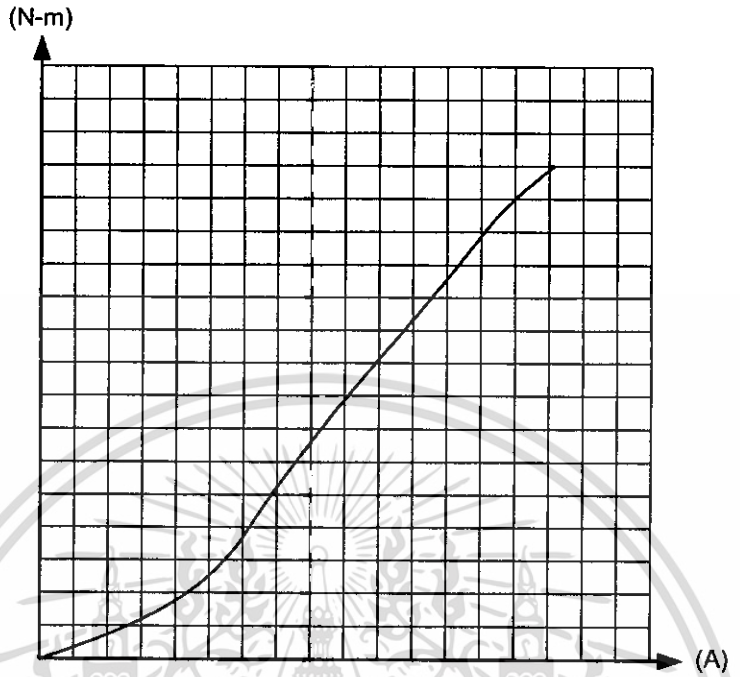
$$T \propto \Phi I_a$$

แต่ $\Phi \propto I_a$

ดังนั้น $T \propto (I_a)^2$

นั่นคือเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาเมเจอร์จะเป็นพาราโบลา (Parabola) เมื่อขณะมีโหลดน้อย I_a ก็จะน้อย Φ ก็จะน้อยด้วย และเมื่อโหลดมากขึ้นจะได้แรงบิดเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนกับกระแสในอาร์เมเจอร์กำลังสอง แต่เมื่อโหลดเพิ่มมากขึ้นจนทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัวแล้วจะพบว่าแรงบิดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกะแสที่เพิ่มขึ้น ($T \propto I_a$) เพียงอย่างเดียวความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์

คุณลักษณะระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาเมเจอร์ สามารถพิจารณาได้จากสมการ คือ

$$E_b = V - I_a(R_a + R_{se})$$

แต่ $E_b \alpha N$

และ $E_b \alpha \Phi$

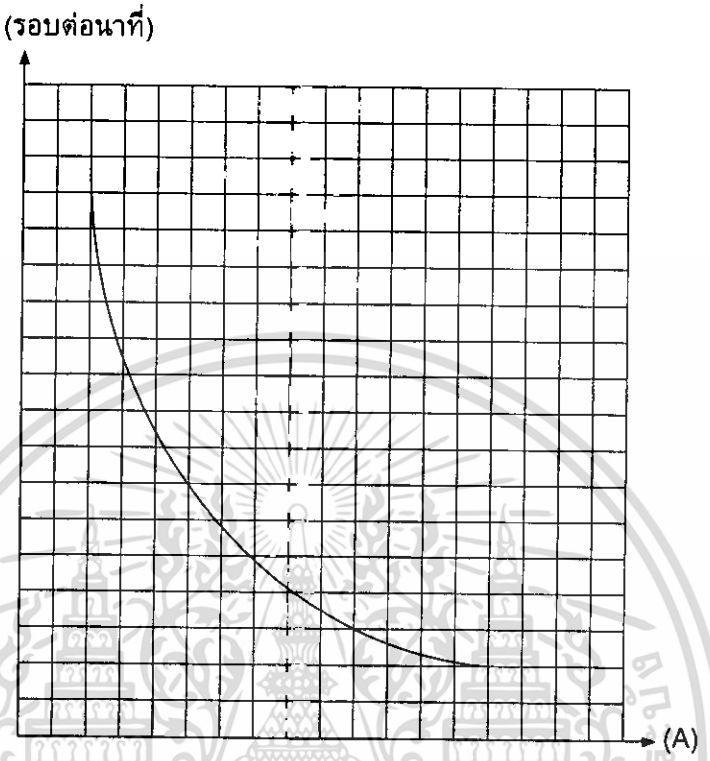
นั่นคือ $E_b \alpha N\Phi$

ดังนั้น $N \alpha \frac{E_b}{\Phi}$

$$N = K\frac{E_b}{\Phi}$$

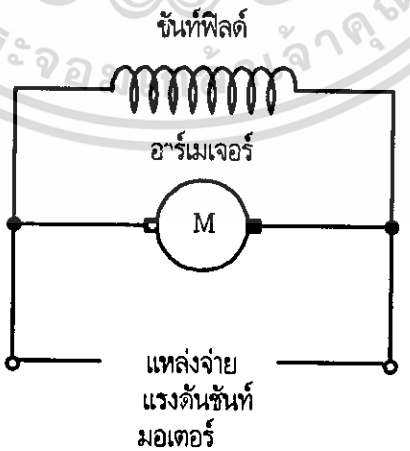
จากสมการจะเห็นว่าความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าด้านกลับ (E_b) แต่ E_b นี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และความเร็วแปรผกผันกับเส้นแรงแม่เหล็ก (Φ) แต่เส้นแรงแม่เหล็ก Φ นี้แปรผันโดยตรงกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ I_a นั่นคือความเร็วจะแปรผกผันกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ดังนั้น เมื่อมีการเพิ่มโหลดมาก ๆ จึงทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าโหลดน้อยๆ กระแสที่อาร์เมเจอร์ก็จะน้อย Φ ก็จะน้อยลงไปด้วยจำนวนมาก ดังนั้นความเร็วก็จะสูงขึ้นจนเป็นอันตรายต่อมอเตอร์ได้ นั่นคือซีรีส์มอเตอร์ต้องไม่เริ่มหมุนในขณะที่ไม่มีโหลด เพราะจะทำให้มีความเร็วสูงมากเกินไป ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์

2.10.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)



รูปที่ 2.6 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน คือ มอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อขนานกับขดลวดชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์คงที่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ ในขณะที่ไม่มีโหลดมอเตอร์จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อยเพื่อเอาชนะความฝืด แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดกระแสในอาร์เมเจอร์จะสูงขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย กระแสในอาร์เมเจอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลดคือ โหลดมากกระแสจะสูง ถ้าลดโหลดลงกระแสจะลดลง ซึ่งหาได้จากสมการคือ

$$E_b = V - I_a R_a$$

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$

ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลดเช่นกัน คือโหลดมากความเร็วจะลดลง เมื่อลดโหลดความเร็วจะเพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของชันต์มอเตอร์จากขณะที่ไม่มีโหลดจนกระทั่งถึงมีโหลดเต็มที่จะอยู่ภายใน 10% ของความเร็วรอบในขณะที่ไม่มีโหลดเท่านั้น ชันต์มอเตอร์จึงถือได้ว่าเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบคงที่ ความเร็วรอบของชั้นต์มอเตอร์สามารถหาได้จากสการความสัมพันธ์คือ

$$N \propto \frac{E_b}{\Phi}$$

แต่ $$E_b = V - I_a R_a$$

ดังนั้น $$N \propto \left(\frac{V - I_a R_a}{\Phi} \right)$$

$$N = K \left(\frac{V - I_a R_a}{\Phi} \right)$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบมีหน่วยวัดรอบต่อนาที
(Revolution per minute, r.p.m.)

V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีหน่วยเป็นโวลต์
(Supply voltage, V)

I_a = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในอาร์เมเจอร์มีหน่วยเป็นแอมแปร์
(Armature current, A)

R_a = ความต้านทานขดลวดอาร์เมเจอร์มีหน่วยวัดเป็นโอห์ม
(Armature resistance, Ω)

Φ = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วมีหน่วยวัดเป็นเวเบอร์
(Flux per pole, Wb)

K = ค่าคงที่ของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{60A}{ZP}$$

A = P เมื่ออาร์เมเจอร์พันแบบแลป

= 2 เมื่ออาร์เมเจอร์พันแบบเวฟ

Z = จำนวนตัวนำที่พันบนอาร์เมเจอร์มีหน่วยวัดเป็นตัวนำ

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กมีหน่วยวัดเป็นขั้ว

คุณลักษณะการทำงานของชันต์มอเตอร์ที่พิจารณาในกรณีของแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ซึ่งแบ่งพิจารณาได้ดังนี้

คุณลักษณะระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ ในกรณีนี้สมมติให้เส้นแรงแม่เหล็ก Φ ที่เกิดขึ้นจากขดลวดชันต์ฟิลด์มีค่าคงที่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าโหลดจะมากก็ตามจึงได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ คือ

$$T = \alpha \ \Phi I_a$$

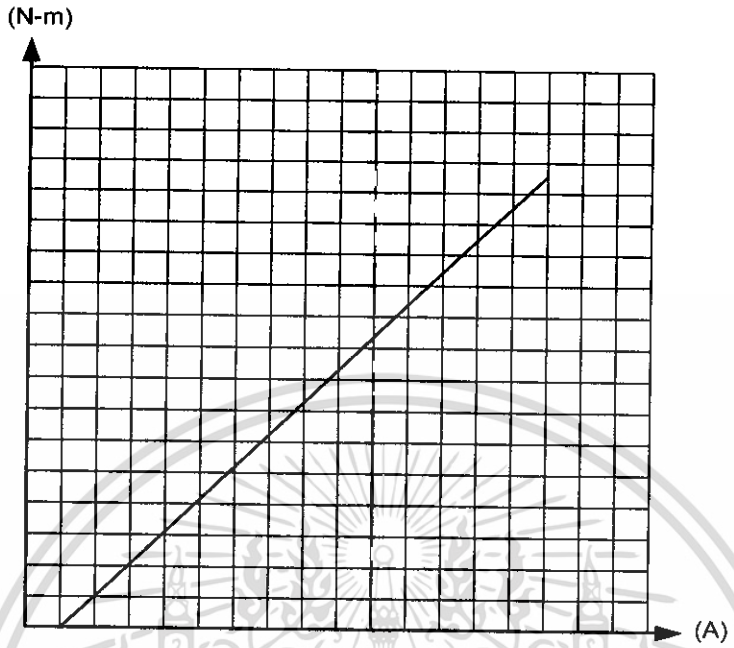
แต่ Φ = คงที่

ดังนั้น $T \ \alpha \ I_a$

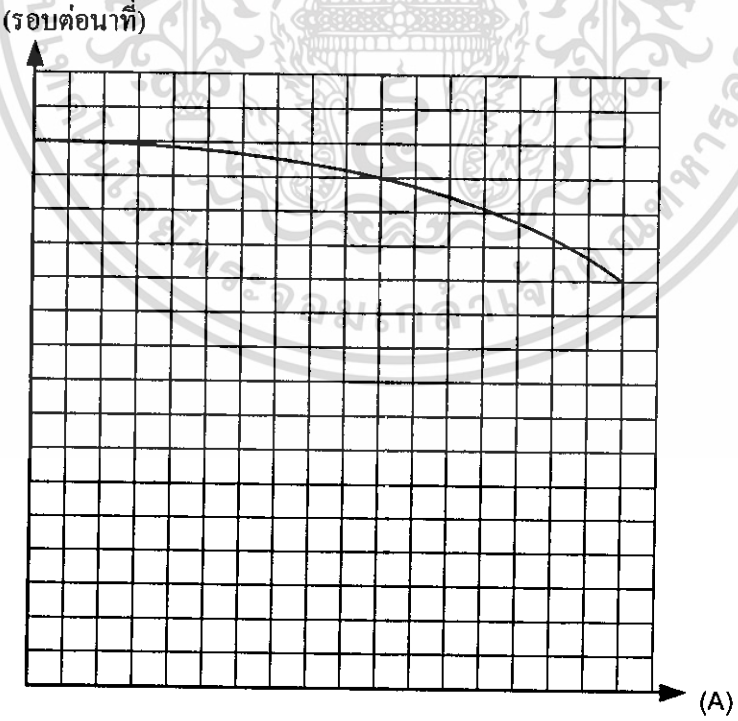
นั่นคือเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์จึงเป็นเส้นตรงและแรงบิดนี้เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นที่อาร์เมเจอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูปที่ 2.7 และคุณลักษณะระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ ในกรณีนี้ให้สนามแม่เหล็ก Φ มีค่าคงที่ นั่นคือจะได้ค่าความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ E_b ในทางปฏิบัตินั้นมักให้ความเร็วรอบขณะที่มีโหลดมีค่าคงที่ นั่นคือ E_b จะต้องมีค่าคงที่ด้วย

แต่ในความเป็นจริงแล้ว E_b และ Φ เมื่อพิจารณาผลทั้งหมดที่เกิดขึ้นแล้วความเร็วจะลดลงไปด้วย เพราะว่า E_b ลดลงไปมากกว่าการลดของ Φ เมื่อพิจารณารวมผลทั้งหมดที่เกิดขึ้นแล้วความเร็วจะลดลงไปเป็นอัตราส่วนมากกว่า Φ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์



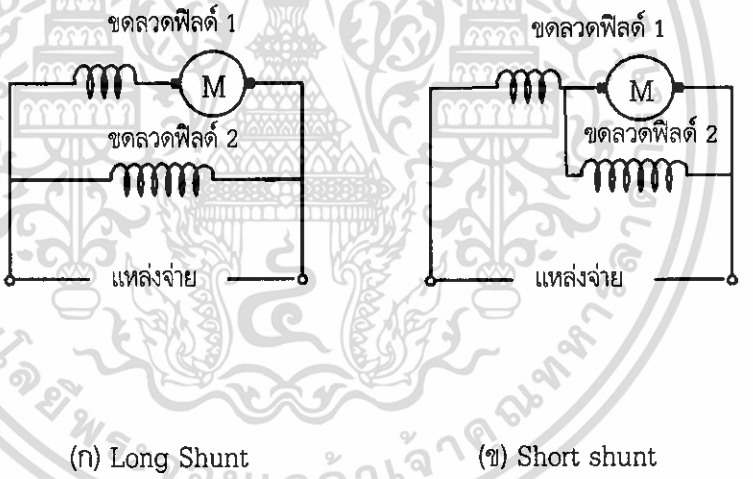
รูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์แบบขนานจะใช้กับเครื่องมือที่ต้องการความเร็วรอบที่คงที่เช่นเครื่องกลึงและเครื่องเจาะเป็นต้น มอเตอร์แบบขนานนี้จะให้แรงบิดขณะเริ่มหมุนต่ำ (Low starting torque) ฉะนั้น จึงไม่นิยมใช้กับโหลดที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูง ๆ

2.10.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมหรือเรียกว่า "คอมปาวด์มอเตอร์" มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูงแต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่ มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นท์อยู่ 2 วิธี วิธีที่หนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชั้นท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า "ช็อตชั้นท์" วิธีที่สองคือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า "ลองชั้นท์คอมปาวด์มอเตอร์" ดังรูปที่ 2.9



(ก) Long Shunt (ข) Short shunt

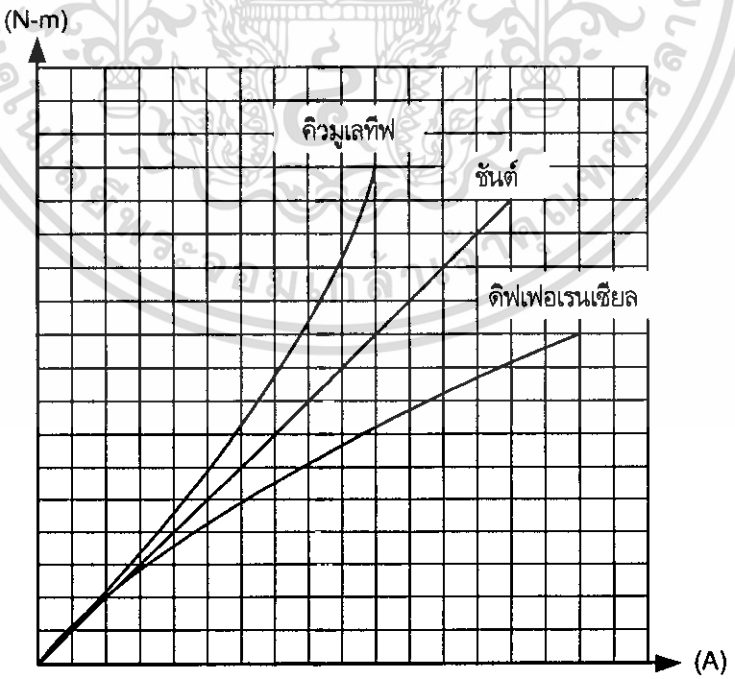
รูปที่ 2.9 วงจรแสดงการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชั้นท์และแบบชอร์ทชั้นท์คอมปาวด์

ดังนั้นเมื่อมอเตอร์มีโหลดความเร็วจะไม่ลดลงมากเหมือนกับซีรีส์มอเตอร์ คอมปาวด์มอเตอร์ที่มีการต่อเป็นแบบคิวมูเลทีฟ การต่อแบบนี้จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ขดชันต์ฟิลด์และซีรีส์ฟิลด์มีทิศทางเสริมกันทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมมีค่ามาก ดังนั้นจะทำให้มีความเร็วรอบที่คงที่ และให้แรงบิดขณะเริ่มหมุนสูง ในขณะที่มอเตอร์ได้รับโหลดทันทีทันใดความเร็วรอบจะยังคงมีค่าคงที่อยู่ และถึงแม้ว่าจะไม่มีโหลดก็ไม่ทำให้มอเตอร์มีความเร็วสูงเกินไป ส่วนคอมปาวด์มอเตอร์ที่มีการต่อแบบดิฟเฟอเรนเชียล การต่อแบบนี้จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดชันต์มีทิศทางตรงกันข้ามกัน ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมอ่อนกำลังลงจะทำให้มีความเร็วรอบสูง มอเตอร์ที่มีการต่อชนิดนี้ในขณะที่ได้รับโหลดเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความเร็วรอบคงที่อยู่ชั่วขณะหนึ่ง แต่ถ้าเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

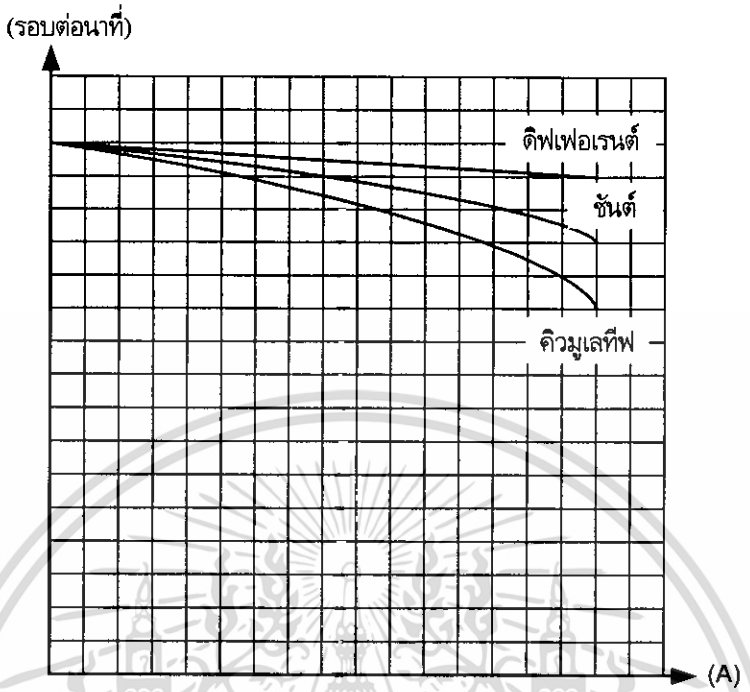
โหลดเข้าไปอีกจะทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอีก นั่นคือความเร็วจะเพิ่มขึ้นเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงต้องนำไปใช้กับโหลดที่ต้องการให้มีความเร็วรอบที่คงที่มากๆ ในขณะที่มีโหลดเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้ามอเตอร์ได้รับโหลดมากเกินไปจะทำให้สนามแม่เหล็กอ่อนกำลังลงไปมาก นั่นคือความเร็วรอบของมอเตอร์ก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ๆ ซึ่งจะทำความเสียหายให้กับมอเตอร์หรืออาจทำให้มอเตอร์เปลี่ยนทิศทางการหมุนทันทีทันใดถ้าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดซีรีส์ฟิลด์มากกว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดชันต์ฟิลด์

การเริ่มเดินของคอมปาวด์มอเตอร์จะต้องทำการลัดวงจรของขดลวดซีรีส์ฟิลด์ไว้ก่อน ทั้งนี้เพราะขณะเริ่มเดินมอเตอร์จะใช้กระแสสูงมาก ดังนั้นถ้าบังเอิญการต่อนั้นเป็นแบบดิฟเฟอเรนเชียลสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวดซีรีส์ฟิลด์อาจจะมีค่ามากกว่าค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดชันต์ฟิลด์ ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์หมุนผิดทิศทางได้ หรือสนามแม่เหล็กที่ขดลวดทั้งสองมีค่าเท่ากัน ก็จะทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงเกินไป เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจึงต้องลัดวงจรที่ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ไว้ก่อน แต่เมื่อมอเตอร์หมุนปกติแล้วให้ปลดสายที่ลัดวงจรขดลวดซีรีส์ฟิลด์ออก มอเตอร์ก็จะทำงานปกติความเร็วรอบอาจจะเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยเท่านั้น หรืออาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย การลัดวงจรขดลวดซีรีส์ฟิลด์จะทำให้ขณะเริ่มหมุนมอเตอร์จะเริ่มหมุนแบบชันต์มอเตอร์นั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ของคอมปาวด์มอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์

2.10.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วิธีปรับความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดสนามแม่เหล็ก ตามพื้นฐานจะมี 2 วิธีในบางเวลาก็จะใช้แบบผสมทั้ง 2 วิธี

2.10.2.1 การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของอาร์เมเจอร์

เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตรงกับแรงดันที่ใส่ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด (Base Speed) หรือ n base การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุดส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเป็นเส้นตรง โดยจะมีกำลังออกสูงสุดความเร็วที่กำหนด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรงบิดสูง

2.10.2.2 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนดจะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูงโดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเป็นการเกินกำลังของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 การกลับทิศทางการหมุน

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดฟิลด์คอยล์และทิศทางของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำนั้น ทิศทางการไหลของกระแสในตัวนำจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น และถ้าตัวนำตัวนั้นวางไว้ในสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กที่ตัวนำกับสนามจากขั้วแม่เหล็กจะทำปฏิกิริยากันมีผลทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางหนึ่งตามขั้วของสนามแม่เหล็กต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบๆ ดังนั้นถ้าสามารถกลับทิศทางของสนามแม่เหล็กได้ไม่ว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟิลด์คอยล์หรือที่ทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ก็จะกลับทิศทางด้วย แต่ถ้ากลับทั้งสองอย่างพร้อมกันมอเตอร์ก็จะยังคงหมุนในทิศทางเดิมไม่มีการเปลี่ยนทิศทางแต่อย่างใด

โดยปกติแล้วมอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่ด้วยเหตุบางประการจำเป็นต้องกลับทิศทางการหมุนและสามารถทำได้ 2 วิธี ด้วยกันคือ

1. เปลี่ยนทิศทางกระแสที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์
2. เปลี่ยนทิศทางกระแสที่ไหลผ่านวงจรขดลวดฟิลด์

2.10.4 การเลือกมอเตอร์ให้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน

มอเตอร์เปรียบเสมือนกล้ามเนื้อของหุ่นยนต์ เมื่อติดตั้งวิ่งไปรอบๆ ได้ ถ้าติดตั้งมอเตอร์เข้ากับคันโยกและข้อต่อบริเวณไหล่ของหุ่นยนต์ แขนก็จะสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ และเมื่อติดตั้งมอเตอร์เข้ากับลูกกลิ้งและส่วนหัวของหุ่นยนต์ จะทำให้หุ่นยนต์สามารถหมุนตัวไปทางด้านหน้าหรือด้านหลังได้ ทำให้สามารถตรวจสอบรอบๆ ตัวได้มอเตอร์นั้นมีหลายชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้กับหุ่นยนต์ได้

2.10.4.1 ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ การเปิด-ปิดขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของมอเตอร์

องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของมอเตอร์คือ แปรงถ่านที่สามารถสลับได้ ถ้าแปรงถ่านนั้นถูกทำให้เอียงไปจะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางไม่ได้ นอกจากนั้นระบบการเดินสายไฟภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงบางชนิดสามารถป้องกันตัวเองไม่ให้สามารถหมุนกลับทิศทางได้ ซึ่งการวางสายแบบนี้ค่อนข้างยากและจะใช้กับงานบางประเภทเท่านั้น

มอเตอร์แบบต่อเนื่องและแบบลำดับขั้น (Stepping) นั้นมีทั้งแบบต่อเนื่องและแบบเป็นลำดับขั้น (Stepping) ซึ่งมีข้อแตกต่างกันดังนี้คือ มีการทำงานโดยใช้พลังงานไปทำให้เพลาหมุนอย่างต่อเนื่อง เพลาจะหยุดหมุนเมื่อปิดแหล่งจ่ายพลังงานเท่านั้น

มอเตอร์แบบต่อเนื่องมีหลายชนิดเช่น ชนิดแม่เหล็กถาวรที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ชนิดไม่ใช้แปรงถ่าน และชนิดความต้านแม่เหล็กที่สามารถเปลี่ยนค่าได้สำหรับข้อแตกต่างของมอเตอร์ชนิดต่างๆ สำหรับมอเตอร์แบบลำดับขั้นการทำงานนั้นจะใช้พลังงานไฟฟ้าไปทำให้เพลาหมุน 2-3 องศาแล้วก็หยุด การหมุนที่ต่อเนื่องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานไปกระตุ้นที่มอเตอร์เป็นจังหวะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่อเนื่องจะมีบางประเภทที่เป็นแบบลำดับขั้น เช่น มอเตอร์แบบลำดับขั้นแบบแม่เหล็กถาวร ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้งานได้ง่ายประเภทหนึ่ง

2.10.4.2 รายละเอียดเกี่ยวกับมอเตอร์

1. แรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ทุกตัวจะถูกจำแนกตามแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะมีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-6 โวลท์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคุณภาพสูงบางชนิดถูกออกแบบมาสำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าเฉพาะค่าหนึ่ง เช่น 12 หรือ 24 โวลท์ มอเตอร์ที่ได้รับความสนใจจากนักสร้างหุ่นยนต์มากที่สุดเป็นมอเตอร์ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำอยู่ในช่วง 1.5-12 โวลท์ มอเตอร์ส่วนใหญ่สามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ มอเตอร์ 12 โวลต์ มักจะใช้งานที่ 8 โวลต์ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่จะให้กำลังน้อยกว่าปกติและจะหมุนช้า เราจะพบว่ามอเตอร์ส่วนใหญ่จะไม่ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 50% ของอัตราที่กำหนดไว้เช่นเดียวกับมอเตอร์ 12 โวลต์จะทำงานที่ 16 โวลต์อาจคิดว่าอัตราเร็วของการหมุนของเพลาเพิ่มขึ้น จึงทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนดไว้ การทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่กำหนดมากกว่า 30% หรือ 40% เป็นสิ่งที่ไม่ควรทำเพราะการหมุนด้วยความเร็วที่สูงมากจะทำให้เกิดความร้อนสูงจนมอเตอร์เสียหายอย่างถาวรได้
2. การไหลของกระแสไฟฟ้า เมื่อพิจารณามอเตอร์ขณะกำลังทำงานร่วมกับโหลดต่างๆ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะที่ไม่ต่อมอเตอร์เข้ากับโหลดใดๆ จะมีค่าต่ำแต่สำหรับมอเตอร์แบบเดียวกันที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 300% เป็น 500% หรือ 1000% ของมอเตอร์ตัวที่ไม่มีโหลดอยู่ สำหรับมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรซึ่งเป็นชนิดที่นิยมมากที่สุด ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามโหลดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ จากรูป 2.11 เมื่อมีงานที่มอเตอร์ต้องหมุนเพลามากขึ้นเท่าใด ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต้องยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อถึงจุดหนึ่งที่มอเตอร์ทำงานเต็มที่ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่เพิ่มขึ้นและเพลาจะหยุดหมุนกำลังของมอเตอร์ก็จะตก (stalled) มีมอเตอร์บางชนิดเท่านั้น ที่มีการกำหนดอัตรากระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านในขณะที่มอเตอร์หยุดกลางคันซึ่งเป็นสภาวะที่แย่ที่สุดและปริมาณกระไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่มากเกินกว่านี้แน่ ถ้ามอเตอร์ไม่ลัดวงจรไปเสียก่อน ดังนั้น ถ้าระบบมีการออกแบบให้จัดการกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสภาวะที่หยุดกลางคันได้ ปัญหาต่างๆ ก็จะแก้ไขได้ไม่ยากนัก มอเตอร์ที่กำหนดอัตราการไหลของกระแสไฟฟ้าในขณะที่หยุดกลางคันไว้จะมีป้ายหรือรายละเอียดกำกับอยู่
3. อัตราเร็ว อัตราเร็วในการหมุนของมอเตอร์จะถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่มีอัตราเร็วปกติอยู่ในช่วง 4000-7000 รอบต่อนาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีมอเตอร์ที่ออกแบบมาให้ใช้กับวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างเช่น ใช้ในเครื่องบันทึกเทปและเครื่องเล่น CD ซึ่งทำงานด้วยอัตราเร็ว 2000-3000 รอบต่อนาที สำหรับมอเตอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์ ความเร็วที่กล่าวมานั้นจะมีค่ามากเกินไปควรลดให้เหลือไม่เกิน 150 รอบต่อนาที โดยใช้เฟืองหลายตัวต่อเข้าด้วยกัน อัตราเร็วของสเตปเปอร์มอเตอร์ไม่มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที แต่เป็นจังหวะ ต่อวินาทีซึ่งจะเท่ากับจำนวนสเตปที่ต้องการในการหมุนครบหนึ่งรอบคูณกับจำนวนสเตปที่จ่ายให้กับมอเตอร์ในแต่ละวินาที จากการเปรียบเทียบความเร็วรอบของสเตปเปอร์มอเตอร์จะอยู่ในช่วง 100-140 รอบต่อนาที

4. แรงบิด คือ แรงที่มอเตอร์ให้กับโหลดที่ต่ออยู่ ยิ่งออกแรงบิดมากโหลดก็จะมาก และมอเตอร์ก็จะหมุนเร็วขึ้น เมื่อลดแรงบิด มอเตอร์ก็จะหมุนช้าลง แต่ยังคงให้โหลดเท่าเดิม เมื่อลดแรงบิดลงอีก จะเห็นว่ามอเตอร์มีกำลังไม่พอ และจะหยุดหมุนกลางคันแต่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ จึงทำให้มอเตอร์ร้อน

2.10.5 การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อุปกรณ์ที่เป็นส่วนสำคัญในการทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ถึงแม้ว่าจะมีขนาดเล็ก แต่เมื่อนำมาประกอบเข้ากับล้อโดยผ่านชุดเฟืองทดรอบ จะสามารถให้กำลังได้ถึง 50-100 ปอนด์ การเปิด-ปิดโดยใช้สวิตช์หรือรีเลย์ และการกระตุ้นโดยทรานซิสเตอร์จะเป็นการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าจากการหมุนอย่างช้าๆ ให้เป็นการหมุนอย่างรวดเร็วได้

การให้พลังงานกับหุ่นยนต์ โดยการขับเคลื่อนหุ่นยนต์โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า นอกจากนั้นยังสามารถนำหลักการควบคุมมอเตอร์นี้ไปใช้ได้กับการควบคุมมอเตอร์ในงานอื่นๆ ได้เช่น การเปิด-ปิดส่วนของมือจับ การงอของส่วนข้อศอก และการตรวจสอบตำแหน่งโดยใช้ตัวตรวจจับ

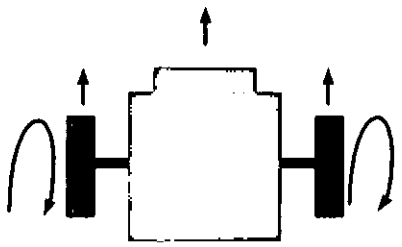
2.10.5.1 หลักการพื้นฐาน

นอกจากแบตเตอรี่แล้ว มอเตอร์ไฟฟ้าก็เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีน้ำหนักมากที่สุดในตัวหุ่นยนต์ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งของการวางบนตัวของหุ่นยนต์ด้วย และจะต้องกระจายน้ำหนักให้เกิดการเหมาะสมมากที่สุด ส่วนใหญ่การออกแบบหุ่นยนต์จะใช้มอเตอร์จำนวนสองตัวขับเคลื่อนล้อทั้งสองล้อไปข้างหน้าหรือถอยหลัง

สำหรับการเลี้ยวนั้นสามารถทำได้โดยการหยุดล้อใดล้อหนึ่ง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถหมุนไปในทิศทางที่ต้องการได้หรือทำให้ล้อข้างใดข้างหนึ่งหมุนกลับในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้อย่างรวดเร็วในวงเลี้ยวแคบๆ ได้อีกด้วย

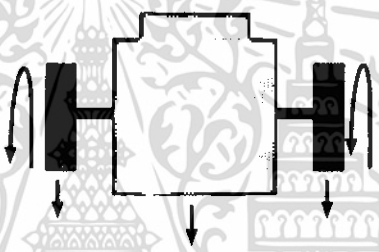
การเดินตรงจะเป็นการทำให้มอเตอร์ทั้ง 2 ข้าง หมุนไปในทิศทางข้างหน้าพร้อมกันทั้ง 2 ด้วยความเร็วในการหมุนที่เท่ากันทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



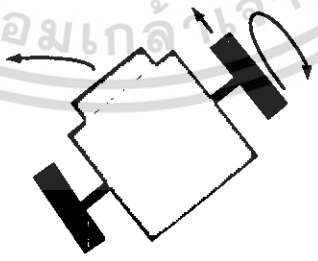
รูปที่ 2.12 การเดินตรง

การเดินถอยหลังจะเป็นการทำให้มอเตอร์ทั้ง 2 ข้าง หมุนไปในทิศทางข้างหลังพร้อมกันทั้ง 2 ด้วยความเร็วในการหมุนที่เท่ากันทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การเดินถอยหลัง

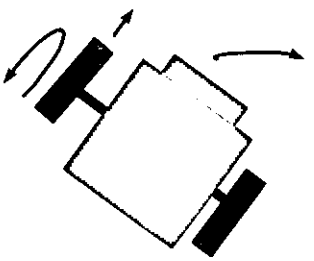
การเลี้ยวซ้าย จะเป็นการควบคุมให้มอเตอร์ด้านขวามือหมุนไปในลักษณะทิศทางเดินหน้า แต่จะให้มอเตอร์ทางซ้ายหยุดหมุน ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การเลี้ยวซ้าย

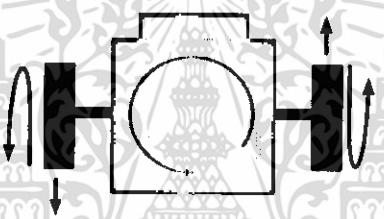
การเลี้ยวขวา จะเป็นการควบคุมให้มอเตอร์ด้านซ้ายมือหมุนไปในลักษณะทิศทางข้างหน้า แต่จะให้มอเตอร์ทางด้านขวาหยุดหมุน ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



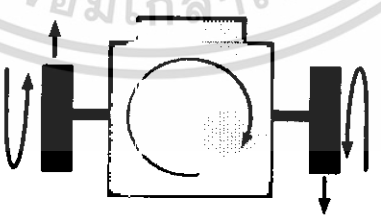
รูปที่ 2.15 การเลี้ยวขวา

การหมุนรอบตัวเองด้านซ้าย จะเป็นการควบคุมให้มอเตอร์ด้านขวาทำงานในลักษณะเดินหน้าและมอเตอร์ข้างซ้ายทำงานในลักษณะถอยหลัง ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การหมุนรอบตัวเองด้านซ้าย

การหมุนรอบตัวเองด้านขวา จะเป็นการควบคุมให้มอเตอร์ด้านซ้ายทำงานในลักษณะเดินหน้าและมอเตอร์ข้างขวาทำงานในลักษณะถอยหลัง ดังรูปที่ 2.17



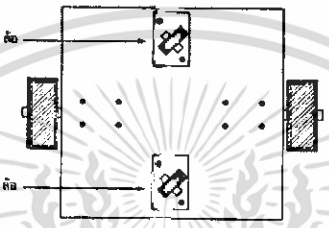
รูปที่ 2.17 การหมุนรอบตัวเองด้านขวา

สำหรับการวางตำแหน่งของล้อนั้นสามารถวางตำแหน่งใดก็ได้ตามความเหมาะสมโครงสร้างของหุ่นยนต์ ถ้าวางไว้ตรงกลางดังรูปที่ 2.18 ก็จะใช้ลูกกลิ้ง 2 ตัวช่วยในการเพิ่มความสมดุล ถ้าวางล้อไว้ตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลาง ก็จำเป็นจะต้องวางตำแหน่งของแบตเตอรี่บนแกนของล้อหรืออยู่บนแนวของเพลาล้อ เพื่อที่จะทำให้เกิดความสมดุลมากที่สุด

การวางตำแหน่งของล้อสามารถวางที่ตำแหน่งปลายด้านหนึ่งของโครงสร้าง ซึ่งในกรณีนี้ควรจะนำลูกกลิ้งที่สามารถหมุนได้ มาติดตั้งเพื่อความสมดุลที่ปลายด้านตรงข้าม จะสังเกตได้ว่าน้ำหนักของโครงสร้างจะตกลงบนตำแหน่งด้านที่มีมอเตอร์อยู่ จึงควรที่จะวางแบตเตอรี่เพื่อปรับปรุงให้จุดที่รับน้ำหนักอยู่ตรงตำแหน่งที่ติดตั้งล้อนี้ เพื่อให้ล้อเป็นตัวรับน้ำหนักของโครงสร้าง



รูปที่ 2.18 ล้อแบบหมุนที่ติดตั้งไว้ต่ำกว่าล้อที่ขับเคลื่อนทั้งสองล้อ

2.10.5.2 ความเร็วในการเคลื่อนที่

ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ใช้ในการหาความเร็วของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ สำหรับงานทั่วไป ความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่ควรเกิน 130 รอบต่อนาที เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะไม่เกิน 4 ฟุตต่อวินาทีเมื่อใช้ล้อขนาดปกติ ซึ่งเร็วพอสมควร ความเร็วที่พอเหมาะจะอยู่ที่ประมาณ 1-2 ฟุตต่อวินาที ซึ่งก็ต้องลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อหรือใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบน้อยกว่าหรือปรับเปลี่ยนทั้งสองอย่าง

วิธีการคำนวณความเร็วของหุ่นยนต์

1. เปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์เป็นหน่วยรอบต่อวินาที เช่น ถ้ามอเตอร์มีความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที จะต้องนำ 60 มาหารจะได้เท่ากับ 1.66 รอบต่อวินาที
2. หาความยาวของเส้นรอบวงของล้อ โดยการนำค่า 3.14 คูณกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ เช่น ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว จะมีความยาวของเส้นรอบวงเท่ากับ 21.98 นิ้ว
3. นำความเร็วรอบของมอเตอร์คูณกับเส้นรอบวงจะได้ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ใน 1 วินาที

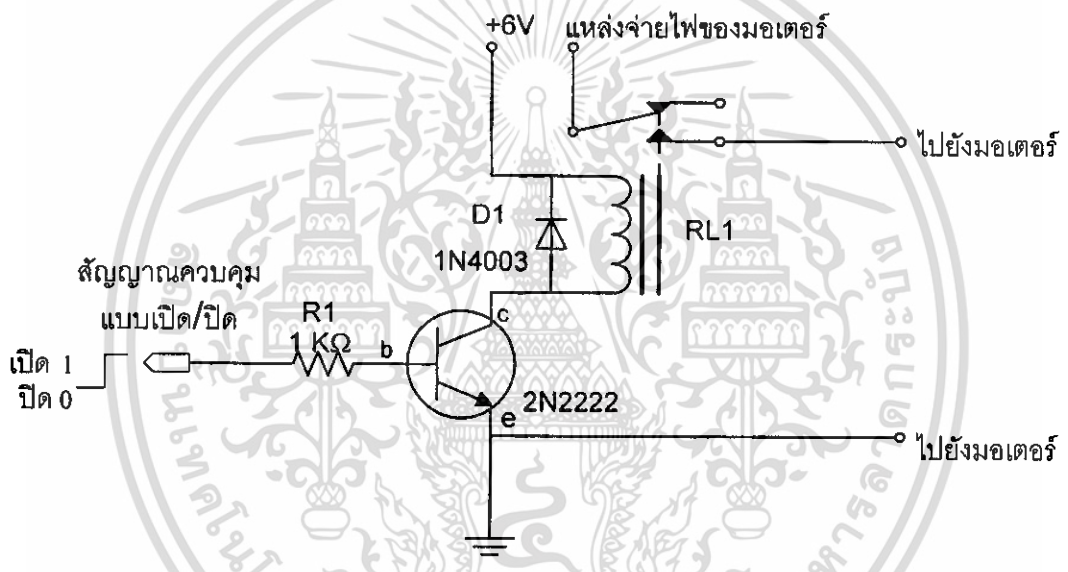
2.10.5.3 การควบคุมรีเลย์

การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยใช้รีเลย์นั้นเป็นการควบคุมการหมุนแบบทางเดียว ซึ่งจะเป็นวิธีการที่เก่าและค่อนข้างยุ่งยาก เราควรจะหาวิธีการอื่นมากกว่าที่จะใช้วิธีการนี้ เพราะอาจจะพบปัญหาในขณะใช้งาน เช่น รีเลย์เกิดการชำรุดในขณะใช้งานแต่วิธีการนี้มีข้อดีคือ เป็นวิธีการที่ประหยัดกว่าวิธีอื่นๆ ใช้งานง่าย และใช้พื้นที่ขณะติดตั้งน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมรีเลย์ประเภท single-pole เป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด คือ รีเลย์จะยกขึ้นเมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านและรีเลย์จะไม่ทำงาน ถ้ารีเลย์อยู่ในสถานะปิดกระแสไฟฟ้าจะสามารถไหลผ่านรีเลย์ได้ ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้

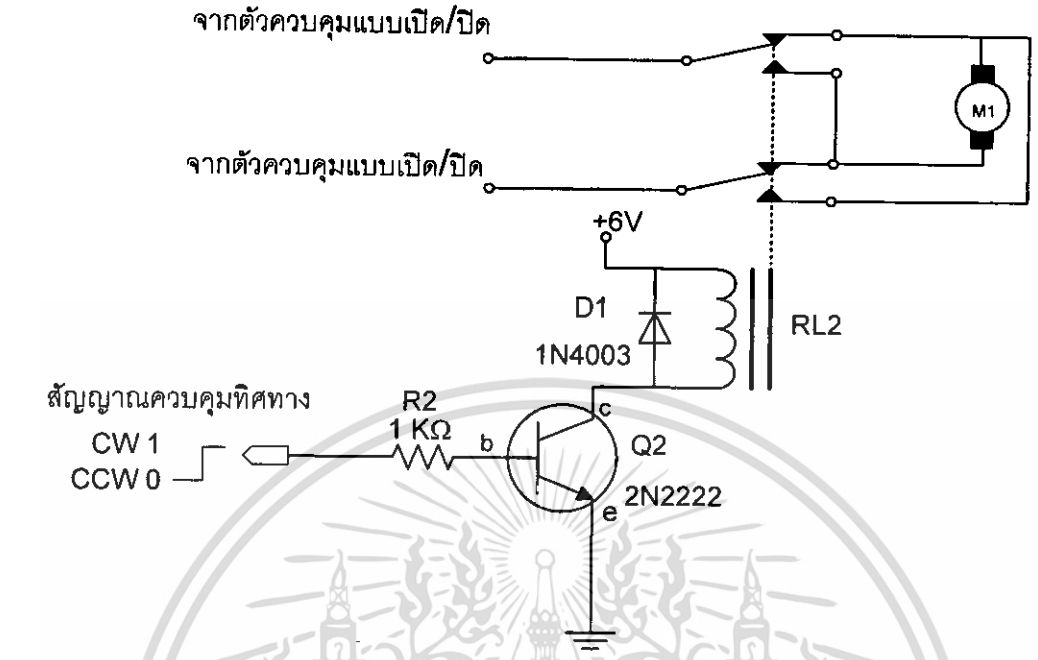
การควบคุมรีเลย์ให้ทำงานได้นั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ทำเป็นปุ่มกด ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมแบบธรรมดา หรือการใช้สัญญาณดิจิทัล (สัญญาณเป็น "0" รีเลย์จะปิด หรือสัญญาณเป็น "1" รีเลย์จะเปิด) ดังรูปที่ 2.19 หรืออาจใช้เกต (gate) แบบต่างๆ และอาจรวมไปถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมผ่านทางพอร์ตของคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์



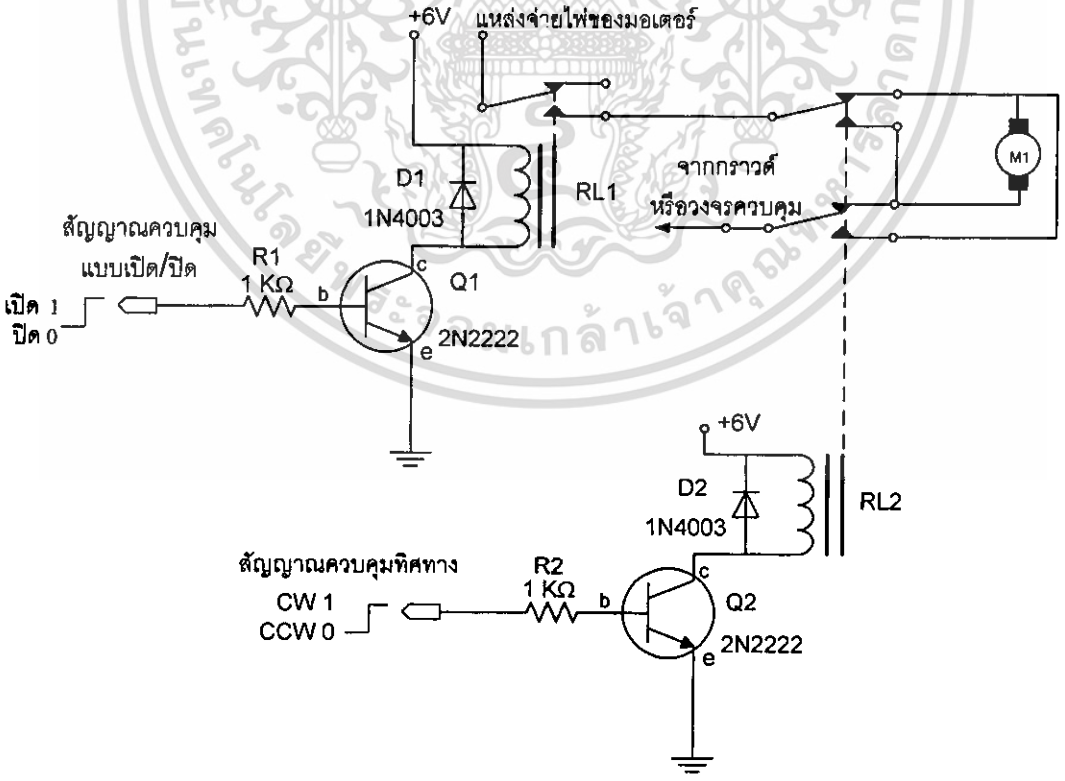
รูปที่ 2.19 การใช้รีเลย์ในการเปิด-ปิดมอเตอร์โดยใช้สัญญาณแบบ TTL

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะมีความยุ่งยากบ้างเล็กน้อย รีเลย์ที่ใช้ต้องเป็นแบบ DPDT ดังรูปที่ 2.20 โดยถ้าหน้าสัมผัสที่อยู่ภายในรีเลย์สัมผัสกับปลายอีกด้านหนึ่ง จะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งเราสามารถใช้สัญญาณดิจิทัลเป็นตัวควบคุมได้ ถ้าสัญญาณเป็น "0" จะทำให้มอเตอร์หมุนไปอีกด้านหนึ่ง และถ้าสัญญาณเป็น "1" มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม ดังแสดงในรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยใช้รีเลย์สัญญาณแบบ TTL



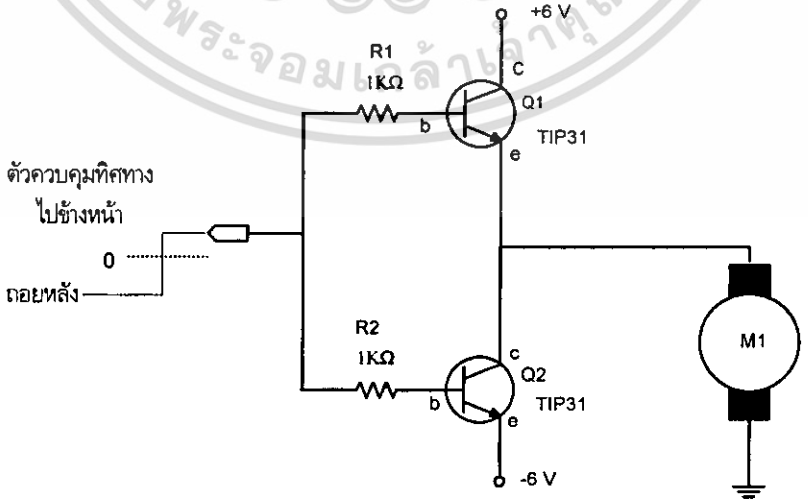
รูปที่ 2.21 วงจรควบคุมแบบเปิด/ปิดและควบคุมทิศทางของมอเตอร์ในวงจรเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการดังกล่าวจะทำให้เราสามารถใช้ข้อมูลเพียง 2 บิต ("0" กับ "1") เป็นตัวควบคุมการทำงานและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วการสร้างหุ่นยนต์จะใช้ชุดขับเคลื่อนสองชุดหมายความว่า ต้องใช้ข้อมูลจำนวน 4 บิตในการควบคุม เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ตามเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ ในการเลือกรีเลย์เพื่อนำมาใช้งานควรคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการดึงหน้าสัมผัสที่อยู่ภายในตัวรีเลย์ให้ทำงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 จนถึงมากกว่า 10 แอมแปร์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 125 โวลท์ สำหรับรีเลย์ที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูงนั้นจะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีความสามารถเพียงพอที่จะสามารถทำให้รีเลย์ทำงานได้ โดยปกติแล้วรีเลย์ที่มีขนาดเล็กๆ นั้นสามารถที่จะใช้สัญญาณดิจิทัลเป็นตัวควบคุมการทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยทรานซิสเตอร์เป็นตัวช่วย สำหรับงานทั่วไปแล้วไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ตัวรีเลย์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าถึง 2-3 แอมแปร์

2.10.5.4 ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยทั่วไปจะมีการใช้งานอยู่ 2 แบบ คือ แบบแรกจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.21 ซึ่งจะเห็นว่าเราใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ตัวแรก มอเตอร์ก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกา และถ้าไม่จ่ายกระแสไฟฟ้า มอเตอร์ก็จะไม่หมุนแต่ถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่ง มอเตอร์ก็จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา จะเห็นได้ว่าการออกแบบในลักษณะนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบสองขั้วจากรูปจะเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าขนาด +6 และ -6 โวลท์ให้กับมอเตอร์ขนาด 6 โวลท์ 1 ตัวถ้าใช้รีเลย์ประกอบก็จะสามารถควบคุมการเปิด-ปิดด้วยสัญญาณดิจิทัลได้ง่ายขึ้น แต่ไม่ควรจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งสองทางในเวลาเดียวกัน เพราะจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

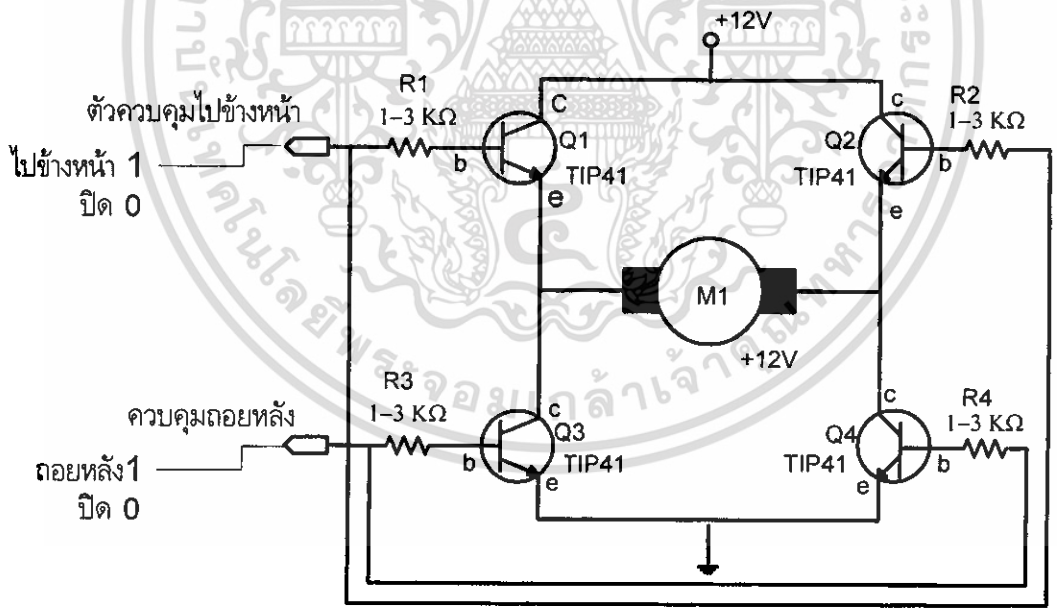


รูปที่ 2.22 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสังเกตได้ว่าในวงจรจะมีตัวต้านทานที่ใช้ในการไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ากระชากที่มาจากพอร์ตของคอมพิวเตอร์หรือลอจิกเกต ถ้าไม่มีตัวต้านทานอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์ไหม้ได้ ค่าของตัวต้านทานที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์รับได้ และประเภทของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ ปกติแล้วใช้ตัวต้านทานขนาด 1-3 $k\Omega$ ซึ่งสามารถใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่าความต้านทานได้ โดยสังเกตจากค่าอัตราการขยายและปริมาณกระแสไฟฟ้าจากทรานซิสเตอร์ซึ่งจะทดลองไปจนกว่าจะหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมได้ มีข้อสังเกตอยู่ประการหนึ่งคือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมจะร้อนมาก ไม่ควรใช้ความต้านทานที่มีค่าต่ำกว่า 1 $k\Omega$ และควรจะอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบในการใช้งานด้วย

วงจรควบคุมที่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบอื่นๆ ได้แก่ การต่อทรานซิสเตอร์แบบตัวเอช ดังแสดงในรูปที่ 2.23 จะเห็นได้ว่าเมื่อ Q1 และ Q4 ทำงานจะทำให้มอเตอร์หมุนและถ้า Q2 และ Q3 ทำงานมอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม การเลือกใช้ตัวต้านทานก็ควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับวงจรเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์ (ในวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุมนั้นทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เมื่อมีการไบแอสวงจรก็จะทำงาน)



รูปที่ 2.23 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยการต่อทรานซิสเตอร์แบบ npn เป็นรูปตัว "H"

ทรานซิสเตอร์มีให้เลือกใช้งานหลายแบบ ในการเลือกใช้งานนั้นควรจะพิจารณาความสามารถในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ มอเตอร์โดยส่วนใหญ่แล้วจะต้องการกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-3 แอมแปร์ และสามารถตัดกระแสไฟฟ้าส่วนน้อยในวงจรได้ไม่เกิน 500 หรือ 600 มิลลิแอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

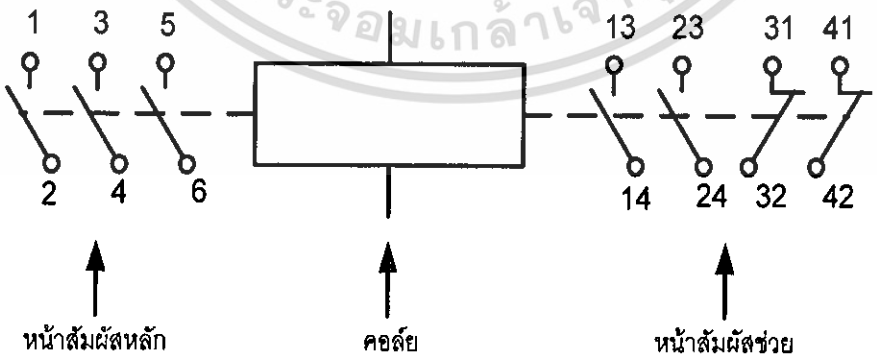
ทรานซิสเตอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับกลางที่นิยมใช้ ได้แก่ เบอร์ TIP-31 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด npn แบบ TO-220 หรือทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP-32 ซึ่งเป็นชนิด pnp สำหรับงานที่ต้องใช้กำลังสูง นิยมใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 ชนิด npn เวลาใช้ควรติดตั้งแผ่นระบายความร้อนเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับทรานซิสเตอร์

2.11 รีเลย์

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้า ได้อย่างหลากหลายรีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้ สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกลได้

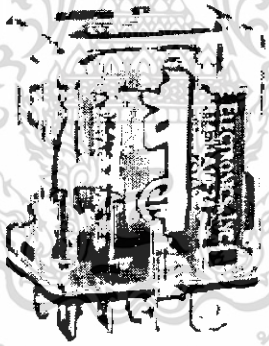


รูปที่ 2.24 แสดงโครงสร้างของคอนแทกเตอร์

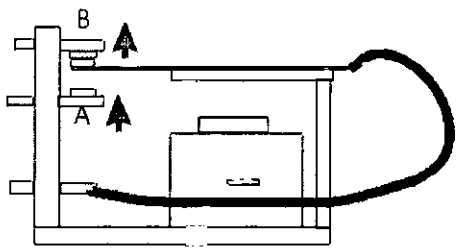
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 โครงสร้างของรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็นเครื่องกลไฟฟ้า ที่นิยมใช้ในวงจรควบคุมแบบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดตัวนำและแกนโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ เรียกว่า อาร์มาเจอร์โดยอาร์มาเจอร์จะมีหน้าที่เปิดปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์จะเริ่มทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดึงดูดแกนของอาร์มาเจอร์ ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กสามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ ก็จะดึงแกนของอาร์มาเจอร์ให้หน้าสัมผัสของรีเลย์มาอยู่ในตำแหน่งอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไม่สามารถชนะแรงดึงของสปริงได้หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม รีเลย์จะมีหน้าสัมผัสอยู่สองแบบ คือ แบบปกติเปิดและแบบปกติปิด รีเลย์แบบปกติเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์และหน้าสัมผัสจะปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดของรีเลย์ ซึ่งการทำงานก็จะตรงกันข้ามกันในรีเลย์แบบปกติปิด รีเลย์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากรีเลย์จะถูกนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในลักษณะของการหน่วงเวลาเพื่อทำให้เกิดการทำงานของวงจรควบคุมเป็นไปตามลำดับหรือใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรควบคุม



รูปที่ 2.25 ลักษณะของรีเลย์



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ประเภทของรีเลย์

รีเลย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1. แบบกลไกไฟฟ้า (Eletromachanical Relay : EMR) ที่มีขั้วต่อของขดลวดสองขั้วต่อ เพื่อเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดการดูดแขนของหน้าสัมผัสของจุดต่อออกไปใช้งาน
2. แบบโซลิดเสตต (Solid-State Relay : SSR) จะเป็นการใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมการทำงาน เช่น SCR เป็นต้น
3. แบบออปโตคัปเปิล (Optocouple Relay) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เชื่อมโยงทางแสงทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกกันอย่างเด็ดขาดของวงจรควบคุมกับวงจรทางเอาต์พุตของรีเลย์

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของรีเลย์ชนิดต่างๆ

พารามิเตอร์	ออปโตคัปเปิล	กลไกไฟฟ้า	โซลิดเสตต
ความเชื่อถือได้สูง	✓		✓
ข้อจำกัดอายุการใช้งาน	✓		✓
ความเร็วในการทำงาน	✓		✓
เสถียรภาพหน้าสัมผัส 100 เปอร์เซ็นต์	✓		✓
เงียบไม่มีเสียงรบกวน	✓		✓
ไม่มีสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า	✓		✓
ความเข้มสนามแม่เหล็ก	✓		✓
ขนาดเล็กความหนาแน่นสูง	✓		✓
ตำแหน่งในการติดตั้งได้กว้างขวาง	✓		✓
คุณสมบัติในการแยกอินพุตและเอาต์พุตสูง (5000 โวลต์ ขึ้นไป)	✓	✓	
เลือกสัญญาณอนาลอก/ดิจิตอลได้	✓	✓	
ปัญหาในการทำงานกระโดดข้ามเป็นศูนย์	✓	✓	
ตัวถังบรรจุแบบ SO	✓		
การทำงานแบบขนาน	✓		
ควบคุมขอบขาขึ้นและขอบขาลงของเวลา	✓		
สวิตซ์กระแสได้ประมาณ 4 แอมแปร์	✓	✓	✓

จากตารางที่ 2.1 จะสังเกตเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นรีเลย์สมัยใหม่ เช่น โฟโตมอสเฟสรีเลย์นั้นมีประสิทธิภาพการทำงาน และเป็นที่นิยมค่อนข้างมากกว่ารีเลย์แบบโซลิดเสตต และแบบกลไฟฟ้า แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรยังคงใช้งานกันอยู่มากเช่นกัน เนื่องจากรีเลย์แบบเก่านั้นสามารถรองรับโหลดที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสได้ค่อนข้างสูงกว่า โฟโตมอสเฟสรีเลย์ เพราะรีเลย์สมัยใหม่นั้นจะสามารถรองรับโหลดได้ประมาณ 1 แอมแปร์ นั้นถือว่ามากแล้วรวมทั้งหาซื้อได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการสร้างรีเลย์ให้รองรับโหลดทางเอาท์พุทได้มากขึ้น เช่น ขนาด 4 แอมแปร์ 60 โวลต์

2.11.3 คุณลักษณะของรีเลย์ (แบบกลไกไฟฟ้า)

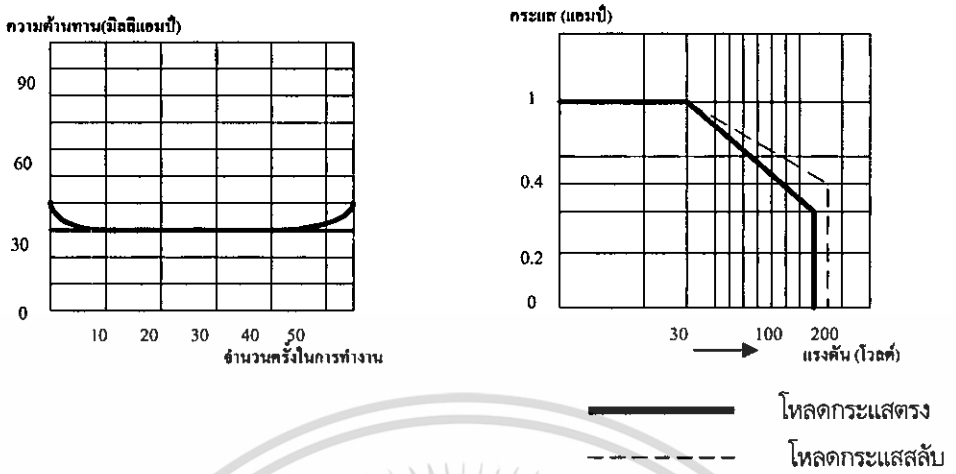
กล่าวถึงรีเลย์อันดับแรกควรพิจารณาถึงคุณลักษณะของหน้าสัมผัสโดยแรกเริ่มก่อนการใช้งานนั้น ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสรีเลย์ จะมีค่าสูงสุดซึ่งค่าความต้านทานแรกเริ่มของหน้าสัมผัสรีเลย์ (Initial Resistance) คือค่าที่วัดโดยที่รีเลย์ตัวนั้นยังไม่ถูกใช้งานเลยหรือยังไม่เคยต่อใช้งานในวงจรเลย โดยปกติค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสนี้ จะสามารถวัดได้ด้วยการจ่ายกระแสผ่านเข้าไปยังหน้าสัมผัสแรกเริ่มนี้ จะต้องไม่มีค่าแรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัส

โดยรูปที่ 2.27 (ก) จะแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดของค่าความต้านทานหน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ยังไม่ใช้งาน กับรีเลย์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วประมาณ 100,000 ครั้งค่าความต้านทานนี้จะลดลงตามจำนวนครั้งของการทำงานของหน้าสัมผัส อันเป็นสาเหตุเนื่องจากหน้าสัมผัสของรีเลย์ จะถูกทำให้ราบเรียบตามอายุการใช้งาน และจะทำให้มีค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสลดลงไปด้วย ลักษณะของการเสียหายของหน้าสัมผัสนี้จะพบมากในรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสเป็นแผ่นทองแดง การใช้งานเริ่มต้นของหน้าสัมผัสรีเลย์นั้นในทางปฏิบัติหากไม่มีการป้องกันที่เหมาะสมแล้วก็หมายถึงสัญญาณอันตรายต่อหน้าสัมผัสที่อาจจะเกิดการอาร์ก หรือสปาร์กของหน้าสัมผัสขณะทำงานได้ ดังนั้นลักษณะของกราฟในรูปที่ 2.27 (ก) ก็จะแสดงออกมาเป็นเส้นโค้ง และจะค่อยๆ โค้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดอายุการใช้งานของรีเลย์ นั่นคือเมื่อถึงที่สุดแล้วค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสก็จะยิ่งสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งไม่ได้ผลดีเลย ดังนั้นก่อนเวลานั้นมาถึงก็ต้องเปลี่ยนรีเลย์ใหม่มาแทนที่ สำหรับรีเลย์แบบโซลิดเสตตและโฟโตมอสเฟตรีเลย์จะมีรูปกราฟที่ราบเรียบตลอดอายุการใช้งาน คือ จะไม่มีผลที่เกิดจากหน้าสัมผัส

รูปที่ 2.27 (ข) จะแสดงถึงค่ากำลังงานของหน้าสัมผัสที่คิดตามผลของกระแส และแรงดันอันเป็นตัวกำหนดค่าจำกัดสูงสุดทางไฟตรง และค่าจำกัดสูงสุดทางแรงดันไฟสลับ สังเกตว่าเมื่อรีเลย์ถูกจำกัดกระแสที่หน้าสัมผัสสูงสุดไว้ที่ 1 แอมแปร์ ทั้งไฟตรงและไฟสลับก็หมายความว่าหน้าสัมผัสขณะนั้นจะผ่านกระแสสูงสุดได้ 1 แอมแปร์ ที่ค่าแรงดันสูงสุด 30 โวลต์ เมื่อคิดออกมาแล้วข้อจำกัดทางกำลังงานที่หน้าสัมผัสจะเท่ากับ 30 วัตต์

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า หน้าสัมผัสรีเลย์จะทนต่อกระแสต่ำลง เมื่อค่าแรงดันที่หน้าสัมผัสเพิ่มขึ้น และกราฟตามรูปที่ 2.27 (ข) นี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดทางกำลังงานที่หน้าสัมผัสสามารถทน หรือรองรับได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ความต้านทานหน้าสัมผัส (ข) อัตราทนกระแสและแรงดัน

รูปที่ 2.27 คุณสมบัติของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า

การคาดการณ์ หรือกำหนดคุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของรีเลย์ทางกลไกในลักษณะทำงาน และไม่ทำงานโดยปราศจากโหลดที่หน้าสัมผัสเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าและจะเป็นไฟตรงหรือไฟสลับนั้น สามารถประมาณอายุหรือกำหนดอายุการใช้งานของรีเลย์ได้ง่ายกว่าการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้า เนื่องจากการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้านั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบ หรือต้องทำการทดสอบภายใต้โหลดที่ต่ออยู่ทางหน้าสัมผัสและโหลดทางไฟฟ้าที่จะนำมาทดสอบนั้นก็มีมากมายหลายชนิด เช่น ขดลวดเหนี่ยวนำ มอเตอร์ ค่าความจุหลอดไฟฟ้าและอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งโหลดเหล่านี้จะมีความต้องการทางกำลังงานไม่เท่ากัน เมื่อคิดตามชนิดของโหลดที่ต่อกับหน้าสัมผัส ดังนั้นการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้าจึงไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนได้

อย่างไรก็ตามการทดสอบอายุการใช้งานทางไฟฟ้าก็ยังสามารถทดสอบได้ เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของอายุการใช้งานของรีเลย์ ด้วยการทดสอบทางไฟฟ้ากับโหลดที่เป็นตัวต้านทานบริสุทธิ์จะไม่เปลี่ยนแปลงของค่านอกจากจะมีการกำหนดค่าใหม่ แต่ตัวต้านทานนี้ก็ต้องใช้แบบไวร์วาล์ว ดังนั้นก็จะสามารถกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้าได้ภายใต้ค่าความต้านทานที่กำหนด เพราะฉะนั้นอายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับชนิดของโหลดที่นำมาทดสอบและกำหนดไว้เป็นชนิดไปแต่ก็เป็นการยากที่ผู้ใช้จะทดสอบด้วยตนเอง ดังนั้นข้อมูลการทดสอบเหล่านี้จะถูกระบุหรือถูกทดสอบออกมาจากโรงงานผู้ผลิตเรียบร้อยแล้ว

คุณสมบัติของค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์ โดยมาตรฐานแล้วค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์จะอยู่ในหน่วยของมิลลิวินาที เนื่องจากว่าขณะที่รีเลย์ทำงานนั้นหน้าสัมผัสจะสั่นสะเทือนหรือกระโดด ช่วงจังหวะนี้เองจึงเป็นช่วงเวลาที่คลุมเครืออยู่ว่าจะกำหนดค่าเวลาการทำงานรีเลย์จริงๆ ที่ช่วงเวลาใดหรือสภาวะหน้าสัมผัสขณะทำงานหรือก่อนเริ่มทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากกว่ารีเลย์แบบโซลิดเสตดเพราะแบบหลังนี้จะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีส่วนกลไกที่เคลื่อนไหวเลย ดังนั้นค่าระยะเวลาในการทำงานของโซลิดเสตตรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า ค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์ที่เป็นมาตรฐานระบุไว้ คือ 30 มิลลิวินาที

2.12 อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียม (Aluminium หรือ Aluminum) เป็นโลหะที่พบในชีวิตประจำวันและใช้ในงานต่างๆ รองจากเหล็กและทองแดง เช่น ใช้ทำภาชนะในครัวเรือนของใช้อื่นๆ และวัสดุก่อสร้าง อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่นำไปใช้แทนเหล็กและทองแดงมากขึ้นทุกที ข้อดีของอะลูมิเนียมคือเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กและทองแดง (เหล็กมีความหนาแน่น 7,852 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร อะลูมิเนียมมีความหนาแน่น 2,643 กิโลกรัม /ลูกบาศก์เมตร) มีราคาถูกและเนื่องจากน้ำหนักเบา จึงใช้อะลูมิเนียมทำลำตัวของเครื่องบินและอากาศยานแต่เดิมอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีความแข็งแรงต่ำ แต่ปัจจุบันมีอะลูมิเนียมผสมโดยผสมกับทองแดง แมกนีเซียม แมงกานีส หรือซิลิคอน ซึ่งโลหะผสมเหล่านี้ มีความแข็งแรง และความแข็ง (Hardness) สูงกว่าอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มาก เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ไวต่อการรวมตัวกับออกซิเจนมาก แร่อะลูมิเนียมจึงมีอะลูมิเนียมในรูปออกไซด์ทั้งสิ้นทำให้การถลุงอะลูมิเนียมไม่สามารถใช้เตาต่างๆ ที่ใช้ถลุงเหล็กหรือทองแดงหรือโลหะอื่นได้ เพราะอะลูมิเนียมเมื่อถลุงออกมาได้จะกลายเป็นออกไซด์ทันที อะลูมิเนียมปนอยู่ทั่วไปบนผิวโลกในรูปของดินเหนียว แร่ที่ใช้ผลิตอะลูมิเนียมคือแร่บอกไซด์ สูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 $X(H)_2O$ โดยปนอยู่กับออกไซด์ของเหล็ก ซิลิคอน และไทเทเนียม (Titanium) ออกไซด์ของอะลูมิเนียมมีชื่อเรียกว่า อะลูมินา (Alumina) แร่อะลูมิเนียมจึงเป็นแร่ที่มีราคาถูกเพราะหาได้ง่าย

การผลิตอะลูมิเนียมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนแรกเป็นการแยกให้ได้ออกไซด์อะลูมิเนียมอย่างเดียว (Pure Al_2O_3) จากแร่ออกไซด์ โดยอะลูมิเนียมได้มาจากการแปรสภาพของสินแร่บอกไซท์ (Bauxite) ด้วยโซดาไฟภายใต้สภาวะไฮโดรเทอร์มอลปานกลาง (Hydrothermal Condition) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยก Al_2O_3 ออกจากสินแร่ ความสามารถในการละลายของ Al_2O_3 ในโซดาไฟขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ องค์ประกอบทั้งหมดที่อยู่ในสินแร่อะลูมิเนียม เป็นสารค่อนข้างทำปฏิกิริยาได้ยาก และซิลิกาที่ละลายในโซดาไฟ กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการฟอร์มตัวของสารละลายโซเดียมอะลูมิเนต ที่สามารถแยกเอาสิ่งปนเปื้อนออก และการตกตะกอนของ $Al(OH)_3$ บริสุทธิ์ในสารละลายหลังจากที่เย็นตัวลงแล้ว

กระบวนการแปรสภาพของสินแร่บอกไซท์ เริ่มจากการเตรียมสินแร่บอกไซท์ โดยการผสมองค์ประกอบให้ได้ส่วน และนำไปบดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน สินแร่บอกไซท์ถูกบดในขณะที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายที่ใช้กระบวนการ เกิดเป็นส่วนผสมของแข็งกับของเหลวที่ข้น นำไปผสมกับสารละลายโซดาไฟที่ได้รับความร้อนในระดับที่เหมาะสม และนำไปปรับสภาพในถังย่อย ณ ความดันมากกว่าหนึ่งบรรยากาศ

ส่วนผสมของแข็งกับของเหลวข้นที่ได้นี้ถูกนำออกจากถังย่อย และสินแร่ที่ตกค้างถูกแยกออกจากสารละลายโซเดียมอะลูมิเนต ในสองขั้นตอนเพื่อดำเนินการส่วนที่หยาบแยกกับส่วนที่ละเอียด เศษที่เหลือทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองส่วนนี้ถูกล้าง และทิ้งออกไป หลังจากผ่านอีกหลายขั้นตอนแล้ว จึงเกิดเป็นอะลูมินา Al_2O_3 ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นอะลูมิเนียม ใน Hall-Heroult Electrolysis Cell

ขั้นตอนที่สองผลิตอะลูมิเนียมโดยการแยกอะลูมิเนียมที่หลอมละลายด้วยไฟฟ้า การแยกอะลูมิเนียมจากแร่ใช้กรรมวิธีของไบเยอร์ (Bayer Process) คือล้างแร่บอกไซต์ให้สะอาด ตากแห้งบดละเอียด ทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ (NaOH) ในตู้อบได้สารละลายโซเดียมอะลูมิเนต (Sodium Aluminate;$NaAlO_2$) สารที่เจือปนในแร่บอกไซต์ เช่น เหล็ก ซิลิกาจะไม่ทำปฏิกิริยากับโซดาไฟและตกเป็นตะกอนสีแดง (red mud) กรองสารละลายออกแล้วทิ้งสารละลายไว้จนเกิดตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide; $Al(OH)_3$ กรองเอาตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ออก แล้วนำไปเผากับหินปูนในเตาเผาแบบหมุนชนิดเดียวกับที่ใช้เผาซีเมนต์ (Rotary Kiln) จะได้ออกไซด์อะลูมิเนียมที่บริสุทธิ์

2.13 เซ็นเซอร์

กรรมวิธีการผลิตการบริการหรือการนำเสนอข่าวสารต่างๆ ล้วนแต่ต้องใช้แรงงานคนโดยตรงแทบทั้งสิ้นลำดับต่อมาจึงมีพัฒนาการโดยการนำเอาการทำงานของกลไกต่างๆ เข้ามาช่วยเหลือเพื่อทุ่นแรง และได้รับการพัฒนาการจากเครื่องยนต์กลไกธรรมดา ที่มีคนมาคอยบังคับให้เครื่องจักรกลไกทำงาน จนกระทั่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาอีก เป็นกลไกที่มีการรับรู้สัมผัส ซึ่งทำให้กลไกเหล่านั้นได้รับการพัฒนาขีดความสามารถขึ้นมาได้อย่างมหาศาล

สิ่งที่เป็นเสมือนตัวรับความรู้สึกให้เครื่องกลรู้ตัวนั้น ก็คืออุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำของเครื่องจักรดังกล่าว อุปกรณ์ตรวจจับนี้ก็คือ เซ็นเซอร์ (Sensor) นั่นเอง

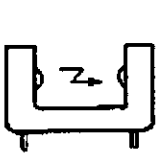
เซ็นเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสสารเกี่ยวกับตำแหน่ง (การเคลื่อนที่) อุณหภูมิ และความเข้มของแสง เป็นต้น

ดังนั้น จะนำคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงที่สามารถตรวจวัดได้ง่ายและจำเป็นต่อการใช้งานดังนี้

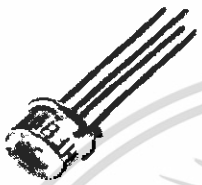
1. ใช้คุณสมบัติการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ตรวจวัด วิธีนี้ส่วนใหญ่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์แบบสัมผัส ได้แก่สวิตช์แบบต่างๆ เช่น กดติดปล่อยดับ กดดับปล่อยติด สวิตช์เปิดติดค้าง หรือสวิตช์เลือกหลายๆ ฟังก์ชั่น เป็นต้น
2. ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง วิธีนี้จะใช้การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีขณะมีการตกกระทบของแสง เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาของสารเคมีบริเวณที่ใช้ตรวจวัดเกิดการเปลี่ยน ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงในลักษณะต่างๆ ได้แก่ เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงได้ เป็นค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้ เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้หลักการตรวจวัดความเข้มของแสงได้แก่ LDR, Photo Diode, Photo Transistor, Opto Sensor ดังรูปที่ 2.28 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. LDR



ข. Opto Sensor



ค. Photo Diode

ง. Photo Transistor

จ. Opto Isolator

รูปที่ 2.28 เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับแสง

3. ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ วิธีนี้ใช้ความร้อน ณ จุดตรวจวัดขยายตัวของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะห่อหุ้มที่เป็นอัตราส่วนต่อการอ่านมาตรวัด ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ หรือใช้ความร้อนเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสร้างหน่วยวัดให้เป็นสัดส่วนต่อการเปลี่ยนแปลง ก็จะสามารถนำค่าความต้านทานมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ หรือใช้เป็นความร้อนสะสมในไบเมทัล (Bimetal) เพื่อดีดตัวเป็นสวิตช์ตัด-ต่อ เมื่ออุณหภูมิถึง ณ จุดที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1 เซ็นเซอร์แสง

เซ็นเซอร์แสง (Opto Sensor) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดประเภทหนึ่งที่ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงและการสะท้อนกลับของแสงมาใช้ เพื่อแยกแยะสถานะหรือ ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ ที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแสงได้ แบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้

2.13.1.1 วัดความเข้มของแสง

การวัดแบบนี้ใช้หลักการตรวจวัดโดยการให้แสงทำปฏิกิริยากับสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมเซเลไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไว้ออกมาเชื่อมต่ออยู่กับขั้วโลหะสองขั้ว เมื่อมีแสงเข้ามากระทบบริเวณที่เคลือบด้วยสารเคมี ทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น ซึ่งส่งผลให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างขั้วทั้งสองใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ความต้านทานระหว่างขั้วโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนความเข้มของแสง
2. เกิดแรงดันขึ้นโดยเป็นอัตราส่วนต่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบ

2.13.2.2 วัดการสะท้อนของแสง

วิธีการนี้ใช้การปล่อยแสงจำนวนหนึ่ง ณ ตัวส่งแสง แล้วให้ตกกระทบกับตัวรับแสง อาจให้แสงจากจุดกำเนิด ตรงไปยังจุดรับโดยตรง หรือให้สะท้อนกลับด้วยวัตถุต่างๆ ที่จะใช้ตรวจจับ ตัวรับแสง ก็จะสามารถรับแสงจากตัวส่งได้เช่นเดียวกัน การเลือกใช้จึงควรพิจารณาตามข้อกำหนด ความสะดวก และความเหมาะสมต่อการใช้งานชนิดของแสงที่นิยมใช้ได้แก่

1. แสงธรรมดา ที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ อาจแยกเป็นสีหลัก ได้แก่ เขียว แดง น้ำเงิน
2. แสงอินฟาเรด (Infrared) เป็นแสงที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ สามารถแยกการรบกวนจากแสงอื่นๆ ได้
3. แสงอุลตราไวโอเลต เป็นแสงที่ปนอยู่ในแสงอาทิตย์ มักใช้ทำให้เกิดแรงดันในตัวเซ็นเซอร์ เพราะมีกำลังความร้อนที่ทำปฏิกิริยาได้สูง เมื่อแสงถูกวัตถุหรือสิ่งของใดๆ กระทำในลักษณะต่างๆ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดการหักเห การสะท้อน การบดบัง การกระจายและการรวมแสง เป็นต้น ทำให้สามารถทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงได้ จึงสามารถอาศัยคุณสมบัติความเข้มของแสงในงานตรวจวัดได้นั่นเอง

2.13.2 ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Fiberoptic Sensor)

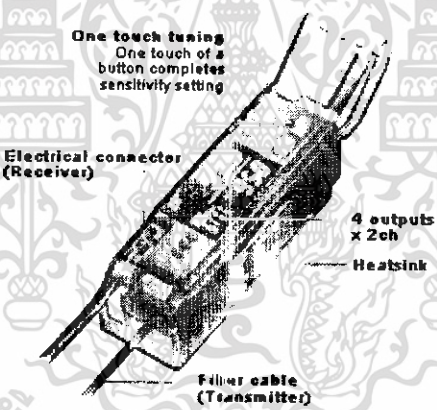
2.13.2.1 ลักษณะเบื้องต้นของไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Fiberoptic Sensor) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดชนิดหนึ่งซึ่งใช้คุณสมบัติของแสงเป็นเครื่องมือในการตรวจวัด โดยอาศัยหลักการทำงานของ Opto Sensor ร่วมกับการเดินทางของแสงใน

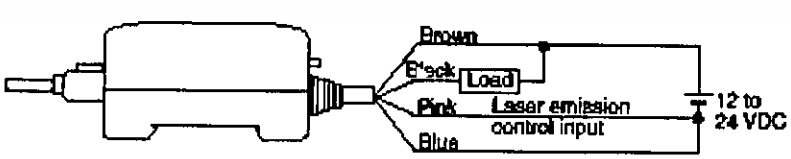
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยนำแสง (ไฟเบอร์ออปติก) ที่มีคุณสมบัติการนำแสงได้เป็นปกติแม้เส้นใยนำแสงจะเลี้ยวเบนหรือโค้งงอก็ตาม

ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ เป็นเครื่องมือตรวจวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับจากการกระทบกับวัตถุที่ทำการตรวจวัด โดยการปล่อยแสงออกไปจากชุดกำเนิดแสงด้วย LED สามสี เพื่อรวมแสงกันในลักษณะที่ให้สีแดงซึ่งมีความเข้มของแสงสูงเป็นสีหลัก แล้วทำการผสมสีฟ้าและสีเขียวในอัตราส่วนที่แตกต่างตามสัดส่วนที่ต้องการ แสงที่ถูกรวมแล้วจะถูกส่งออกทางเส้นใยส่ง ไปออกที่หัวเซ็นเซอร์ จากนั้นแสงที่ถูกส่งไปจะสะท้อนกับวัตถุที่ตรวจวัดรับกลับมายังชุดรับแสงความเข้มของแสงที่วัดได้ ลักษณะความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าเจอวัตถุในระยะใกล้ แสงก็จะสะท้อนกลับได้เต็มที่ ถ้าไม่เจอวัตถุแสงก็จะสูญหายไม่สะท้อนกลับ ในลักษณะของแสงที่สะท้อนกลับยังสามารถแยกแยะความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุต่างสีกันได้ด้วย เมื่อได้แสงที่สะท้อนกลับมาถอดรหัสความเข้มแล้วหน่วยประมวลผลจะแสดงลอจิกออกทางเอาต์พุตเป็น 0 หรือ 1 ลักษณะของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.29



ก. รูปร่างภายในของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์



ข. วงจรการต่อใช้งานเบื้องต้น

รูปที่ 2.29 ดิจิตอล RGB ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Digital RGB Fiberoptic Sensor)

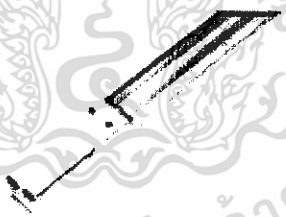
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยไฟเบอร์ออปติก

เส้นใยไฟเบอร์ออปติกมีคุณสมบัติในการสะท้อนลำแสงที่ส่งผ่านโดยมีการสูญเสียของแสงน้อยมาก เนื่องจากใจกลางจะเป็นไฟเบอร์ใสๆ ให้แสงผ่านได้สะดวก ส่วนขอบของเส้นใยจะห่อหุ้มด้วยวัสดุสะท้อนให้แสงสะท้อนไปได้อย่างต่อเนื่องเป็นปกติตลอดเส้นใย แม้จะมีการโค้งงอของเส้นใยนำแสงก็ตาม

รูปที่ 2.30 โครงสร้างเส้นใยแก้วไฟเบอร์ออปติก

หัวเซ็นเซอร์จะต่ออยู่กับเส้นนำแสงไฟเบอร์ออปติก 2 เส้น เส้นหนึ่งเป็นเส้นนำแสง ณ จุดกำเนิดไปออกที่หัวเซ็นเซอร์ หัวเซ็นเซอร์จะบีบลำแสง ปล่อยออกไปในแนวตรงเพื่อส่งไปกระทบกับวัตถุที่ทำการตรวจวัด และอีกเส้นหนึ่งก็จะรับแสงที่สะท้อนกลับนั้นส่งกลับไปยัง หน่วย Amplifier ในตัวเซ็นเซอร์ต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 รูปร่างลักษณะและการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

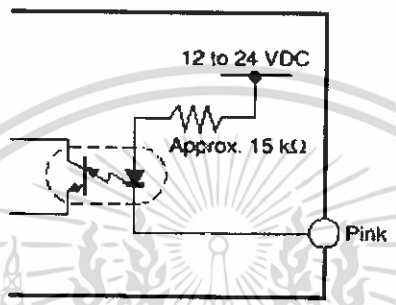
การใช้ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดสี สามารถติดตั้งได้อย่างสะดวก เนื่องจากเส้นใยไฟเบอร์ออปติกสามารถมีขนาดยาวได้และจะวางในลักษณะที่โค้งงอได้ตามต้องการจึงสามารถวางหน่วยประมวลผลของเซ็นเซอร์กับหัวเซ็นเซอร์ห่างกันเป็นอิสระและวางหัวเซ็นเซอร์ได้แม้ในบริเวณจำกัดหรือคับแคบ ทำให้สะดวกในการติดตั้ง นอกจากนี้ยังสามารถปรับความเข้มของแสงเพื่อเลือกวัดสีของวัตถุได้อีกด้วย

2.13.2.3 การทำงานของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

ในการทำงานของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์สามารถแยกหน่วยการทำงานเป็นภาคอินพุตและเอาต์พุตได้ดังนี้

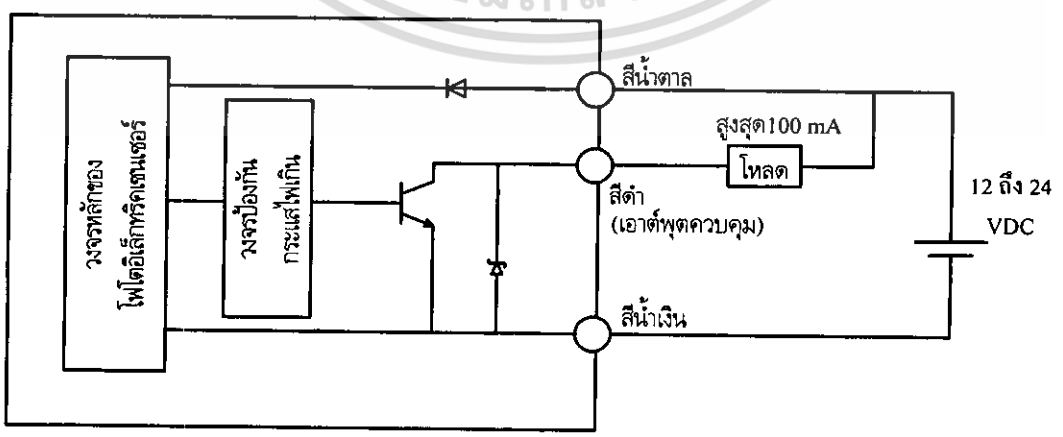
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรส่วนอินพุต ประกอบด้วยหลอด LED กำเนิดแสง ซึ่งรับแรงดันจากแหล่งจ่ายในส่วนของช่องทางการวิ่งของแสงไปสู่โฟโตทรานซิสเตอร์ของอีกฝั่งหนึ่งนั้น จะได้รับการต่อเชื่อมแสงผ่านเส้นใยไฟเบอร์ออปติกออกทางหัวเซ็นเซอร์ เพื่อไปตรวจจับวัตถุที่จะทำการตรวจวัด แล้วให้สะท้อนกลับมาในเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่งป้อนเข้าที่จุดรับแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อขยายสัญญาณแสงป้อนให้วงจรถอดรหัสความเข้มของแสงต่อไป



รูปที่ 2.32 วงจรอินพุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

2. วงจรส่วนเอาต์พุต รับสัญญาณแสงที่ถูกขยายเป็นสัญญาณไฟฟ้ามาจากโฟโตทรานซิสเตอร์ของส่วนอินพุตเข้ามาถอดรหัสความเข้มของแสงที่รับเข้ามาในภาควงจรหลัก (Main Circuit) เมื่อได้ระดับลอจิกจากการถอดรหัสแล้ว สัญญาณลอจิกจะถูกส่งมาขยายสัญญาณให้มีระดับแรงขึ้นเป็น 75 มิลลิแอมแปร์ เพื่อให้เพียงพอต่อการขับโหลดใช้งาน ทั้งยังมีส่วนของวงจรป้องกันกระแสไฟย้อนกลับในภาคเอาต์พุตนี้ด้วยเพื่อกรณีที่ใช้งานกับอุปกรณ์เหนี่ยวนำเช่น โซลินอยด์ หรือรีเลย์ เป็นต้น



รูปที่ 2.33 วงจรเอาต์พุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการต่อใช้งาน ทำโดยการจ่ายแรงดันระดับที่หน่วยเซ็นเซอร์ต้องการ คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 - 24 โวลต์ ให้แรงดันไฟลบ แก่เคเบิล สีฟ้า ให้แรงดันไฟบวก 24 โวลต์ แก่เคเบิลสีน้ำตาล และจะได้เอาต์พุตจากหน่วยเซ็นเซอร์ทางเคเบิลสีดำเป็นลอจิกต่ำ ก็จะได้เอาต์พุตของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์มาจ่ายให้กับโหลดที่ต้องการ

2.14 เฟืองและเฟืองทดรอบ

ความเร็วในการทำงานปกติของมอเตอร์จะมากกว่าความเร็วที่ใช้ในหุ่นยนต์มาก ระบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ต้องใช้มอเตอร์ที่มีความเร็ว 75-150 รอบต่อนาที ถ้าหากหุ่นยนต์เคลื่อนที่เร็วจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางไปชนกับผนังหรือสิ่งอื่นได้ โครงสร้างของส่วนมือจับ (gripper) และระบบเชิงกลอื่นๆ ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำ มอเตอร์ที่ใช้บริเวณข้อต่อของไหล่ของแขนหนึ่งข้างของหุ่นยนต์ต้องใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำกว่า 20 รอบต่อนาที และถ้าอยู่ในช่วง 5-8 รอบต่อนาทีก็จะดีมาก

โดยทั่วไปแล้วจะมีวิธีลดความเร็วของมอเตอร์อยู่ 2 วิธี คือ

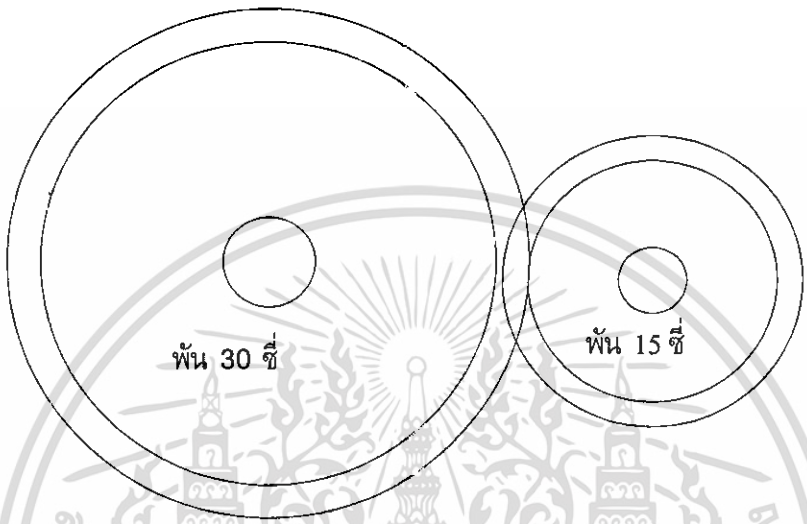
1. สร้างมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
2. ใช้เฟืองทดรอบ (gear reduction)

เฟืองทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ ประการแรกคือ เฟืองสามารถสร้างระยะทางในการหมุนระหว่างเฟืองที่ต่อเข้าด้วยกันให้มากหรือน้อยกว่า อีกทั้งยังสามารถทำให้กำลังเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ขึ้นอยู่กับการจัดวางตำแหน่งของเฟือง และเฟืองยังสามารส่งแรงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ด้วย แต่ก็เป็นเพียงประโยชน์รองเมื่อเทียบกับการใช้ด้านอื่นๆ เฟืองเปรียบเสมือนคานที่มีลักษณะกลม ซึ่งอาจอธิบายความสัมพันธ์ของเฟืองต่างๆ ได้โดยการสอบพื้นฐานเชิงกลศาสตร์ของคาน โดยตอนแรกอาจทำการวางคานไว้บนจุดกึ่งกลาง ให้ด้านที่ยาวอยู่ด้านหนึ่ง และด้านที่สั้นกว่าอยู่อีกด้านหนึ่ง โดยใช้แรงผลักด้านที่ยาวกว่า และด้านที่สั้นกว่าจะหมุนตามไปถึงแม้ว่าเราจะออกแรงผลักคานให้เคลื่อนที่ไปเป็นระยะในหน่วยฟุต ด้านที่สั้นกว่าก็จะเคลื่อนที่ไปได้ไม่กี่นิ้วเท่านั้น แสดงว่าแรงที่กระทำทางด้านสั้นจะมากกว่าแรงที่กระทำทางด้านยาว เราสามารถนำความจริงทางฟิสิกส์นี้ไปใช้ได้ในเวลาที่ขุดดินจากพื้นดิน โดยใช้เสียมหรือพลั่วหรือเวลาทำการยกรถด้วยแม่แรงรถยนต์ขณะเปลี่ยนยาง เมื่อกล่าวถึงเฟืองการต่อเฟืองเล็กเข้ากับเฟืองใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.34 เฟืองเล็กจะถูก

ขับเคลื่อนโดยตรงจากมอเตอร์ เมื่อเฟืองเล็กหมุนครบ 1 รอบเฟืองใหญ่จะหมุนได้ครึ่งรอบหรือกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า ถ้ามอเตอร์และเฟืองเล็กหมุนด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที เฟืองใหญ่จะหมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาทีหรือกล่าวได้ว่าอัตราส่วนของเฟืองคือ 2 ต่อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของเฟือง 2 ต่อ 1

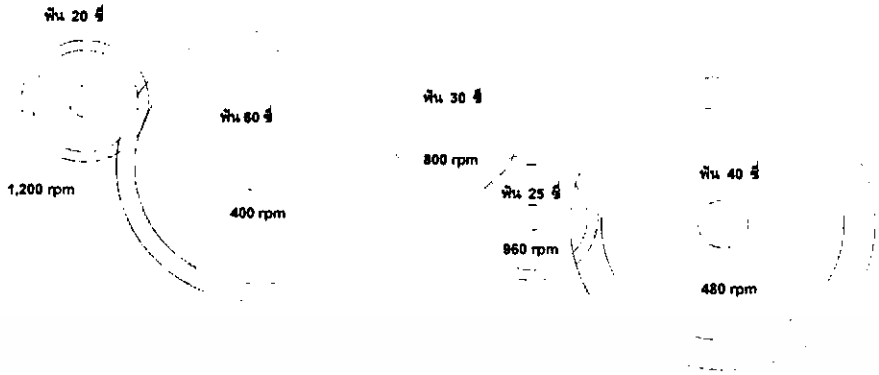


รูปที่ 2.34 รูปที่ใช้แทนเฟืองทดรอบที่มีอัตราส่วน 2:1

จะสังเกตได้ว่ามีข้อสำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากการเปรียบเทียบในเรื่องของคานที่วางอยู่บนจุดหมุน คือ การลดความเร็วรอบของมอเตอร์จะทำให้แรงบิดเพิ่มมากขึ้น กำลังที่ได้จะมีค่ามากกว่าประมาณ 2 เท่าของกำลังที่ให้ และมีกำลังบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากจากการทดรอบนี้ ซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างเฟือง ถ้าเฟืองที่ขับเคลื่อนกับเฟืองที่ถูกขับเคลื่อนมีขนาดเดียวกัน ความเร็วในการหมุนก็จะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง และแรงบิดก็จะไม่มีผลกระทบแต่อย่างใด (นอกจากเกิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน) สามารถใช้เฟืองขนาดเดียวกันเพื่อส่งกำลังจากเพลาอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่งได้ในหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น เช่น การขับเคลื่อนชุดของล้อที่มีอัตราเร็วเท่ากันและทิศทางเดียวกัน

การติดตั้งเฟืองทดรอบเฟืองเป็นสิ่งประดิษฐ์เก่าแก่ที่มีมาตั้งแต่สมัยกรีกโบราณ ปัจจุบันนี้เฟืองพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ได้ในหลายรูปแบบรวมถึงวัสดุด้วย แต่ก็ยังอยู่บนพื้นฐานการออกแบบของกรีกโบราณที่มีเฟืองคู่ต่อเข้าด้วยกัน โดยให้ฟันเฟืองทั้งสองเคลื่อนที่ในลักษณะขบกัน และสามารถส่งแรงจากเฟืองอันหนึ่งไปยังเฟืองอีกอันหนึ่งได้ เฟืองที่มีขนาดเดียวกันจะไม่ได้หมายถึงขนาดทางกายภาพอย่างเดียว แต่จะหมายถึงจำนวนฟันที่อยู่รอบเส้นรอบวง เช่น เฟืองเล็กจะมีฟัน 15 ซี่ และเฟืองใหญ่จะมีฟันอยู่ 30 ซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

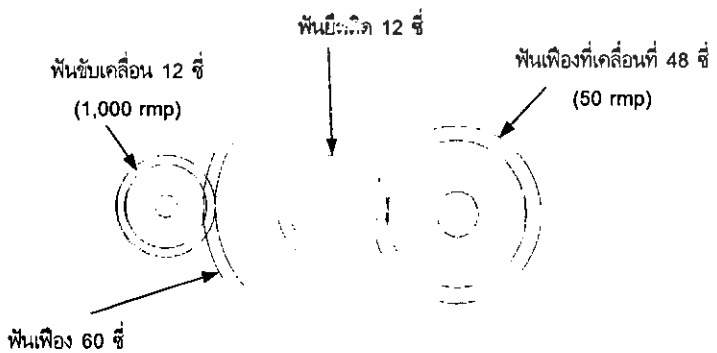


รูปที่ 2.35 เฟืองหลายตัวถูกขับโดยเฟืองที่มีจำนวนฟัน 20 ซี่ตัวเดียว

เราสามารถโยงเฟืองหลายๆ เฟืองเข้าด้วยกันได้ถึงแม้ว่าเฟืองเหล่านั้นจะมีฟันเฟืองจำนวนต่างกัน ดูรูปที่ 2.35 ถ้าใช้เครื่องวัดความเร็วรอบต่อเข้ากับจุดกึ่งกลางของเฟืองแต่ละอัน เราก็จะสามารถวัดอัตราความเร็วของเฟืองแต่ละอันได้

1. อัตราเร็วจะลดลงเสมอเมื่อทดรอบจากเฟืองเล็กไปเฟืองใหญ่
2. อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นเสมอเมื่อทดรอบจากเฟืองใหญ่ไปเฟืองเล็ก

หลายครั้งที่ต้องการลดความเร็วของมอเตอร์จาก 5000 รอบต่อนาทีเป็น 50 รอบต่อนาที การลดลงของอัตราเร็วดังกล่าวมีอัตราส่วน 100 ต่อ 1 จึงจำเป็นต้องใช้เฟืองที่มีจำนวนฟัน 10 ซี่ไปขับเคลื่อนที่มีจำนวนฟัน 1000 ซี่ ซึ่งเฟืองที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเป็นตัวขับที่มาจากมอเตอร์ สามารถลดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยจัดเรียงเฟืองดังแสดงในรูปที่ 2.36 เฟืองที่เป็นตัวขับจะขับเฟืองขนาดใหญ่ที่มีเฟืองอันเล็กยึดติดอย่างถาวรบนแกนเพลาเดียวกัน ซึ่งเฟืองขนาดเล็กอันนี้จะไปขบเฟืองตัวสุดท้าย เราสามารถใช้หลักการนี้ในการติดตั้งเฟืองหลายชุดจนกว่าจะได้ค่าความเร็วรอบตามที่ต้องการ แต่อัตราการทดรอบของวิธีการนี้จะมีค่าน้อย ซึ่งจะเห็นการทดรอบของเฟืองที่ใช้หลักการนี้เป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.36 การทดรอบของเฟืองที่เกิดจากเฟืองที่ติดตั้งอยู่บนแกนเพลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้มอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการติดตั้งเฟืองทดรอบเป็นชุดอยู่แล้วนั้นทำได้ง่ายมาก ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาในการหาเฟืองทดรอบที่เหมาะสมกับมอเตอร์ และยังสามารถนำไปติดตั้งกับงานอื่นได้อีกด้วย ในการเลือกมอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบโดยส่วนใหญ่จะสนใจเรื่องอัตราเร็วที่ได้จากเฟืองทดรอบ ซึ่งไม่ใช่ความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ แรงบิดขณะทำงานและแรงบิดช่วงหยุดกลางคันของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงต้องตรวจดูให้แน่ใจก่อนว่าแรงบิดที่มีนั้นเหมาะสมสำหรับชุดเฟืองทดรอบไม่ใช่ของตัวมอเตอร์เอง

ระบบเฟืองทดรอบส่วนใหญ่จะมีเพลาด้านทางออกอยู่ตรงข้ามกับเพลาด้านทางเข้า แต่ในชุดอื่นๆ ทางออกกับทางเข้าจะอยู่ด้านเดียวกัน ชุดเพลาทดรอบจะวางเยื้องจากแนวเพลาอันอื่นๆ จะเรียกว่าเป็นการขับเคลื่อนแบบเปลี่ยนทิศทางเป็นมุมฉาก ซึ่งเราควรจะเลือกชุดเฟืองทดรอบที่เหมาะสมที่สุดกับมอเตอร์ที่จะใช้งาน ซึ่งจะพบว่าเพลาที่อยู่ด้านตรงข้ามเป็นตัวเลือกที่ดี และระบบการขับเคลื่อนแบบเปลี่ยนทิศทางเป็นมุมฉากก็ใช้ได้ดี แต่ว่าจะราคาสูง จำเป็นต้องใส่เฟืองทดรอบเข้าไปด้วย หรือจะออกแบบเองก็ได้ถ้ามอเตอร์ยังไม่มีเฟืองทดรอบ อย่างไรก็ตามการออกแบบเองก็มีข้อควรระวังดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาของมอเตอร์และชุดเฟืองทดรอบอาจแตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงต้องแน่ใจว่ามอเตอร์กับเฟืองทดรอบสามารถใช้ด้วยกันได้
2. ชุดเฟืองทดรอบเพียงอย่างเดียวนั้นหาซื้อได้ยาก โดยส่วนใหญ่แล้วจะหาได้จากมอเตอร์ที่ชำรุดแล้ว โดยเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่เก่าแล้ว ซึ่งจะมีชุดเฟืองทดรอบที่มีคุณภาพดีประกอบอยู่
3. เมื่อทำการสร้างชุดเฟืองทดรอบ ต้องแน่ใจว่าดุมเฟืองทุกอันมีขนาดเท่ากันและต่อกันได้กับเฟืองอื่นๆ ซึ่งไม่ใช่เรื่องง่าย
4. การสร้างชุดเฟืองทดรอบนั้นต้องได้ขนาดที่เที่ยงตรง เพราะถ้าเกิดข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ฟันเฟืองขบกันได้ไม่สมบูรณ์

ลักษณะของเฟืองประกอบด้วยฟันจำนวนมาก และฟันเฟืองก็มีหลายขนาด หลายแบบ เฟืองตรง นั้นเป็นแบบที่ธรรมดาที่สุดซึ่งจะมีฟันอยู่รอบๆ ขอบนอกของเฟือง เฟืองตรงจะใช้เมื่อเพลาที่ขับเคลื่อนและเพลาที่ถูกขับเคลื่อนขนานกัน เฟืองดอกจอก จะมีฟันอยู่บนพื้นผิวของวงกลมมากกว่าอยู่บนขอบ ซึ่งจะใช้ในการส่งกำลังระหว่างเพลาที่ตั้งฉากกัน

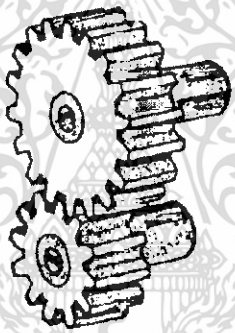
เฟืองหักมุม ก็มีการทำงานที่คล้ายกัน แต่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ทดรอบ ทั้งเฟืองตรง เฟืองดอกจอก และเฟืองหักมุมนั้นสามารถหมุนกลับทิศทางได้ กล่าวคือ เราสามารถขับเฟืองจากปลายอีกด้านหนึ่งของชุดเฟืองทดรอบเพื่อทำให้ความเร็วรอบด้านทางเข้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

เฟืองตัวหนอน จะส่งกำลังในแนวตั้งฉากคล้ายกับเฟืองดอกจอกและเฟืองหักมุมแต่มีการออกแบบที่มีเอกภาพกว่า มีลักษณะคล้ายเกลียวเชือก ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งกำลัง เมื่อเฟืองหมุนเกลียวก็จะประสานกันกับเฟืองตรง (ชุดประกอบที่ใช้ควรเป็นเกลียวทรงกระบอก)

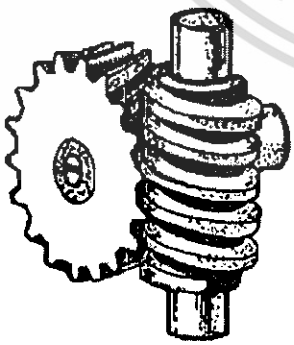
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบของเฟืองตัวหนอนถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้ลดรอบได้ในอัตราสูง เฟืองนี้ไม่สามารถหมุนกลับทิศทางได้ ทำให้เราไม่สามารถขับเคลื่อนเฟืองตัวหนอนโดยการหมุนเฟืองตรงได้ สิ่งนี้เป็นจุดสำคัญ เพราะทำให้ระบบเฟืองตัวหนอนเป็นระบบที่สามารถล็อกได้โดยอัตโนมัติ เฟืองตัวหนอนเหมาะสำหรับใช้เป็นแขนของหุ่นยนต์เพราะเป็นที่ที่เราต้องรักษาตำแหน่งไว้ ถ้าใช้เฟืองแบบอื่น แขนของหุ่นยนต์จะตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงเมื่อเราไม่ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์

เฟืองสะพาน นั้นคล้ายกับเฟืองตรงเวลาที่คลี่ออกมาเป็นแผ่นแบบราบ ซึ่งถูกนำมาใช้เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุน ให้เป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น เฟืองสะพานมีลักษณะเป็นเฟืองที่ล็อกตัวเองได้อีกชนิดหนึ่ง แต่ไม่แข็งแรงเท่ากับที่พบในเฟืองตัวหนอน การต่อเพลาของมอเตอร์เข้ากับเฟือง เฟืองทดรอบ ล้อคาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรเหมือนจะเป็นงานที่ยากที่สุดในบรรดางานทั้งหมด เพราะของมอเตอร์มีหลายขนาด และเพลาที่สร้างขึ้นมาจะใช้ได้กับมอเตอร์ที่ออกแบบไว้เท่านั้น



ก. เฟืองตรง



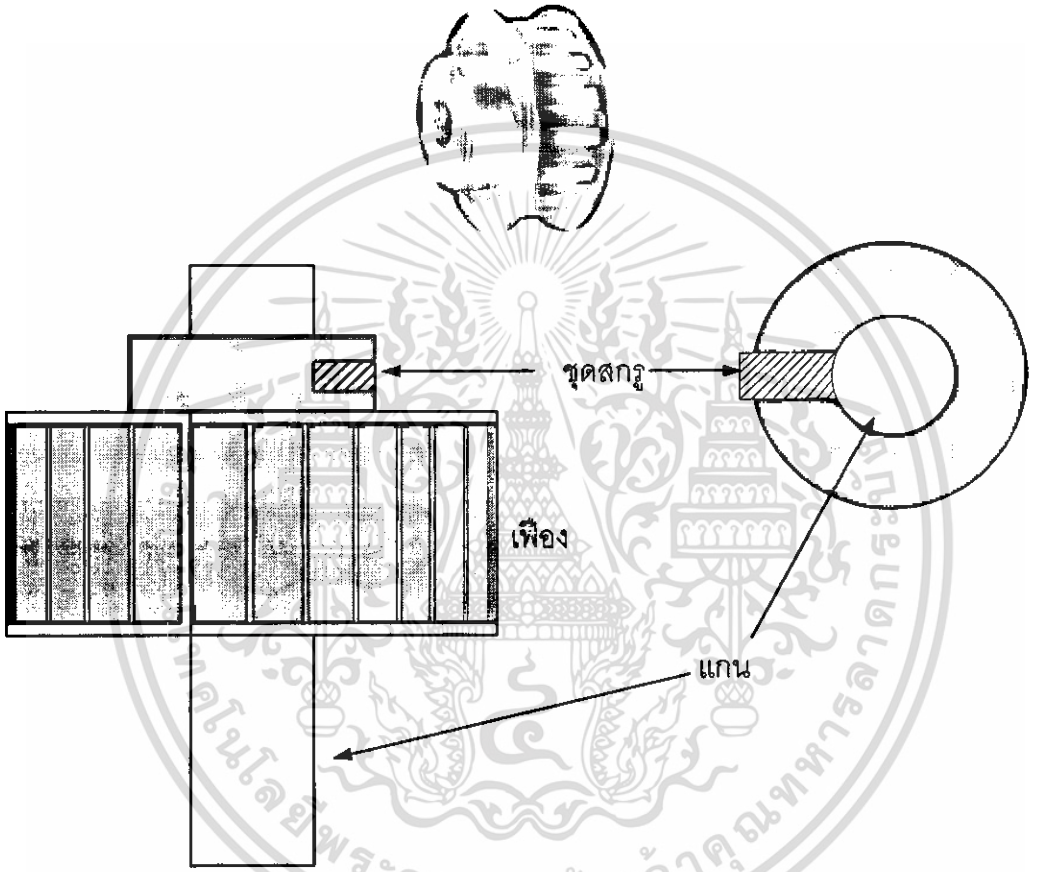
ข. เฟืองตัวหนอน

ค. เฟืองหักมุม

รูปที่ 2.37 ชนิดของเฟืองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อส่วนต่างๆ เช่น เฟืองและโซ่ฟันเฟือง จำเป็นอย่างยิ่งที่เฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองฟันเฟืองนั้นจะต้องมีลักษณะที่สามารถตรึงแน่นเข้ากับเพลาได้โดยใช้ชุดของสกรูดังแสดงในรูปที่ 2.38 เฟืองและโซ่ฟันเฟืองที่มีคุณภาพดีส่วนใหญ่จะมีชุดของสกรูอยู่ในตัวอยู่แล้ว ถ้าเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองไม่มีชุดของสกรูและไม่มีรูไว้ให้ก็จะต้องเจาะรูและทำเกลียวไว้ให้สกรูสามารถยึดติดกันได้



รูปที่ 2.38 การใช้สกรูยึดระหว่างเฟืองกับเพลา

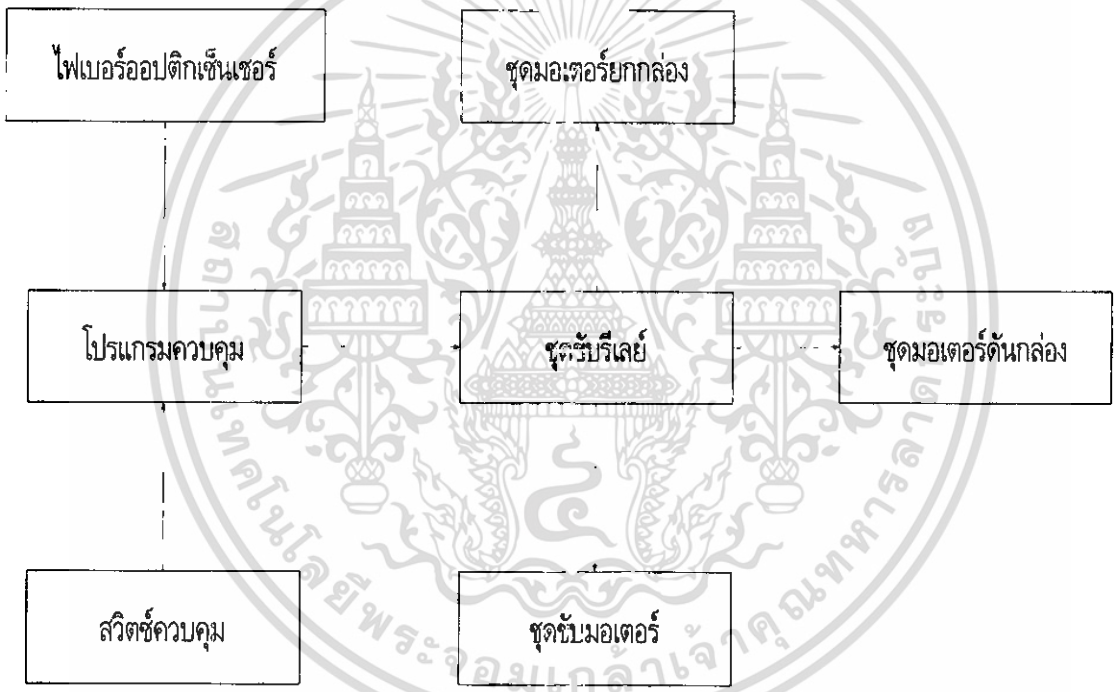
ถ้าเกิดไม่สามารถใช้ชุดของสกรูได้ มี 2 วิธีคือ วิธีแรก ใส่สลักหรือลิ่มเพื่อยึดเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองเข้ากับเพลา วิธีนี้จำเป็นจะต้องเจาะรุใส่สลักที่เพลาและดุม ของเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองไว้ด้วย วิธีที่สองคือ ร้อยเพลาของเฟืองและติดตั้งเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองโดยใช้น็อต และแหวนสปริงที่มีลักษณะเป็น 2 ซีก บางครั้งจำเป็นต้องใช้การร้อยเพลา ในการต่อเพลาเข้ากับล้อซึ่งเมื่อได้ใช้ทั้งสองวิธีนี้แล้วจะพบว่าการร้อยเพลาเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ในการร้อยเพลานั้นจะต้องล็อกเพลาไว้ไม่ให้หมุน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาหับมอเตอร์บางชนิดได้ และต้องตรวจดูด้วยว่าฝุ่นผงจากการตะไบโดยวิธีการเหล่านี้ไม่ตกลงไปในมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัตินี้จะแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญหลักๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนของชุดขับเคลื่อน มอเตอร์ยกกล่อง มอเตอร์ดันกล่อง ส่วนของวงจรควบคุม และโปรแกรมควบคุม ซึ่งแต่ละส่วนนั้นแสดงเป็นผังการทำงานรวมของหุ่นยนต์ดังรูป 3.1



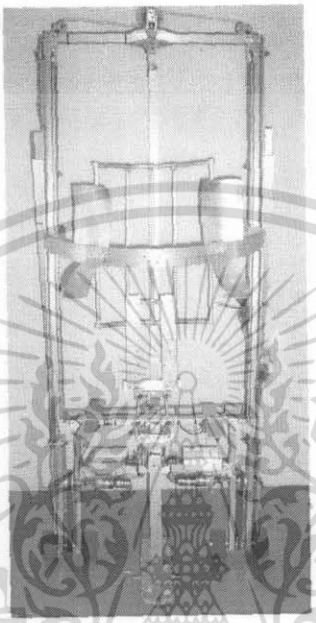
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล้องแบบอัตโนมัติ

เมื่อมีการกดปุ่มสวิตช์เพาเวอร์ และกดสวิตช์ START ตรงแผงควบคุม หุ่นยนต์จะทำงานตามโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะใช้หลักการการเดินแทรกตามจำนวนเส้นโดยมีเซนเซอร์ตรวจจับทิศทางการเดิน ประสิทธิภาพของตัวหุ่นยนต์ยกกล่องนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5.66 เมตร/นาที เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถึงเป้าหมายที่กำหนด หุ่นยนต์จะทำการยกกล่องจากเสาออกก่อนไม่ว่าที่เสาจะมีกล่องว่างหรือไม่เมื่อชุดยกทำงานเสร็จสิ้นแล้วหลังจากนั้นชุดดันกล่องจะทำการดันกล่องจากตัวหุ่นยนต์โดยอัตโนมัติ และจะค้างสถานะการทำงานไว้เป็นอันจบการทำงาน

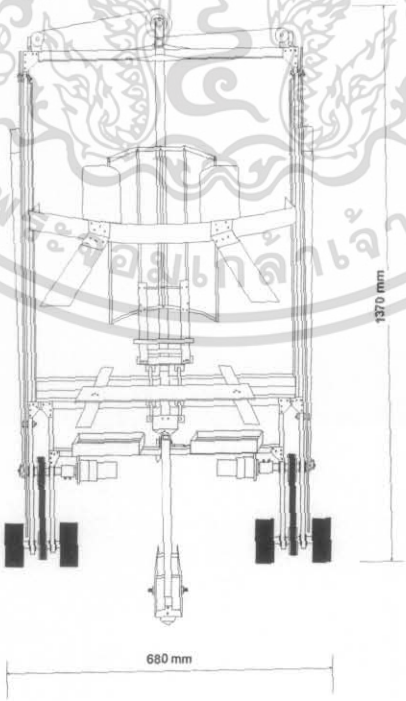
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

การออกแบบหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

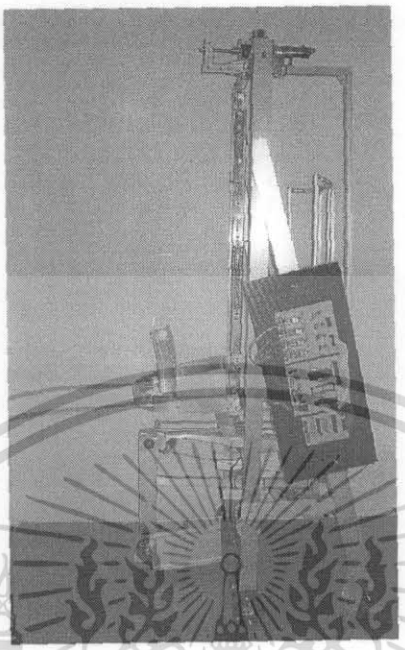


รูปที่ 3.2 รูปด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

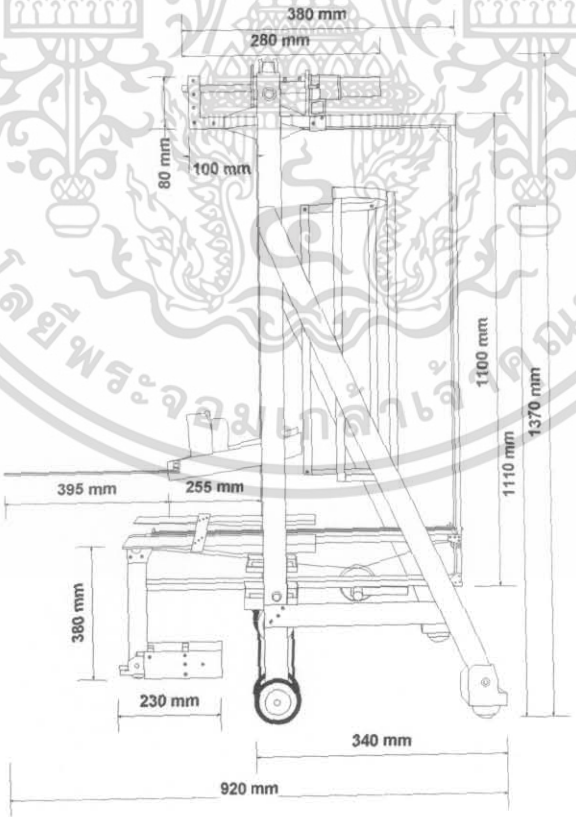


รูปที่ 3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 รูปด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.5 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

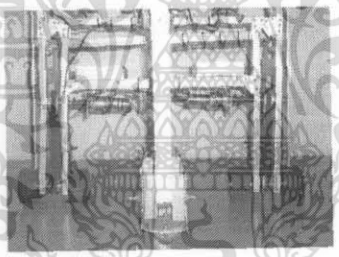
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์

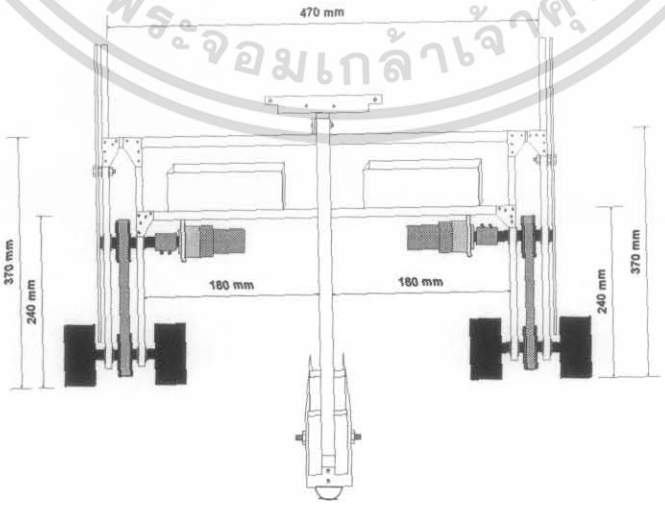
หลังจากกดปุ่มสวิตช์เพาเวอร์และกดสวิตช์ START ตรงแผงควบคุม หุ่นยนต์ยกกล่องจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นแนวตรงด้วยชุดขับเคลื่อน และมีเซนเซอร์ตรวจจับทิศทางการเคลื่อนที่ โดยใช้หลักการการเคลื่อนที่แบบแทรคเส้น เมื่อหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติเคลื่อนที่มาถึงเป้าหมายที่กำหนด ตัวหุ่นยนต์ยกกล่องจะหยุดอยู่กับที่ จากนั้นหุ่นยนต์จะทำการยกกล่องที่อยู่ในเสาออกแล้วหลังจากนั้นก็ทำการดันกล่องที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์ออกไปที่เป้าหมายที่กำหนดทันที เป็นอันจบการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

3.2.2 ชุดขับเคลื่อน

ในส่วนของชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ มีชุดขับเคลื่อน 1 ชุด การทำงานของชุดขับเคลื่อน จะใช้วิธีการขับเคลื่อนสองล้อ ได้แก่ ล้อหน้า 2 ล้อที่ใช้ในการบังคับตัวหุ่นให้เคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา และล้อหลัง 2 ล้อเป็นล้อประคองหลัง ในส่วนด้านหน้าจะมีอีก 1 ล้อเป็นตัวประคองด้านหน้าและเป็นตัวว่าชุดเซ็นเซอร์อีกด้วย ชุดขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Tormax) 12 VDC 2 ตัว ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

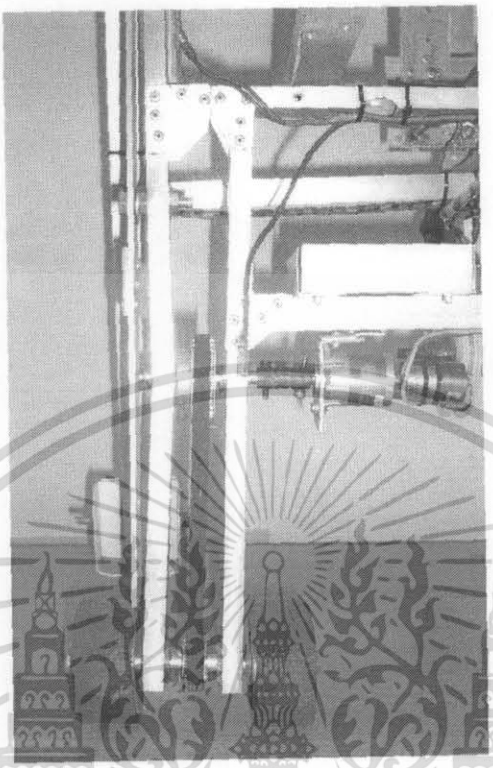


รูปที่ 3.6 ชุดขับเคลื่อนหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

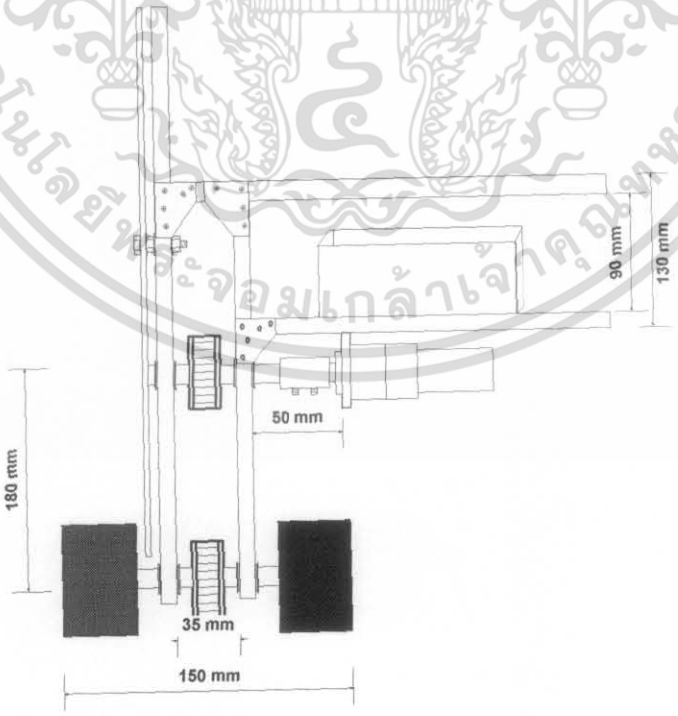


รูปที่ 3.7 ขนาดของชุดขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

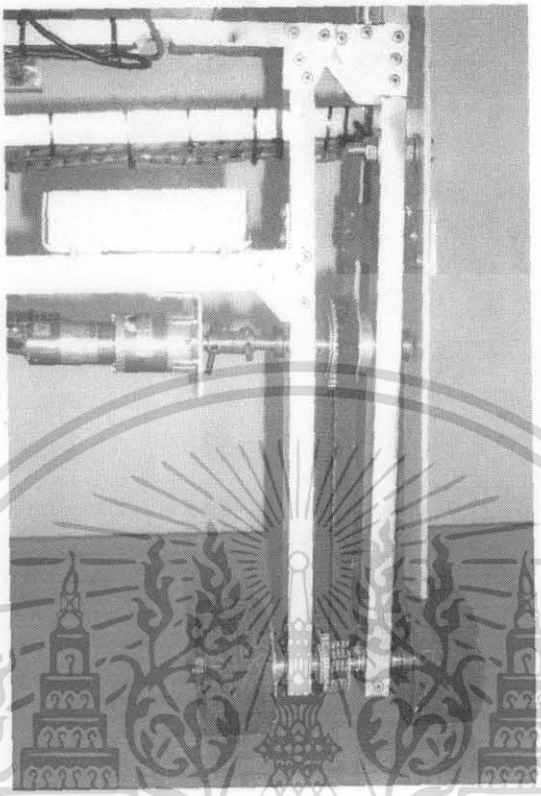


รูปที่ 3.8 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านขวาของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

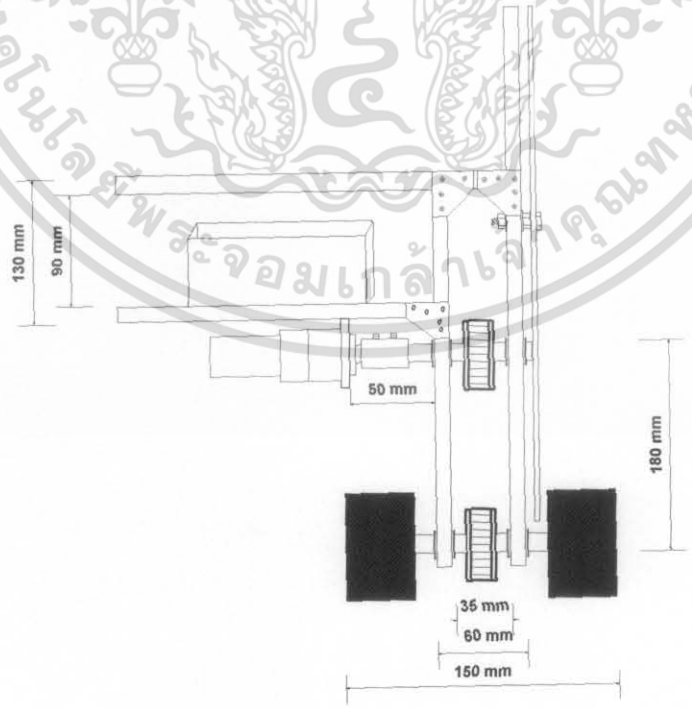


รูปที่ 3.9 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านขวาที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อด้านซ้ายของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

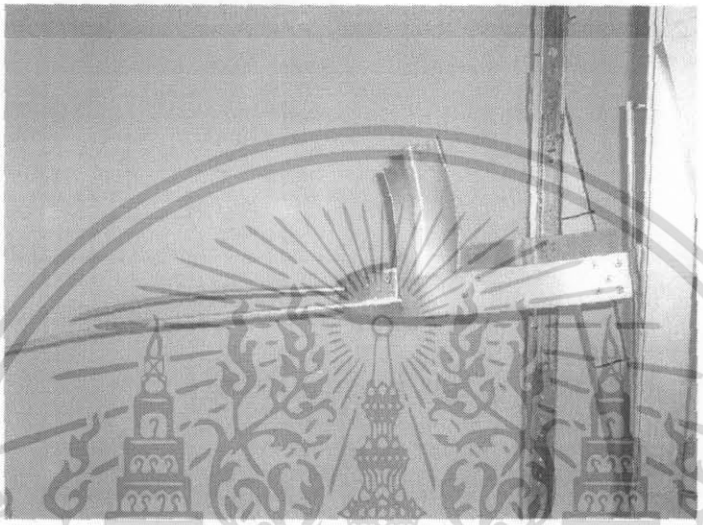


รูปที่ 3.11 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อซ้ายที่ออกแบบ

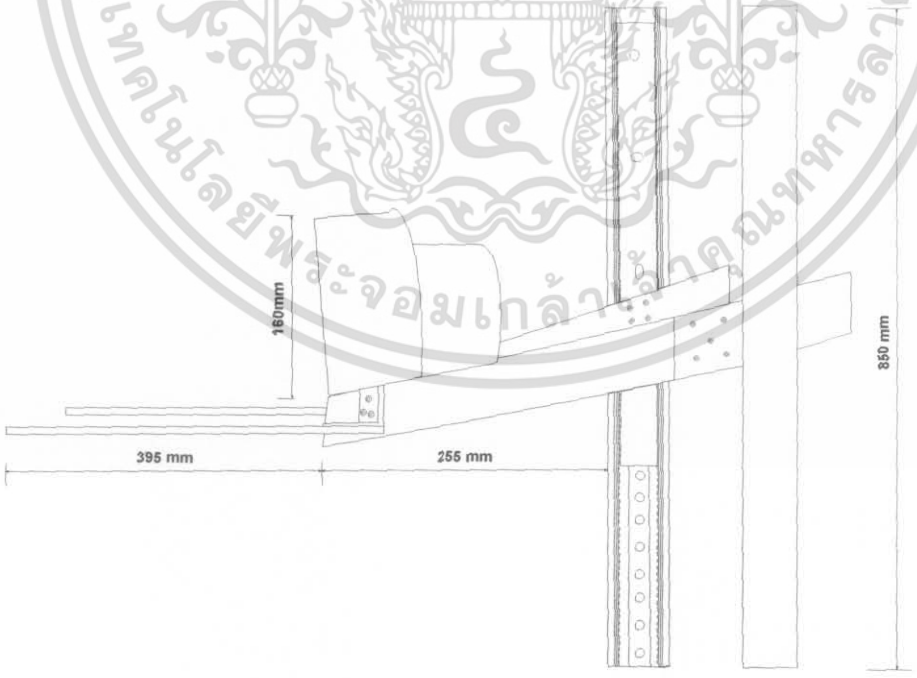
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ชุดยกกล่อง

ชุดยกกล่องจะประกอบไปด้วย มอเตอร์ยกกล่อง รางเลื่อน และสายสลิง ลักษณะของชุดกล่องจะเป็นดังรูปที่ 3.12

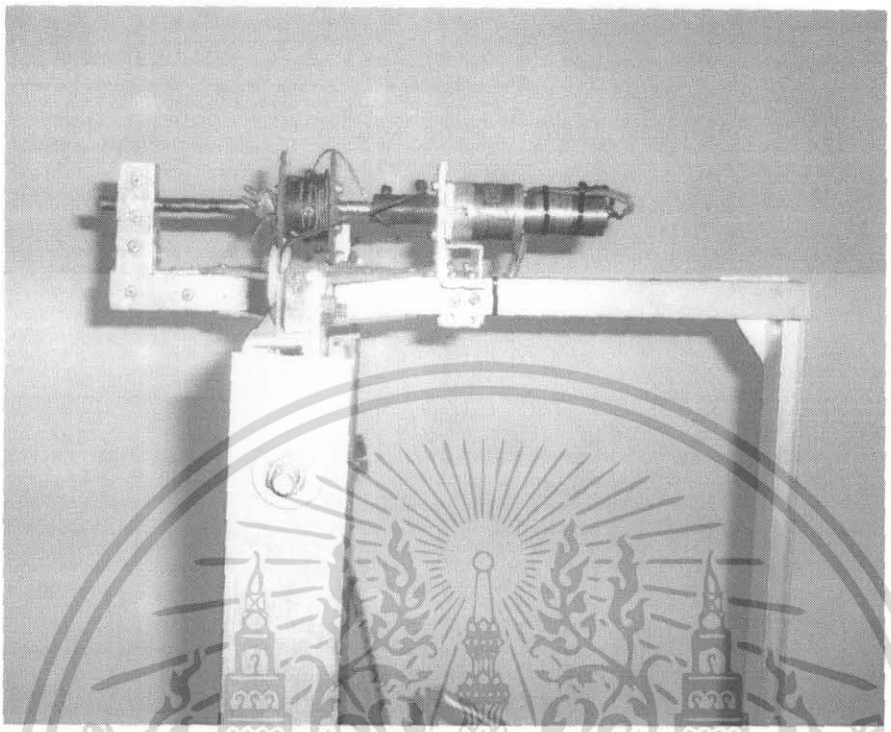


รูปที่ 3.12 ชุดยกกล่องของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

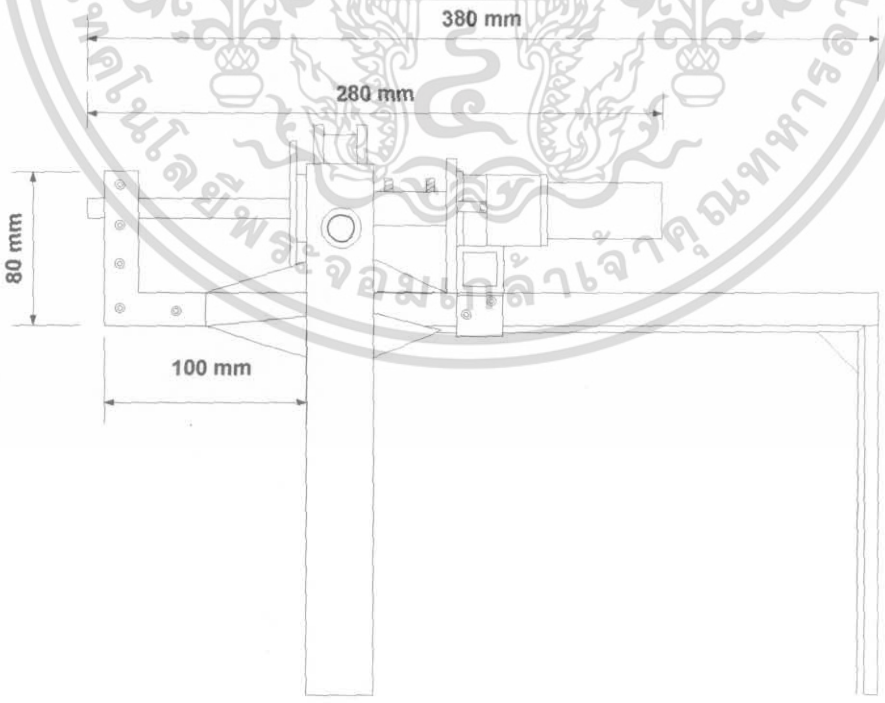


รูปที่ 3.13 ขนาดและลักษณะของชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



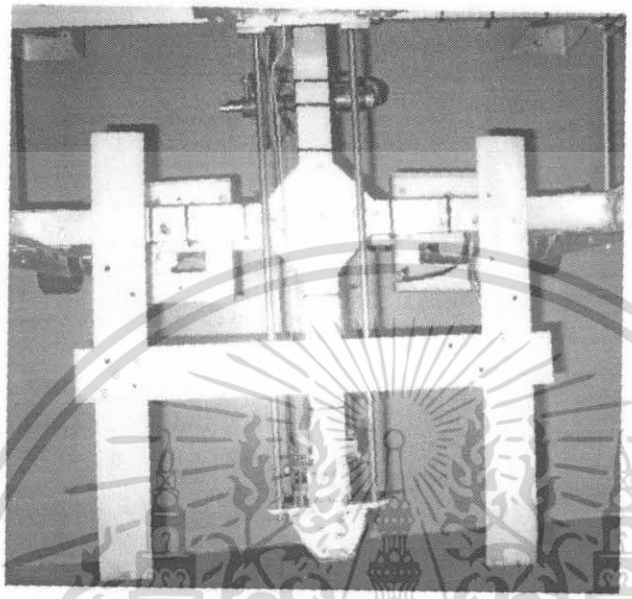
รูปที่ 3.14 ลักษณะของมอเตอร์ควบคุมชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ



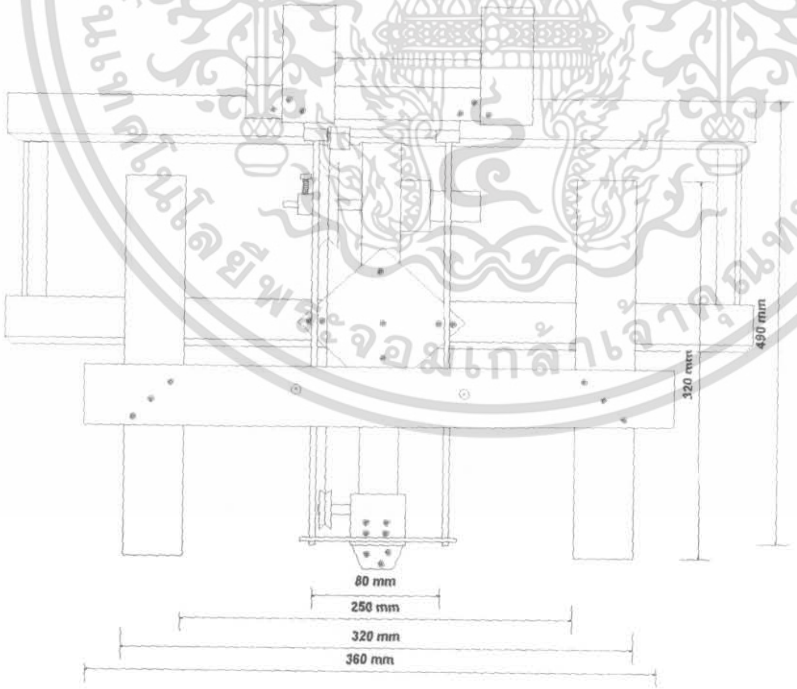
รูปที่ 3.15 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ควบคุมชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ชุดดันกล่อง

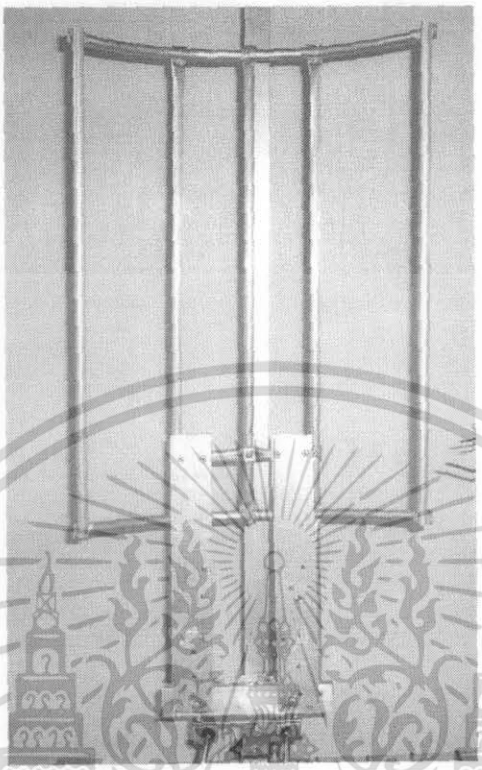


รูปที่ 3.16 ชุดวางกล่องและตัวเคลื่อนกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

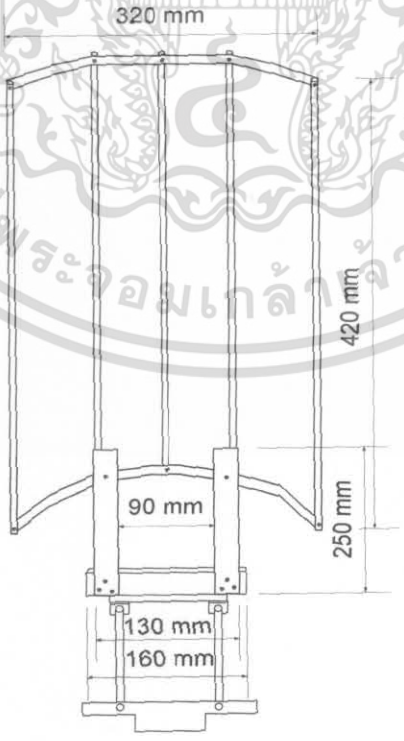


รูปที่ 3.17 ขนาดและลักษณะชุดวางกล่องและตัวเคลื่อนกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

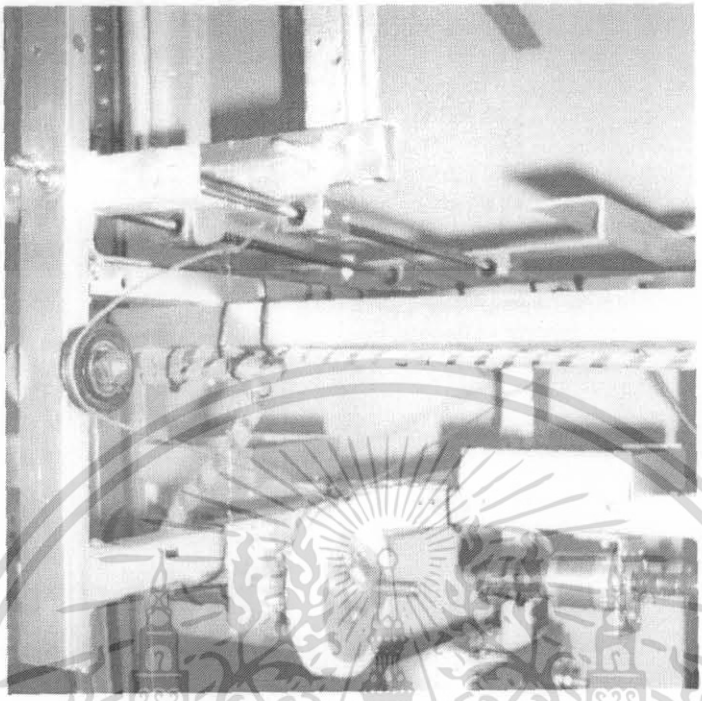


รูปที่ 3.18 ลักษณะของตัวดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

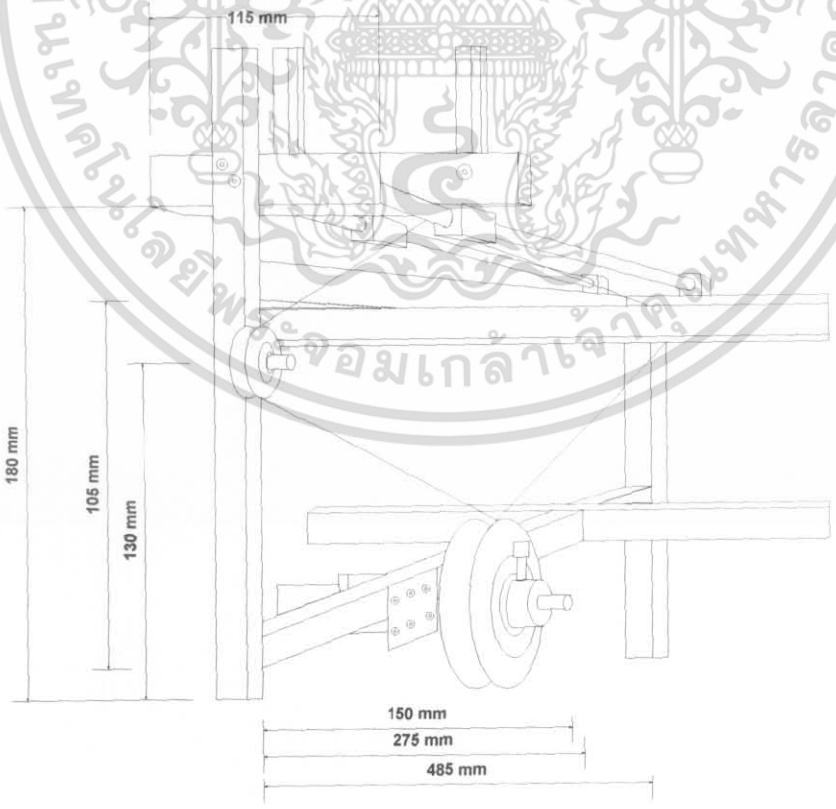


รูปที่ 3.19 ขนาดและลักษณะของตัวดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 มอเตอร์ควบคุมชุดดันกล่อง

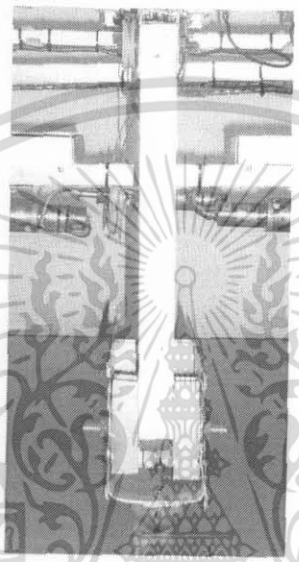


รูปที่ 3.21 ขนาดและลักษณะของมอเตอร์ควบคุมชุดดันกล่องที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ชุดแทรคเส้น

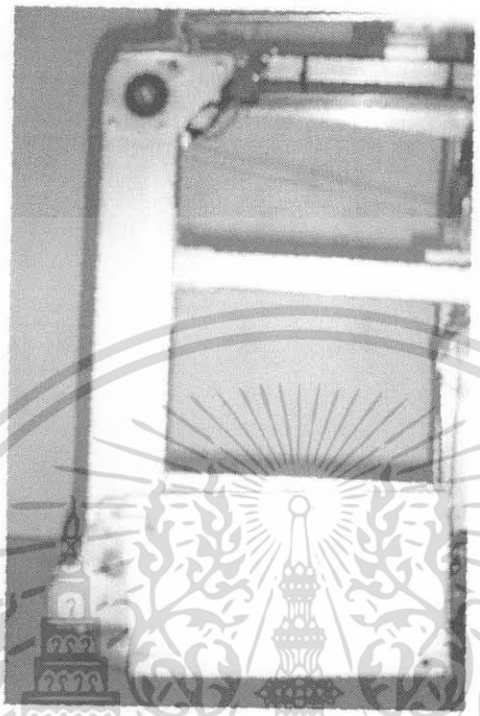
ชุดแทรคเส้นจะประกอบไปด้วย ชุดไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเส้นแต่ละเส้น ลักษณะของชุดแทรคเส้นจะเป็นดังรูปที่ 3.22



รูปที่3.22 ด้านหน้าของชุดแทรคเส้นอัตโนมัติ

รูปที่ 3.23 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของชุดแทรคเส้นของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



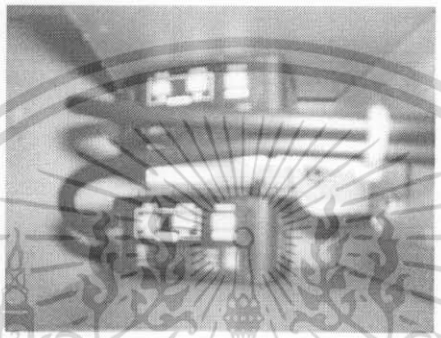
รูปที่3.24 ด้านข้างของชุดแทรคเส้นอัตโนมัติ

รูปที่ 3.25 ขนาดและลักษณะด้านข้างของชุดแทรคเส้นของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.1วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

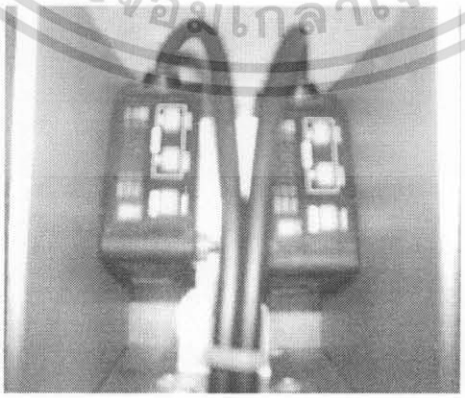
วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจจับสภาวะของเส้นแต่ละเส้นให้ได้สภาวะที่ต้องการโดยใช้การแทรคเส้นเป็นตัวนับจำนวนเส้น ตัวอย่างเช่น ถ้าเลือกเล่นเสาแรกจะตรวจจับเส้นไปเป็นจำนวน14 เส้น แล้วเลี้ยวขวาแทรคเส้นไปอีก 7 เส้น แต่ถ้าเลือกทำคะแนนในเสากลาง จะตรวจจับเส้นไปเป็นจำนวน 14 เส้น แล้วเลี้ยวขวา7เส้นหลังจากนั้นเลี้ยวขวาอีก4เส้นแล้วเลี้ยวซ้ายนับไปอีกเส้นเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน



รูปที่ 3.26 หน่วยเซ็นเซอร์สี (Fiberoptic Sensor Unit)

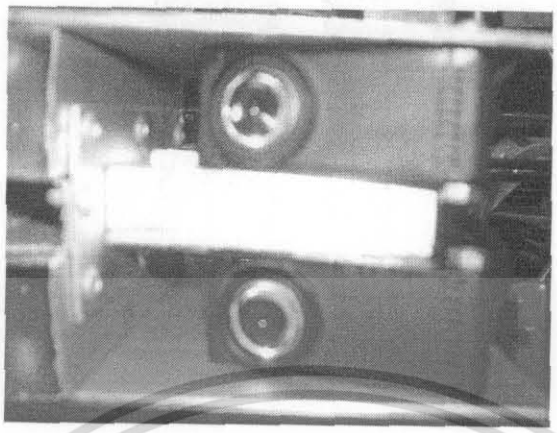
3.2.5.2 การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

การติดตั้งหัวไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ ส่วนหัวเซ็นเซอร์ด้านล่างของฐาน ตรงกลางของชุดขับเคลื่อน เนื่องจากสภาวะลอจิกใช้แทรคเส้นเพื่อที่จะสามารถใช้แยกความแตกต่างของตำแหน่งสีของเส้นระหว่างเส้นสีขาว กับพื้นสีเขียว และต้องมี 2 สภาวะ คือ 0 และ 1 จึงต้องใช้เซ็นเซอร์ที่ให้ข้อมูลได้ 1 บิต วางห่างกัน 4 เซนติเมตร ยิงลำแสงในแนวดิ่งห่างจากพื้น 1 เซนติเมตร การติดตั้งไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ในลักษณะดังกล่าวจะทำให้สามารถแทรคเส้นได้ตามเงื่อนไข

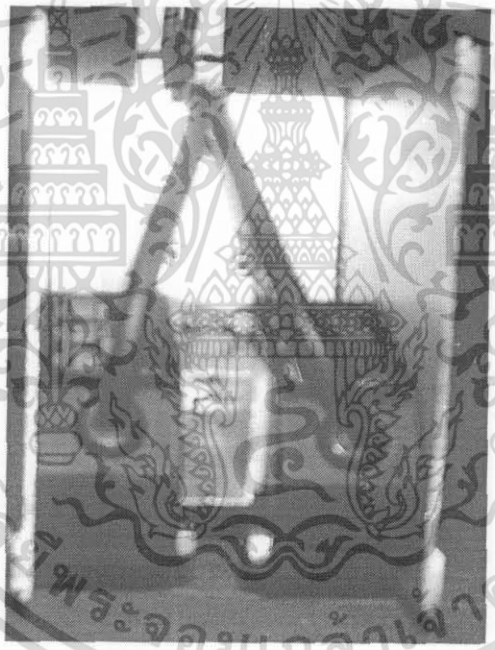


รูปที่ 3.27 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์สีกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านล่าง



รูปที่ 3.29 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้านหลัง

ทั้งสามชุดจะทำงานสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน คือ ชุดขับเคลื่อน ชุดยกกล่องอัตโนมัติและชุดดันกล่อง ชุดขับเคลื่อนจะมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 VDC แบบทดเฟืองกำลังสูง (Tormax) ความเร็ว 20 รอบต่อนาที เป็นตัวขับเคลื่อน และ จะมีชุดไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์เป็นตัวแทรคเส้น โดยจะตรวจจับสภาวะลอจิกให้ได้ตามเงื่อนไข ได้จำนวนเส้นตามที่กำหนดไว้ โปรแกรมก็จะไปสั่งให้ชุดยกกล่องทำงานโดยอัตโมัติเพื่อที่จะยกกล่องที่อยู่ในเสาออกเมื่อส่วนของชุดยกทำงานเสร็จสิ้นแล้วชุดดันกล่องจะทำงานอัตโนมัติดันกล่องที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์ใส่ตัวเสาเพื่อทำคะแนน ในการแข่งขัน

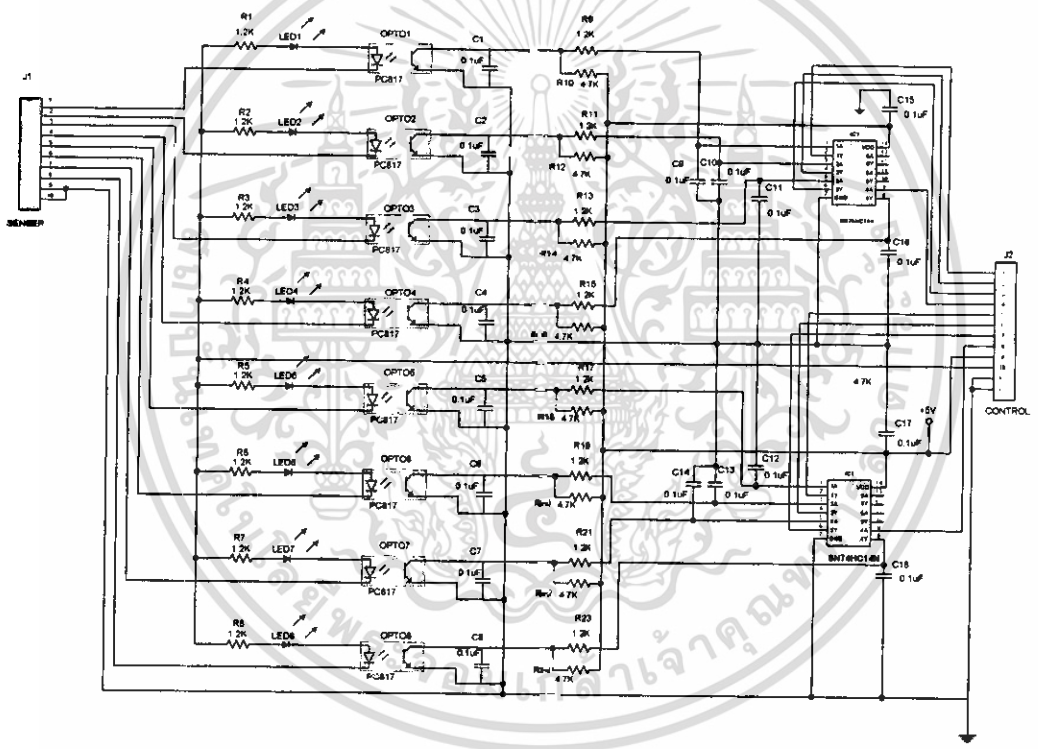
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนวงจรควบคุม

ส่วนวงจรควบคุมจะประกอบไปด้วย วงจรต่างๆ หลายส่วน ได้แก่ วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

3.3.1 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

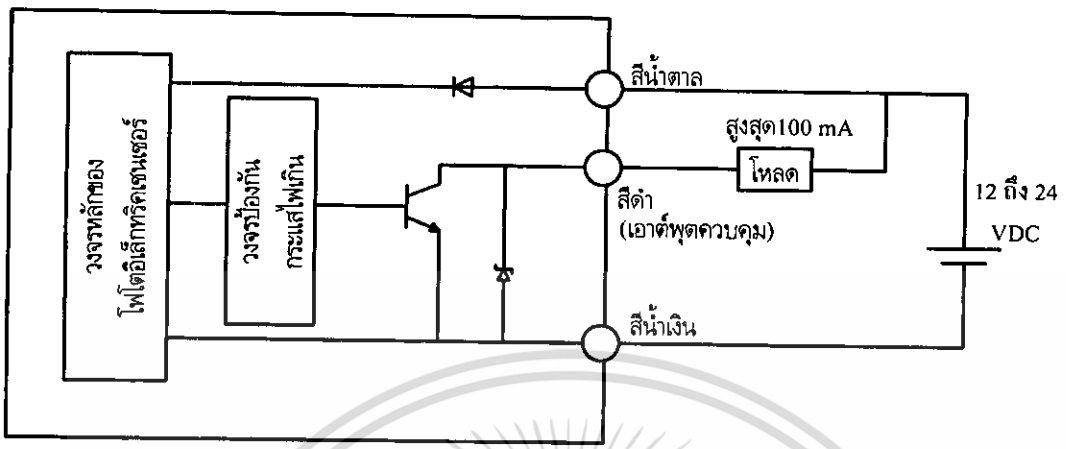
วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ไฟเบอร์ออปติกแล้วส่งสัญญาณไปให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) ทำการประมวลผลต่อไป ลักษณะการต่อวงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์จะมีลักษณะการต่อวงจรตามรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์

อธิบายการทำงานของวงจรตามรูปที่ 3.30 ได้ดังนี้ จากวงจรจะมีสองส่วนคือเซนเซอร์ 1 และเซนเซอร์ 2 ในที่นี้จะขออธิบายในส่วนของเซนเซอร์ 1 เพราะการทำงานจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน ตามวงจรจะเห็นว่ามีไฟบวก 12 โวลต์ ต่อผ่าน R1 และ LED1 เข้าขา 1 ของออปโต้โครงสร้างภายในจะเห็นว่าต่อเข้ากับขาแอโหนดของไดโอด ส่วนด้านแคโถดจะต่อผ่านขา2 ของออปโต้ไปเข้าวงจรภายในเซนเซอร์1 เมื่อเซนเซอร์ 1 ทำงานจะทำให้ไฟบวกที่ต่อไว้มีกระแสไหผ่าน R1, LED1 เข้าขา1 ออกขา2 ของออปโต้ไปครบวงจรที่วงจรภายในเซนเซอร์1 (ดูตามรูปที่ 3.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



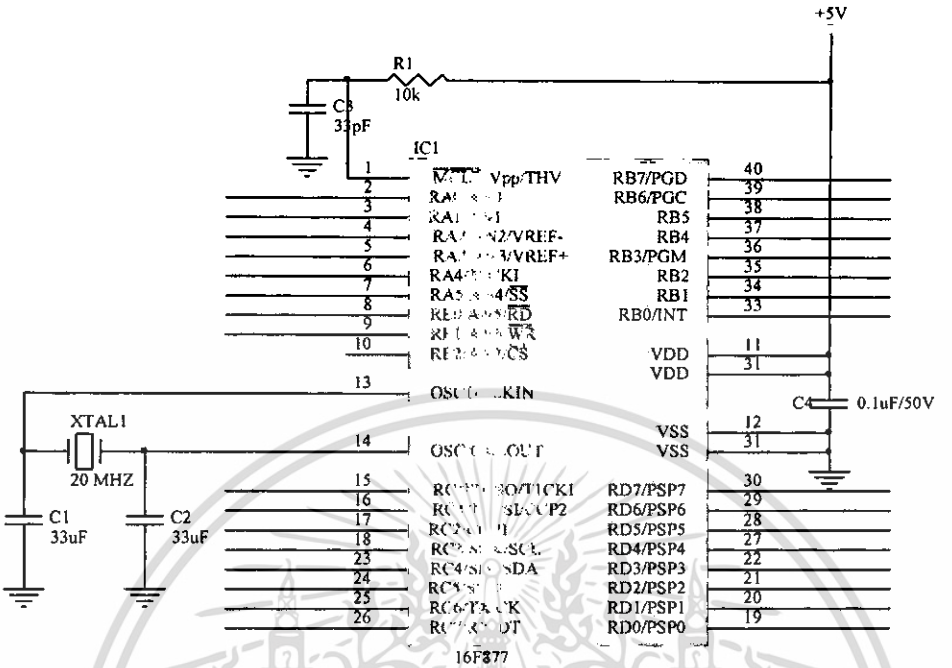
รูปที่ 3.31 วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

ถ้าดูจากโครงสร้างภายในออปโต้แล้วจะเห็นว่า มีไดโอด 1 ตัวและทรานซิสเตอร์ 1 ตัว การทำงานของออปโต้ก็คือ ขาเบสของทรานซิสเตอร์ต้องการกระแสไบแอสจากไดโอด เมื่อไดโอดทำงานก็จะมีกระแสมาไบแอสทรานซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับกระแสไบแอส ทำให้ไฟบวก 5 โวลต์ ที่ต่อกับ R1 มีกระแสไหลผ่าน R1 เข้าขา4 ของออปโต้ออกขา3 ลงกราว์ดครบวงจรการทำงาน แรงดันที่ตกคร่อมขา4 ของออปโต้ตรงจุดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ขึ้นอยู่กับเซนเซอร์ ผลจากแรงดันที่ตกคร่อมขา4 ของออปโต้นี้ มีการเปลี่ยนแปลงได้จากเซนเซอร์ ดังนั้นจึงนำสัญญาณตรงจุดนี้ไปต่อเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) เพื่อนำสัญญาณไปควบคุมการทำงานที่เราต้องการได้

3.3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) นี้ จะใช้ไอซีเบอร์ PIC16F877-20/P หน้าที่การทำงานหลักคือ จะเป็นตัวควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์ทั้งหมด โดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน (ภาษาC) เริ่มตั้งแต่การสตาร์ท ทิศทางการเคลื่อนที่ ระยะทางเท่าไหร่ เมื่อถึงเป้าหมายหุ่นยนต์จะทำงานอย่างไรต่อไป ระบบการทำงานเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมให้เป็นไปตามความต้องการ ลักษณะการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) พื้นฐานจะมีลักษณะการต่อวงจรตามรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 ลักษณะการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

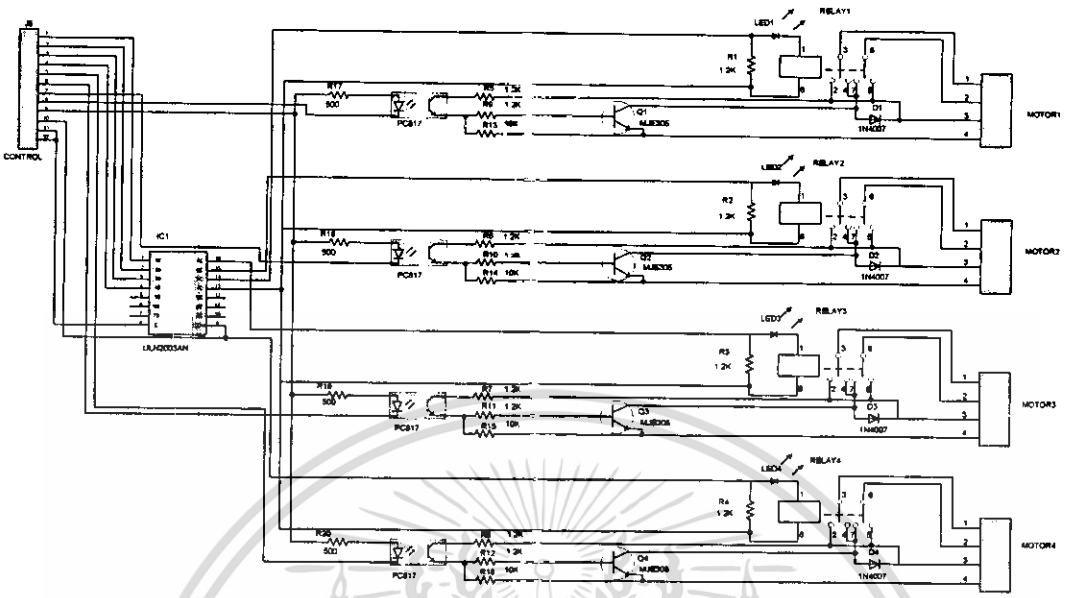
3.3.3 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์

วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์ยกกล่องอัตโนมัติ ชุดยกกล่องและชุดดันกล่องนั้น จะใช้หลังการเดียวกันในการควบคุมมอเตอร์เพื่อที่จะไปให้ถึงเป้าหมายทำการยกกล่องและดันกล่องออกจากตัวหุ่นยนต์ใส่เสาเพื่อทำคะแนน

จากรูป 3.33 การทำงานวงจรควบคุมการขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ ทิศทางการเคลื่อนที่มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- การเคลื่อนที่ไปแนวตรง (เดินหน้า - ถอยหลัง) จะใช้มอเตอร์ 2 ตัว ในการขับเคลื่อน วิธีการการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเราจะจ่ายไฟบวก-ลบ ให้ตรงกับขั้วของมอเตอร์ การเคลื่อนที่ไปข้างหลังเราจะจ่ายไฟบวก-ลบให้ตรงข้ามกับขั้วของมอเตอร์ วิธีการกลับขั้วใช้การสับเปลี่ยนหน้าสัมผัสรีเลย์ ควบคุมการสับเปลี่ยนหน้าสัมผัสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์การยกกล่องและดันกล่อง

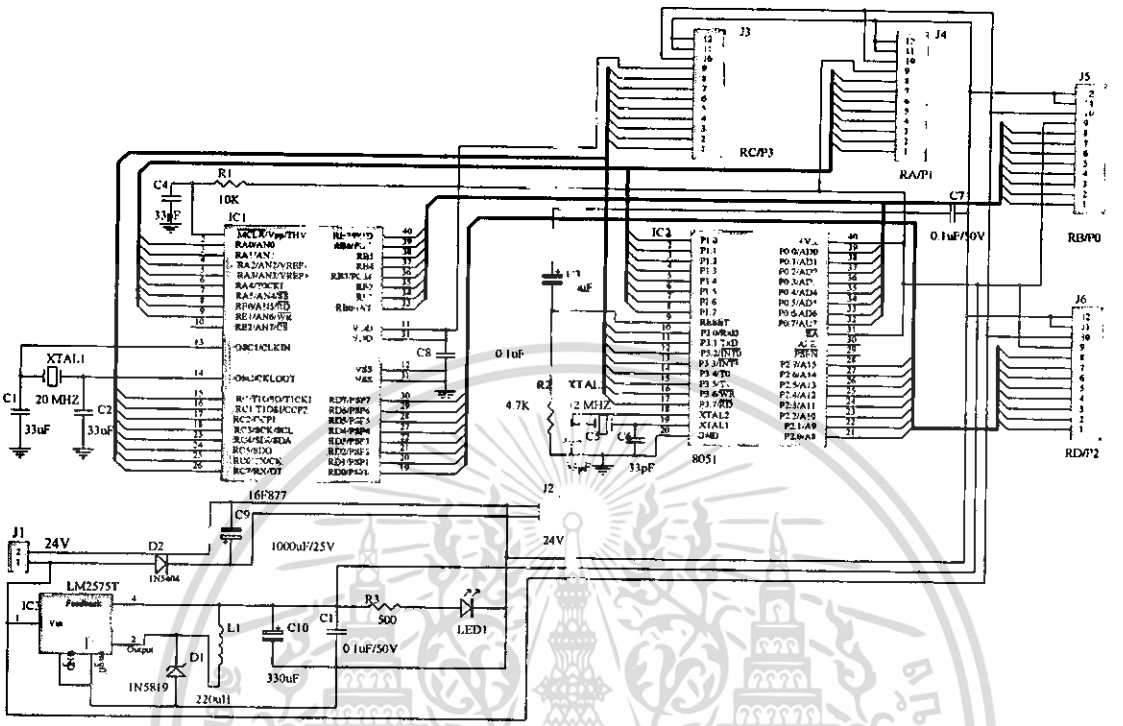
- การเคลื่อนที่เชิงมุม (เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา) จะใช้วงจรเดียวกับการเคลื่อนที่แนวตรง วิธีการเมื่อต้องการเลี้ยวไปทางใดทางหนึ่ง ให้ทำการหยุดมอเตอร์ตัวที่อยู่ด้านที่เราต้องการให้เลี้ยว เช่น ต้องการให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายก็ให้หยุดมอเตอร์ตัวที่อยู่ด้านซ้าย ในกรณีตรงกันข้ามต้องการให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวาก็ให้หยุดมอเตอร์ตัวที่อยู่ด้านขวา การทำให้มอเตอร์หยุดหมุนจะใช้หน้าสัมผัสรีเลย์เป็นตัวสับเปลี่ยน ควบคุมการสับเปลี่ยนหน้าสัมผัสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

จากรูปที่ 3.33 อธิบายการทำงานได้ดังนี้ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณมาที่ขา 2 ของออปโต้ (PC817) จะทำให้มีกระแสไปไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะอยู่ภายในโครงสร้างของออปโต้ (PC817) เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับกระแสไบแอส ทำให้มีกระแสไหลเข้าออปโต้ทางขา 4 ไหลออกทางขา 3 ผ่านความต้านทานไบแอสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานจะทำให้วงจรควบคุมการขับเคลื่อนครบวงจรลงกราวด์ ในส่วนของชุดยกกล่องและชุดดันกล่องก็ทำงานเหมือนกัน

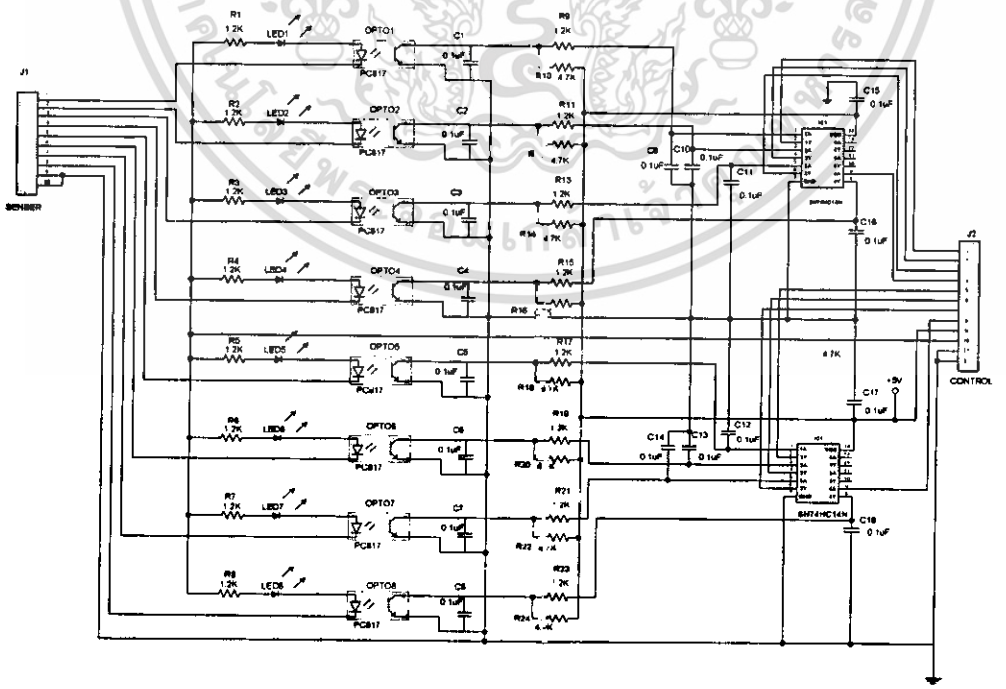
3.3.4 แผงวงจรควบคุมการของหุ่นยนต์

ส่วนของวงจรรวมของหุ่นยนต์ยกกล่องอัตโนมัติ จะมีมอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัว เป็นตัวขับเคลื่อนกลไกเพื่อเป็นกำลังงานเอาต์พุตให้กับตัวหุ่นยนต์ โดยการทำงานของมอเตอร์ทั้งหมดเกิดจากการสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และเมื่อมอเตอร์ทำงาน ชุดกลไกปลายทางก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสถานการณ์ทำงานของกลไกจึงถูกตรวจจับด้วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์เพื่อส่งเป็นสัญญาณป้อนกลับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ประมวลผลต่อไป การทำงานของวงจรรวมและความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

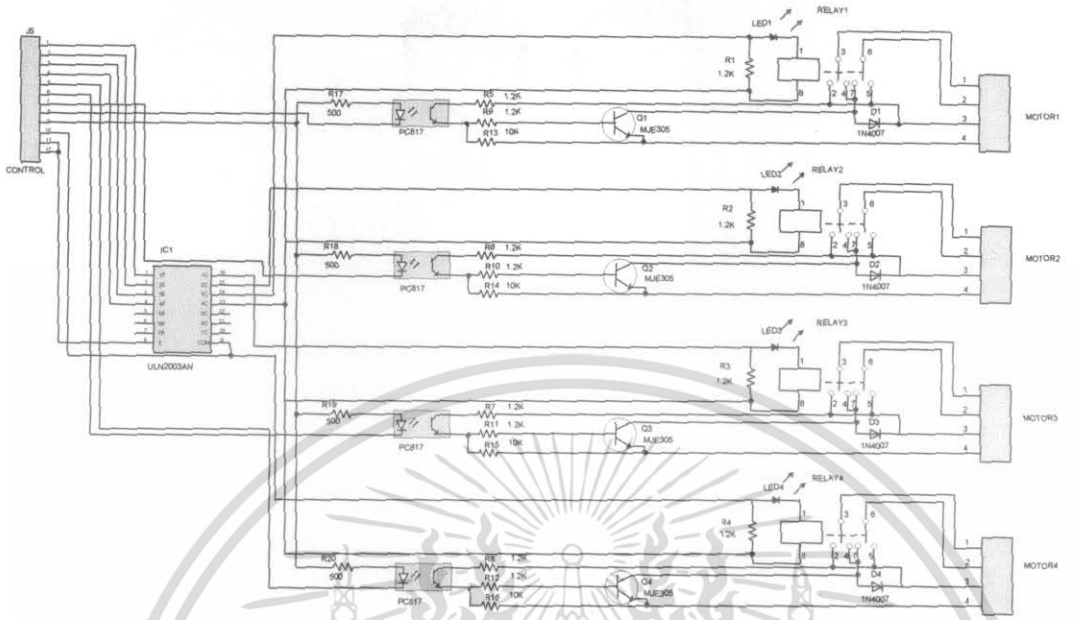


รูปที่ 3.34 วงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม



รูปที่ 3.35 วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

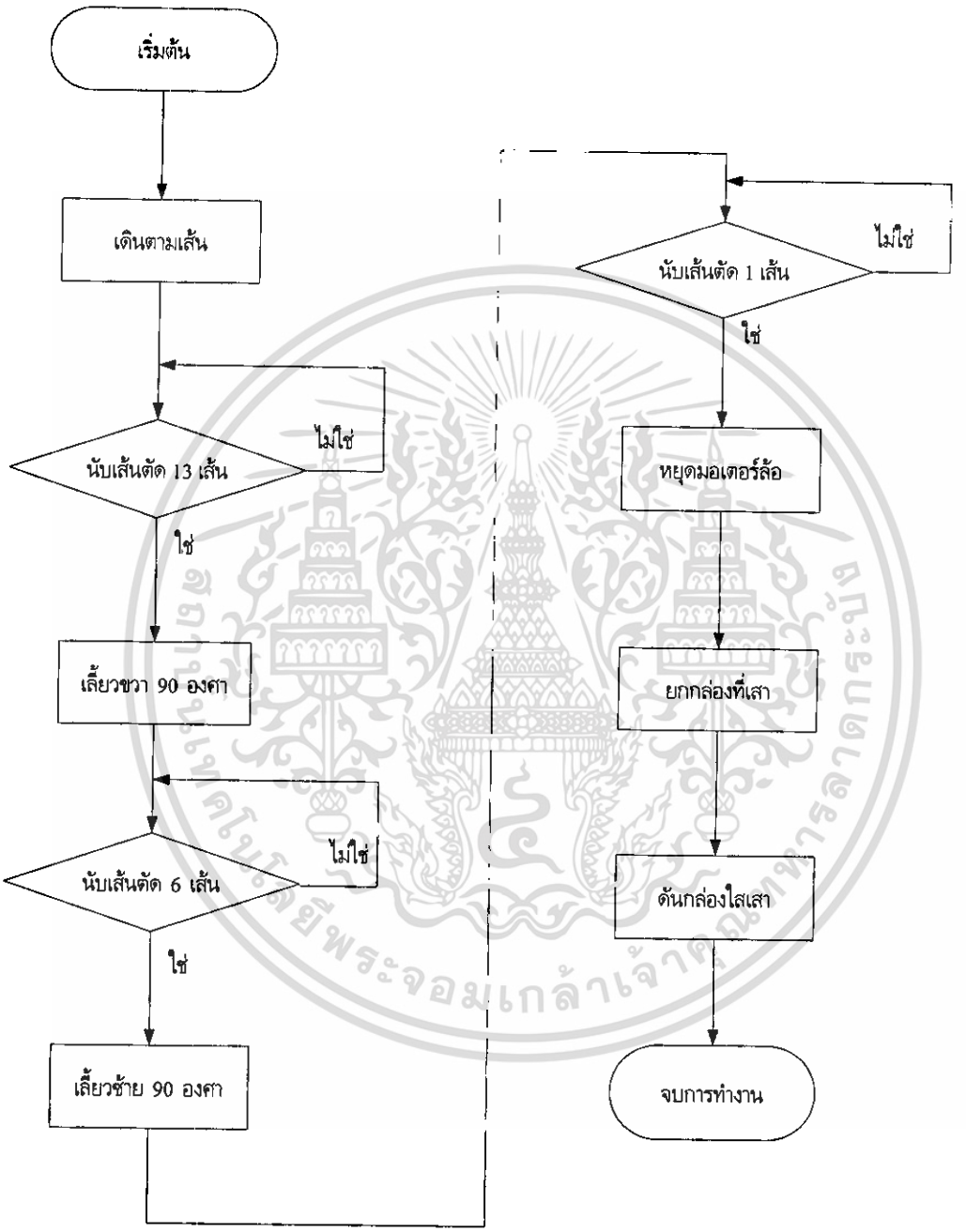
3.4 แหล่งจ่ายแรงดัน (Power Supply)

แหล่งจ่ายแรงดัน ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์ จำนวน 2 ก้อน นำมาต่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และภาคกำลังของมอเตอร์ โดยแยกแบตเตอรี่ออกจากกัน ซึ่งจะให้กำลังงานที่เพียงพอต่อการทำงานของทุกๆ ส่วนของวงจรหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 3.37 แบตเตอรี่ 12 V 1.3 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 โฟล์ชาร์จการทำงาน



รูปที่ 3.38 ผังงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

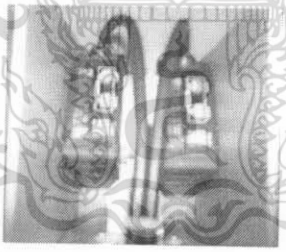
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

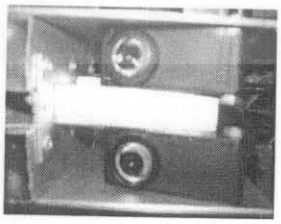
ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของส่วนต่างๆ ของโครงงานหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นว่า มีขีดความสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในตอนต้นหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบผลการทำงานของส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามขีดความสามารถที่กำหนดหรือไม่ และจะสามารถทำการแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนที่จะประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์สำเร็จได้ ในการทดลองจะแบ่งการทดลองชุดการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ ชุดเซ็นเซอร์แสง ชุดโปรแกรมควบคุม ชุดการเดินตามเส้น ชุดยกกล่อง ชุดดันกล่อง

4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

4.2.1 การทดลองชุดเซ็นเซอร์แสง



ก. หน่วยประมวลผลเซ็นเซอร์แสง



ข. การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสง

รูปที่ 4.1 ชุดเซ็นเซอร์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ติดตั้งหัวเซ็นเซอร์บริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์

1.2) ติดตั้งตัวเซ็นเซอร์แสงและเชื่อมต่อสายไฟเบอร์ออปติก ระหว่างหัวเซ็นเซอร์กับตัวเซ็นเซอร์แสง

1.3) วางตัวหุ่นยนต์ในตำแหน่งเส้นและหัวเซ็นเซอร์อยู่ที่ด้านข้างของเส้นทั้ง 2 ข้าง

1.4) จ่ายแรงดัน 24 โวลต์ให้กับวงจร และตั้งค่าสีให้เข้าโหมดการตรวจวัดวัตถุ

1.5) เลื่อนตัวหุ่นกับเส้นและวัดสภาวะลอจิกค่า 1 บิต จากเอาต์พุตของตัวเซ็นเซอร์

2. ผลการทดลอง

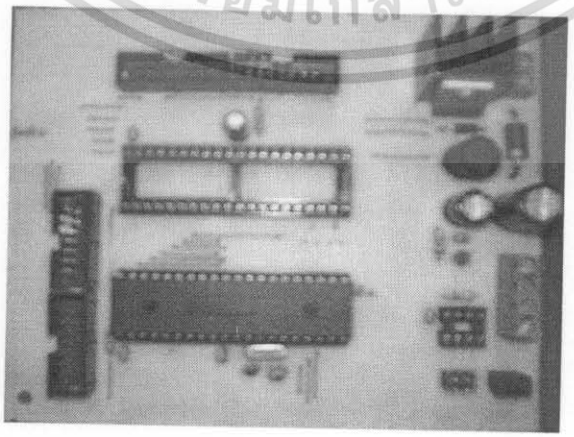
จากผลการทดลอง แป้นสีแต่ละตำแหน่งจะได้สภาวะลอจิกเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตำแหน่งสีของสนามแข่งขันกับสภาวะลอจิกที่ได้จากเซ็นเซอร์

ตำแหน่งสีของสนามแข่งขันหุ่นยนต์	สภาวะลอจิกเอาต์พุต
ขณะอยู่ที่สีขาว	0
ขณะอยู่ที่สีเขียว	1

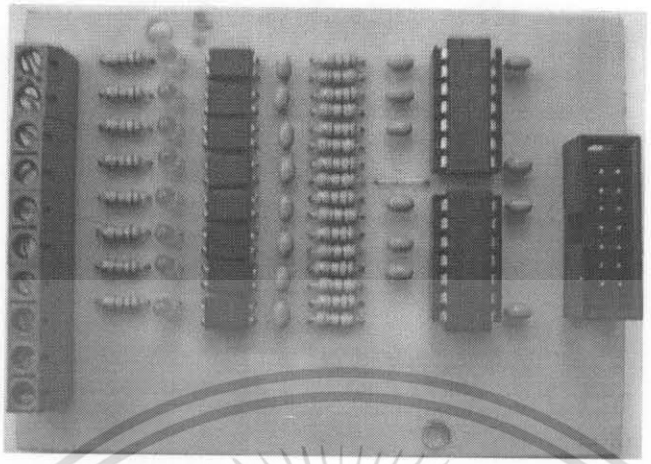
ค่าลอจิกที่ได้สามารถบอกความแตกต่างตำแหน่งสีของเส้นได้ คือ สภาวะขณะที่อยู่ระหว่างสีขาวกับสีเขียว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถจะนำค่าของลอจิกมาประมวลผล ในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ล้อของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงสามารถนำค่าลอจิกที่ได้จากการทดลองไปสร้างเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมได้

4.2.2 การทดลองโปรแกรม

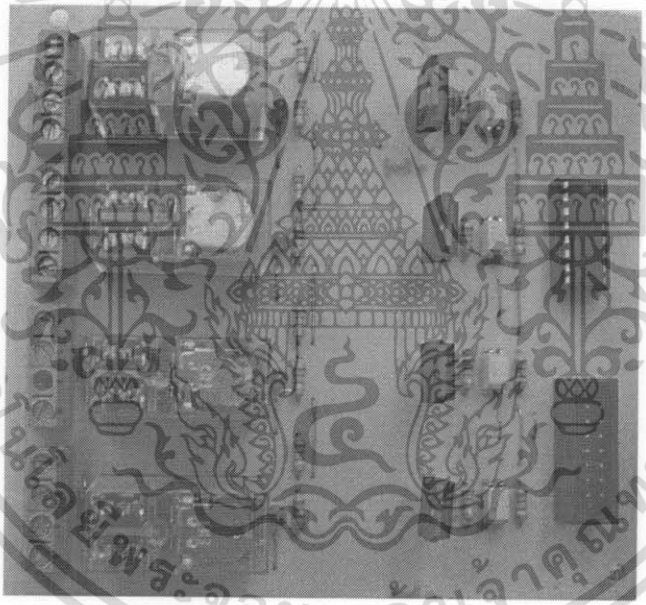


รูปที่ 4.2 แผงวงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผงวงจรชุดรับสัญญาณจากเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม



รูปที่ 4.4 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยภาษาซีโดยโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2) จำลองค่าของอินพุทแทนเซ็นเซอร์ แล้วใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาท์พุทของวงจร

1.3) ทดสอบโปรแกรมในเบื้องต้นด้วยการดู สถานะภาพการเปลี่ยนแปลงของรีเลย์ ค่าแรงดันเอาท์พุท

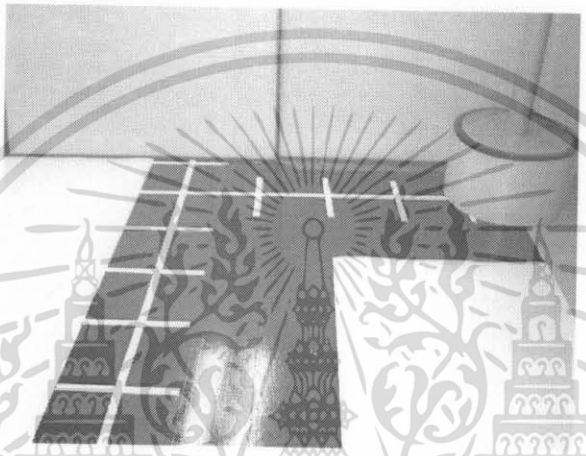
1.4) บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะได้สัญญาณของเอาต์พุตไปใช้งานในส่วนล้อ ชุดยกกล่อง และชุดดันกล่อง ของหุ่นยนต์โดยแต่ละเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่าอินพุต และลักษณะการทำงานของโปรแกรม

4.2.3 ชุดการเดินตามเส้น



รูปที่ 4.5 สนามจำลองในการทดสอบ

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยภาษาซีโดยรับสัญญาณอินพุทมาจากเซ็นเซอร์

1.2) ประกอบวงจรเข้ากับชุดเซ็นเซอร์แสง ชุดมอเตอร์ล้อ

1.3) จ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์ให้วงจร

1.4) ทดลองตัวหุ่นยนต์โดยไม่ได้บรรจุกล่อง และทดลองตัวหุ่นยนต์โดยบรรจุจำนวนกล่อง 2 กล่อง

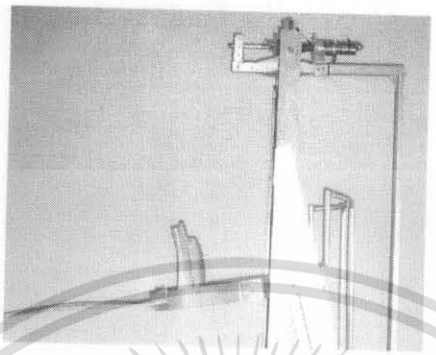
1.5) เปิดสวิตช์ต่อวงจรทดลองและบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองตัวหุ่นยนต์ที่ไม่ได้บรรจุกล่อง และตัวหุ่นยนต์ที่บรรจุจำนวนกล่อง 2 กล่อง ในการเดินตามเส้น ได้ผลจากการทดลองจะไม่มีความต่างกัน เพราะว่าแรงบิดของมอเตอร์มีค่าสูงในการต้องรับน้ำหนักเพียง 1 กิโลกรัมจึงไม่มีผลใดๆ ในการเดินตามเส้นนั้นหุ่นยนต์จะมีตัวเซ็นเซอร์ในการพาตัวหุ่นถึงเสาใส่ทำคะแนนกล่องที่อยู่ในเสาก็ถูกยกออกและทำการดันกล่องที่อยู่ในตัวของหุ่นยนต์ออกจากตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองชุดยกกล่อง



ก. ลักษณะการติดตั้งชุดยกกล่องของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ

ข. การยกของชุดยกกล่อง

รูปที่ 4.6 ชุดยกกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบชุดรางเลื่อน ตัวยกกล่อง มอเตอร์ยกกล่อง และสายสลิง

1.2) ติดตั้งสายเคเบิลและสวิตช์เปิด-ปิดตัดวงจร เพื่อจำลองการควบคุมจากส่วนโปรแกรมควบคุม

1.3) วางตัวหุ่นยนต์ในแนวตรงกับบริเวณเสา

1.4) จ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์ให้วงจร

1.5) ทำการทดสอบโดยให้ชุดยกกล่องยื้นเข้าไปในเสา

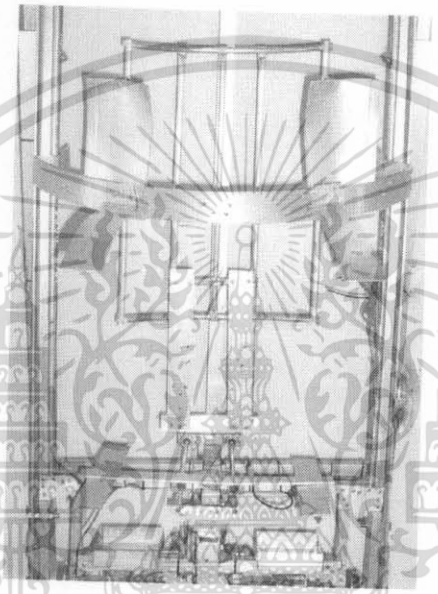
1.6) เปิดสวิตช์ต่อวงจรทดลองและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปผลได้ว่าแรงยกกล่องของชุดยกกล่องสามารถที่จะยกกล่องได้จำนวน 2 กล่องที่มีน้ำหนักรวม 1 กิโลกรัมได้ โดยมีมอเตอร์เป็นตัวดึงชุดยกกล่องขึ้นไป

4.2.5 การทดลองชุดดันกล่อง



รูปที่ 4.7 ชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบชุดเลื่อน ฐานว่างกล่องกล่อง มอเตอร์ดันกล่อง สายสลิงและรอก

1.2) ติดตั้งสายเคเบิลและสวิตช์เปิด-ปิดตัดวงจร เพื่อจำลองการควบคุมจากส่วนโปรแกรมควบคุม

1.3) วางตัวหุ่นยนต์ในแนวตรงกับบริเวณเสา

1.4) จ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์ให้วงจร

1.5) ทำการทดสอบโดยให้ชุดดันกล่องที่มีกล่องบรรจุอยู่ภายในดันกล่องใส่เสา

1.6) เปิดสวิตช์ต่อวงจรทดลองและบันทึกผลการทดลอง

2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปผลได้ว่าแรงดันกล่องของชุดดันกล่องสามารถที่จะดันกล่องได้จำนวน 2 กล่องที่มีน้ำหนักรวม 1 กิโลกรัมได้ โดยมีมอเตอร์เป็นตัวดึงชุดดันกล่องให้กล่องไปอยู่ที่เสาได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติเป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยส่วนกลไกและส่วนควบคุม ส่วนกลไกเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถกระทำการต่างๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ นั่นคือ เคลื่อนที่ ยกกล่องและดันกล่อง กลไกส่วนต่างๆ อาศัยการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลัก โครงสร้างส่วนใหญ่ของตัวหุ่นยนต์ทำจากอะลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบา แข็งแรง ง่ายต่อการขึ้นรูป ประกอบ และแก้ไขปรับปรุงโครงสร้าง

ส่วนควบคุมใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) ในการควบคุมการทำงาน โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีป้อนเข้าไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำงานตามลำดับขั้นตอนและเงื่อนไขที่กำหนดตั้งแต่เริ่มต้นสตาร์ทหุ่นยนต์ ใช้ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์คอยตรวจจับเส้น ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์จะป้อนเข้าสู่วงจรอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนไว้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกที่พอร์ตเอาต์พุตผ่านวงจรรีเลย์ไปขับมอเตอร์เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่กำหนด

ส่วนของชุดยกกล่องจะใช้มอเตอร์เป็นตัวดึงตัวยกกล่องโดยจะประกอบด้วยตัวยกกล่องรางเลื่อนสายสลิง และมอเตอร์ที่ใช้ในการยกกล่องออกจากเสา โดยน้ำหนักที่ยกได้ประมาณ 1 กิโลกรัม หลังจากยกจนถึงจุดที่กำหนดชุดดันกล่องจะทำการดันกล่องใส่เสา ชุดดันจะสามารถดันกล่องที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ พบว่า หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติมีประสิทธิภาพโดยรวมดังนี้

- ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ
- วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 5.66 เมตรต่อนาที จากจุดเริ่มต้นถึงเสาใช้เวลาประมาณ 2 นาที
- ทำคะแนนได้สูงสุด 10 คะแนนจากกล่องจำนวน 2 กล่อง
- การทำงานของหุ่นยนต์ตั้งแต่เริ่มต้นสตาร์ทจนกระทั่งทำงานเสร็จสิ้นใช้เวลาประมาณ 2.30 นาที

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้าง ทดสอบ และนำโครงงานเข้าร่วมการแข่งขันพบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ และได้ดำเนินการแก้ไขไปแล้ว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **ปัญหา** ความเร็วในการวิ่งของขับเคลื่อนหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติมีค่าไม่สูงมากเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์มีจำนวนรอบต่อนาทีไม่สูงมาก
   วิธีการแก้ไข เปลี่ยนมอเตอร์ขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ให้มีจำนวนรอบต่อนาทีสูงขึ้น เพื่อเพิ่มความเร็วในการวิ่งของหุ่นยนต์
2. **ปัญหา** ชุดเพลาล็อกล้อกับมอเตอร์เกิดการคลายตัว ทำให้การเดินของหุ่นมีความเอียง ทำให้หุ่นยนต์เสียเวลาในการปรับตัวหุ่นยนต์ให้ตรงตามเส้นทาง
   วิธีการแก้ไข ทำการเจาะรูระหว่างล้อกับแกนเพลาให้ทะลุ เพื่อที่จะใช้น๊อตในการขันล็อกทำให้หมดปัญหาของการคลายตัวของล้อ
3. **ปัญหา** เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ บางส่วนทำงานไม่ตรงกับที่ต้องการเกิดจากระดับความสูงของตัวเซ็นเซอร์ที่ไม่สามารถการใช้งานที่ต้องการ
   วิธีการแก้ไข ปรับระดับความสูงของเซ็นเซอร์
4. **ปัญหา** วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการควบคุมเป็นแบบเดินสายไฟต่อกับตัวของอุปกรณ์ในวงจรซึ่งทำให้ในการตรวจแก้ไขทำได้ยาก
   วิธีการแก้ไข ออกแบบลายวงจร PCB ลงแผ่นปริ้นและนำอุปกรณ์มาลงในแผ่นปริ้น
5. **ปัญหา** ออปโต้เซ็นเซอร์ของชุดนำร่องหุ่นยนต์ที่ใช้ในตอนแรกเป็นตัวปรับชนิดแอนะลอกซึ่งใช้งานยากและเสถียรภาพไม่คงที่
   วิธีการแก้ไข เปลี่ยนตัวปรับออปโต้เซ็นเซอร์ของชุดนำร่องหุ่นยนต์เป็นชนิดดิจิตอลซึ่งใช้งานง่ายกว่า และมีเสถียรภาพคงที่มากกว่า
6. **ปัญหา** แบตเตอรี่ที่ใช้งานในตอนแรกมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ทำให้เปลืองเนื้อที่และน้ำหนักเกินพิกัดที่กำหนดไว้ในกติกา
   วิธีการแก้ไข เปลี่ยนไปใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กลง แต่มีกระแสไฟเพียงพอต่อการใช้งาน เพื่อช่วยลดปัญหาเรื่องน้ำหนักและเนื้อที่ในการติดตั้ง

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1. พัฒนาส่วนกลไกและส่วนควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้หลายๆ ทิศทางหรือสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ ได้
2. พัฒนาส่วนของความเร็วมอเตอร์ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ซูซึกิ ยาสุฮิโร. **คู่มือ ก้าวแรกสู่การแข่งขันหุ่นยนต์ (Robot Contest)**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทค - โนโลยี่(ไทยญี่ปุ่น). 2546

ทรงพล มงคลจีระวัฒน์. **Fundamental of Robotics**. กรุงเทพ : สถาบันไทย-เยอรมัน. 2548

ผศ.อำนาจ ทองผาสุก.**การควบคุมมอเตอร์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มนัส สถิรจินดา. **โลหะนอกกลุ่มเหล็ก**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2526

มานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว.**วัสดุช่างอุตสาหกรรม : สำหรับระดับปวช., ปวส. ช่างอุตสาหกรรม, ช่างอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2539.

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. **เรียนรู้และสร้างหุ่นยนต์อย่างง่าย**. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2548

เปรมฤทัย ฉัตรอมรรัตน์. **เริ่ม ก ข... สร้างหุ่นยนต์**. กรุงเทพฯ : ชัยวัฒน์ เพรส. 2548

ไชยชาญ หินเกิด. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง**.กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

Gordon Mccomb. **เส้นทางสู่นักประดิษฐ์หุ่นยนต์**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี่(ไทย-ญี่ปุ่น).2547

www.tpa.or.th. **กติกาการแข่งขัน** : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทยญี่ปุ่น).

http://process-equipment.globalspec.com/datasheets/1821/PanasonicElectricWorks

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf

http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/uln2003a.pdf

http://www.circuitsonline.net/forum/view/message/264284

http://w3.id.tue.nl/fileadmin/id/objects/E-Atelier/doc/Datasheets/Transistoren/mje3055.pdf

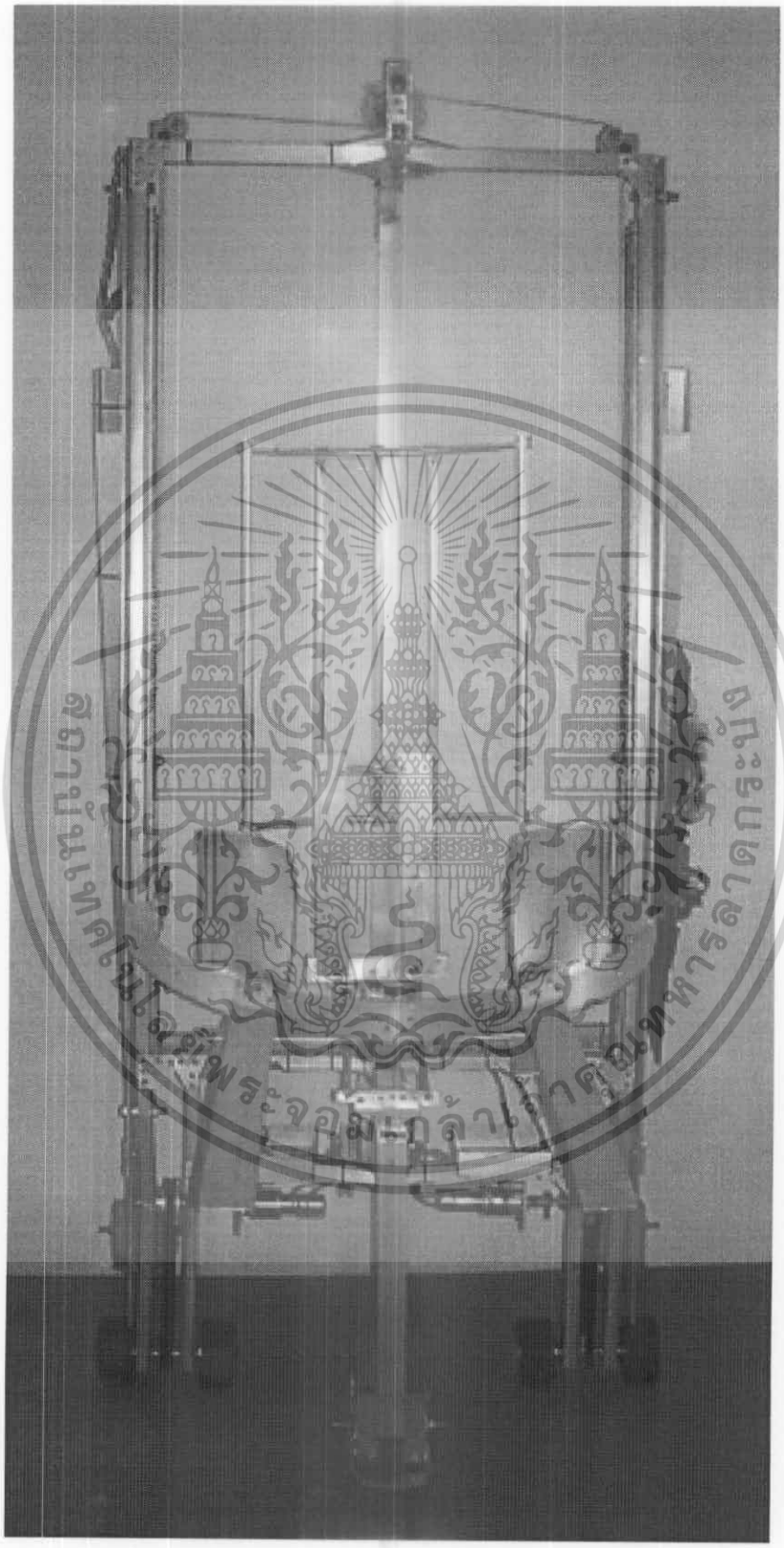
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf

http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc14.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

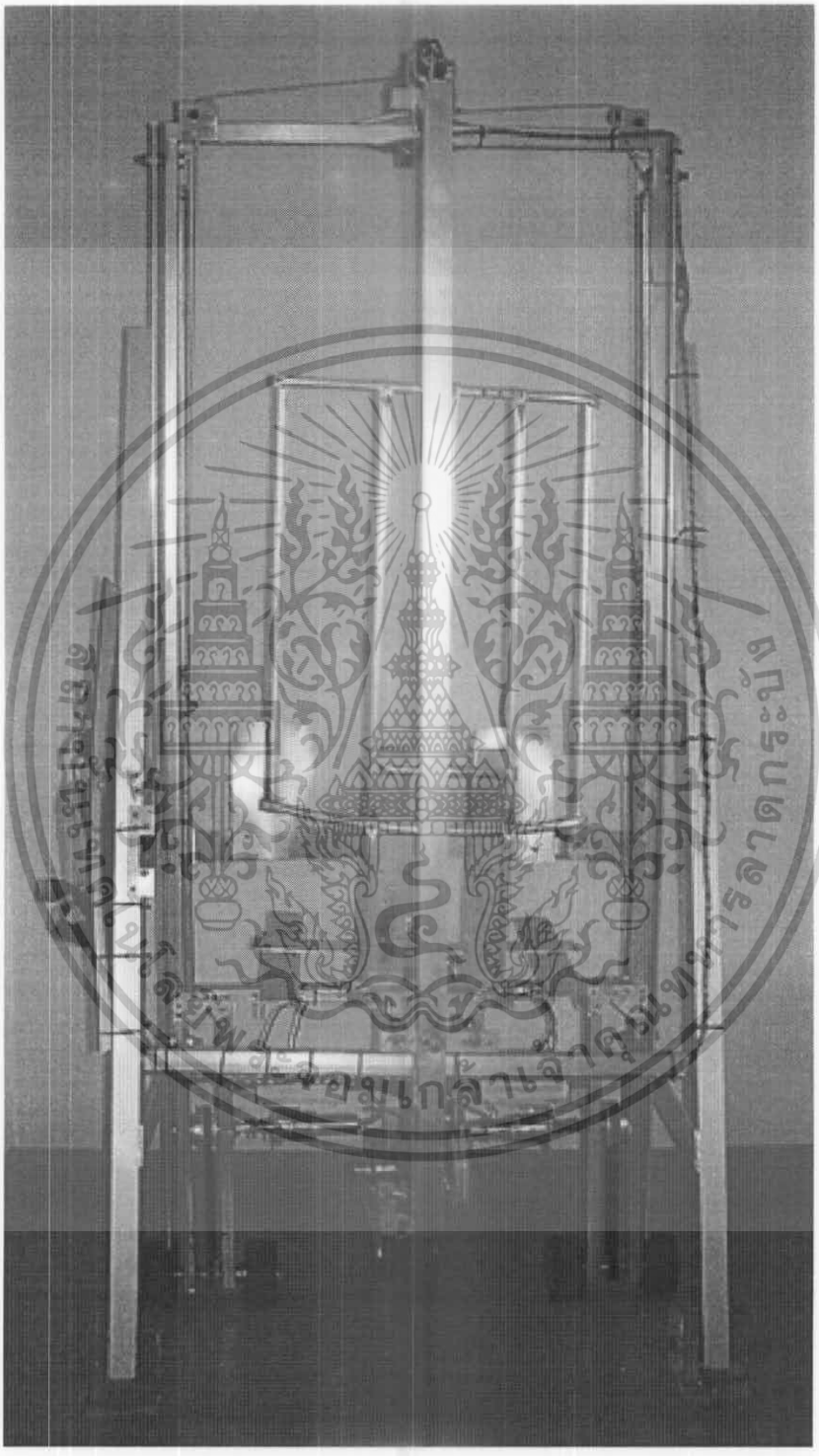
ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

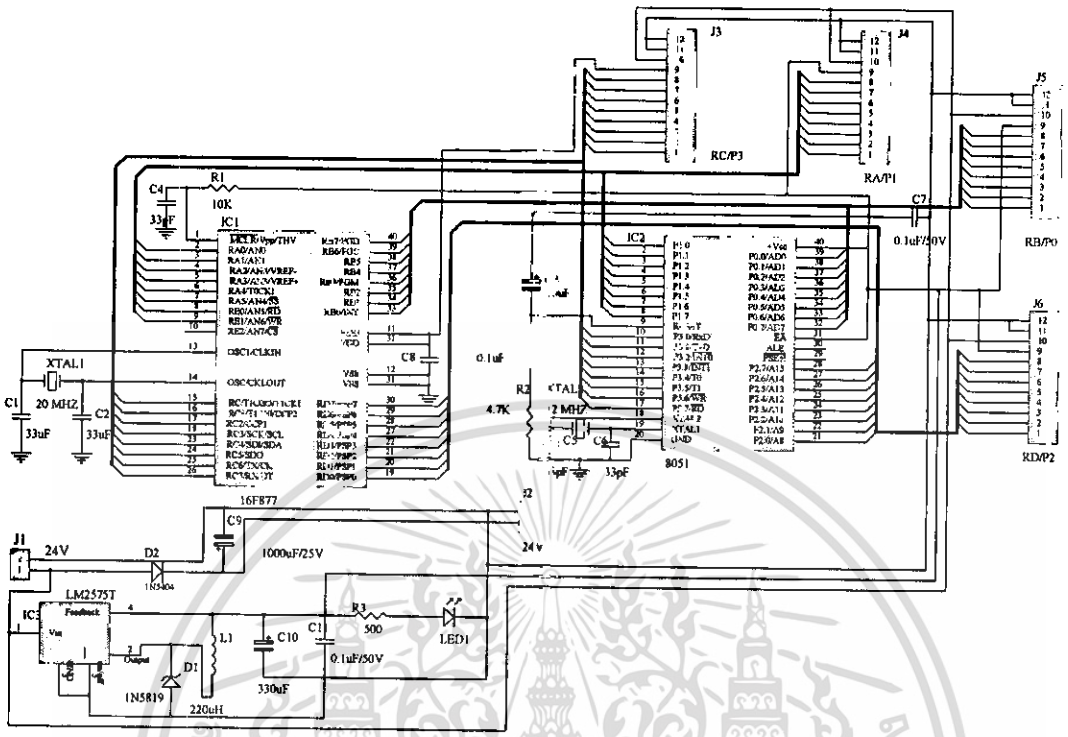
รูปที่ ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

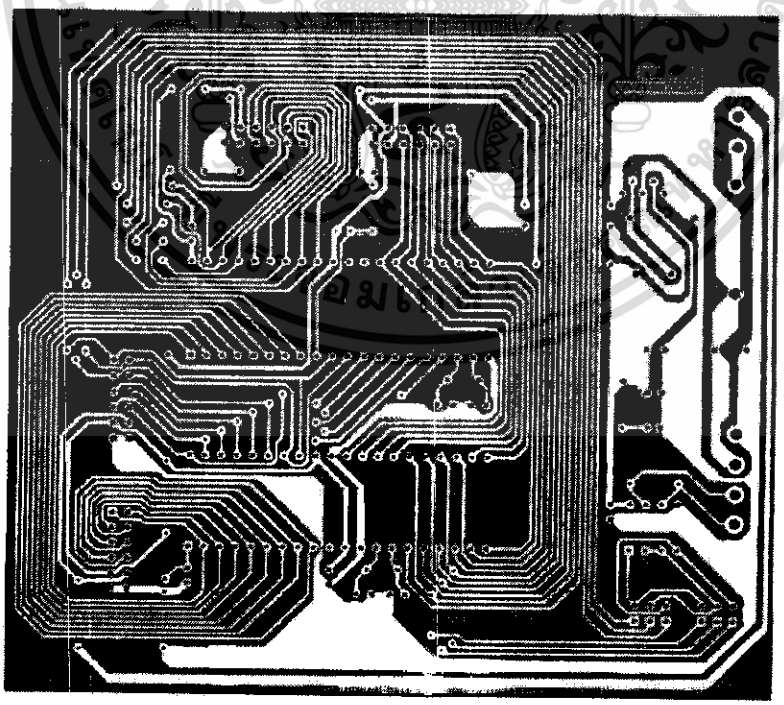
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

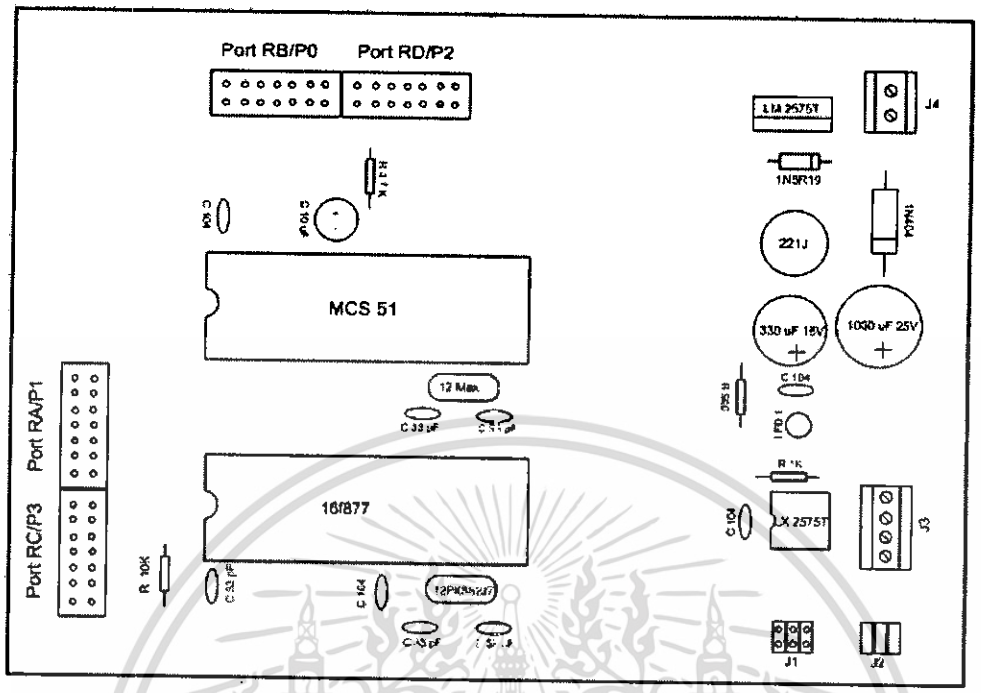


รูปที่ ข.1 วงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม

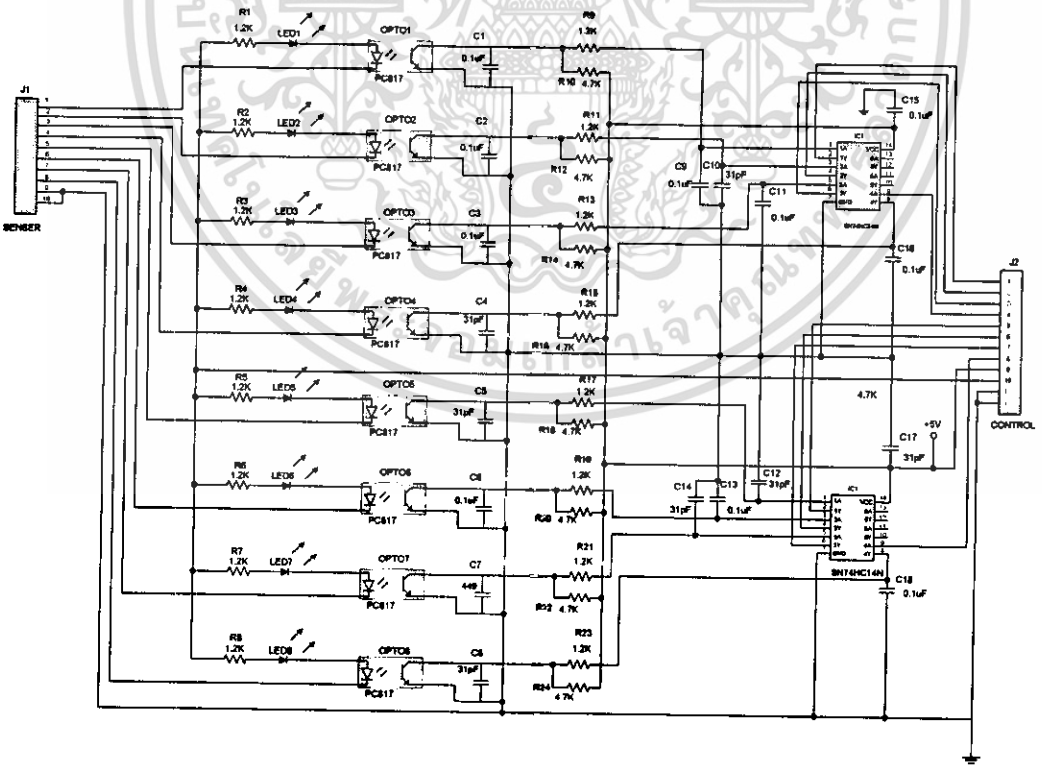


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครคอนทรอเลอร์ที่ใช้ในการทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

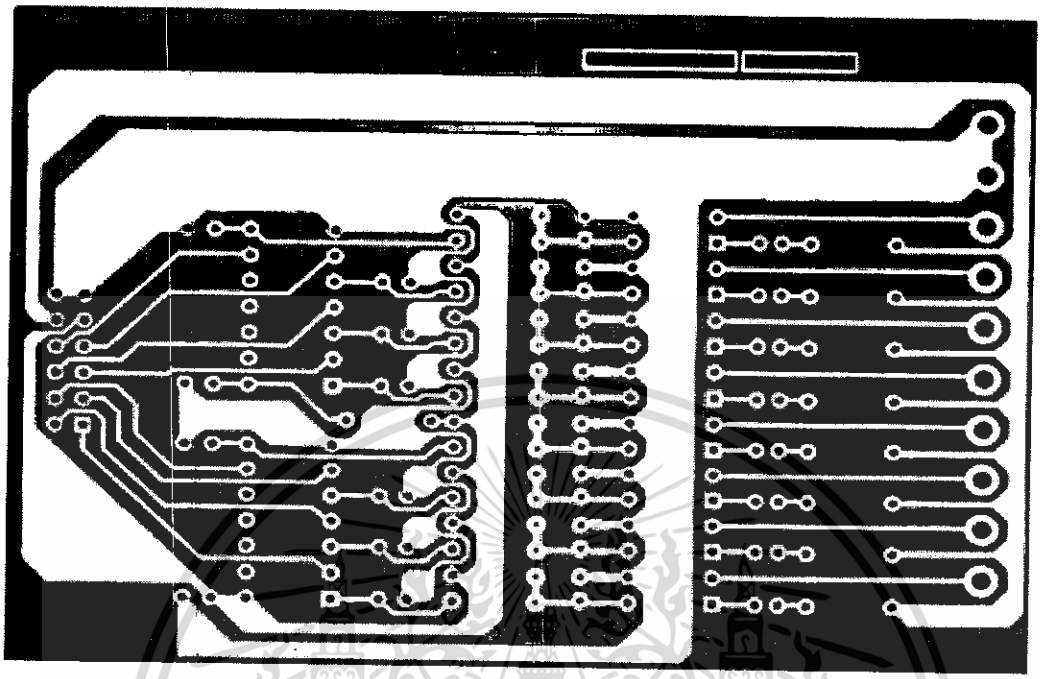


รูปที่ ข.3 แผงวงจรไมโครคอนทรอเลอร์ที่ประกอบใช้ในการทดลองโปรแกรม

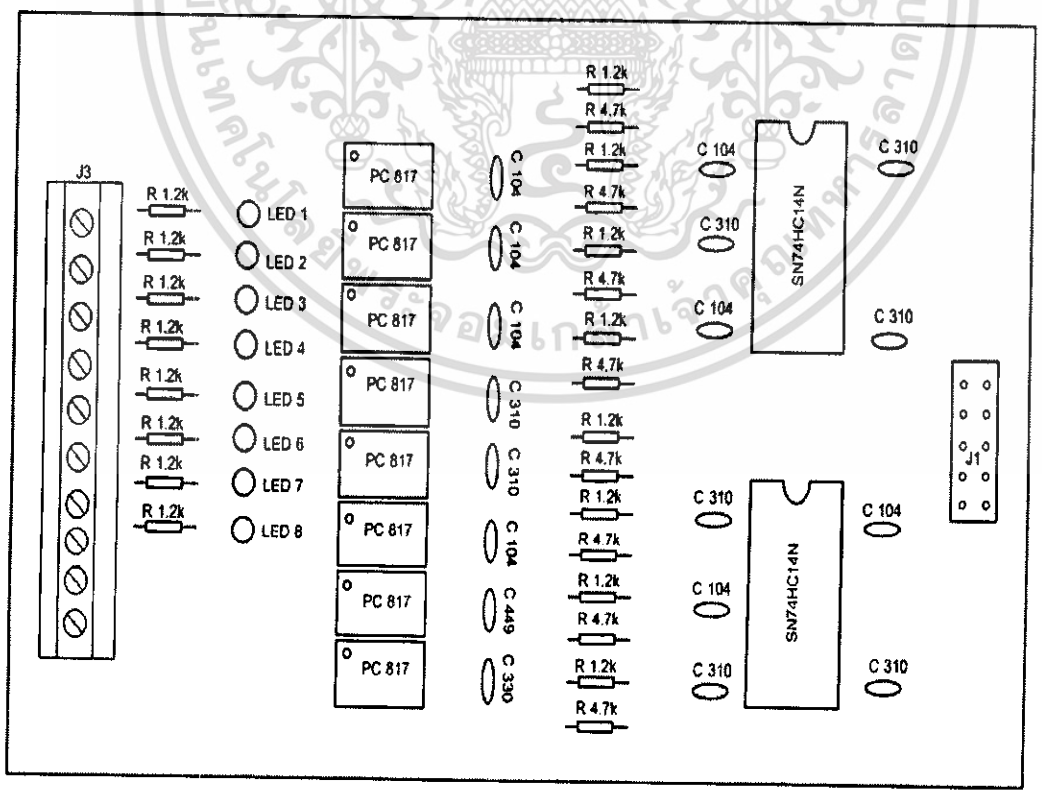


รูปที่ ข.4 วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

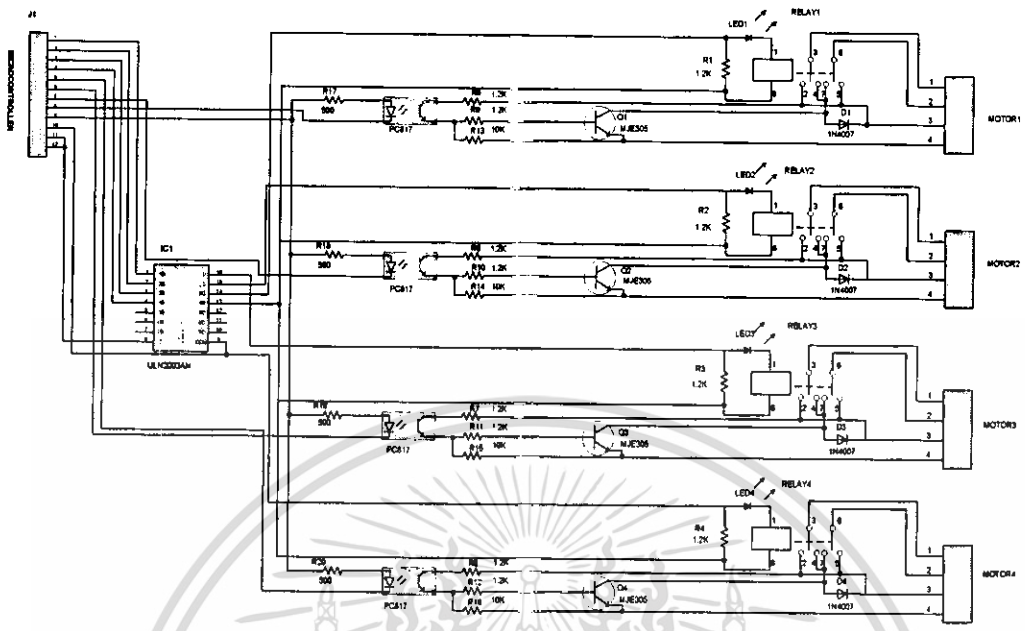


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์

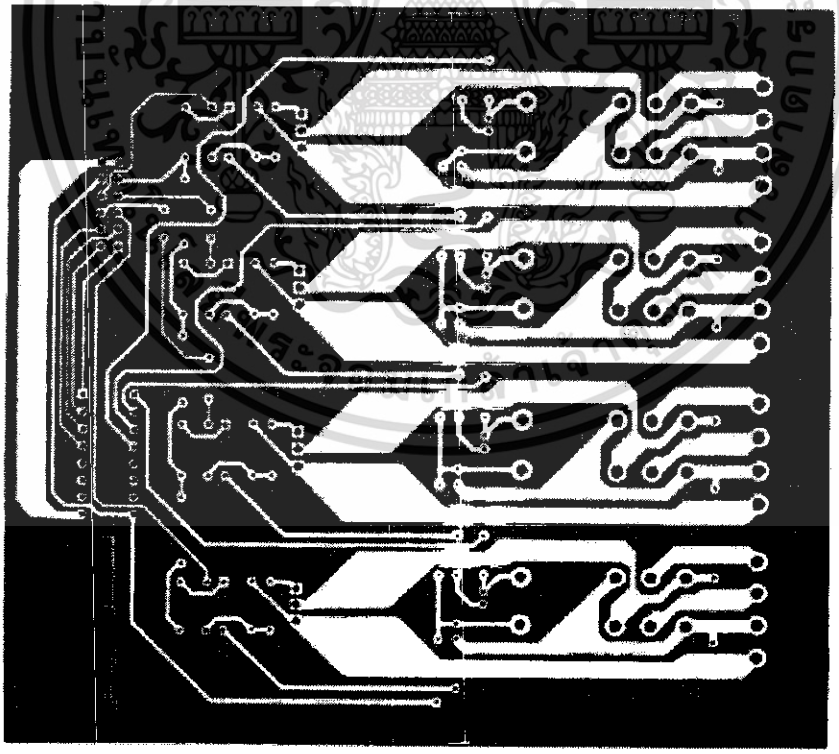


รูปที่ ข.6 แผงวงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์ของหุ่นยนต์ที่ประกอบใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

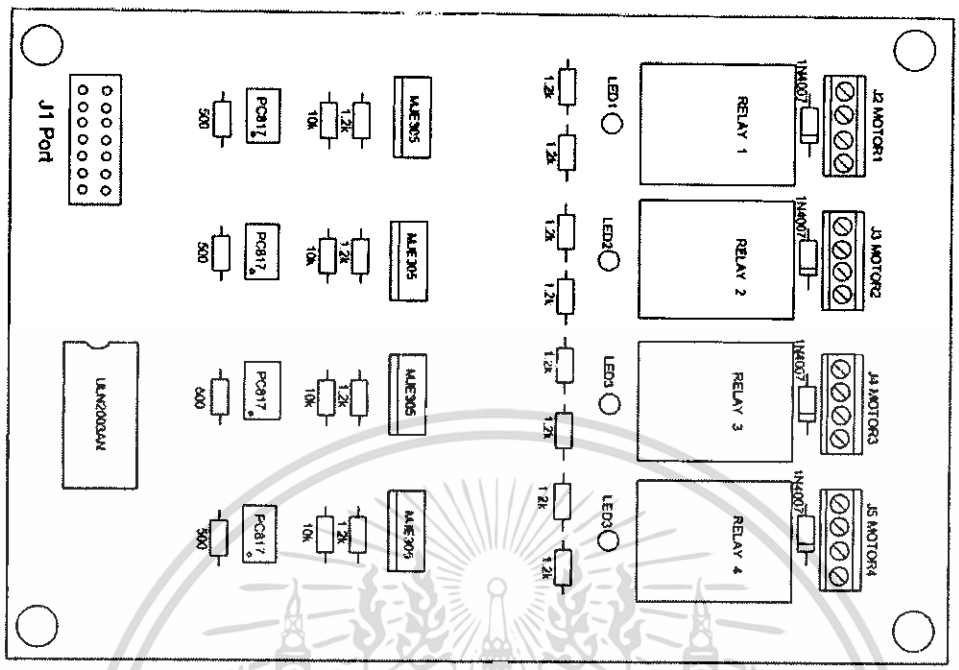


รูปที่ ข.7 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์



รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 แผงวงจรควบคุมมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนชุดยกกล่องและชุดดันกล่องของหุ่นยนต์ใช้ในการทดลองการทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
หน่วยไอซี		
PIC-16F877-20/P	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไอซีเบอร์ PIC-16F627-04/P	1 ตัว
ULN2003N	ไอซีขับคอยล์รีเลย์เบอร์ ULN 2003N	1 ตัว
SN74HC14N	ไอซีขับคอยล์รีเลย์เบอร์ ULN 2003N	2 ตัว
L7805CV	ไอซีจ่ายแรงดัน 5 โวลท์	1 ตัว
MJT305	ทรานซิสเตอร์	5 ตัว
PC817	ออปโต้	12 ตัว
หน่วยเซ็นเซอร์แสง		
Fiberoptic Sensor1	หน่วยเซ็นเซอร์แสง Digital Mark Sensor ยี่ห้อ SUNX รุ่น LX-101	1 ตัว
มอเตอร์		
M1 - M3	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 V DC	4 ตัว
ตัวต้านทาน		
R1	1.2 kΩ	28 ตัว
R2	4.7 kΩ	8 ตัว
R3	10 kΩ	4 ตัว
R4	500 Ω	4 ตัว
คาปาซิสเตอร์		
C1	31 pF	7 ตัว
C2	0.1 μF /16V	11 ตัว
ไดโอดเปล่งแสง		
LED 1	สีแดง	3 ตัว
LED 2	สีขาว	2 ตัว
LED 3	สีเขียว	8 ตัว
สวิตช์		
SW1	ลิมิตสวิตช์	2 ตัว
SW2	สวิตช์ ON-OFF	1 ตัว
รีเลย์		
Relay 1 - Relay 2	รีเลย์ ยี่ห้อ OMRON แบบ 2 หน้าสัมผัส 2 ชุด (8ขา)	4 ตัว
แบตเตอรี่		
แบตเตอรี่ 1 - แบตเตอรี่ 2	12 VDC 1.3 A	2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

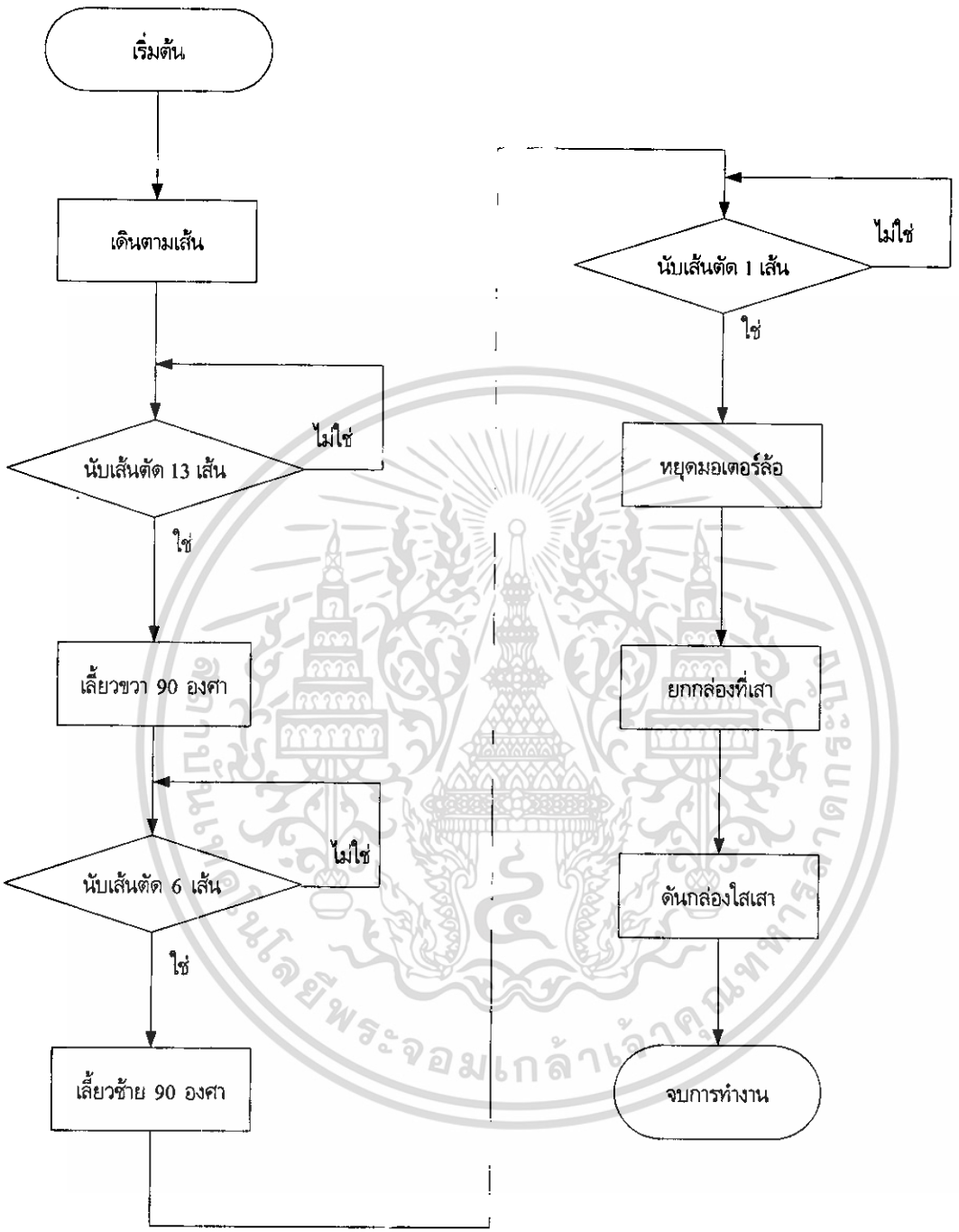
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
โครงร่างหุ่นยนต์		
อลูมิเนียม	อลูมิเนียมท่อสี่เหลี่ยม อลูมิเนียมเส้น อลูมิเนียมฉาก อลูมิเนียมแผ่น	10 เส้น
ล้อ	ล้อหน้า 3 ล้อหลัง 2	1 ชุด
ชุดเพลา		
เพลาขับเคลื่อนล้อหน้า	เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร	2 ชุด
รอกขับเคลื่อนชุดดันกล่อง	เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร	1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังงานการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

```
#include <16F877.h>
  #ZERO_RAM

int1  bin1, bin2, real1, real2;     // serial ready flag
long  tmsec, tin1, tin2;
char  motor_start, motor_index, motor_limit=0x0f;
char  m1_speed, m2_speed, m3_speed, m4_speed;

/* scan segment */
#int_timer1
void scanseg (void)  {
int1  f;

   f=input (IN1);     // read sen 1
   if (f!=bin1)  {
      bin1=f;
      tin1=0;
   }
   else  {
      if (++tin1>=20)  {
         tin1=10;
         real1=bin1;
      }
   }
   f=input (IN2);     // read sen 1
   if (f!=bin2)  {
      bin2=f;
      tin2=0;
   }
   else  {
      if (++tin2>=20)  {
         tin2=10;
         real2=bin2;
      }
   }

   if (++tmsec>=1000)    tmsec=0; // timer

   if (++motor_index>=motor_limit)  motor_index=0;
   if (m1_speed)  {  // speed for motor1
      if (m1_speed>=motor_limit)    output_low (M1);
      else  {
         if (motor_index>=m1_speed)  output_high (M1);
         else    output_low (M1);
      }
   }
   else  output_high (M1);
   if (m2_speed)  {  // speed for motor1
      if (m2_speed>=motor_limit)    output_low (M2);
      else  {
         if (motor_index>=m2_speed)  output_high (M2);
         else    output_low (M2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set_timer1(0xf448);  // sets timer to interrupt in 1kHz/12.0
//   set_timer1(0xe2b4);  // sets timer to interrupt in 400Hz/12.0
//   set_timer1(0xe500);  // sets timer to interrupt in 400Hz/11.0592
//   set_timer1(0xf800);  // sets timer to interrupt in 400Hz/3.6864

}

#define MAX_SPEED    15
#define SLOW_SPEED   2

/* forward direction */
char forward (char step, int1 n)
char  i;
int1  f=0;

   output_low (K1);  output_low (K2);
   m1_speed=m2_speed=MAX_SPEED;
   tmsec=0;
   while (step>0)   {  // loop step
      restart_wdt ();
      if (real1 && real2) {   // check input
         m1_speed=m2_speed=SLOW_SPEED;
         if (f)   continue;
         f=1;  step--;
         continue;
      }
      else  {
         f=0;
         if (real1)  {   // check input
               m1_speed=0; delay_ms (20);
               m1_speed=SLOW_SPEED;
         }
         if (real2)  {   // check input
               m2_speed=0; delay_ms (20);
               m2_speed=SLOW_SPEED;
         }
      }
      if (tmsec>=300)   {  // increse speed
         tmsec=0;
         if (++m1_speed>=MAX_SPEED)   m1_speed=MAX_SPEED;
         if (++m2_speed>=MAX_SPEED)   m2_speed=MAX_SPEED;
      }
   }
   if (n)   delay_ms (1000);  // skib line
   else   delay_ms (500);  // skib line
   m1_speed=m2_speed=0;
}
/* turn right */
char right (void) {
   output_high (K1);
   m1_speed=m2_speed=15;
   delay_ms (100);
   while (real1)  restart_wdt ();
   while (1)   {  // left
      restart_wdt ();   //wdt
      if (real1)   break;
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   while (1)   {  // left
      restart_wdt ();   //wdt
      if (!real1)   break;
   }
   m1_speed=m2_speed=0;
   output_low (K1);
}
/* turn right */
char left (void) {
   output_high (K2);
   m1_speed=m2_speed=15;
   delay_ms (100);
   while (real2)  restart_wdt ();
   while (1)   {  // left
      restart_wdt ();   //wdt
      if (real2)   break;
   }
   while (1)   {  // left
      restart_wdt ();   //wdt
      if (!real2)   break;
   }
   m1_speed=m2_speed=0;
   output_low (K2);
}

/* main progran */
void main ()   {
char  i;
int1  fr;

   setup_wdt (WDT_1152MS);    // setup watch dog
   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_OFF);
   set_tris_a (0x1f);    // port a = input
   set_tris_b (0x00);    // port b = outupt
   set_tris_d (0xff);    // port d = output
   set_tris_e (0x00);    // port e = output
   setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1);   // setup interrupts
   enable_interrupts(INT_TIMER1);
   enable_interrupts(global);   // enable serial recieve

   output_low (K1);  // off relay
   output_low (K2);  // off relay
   output_low (K3);  // off relay
   output_low (K4);  // off relay
   output_high (M1);  // off relay
   output_high (M2);  // off relay
   output_high (M3);  // off relay
   output_high (M4);  // off relay

   while (1)   {   // main loop
      restart_wdt ();

     if (input (IN3))  {  // check start ws
         delay_ms (10);
         if (!input (IN3)) continue;
         while (input (IN3)) restart_wdt ();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        forward (13, 1);   // call to forward
        right ();
        forward (5, 1);    // call to forward
        right ();
        forward (3, 1);    // call to forward
        left ();
        forward (2, 1);    // call to forward

        delay_ms (1000);

        tmsec=0;
        while (!input (IN7))  {     // lift
           restart_wdt ();
           output_low (K3);
           output_low (M3);  // close
        }
        output_high (M3);

       while (!input (IN6))  {  // dun
           restart_wdt ();
           output_low (K4);
           output_low (M4);  // close
        }
        output_high (M4);

        output_high (K1);    output_high (K2);     // reverse dir
        m1_speed=m2_speed=9; // slow to taget
        delay_ms (3000);
        m1_speed=m2_speed=0;
        output_low (K1);    output_low (K2);     // reverse dir
        m1_speed=m2_speed=9; // slow to taget
        delay_ms (3000);
        m1_speed=m2_speed=0;
        output_high (K1);    output_high (K2);     // reverse dir
        m1_speed=m2_speed=9; // slow to taget
        delay_ms (3000);
        m1_speed=m2_speed=0;

    }
  }
}
```

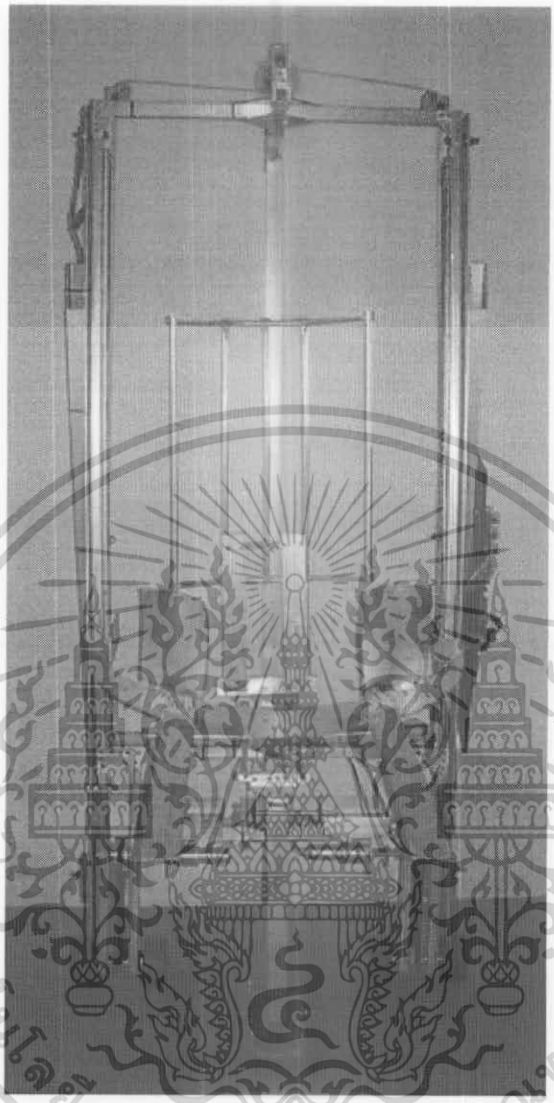
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

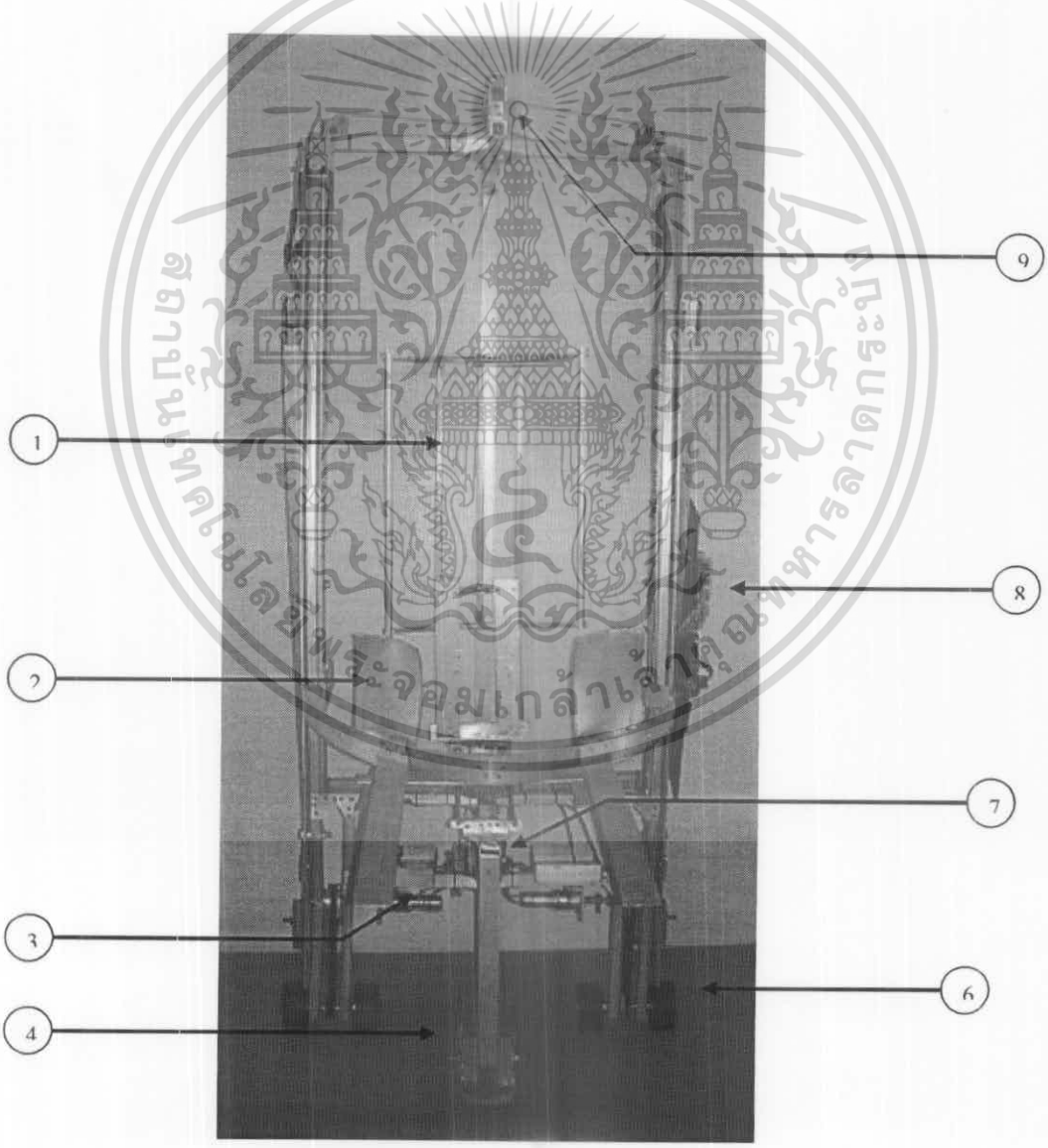
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

หน้าที่ของหุ่นยนต์ยกกล่องอัตโนมัติคือ ทำคะแนนในการแข่งตามกติกา โดยการกล่องที่บรรจุอยู่ในตัวหุ่นยนต์ไปใส่ในเสา ดังนั้นการใช้หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติให้ทำคะแนนได้ตามต้องการจะต้องตั้งค่าและทำตามขั้นตอนและวิธีการใช้งาน

ก่อนการใช้งานในการแข่งขันจริงควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้เข้าใจและทำการทดสอบจนมีความแน่ใจเสียก่อน

2. ส่วนประกอบและแผงควบคุม



รูปที่ ฉ.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

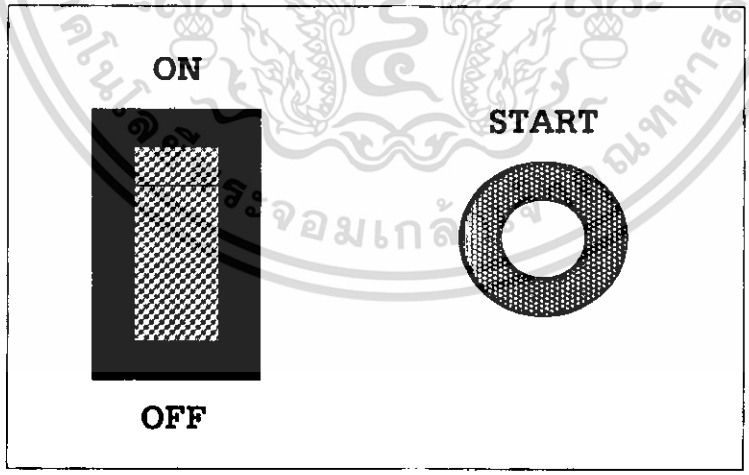
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ส่วนประกอบต่างๆ

จากรูปที่ ฉ.1 มีรายละเอียด ดังนี้

1. ชุดเลื่อนกล่อง
2. ชุดยกกล่อง
3. ชุดมอเตอร์ขับล้อ
4. ชุดเซนเซอร์
5. ล้อขับเคลื่อน
6. ชุดมอเตอร์เลื่อนกล่อง
7. แผงวงจรควบคุม
8. ชุดมอเตอร์ยกกล่อง

2.2 แผงควบคุม



รูปที่ ฉ.2 แผงชุดควบคุม หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

ชุดสวิตช์ควบคุม เป็นส่วนของการสั่งงานของหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ โดยใช้สวิตช์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สวิตช์ ON-OFF เป็นสวิตช์เลือก 2 จังหวะคือ เปิดและปิด ใช้ในการเปิด-ปิด การทำงานของหุ่นยนต์ สภาวะเปิดเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้หุ่นยนต์ทำงาน สภาวะปิดเป็นการปิดการทำงานทางไฟฟ้าของหุ่นยนต์

2. สวิตช์ START เป็นสวิตช์กดติดปล่อยดับใช้ในการ START ในการทำงานใช้การกดสวิตช์หลังจากทำการ Standby หุ่นยนต์ เป็นการให้สัญญาณโปรแกรมของหุ่นยนต์ให้เริ่มต้นการทำงานโปรแกรมตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าไว้ทั้งหมด

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 วิธีการใช้งานหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ

วิธีใช้งานหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติมีดังนี้

1. ทำการใส่กล่องในหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติโดยใส่กล่อง จำนวน 2 กล่อง

2. เซ็ตหุ่นยนต์ ณ จุดเริ่มต้นของตำแหน่งสนาม คือ วางหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติโดยให้ด้านหน้าของเซ็นเซอร์ให้ตรงกับเส้น

3. ทำการ Standby หุ่นยนต์โดยการเปิดสวิตช์ ON-OFF ไปตำแหน่ง ON เพื่อรอสัญญาณการปล่อยตัวของหุ่นยนต์ โดยกดสวิตช์กดติดปล่อยดับ เพื่อทำการ START หุ่นยนต์

หลังจากกดสวิตช์ START หุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ จะเข้าสู่การทำงานตามลำดับที่ได้ตั้งค่าไว้จนจบโปรแกรม

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อประสบปัญหาในการใช้งานหุ่นยนต์ยกกล่องอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ฉ.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
ชุดดันกล่องไม่ทำงาน	เกิดจากการไม่ทำงานของชุดมอเตอร์ การแก้ไขทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนแข่งเสมอ
หุ่นยนต์เดินไม่ตรงกับโปรแกรมที่ตั้งไว้	เกิดจากการติดตั้งหัวของเซ็นเซอร์ไม่ได้ระดับที่เหมาะสมทำให้การค่าสีเกิดการผิดพลาด แก้โดยหัวของเซ็นเซอร์ในระดับที่เหมาะสม
รีเลย์ช็อต	เกิดจากกระแสไฟฟ้าสูงๆ ไหลผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์เป็นเวลานาน แก้โดยทำการตรวจเช็ครีเลย์ตัวที่เสียหายและถอดออกจากเพื่อเปลี่ยนรีเลย์ตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

1. เมื่อเลิกใช้งานควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง

2. เช็ดทำความสะอาดตัวหุ่นยนต์ด้วยผ้าชุบน้ำบิดพอหมาดๆ เท่านั้น

3. ตรวจสอบความหนาแน่นของน็อตทุกตัว สายไฟทุกเส้น และอุปกรณ์ทุกชิ้นให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ

4. เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรให้หุ่นยนต์ตก หรือกระแทกแรงๆ

5.2 ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ไม่ควรเปิดสวิตช์ ON-OFF ของหุ่นยนต์ทิ้งไว้เพื่อป้องกัน การกดสวิตช์ START ของตัวหุ่นยนต์โดยบังเอิญ

2. วางหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งจุดเริ่มต้นแล้ว ตั้งหุ่นยนต์ให้ด้านหน้าของเซ็นเซอร์ตรงกับเส้นเพื่อป้องกันการเดินออกนอกเส้นทาง

3. หากต้องการให้หุ่นยนต์หยุดทำงานชั่วคราว จะต้องปิดสวิตช์ ON-OFF ก่อน (กดมาที่ตำแหน่ง OFF) จากนั้นจึงเปิดอีกครั้งแล้วกดสวิตช์ เพื่อให้โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์กลับสู่สภาวะเริ่มต้น

4. ต่อแบตเตอรี่ใช้งานให้ถูกต้อง มิฉะนั้นวงจรควบคุมทั้งหมดอาจเกิดการเสียหาย

5. ก่อนเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์ ควรตรวจสอบก่อนว่า ชุดดัดกล่องพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่

6. ในการเคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ควรระวังการกระแทกใดๆ ที่จะทำให้หัวเซ็นเซอร์เกิดความเสียหาย

7. ก่อนการใช้งาน (ทำการแข่งขัน) ควรทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนเสมอว่า ทำงานได้ตามโปรแกรมที่ป้อนไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ ฉ.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ขนาดของตัวหุ่นยนต์ยกกล่องแบบอัตโนมัติ	ขนาดปกติ : กว้าง 68 เซนติเมตร ยาว 92 เซนติเมตร สูง 137 เซนติเมตร น้ำหนัก 13 กิโลกรัม
ขนาดของบล็อกที่ใช้	ทำจากโพลีสไตล์ลีน สูง 300 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางนอก 450 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 200 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 500 กรัม +100 กรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินและแดง
จำนวนลูกกล่องที่บรรจุได้	สูงสุดไม่เกิน 2 บล็อก
ความเร็วในการวิ่งสูงสุด	5.66 เมตรต่อนาที
ส่วนควบคุมที่ใช้	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไอซีเบอร์ PIC-16F877-20/P
ซอฟต์แวร์	เขียนด้วยภาษาซี
แหล่งจ่ายพลังงาน	แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์ 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
กฎกติกาที่ใช้ในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ชิงแชมป์ประเทศไทย ประจำปี 2549

TPA Robot Contest Thailand Championship 2006

"Building the World's Tallest Twin Tower"

"ตึกแฝดเสียดฟ้า ท้าพิชิต"

จุดมุ่งหมายของการแข่งขันหุ่นยนต์ในครั้งนี้คือ การออกแบบสร้างหุ่นยนต์บังคับด้วยมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติ ที่ทีมจะต้องผสมผสานให้เกิดการทำงานภายใต้กฎกติกา

1. สนามแข่งขัน

1.1 พื้นที่สนามรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดกว้าง 13,000 มิลลิเมตร ยาว 13,000 มิลลิเมตร

1.2 พื้นสนามปูด้วยแผ่นไวนิลหนา 2 มิลลิเมตร และตรงรอยต่อของแผ่นเชื่อมต่อด้วยเทปชนิดผิวไม่มันวาว

1.3 สนามล้อมรอบด้วยรั้วทำด้วยไม้สูง 100 มิลลิเมตร หนา 30 มิลลิเมตร

1.4 พื้นสนามประกอบด้วยเขตบังคับด้วยมือ (Manual Zone) เขตอัตโนมัติ (Automatic Zone) ซึ่งยังประกอบด้วยพื้นที่ 4 ส่วน คือ

1. เขตทางด่วน (Highway Zone)
2. เขตสร้างตึก (Building Site Zone)
3. เขตห้ามเข้า (No Entry Zone)
4. เขตสร้างตึกหอคอย (Tower Zone)

1.5 เขตอัตโนมัติ (Automatic Zone)

1. พื้นที่ของเขตอัตโนมัติมีสีเขียวเข้ม
2. เขตสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติทั้ง 2 ข้างมีขนาดกว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งตั้งในเขตอัตโนมัติ
3. หุ่นยนต์อัตโนมัติเท่านั้นที่จะทำงานในเขตอัตโนมัตินี้ได้ในเขตมีเส้นเทปสีขาวกว้าง 30 มิลลิเมตร สำหรับเป็นเส้นนำทางให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ
4. เขตหุ่นยนต์อัตโนมัติจะเชื่อมต่อกับเขตสร้างตึก (Building Site Zone) โดยผ่านทางเขตทางด่วน (Highway Zone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เขตสร้างตึก จะอยู่ตรงกลางของเขตอัตโนมัติ ในเขตนี้จะมีเสาหอคอยสีน้ำเงิน และแดง และมีหอสะพานลอย 3 ชุด
6. เขตตึกหอคอย ฝ่ายแดง และน้ำเงิน จะอยู่คนละข้างในเขตสร้างตึกนี้ เขตตึกหอคอยของแต่ละฝ่ายจะมีไว้เฉพาะสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติและหุ่นยนต์บังคับด้วย มือของฝ่ายนั้นเท่านั้น
7. ในเขตตึกหอคอย ทั้งฝ่ายแดงและน้ำเงินจะมีเสาตั้งอยู่บนแผ่นเพลทโลหะกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร หนา 50 มิลลิเมตรเสาเป็นท่อกลวงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร และสูง 2,950 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับแผ่นเพลทและที่ด้านบน จะเป็นบล็อกยอดตึกทำด้วยโพลีสไตล์รีนปิดติดอยู่ตรงปลายด้านบนของท่อ
8. พื้นและด้านบนของเขตตึกหอคอยของฝ่ายใด จะมีไว้สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์บังคับด้วยมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติของฝ่ายนั้นเท่านั้น
9. หอสะพานลอยทั้ง 3 หอ จะเป็นเสาตั้งบนแผ่นเพลทที่มีมิติเช่นเดียวกับตึกหอคอย และมีทรงกระบอกอะคลีลิกเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร สูง 1,000 มิลลิเมตร เสริมเป็นฐาน
10. เขตห้ามเข้าจะแบ่งเขตระหว่างเขตทางด่วนและเขตสร้างตึก ในเขตนี้ห้ามทั้งหุ่นยนต์อัตโนมัติและหุ่นยนต์บังคับด้วยมือเข้ามาในเขต ถ้ามีการสัมผัสกันและการยื่นส่วนของหุ่นยนต์ล้ำเข้ามาในเขต จะมีเขตห้ามเข้า 2 เขตเหมือนกันอยู่คนละข้าง
11. ตรงส่วนท้ายของเขตห้ามเข้า จะมีเขตที่เป็นถัง 1 คะแนนมีขนาดกว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,500 มิลลิเมตร ในเขตนี้หุ่นยนต์อัตโนมัติเท่านั้นที่สามารถวางหรือเก็บบล็อกก่อสร้างได้

1.6 เขตหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ (Manual Area)

1. เขตหุ่นยนต์บังคับด้วยมือจะอยู่โดยรอบเขตหุ่นอัตโนมัติ
2. เขตวางบล็อกก่อสร้าง (Builder Blocks Stocking Areas) ของแต่ละฝ่ายอยู่ตรงมุมของสนามคนละข้าง จะมีบล็อกก่อสร้างวางอยู่โดยวางซ้อน 3 ชิ้น 1 กอง และวางซ้อน 2 ชิ้นซ้อนกัน 2 กอง
3. เขตสตาร์ทหุ่นบังคับด้วยมือมีขนาดกว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร วางอยู่ตรงกันข้ามด้านซ้าย และขวา

2. สมาชิกทีมหุ่นยนต์

2.1 แต่ละทีมประกอบด้วยนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัยเดียวกันจำนวน 10 คน และอาจารย์ที่ปรึกษา 1 คน ผู้เข้าแข่งขันในสนาม 1 ทีม จะมีเฉพาะนักศึกษา จำนวน 3 คนเท่านั้น

2.2 สมาชิกในทีมต้องยังเป็นนักศึกษาซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัย / วิทยาลัยนั้น

2.3 นักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ไม่อนุญาตให้เข้าร่วมการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หุ่นยนต์ (Machines)

แต่ละทีมสร้างหุ่นยนต์บังคับด้วยมือหรือหุ่นยนต์อัตโนมัติหรือสร้างหุ่นยนต์ทั้งสองแบบเพื่อใช้ในการแข่งขัน โดยไม่จำกัดจำนวนของหุ่นยนต์อัตโนมัติ แต่อนุญาตให้แต่ละทีมมีหุ่นยนต์บังคับด้วยมือเพียงตัวเดียวเท่านั้น

3.1 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ (Manual Machine)

1. หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ ต้องถูกควบคุมโดยกล่องควบคุมที่มีรีโมทคอนโทรล ใช้สายเคเบิลต่อเข้าโดยตรงกับหุ่นยนต์หรือชนิดควบคุมโดยใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นเสียงไม่อนุญาตให้ใช้รีโมทคอนโทรลที่ใช้คลื่นวิทยุในการควบคุม และผู้ควบคุมต้องไม่นั่งขับขี่หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ
2. การควบคุมหุ่นยนต์บังคับด้วยมือโดยกล่องควบคุมที่ใช้สายเคเบิลนั้น จุดเชื่อมต่อของสายเคเบิลเข้าที่หุ่นยนต์ต้องสูงอยู่เหนือพื้น 1,000 มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย และความยาวของสายเคเบิลจากหุ่นยนต์ถึงกล่องควบคุมไม่ยาวกว่า 3,000 มิลลิเมตร
3. ผู้เข้าแข่งขันไม่สามารถแตะต้องหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ ได้หลังจากที่เริ่มการแข่งขันขันแล้ว
4. หุ่นยนต์บังคับด้วยมือเท่านั้นจะอยู่ได้เฉพาะในเขตหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ และเขตตึกหอคอย (Tower Zone) ของตัวเอง หุ่นยนต์อาจสัมผัสพื้นหรือยื่นเข้าไปในเขตตึกหอคอยของตัวเองได้ แต่ห้ามเข้าหรือยื่นส่วนของหุ่นยนต์เข้าไปในเขตต่างๆ เช่น เขตทางด่วน (Highway Zone), เขตสร้างตึก (Building Site Zone), เขตถังคะแนน (Scoring bin) และเขตตึกหอคอยของฝ่ายตรงข้าม
5. หุ่นยนต์บังคับด้วยมือห้ามจับต้องวัสดุก่อสร้าง (Builder Block) ของฝ่ายตรงข้าม
6. ในระหว่างการแข่งขันกรรมการสนามสามารถชี้ขาดสิทธิการเดินทางของหุ่นยนต์บังคับด้ายมือแต่ละตัวได้เพื่อให้เกิดความยุติธรรม และความมีน้ำใจเป็นนักกีฬาในการแข่งขัน

3.2 หุ่นยนต์อัตโนมัติ (Automatic Machines)

1. หุ่นยนต์อัตโนมัติต้องทำงานอย่างอัตโนมัติด้วยตัวหุ่นยนต์เอง (Autonomous)
2. ทุกสิ่งที่แยกออกมาจากหุ่นยนต์อัตโนมัติถือเป็นหุ่นยนต์อัตโนมัติดังนั้นชิ้นส่วนนั้นต้องทำงานอย่างหุ่นยนต์อัตโนมัติด้วย
3. ก่อนเริ่มการแข่งขันสามารถบรรจุวัสดุก่อสร้าง จำนวนสูงสุด 6 ชิ้น ลงในหุ่นยนต์อัตโนมัติได้
4. การสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติแต่ละตัว จะต้องเป็นการสตาร์ทแบบกระทำได้เพียงครั้งเดียว
5. หุ่นยนต์อัตโนมัติสามารถวิ่งได้ทุกพื้นที่ของสนาม ยกเว้นในเขตตึกหอคอยของฝ่ายตรงข้ามและเขตห้ามเข้า
6. เมื่อเริ่มการแข่งขัน ผู้เข้าแข่งขันจะต้องสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติทีละตัวต่อเนื่องกันให้แล้วเสร็จภายในเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นผู้สตาร์ทหุ่นยนต์ต้องออกนอกเขตสนามแข่งขันทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์อัตโนมัติที่สตาร์ทไม่ทันภายในเวลา 20 วินาที ให้วางตั้งไว้ในเขตสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัตินั้น

7. เมื่อสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติแล้ว ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าแข่งขันสัมผัสหุ่นยนต์อัตโนมัติอีก
8. หลังจากสตาร์ท หุ่นยนต์อัตโนมัติต้องเคลื่อนที่ออกจากจุดสตาร์ท วิ่งเข้าไปสู่เขตสร้างตึก
9. หุ่นอัตโนมัติสามารถหยิบ/จับวัสดุก่อสร้างของฝ่ายตรงข้ามได้
10. ถ้ามีหุ่นยนต์อัตโนมัติหลายตัว ไม่อนุญาตให้สื่อสารซึ่งกันและกัน

3.3 วิธีการควบคุม (Method of Control)

1. อนุญาตให้มีผู้ควบคุมหุ่นยนต์บังคับด้วยมือในสนามแข่งขันเพียงทีมละ 1 คนเท่านั้น
2. หลังจากสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติแล้ว ผู้เข้าแข่งขันไม่สามารถสัมผัสหุ่นนั้นได้อีกแต่สามารถขอ Retry ได้ 1 ครั้ง โดยต้องขออนุญาตจากกรรมการตัดสินในสนามก่อน ในการ Retry สามารถสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติให้เสร็จภายในเวลา 20 วินาทีหลังจากกรรมการให้สัญญาณ และผู้สตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติต้องออกจากสนามทันทีเมื่อเสร็จภารกิจการสตาร์ท

3.4 แหล่งพลังงาน (Power Supply)

1. แต่ละทีมจะต้องจัดหา และเตรียมแหล่งพลังงานสำหรับหุ่นยนต์ทุกตัวให้พร้อมในระหว่างการแข่งขัน
2. แรงดันไฟฟ้าที่เป็นแหล่งพลังงานของหุ่นยนต์ต้องไม่เกิน 24 VDC (แรงดันของแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มอาจเกิน 24 โวลต์ ได้เล็กน้อย)
3. แหล่งพลังงานที่กรรมการถือว่าเป็นอันตรายหรือไม่เหมาะสมจะไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้แข่งขัน

3.5 น้ำหนัก (Weight)

1. น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์ทั้งหมดของแต่ละทีมที่ใช้ในสนามต้องไม่เกิน 50 กิโลกรัม
2. น้ำหนักรวมให้รวมถึงน้ำหนักของแหล่งพลังงานสายเคเบิล รีโมทคอนโทรลและส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมด

3.6 ขนาด (Size)

1. ขนาดรวมของหุ่นยนต์อัตโนมัติทุกตัวที่วางที่จุดสตาร์ท ต้องไม่เกินขนาด กว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร สูง 2,000 มิลลิเมตร ไม่รวมทั้งวัสดุก่อสร้างที่บรรจุบนตัวหุ่นยนต์ในเขตสตาร์ท
2. หลังจากสตาร์ท หุ่นยนต์อัตโนมัติเดินออกจากเขตสตาร์ทแล้ว สามารถแยกตัวหรือเปลี่ยนแปลงขนาดได้อย่างอิสระ
3. ขนาดของหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ เมื่อวางที่จุดสตาร์ทต้องขนาดไม่เกิน กว้าง1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร และสูง 2,500 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากสตาร์ท หุ่นยนต์บังคับด้วยมือเดินออกจากเขตสตาร์ทแล้ว สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้อย่างอิสระ แต่ไม่อนุญาตให้แยกตัว

4. วัสดุก่อสร้าง (The builder blocks)

1. วัสดุก่อสร้าง (Builder blocks) ทำจากโพลีสไตล์ลีน (Low Density Polystylene) สูง 300 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางนอก 450 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 200 มิลลิเมตรมีน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม +0.1 กิโลกรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินและแดง
2. ดูลายละเอียดจากรูปภาพและแบบประกอบ
3. วัสดุก่อสร้าง (Builder blocks) สีแดง และน้ำเงินจะใช้กับแต่ละทีม

5. การแข่งขัน (Matches)

5.1 เกมการแข่งขัน

การแข่งขันรอบแรกแบ่งสายการแข่งขันและแข่งขันแบบพบกันหมดในสายนั้น ผู้ชนะในแต่ละสายเข้ารอบเพื่อแข่งขันต่อไป การแข่งขันในรอบก่อนรองชนะเลิศ และชิงชนะเลิศ เป็นการแข่งขันแบบแพ้คัดออก

5.2 ระยะเวลาการแข่งขัน

1. แต่ละเกมจะมีระยะเวลาการแข่งขัน 3 นาที นอกจากการแข่งขันจะยุติลงก่อนเวลาเมื่อทีมหนึ่งทีมใดสามารถชนะ "SIAP" ได้ก่อน โดยไม่พิจารณาคะแนนที่ทำได้
2. การชนะแบบ SIAP จะมีเงื่อนไขดังนี้
   2.1 มีวัสดุก่อสร้างของทีม 8 ชิ้นที่เสาตั้งหอคอยของทีม
   2.2 มีวัสดุก่อสร้างสีของทีม วางอยู่บนสุดของหอสะพานลอยฟ้า (Sky bridge) จำนวน 2 ต้น โดยที่ไม่สัมผัสกับหุ่นยนต์
   2.3 เวลาการเซตหุ่นยนต์ก่อนการแข่งขัน ต้องเสร็จสิ้นภายใน 1 นาที หลังจากได้รับสัญญาณให้เริ่มเซต

5.3 คะแนนที่ได้จากการแข่งขัน

1. การนับคะแนน จะทำหลังจากเกมยุติลง
2. คะแนนจะคิดจากวัสดุก่อสร้างที่ถูกสวมบนเสาหอคอยหรืออยู่ในถังคะแนนและเสาสะพานลอยฟ้า โดยคิดคะแนนดังนี้

ถังคะแนน	ชิ้นละ 1 คะแนน
เสาหอคอย	ชิ้นละ 1 คะแนน
เสาสะพานลอยฟ้า ด้านซ้ายและขวา	ชิ้นละ 2 คะแนน
เสาสะพานลอยฟ้า ต้นกลาง	ชิ้นละ 5 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุก่อสร้างต้องถูกสวมอยู่ในตำแหน่งที่สมบูรณ์ และนับคะแนนเมื่อส่วนล่างของวัสดุก่อสร้าง วางบนวัสดุอื่นหรือบนฐานหอคอยหรือบนทรงกระบอกอะคีลิก (Acrylic) และไม่สัมผัสพื้นหรือสัมผัสกับหุ่นยนต์
4. วัสดุก่อสร้างที่วางซ้อนกันที่เสาสะพานลอยฟ้า จะใช้ 3 ชิ้นล่างในการนับคะแนนและพิจารณาการทำ "SIAP" เท่านั้น

5.4 การตัดสินผู้ชนะ

การตัดสินผู้ชนะจะตัดสินตามลำดับ ดังนี้

1. ทีมที่ทำ "SIAP" ได้สำเร็จจะเป็นผู้ชนะ
2. ในกรณีที่ไม่มีทีมใดชนะโดยการ "SIAP" ได้ทีมที่ชนะคือ ทีมที่ได้คะแนนมากกว่าโดยคิดจากคะแนนรวมทั้งหมด ลบด้วยคะแนนที่ถูกหักจากการทำผิดกติกา
3. ในกรณีที่คะแนนเท่ากัน จะตัดสินจากเงื่อนไขตามลำดับ ดังนี้
    1. ทีมที่มีวัสดุก่อสร้างที่เสากลางมากกว่าจะเป็นผู้ชนะ
    2. ทีมที่มีวัสดุก่อสร้างที่เสาสะพานลอยฟ้าด้านซ้ายและขวารวมกันมากกว่า
    3. ถ้ายังไม่สามารถหาผู้ชนะจากเงื่อนไขที่กล่าวมาได้ คณะกรรมการตัดสินการ แข่งขันจะเป็นผู้ตัดสินหาผู้ชนะ

6. การทำผิดกติกาและการถูกหักคะแนน (Violations and Deduction of Points)

การกระทำต่อไปนี้ ถือว่าเป็นการผิดกติกาและถูกหัก 1 คะแนน และถ้าถูกหักครบ 3 คะแนน จะถือว่าทีมนั้นถูกตัดสินให้แพ้การแข่งขัน

6.1 ผู้บังคับหุ่นด้วยมือ หรือ ผู้บังคับหุ่นยนต์ด้วยมือ สัมผัสพื้นนอกโซนบังคับด้วยมือ

6.2 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือยื่นล้ำเข้าไปในเขตทางด่วนหรือเขตสร้างตึก

6.3 หุ่นอัตโนมัติและหุ่นยนต์บังคับด้วยมือเข้าไปยังเขตหอคอยของฝ่ายตรงข้ามหรือยื่นล้ำตัวหุ่นยนต์เข้าไป

6.4 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือสัมผัสหุ่นยนต์อัตโนมัติของทีมตนเอง

6.5 หุ่นยนต์อัตโนมัติและหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ เข้าหรือยื่นล้ำส่วนหนึ่งส่วนใดเข้าไปในเขตห้ามห้ามเข้า

6.6 หุ่นยนต์อัตโนมัติเคลื่อนเข้าไปในเขตบังคับด้วยมือ เมื่อทำการสตาร์ท

6.7 ถ้าทำผิดกฎข้อที่ 6.1 ถึง 6.5 การละเมิดต่อเนื่องทุกๆ 5 วินาทีจะถูกตัดอีกครั้งละ 1 คะแนน

7. การหมดคุณสมบัติในฐานะผู้เข้าร่วมแข่งขัน (Disqualification)

การกระทำต่อไปนี้ จะถือว่าเป็นการผิดกติกา และทีมนั้นมีสิทธิจะถูกตัดสินให้แพ้การแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1 พยายามทำให้เกิดความเสียหายกับสนามแข่งขันรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ วัสดุก่อสร้างของฝ่ายตรงข้าม และหุ่นยนต์ของฝ่ายตรงข้าม

7.2 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือสัมผัสหุ่นอัตโนมัติของฝ่ายตรงข้ามในทุกๆเขตของการแข่งขัน

7.3 การสตาร์ทหุ่นยนต์ออกก่อนสัญญาณ (False Start) เกิน 1 ครั้ง

7.4 การกระทำที่แสดงถึงการขาดน้ำใจนักกีฬา

7.5 การกระทำใดๆ ที่ไม่เป็นไปตามกฎกติกา

8. ความปลอดภัย (Safety)

8.1 ผู้ประดิษฐ์ต้องประดิษฐ์สร้างหุ่นยนต์ที่มีความปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อผู้แข่งขัน คณะกรรมการและผู้ชม

8.2 เพื่อคำนึงถึงความปลอดภัย เมื่อมีการใช้แสงเลเซอร์ ต้องใช้แสงเลเซอร์ที่ถูกจัดไว้ต่ำกว่าชั้น 2 (Class 2 Laser) และใช้ไปในทิศทางที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้แข่งขัน คณะกรรมการและผู้ชม

9. ค่าใช้จ่ายในการสนับสนุนการสร้างหุ่นยนต์ (Cost of Production and Carriage)

9.1 ผู้เข้าแข่งขันที่ผ่านรอบคัดเลือกเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU ชิงชนะเลิศประเทศไทย ประจำปี 2549 จากสถาบันอุดมศึกษา 16 ทีม และสถาบันอาชีวศึกษา 16 ทีม จะได้รับเงินสนับสนุนการสร้างและปรับปรุงหุ่นยนต์จากสถานีโทรทัศน์โมเดิร์นไนน์ บมจ. อสมท ทีมละ 20,000 บาท

9.2 ทีมที่ได้รับการคัดเลือกเป็นตัวแทนประเทศไทย ไปแข่งขันที่กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย จะได้รับเงินสนับสนุนจาก ABU 1,000 เหรียญสหรัฐฯ

9.3 สถานศึกษาเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาหุ่นยนต์ที่สนามแข่งขันเอง

10. อื่นๆ (Others)

10.1 สำหรับการกระทำอื่นที่ไม่ได้ระบุไว้ในกติกา กรรมการตัดสินจะเป็นผู้พิจารณาชี้ขาด และถือว่าการตัดสินใดๆ ของคณะกรรมการเป็นที่สิ้นสุด

10.2 การแก้ไขกฎใด ๆ จะถูกประกาศโดยคณะกรรมการจัดการแข่งขัน

10.3 ทีมที่เข้าแข่งขันทุกทีม ควรตกแต่งหุ่นยนต์ด้วยสัญลักษณ์ประจำจังหวัดหรือสถาบันเพื่อความสวยงาม

10.4 อนุญาตให้ใช้หุ่นยนต์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองเท่านั้นเพื่อการแข่งขัน ห้ามซื้อ ขาย เช่า หุ่นยนต์มาใช้ในการแข่งขันโดยเด็ดขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. รางวัล (Awards)

รางวัลชนะเลิศ	ถ้วยรางวัล ฯพณฯ นายกรัฐมนตรีและเงินสด จำนวน 150,000 บาท
รองชนะเลิศอันดับ 1	ถ้วยรางวัลและเงินสด จำนวน 50,000 บาท
รองชนะเลิศอันดับ 2	ถ้วยรางวัลและเงินสด จำนวน 2 รางวัลๆ ละ 30,000 บาท
รางวัลเทคนิคยอดเยี่ยม	ถ้วยรางวัลและเงินสด จำนวน 30,000 บาท
รางวัลความคิดสร้างสรรค์ยอดเยี่ยม	ถ้วยรางวัลและเงินสด จำนวน 30,000 บาท
รางวัลศิลปะยอดเยี่ยม	ถ้วยรางวัลและเงินสด จำนวน 30,000 บาท
รางวัลขวัญใจผู้ชม	ถ้วยรางวัล

12. ข้อคำนึงในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

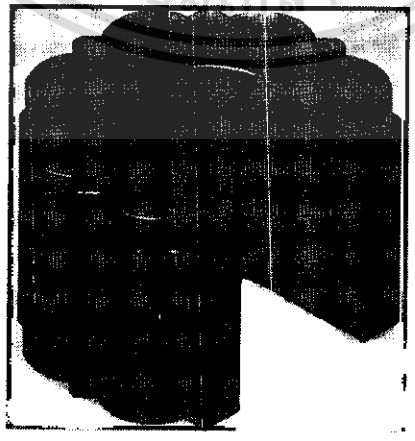
ข้อควรระวังต่อไปนี้ คือ ประเด็นที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างหุ่นยนต์ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามผู้สร้างและผู้พัฒนาหุ่นยนต์พึงระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

12.1 ทุกทีมที่ร่วมแข่งขัน ควรหลีกเลี่ยงการกระทำจากหุ่นยนต์ ทำให้สนามแข่งขันได้รับความเสียหายรวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เพื่อการแข่งขัน

12.2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกฎกติกาการแข่งขันคณะกรรมการจะแจ้งผ่าน FAQ เพื่อให้ทราบล่วงหน้า

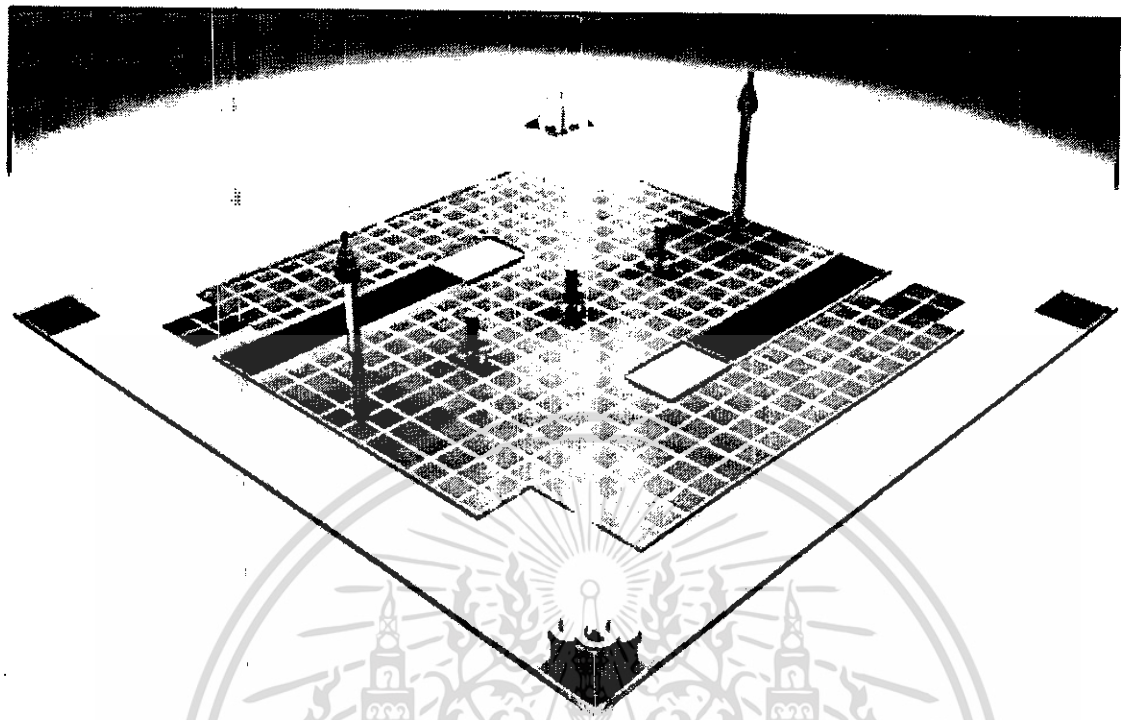
12.3 ตัวแทนประเทศสมาชิก ต้องส่งตัวอย่างโครงสร้างการทำงานใช้เวลา 5 นาทีโดยประมาณให้กรรมการเจ้าภาพแข่งขันตรวจสอบคุณสมบัติของหุ่นยนต์

13. รูปบล็อกและสนามการแข่งขัน



รูปที่ ช.1 รูปบล็อก

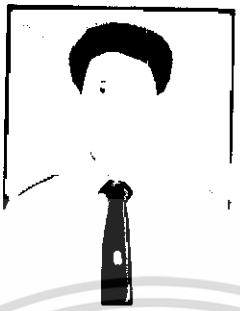
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.2 สนามการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายเจษฎา เอกา
วัน เดือน ปีเกิด	8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	60/2 หมู่ 7 ต.แม่แรง อ.ป่าซาง จังหวัดลำพูน 51120

ประวัติการศึกษา		
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดบ้านดอน	จังหวัดลำพูน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนป่าซาง	จังหวัดลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยการอาชีพป่าซาง	จังหวัดลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่	จังหวัดเชียงใหม่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

คติพจน์ ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายวีรวัฒน์ ทองแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	8 มกราคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	159 หมู่ที่ 10 ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร 35000

ประวัติการศึกษา		
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านสำราญ	จังหวัดยโสธร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนยโสธรพิทยาคม	จังหวัดยโสธร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคยโสธร	จังหวัดยโสธร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคยโสธร	จังหวัดยโสธร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
คติพจน์	**เพื่อความฝัน ต้องทำสุดตัว**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายสมพงษ์ รอดความทุกข์	
วัน เดือน ปีเกิด	5 พฤษภาคม 2526	
ภูมิลำเนา	66/1 หมู่ 3 ตำบลวังหิน อำเภอบางขัน	
	จังหวัดนครศรีธรรมราช **80360**	
ประวัติการศึกษา		
ประถมศึกษา	**โรงเรียนบ้านสวน**	จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวังหินวิทยาคม	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยการอาชีพห้วยยอด	จังหวัดตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยการอาชีพห้วยยอด	จังหวัดตรัง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม	
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายอภิรมย์ บุตรแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 12 ตุลาคม 2527

ภูมิลำเนา 176/12 ต.พานพร้าว อ.ศรีเชียงใหม่ จ.หนองคาย 43130

โทรศัพท์ 042-452-084

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 086-636-5374

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหัวทราย	**จังหวัดหนองคาย**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนท่าบ่อ	จังหวัดหนองคาย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย	จังหวัดหนองคาย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น **จังหวัดขอนแก่น**	
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

คติพจน์ ร้อยคำพูดไม่เท่าหนึ่งการกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้